

www.mientayvn.com

Khi đọc qua tài liệu này, nếu phát hiện sai sót hoặc nội dung kém chất lượng xin hãy thông báo để chúng tôi sửa chữa hoặc thay thế bằng một tài liệu cùng chủ đề của tác giả khác. Tài liệu này bao gồm nhiều tài liệu nhỏ có cùng chủ đề bên trong nó. Phần nội dung bạn cần có thể nằm ở giữa hoặc ở cuối tài liệu này, hãy sử dụng chức năng Search để tìm chúng.

Bạn có thể tham khảo nguồn tài liệu được dịch từ tiếng Anh tại đây:

http://mientayvn.com/Tai_lieu_da_dich.html

Thông tin liên hệ:

Yahoo mail: thanhlam1910_2006@yahoo.com

Gmail: frbwrthes@gmail.com

Theo yêu cầu của khách hàng, trong một năm qua, chúng tôi đã dịch qua 16 môn học, 34 cuốn sách, 43 bài báo, 5 sổ tay (chưa tính các tài liệu từ năm 2010 trở về trước) Xem ở đây

**DỊCH VỤ
DỊCH
TIẾNG
ANH
CHUYÊN
NGÀNH
NHANH
NHẤT VÀ
CHÍNH
XÁC
NHẤT**

Chỉ sau một lần liên lạc, việc dịch được tiến hành

Giá cả: có thể giảm đến 10 nghìn/1 trang

Chất lượng: Tạo dựng niềm tin cho khách hàng bằng công nghệ 1. Bạn thấy được toàn bộ bản dịch; 2. Bạn đánh giá chất lượng. 3. Bạn quyết định thanh toán.

NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA ĐIỆN THOẠI DI ĐỘNG

Bản dịch tiếng Việt bởi Đặng Quang Duy – K2003

Dựa theo bản tiếng Anh từ www.HowStuffWorks.com

Hàng triệu người dân Mỹ và trên toàn thế giới sử dụng điện thoại di động. Chúng quả là một đồ dùng thật tuyệt vời-- với một chiếc DTDD bạn có thể nói chuyện với bất cứ ai từ bất cứ đâu trên hành tinh này.

Ngày nay, DTDD cung cấp những chức năng không thể tin được và những chức năng mới vẫn đang được thêm vào với tốc độ cực nhanh. Với một chiếc DTDD bạn có thể:

- Ghi nhớ các thông tin liên lạc.
- Tạo list các công việc.
- Ghi lịch của các cuộc hẹn và sắp đặt chức năng nhắc nhở.
- Tính toán những phép toán đơn giản với chức năng máy tính đi kèm.
- Gửi và nhận Email.
- Lấy thông tin (tin tức, giải trí, đặt chứng khoán...) từ Internet.
- Chơi những game đơn giản.
- Kết nối với các thiết bị khác như PDAs, Máy nghe nhạc MP3 và Máy thu GPS(Global Positioning System)

Thế nhưng bạn đã bao giờ thắc mắc xem DTDD hoạt động ra sao? Cái gì làm cho nó khác so với điện thoại bình thường? Những cụm từ phức tạp như PCS, GSM, CDMA và TDMA nghĩa là gì? Trong bài này chúng tôi sẽ giới thiệu sơ qua những công nghệ đằng sau chiếc DTDD và giúp bạn có thể thấy được sự kì diệu của chúng.

Nếu bạn đang nghĩ đến việc mua một chiếc DTDD, hãy xem qua phần [How Buying a Cell Phone Works](#) để học tất cả những thứ bạn nên biết trước khi mua.

Bây giờ hãy bắt đầu với phần cơ bản: Về bản chất DTDD là một chiếc Radio

Khái niệm về các ô (The Cell Approach)

Một trong những điều thú vị nhất của ĐTDD là chúng thực sự là một chiếc radio—một chiếc radio cực kì tinh vi. Điện thoại được phát minh bởi nhà bác học Alexander Graham Bell vào năm 1876, và liên lạc không dây đã đi theo căn nguyên của nó để đi đến phát minh Radio của Nikolai Tesla vào 1880s (chính thức được công bố năm 1894 bởi một người Ý tên là Guglielmo Marconi). Đó chỉ là điều tự nhiên khi 2 phát minh vĩ đại này được kết hợp với nhau sau này.

Trong thời kì đen tối trước khi có ĐTDD, những người thực sự có nhu cầu dùng liên lạc di động đã đặt những chiếc máy truyền tin (**radio Telephones**) trên xe ô tô của họ. Trong hệ thống máy truyền tin này, có một cột ăng ten trung tâm cho mỗi thành phố, và khoảng chừng 25 kênh có thể dùng trên cột ăng ten đó. Việc dùng ăng ten trung tâm này yêu cầu chiếc điện thoại trong ô tô của bạn cần một máy phát mạnh—có khả năng truyền tín hiệu với khoảng cách 40 đến 50 dặm (khoảng 70 km). Điều đó cũng có nghĩa là không có nhiều người có khả năng sử dụng loại máy truyền tin này—bởi vì không đủ kênh để sử dụng.

Mấu chốt của hệ thống ô đó là chia nhỏ thành phố ra thành các ô nhỏ. Điều đó cho phép mở rộng việc **sử dụng lại tần số** ra toàn thành phố, do vậy hàng triệu người có thể sử dụng ĐTDD trong cùng một lúc. Phần tiếp theo chúng ta tiếp cận một cách gần hơn đến những ô này.

Kĩ thuật ô(Cell Engineering)

Trong hệ thống ĐTDD analog đặc trưng ở Mỹ, carrier nhận khoảng 800 tần số để có thể sử dụng trong khắp thành phố. Carrier chia thành phố ra làm nhiều ô. Mỗi ô thường có độ lớn khoảng 10 dặm vuông (khoảng 26 km vuông). Ô thường được xem như là các hình 6 cạnh ở trong một cái vỉ 6 cạnh lớn (**hexagonal grid**) (là một carrier) như hình sau :

Bởi vì ĐTDD và trạm cơ sở(base station) chỉ sử dụng máy phát công suất thấp, nên cùng một tần số có thể được sử dụng lại cho các ô không gần kề. 2 ô màu tím có thể sử dụng cùng một tần số

Vài Điều thú vị về ĐTDD

- Hầu hết những chiếc điện thoại KTS đời mới đều có vài chương trình giải trí từ trò chơi đồ sục sắc đến xếp hình.
- Khoảng 20% thanh niên Mỹ (nữ nhiều hơn nam) có ĐTDD.
- ĐTDD phổ biến hơn ở Châu Âu và Châu Á hơn là ở Mỹ – khoảng 90% dân ở các nước châu Âu và châu Á có ĐTDD trong khi con số đó ở Mỹ chỉ là 50%.

Mỗi ô có một trạm cơ sở gồm một cột và một tòa nhà nhỏ chứa các dụng cụ radio (sẽ nói kĩ về trạm cơ sở ở các phần sau)

Các Tần Số

Một ô đơn là một hệ thống analog sử dụng 1/7 sự khả năng sử dụng của **kênh âm thanh kép(duplex voice channels)**. Nghĩa là, mỗi ô (trong 7 ô của vi lục giác) thì sử dụng 1/7 số kênh có thể dùng do đó nó mang một bộ tần số duy nhất và không có sự xung đột với các ô khác.

- Một carrier thường lấy 832 tần số radio để sử dụng trong thành phố
- Mỗi ĐTDĐ sử dụng 2 tần số cho mỗi cuộc gọi—một **kênh kép(duplex channel)**—nên có 395 **kênh âm thanh(voice channels)** đặc trưng cho mỗi carrier. (42 tần số khác được dùng cho kênh điều khiển(**control channels**)—nói đến ở trang sau)
- Vì vậy mỗi ô có khoảng $395:7=56$ kênh âm thanh có thể sử dụng.

Nói một cách khác, trong bất cứ ô nào 56 người có thể nói chuyện trên ĐTDĐ trong cùng một thời gian. Với phương thức chuyển giao kĩ thuật số(KTS)(**digital transmission**), số lượng của các kênh có thể dùng tăng lên. Ví dụ, số lượng cuộc gọi thực hiện trong cùng một thời gian của hệ thống KTS **TDMA (TDMA-based digital system)** có thể gấp 3 so với hệ thống analog, vì vậy mỗi ô có 168 kênh có thể dùng (xem **trang này** để có nhiều thông tin hơn về TDMA, CDMA, GSM và các công nghệ cho ĐTDĐ KTS khác).

Sự chuyển giao (transmission)

ĐTDĐ có một máy phát công suất thấp(**low-power transmitters**) trong chúng. Rất nhiều loại ĐTDĐ mang 2 tín hiệu cường độ: 0.6 Watt và 3 Watt (trong khi hầu hết các radio CB đều truyền ở mức 4 Watt). Trạm cơ sở cũng truyền ở mức công suất thấp. Sự truyền ở công suất thấp có 2 lợi điểm:

- Sự truyền(**transmissions**) giữa trạm cơ sở và những chiếc ĐT trong các ô của nó ngăn không cho ĐTDĐ đi quá xa so với những ô đó. Vì vậy, trong hình vẽ ở trên, cả 2 ô màu hồng có thể dùng lại chung 56 tần số(**reuse the same 56 frequencies**). Cùng một số tần số có thể được sử dụng lại rộng trên toàn thành phố.
- Công suất tiêu thụ(**power consumption**) của ĐTDĐ, cái có nghĩa là công suất yêu cầu đối với pin sẽ thấp. Công suất thấp nghĩa là pin nhỏ, và đó chính là điều làm cho chiếc điện thoại di động cầm tay trở thành hiện thực.

Công nghệ di động yêu cầu một số lượng rất lớn của các trạm cơ sở trong một thành phố bất kể nó to hay nhỏ. Một thành phố rộng đặc trưng có thể có hàng trăm cột phát(**towers**). Nhưng vì có quá nhiều người sử dụng ĐTDD , cho nên giá thành mà mỗi người dùng phải trả vẫn rất rẻ. Mỗi carrier trong mỗi thành phố cũng chạy vận hành một cơ quan trung tâm gọi là MTSO(**Mobile Telephone Switching Office**). Cơ quan này xử lý mọi kết nối điện thoại *thành hệ thống điện thoại mặt đất cơ sở bình thường, và điều khiển mọi trạm cơ sở trong vùng.* (không biết dịch thế nào ^_^)

Trong phần sau, bạn sẽ hiểu được cái gì sẽ xảy ra khi bạn và chiếc ĐTDD của bạn di chuyển từ ô này sang ô khác.

Các Code của ĐTDD (Cell Phone Codes)

Tất cả các loại ĐTDD đều có những code riêng liên kết với chúng. Những code này được sử dụng để nhận dạng điện thoại, người chủ của điện thoại và nhà cung cấp dịch vụ

Giả sử bạn có một chiếc ĐTDD, bạn bật nó lên và có ai đó muốn gọi cho bạn. Sau đây là những gì xảy ra đối với cuộc gọi:

- Khi bạn lần đầu tiên bật máy điện thoại, nó sẽ nghe theo một **SID** ở trong **kênh điều khiển(control channel)**. Nếu ĐTDD không tìm thấy bất kì kênh điều khiển nào, thì nó sẽ hiểu là ở ngoài vùng phủ sóng(**out of range**) và hiển thị là “No service”.
- Khi nó nhận SID, điện thoại sẽ so sánh nó với SID đã được chương trình hóa ở trong máy. Nếu các SID thích hợp với nhau chiếc điện thoại hiểu rằng **Ô** nó đang liên kết thuộc một phần của hệ thống chủ của nó(**home system**).
- Cùng với SID, ĐTDD truyền một **yêu cầu đăng kí(registration request)**, và MTSO giữ lại dấu vết vị trí của chiếc ĐTDD của bạn trong database—bằng cách này, khi MTSO muốn gọi bạn nó biết được phần từ ô nào bạn đang ở.
- **MTSO** nhận một cuộc gọi và nó cố gắng tìm bạn. Nó nhìn vào database để xem bạn đang ở ô nào.

Các code của ĐTDD

- **Electronic Serial Number (ESN)** – một số 32 bit duy nhất được lập chương trình vào trong điện thoại trong quá trình sản xuất.
- **Mobile Identification Number (MIN)** – một số 10 bit duy nhất bắt nguồn từ số máy của bạn.
- **System Identification Code (SID)** – một số 5 bit duy nhất được ấn định cho mỗi carrier bởi FCC

Trong khi ESN được xem như là một phần cố định của chiếc điện thoại thì cả các code MIN và SID được lập chương trình vào trong điện thoại khi bạn đăng kí dịch vụ và thực hiện cuộc gọi.

- MTSO lấy một cặp tần số mà ĐTDĐ sẽ sử dụng trong ô đó để thực hiện cuộc gọi.
- MTSO liên kết với điện thoại của bạn thông qua qua kênh điều khiển nhờ vậy điện thoại của bạn biết sẽ sử dụng tần số nào, sau đó ĐTDĐ của bạn và cột anten chuyển sang tần số đó → cuộc gọi được thực hiện. Cách này gọi là **two-way radio**
- Khi bạn ra đến rìa của ô bạn đang ở, trạm cơ sở của ĐTDĐ của bạn sẽ thông báo rằng độ lớn của sóng (**signal strength**) đang giảm. Ngược lại, trạm cơ sở ở ô mà bạn đang tiến tới thì lại thấy rằng cột sóng của bạn đang tăng. Hai trạm cơ sở này là ngang hàng nhau thông qua MTSO, và tại vài điểm nhất định, ĐTDĐ của bạn thu tín hiệu từ một kênh điều khiển cho biết có sự thay đổi tần số. Việc này chuyển điện thoại của bạn qua một ô mới.

Roaming

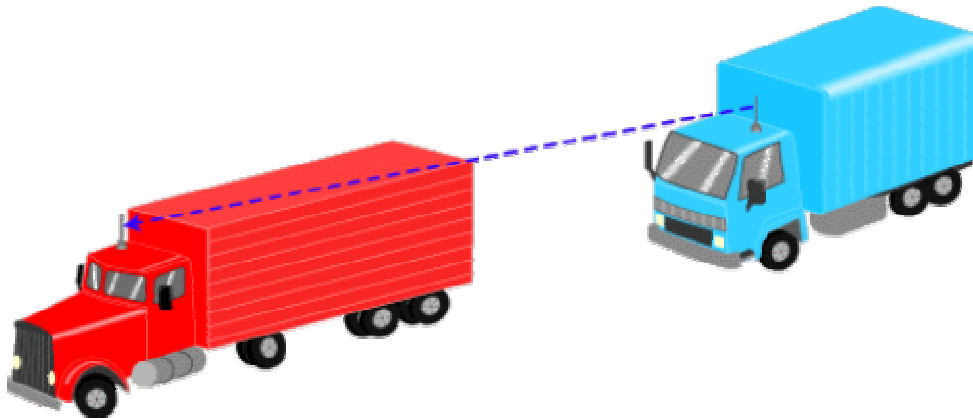
Nếu SID ở kênh điều khiển không khớp với SID đã được chương trình hóa trong ĐTDĐ của bạn, thì ĐTDĐ sẽ biết đó nghĩa là **roaming**. MTSO của các ô mà bạn đang roaming sẽ liên hệ với MTSO ở hệ thống chủ của bạn, hệ thống này sẽ kiểm tra database để xác định SID nào mà máy bạn đang sử dụng. Hệ thống chủ của bạn xác minh với MTSO hiện tại, sau đó nó sẽ ghi lại dấu vết khi điện thoại của bạn đi qua ô của nó. Và điều kì diệu là tất cả những điều đó chỉ xảy ra trong vài giây.

ĐTDĐ và CB Radio (Cell Phones and CBs)

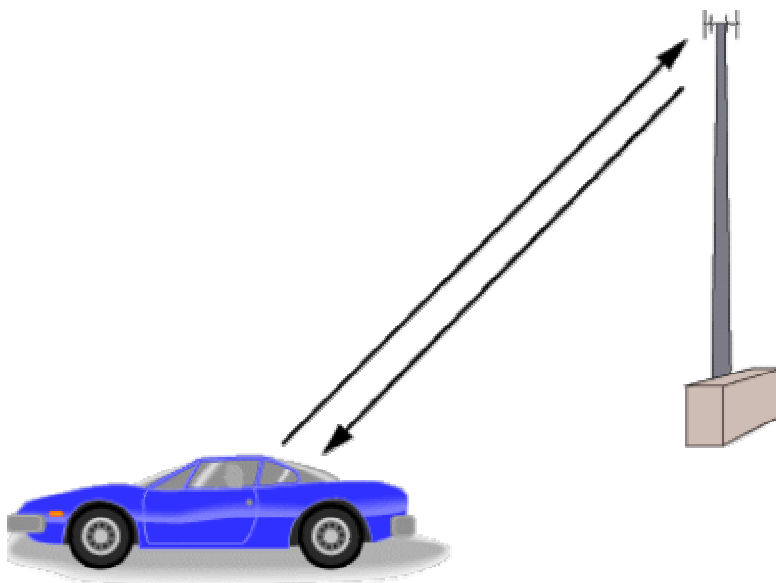
Một cách tốt để hiểu sự tinh vi của một chiếc ĐTDĐ là so sánh nó với một chiếc CB radio hoặc là một điện đài xách tay.

- **Full-duplex vs. half-duplex** – Cả CB radio và điện đài xách tay đều là thiết bị **half-duplex**. Điều đó nghĩa là 2 người giao thiệp trên một CB radio sử dụng cùng một tần số, nên trong một thời điểm thì chỉ một người có thể nói. Trong khi đó một chiếc ĐTDĐ là một thiết bị **full-duplex**. Điều đó nghĩa là bạn sử dụng một tần số để nói và một tần số riêng biệt để nghe. Và do đó cả hai người có thể nói chuyện với nhau trong cùng một lúc.
- **Channels (các kênh)** – Một chiếc điện đài xách tay thường có một kênh, và một chiếc CB radio thì có 40 kênh. Trong khi đó một chiếc ĐTDĐ thì có thể giao thiệp với nhau thông qua 1,664 kênh hoặc nhiều hơn nữa.
- **Range (Vùng)** – Một điện đài xách tay có thể truyền đi với cự ly khoảng 1 dặm (1.6 km) và dùng một máy phát công suất 0.25 watt. Một CB radio, vì có công suất lớn hơn có thể truyền với cự ly khoảng 5 dặm (8 km) và sử dụng một máy phát 5 watt. Trong khi đó một chiếc ĐTDĐ khi hoạt động trong các ô, và nó có thể chuyển giữa các vùng đó khi nó di chuyển. Các ô giúp cho ĐTDĐ có bán kính sử dụng không thể tin được. Nhiều

người sử dụng ĐTDĐ có thể chạy ô tô xa hàng 100 dặm mà vẫn có thể duy trì cuộc gọi không bị đứt quãng nhờ vào Cellular approach



Ở half-duplex radio, cả 2 máy phát sử dụng cùng một tần số. Trong cùng một thời điểm chỉ có một là có thể nói.



Ở full-duplex radio, 2 máy phát sử dụng 2 tần số khác nhau nên cả 2 có thể cùng nói trong cùng một thời điểm.

ĐTDĐ là một full-duplex.

Ở phần sau bạn sẽ tìm hiểu kỹ hơn về bên trong của một chiếc máy ĐTDĐ KTS.

Phần bên trong của một chiếc ĐTDD (Inside a Cell Phone)

Là một cấu trúc rắc rối trên những khối lập phương tính bằng inch, ĐTDD là một trong những thiết bị phức tạp nhất mà con người tiếp xúc hàng ngày. ĐTDD KTS ngày nay có thể thực hiện được hàng triệu phép tính trong vòng một giây để có thể nén hoặc giải nén các luồng âm thanh.



Các phần của một chiếc ĐTDD

Nếu bạn tháo rời một chiếc ĐTDD, bạn sẽ thấy nó chỉ chứa vài phần độc lập:

- Một bảng mạch phức tạp chứa bộ não của chiếc máy
- Một ăng ten.
- Một màn hình tinh thể lỏng (LCD).
- Một bàn phím (không giống với bàn phím trên cái điều khiển TV)
- Một cái microphone
- Một cái loa
- Một cục pin

Ở phần tiếp theo, bạn sẽ tìm hiểu sâu hơn về bảng mạch và các thành phần của nó.

Trên một bảng mạch

Bảng mạch là trái tim của hệ thống. Và đây là một bảng mạch đặc trưng của ĐTDD KTS của Nokia.



Đằng trước của bảng mạch



Đằng sau của bảng mạch

Trong hình vẽ trên, bạn có thể thấy được vài con chip máy tính. Hãy nói qua về công việc mà những cái chip đó làm. Các chip **analog-to-digital** và **digital-to-analog** dịch các tín hiệu âm thanh ra từ analog thành digital và các tín hiệu vào từ digital thành analog. Bạn có thể học thêm về sự chuyển A-to-D và D-to-A và tầm quan trọng của nó tới công nghệ âm thanh KTS tại [How Compact Discs Work](#).

- Bộ xử lý tín hiệu digital là một bộ xử lý kỹ thuật cao được thiết kế để thực hiện các phép toán tín hiệu ở tốc độ cao.

- Bộ vi xử lý (microprocessor) xử lý mọi công việc dùng cho bàn phím và màn hình hiển thị, ra lệnh và điều khiển tín hiệu với trạm cơ sở đồng thời phối hợp những phần còn lại trên bảng mạch.



Bộ vi xử lý

Rom và Flash Memory của các chip(The ROM and Flash memory chips) cung cấp bộ nhớ cho hệ điều hành của ĐTDD và *các đặc tính*(ví dụ như chỉ dẫn điện thoại). Tần số Radio và phần năng lượng (radio frequency (RF) and power section) có chức năng điều hành công suất, sạc pin và tắt nhiên cả giao dịch với hàng trăm kênh FM. Cuối cùng, máy khuếch đại tần số Radio(RF amplifiers) xử lý tín hiệu đến và đi từ ăng ten.



Màn hình và bảng tiếp xúc bàn phím

Màn hình đã phát triển đáng kể về kích cỡ cũng như các đặc tính của ĐTDĐ đã tăng lên. Hầu hết điện thoại ngày nay đưa ra các chỉ dẫn, máy tính toán và ngay cả game gắn liền. Và rất nhiều loại điện thoại sáp nhập một số loại như PDA và trình duyệt Web.



Sim card ở trên bảng mạch



Sim Card khi được tháo rời

Vài loại ĐTDĐ lưu trữ nhưng thông tin *đích xác* nào đó như code của SID và MIN, ở trong bộ nhớ trong. Trong khi đó một số khác sử dụng card nhớ ngoài tương tự như SmartMedia Card.



Loa, Mic và Pin của ĐTDĐ

ĐTDĐ sử dụng những chiếc loa và mic rất nhỏ và thật khó tin khi biết được chúng tạo âm thanh tốt thế nào. Như hình ở trên, chiếc loa nhỏ chỉ cỡ một đồng xu và chiếc Mic không lớn hơn chiếc pin đồng hồ cạnh nó là bao. Về chiếc pin, nó được dùng trong đồng hồ ở bên trong con chip của ĐTDĐ(**internal clock chip**).

Tất cả những điều trên thật kì diệu—cái chỉ trong vòng 30 năm trước thôi có thể chiếm diện tích của cả một tầng của một tòa nhà – còn ngày nay nó được tạo ra trên một “gói nhỏ” và nằm gọn trong lòng bàn tay của bạn.

AMPS

Vào năm 1983, chiếc ĐTDD analog chuẩn được gọi là AMPS được xác nhận bởi FCC(Federal Communications Commission) và lần đầu tiên được sử dụng tại Chicago. AMPS sử dụng một vùng tần số giữa 824MHz và 894 MHz. Để khuyến khích cạnh tranh và giữ giá thành, chính phủ Mỹ yêu cầu sự có mặt của 2 carrier tại mọi thị trường và được biết với cái tên carrier A và carrier B. Một trong những Carrier thường là Carrier trao đổi địa phương(**local-exchange carrier** -LEC), *một cách nói lái là công ty điện thoại địa phương. (a fancy way of saying the local phone company.)*

Carrier A và B mỗi cái đều ấn định là 832 tần số: 790 cho âm thanh và 42 cho dữ liệu. Một cặp tần số(một cho truyền và một cho nhận) được sử dụng để tạo nên một kênh. Các tần số được sử dụng trong kênh âm thanh analog thường có độ rộng là 30kHz – 30kHz được chọn là size chuẩn vì so sánh với điện thoại có dây nó cho một âm thanh chất lượng hơn.

Sự truyền và nhận tần số của mỗi kênh âm thanh được tách biệt bởi 45MHz để giữ chúng không xen lẫn lên nhau. Mỗi Carrier có 395 kênh âm thanh, và 21 kênh dữ liệu để thực hiện các công việc thường xuyên như đăng kí và gọi.

Một version của AMPS đó là NAMPS(**Narrowband Advanced Mobile Phone Service**) được tích hợp một số công nghệ KTS cho phép hệ thống có thể mang gấp 3 lần số cuộc gọi so với version gốc. Mặc dù nó sử dụng công nghệ KTS, nó vẫn được xem là analog. AMPS và NAMPS chỉ được thực hiện trên dải 800 MHz và không phục vụ rất nhiều những đặc trưng mà ở ĐTDD KTS có như E-mail và trình duyệt Web.

Along Comes Digital

ĐTDD KTS cũng sử dụng công nghệ radio như ở ĐTDD analog, nhưng ở cách khác nhau. Hệ thống analog không thể sử dụng hoàn toàn tín hiệu giữa ĐTDD và mạng di động – tín hiệu analog không thể bị nén và thao tác dễ dàng như đối với một tín hiệu KTS thật sự. Đó là lý do tại sao rất nhiều công ty về dây dẫn đã chuyển sang làm về kĩ thuật số -- và do đó họ có thể tích



Photo courtesy Motorola, Inc.

Old school: DynaTAC cell phone, 1983

hợp nhiều kênh hơn trong dải tần được cho trước. Những hiệu quả của hệ thống kỹ thuật số thật đáng kinh ngạc.

ĐTDD KTS (KTS) chuyển giọng nói thành thông tin nhị phân (1s và 0s) và sau đó nén chúng lại. Việc nén cho phép 3 đến 10 cuộc gọi KTS chỉ chiếm một không gian bằng một cuộc gọi analog.

Rất nhiều hệ thống di động KTS dựa vào FSK(**frequency-shift keying**) để gửi dữ liệu về và tới qua AMPS. FSK sử dụng 2 tần số, một cho 1s và một nữa cho 0s, thay đổi một cách nhanh chóng giữa 2 thông tin KTS giữa cột di động và điện thoại. Module thông minh và các lược đồ mã được yêu cầu để chuyển đổi những thông tin analog thành digital, nén chúng và chuyển đổi ngược lại trong khi vẫn giữ được chất lượng của âm thanh. Tất cả điều đó có nghĩa là ĐTDD KTS phải có rất nhiều khả năng xử lý.

Cellular Access Technologies

Có 3 công nghệ chung được dùng trong mạng ĐTDD để truyền phát thông tin đó là:

- **Frequency division multiple access (FDMA)**
- **Time division multiple access (TDMA)**
- **Code division multiple access (CDMA)**

Mặc dù những công nghệ này nghe có vẻ rất cao siêu, nhưng bạn có thể dễ dàng hiểu được cách chúng hoạt động bằng một việc đơn giản là phân tích tên gọi của chúng.

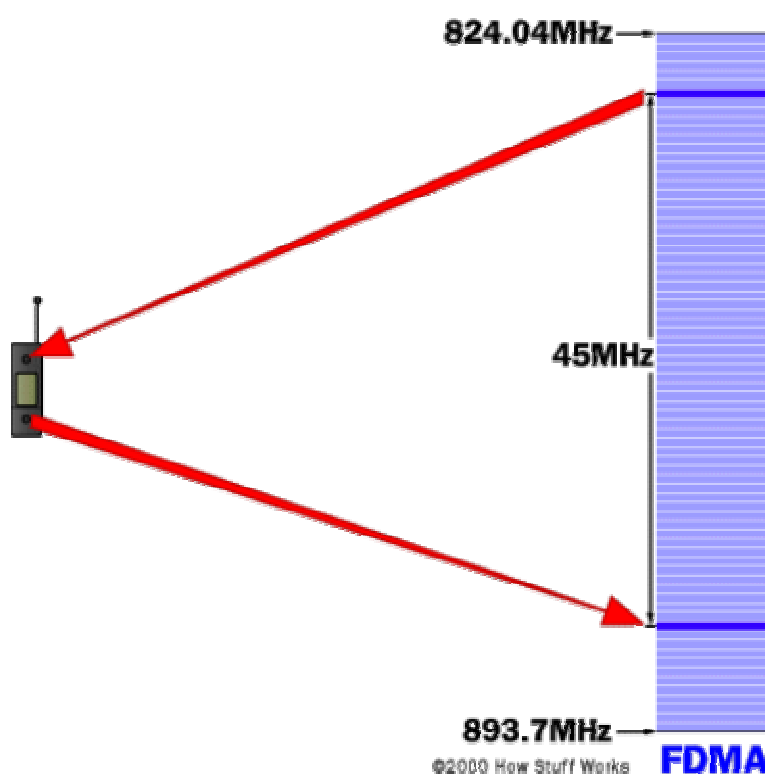
Phương pháp đầu tiên nói với bạn thế nào là phương thức access. Từ thứ 2, sự phân chia, cho bạn biết rằng nó chia cuộc gọi dựa trên phương thức access đó.

- FDMA đặt mỗi cuộc gọi ở những tần số khác nhau
- TDMA xác nhận mỗi cuộc gọi là một phần xác định của thời gian trên một tần số định rõ
- CDMA đặt 1 code duy nhất cho mỗi cuộc gọi và trải dài nó trên những tần số có thể sử dụng.

Phần cuối của mỗi tên là Multiple access. Nó đơn giản chỉ có nghĩa là hơn một người dùng có thể sử dụng trong mỗi ô.

Cellular Access Technologies: FDMA

FDMA tách các *hình ảnh/phổ(spectrum)* thành những kênh âm thanh riêng biệt bằng cách chia nó thành các dải băng tần chuẩn(**uniform chunks of bandwidth**). Để hiểu rõ hơn về FDMA, hãy nghĩ đến trạm Radio: mỗi trạm gửi tín hiệu của nó ở những tần số khác nhau trong các band sử dụng. FDMA được sử dụng chủ yếu cho sự truyền tải tín hiệu analog. Mặc dù rõ ràng có khả năng mang tải các thông tin KTS, nhưng FDMA không được coi như là một phương pháp hiệu quả cho sự truyền tín hiệu KTS.



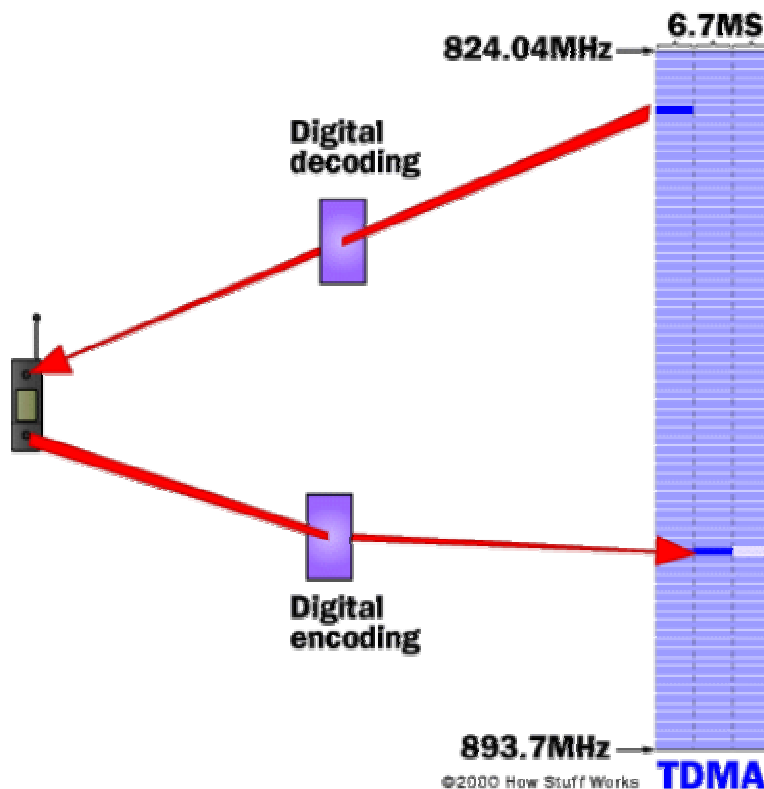
Trong FDMA, mỗi ĐTĐĐ sử dụng một tần số khác nhau.

Cellular Access Technologies: TDMA

TDMA là phương pháp thâm nhập được sử dụng bởi Khối liên minh công nghiệp điện tử và Tổ chức công nghiệp viễn thông cho **Interim Standard 54 (IS-54)** và **Interim Standard 136 (IS-136)**. Sử dụng TDMA, một băng tần hẹp 30 kHz bề rộng và 6.7milli giây bề dài được chia từ time-wise thành 3 time slots.

Băng tần hẹp nghĩa là “*những kênh*” ở trạng thái truyền thống. Mỗi đoạn hội thoại lấy của *radio* 1/3 thời gian. Điều đó là có thể bởi vì dữ liệu âm thanh đã được chuyển thành thông tin KTS thì được nén sao cho nó ngắn ít không gian truyền phát nhất, một điều rất quan trọng. Vì

vậy TDMA có gấp 3 lần dung lượng của một hệ thống analog sử dụng cùng 1 số kênh. Các hệ thống TDMA điều hành trên giải tần số hoặc là **800-MHz** (IS-54) hoặc là **1900-MHz** (IS-136).



TDMA chia một tần số thành các rãnh thời gian

Cellular Access Technologies: TDMA/GSM

TDMA cũng được sử dụng như là công nghệ đăng nhập cho GSM (**hệ thống định vị toàn cầu**). Tuy nhiên GSM thực hiện TDMA ở một cách khác và xung khắc với IS-136. Hãy xem GSM và IS-136 như 2 hệ điều hành khác nhau mà lại cùng làm việc trên một bộ xử lý, giống như cả Windows và Linux cùng làm việc trên một Intel Pentium III. Hệ thống GSM sử dụng encryption để làm các cuộc gọi bảo mật hơn. GSM điều hành trên một dải từ 900 MHz và 1800 MHz ở châu Âu và châu Á, và ở dải 1900 MHz (đôi khi gọi là 1.9-GHz) tại Mỹ. Nó được sử dụng trong ĐTDĐ KTS và hệ thống PCS cơ sở. GSM cũng là yếu tố cơ bản cho IDEN (**Integrated Digital Enhanced Network**), một hệ thống phổ biến được giới thiệu bởi Motorola và sử dụng bởi Nextel.

GSM là một tiêu chuẩn quốc tế tại châu Âu và Úc và một phần lớn châu Á và Châu Phi. Ở trong vùng bao phủ, người sử dụng ĐTDĐ có thể mua một chiếc ĐTDĐ và sử dụng ở bất cứ đâu mà tiêu chuẩn này được công nhận. Để liên kết với những nhà cung cấp dịch vụ nào đó, người dùng

GSM chỉ cần chuyển(**subscriber identification module**) SIM card. SIM card là một cái đĩa nhỏ có thể tách rời, nó tháo ra rút vào trong ĐTDĐ GSM. Nó lưu trữ mọi dữ liệu liên kết và đồng nhất những số mà bạn cần access vào một nhà cung cấp dịch vụ không dây nào đó.

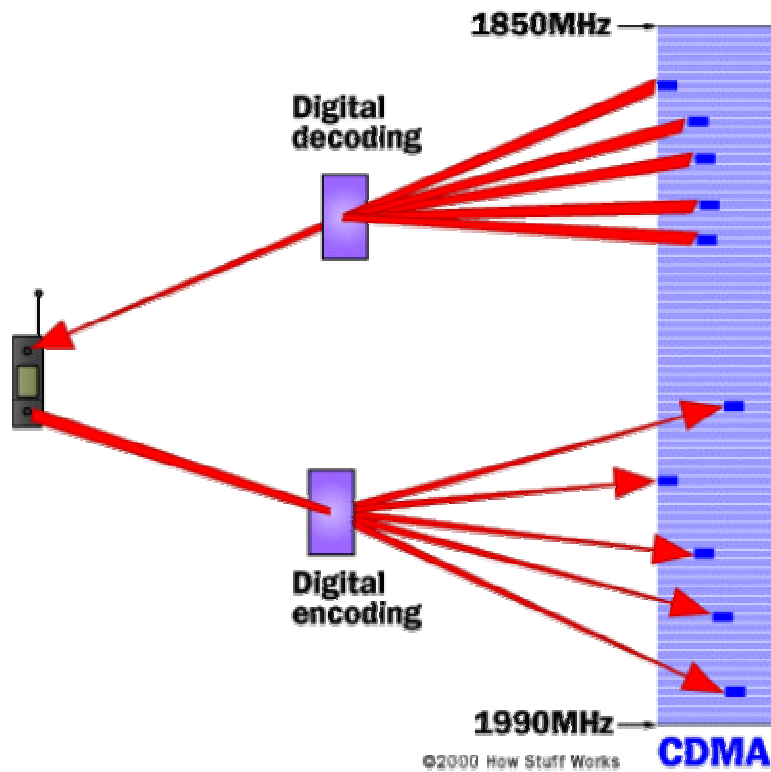
Không may thay, điện thoại 1900-MHz của GSM nếu sử dụng tại Mỹ sẽ không tương thích với hệ thống quốc tế. Nếu bạn sống tại Mỹ và cần một chiếc ĐTDĐ khi bạn ở nước ngoài, cách dễ nhất là bạn mua một máy ĐTDĐ GSM 900MHz/1800MHz. Bạn có thể kiểm được những máy đó tại Planet Omni, 1 hãng điện tử online tại California. Họ đưa ra một selection phong phú của các loại điện thoại GSM Nokia, Motorola và Ericsson. Tuy nhiên họ lại không bán SIM Card quốc tế. Bạn có thể mua một Sim Card trả trước để dùng trong một vùng rộng của các nước tại **Telesial.com**.

Cool Facts

- Chuẩn GSM cho ĐTDĐ KTS được thành lập ở châu Âu vào giữa những năm 1980—trước rất lâu so với lúc ĐTDĐ KTS thông dụng trong văn hóa Mỹ.
- Ngày nay có thể xác định được vị trí của một người đang sử dụng ĐTDĐ ở trong vùng có độ chính xác từng met ở bất cứ đâu
- Điện thoại 3G trông giống một chiếc PDA, với những đặc trưng như thường thức Video, lịch khoa học, và chơi multi-player game

Cellular Access Technologies: CDMA

CDMA là một khía cạnh hoàn toàn khác so với TDMA. CDMA, sau khi số hóa dữ liệu, chia nó trên toàn bộ băng tần có thể sử dụng. Nhiều cuộc gọi được phủ lẫn nhau, với duy nhất một dãy code. CDMA là một dạng chia phổ(**spread spectrum**), cái đơn giản nghĩa là dữ liệu được gửi trong những phần nhỏ qua một số tần số riêng biệt để sử dụng trong bất cứ thời gian nào trong những vùng xác định.



Với CDMA, dữ liệu của mỗi ĐTDĐ có một code duy nhất

Tất cả người dùng chuyển giao trên cùng một *băng tần giống như một khúc phố(????)*. Mỗi tín hiệu của người dùng được trải toàn bộ băng tần bởi một **code trải** duy nhất. Ở người nhận, những code duy nhất đó được dùng để lấy lại tín hiệu. Bởi vì hệ thống CDMA cần đặt một con dấu thời gian chính xác trên mỗi phần của tín hiệu, nên nó dùng hệ thống GPS để giải quyết vấn đề đó. Giữa 8 và 10 cuộc gọi tách rời có thể mang trên cùng một kênh giống như trên cuộc gọi AMPS analog. Công nghệ CDMA là cơ sở cho **Interim Standard 95B (IS-95)** và điều hành trên cả 2 dải tần số 800 MHz và 900 MHz.

Một cách lý tưởng rằng TDMA và CDMA là rõ ràng đối với nhau. Đối với thực hành, những tín hiệu CDMA công suất cao làm tăng tiếng ồn đối với người nhận dùng TDMA, còn những tín hiệu TDMA công suất cao có thể là nguyên nhân của sự quá tải và sự nghẽn mạch đối với người nhận dùng CDMA.

Ở phần tiếp theo, bạn sẽ học về sự khác nhau giữa dịch vụ di động và dịch vụ PCS.

Di động và PCS.(Cellular vs. PCS)

Dịch vụ liên lạc cá nhân (**Personal Communications Services** -PCS) là một dịch vụ điện thoại không dây rất giống với dịch vụ di động, nhưng với một sự nổi bật trong dịch vụ cá nhân và di chuyển rộng. Cụm từ “PCS” thường được dùng khi nói về “ô KTS”, nhưng PCS thực sự nghĩa là các dịch vụ khác như *paging*, ID của người gọi và e-mail được đặt ở trong dịch vụ

Trong khi ô được chế tạo với mục đích đầu tiên là dùng cho ô tô, còn PCS thì được thiết kế ở trên mặt đất cho số đông hơn những người dùng di động. PCS có một ô nhỏ hơn và vì vậy yêu cầu số lượng ăng ten lớn hơn để có thể phủ sóng một vùng địa lý. Điện thoại PCS sử dụng tần số giữa 1.85 GHz và 1.99 GHz(1850 MHz đến 1990 MHz).

Về mặt công nghệ, hệ thống ô ở Mỹ điều hành ở dải tần số từ 824 MHz đến 894 MHz; PCS điều hành ở dải 1850 MHz đến 1990 MHz. Và khi nó cơ bản dựa trên TDMA, PCS có 200 kHz kênh không gian và 8 khe thời gian thay vì loại 30 kHz kênh không gian và 3 khe thời gian ở ô KTS.

Bây giờ hãy xem xét sự phân biệt giữa công nghệ “dải tần kép” và “kiểu thức kép”.

Dual Band vs. Dual Mode

Nếu bạn là người du lịch nhiều, có thể bạn cần một loại ĐTĐĐ có cả 2 chức năng trên. Hãy xem chúng là như thế nào:

- **Dual band(giai tần kép)** Một chiếc điện thoại có khả năng dual-band thì có thể chuyển tần số. Điều đó có nghĩa rằng nó có thể hoạt động trên cả 2 dải 800 MHz và 1900 MHz. Ví dụ, một chiếc điện thoại TDMA với dual-band có thể sử dụng dịch vụ TDMA trên cả 2 hệ thống 800 MHz và 1900 MHz.
- **Dual Mode** – Trong ĐTĐĐ, “mode” ám chỉ đến loại công nghệ truyền phát được dùng. Vì vậy, một chiếc điện thoại AMPS và TDMA có thể chuyển lẫn cho nhau nếu cần. Nó quan trọng ở chỗ là một trong những mode là AMPS – cái mà cung cấp cho bạn dịch vụ analog khi bạn ở trong vùng không cung cấp dịch vụ digital
- **Dual band/Dual mode** – Điều tốt nhất của 2 yếu tố này là cho phép bạn chuyển giữa các giải tần số và các mode truyền phát khi cần thiết.

Thay đổi các dải tần và mode được thực hiện tự động bởi những chiếc ĐTĐĐ có những đặc tính trên. Thông thường ĐTĐĐ có một đặc tính được định sẵn trước ví dụ 1900 MHz TDMA, và sẽ cố gắng để liên kết tại tần số đó, với công nghệ đó đầu tiên. Nếu nó cung cấp dual band, nó sẽ chuyển tới 800 MHz nếu không thể connect tại 1900 MHz. Và nếu chiếc ĐTĐĐ cung cấp hơn 1 mode, nó sẽ thử các mode KTS đầu tiên, và sau đó chuyển qua analog.

Đôi khi bạn có thể tìm thấy những chiếc điện thoại **3 mode(tri-mode)** . Điều này có thể là một sự lừa bịp. Điều này có thể có nghĩa là chiếc điện thoại cung cấp 2 công nghệ KTS như CDMA và TDMA, và 1 dịch vụ analog. Nhưng nó cũng có thể có nghĩa là nó cung cấp công nghệ KTS ở 2 dải tần và cũng cung cấp cả dịch vụ analog. Một version phổ biến của loại điện thoại 3-mode này dùng cho những người đi du lịch rất nhiều và có dịch vụ GSM ở tần 900 MHz tại châu Âu, châu Á và dải tần 1900 MHz ở Mỹ, có thêm dịch vụ analog.

Trong phần tiếp theo, chúng ta sẽ xem xét những vấn đề gặp phải ở ĐTDĐ .

Các vấn đề với ĐTDĐ

Một chiếc ĐTDĐ, cũng giống như các thiết bị điện bình thường khác cũng có những vấn đề của nó

- Nói chung, nếu bạn để điện thoại bị ướt hoặc dùng tay ướt để ấn nút thì sẽ gây ra sự hỏng hóc không thể sửa chữa trong một vài phần của ĐTDĐ. Xem xét một cách để phòng ngừa. Nếu ĐTDĐ bị ướt, hãy chắc chắn rằng nó hoàn toàn khô ráo trước khi bạn bắt nó và như vậy bạn có thể phòng được những hỏng hóc ở các phần bên trong điện thoại.
- Sự nóng quá ở trong ô tô có thể làm hỏng pin hoặc các phần điện tử của ĐTDĐ. Ngược lại sự quá lạnh có thể là nguyên nhân dẫn đến việc mất hiển thị màn hình trong một thời gian.
- ĐTDĐ analog chịu một vấn đề gọi là “cloning”. Một chiếc điện thoại bị “cloned” khi ai đó đánh cắp số ID của nó và thực hiện những cuộc gọi lậu(**fraudulent calls**) trên account của người chủ của chiếc máy.

Đây là cách mà cloning được thực hiện: khi ĐTDĐ của bạn thực hiện một cuộc gọi, nó truyền ESN và MIN tới mạng tại đầu của cuộc gọi. Cặp MIN/ESN là tag duy nhất cho chiếc ĐTDĐ của bạn—đó là cách làm sao các công ty điện thoại biết ai là người trả tiền cuộc gọi. Khi ĐTDĐ của bạn truyền MIN/ESN, điều bất chính có thể xảy ra là nghe trộm (với một cái scanner) và lấy cặp MIN/ESN này. Với một công cụ chính xác, khá là dễ dàng để tạo một điện thoại khác mà chứa cặp MIN/ESN của bạn, và nó cho phép những cuộc gọi bất chính được thực hiện trên account của bạn

Xem phần tiếp theo nói về các cột ĐTDĐ!

Cột ĐTDD

Cột ĐTDD thường là những cột thép hoặc là cấu trúc hàng rào và cao hàng trăm feet. Chiếc cột ĐTDD này cùng với I-85 nằm gần Greenville,SC, là loại tiêu biểu tại Mỹ.



Đây là loại cột hiện đại với 3 nhà cung cấp ĐTDD trên cùng một cấu trúc. Nếu bạn nhìn vào phần cơ bản của chiếc cột bạn sẽ thấy mỗi nhà cung cấp có những thiết bị riêng, và bạn cũng có thể thấy ngày này rất ít những thiết bị phức tạp(những thiết bị cũ thường có một tòa nhà nhỏ tại mỗi cơ sở)



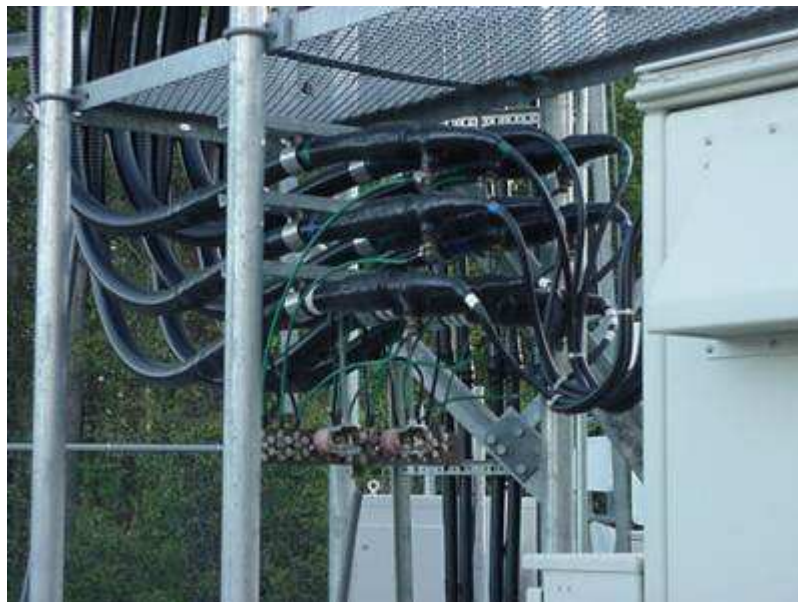
Đây là một thiết bị của một nhà cung cấp



Các hộp chứa các máy phát và nhận radio ở bên trái cột và được nối với các điện thoại. Radio liên kết với ăngten trên cột thông qua các cáp lớn.



Nếu bạn nhìn gần bạn sẽ thấy là cột và tất cả cáp, thiết bị tại cơ sở của cột đều được tiếp đất một cách nặng nề. Ví dụ, tấm bản ở trên hình với dây màu xanh nổi cũng là một tấm bản tiếp đất bằng đồng.



Một điều chắc chắn rằng những nhà cung cấp dịch vụ dùng chung một tháp có một cái cổng 5 khóa. Mỗi người trong 5 người này đều không thể mở cổng để vào trong.



Mỗi một cột ĐTĐĐ lại có những hình dáng và kích cỡ khác nhau nhưng tôi tin chiếc cột tại Morrisville,NC, này là một trong những chiếc lạ lùng nhất.



Giáo trình Linh Kiện Điện Tử

Lời nói đầu

Linh kiện điện tử là kiến thức bước đầu và căn bản của ngành điện tử.

Giáo trình được biên soạn từ các bài giảng của tác giả trong nhiều năm qua tại Khoa Công Nghệ và Công Nghệ Thông Tin, Trường Đại học Cần Thơ và các Trung Tâm Giáo dục thường xuyên ở đồng bằng sông Cửu Long sau quá trình sửa chữa và cập nhật.

Giáo trình chủ yếu dùng cho sinh viên chuyên ngành Điện Tử Viễn Thông và Tự Động Hóa. Các sinh viên khối Kỹ thuật và những ai ham thích điện tử cũng tìm thấy ở đây nhiều điều bổ ích.

Giáo trình bao gồm 9 chương:

Từ chương 1 đến chương 3: Nhắc lại một số kiến thức căn bản về vật lý vi mô, các mức năng lượng và dải năng lượng trong cấu trúc của kim loại và chất bán dẫn điện và dùng nó như chìa khóa để khảo sát các linh kiện điện tử.

Từ chương 4 đến chương 8: Đây là đối tượng chính của giáo trình. Trong các chương này, ta khảo sát cấu tạo, cơ chế hoạt động và các đặc tính chủ yếu của các linh kiện điện tử thông dụng. Các linh kiện quá đặc biệt và ít thông dụng được giới thiệu ngắn gọn mà không đi vào phân giải.

Chương 9: Giới thiệu sự hình thành và phát triển của vi mạch.

Người viết chân thành cảm ơn anh Nguyễn Trung Lập, Giảng viên chính của Bộ môn Viễn Thông và Tự Động Hóa, Khoa Công Nghệ Thông Tin, Trường Đại học Cần Thơ đã đọc kỹ bản thảo và cho nhiều ý kiến quý báu.

Cần Thơ, tháng 12 năm 2003

Trương Văn Tám

Mục lục

Chương I.....	4
MỨC NĂNG LƯỢNG VÀ DẢI NĂNG LƯỢNG.....	4
I. KHÁI NIỆM VỀ CƠ HỌC NGUYÊN LƯỢNG:.....	4
II. PHÂN BỐ ĐIỆN TỬ TRONG NGUYÊN TỬ THEO NĂNG LƯỢNG:.....	6
III. DẢI NĂNG LƯỢNG: (ENERGY BANDS).....	8
Chương II.....	12
SỰ DẪN ĐIỆN TRONG KIM LOẠI.....	12
I. ĐỘ LINH ĐỘNG VÀ DẪN XUẤT:.....	12
II. PHƯƠNG PHÁP KHẢO SÁT CHUYỂN ĐỘNG CỦA HẠT TỬ BẰNG NĂNG LƯỢNG:.....	14
III. THỂ NĂNG TRONG KIM LOẠI:.....	15
IV. SỰ PHÂN BỐ CỦA ĐIỆN TỬ THEO NĂNG LƯỢNG:.....	18
V. CÔNG RA (HÀM CÔNG):.....	20
VI. ĐIỆN THỂ TIẾP XÚC (TIẾP THỂ):.....	21
Chương III.....	22
CHẤT BÁN DẪN ĐIỆN.....	22
I. CHẤT BÁN DẪN ĐIỆN THUẦN HAY NỘI BẨM:.....	22
II. CHẤT BÁN DẪN NGOẠI LAI HAY CÓ CHẤT PHA:.....	24
1. Chất bán dẫn loại N: (N - type semiconductor).....	24
2. Chất bán dẫn loại P:.....	25
3. Chất bán dẫn hỗn hợp:.....	26
III. DẪN SUẤT CỦA CHẤT BÁN DẪN:.....	27
IV. CƠ CHẾ DẪN ĐIỆN TRONG CHẤT BÁN DẪN:.....	29
V. PHƯƠNG TRÌNH LIÊN TỤC:.....	30
Chương IV.....	32
NỐI P-N VÀ DIODE.....	32
I. CẤU TẠO CỦA NỐI P-N:.....	32
II. DÒNG ĐIỆN TRONG NỐI P-N KHI ĐƯỢC PHÂN CỰC:.....	34
1. Nối P-N được phân cực thuận:.....	35
2. Nối P-N khi được phân cực nghịch:.....	38
III. ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ LÊN NỐI P-N:.....	40
IV. NỘI TRỞ CỦA NỐI P-N.....	41
1. Nội trở tĩnh: (Static resistance).....	41
2. Nội trở động của nối P-N: (Dynamic Resistance).....	42
V. ĐIỆN DUNG CỦA NỐI P-N.....	44
1. Điện dung chuyển tiếp (Điện dung nối).....	44
2. Điện dung khuếch tán. (Difusion capacitance).....	45
VI. CÁC LOẠI DIODE THÔNG DỤNG.....	45
1. Diode chỉnh lưu:.....	45
2. Diode tách sóng.....	53
3. Diode schottky:.....	53
4. Diode ổn áp (diode Zenner):.....	54
5. Diode biến dung: (Varicap – Varactor diode).....	57
6. Diode hầm (Tunnel diode).....	58
Bài tập cuối chương.....	59
Chương V.....	61
TRANSISTOR LƯỜNG CỰC.....	61
I. CẤU TẠO CƠ BẢN CỦA BJT.....	61
II. TRANSISTOR Ở TRẠNG THÁI CHƯA PHÂN CỰC.....	61
III. CƠ CHẾ HOẠT ĐỘNG CỦA TRANSISTOR LƯỜNG CỰC.....	63
IV. CÁC CÁCH RÁP TRANSISTOR VÀ ĐỘ LỢI DÒNG ĐIỆN.....	64
V. DÒNG ĐIỆN RỈ TRONG TRANSISTOR.....	66
VI. ĐẶC TUYẾN V-I CỦA TRANSISTOR.....	67
1. Mắc theo kiểu cực nền chung:.....	68
2. Mắc theo kiểu cực phát chung.....	69
3. Ảnh hưởng của nhiệt độ lên các đặc tuyến của BJT.....	72
VII. ĐIỂM ĐIỀU HÀNH – ĐƯỜNG THẲNG LẤY ĐIỆN MỘT CHIỀU.....	73
VIII. KIỂU MẪU MỘT CHIỀU CỦA BJT.....	78

IX. BJT VỚI TÍN HIỆU XOAY CHIỀU	80
1. Mô hình của BJT:	80
2. Điện dẫn truyền (transconductance)	82
3. Tổng trở vào của transistor:	83
4. Hiệu ứng Early (Early effect)	85
5. Mạch tương đương xoay chiều của BJT:	86
Bài tập cuối chương	90
CHƯƠNG 6	91
TRANSISTOR TRƯỜNG ỨNG	91
I. CẤU TẠO CĂN BẢN CỦA JFET:	91
II. CƠ CHẾ HOẠT ĐỘNG CỦA JFET:	93
III. ĐẶC TUYẾN TRUYỀN CỦA JFET.	99
IV. ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ TRÊN JFET.	100
V. MOSFET LOẠI HIẾM (DEPLETION MOSFET: DE MOSFET)	102
VI. MOSFET LOẠI TĂNG (ENHANCEMENT MOSFET: E-MOSFET)	107
VII. XÁC ĐỊNH ĐIỂM ĐIỀU HÀNH:	111
VIII. FET VỚI TÍN HIỆU XOAY CHIỀU VÀ MẠCH TƯƠNG ĐƯƠNG VỚI TÍN HIỆU NHỎ	113
IX. ĐIỆN DẪN TRUYỀN (TRANSCONDUCTANCE) CỦA JFET VÀ DEMOSFET	117
X. ĐIỆN DẪN TRUYỀN CỦA E-MOSFET	118
XI. TỔNG TRỞ VÀO VÀ TỔNG TRỞ RA CỦA FET	119
XII. CMOS TUYẾN TÍNH (LINEAR CMOS)	120
XIII. MOSFET CÔNG SUẤT: V-MOS VÀ D-MOS	122
1. V-MOS:	122
2. D-MOS:	123
Bài tập cuối chương	125
CHƯƠNG VII	126
LINH KIỆN CÓ BỐN LỚP BÁN DẪN PNP VÀ NHỮNG LINH KIỆN KHÁC	126
I. SCR (THYRISTOR – SILICON CONTROLLED RECTIFIER)	126
1. Cấu tạo và đặc tính:	126
2. Đặc tuyến Volt-Ampere của SCR:	128
3. Các thông số của SCR:	129
4. SCR hoạt động ở điện thế xoay chiều	130
5. Vai ứng dụng đơn giản:	131
II. TRIAC (TRIOD AC SEMICONDUCTOR SWITCH)	133
III. SCS (SILICON – CONTROLLED SWITCH)	135
IV. DIAC	136
V. DIOD SHOCKLEY	137
VI. GTO (GATE TURN – OFF SWITCH)	138
VII. UJT (UNIUNCTION TRANSISTOR – TRANSISTOR ĐỘC NỔ)	140
1. Cấu tạo và đặc tính của UJT:	140
2. Các thông số kỹ thuật của UJT và vấn đề ổn định nhiệt cho định:	143
3. Ứng dụng đơn giản của UJT:	144
VIII. PUT (Programmable Unijunction Transistor)	145
CHƯƠNG VIII	148
LINH KIỆN QUANG ĐIỆN TỬ	148
I. ÁNH SÁNG	148
II. QUANG ĐIỆN TRỞ (PHOTORESISTANCE)	149
III. QUANG DIOD (PHOTODIODE)	151
IV. QUANG TRANSISTOR (PHOTO TRANSISTOR)	152
V. DIOD PHÁT QUANG (LED-LIGHT EMITTING DIODE)	154
VI. NÓI QUANG	155
CHƯƠNG IX	157
SƠ LƯỢC VỀ IC	157
I. KHÁI NIỆM VỀ IC - SỰ KẾT TỤ TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN TỬ	157
II. CÁC LOẠI IC	159
1. IC màng (film IC):	159
2. IC đơn tinh thể (Monolithic IC):	159
3. IC lai (hibrid IC)	160
III. SƠ LƯỢC VỀ QUI TRÌNH CHẾ TẠO MỘT IC ĐƠN TINH THỂ	160
IV. IC SỐ (IC DIGITAL) VÀ IC TƯƠNG TỰ (IC ANALOG)	162
1. IC Digital:	162
2. IC analog:	163
Tài liệu tham khảo	163

Có những quỹ đạo đặc biệt, trên đó điện tử có thể di chuyển mà không phát ra năng lượng. Tương ứng với mỗi quỹ đạo có một mức năng lượng nhất định. Ta có một quỹ đạo dừng.

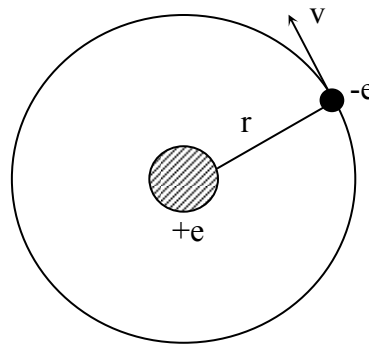
Khi điện tử di chuyển từ một quỹ đạo tương ứng với mức năng lượng w_1 sang quỹ đạo khác tương ứng với mức năng lượng w_2 thì sẽ có hiện tượng bức xạ hay hấp thụ năng lượng. Tần số của bức xạ (hay hấp thụ) này là:

$$f = \frac{w_2 - w_1}{h}$$

Trong đó, $h=6,62.10^{-34}$ J.s (hằng số Planck).

Trong mỗi quỹ đạo dừng, moment động lượng của điện tử bằng bội số của $\frac{h}{2\pi} = \hbar$

$$\text{Moment động lượng: } m.v.r = n \cdot \frac{h}{2\pi} = n\hbar$$



Hình 1

Với giả thuyết trên, người ta đã dự đoán được các mức năng lượng của nguyên tử hydro và giải thích được quang phổ vạch của Hydro, nhưng không giải thích được đối với những nguyên tử có nhiều điện tử. Nhận thấy sự đối tính giữa sóng và hạt, Louis de Broglie (Nhà vật lý học Pháp) cho rằng có thể liên kết mỗi hạt điện khối lượng m , chuyển động với vận tốc v một bước sóng $\lambda = \frac{h}{mv}$.

Tổng hợp tất cả giả thuyết trên là môn cơ học nguyên lượng, khả dĩ có thể giải thích được các hiện tượng quan sát được ở cấp nguyên tử.

Phương trình căn bản của môn cơ học nguyên lượng là phương trình Schrodinger được viết như sau:

$$-\frac{\hbar^2}{2.m} \nabla^2 \varphi + (E - U)\varphi = 0$$

∇^2 là toán tử Laplacien

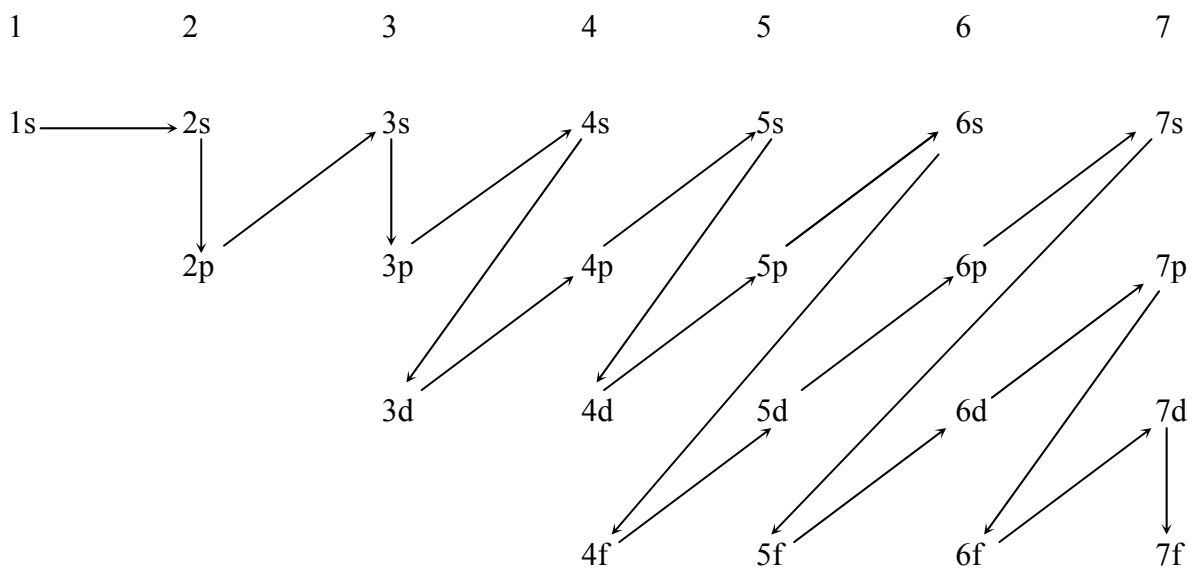
Tầng L có tối đa 8 điện tử.

Tầng M có tối đa 18 điện tử.

Tầng N có tối đa 32 điện tử.

Các tầng O,P,Q cũng có 4 phụ tầng và cũng có tối đa 32 điện tử.

Ứng với mỗi phụ tầng có một mức năng lượng và các mức năng lượng được xếp theo thứ tự như sau:



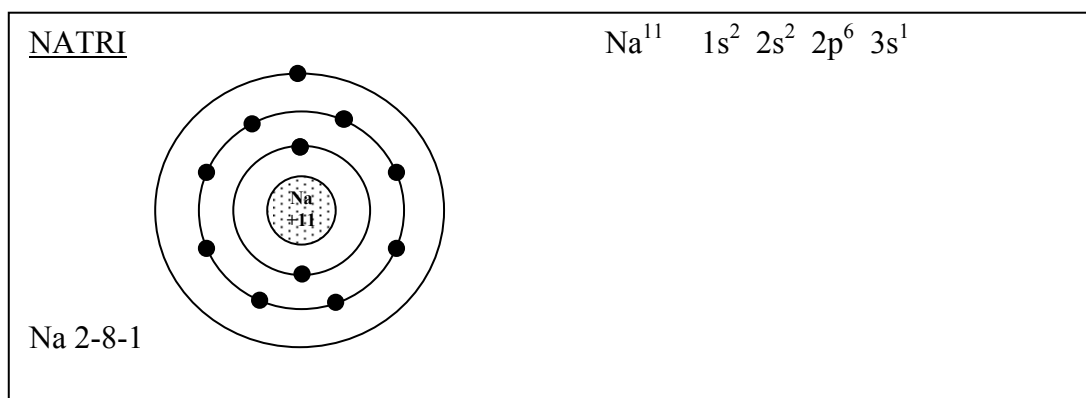
Hình 2

Khi không bị kích thích, các trạng thái năng lượng nhỏ bị điện tử chiếm trước (gần nhân hơn) khi hết chỗ mới sang mức cao hơn (xa nhân hơn). Thí dụ: nguyên tử Na có số điện tử $z=11$, có các phụ tầng 1s,2s,2p bị các điện tử chiếm hoàn toàn nhưng chỉ có 1 điện tử chiếm phụ tầng 3s.

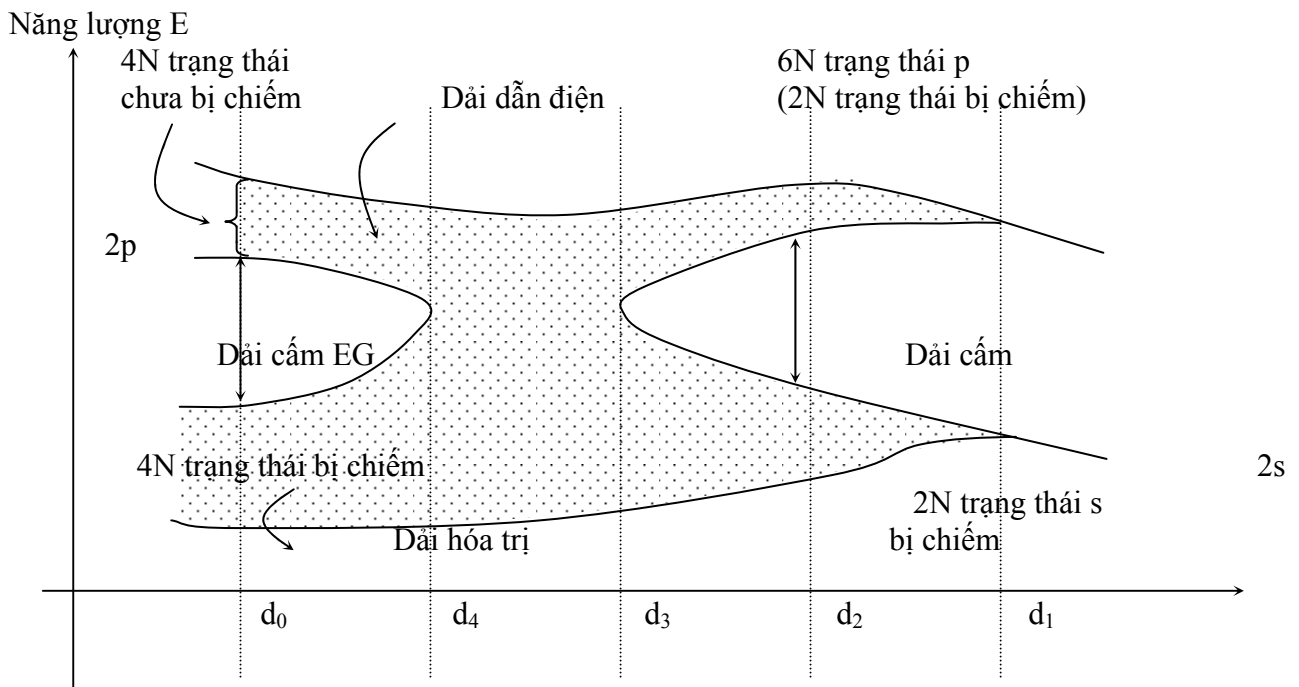
Cách biểu diễn:

Theo mẫu của Bohr

Theo mức năng lượng



Ta xét một mạng tinh thể gồm N nguyên tử thuộc nhóm 4A, thí dụ C^6 . Ta tưởng tượng rằng có thể thay đổi được khoảng cách giữa các nguyên tử mà không thay đổi cấu tạo căn bản của tinh thể. Nếu các nguyên tử cách nhau một khoảng d_1 sao cho tác động lẫn nhau không đáng kể thì các mức năng lượng của chúng trùng với các mức năng lượng của một nguyên tử độc nhất. Hai phụ tầng ngoài cùng có 2 điện tử s và 2 điện tử p ($C^6=1s^22s^22p^2$). Do đó, nếu ta không để ý đến các tầng trong, ta có $2N$ điện tử chiếm tất cả $2N$ trạng thái s và có cùng mức năng lượng; Ta cũng có $2N$ điện tử p chiếm $2N$ trạng thái p . Vậy có $4N$ trạng thái p chưa bị chiếm. Giả sử khoảng cách giữa các nguyên tử được thu nhỏ hơn thành d_2 , tác dụng của một nguyên tử bất kỳ lên các nguyên tử lân cận trở thành quan trọng.



Hình 4

Ta có một hệ thống gồm N nguyên tử, do đó các nguyên tử phải tuân theo nguyên lý Pauli. $2N$ điện tử s không thể có cùng mức năng lượng mà phải có $2N$ mức năng lượng khác nhau; khoảng cách giữa hai mức năng lượng rất nhỏ nhưng vì N rất lớn nên khoảng cách giữa mức năng lượng cao nhất và thấp nhất khá lớn, ta có một dải năng lượng. $2N$ trạng thái của dải năng lượng này đều bị $2N$ điện tử chiếm. Tương tự, bên trên dải năng lượng này ta có một dải gồm $6N$ trạng thái p nhưng chỉ có $2N$ trạng thái p bị chiếm chỗ.

Ta để ý rằng, giữa hai dải năng lượng mà điện tử chiếm-được có một dải cấm. Điện tử không thể có năng lượng nằm trong dải cấm, khoảng cách (dải cấm) càng thu hẹp khi khoảng cách d càng nhỏ (xem hình). Khi khoảng cách $d=d_3$, các dải năng lượng chồng lên nhau, $6N$ trạng thái của dải trên hoà với $2N$ trạng thái của dải dưới cho ta $8N$ trạng thái, nhưng chỉ có $4N$ trạng thái bị chiếm. Ở khoảng cách này, mỗi nguyên tử có 4 điện tử tầng ngoài nhưng ta không thể phân biệt được điện tử nào là điện tử s và điện tử nào là điện tử p , ở khoảng cách từ đó, tác dụng của các nguyên tử lên nhau rất mạnh. Sự phân

bổ các dải năng lượng tùy thuộc vào dạng tinh thể và nguyên tử số. Người ta xác định sự phân bố này bằng cách giải phương trình Schrodinger và có kết quả như hình vẽ. Ta có một dải hoá trị (valence band) gồm 4N trạng thái hoàn toàn bị chiếm và một dải dẫn điện (conduction band) gồm 4N trạng thái chưa bị chiếm. Giữa hai dải năng lượng này, có một dải năng lượng cấm có năng lượng khoảng 6eV. (eV: ElectronVolt)

1 volt là hiệu điện thế giữa hai điểm của một mạch điện khi năng lượng cung cấp là 1 Joule để chuyển một điện tích 1 Coloumb từ điểm này đến điểm kia.

$$\text{Vậy, volt} \leftarrow V = \frac{W \rightarrow \text{Joule}}{Q \rightarrow \text{Coloumb}}$$

Vậy năng lượng mà một điện tử tiếp nhận khi vượt một hiệu điện thế 1 volt là:

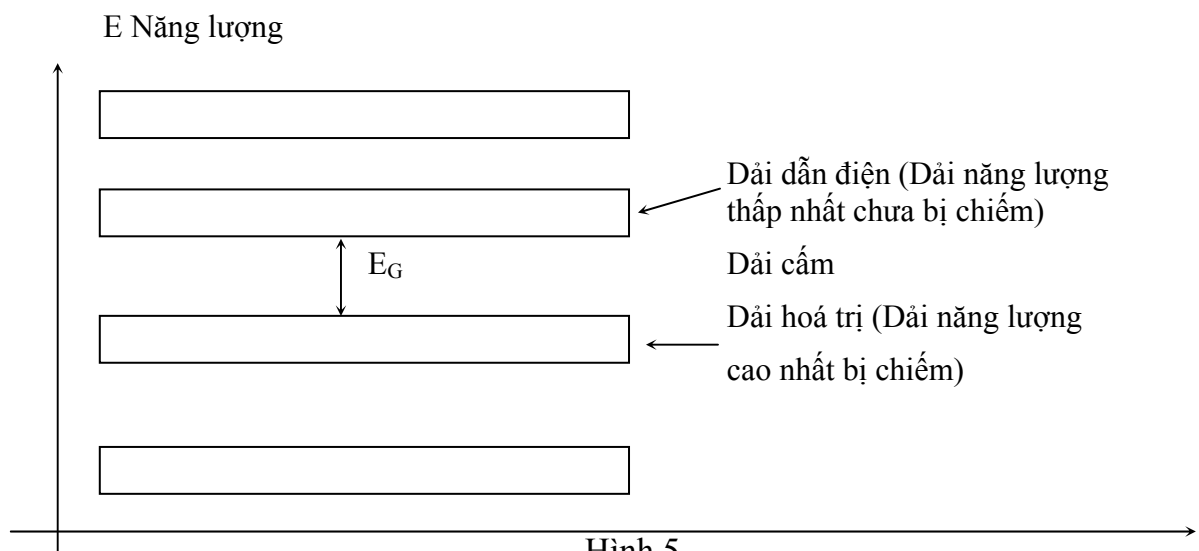
$$V = \frac{W}{Q}$$

$$\Rightarrow 1V = \frac{W}{1,602 \cdot 10^{-19}}$$

$$\Rightarrow W = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Joule}$$

Năng lượng này được gọi là 1eV (1eV=1,602.10⁻¹⁹J)

Ta đã khảo sát trường hợp đặc biệt của tinh thể Cacbon. Nếu ta khảo sát một tinh thể bất kỳ, năng lượng của điện tử cũng được chia thành từng dải. Dải năng lượng cao nhất bị chiếm gọi là dải hóa trị, dải năng lượng thấp nhất chưa bị chiếm gọi là dải dẫn điện. Ta đặc biệt chú ý đến hai dải năng lượng này.



* Ta có 3 trường hợp:

Dải cấm có độ cao khá lớn ($E_G > 5\text{eV}$). Đây là trường hợp của các chất cách điện. Thí dụ như kim cương có $E_G = 7\text{eV}$, SiO_2 $E_G = 9\text{eV}$.

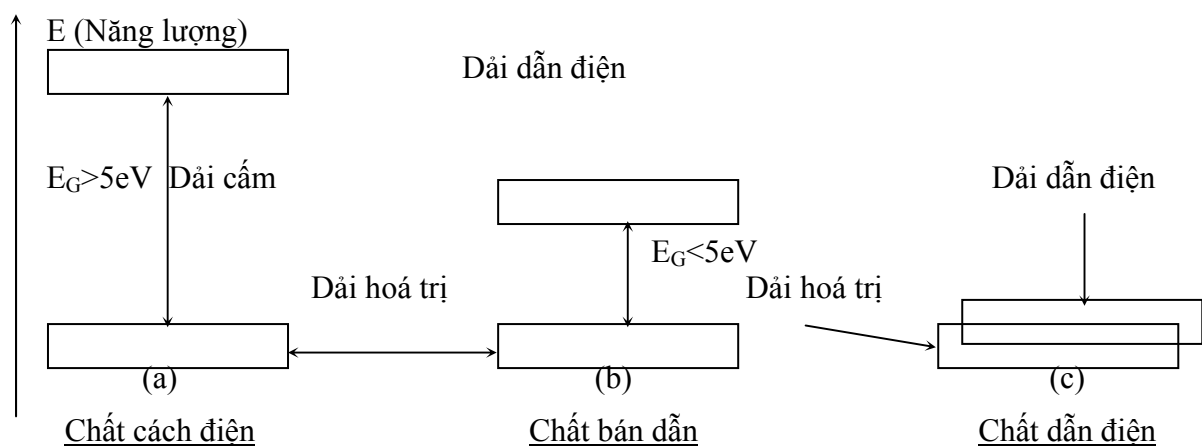
Dải cấm có độ cao nhỏ ($E_G < 5\text{eV}$). Đây là trường hợp chất bán dẫn điện.

Thí dụ: Germanium có $E_G = 0,75\text{eV}$

Silicium có $E_G = 1,12\text{eV}$

Galium Arsenic có $E_G = 1,4\text{eV}$

Dải hóa trị và dải dẫn điện chồng lên nhau, đây là trường hợp của chất dẫn điện. Thí dụ như đồng, nhôm...



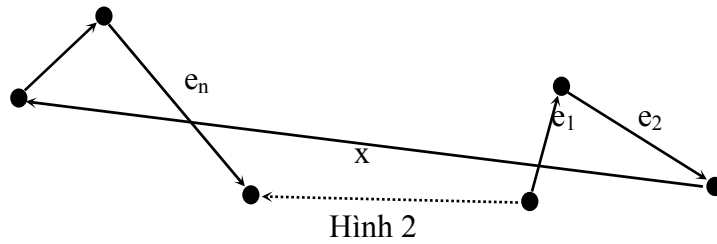
Hình 6

Giả sử ta tăng nhiệt độ của tinh thể, nhờ sự cung cấp nhiệt năng, điện tử trong dải hóa trị tăng năng lượng. Trong trường hợp (a), vì E_G lớn, điện tử không đủ năng lượng vượt dải cấm để vào dải dẫn điện. Nếu ta cho tác dụng một điện trường vào tinh thể, vì tất cả các trạng thái trong dải hóa trị đều bị chiếm nên điện tử chỉ có thể di chuyển bằng cách đổi chỗ cho nhau. Do đó, số điện tử đi, về một chiều bằng với số điện tử đi, về theo chiều ngược lại, dòng điện trung bình triệt tiêu. Ta có chất cách điện.

Trong trường hợp (b), một số điện tử có đủ năng lượng sẽ vượt dải cấm vào dải dẫn điện. Dưới tác dụng của điện trường, các điện tử này có thể thay đổi năng lượng dễ dàng vì trong dải dẫn điện có nhiều mức năng lượng trống để tiếp nhận chúng. Vậy điện tử có năng lượng trong dải dẫn điện có thể di chuyển theo một chiều duy nhất dưới tác dụng của điện trường, ta có chất bán dẫn điện.

Trong trường hợp (c) cũng giống như trường hợp (b) nhưng số điện tử trong dải dẫn điện nhiều hơn làm cho sự di chuyển mạnh hơn, ta có kim loại hay chất dẫn điện.

Giả sử, một điện trường \vec{E} được thiết lập trong mạng tinh thể kim loại, ta thử khảo sát chuyển động của một điện tử trong từ trường này.



Hình trên mô tả chuyển động của điện tử dưới tác dụng của điện trường \vec{E} . Quỹ đạo của điện tử là một đường gấp khúc vì điện tử chạm vào các ion dương và đổi hướng chuyển động. Trong thời gian $t=n$ lần thời gian tự do trung bình, điện tử di chuyển được một đoạn đường là x . Vận tốc $v = \frac{x}{t}$ gọi là vận tốc trung bình. Vận tốc này tỉ lệ với điện trường \vec{E} . $v = \mu E$

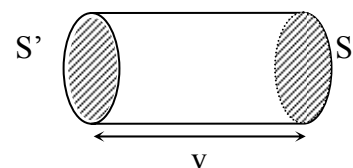
Hằng số tỉ lệ μ gọi là độ linh động của điện tử, tính bằng $m^2/Vsec$.

Điện tích đi qua mỗi đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian được gọi là mật độ dòng điện J .

Ta có: $J = n.e.v$

Trong đó, n : mật độ điện tử, e : điện tích của một electron

Bây giờ, ta xét một diện tích vi cấp S đặt thẳng góc với chiều di chuyển của điện tử. Những điện tử tới mặt S ở thời điểm $t=0$ ($t=0$ được chọn làm thời điểm gốc) là những điện tử ở trên mặt S' cách S một khoảng v (vận tốc trung bình của điện tử) ở thời điểm $t=-1$. Ở thời điểm $t=+1$, những điện tử đi qua mặt S chính là những điện tử chứa trong hình trụ giới hạn bởi mặt S và S' . Điện tích của số điện tử này là $q=n.e.v.s$, với n là mật độ điện tử di chuyển. Vậy điện tích đi ngang qua một đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian là: $J=n.e.v$



Hình 3

Nhưng $v = \mu E$ nên $J = n.e.\mu.E$

Người ta đặt $\sigma = n.e.\mu$ (đọc là Sigma)

Nên $J = \sigma E$ σ gọi là dẫn suất của kim loại

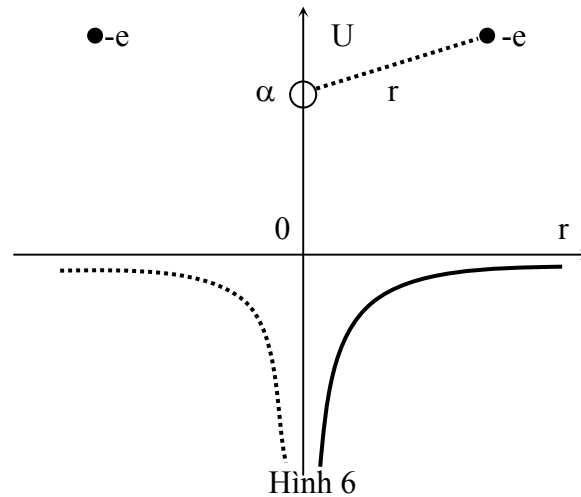
Và $\rho = \frac{1}{\sigma}$ gọi là điện trở suất của kim loại

Điện trở suất tính bằng Ωm và dẫn suất tính bằng mho/m

$$V = \frac{k}{r} + C$$

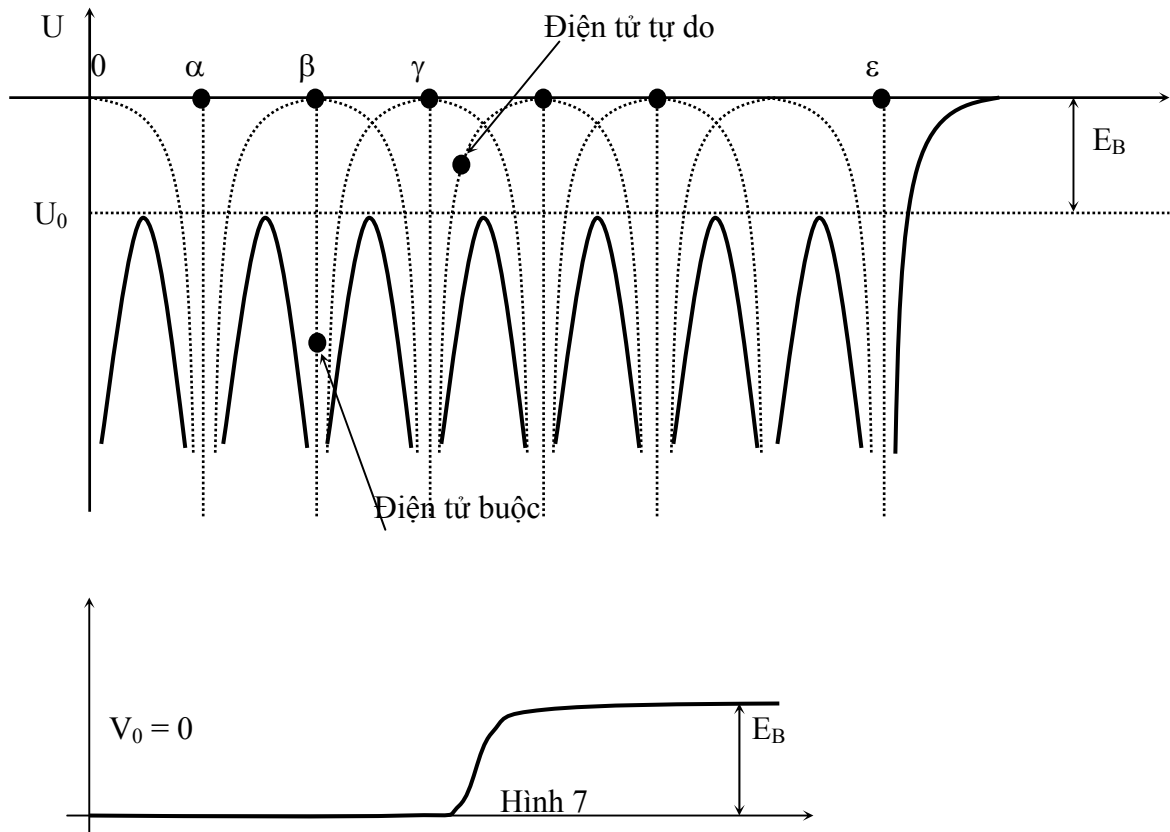
Nếu chọn điện thế tại một điểm rất xa làm điện thế Zero thì $C=0$. Vậy một điện tử có điện tích $-e$ ở cách nhân α một đoạn r sẽ có thế năng là:

$$U = -eV = -\frac{ke}{r}$$



Hình 6

Hình trên là đồ thị của thế năng U theo khoảng cách r . Phần đồ thị không liên tục ứng với một điện tử ở bên trái nhân α . Nếu ta có hai nhân α và β thì trong vùng giữa hai nhân này thế năng của điện tử là tổng các thế năng do α và β tạo ra. Trong kim loại, các nhân được sắp xếp đều đặn theo 3 chiều. Vậy, ta có thể khảo sát sự phân bố của thế năng bằng cách xét sự phân bố dọc theo dải α , β và γ ...



+

Hình trên biểu diễn sự phân bố đó.

Ta thấy rằng có những vùng đẳng thế rộng nằm xen kẽ với những vùng điện thế thay đổi rất nhanh. Mặt ngoài của mỗi kim loại không được xác định hoàn toàn và cách nhân cuối cùng một khoảng cách nhỏ. Vì bên phải của nhân ϵ không còn nhân nên thế năng tiến tới Zero chứ không giữ tính tuần hoàn như bên trong kim loại. Do đó, ta có một rào thế năng tại mặt ngoài của kim loại.

Ta xét một điện tử của nhân β và có năng lượng nhỏ hơn U_0 , điện tử này chỉ có thể di chuyển trong một vùng nhỏ cạnh nhân giữa hai rào thế năng tương ứng. Đó là điện tử buộc và không tham gia vào sự dẫn điện của kim loại. Trái lại, một điện tử có năng lượng lớn hơn U_0 có thể di chuyển từ nguyên tử này qua nguyên tử khác trong khối kim loại nhưng không thể vượt ra ngoài khối kim loại được vì khi đến mặt phân cách, điện tử đụng vào rào thế năng. Các điện tử có năng lượng lớn hơn U_0 được gọi là các điện tử tự do. Trong các chương sau, ta đặt biệt chú ý đến các điện tử này.

Vì hầu hết khối kim loại đều có cùng điện thế V_0 tương ứng với thế năng $U_0 = -eV_0$ nên ta có thể giả sử khối kim loại là một khối đẳng thế V_0 . Nhưng điện thế tùy thuộc vào một hằng số cộng nên ta có thể chọn V_0 làm điện thế gốc ($V_0 = 0V$). Gọi E_B là chiều cao của rào thế năng giữa bên trong và bên ngoài kim loại. Một điện tử bên trong khối kim loại muốn vượt ra ngoài phải có ít nhất một năng lượng $U = E_B$, vì vậy ta cần phải biết sự phân bố của điện tử theo năng lượng.

Ta chấp nhận rằng:

$$N(E) = \gamma \cdot E^{\frac{1}{2}} \quad \gamma \text{ là hằng số tỉ lệ.}$$

Lúc đó, mật độ điện tử có năng lượng E là:

$$\rho(E) = f(E) \cdot N(E) = \gamma \cdot E^{\frac{1}{2}} \cdot f(E)$$

Hình trên là đồ thị của $\rho(E)$ theo E tương ứng với nhiệt độ $T=0^0\text{K}$ và $T=2.500^0\text{K}$.

Ta thấy rằng hàm $\rho(E)$ biến đổi rất ít theo nhiệt độ và chỉ biến đổi trong vùng cận của năng lượng E_F . Do đó, ở nhiệt độ cao ($T=2.500^0\text{K}$) có một số rất ít điện tử có năng lượng lớn hơn E_F , hầu hết các điện tử đều có năng lượng nhỏ hơn E_F . Diện tích giới hạn bởi đường biểu diễn của $\rho(E)$ và trục E cho ta số điện tử tự do n chứa trong một đơn vị thể tích.

$$n = \int_0^{E_F} \rho(E) \cdot dE = \int_0^{E_F} \gamma \cdot E^{\frac{1}{2}} \cdot dE = \frac{2}{3} \gamma \cdot E_F^{\frac{3}{2}}$$

(Đề ý là $f(E)=1$ và $T=0^0\text{K}$)

Từ đây ta suy ra năng lượng Fermi E_F

$$E_F = \left(\frac{3}{2} \cdot \frac{n}{\gamma} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Nếu ta dùng đơn vị thể tích là m^3 và đơn vị năng lượng là eV thì γ có trị số là:

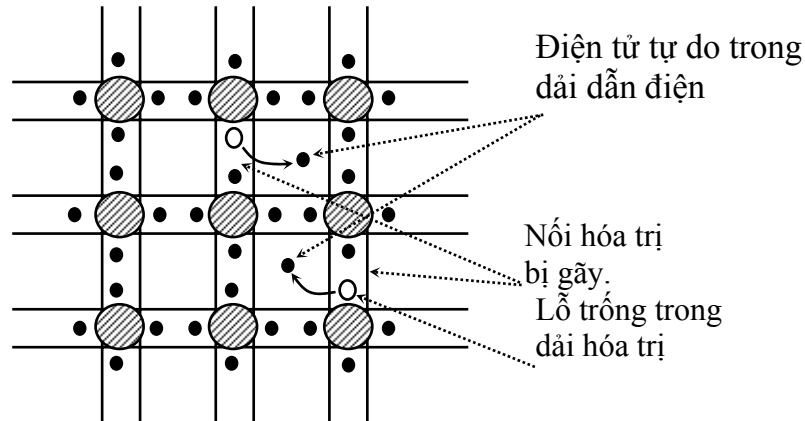
$$\gamma = 6,8 \cdot 10^{27}$$

$$\text{Do đó, } E_F = 3,64 \cdot 10^{-19} \cdot n^{\frac{2}{3}}$$

Nếu biết được khối lượng riêng của kim loại và số điện tử tự do mà mỗi nguyên tử có thể nhả ra, ta tính được n và từ đó suy ra E_F . Thông thường $E_F < 10\text{eV}$.

Thí dụ, khối lượng riêng của Tungsten là $d = 18,8\text{g/cm}^3$, nguyên tử khối là $A = 184$, biết rằng mỗi nguyên tử cho $v = 2$ điện tử tự do. Tính năng lượng Fermi.

Giải: Khối lượng mỗi cm^3 là d, vậy trong mỗi cm^3 ta có một số nguyên tử khối là d/A . Vậy trong mỗi cm^3 , ta có số nguyên tử thực là:



Hình 2: Tinh thể chất bán dẫn ở nhiệt độ cao ($T = 300^0K$)

Khi năng lượng này lớn hơn năng lượng của dải cấm ($0,7eV$ đối với Ge và $1,12eV$ đối với Si), điện tử có thể vượt dải cấm vào dải dẫn điện và chừa lại những lỗ trống (trạng thái năng lượng trống) trong dải hóa trị. Ta nhận thấy số điện tử trong dải dẫn điện bằng số lỗ trống trong dải hóa trị.

Nếu ta gọi n là mật độ điện tử có năng lượng trong dải dẫn điện và p là mật độ lỗ trống có năng lượng trong dải hóa trị. Ta có: $n=p=n_i$

Người ta chứng minh được rằng:

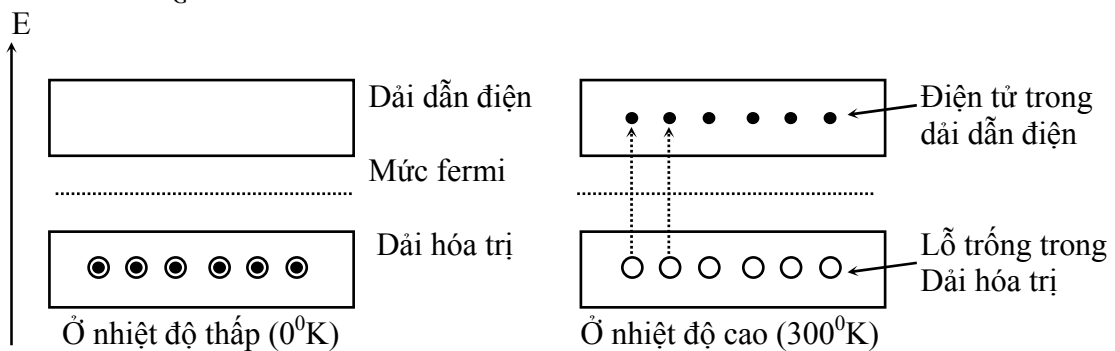
$$n_i^2 = A_0 \cdot T^3 \cdot \exp(-E_G/KT)$$

Trong đó: A_0 : Số Avogadro= $6,203 \cdot 10^{23}$

T : Nhiệt độ tuyệt đối (Độ Kelvin)

K : Hằng số Bolzman= $8,62 \cdot 10^{-5} eV/^0K$

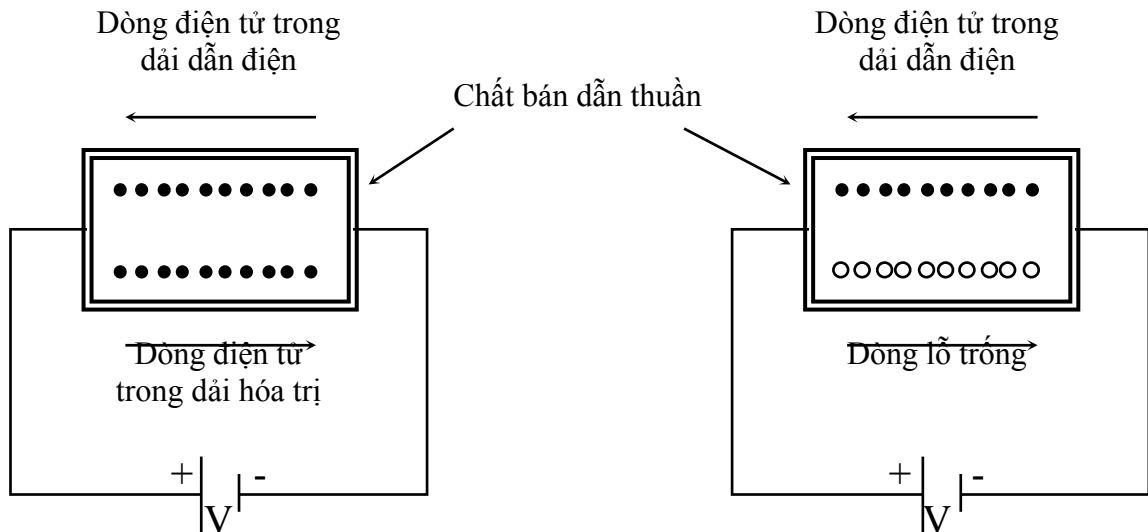
E_G : Chiều cao của dải cấm.



Hình 3

Ta gọi chất bán dẫn có tính chất $n=p$ là chất bán dẫn nội bản hay chất bán dẫn thuần. Thông thường người ta gặp nhiều khó khăn để chế tạo chất bán dẫn loại này.

Vậy ta có thể coi như dòng điện trong chất bán dẫn là sự hợp thành của dòng điện do những điện tử trong dải dẫn điện (đa số đối với chất bán dẫn loại N và thiểu số đối với chất bán dẫn loại P) và những lỗ trống trong dải hóa trị (đa số đối với chất bán dẫn loại P và thiểu số đối với chất bán dẫn loại N).



Hình 11

Tương ứng với những dòng điện này, ta có những mật độ dòng điện J , J_n , J_p sao cho: $J = J_n + J_p$

Ta đã chứng minh được trong kim loại:

$$J = n \cdot e \cdot v = n \cdot e \cdot \mu_n \cdot E$$

Tương tự, trong chất bán dẫn, ta cũng có:

$$J_n = n \cdot e \cdot v_n = n \cdot e \cdot \mu_n \cdot E \quad (\text{Mật độ dòng điện trôi của điện tử, } \mu_n \text{ là độ linh động của điện tử, } n \text{ là mật độ điện tử trong dải dẫn điện})$$

$$J_p = p \cdot e \cdot v_p = p \cdot e \cdot \mu_p \cdot E \quad (\text{Mật độ dòng điện trôi của lỗ trống, } \mu_p \text{ là độ linh động của lỗ trống, } p \text{ là mật độ lỗ trống trong dải hóa trị})$$

$$\text{Như vậy: } J = e \cdot (n \cdot \mu_n + p \cdot \mu_p) \cdot E$$

Theo định luật Ohm, ta có:

$$J = \sigma \cdot E$$

$\Rightarrow \sigma = e \cdot (n \cdot \mu_n + p \cdot \mu_p)$ được gọi là dẫn suất của chất bán dẫn.

$$\frac{dp}{dt} = 0; dI_p=0; P=P_0=\text{hằng số}$$

Phương trình (1) cho ta:

$$0 = g - \frac{p}{\tau_p} \Rightarrow g = \frac{P_0}{\tau_p}$$

Với P_0 là mật độ lỗ trống ở trạng thái cân bằng nhiệt. Thay trị số của g vào phương trình (1) và để ý rằng p và I_p vẫn tùy thuộc vào thời gian và khoảng cách x , phương trình (1) trở thành:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = -\frac{p - p_0}{\tau_p} - \frac{\partial I_p}{\partial x} \cdot \frac{1}{eA} \quad (2)$$

Gọi là phương trình liên tục.

Tương tự với dòng điện tử I_n , ta có:

$$\frac{\partial n}{\partial t} = -\frac{n - n_0}{\tau_n} - \frac{\partial I_n}{\partial x} \cdot \frac{1}{eA} \quad (3)$$

TD: ta giải phương trình liên tục trong trường hợp p không phụ thuộc vào thời gian và dòng điện I_p là dòng điện khuếch tán của lỗ trống.

Ta có: $\frac{dp}{dt} = 0$ và $I_p = -D_p \cdot eA \cdot \frac{dp}{dx}$

Do đó, $\frac{dI_p}{dx} = -D_p \cdot eA \cdot \frac{d^2p}{dx^2}$

Phương trình (2) trở thành:

$$\frac{d^2p}{dx^2} = \frac{P - P_0}{D_p \cdot \tau_p} = \frac{P - P_0}{L_p^2}$$

Trong đó, ta đặt $L_p = \sqrt{D_p \cdot \tau_p}$

Nghiệm số của phương trình (4) là:

$$P - P_0 = A_1 \cdot e^{\frac{x}{L_p}} + A_2 \cdot e^{\left(-\frac{x}{L_p}\right)}$$

Vì mật độ lỗ trống không thể tăng khi x tăng nên $A_1 = 0$

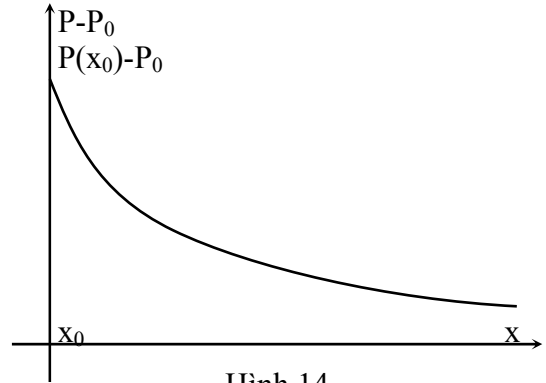
Do đó: $P - P_0 = A_2 \cdot e^{\left(-\frac{x}{L_p}\right)}$ tại $x = x_0$.

Mật độ lỗ trống là $p(x_0)$,

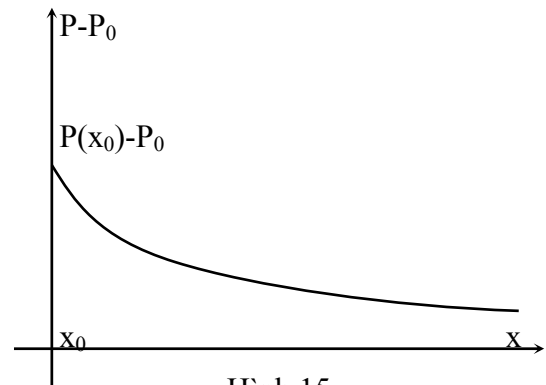
Do đó: $P(x_0) - P_0 = A_2 \cdot e^{\left(-\frac{x_0}{L_p}\right)}$

Suy ra, nghiệm của phương trình (4) là:

$$P(x) - P_0 = [P(x_0) - P_0] e^{\left(-\frac{x-x_0}{L_p}\right)}$$



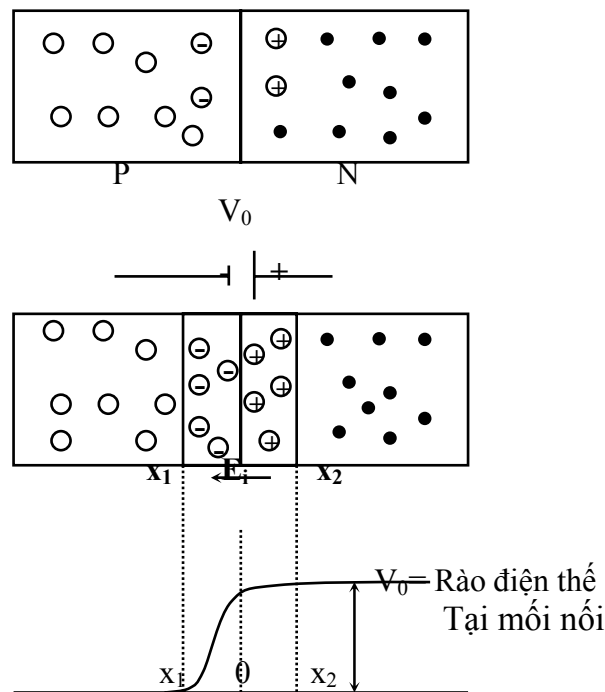
Hình 14



Hình 15

cùng, người ta phủ kim loại lên các vùng p và n+ và hàn dây nối ra ngoài. Ta được một nối P-N có mặt nối giữa vùng p và n+ thẳng.

Khi nối PN được thành lập, các lỗ trống trong vùng P khuếch tán sang vùng N và ngược lại, các điện tử trong vùng N khuếch tán sang vùng P. Trong khi di chuyển, các điện tử và lỗ trống có thể tái hợp với nhau. Do đó, có sự xuất hiện của một vùng ở hai bên mỗi nối trong đó chỉ có những ion âm của những nguyên tử nhận trong vùng P và những ion dương của nguyên tử cho trong vùng N. các ion dương và âm này tạo ra một điện trường E_j chống lại sự khuếch tán của các hạt điện, nghĩa là điện trường E_i sẽ tạo ra một dòng điện trôi ngược chiều với dòng điện khuếch tán sao cho dòng điện trung bình tổng hợp triệt tiêu. Lúc đó, ta có trạng thái cân bằng nhiệt. Trên phương diện thống kê, ta có thể coi vùng có những ion cố định là vùng không có hạt điện di chuyển (không có điện tử tự do ở vùng N và lỗ trống ở vùng P). Ta gọi vùng này là vùng khiếm khuyết hay vùng hiêm (Depletion region). Tương ứng với điện trường E_i , ta có một điện thế V_0 ở hai bên mặt nối, V_0 được gọi là rào điện thế.



Hình 2

Tính V_0 : ta để ý đến dòng điện khuếch tán của lỗ trống:

$$J_{pkt} = -e \cdot D_p \cdot \frac{dp}{dx} > 0$$

và dòng điện trôi của lỗ trống:

$$J_{ptr} = e \cdot p \cdot \mu_p \cdot E_i < 0$$

Khi cân bằng, ta có:

$$J_{pkt} + J_{ptr} = 0$$

các lỗ trống khuếch tán thẳng ngang qua mà không bị mất và tiếp tục khuếch tán sang vùng N nhưng bị mất lần vì có sự tái hợp với các điện tử trong vùng này.

Tương tự, sự khuếch tán của điện tử từ vùng N sang vùng P cũng tuân theo qui chế trên. Ta để ý là các đồ thị nhận một trục đối xứng vì tổng số các dòng điện lỗ trống và dòng điện tử phải bằng một hằng số.

$$\begin{aligned} \text{Ta có: } J_{pp}(x_1) &= J_{pn}(x_2) \\ J_{np}(x_1) &= J_{nn}(x_2) \end{aligned}$$

Dòng điện J tại một tiết diện bất kỳ là hằng số. Vậy tại x_1 hoặc x_2 ta có:

$$J = J_{pp}(x_1) + J_{np}(x_1) = J_{pn}(x_2) + J_{nn}(x_2)$$

Dòng điện J_{pn} là dòng khuếch tán các lỗ trống, nên có trị số tại tiết diện x là:

$$J_{pn}(x) = -e \cdot D_p \cdot \frac{dP_n(x)}{dx}$$

Trong đó, $P_n(x)$ là mật độ lỗ trống trong vùng N tại điểm x. Ta tính $P_n(x)$

Ta dùng phương trình liên tục:

$$\frac{\partial P_n}{\partial t} = -\frac{P_n - P_{n_0}}{\tau_p} - \frac{\partial I_p}{\partial x} \cdot \frac{1}{e \cdot A}$$

Vì dòng điện J_{pn} không phụ thuộc vào thời gian nên phương trình trở thành:

$$\frac{d^2 P_n}{dx^2} = \frac{P_n - P_{n_0}}{L_p^2} \quad \text{Trong đó } L_p = \sqrt{D_p \cdot \tau_p}$$

Và có nghiệm số là: $P_n(x) - P_{n_0} = [P_n(x_2) - P_{n_0}] e^{-\frac{x-x_2}{L_p}}$

$$\text{Suy ra, } J_{pn}(x_2) = -e \cdot D_p \left. \frac{dP_n}{dx} \right|_{x=x_2} = \frac{e \cdot D_p}{L_p} [P_n(x_2) - P_{n_0}]$$

Ta chấp nhận khi có dòng điện qua mối nối, ta vẫn có biểu thức: $dv = -V_T \frac{dp}{p}$ như trong trường hợp nối cân bằng.

Lấy tích phân hai vế từ x_1 đến x_2 ta được:

$$\int_0^{V_B} dv = -V_T \int_{P_{p(x_1)} \approx P_{p_0}}^{P_n(x_2)} \frac{dp}{p}$$

Ta được:

$$\text{Mà: } V_B = V_0 - V = V_T \log \left(\frac{P_{p_0}}{P_{n_0}} \right) - V$$

$$\text{Suy ra: } V = V_T \log \left(\frac{P_n(x_2)}{P_{n_0}} \right)$$

Nên: $P_n(x_2) = P_{n_0} \cdot e^{\frac{V}{V_T}}$

Do đó: $J_{pn}(x_2) = e \cdot D_p \cdot \frac{1}{L_p} [P(x_2) - P_{n_0}]$

$$J_{pn}(x_2) = e \cdot \frac{D_p}{L_p} \cdot P_{n_0} \cdot \left[e^{\frac{V}{V_T}} - 1 \right]$$

Tương tự, ta có:

$$J_{np}(x_1) = e \cdot D_n \cdot \frac{1}{L_n} [n_p(x_1) - n_{p_0}]$$

$$J_{np}(x_1) = e \cdot \frac{D_n}{L_n} \cdot n_{p_0} \cdot \left[e^{\frac{V}{V_T}} - 1 \right]$$

Suy ra, mật độ dòng điện J trong mối nối P-N là:

$$J = J_{pn}(x_2) + J_{np}(x_1)$$

$$J = e \left[\frac{D_p}{L_p} \cdot p_{n_0} + \frac{D_n}{L_n} \cdot n_{p_0} \right] \cdot \left[e^{\frac{V}{V_T}} - 1 \right]$$

Như vậy, dòng điện qua mối nối P-N là:

$$I = A \cdot e \left[\frac{D_p}{L_p} \cdot p_{n_0} + \frac{D_n}{L_n} \cdot n_{p_0} \right] \cdot \left[e^{\frac{V}{V_T}} - 1 \right]$$

$$\text{Đặt: } I_0 = A \cdot e \left[\frac{D_p}{L_p} \cdot p_{n_0} + \frac{D_n}{L_n} \cdot n_{p_0} \right]$$

$$\text{Ta được: } I = I_0 \left[e^{\frac{V}{V_T}} - 1 \right]$$

Phương trình này được gọi là phương trình Shockley

Trong đó: $V_T = \frac{kT}{e} = \frac{D_p}{\mu_p} = \frac{D_n}{\mu_n}$

Với $k = 1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ là hằng số Boltzman

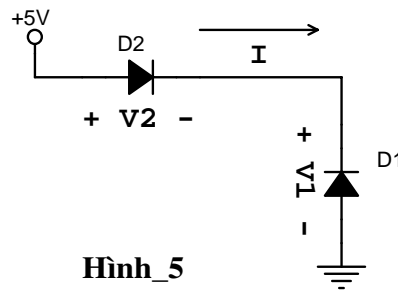
$e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ coulomb}$, là điện tích của electron

T là nhiệt độ tuyệt đối.

Ở nhiệt độ bình thường, $T=273^0\text{K}$, $V_T=0,026 \text{ volt}$. Khi mối nối chuyển vận bình thường, V thay đổi từ 0,3 V đến 0,7 V tùy theo mối là Ge hay Si, $\frac{V}{V_T} > 10 \Rightarrow e^{\frac{V}{V_T}} \gg 1$

$$\text{Vậy, } I \approx I_0 \cdot e^{\frac{V}{V_T}}$$

Ghi chú: Công thức trên chỉ đúng trong trường hợp dòng điện qua mối nối khá lớn (vùng đặc tuyến V-I thẳng, xem phần sau); với dòng điện I tương đối nhỏ (vài mA trở xuống), người ta chứng minh được dòng điện qua mối nối là:



D₁ và D₂ là 2 nối P-N Si. Tìm điện thế V₁ và V₂ xuyên qua nối.

Giải: Dòng điện qua 2 nối P-N là như nhau. Chú ý là dòng điện qua D₂ là dòng thuận và dòng qua D₁ là dòng nghịch.

$$\text{Vậy: } I = I_0 \left[e^{\frac{V}{V_T}} - 1 \right] = I_0 \text{ với } \eta = 2 \text{ và } V_T = 0,026V$$

$$\Rightarrow e^{\frac{V_2}{0,052}} = 2$$

$$\Rightarrow V_2 = 0,693 \cdot 0,052 = 0,036(V)$$

Do đó, điện thế ngang qua nối phân cực nghịch là:

$$V_1 = 5 - V_2 = 5 - 0,036 = 4,964 (V)$$

I₀ là dòng điện bão hòa ngược. Dòng điện trong nối P-N có thể diễn tả bằng đồ thị sau đây, được gọi là đặc tuyến V-I của nối P-N.

Khi hiệu thế phân cực thuận còn nhỏ, dòng điện I tăng chậm. Khi hiệu thế phân cực thuận đủ lớn, dòng điện I tăng nhanh trong lúc hiệu điện thế hai đầu mỗi nối tăng rất ít.

Khi hiệu thế phân cực nghịch còn nhỏ, chỉ có 1 dòng điện rỉ I₀ chạy qua. Khi hiệu điện thế phân cực nghịch đủ lớn, những hạt tải điện sinh ra dưới tác dụng của nhiệt được điện trường trong vùng hiếm tăng vận tốc và có đủ năng lượng rút nhiều điện tử khác từ các nối hóa trị. Cơ chế này cứ chồng chất, sau cùng ta có một dòng điện ngược rất lớn, ta nói nối P-N ở trung vùng phá hủy theo hiện tượng tuyết đổ (avalanche).

$$\frac{dI}{dV} = I_0 \left[\frac{1}{\eta V_T} \cdot e^{\frac{V}{\eta V_T}} \right]$$

Ngoài ra,

$$I = I_0 \cdot \left[e^{\frac{V}{\eta V_T}} - 1 \right] = I_0 \cdot e^{\frac{V}{\eta V_T}} - I_0$$

Hay $I + I_0 = I_0 \cdot e^{\frac{V}{\eta V_T}}$

Do đó, $\frac{dI}{dV} = \frac{I + I_0}{\eta V_T}$

Và điện trở động là:

$$r_d = \frac{dI}{dV} = \frac{\eta V_T}{I + I_0}$$

Thông thường, $I \gg I_0$ nên $r_d = \frac{\eta V_T}{I}$

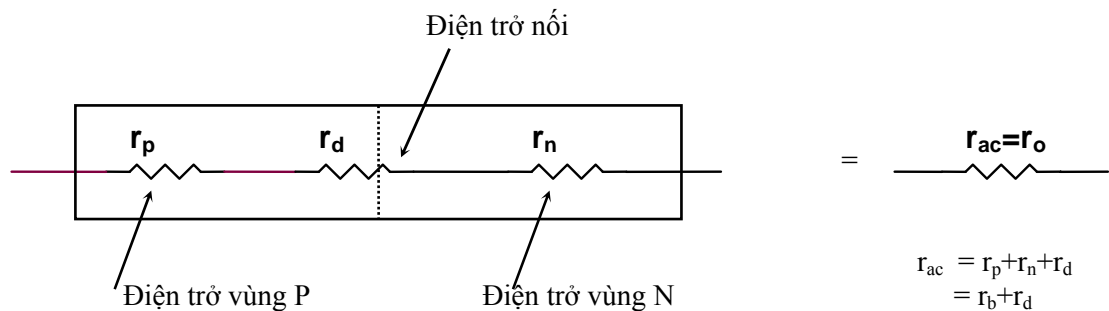
Ở nhiệt độ bình thường (25°C), $V_T = 26\text{mV}$, điện trở động là:

$$r_d = \frac{\eta \cdot 26\text{mV}}{I(\text{mA})}$$

Với dòng điện I khá lớn, $\eta=1$, điện trở động r_d có thể được tính theo công thức:

$$r_d = \frac{26\text{mV}}{I(\text{mA})}$$

Ở nhiệt độ bình thường, nếu $I_Q = 100\text{mA}$ thì $r_d = 0,26\Omega$. Trong một nối P-N thực, vì có tiếp trở giữa các mối nối, điện trở giữa hai vùng bán dẫn P và N nên điện trở động thực sự lớn hơn nhiều so với trị số tính được, thông thường khoảng vài chục Ω .



Hình 11

Đây cũng chính là kiểu mẫu của Diode với tín hiệu nhỏ. Người ta cũng định nghĩa điện trở động khi phân cực nghịch

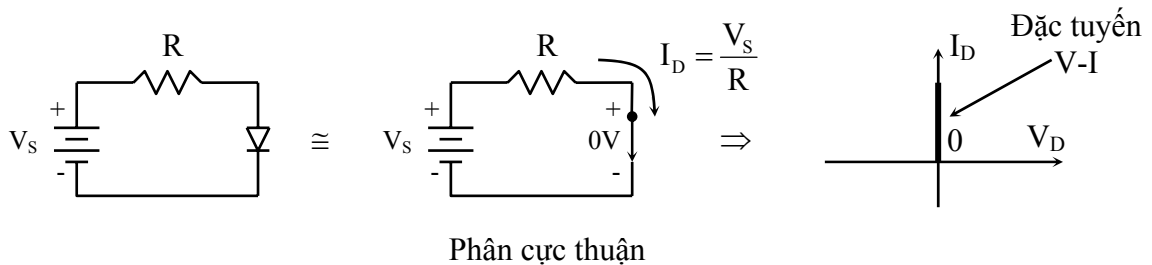
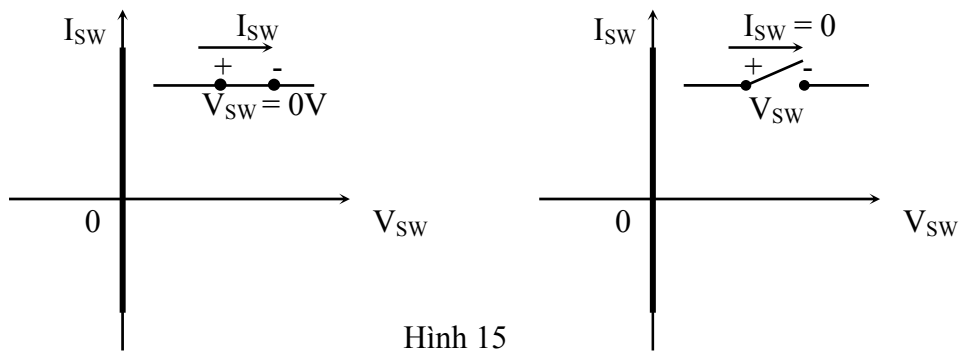
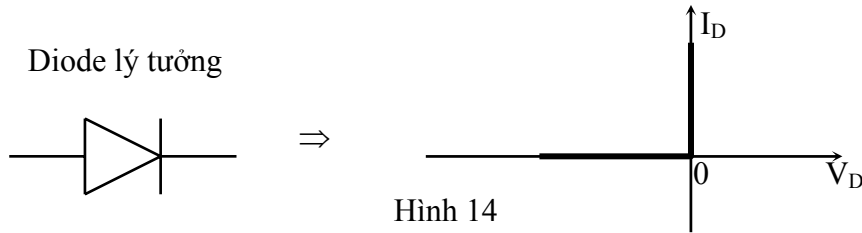
$$r_r = \left. \frac{dV}{dI} \right|_Q$$

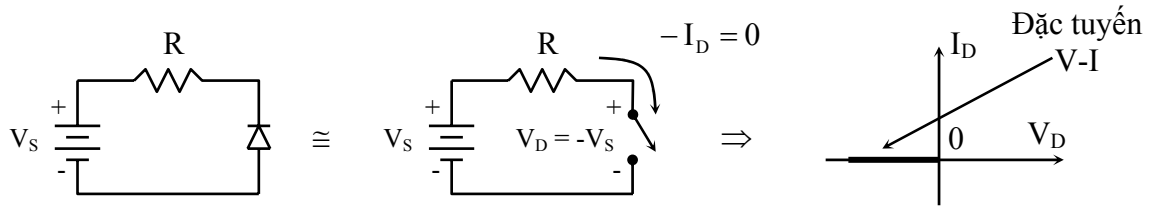
Trước khi xem qua một số sơ đồ chỉnh lưu thông dụng, ta xem qua một số kiểu mẫu thường dùng của diode.

Kiểu mẫu một chiều của diode. Diode lý tưởng (Ideal diode)

Trong trường hợp này, người ta xem như điện thế ngang qua diode khi phân cực thuận bằng không và nội trở của nó không đáng kể. Khi phân cực nghịch, dòng rỉ cũng xem như không đáng kể.

Như vậy, diode lý tưởng được xem như một ngắt (switch): ngắt điện đóng mạch khi diode được phân cực thuận và ngắt điện hở mạch khi diode được phân cực nghịch.



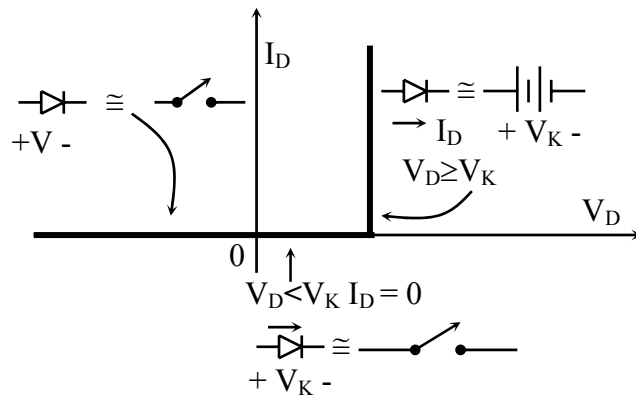


Phân cực nghịch
Hình 15

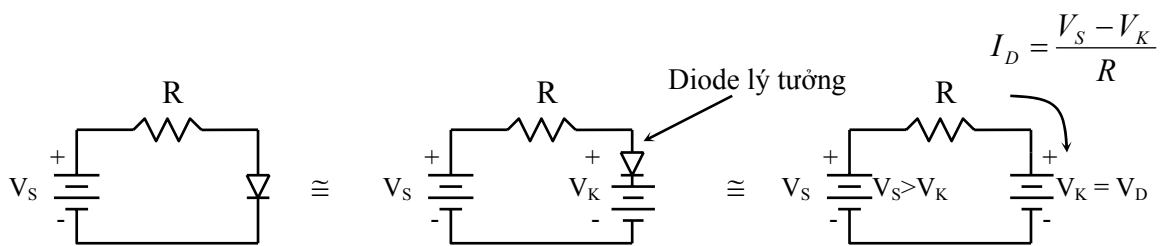
Kiểu mẫu điện thế ngưỡng (Knee-Voltage model)

Trong kiểu mẫu này, điện thế ngang qua diode khi được phân cực thuận là một hằng số và được gọi là điện thế ngưỡng V_K (khoảng 0,3V đối với diode Ge và 0,7 volt đối với diode Si).

Như vậy, khi phân cực thuận, diode tương đương với một diode lý tưởng nối tiếp với nguồn điện thế V_K , khi phân cực nghịch cũng tương đương với một ngắt điện hở.



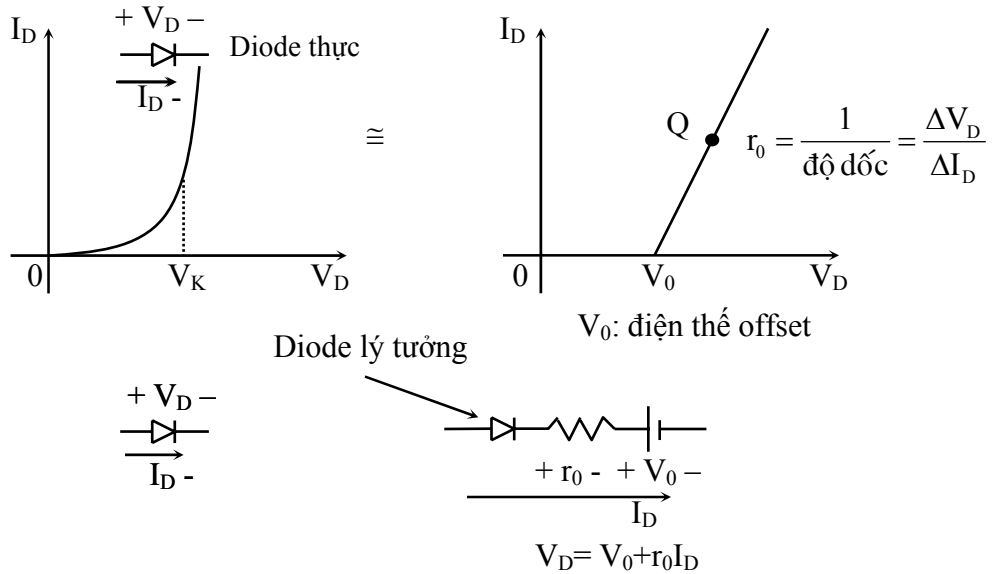
Hình 16



Hình 17

Kiểu mẫu diode với điện trở động:

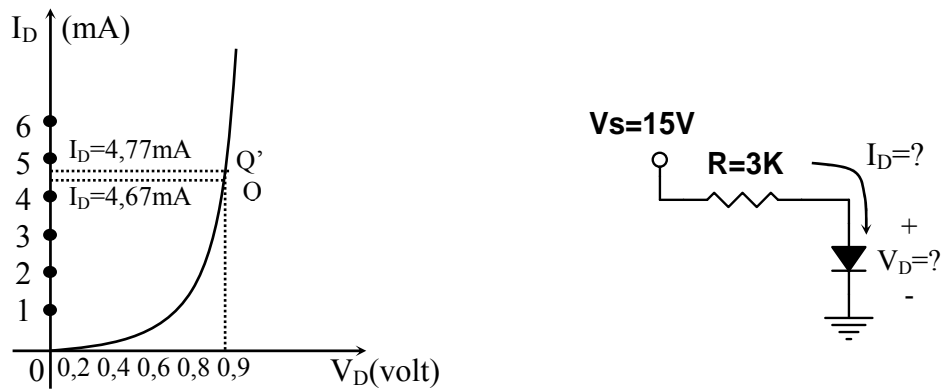
Khi điện thế phân cực thuận vượt quá điện thế ngưỡng V_K , dòng điện qua diode tăng nhanh trong lúc điện thế qua hai đầu diode V_D cũng tăng (tuy chậm) chứ không phải là hằng số như kiểu mẫu trên. Để chính xác hơn, lúc này người ta phải chú ý đến độ giảm thế qua hai đầu điện trở động r_0 .



Hình 18 - 19

Thí dụ:

Từ đặc tuyến V-I của diode 1N917(Si), xác định điện trở động r_0 và tìm điểm điều hành Q (I_D và V_D) khi nó được dùng trong mạch hình bên.

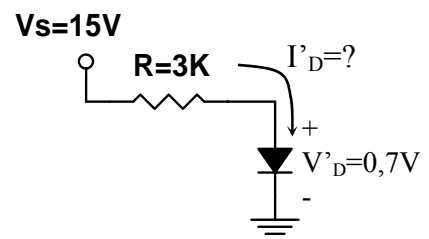


Hình 20

Giải:

Bước 1: dùng kiểu điện thế ngưỡng:

$$I'_D = \frac{V_s - V_K}{R} = \frac{15 - 0,7}{3K\Omega} = 4,77mA$$



Hình 21

Bước 2: với $I_D = 4,77\text{mA}$, ta xác định được điểm Q' ($V_D = 0,9\text{V}$)

Bước 3: vẽ tiếp tuyến tại Q' với đặc tuyến để tìm điện thế offset V_0 .

$$V_0 = 0,74\text{V}$$

Bước 4: Xác định r_0 từ công thức:

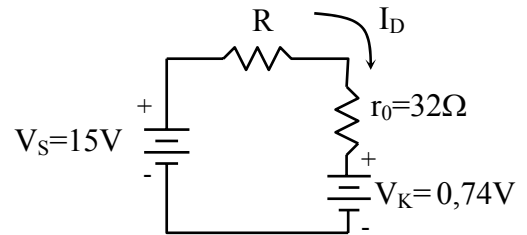
$$r_0 = \frac{\Delta V_D}{\Delta I_D} = \frac{0,9 - 0,74}{4,77} = \frac{0,16}{4,77} \approx 32\Omega$$

Bước 5: Dùng kiểu mẫu với điện trở động r_0 .

$$I_D = \frac{V_S - V_0}{R + r_0} = \frac{15 - 0,74}{3000 + 32} = 0,00467\text{A}$$

$$I_D = 4,67\text{mA}$$

$$\text{Và } V_D = V_0 + r_0 I_D = 0,74 + 0,00467 \times 32 = 0,89\text{V}$$



Hình 22

Chú ý:

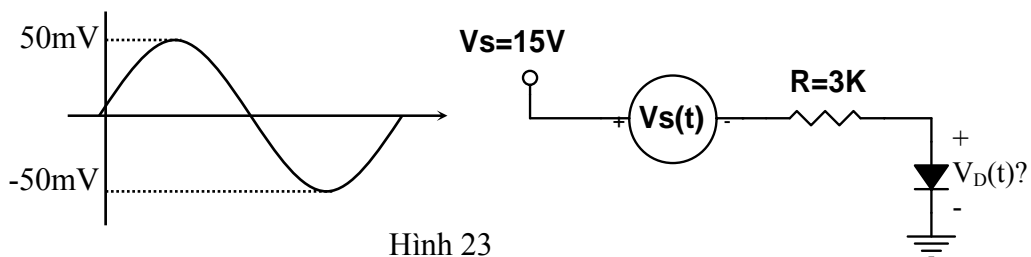
Trong trường hợp diode được dùng với tín hiệu nhỏ, điện trở động r_0 chính là điện trở động r_d mà ta đã thấy ở phần trước cộng với điện trở của hai vùng bán dẫn P và N.

$$r_0 = r_{ac} = r_p + r_n + r_d = r_B + r_d$$

$$\text{với } r_d = \eta \frac{26\text{mV}}{I_D \text{mA}}$$

Ví dụ: Xem mạch dùng diode 1N917 với tín hiệu nhỏ $V_S(t) = 50 \sin \omega t$ (mV).

Tìm điện thế $V_D(t)$ ngang qua diode, biết rằng điện trở r_B của hai vùng bán dẫn P-N là 10Ω .



Hình 23

Giải:

Theo ví dụ trước, với kiểu mẫu điện thế ngưỡng ta có $V_D = 0,7\text{V}$ và $I_D = 4,77\text{mA}$.

Từ đó ta tìm được điện trở nối r_d :

$$r_d = \frac{26\text{mV}}{I_D} = \frac{26\text{mV}}{4,77\text{mA}} = 5,45\Omega$$

$$r_{ac} = 10 + 0,45 = 10,45\Omega$$

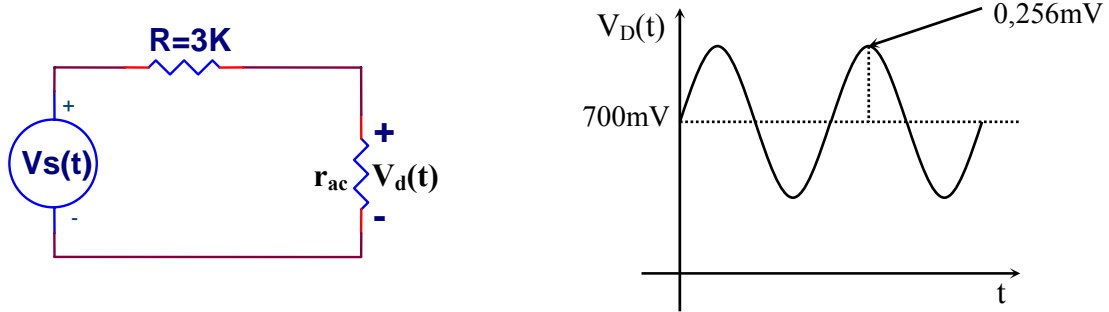
Mạch tương đương xoay chiều:

Điện thế đỉnh V_{dm} ngang qua diode là $V_{dm} = \frac{r_{ac}}{R + r_{ac}} V_m = \frac{15,45}{15,45 + 3000} \cdot 50$

$V_{dm} = 0,256 \text{ Sin}\omega t \text{ (mV)}$.

Vậy điện thế tổng cộng ngang qua diode là:

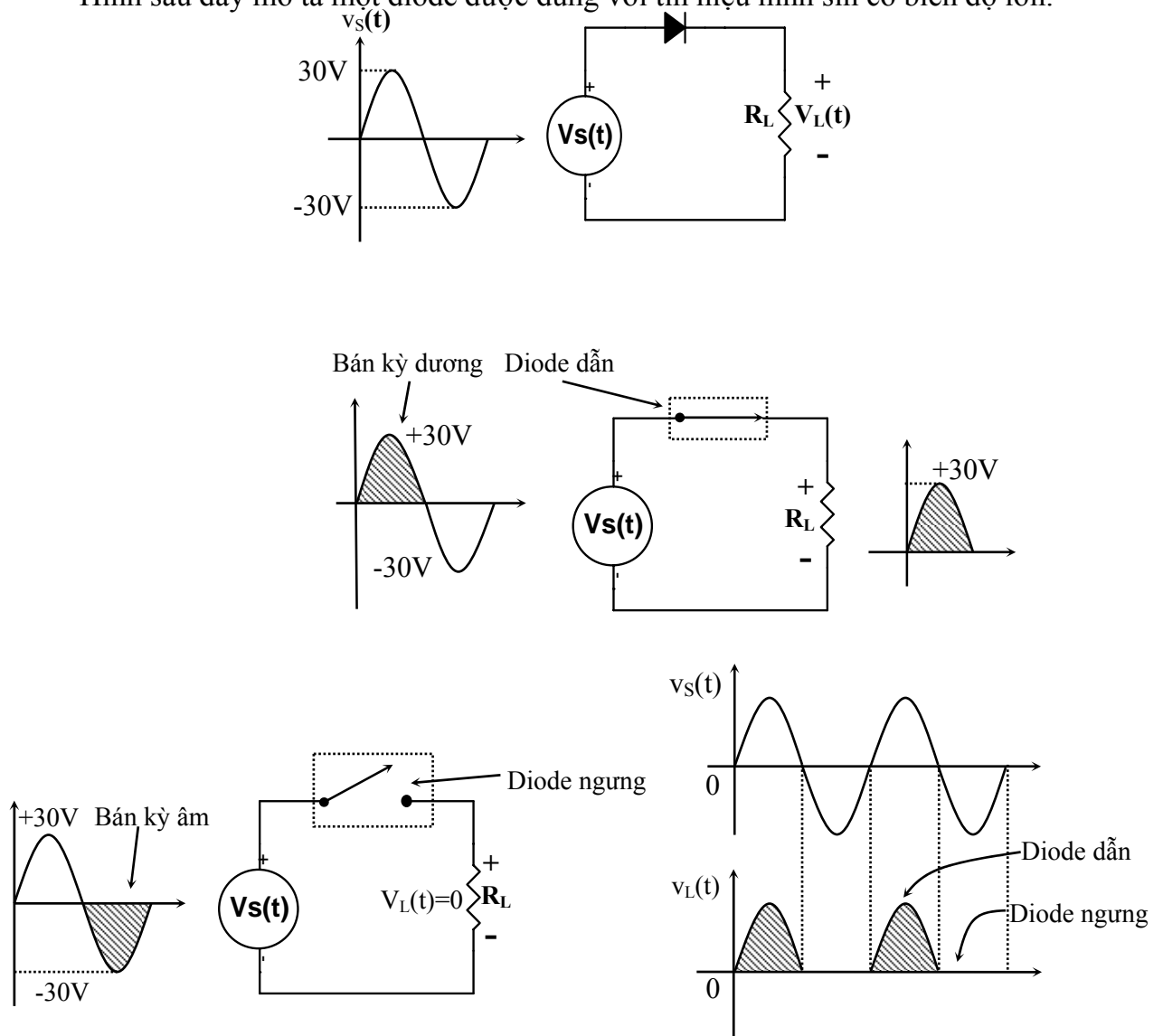
$V_D(t) = 700\text{mV} + 0,256 \text{ Sin } \omega t \text{ (mV)}$.



Hình 24

Kiểu mẫu tín hiệu rộng và hiệu ứng tần số.

Hình sau đây mô tả một diode được dùng với tín hiệu hình sin có biên độ lớn.



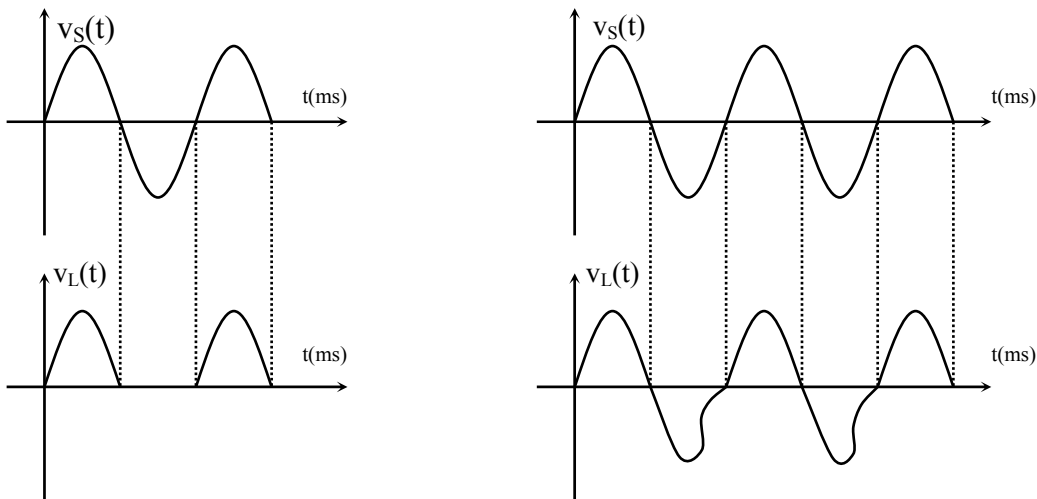
Hình 25

Khi diode được dùng với nguồn tín hiệu xoay chiều tín hiệu biên độ lớn, kiểu mẫu tín hiệu nhỏ không thể áp dụng được. vì vậy, người ta dùng kiểu mẫu một chiều tuyến tính.

Kết quả là ở nửa chu kỳ dương của tín hiệu, diode dẫn và xem như một ngắt điện đóng mạch. ở nửa chu kỳ âm kế tiếp, diode bị phân cực nghịch và có vai trò như một ngắt điện hở mạch. Tác dụng này của diode được gọi là chỉnh lưu nửa sóng (mạch chỉnh lưu sẽ được khảo sát kỹ ở giáo trình mạch điện tử).

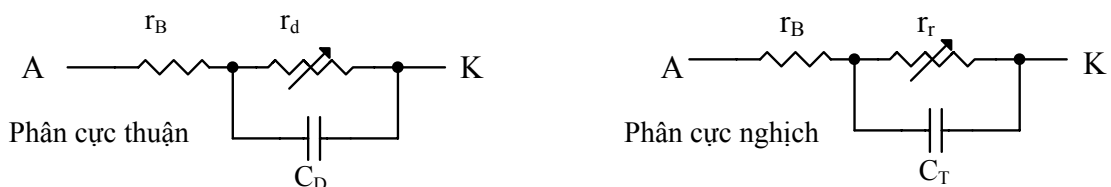
Đáp ứng trên chỉ đúng khi tần số của nguồn xoay chiều $V_S(t)$ thấp-thí dụ như điện 50/60Hz, tức chu kỳ $T=20ms/16,7ms$ -khi tần số của nguồn tín hiệu lên cao (chu kỳ ở hàng nano giây) thì ta phải quan tâm đến thời gian chuyển tiếp từ bán kỳ dương sang bán kỳ âm của tín hiệu.

Khi tần số của tín hiệu cao, điện thế ngõ ra ngoài bán kỳ dương (khi diode được phân cực thuận), ở bán kỳ âm của tín hiệu cũng qua được một phần và có dạng như hình vẽ. Chú ý là tần số của nguồn tín hiệu càng cao thì thành phần bán kỳ âm xuất hiện ở ngõ ra càng lớn.



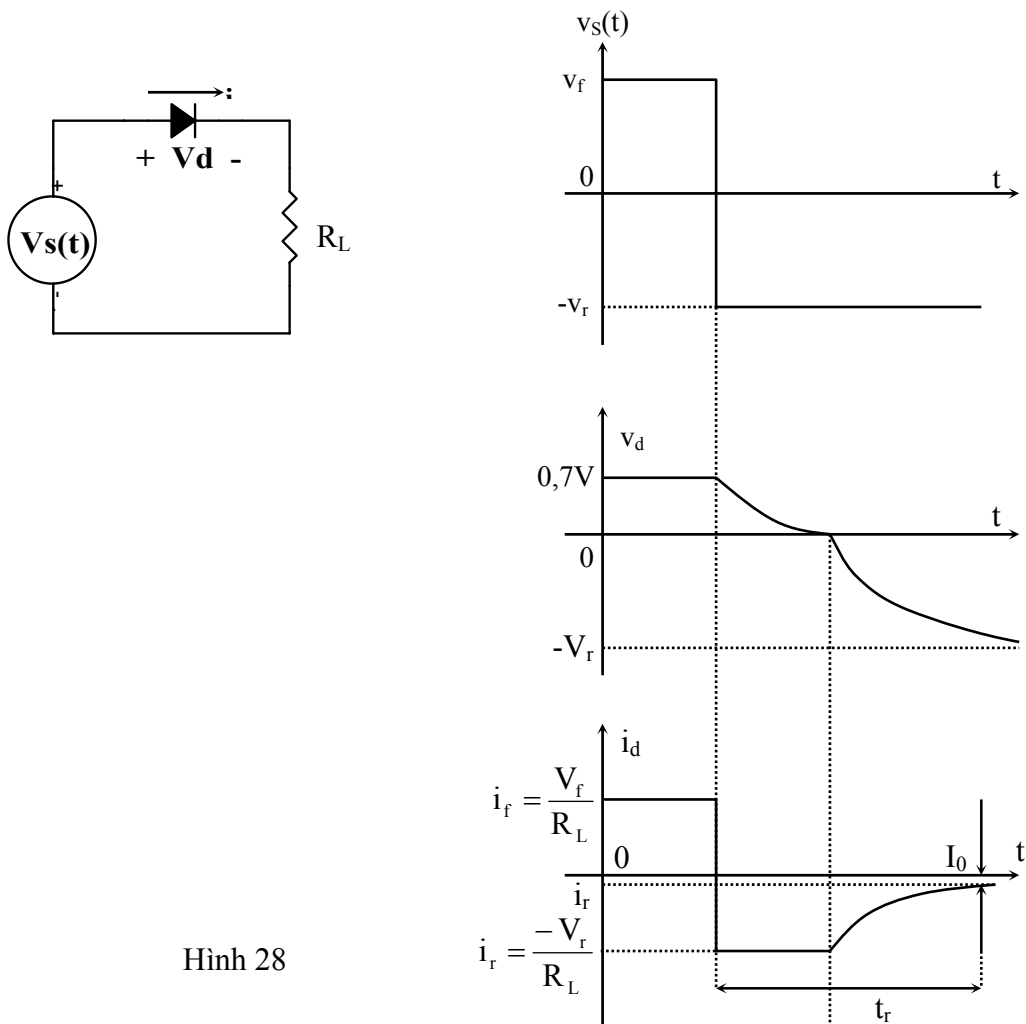
Hình 26

Hiệu ứng này do điện dung khuếch tán C_D của nối P-N khá lớn khi được phân cực thuận (C_D có trị từ 2000pF đến 15000pF). Tác dụng của điện dung này làm cho diode không thể thay đổi tức thời từ trạng thái dẫn sang trạng thái ngưng dẫn mà phải mất đi một thời gian (thường được gọi là thời gian hồi phục, kiểu mẫu diode phải kể đến tác dụng của điện dung của nối).



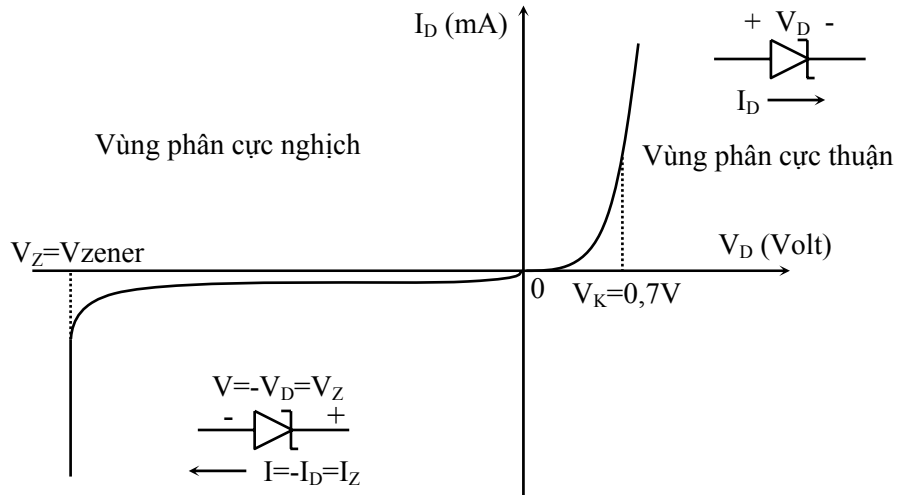
- r_B : Điện trở hai vùng bán dẫn P và N
- r_d : Điện trở động của nối P-N khi phân cực thuận (rất nhỏ)
- C_D : Điện dung khuếch tán
- r_r : Điện trở động khi phân cực nghịch (rất lớn)
- C_T : Điện dung chuyển tiếp

Để thấy rõ hơn thời gian hồi phục, ta xem đáp ứng của diode đối với hàm nấc (dạng sóng chữ nhật) được mô tả bằng hình vẽ sau.



Hình 28

Thông thường, giá trị của t_r có thể thay đổi từ nhỏ hơn 1 nano giây đến xấp xỉ $1\mu s$. Hiệu ứng của t_r trên diode chỉnh lưu (sóng sin) được diễn tả như hình sau. Người ta nhận thấy rằng, có thể bỏ qua thời gian hồi phục trên mạch chỉnh lưu khi $t_r < 0,1T$, với T là chu kỳ của sóng sin được chỉnh lưu.

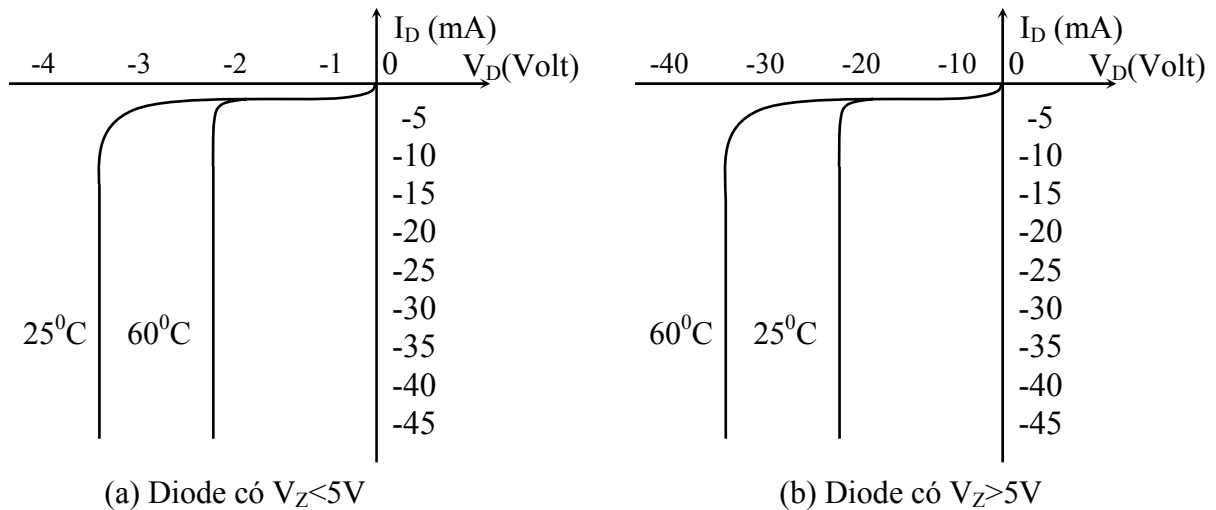


Hình 32

* Ảnh hưởng của nhiệt độ:

Khi nhiệt độ thay đổi, các hạt tải điện sinh ra cũng thay đổi theo:

- Với các diode Zener có điện thế Zener $V_Z < 5V$ thì khi nhiệt độ tăng, điện thế Zener giảm.
- Với các diode có điện thế Zener $V_Z > 5V$ (còn được gọi là diode tuyết đổ-diode avalanche) lại có hệ số nhiệt dương (V_Z tăng khi nhiệt độ tăng).
- Với các diode Zener có V_Z nằm xung quanh $5V$ gần như V_Z không thay đổi theo nhiệt độ.

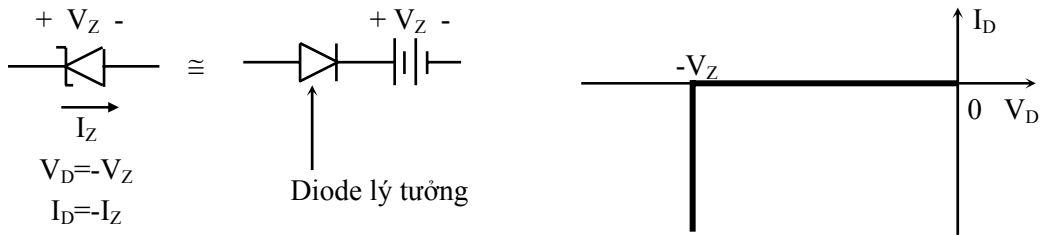


Hình 33

* Kiểu mẫu lý tưởng của diode Zener:

Trong kiểu mẫu lý tưởng, diode Zener chỉ dẫn điện khi điện thế phân cực nghịch lớn hay bằng điện thế V_Z . Điện thế ngang qua diode Zener không thay đổi và bằng điện thế

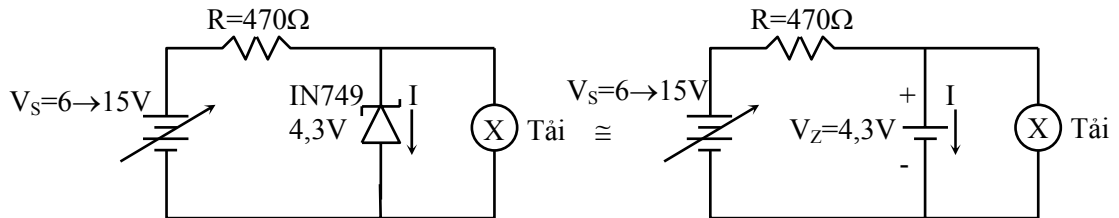
V_Z . Khi điện thế phân cực nghịch nhỏ hơn hay bằng điện thế V_Z , diode Zener không dẫn điện ($I_D=0$).



Hình 34

Do tính chất trên, diode zener thường được dùng để chế tạo điện thế chuẩn.

Thí dụ: mạch tạo điện thế chuẩn 4,3V dùng diode zener 1N749 như sau:



Hình 35

Khi chưa mắc tải vào, thí dụ nguồn $V_S=15V$, thì dòng qua zener là:

$$I = \frac{V_S - V_Z}{R} = \frac{15 - 4,3}{470} = 22,8\text{mA}$$

* Kiểu mẫu của diode zener đối với điện trở động:

Thực tế, trong vùng zener, khi dòng điện qua diode tăng, điện thế qua zener cũng tăng chút ít chứ không phải cố định như kiểu mẫu lý tưởng.

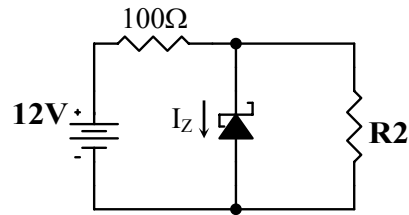
Người ta định nghĩa điện trở động của diode là:

$$r = Z_Z = \frac{V_{ZT} - V_{ZO}}{I_{ZT}}$$

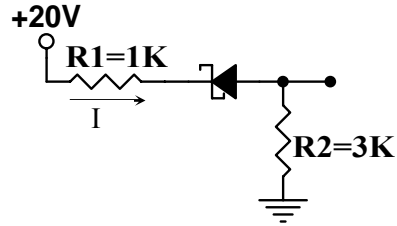
Trong đó: V_{ZO} là điện thế nghịch bắt đầu dòng điện tăng.

V_{ZT} là điện thế ngang qua hai đầu diode ở dòng điện sử dụng I_{ZT} .

3. Tính I_Z , V_O trong mạch điện sau khi $R_2 = 50\Omega$ và khi $R_2 = 200\Omega$. Cho biết Zener sử dụng có $V_Z = 6V$.



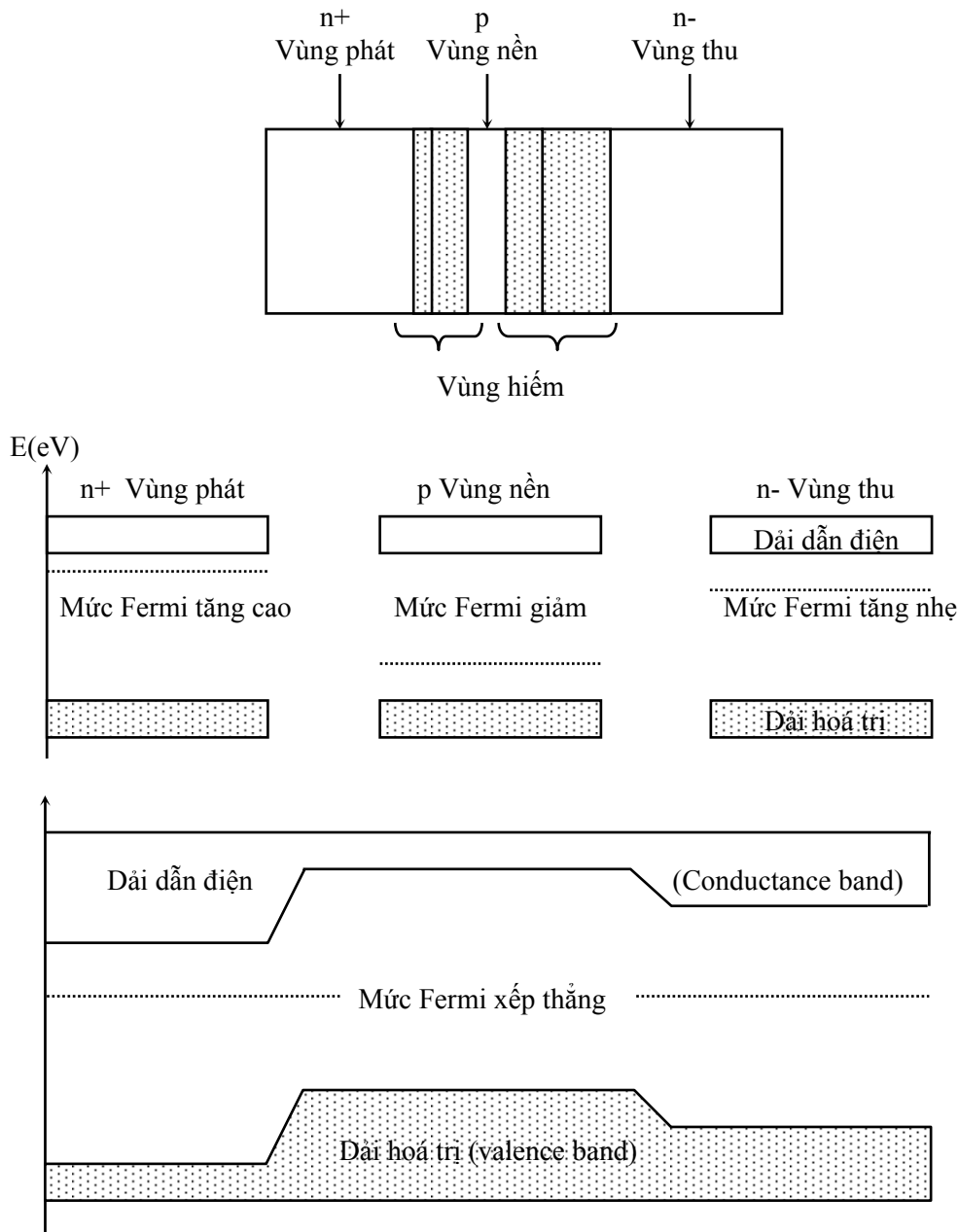
4. Tính I , V_O trong mạch sau, cho biết Zener có $V_Z = 8V$.



Khi nối P-N được xác lập, một rào điện thế sẽ được tạo ra tại nối. Các điện tử tự do trong vùng N sẽ khuếch tán sang vùng P và ngược lại, các lỗ trống trong vùng P khuếch tán sang vùng N. Kết quả là tại hai bên mỗi nối, bên vùng N là các ion dương, bên vùng P là các ion âm. Chúng đã tạo ra rào điện thế.

Hiện tượng này cũng được thấy tại hai nối của transistor. Quan sát vùng hiếm, ta thấy rằng kích thước của vùng hiếm là một hàm số theo nồng độ chất pha. Nó rộng ở vùng chất pha nhẹ và hẹp ở vùng chất pha đậm.

Hình sau đây mô tả vùng hiếm trong transistor NPN, sự tương quan giữa mức năng lượng Fermi, dải dẫn điện, dải hoá trị trong 3 vùng, phát nền, thu của transistor.



Hình 2

$$h_{FE} \approx \beta_{DC} = \frac{I_C}{I_B}$$

Như vậy: $I_C = \beta_{DC} \cdot I_B$

Nhưng: $I_E = I_C + I_B = \beta_{DC} \cdot I_B + I_B$

$$\Rightarrow I_E = (\beta_{DC} + 1) \cdot I_B$$

Độ lợi dòng điện trong cách ráp cực nền chung được cho bởi:

$$h_{FB} \approx \alpha_{DC} = \frac{I_C}{I_E}$$

β_{DC} có trị số từ vài chục đến vài trăm, thậm chí có thể lên đến hàng ngàn. α_{DC} có trị từ 0,95 đến 0,999... tùy theo loại transistor. Hai thông số β_{DC} và α_{DC} được nhà sản xuất cho biết.

Từ phương trình căn bản:

$$I_E = I_C + I_B$$

Ta có: $I_C = I_E - I_B$

Chia cả hai vế cho I_C , ta được:

$$1 = \frac{I_E}{I_C} - \frac{I_B}{I_C} = \frac{1}{\frac{I_C}{I_E}} - \frac{1}{\frac{I_C}{I_B}}$$

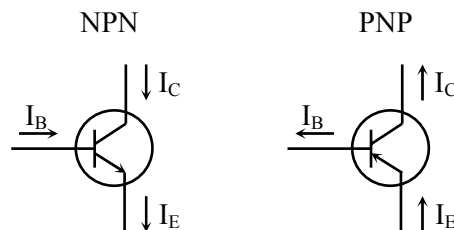
Như vậy: $1 = \frac{1}{\alpha_{DC}} - \frac{1}{\beta_{DC}}$

Giải phương trình này để tìm β_{DC} hay α_{DC} , ta được:

$$\beta_{DC} = \frac{\alpha_{DC}}{1 - \alpha_{DC}} \quad \text{và} \quad \alpha_{DC} = \frac{\beta_{DC}}{1 + \beta_{DC}}$$

* Ghi chú: các công thức trên là tổng quát, nghĩa là vẫn đúng với transistor PNP.

Ta chú ý dòng điện thực chạy trong hai transistor PNP và NPN có chiều như sau:



Hình 5

Thí dụ:

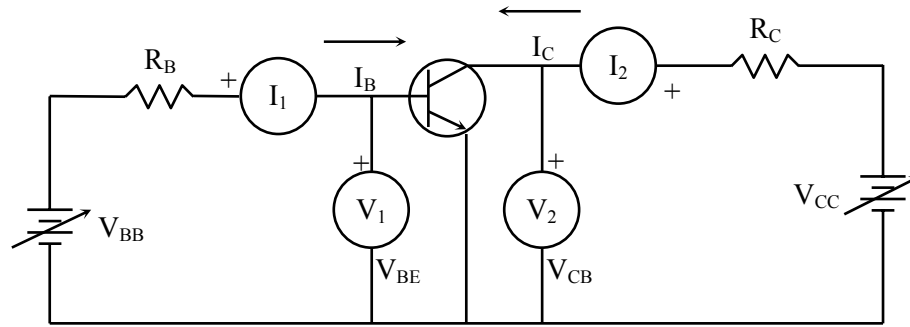
Một transistor NPN, Si được phân cực sau cho $I_C = 1\text{mA}$ và $I_B = 10\mu\text{A}$.

Tính β_{DC} , I_E , α_{DC} .

Giải: từ phương trình:

$$\beta_{DC} = \frac{I_C}{I_B}, \text{ Ta có: } \beta_{dc} = \frac{1\text{mA}}{10\mu\text{A}} = 100$$

Từ phương trình:

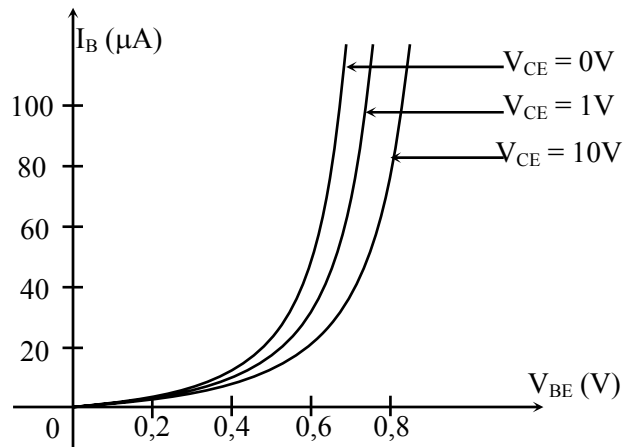


Hình 13

Đặc tuyến ngõ vào:

Biểu diễn sự thay đổi của dòng điện I_B theo điện thế ngõ vào V_{BE} . Trong đó hiệu thế thu phát V_{CE} chọn làm thông số.

Đặc tuyến như sau:

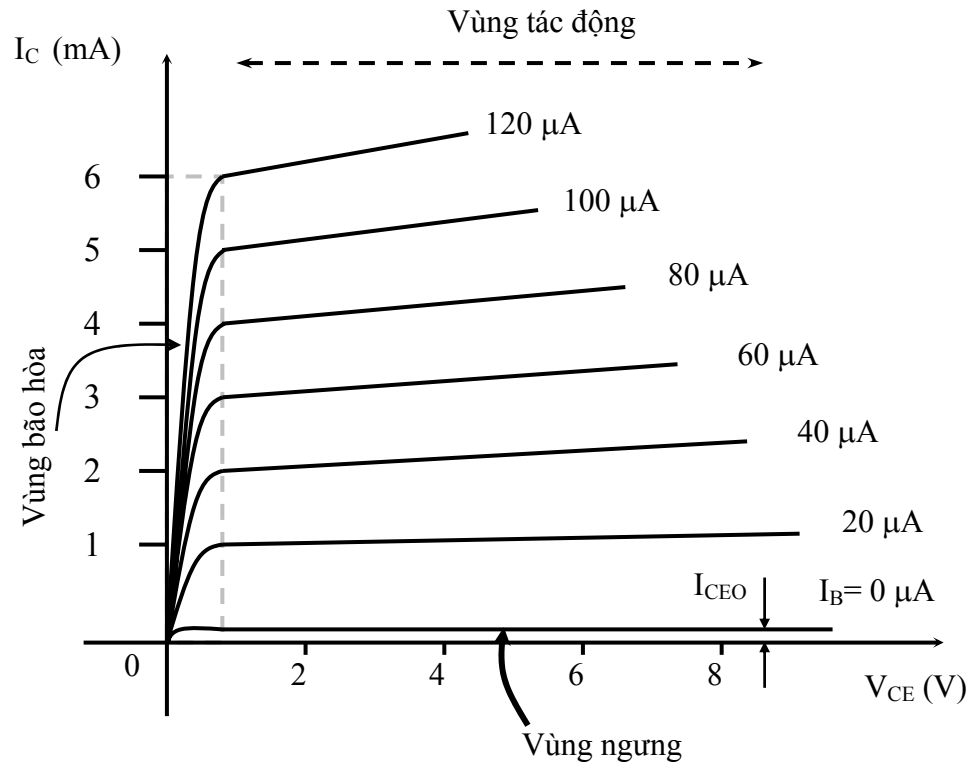


Hình 14

Đặc tuyến ngõ ra:

Biểu diễn dòng điện cực thu I_C theo điện thế ngõ ra V_{CE} với dòng điện ngõ vào I_B được chọn làm thông số.

Dạng đặc tuyến như sau:



Hình 15

- Ta thấy cũng có 3 vùng hoạt động của transistor: vùng bão hoà, vùng tác động và vùng ngưng.
- Khi nối tắt V_{BE} (tức $I_B=0$) dòng điện cực thu xấp xỉ dòng điện rỉ I_{CEO} .

Đặc tuyến truyền: (Transfer characteristic curve)

Từ đặc tuyến ngõ vào và đặc tuyến ngõ ra. Ta có thể suy ra đặc tuyến truyền của transistor. Đặc tuyến truyền biểu diễn sự thay đổi của dòng điện ngõ ra I_C theo điện thế ngõ vào V_{BE} với điện thế ngõ ra V_{CE} làm thông số.

Đặc tuyến có dạng như sau:

1. Mạch ngõ vào:

Ta có: $V_{BE} + R_E I_E - V_{EE} = 0$

$$\Rightarrow I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E}$$

Chú ý là $V_{BE} = 0,7V$ với BJT là Si và $V_{BE} = 0,3V$ nếu BJT là Ge.

2. Từ công thức $I_C = \alpha_{DC} I_E \cong I_E$.

Suy ra dòng điện cực thu I_C .

3. Mạch ngõ ra:

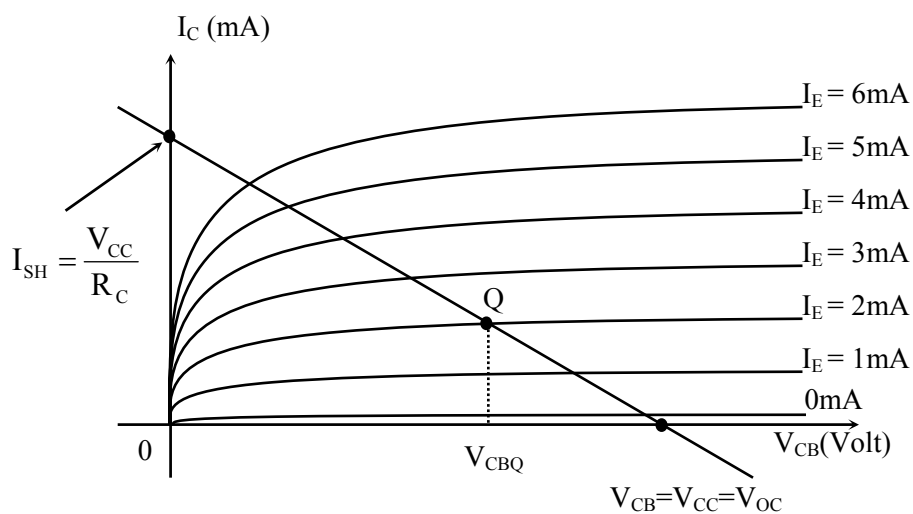
Ta có: $V_{CB} - V_{CC} + R_C I_C = 0$

$$\Rightarrow I_C = -\frac{V_{CB}}{R_C} + \frac{V_{CC}}{R_C}$$

Đây là phương trình đường thẳng lấy điện một chiều (đường thẳng lấy điện tĩnh). Trên đặc tuyến ra, giao điểm của đường thẳng lấy điện với I_E tương ứng (thông số) của đặc tuyến ra chính là điểm tĩnh điều hành Q.

Ta chú ý rằng:

- Khi $V_{CB} = 0 \Rightarrow I_C = I_{SH} = \frac{V_{CC}}{R_C}$ (Dòng điện bảo hoà)
- Khi $I_C = 0$ (dòng ngưng), ta có: $V_{CB} = V_{CC} = V_{OC}$

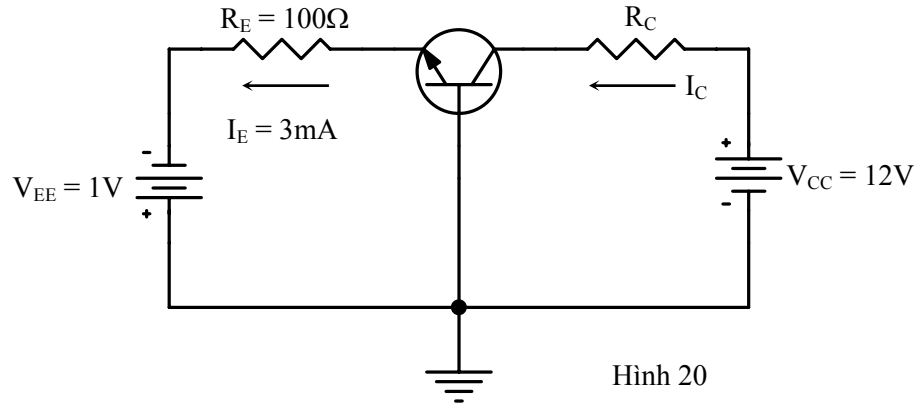


Hình 19

Một số nhận xét:

Để thấy ảnh hưởng tương đối của R_C, V_{CC}, I_E lên điểm điều hành, ta xem ví dụ sau đây:

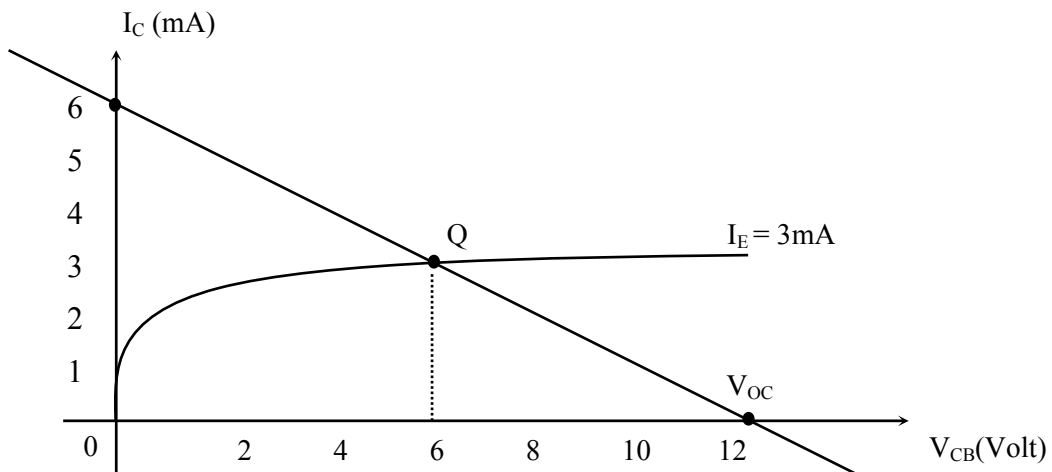
1. Ảnh hưởng của điện trở cực thu R_C : $R_C = 1,5K\Omega; 2K\Omega; 3 K\Omega$



Ta có:
$$I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E} = \frac{1 - 1,7}{0,1} = 3mA \approx I_C$$

* Khi $R_C = 2 K\Omega$,
$$I_C = -\frac{V_{CB}}{R_C} + \frac{V_{CC}}{R_C}$$

$$3 = -\frac{V_{CB}}{2} + \frac{12}{2} \Rightarrow V_{CB} = 6mA$$

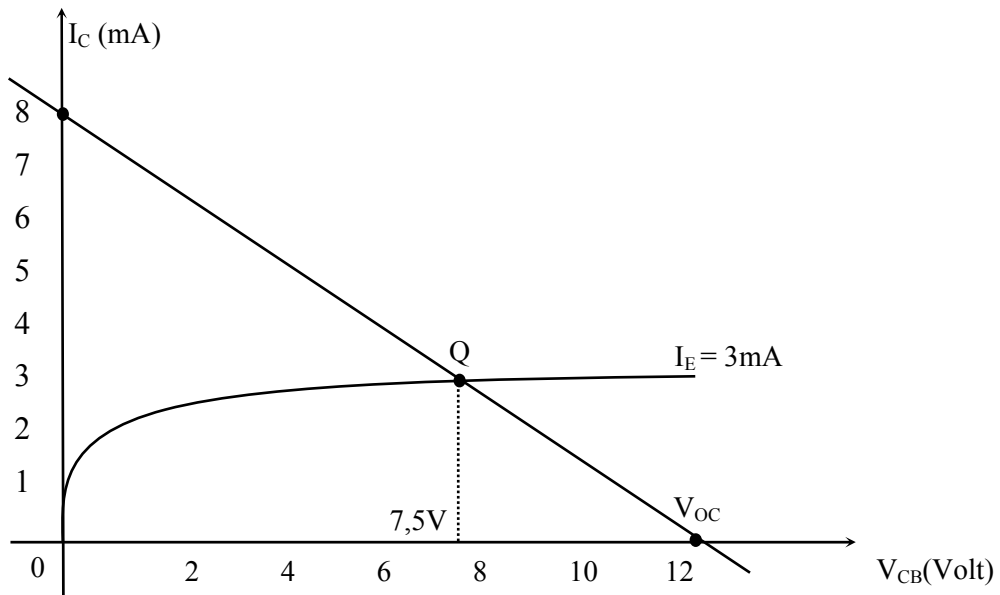


* Khi $R_C = 1,5 K\Omega$ (R_C giảm), giữ R_E, V_{EE}, V_{CC} không đổi.

$$I_C \neq I_E \neq 3mA$$

$$V_{CB} = V_{CC} - R_C \cdot I_C = 12 - 1,5 \times 3 = 7,5V$$

$$I_{SH} = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{12}{1,5} = 8mA$$

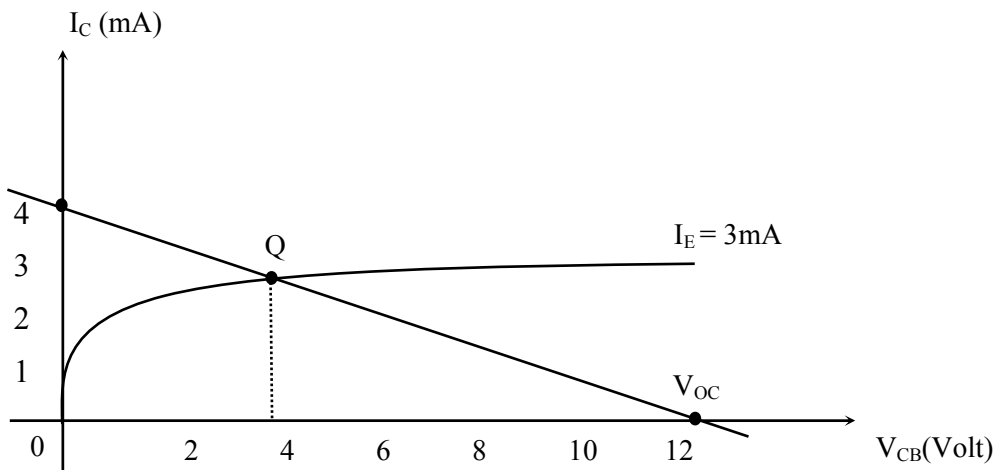


* Khi $R_C = 3 \text{ K}\Omega$ (R_C tăng) Hình 22

$$I_C \# I_E = 3 \text{ mA}$$

$$V_{CB} = V_{CC} - R_C \cdot I_C = 12 - 3 \times 3 = 3 \text{ V}$$

$$I_{SH} = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{12}{3} = 4 \text{ mA}$$



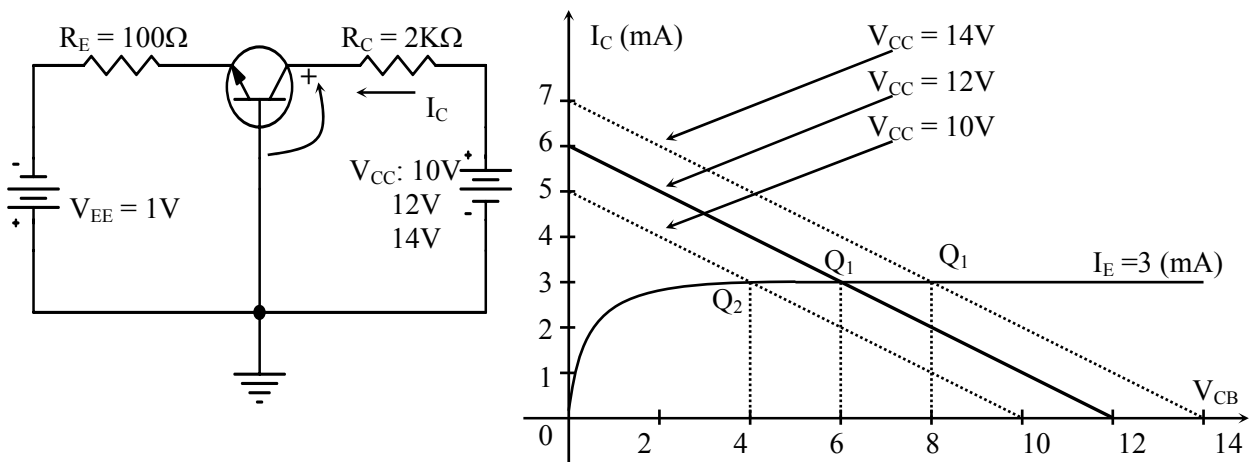
Hình 23

Như vậy, khi giữ các nguồn phân cực V_{CC} , V_{EE} và R_E cố định, thay đổi R_C , điểm điều hành Q sẽ chạy trên đặc tuyến tương ứng với $I_E = 3 \text{ mA}$. Khi R_C tăng thì V_{CB} giảm và ngược lại.

2. Ảnh hưởng của nguồn phân cực nối thu nền V_{CC} .

Nếu giữ I_E là hằng số (tức V_{EE} và R_E là hằng số), R_C là hằng số, thay đổi nguồn V_{CC} , ta thấy: Khi V_{CC} tăng thì V_{CB} tăng, khi V_{CC} giảm thì V_{CB} giảm.

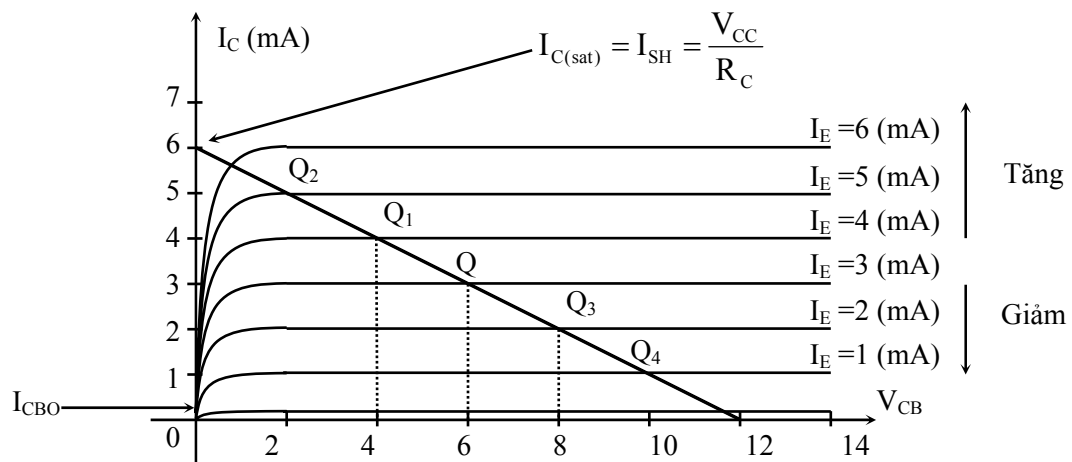
Thí dụ:



Hình 24

3. Ảnh hưởng của I_E lên điểm điều hành:

Nếu ta giữ R_C và V_{CC} cố định, thay đổi I_E (tức thay đổi R_E hoặc V_{EE}) ta thấy: khi I_E tăng thì V_{CB} giảm (tức I_C tăng), khi I_C giảm thì V_{CB} tăng (tức I_C giảm).



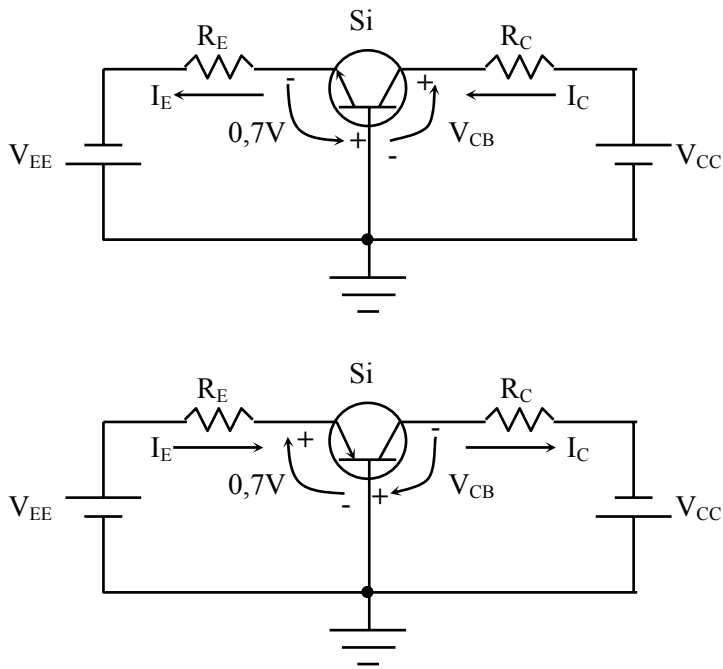
Hình 25

Khi I_E tăng thì I_C tăng theo và tiến dần đến trị I_{SH} . Transistor dần dần đi vào vùng bão hoà. Dòng tối đa của I_C , tức dòng bão hoà gọi là $I_C(sat)$. Như vậy:

$$I_C(sat) = I_{SH} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

Lúc này, V_{CB} giảm rất nhỏ và xấp xỉ bằng 0V (thật sự là 0,2V).

Khi I_E giảm thì I_C giảm theo. Transistor đi dần vào vùng ngưng, V_{CB} lúc đó gọi là $V_{CB(off)}$ và $I_C = I_{CBO}$.



Hình 27

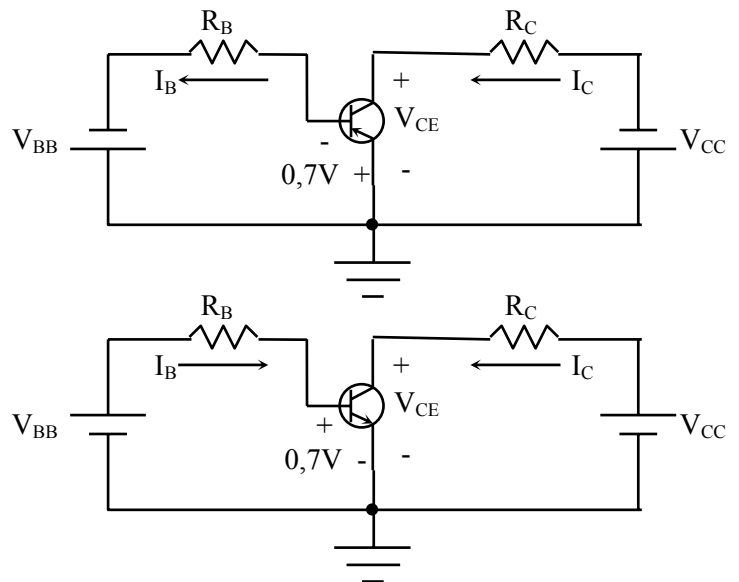
Ta dùng 3 bước:

Mạch nền phát (ngõ vào): $I_E = \frac{V_{EE} - 0,7}{R_E}$; $I_C \approx \alpha_{DC} \cdot I_E$

Áp dụng định luật kirchoff (ngõ ra), ta có:

- Với transistor NPN: $V_{CB} = V_{CC} - R_C \cdot I_C$; $V_{CB} > 0$
- Với transistor PNP: $V_{CB} = -V_{CC} + R_C \cdot I_C$; $V_{CB} < 0$

Thí dụ 2: Tính dòng điện I_B , I_C và điện thế V_{CE} của mạch cực phát chung.



Hình 28

Mạch nền phát (ngõ vào): $I_B = \frac{V_{BB} - 0,7}{R_B}$

Dòng $I_C = \beta_{DC} \cdot I_B$

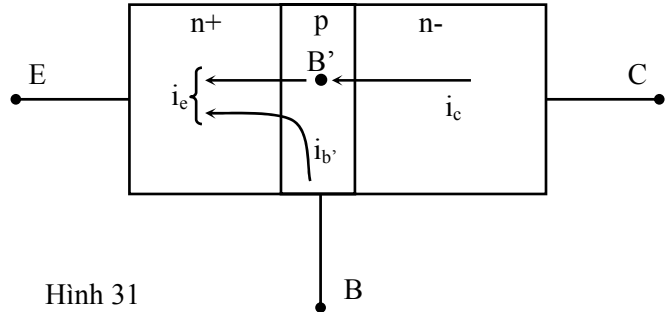
Mạch thu phát (ngõ ra)

$$v_{BE}(t) = V_{BE} + v_{be}(t)$$

Thành phần tức thời = thành phần DC + thành phần xoay chiều.

Trong mô hình các dòng điện chạy trong transistor ta thấy: điểm B' nằm trong vùng nền được xem như trung tâm giao lưu của các dòng điện. Do nối nền phát phân cực thuận nên giữa B' và E cũng có một điện trở động r_e giống như điện trở động r_d trong nối P-N

khi phân cực thuận nên: $r_e = \frac{26mV}{I_E}$



Hình 31

Ngoài ra, ta cũng có điện trở r_b của vùng bán dẫn nền phát (ở đây, ta có thể coi như đây là điện trở giữa B và B'). Do giữa B' và C phân cực nghịch nên có một điện trở r_0 rất lớn. Tuy nhiên, vẫn có dòng điện $i_c = \alpha.i_e = \beta.i_b$ chạy qua và được coi như mắc song song với r_0 .

* α là độ lợi dòng điện xoay chiều trong cách mắc nền chung:

$$\alpha = \alpha_{ac} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} = \frac{di_C}{di_E} = \frac{i_c}{i_e}$$

Thông thường α hoặc α_{ac} gần bằng α_{DC} và xấp xỉ bằng đơn vị.

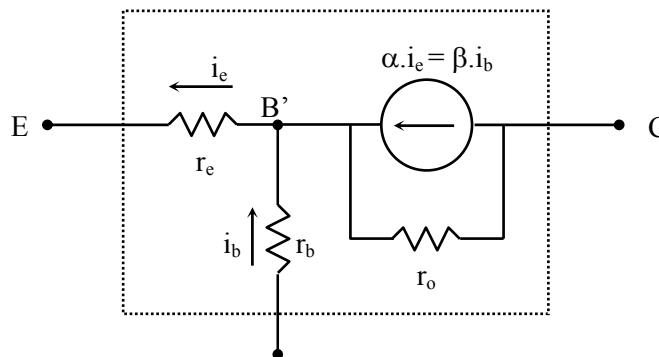
* β là độ lợi dòng điện xoay chiều trong cách mắc cực phát chung.

$$\beta = \beta_{ac} = h_{fe} = \frac{\Delta i_C}{\Delta i_B} = \frac{di_C}{di_B} = \frac{i_c}{i_b}$$

Thông thường β hoặc β_{ac} gần bằng β_{DC} và cũng thay đổi theo dòng i_c .

Trị số α , β cũng được nhà sản xuất cung cấp.

Như vậy, mô hình của transistor đối với tín hiệu xoay chiều có thể được mô tả như sau:



r_b thường có trị số khoảng vài chục Ω , r_0 rất lớn nên có thể bỏ qua trong mô hình của transistor.

Vì $i_e = (\beta + 1)i_b$ nên mạch trên có thể vẽ lại như hình phía dưới bằng cách coi như dòng i_e chạy trong mạch và phải thay r_b bằng $\frac{r_b}{\beta + 1}$.

Vậy:
$$R_{in} = \frac{V_{be}}{i_e} = \frac{r_b}{\beta + 1} + r_e = \frac{r_b + (\beta + 1)r_e}{\beta + 1}$$

Đặt:
$$h_{ie} = r_b + (\beta + 1)r_e$$

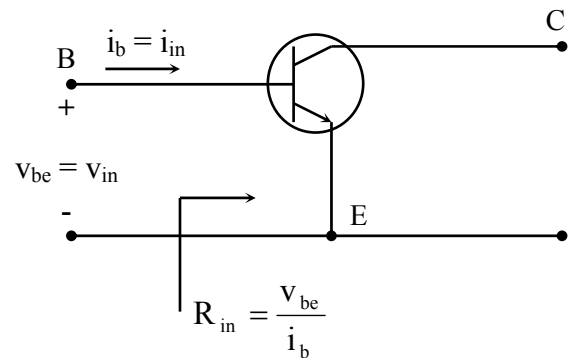
Suy ra:
$$R_{in} = \frac{h_{ie}}{\beta + 1}$$

Do $\beta \gg 1$, r_b nhỏ nên $\frac{r_b}{\beta + 1} \ll r_e$ nên người ta thường coi như:

$$R_{in} = r_e + \frac{r_b}{\beta + 1} \approx r_e$$

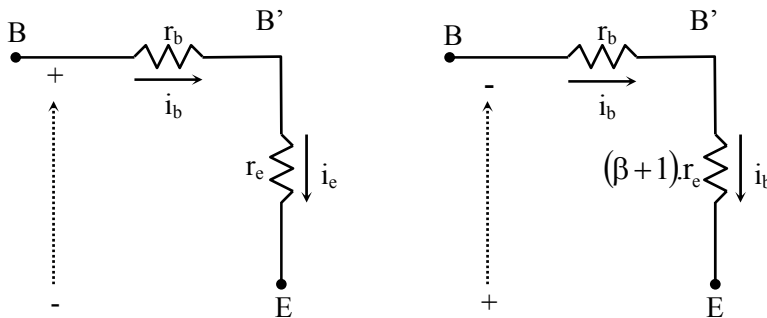
Tổng trở vào nhìn từ cực nền B:

Xem mô hình định nghĩa sau (hình 37):



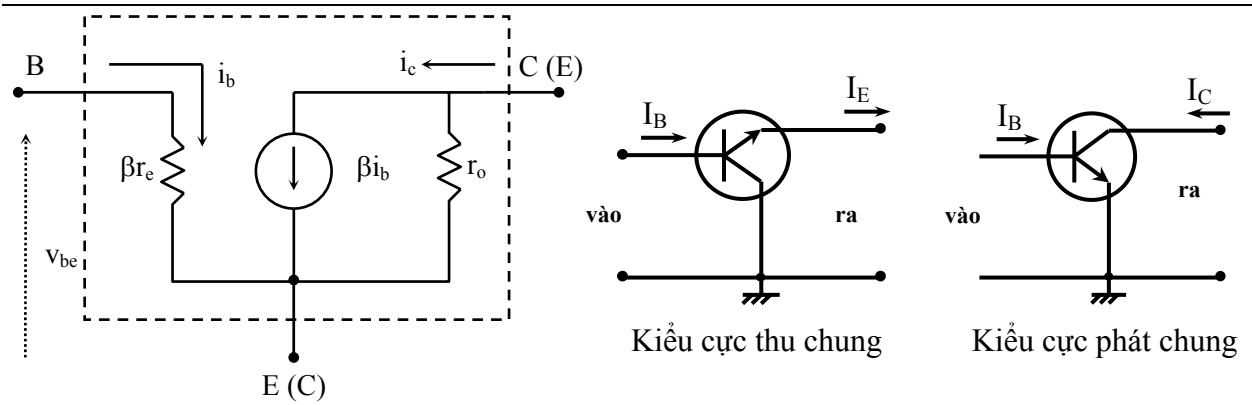
Hình 37

Mạch tương đương ngõ vào:



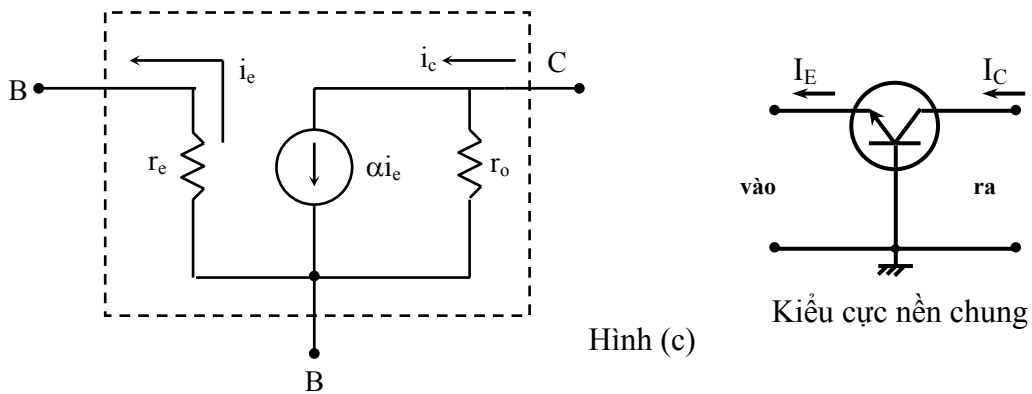
Hình 38

Do $i_e = (\beta + 1)i_b$ nên mạch hình (a) có thể được vẽ lại như mạch hình (b).



Hình 40(b)

- Kiểu cực nền chung



Hình (c)

Thường người ta có thể bỏ r_o trong mạch tương đương khi R_C quá lớn.

Kiểu thông số h: (h-parameter)

Nếu ta coi v_{be} và i_c là một hàm số của i_B và v_{CE} , ta có:

$$v_{BE} = f(i_B, v_{CE}) \text{ và } i_C = f(i_B, v_{CE})$$

Lấy đạo hàm:

$$v_{be} = dv_{BE} = \frac{\delta v_{BE}}{\delta i_B} di_B + \frac{\delta v_{BE}}{\delta v_{CE}} dv_{CE}$$

$$i_c = di_C = \frac{\delta i_C}{\delta i_B} di_B + \frac{\delta i_C}{\delta v_{CE}} dv_{CE}$$

Trong kiểu mẫu thông số h, người ta đặt:

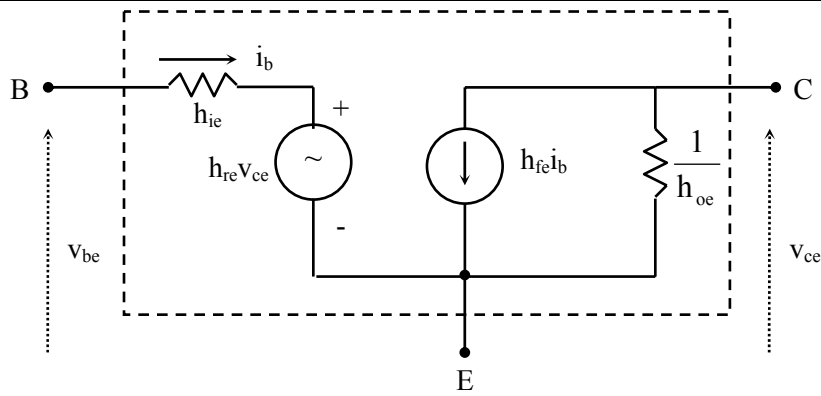
$$h_{ie} = \frac{\delta v_{BE}}{\delta i_B}; \quad h_{re} = \frac{\delta v_{BE}}{\delta v_{CE}}; \quad h_{fe} = \beta = \frac{\delta i_C}{\delta i_B}; \quad h_{oe} = \frac{\delta i_C}{\delta v_{CE}}$$

Vậy, ta có:

$$v_{be} = h_{ie} \cdot i_b + h_{re} \cdot v_{ce}$$

$$i_c = h_{fe} \cdot i_b + h_{oe} \cdot v_{ce}$$

Từ hai phương trình này, ta có mạch điện tương đương theo kiểu thông số h:



Hình 41

h_{re} thường rất nhỏ (ở hàng 10^{-4}), vì vậy, trong mạch tương đương người ta thường bỏ $h_{re} \cdot V_{ce}$.

So sánh với kiểu hỗn tạp, ta thấy rằng:

$$h_{ie} = r_b + (\beta + 1)r_e = r_b + r_\pi$$

Do $r_b \ll r_\pi$ nên $h_{ie} = r_\pi$

Nếu bỏ qua h_{re} , ta thấy:

$$i_b = \frac{v_{be}}{h_{ie}} \quad \text{Vậy: } h_{fe} i_b = h_{fe} \cdot \frac{v_{be}}{h_{ie}}$$

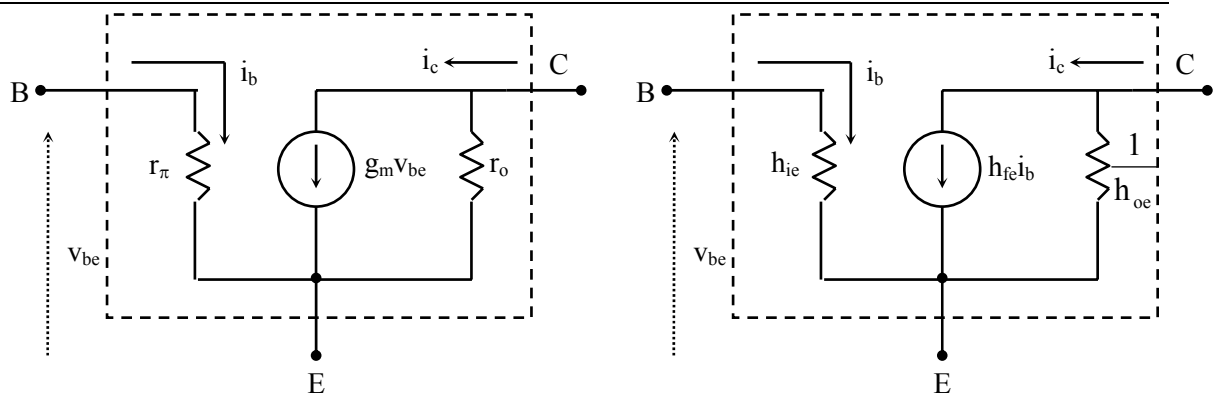
$$\text{Do đó, } g_m v_{be} = h_{fe} i_b = h_{fe} \frac{v_{be}}{h_{ie}};$$

$$\text{Hay } g_m = \frac{h_{fe}}{h_{ie}}$$

$$\text{Ngoài ra, } r_0 = \frac{1}{h_{oe}}$$

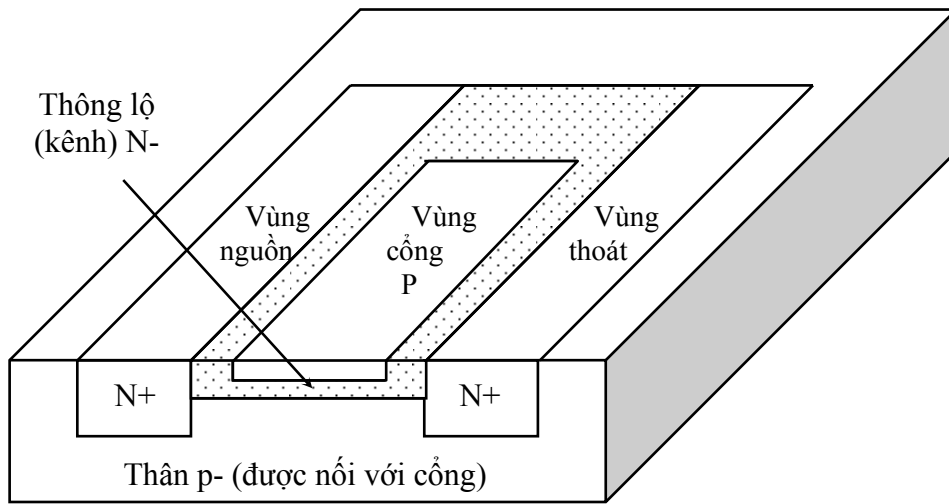
Các thông số h do nhà sản xuất cho biết.

Trong thực hành, r_0 hay $\frac{1}{h_{oe}}$ mắc song song với tải. Nếu tải không lớn lắm (khoảng vài chục $K\Omega$ trở lại), trong mạch tương đương, người ta có thể bỏ qua r_0 (khoảng vài trăm $K\Omega$).



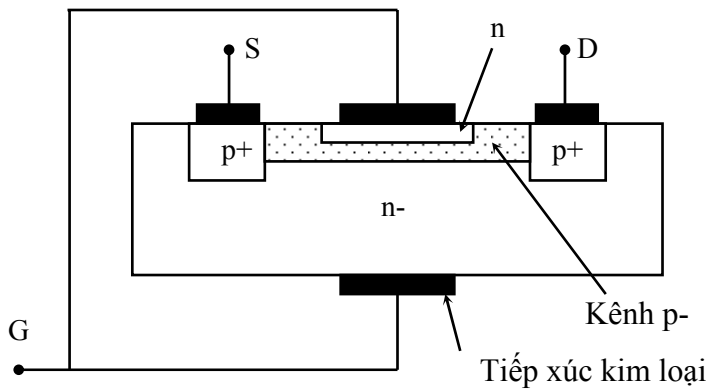
Hình 42

Mạch tương đương đơn giản: (có thể bỏ r_o hoặc $\frac{1}{h_{oe}}$)

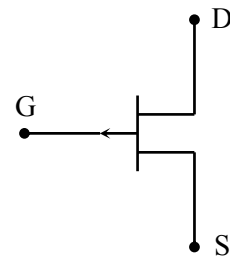


Hình 1

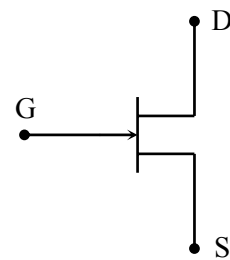
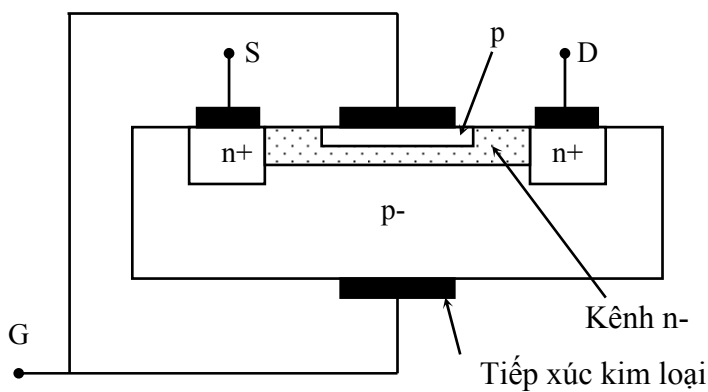
JFET Kênh P



Ký hiệu



JFET Kênh N



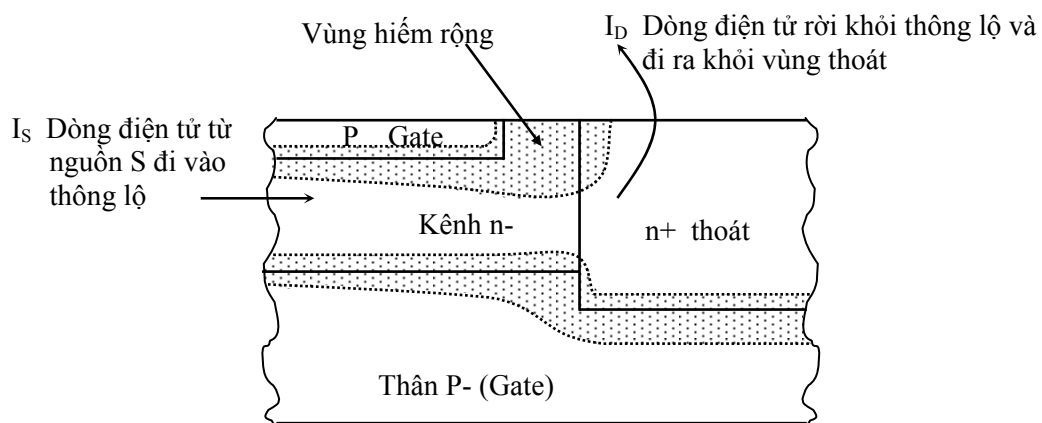
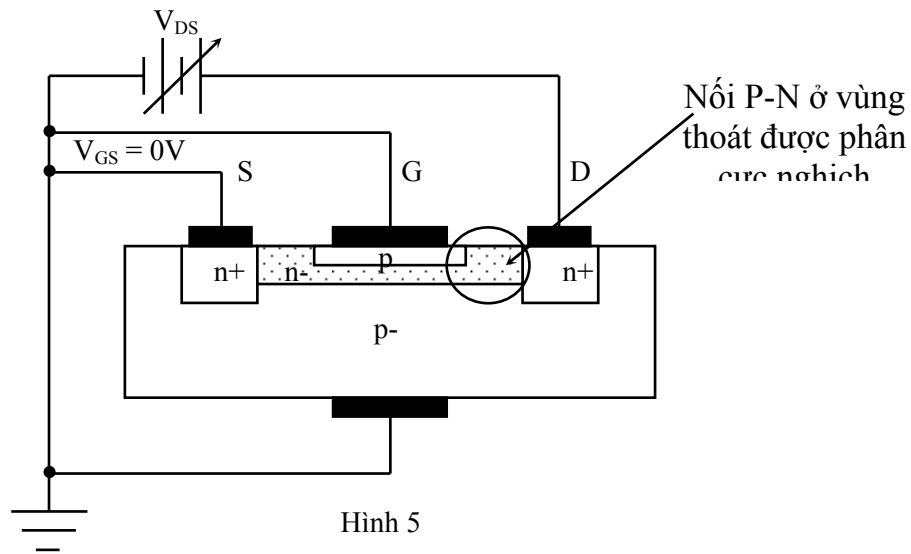
S (Source): cực nguồn
 D (Drain): cực thoát
 G (Gate): cực cổng

Hình 2

Nếu so sánh với BJT, ta thấy: cực thoát D tương đương với cực thu C, cực nguồn S tương đương với cực phát E và cực cổng G tương đương với cực nền B.

Bây giờ, nếu ta mắc cực nguồn S và cực cổng G xuống mass, nghĩa là điện thế $V_{GS}=0V$. Điều chỉnh điện thế V_{DS} giữa cực thoát và cực nguồn, chúng ta sẽ khảo sát dòng điện qua JFET khi điện thế V_{DS} thay đổi.

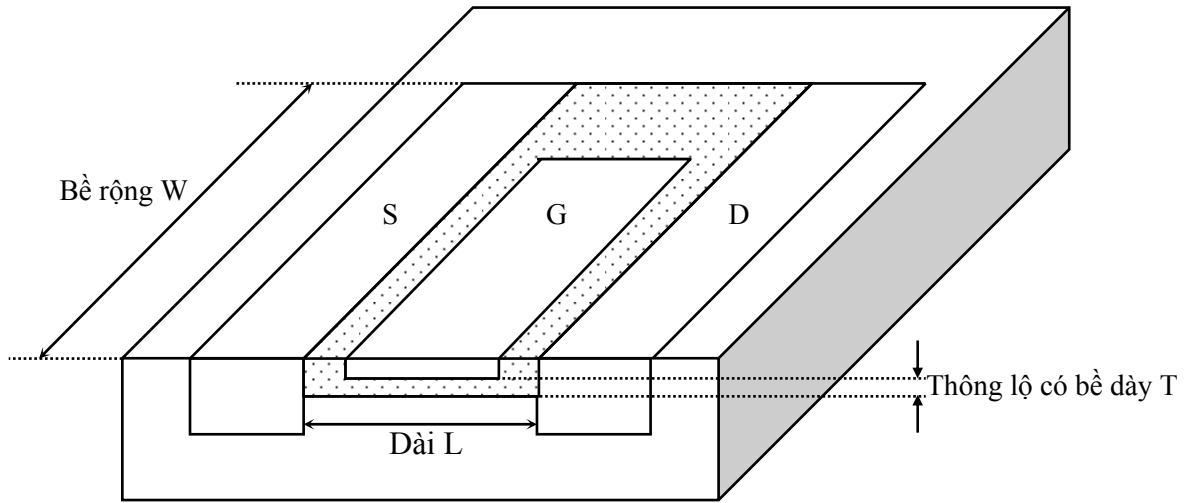
Vì vùng thoát n+ nối với cực dương và vùng cổng G nối với cực âm của nguồn điện V_{DS} nên nối PN ở vùng thoát được phân cực nghịch, do đó vùng hiếm ở đây rộng ra (xem hình vẽ)



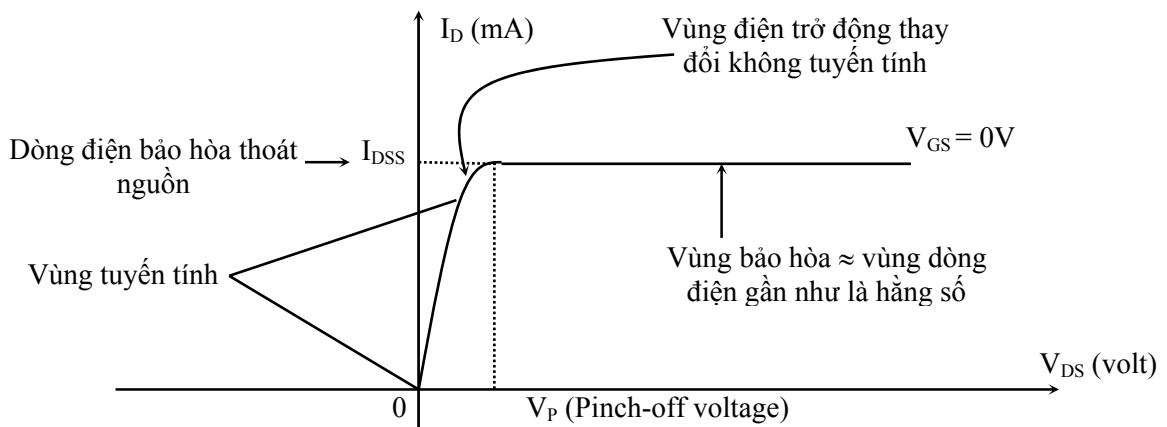
Khi V_{DS} còn nhỏ, dòng điện tử từ cực âm của nguồn điện đến vùng nguồn (tạo ra dòng I_S), đi qua thông lộ và trở về cực dương của nguồn điện (tạo ra dòng điện thoát I_D).

Nếu thông lộ có chiều dài L, rộng W và dày T thì điện trở của nó là:

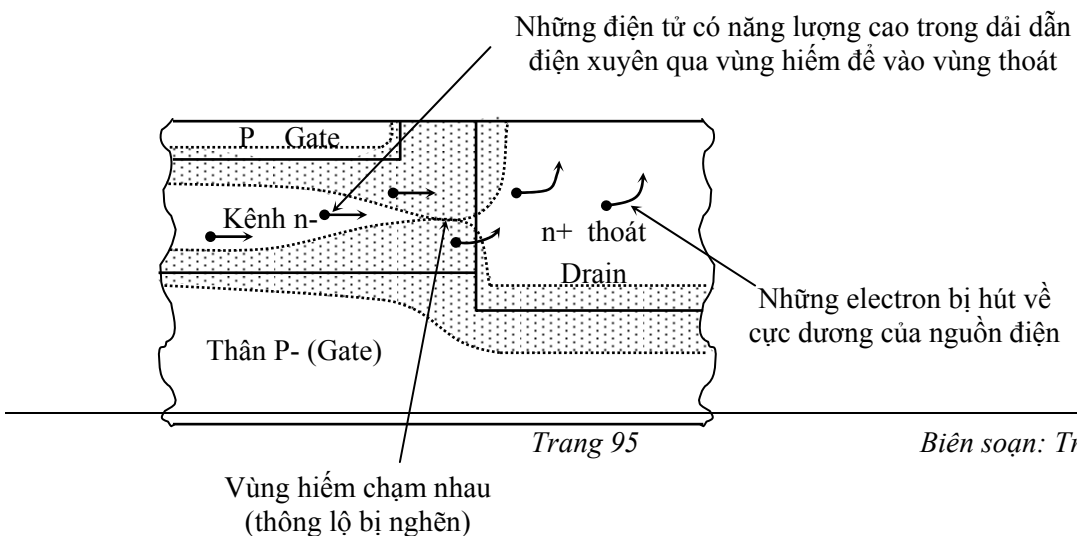
$R = \rho \cdot \frac{L}{WT}$; Trong đó, ρ là điện trở suất của thông lộ. Điện trở suất là hàm số theo nồng độ chất pha.



Hình 7



Hình 8

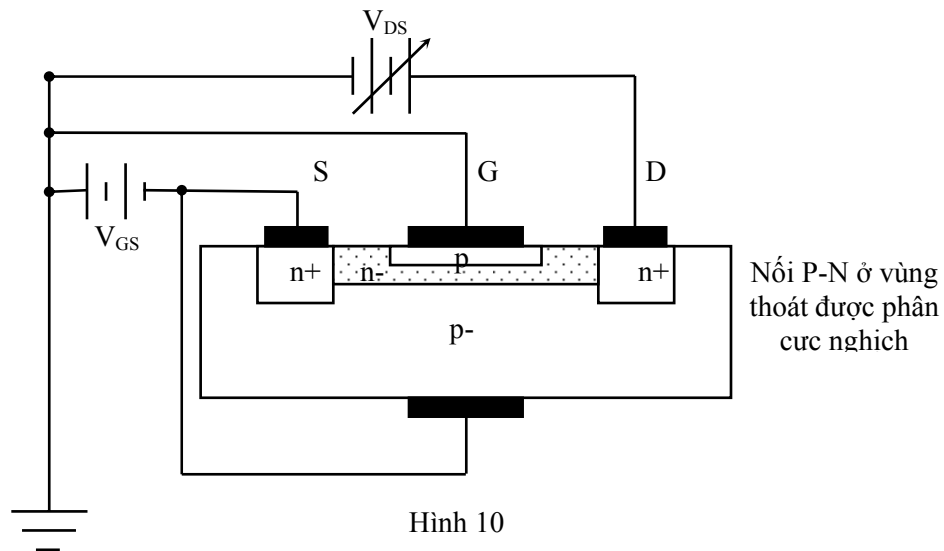


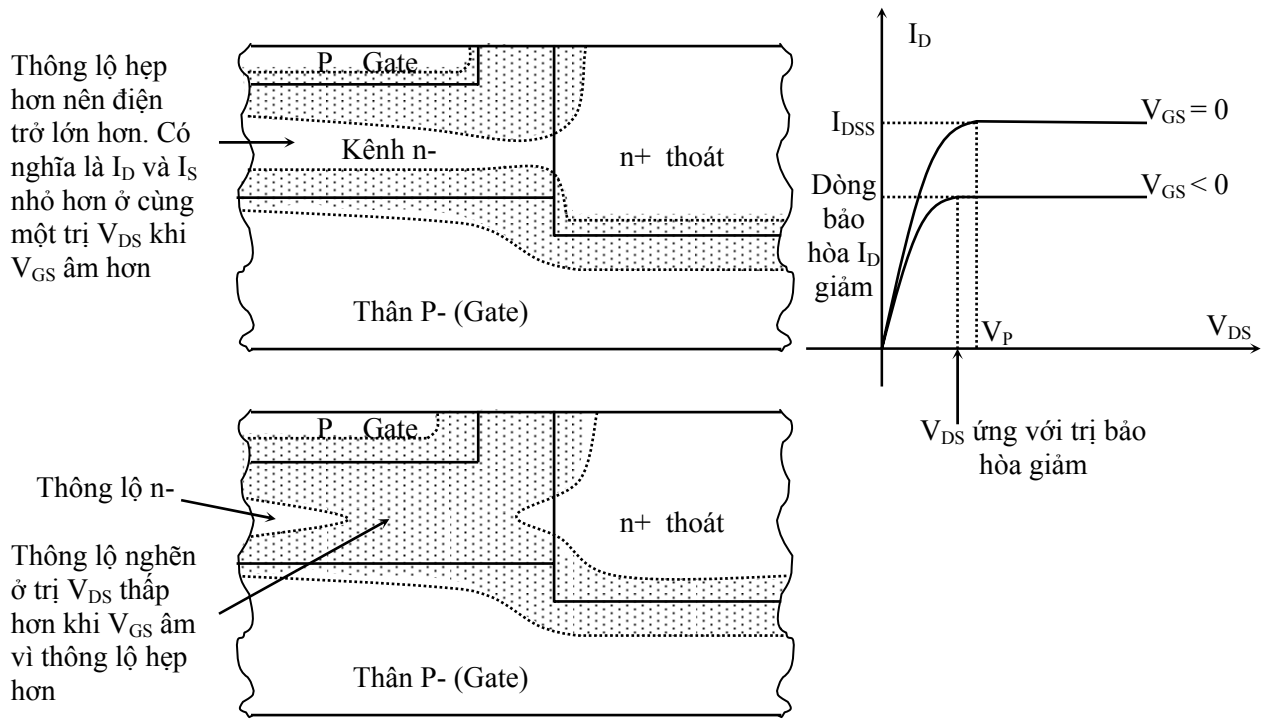
Khi V_{DS} còn nhỏ (vài volt), điện trở R của thông lộ gần như không thay đổi nên dòng I_D tăng tuyến tính theo V_{DS} . Khi V_{DS} đủ lớn, đặc tuyến không còn tuyến tính nữa do R bắt đầu tăng vì thông lộ hẹp dần. Nếu ta tiếp tục tăng V_{DS} đến một trị số nào đó thì hai vùng hiếm chạm nhau, ta nói thông lộ bị nghẽn (pinched off).

Trị số V_{DS} để thông lộ bắt đầu bị nghẽn được gọi là điện thế nghẽn V_P (pinched off voltage). Ở trị số này, chỉ có các điện tử có năng lượng cao trong dải dẫn điện mới có đủ sức xuyên qua vùng hiếm để vào vùng thoát và bị hút về cực dương của nguồn điện V_{DS} tạo ra dòng điện thoát I_D .

Nếu ta cứ tiếp tục tăng V_{DS} , dòng điện I_D gần như không thay đổi và được gọi là dòng điện bão hoà thoát - nguồn I_{DSS} (chú ý: ký hiệu I_{DSS} khi $V_{GS}=0V$).

Bây giờ, nếu ta phân cực cổng-nguồn bằng một nguồn điện thế âm V_{GS} (phân cực nghịch), ta thấy vùng hiếm rộng ra và thông lộ hẹp hơn trong trường hợp $V_{GS}=0V$. Do đó điện trở của thông lộ cũng lớn hơn.

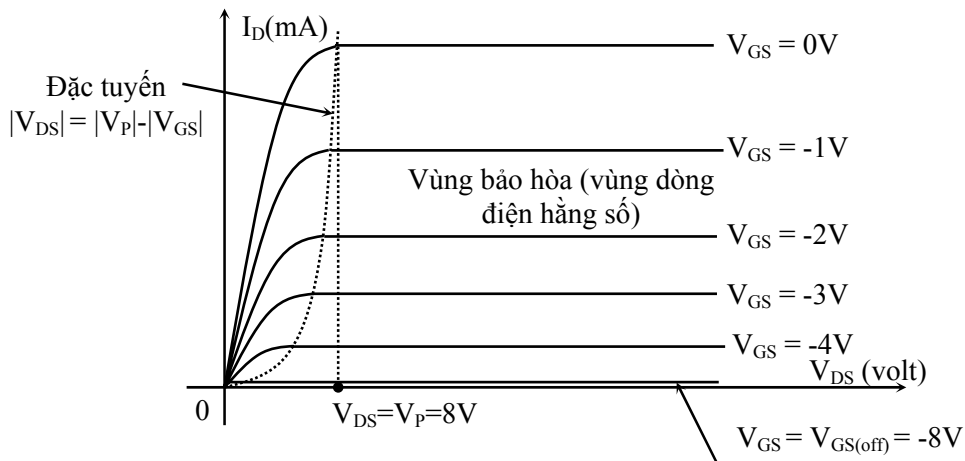




Hình 11

Khi V_{DS} còn nhỏ, I_D cũng tăng tuyến tính theo V_{DS} , nhưng khi V_{DS} lớn, thông lộ bị nghẽn nhanh hơn, nghĩa là trị số V_{DS} để thông lộ nghẽn nhỏ hơn trong trường hợp $V_{GS}=0V$ và do đó, dòng điện bão hòa I_D cũng nhỏ hơn I_{DSS} .

Chùm đặc tuyến $I_D=f(V_{DS})$ với V_{GS} là thông số được gọi là đặc tuyến ra của JFET mắc theo kiểu cực nguồn chung.



Hình 12

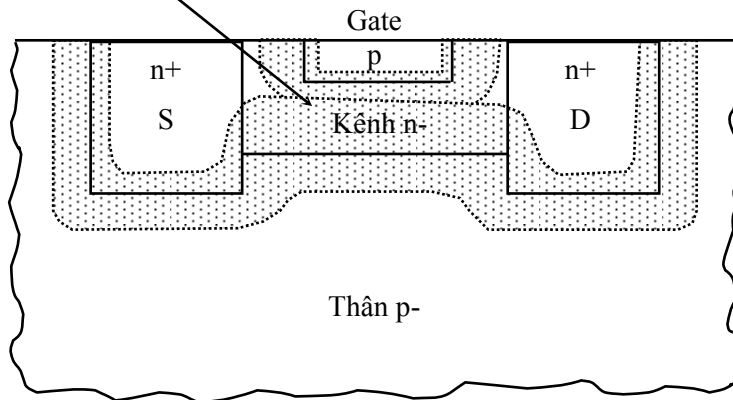
Khi V_{GS} càng âm, dòng I_D bão hòa càng nhỏ. Khi V_{GS} âm đến một trị nào đó, vùng hiểm chiếm gần như toàn bộ thông lộ và các điện tử không còn đủ năng lượng để vượt qua được và khi đó $I_D = 0$. Trị số của V_{GS} lúc đó gọi là $V_{GS(off)}$. Người ta chứng minh được trị số này bằng với điện thế nghẽn.

$$|V_{GS(off)}| = |V_P|$$

Vì V_P chính là hiệu thế phân cực ngược các nối P-N vừa đủ để cho các vùng hiếm chạm nhau. Vì vậy, trong vùng bảo hoà ta có:

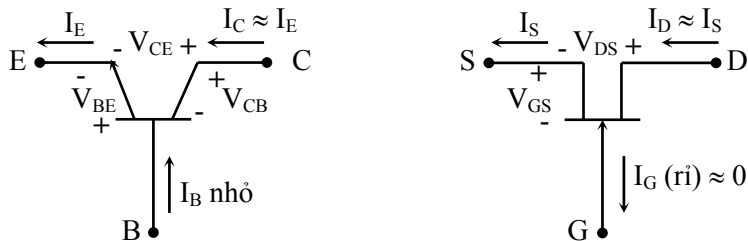
$$|V_{DS}| + |V_{GS}| = |V_P|$$

Vì nối công nguồn được phân cực nghịch, dòng điện I_G chính là dòng điện rỉ ngược nên rất nhỏ, do đó dòng điện chạy vào cực thoát D được xem như bằng dòng điện ra khỏi cực nguồn S. $I_D \approx I_S$. Không có hạt tải điện di chuyển qua thông lộ ($I_D = I_S = 0$)



Hình 13

So sánh với BJT, ta thấy:



Hình 14

Thí dụ: một JFET kênh N có $I_{DSS}=20\text{mA}$ và $V_{GS(off)}=-10\text{V}$.

Tính I_S khi $V_{GS}=0\text{V}$? Tính V_{DS} bảo hoà khi $V_{GS} = -2\text{V}$.

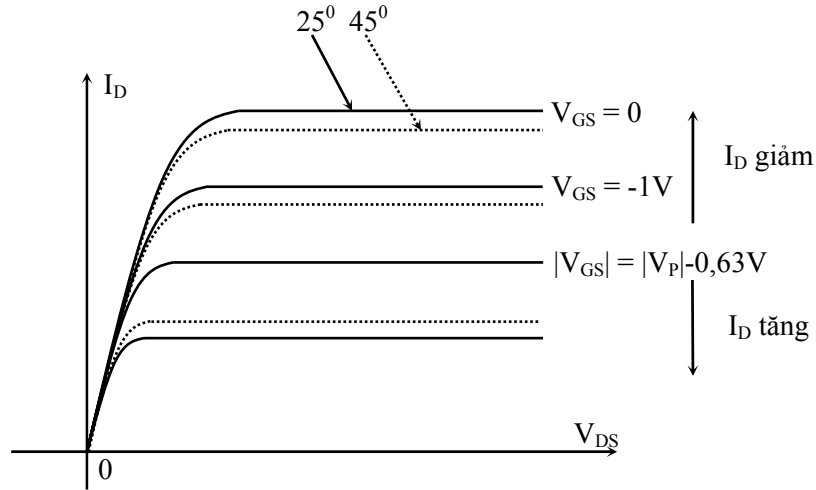
Giải:

Khi $V_{GS}=0\text{V} \Rightarrow I_D=I_{DSS}=20\text{mA}$ và $I_D=I_S=20\text{mA}$

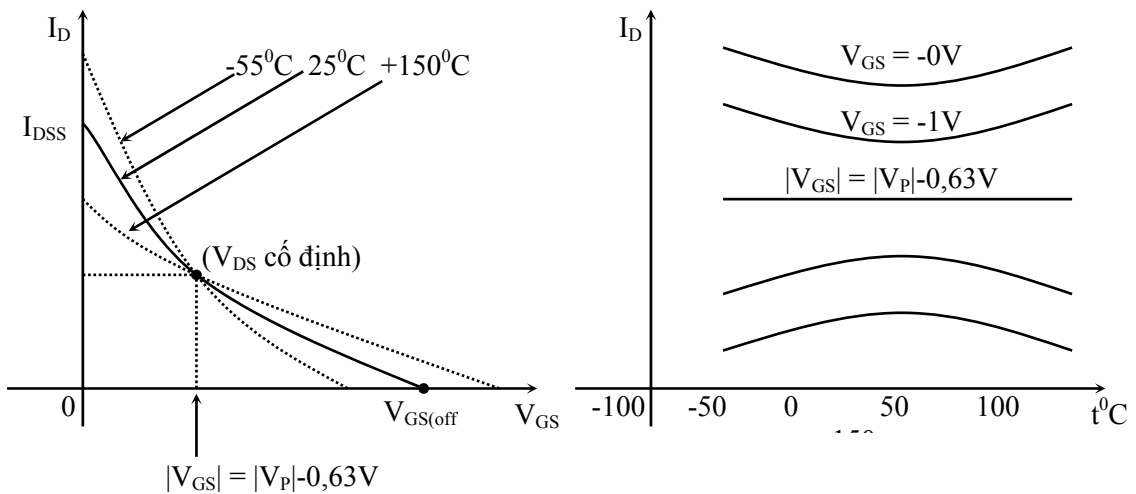
Ta có: $|V_P| = |V_{GS(off)}| = 10\text{V}$ và $|V_{DS}| = |V_P| - |V_{GS}| = 10 - 2 = 8\text{V}$

$|V_{GS}| = |V_P| - 0,63V$ với V_P là điện thế ngẽn ở nhiệt độ bình thường.

Các hình vẽ sau đây mô tả ảnh hưởng của nhiệt độ trên các đặc tuyến ra, đặc tuyến truyền và đặc tuyến của dòng I_D theo nhiệt độ khi V_{GS} làm thông số.

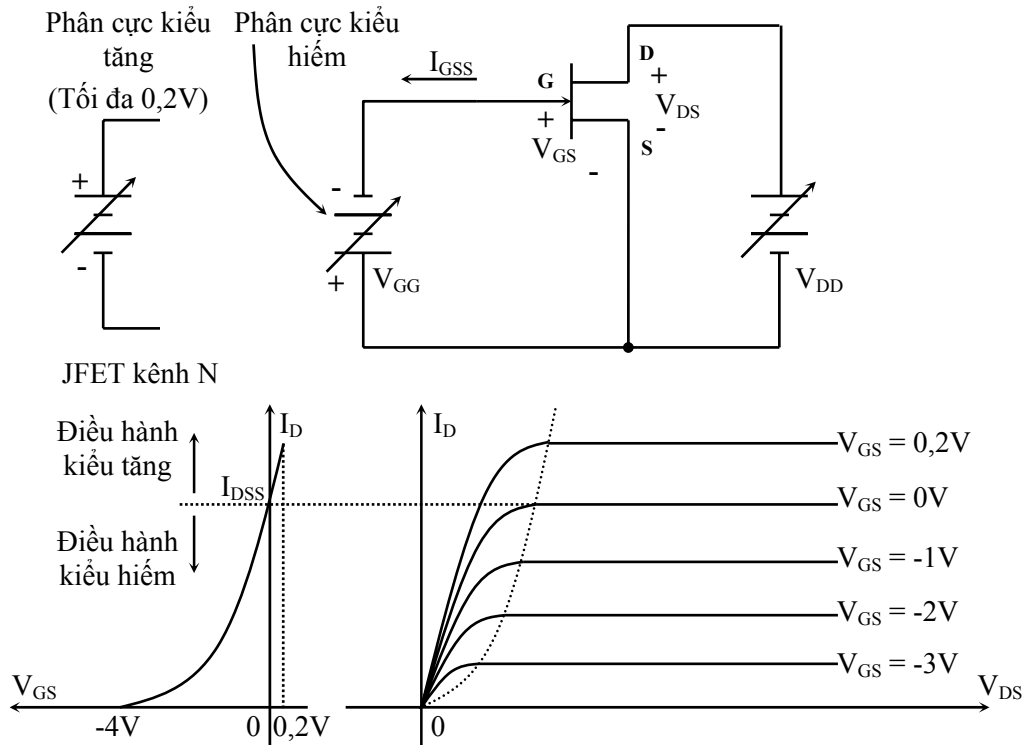


Hình 18

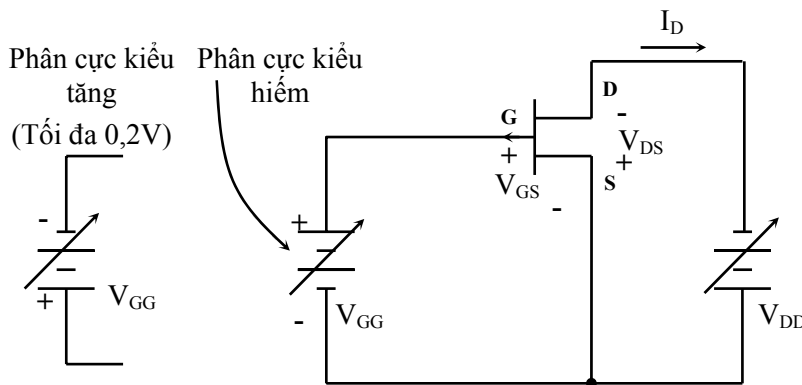


Hình 19

Ngoài ra, một tác dụng thứ ba của nhiệt độ lên JFET là làm phát sinh các hạt tải điện trong vùng hiếm giữa thông lộ-cổng và tạo ra một dòng điện rỉ cực cổng I_{GSS} (gate leakage current). Dòng I_{GSS} được nhà sản xuất cho biết. dòng rỉ I_{GSS} chính là dòng điện phân cực nghịch nối P-N giữa cực cổng và cực nguồn. Dòng điện này là dòng điện rỉ cổng-nguồn khi nối tắt cực nguồn với cực thoát. Dòng I_{GSS} tăng gấp đôi khi nhiệt độ tăng lên 10^0C .



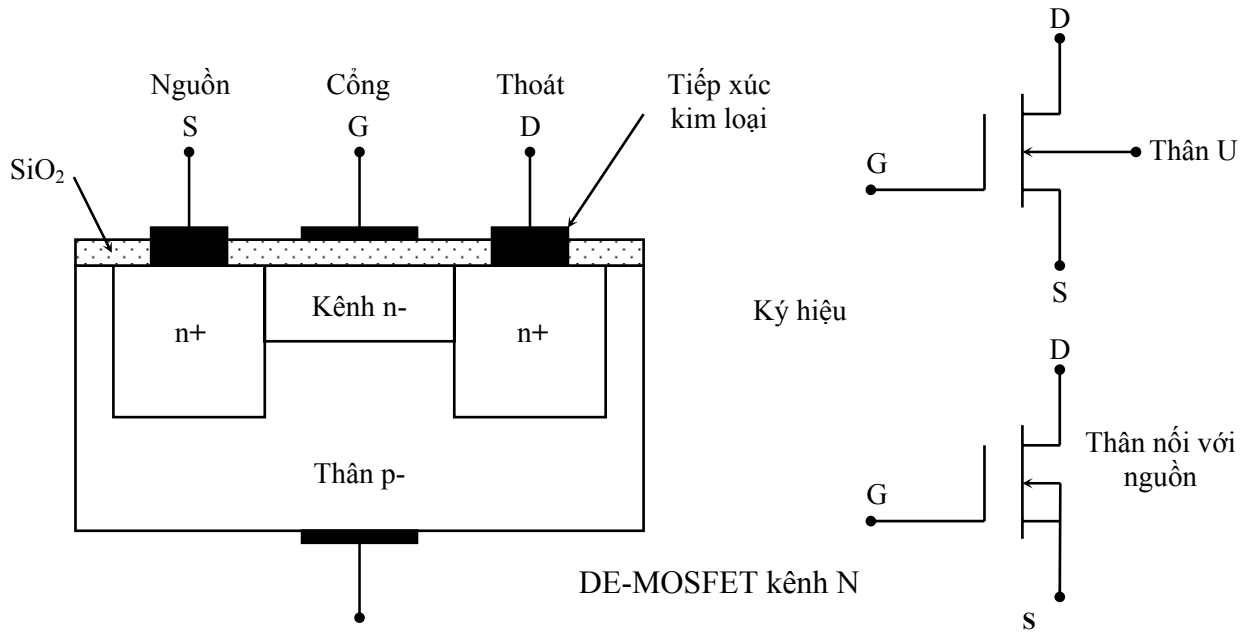
Hình 21



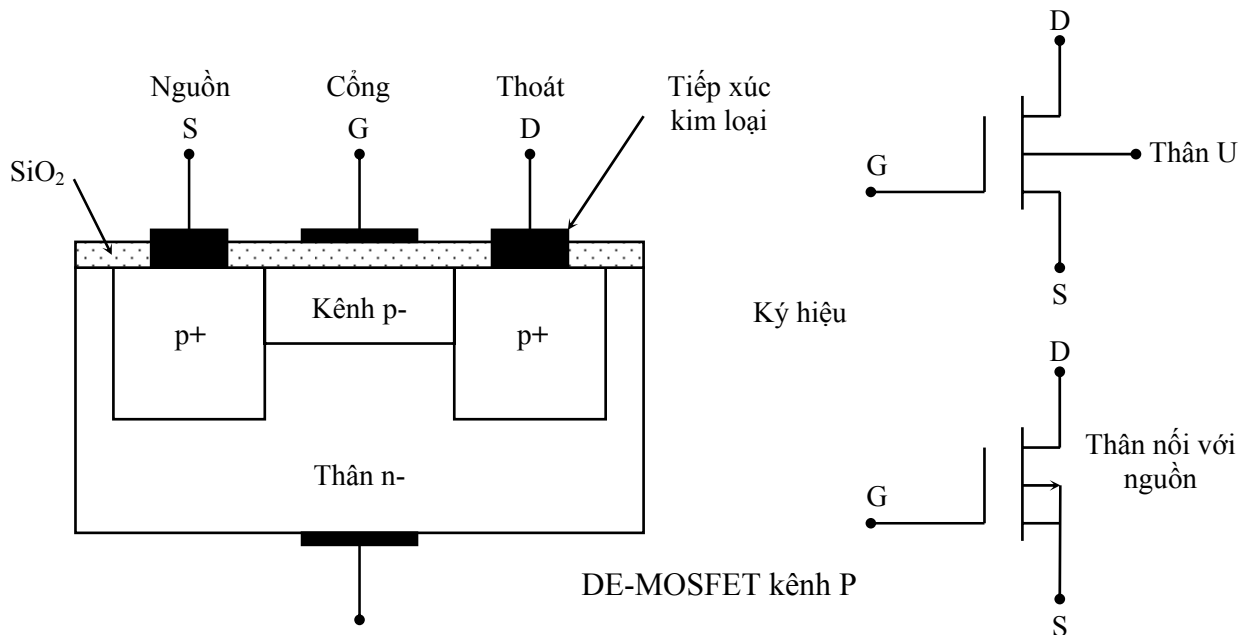
Hình 22

Tuy JFET có tổng trở vào khá lớn nhưng cũng còn khá nhỏ so với đèn chân không. Để tăng tổng trở vào, người ta đã tạo một loại transistor trường khác sao cho cực cổng cách điện hẳn cực nguồn. Lớp cách điện là Oxyt bán dẫn SiO_2 nên transistor được gọi là MOSFET.

Ta phân biệt hai loại MOSFET: MOSFET loại hiếm và MOSFET loại tăng.
 Hình sau đây mô tả cấu tạo căn bản MOSFET loại hiếm (DE - MOSFET) kênh N và kênh P.



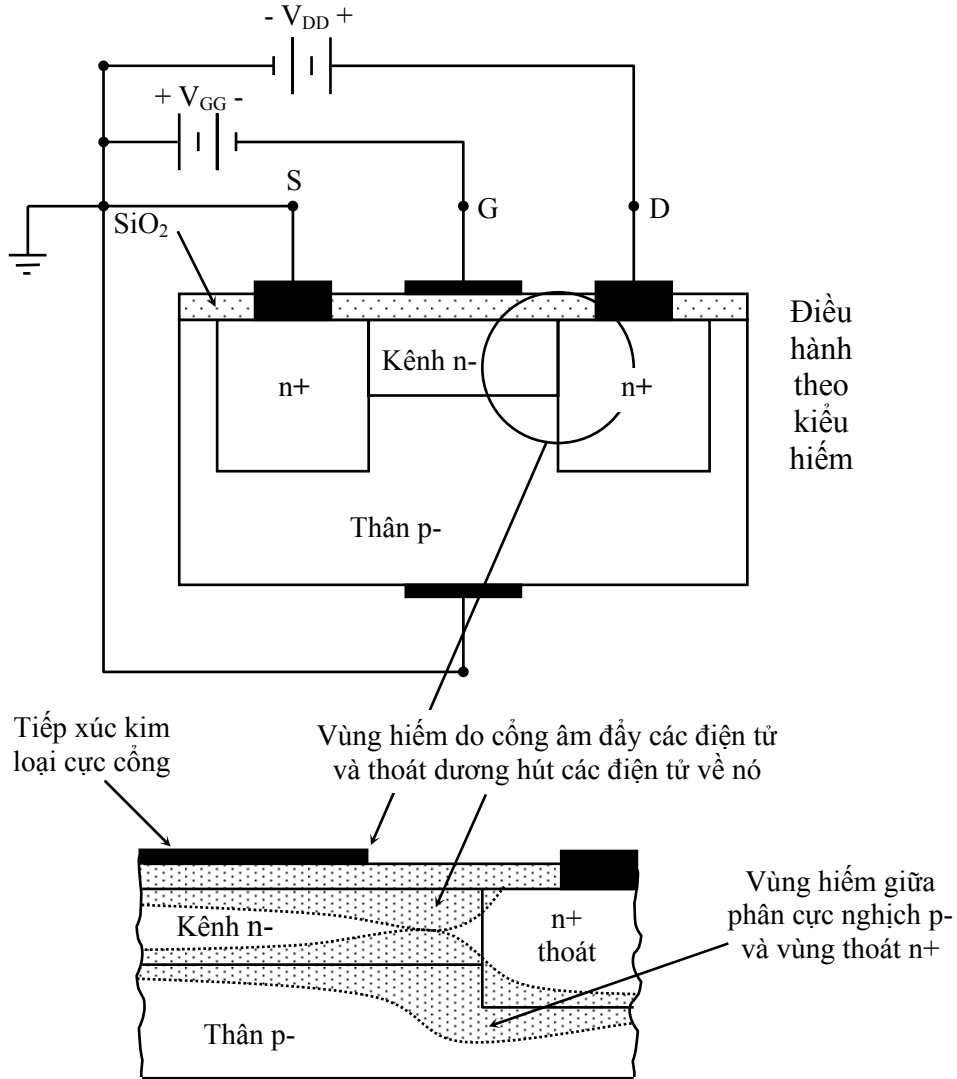
Hình 23



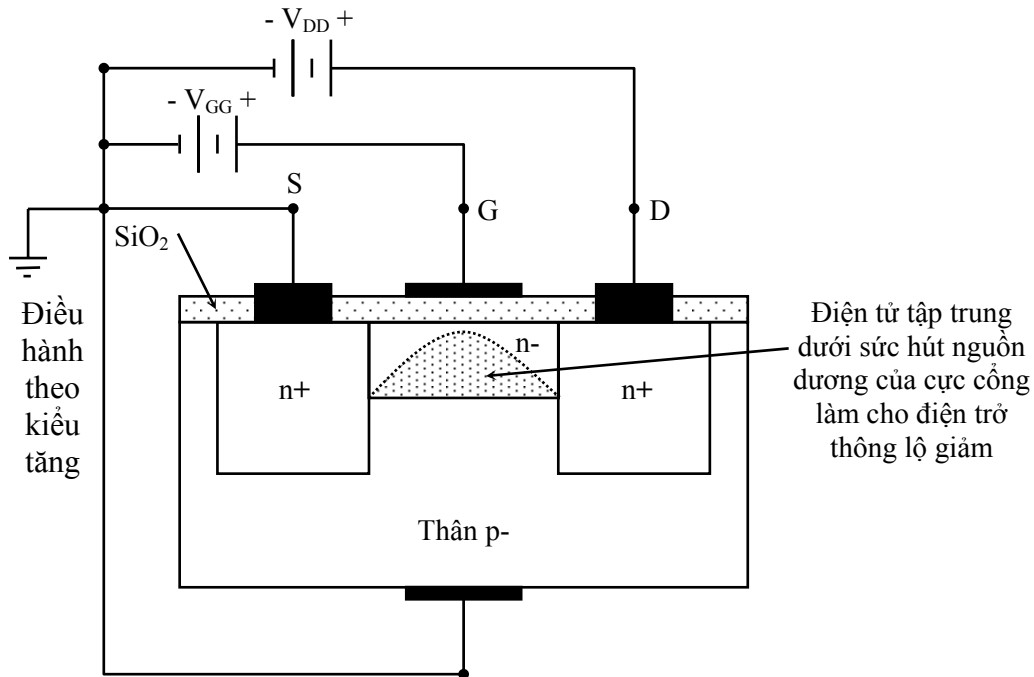
Hình 24

Chú ý rằng DE - MOSFET có 4 cực: cực thoát D, cực nguồn S, cực cổng G và thân U (substrate). Trong các ứng dụng thông thường, thân U được nối với nguồn S.

Để DE-MOSFET hoạt động, người ta áp một nguồn điện V_{DD} vào cực thoát và cực nguồn (cực dương của nguồn điện nối với cực thoát D và cực âm nối với cực nguồn S trong DE-MOSFET kênh N và ngược lại trong DE-MOSFET kênh P). Điện thế V_{GS} giữa cực cổng và cực nguồn có thể âm (DE-MOSFET kênh N điều hành theo kiểu hiếm) hoặc dương (DE-MOSFET kênh N điều hành theo kiểu tăng)



Hình 25



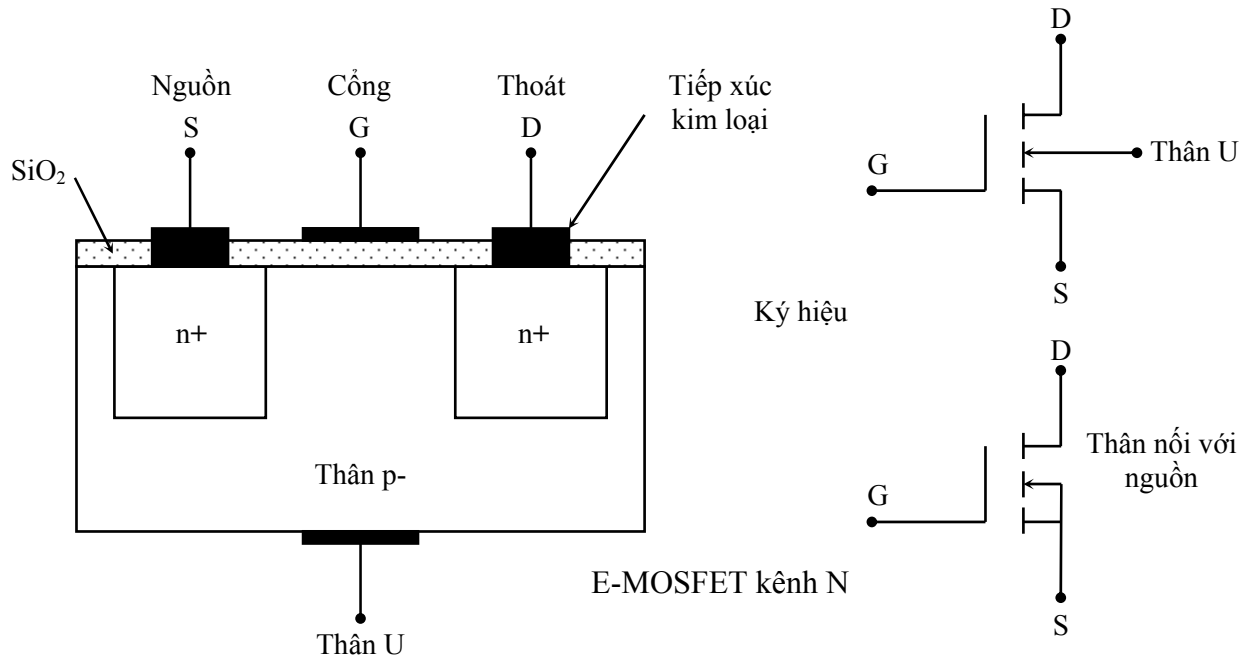
Hình 26

Khi $V_{GS} = 0V$ (cực cổng nối thẳng với cực nguồn), điện tử di chuyển giữa cực âm của nguồn điện V_{DD} qua kênh n- đến vùng thoát (cực dương của nguồn điện V_{DD}) tạo ra dòng điện thoát I_D . Khi điện thế V_{DS} càng lớn thì điện tích âm ở cổng G càng nhiều (do cổng G cùng điện thế với nguồn S) càng đẩy các điện tử trong kênh n- ra xa làm cho vùng hiếm rộng thêm. Khi vùng hiếm vừa chắn ngang kênh thì kênh bị nghẽn và dòng điện thoát I_D đạt đến trị số bảo hoà I_{DSS} .

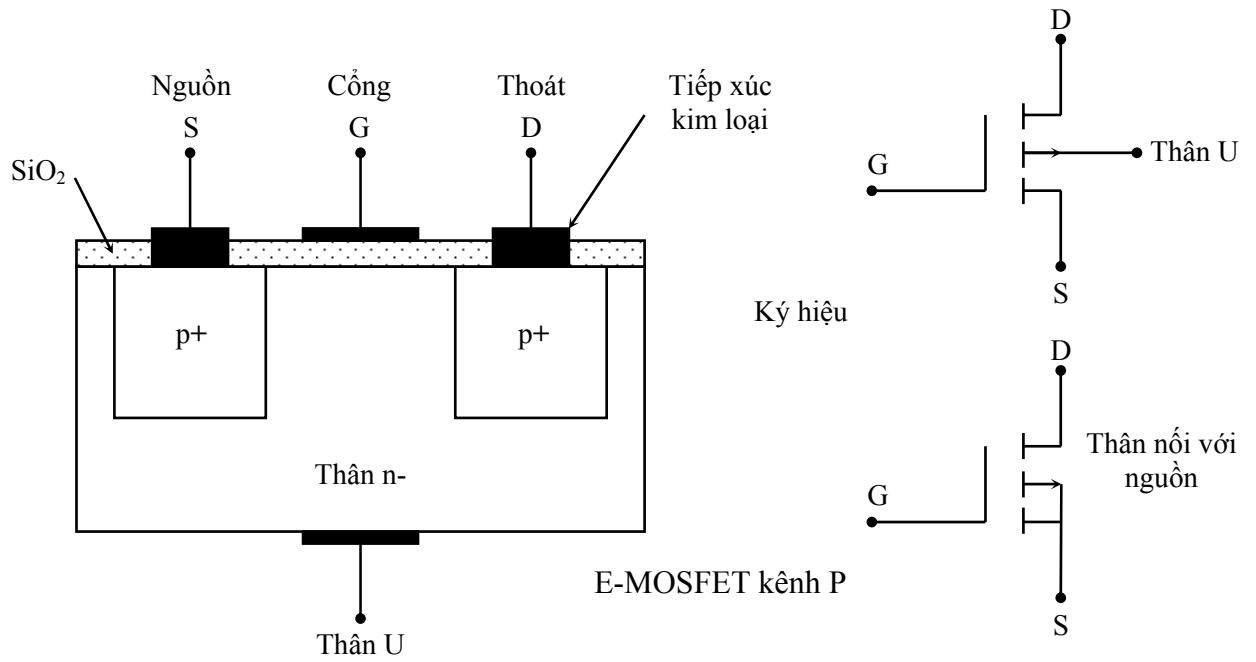
Khi V_{GS} càng âm, sự nghẽn xảy ra càng sớm và dòng điện bảo hoà I_D càng nhỏ.

Khi V_{GS} dương (điều hành theo kiểu tăng), điện tích dương của cực cổng hút các điện tử về mặt tiếp xúc càng nhiều, vùng hiếm hẹp lại tức thông lộ rộng ra, điện trở thông lộ giảm nhỏ. Điều này làm cho dòng thoát I_D lớn hơn trong trường hợp $V_{GS} = 0V$.

Vì cực cổng cách điện hẳn khỏi cực nguồn nên tổng trở vào của DE-MOSFET lớn hơn JFET nhiều. Cũng vì thế, khi điều hành theo kiểu tăng, nguồn V_{GS} có thể lớn hơn 0,2V. Thế nhưng ta phải có giới hạn của dòng I_D gọi là $I_{D_{MAX}}$. Đặc tuyến truyền và đặc tuyến ngõ ra như sau:

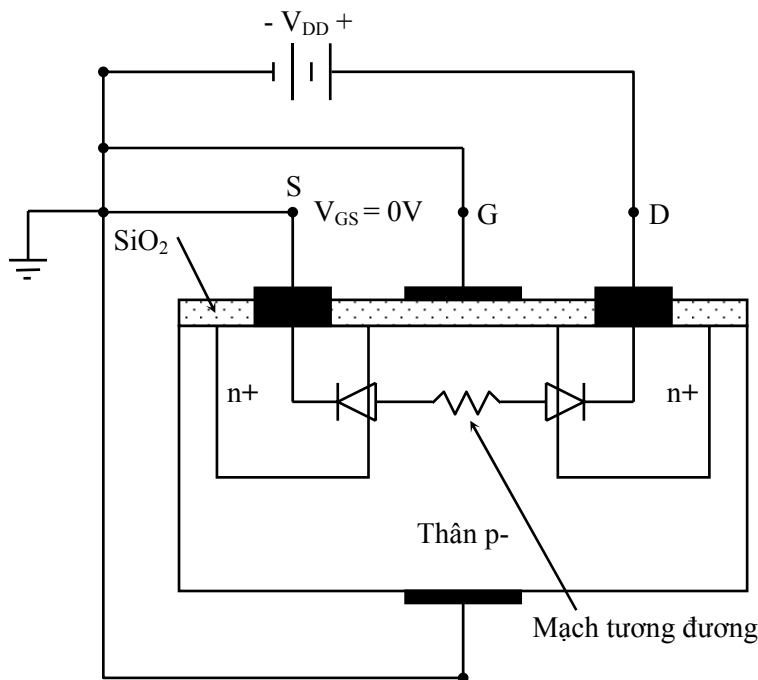


Hình 29



Hình 30

Khi $V_{GS} < 0V$, (ở E-MOSFET kênh N), do không có thông lộ nối liền giữa hai vùng thoát nguồn nên mặc dù có nguồn điện thế V_{DD} áp vào hai cực thoát và nguồn, điện tử cũng không thể di chuyển nên không có dòng thoát I_D ($I_D \neq 0V$). Lúc này, chỉ có một dòng điện rỉ rất nhỏ chạy qua.



Hình 31

Khi $V_{GS} > 0$, một điện trường được tạo ra ở vùng cổng. Do cổng mang điện tích dương nên hút các điện tử trong nền p- (là hạt tải điện thiểu số) đến tập trung ở mặt đối diện của vùng cổng. Khi V_{GS} đủ lớn, lực hút mạnh, các điện tử đến tập trung nhiều và tạo thành một thông lộ tạm thời nối liền hai vùng nguồn S và thoát D. Điện thế V_{GS} mà từ đó dòng điện thoát I_D bắt đầu tăng được gọi là điện thế thêm cổng - nguồn (gate-to-source threshold voltage) $V_{GS(th)}$. Khi V_{GS} tăng lớn hơn $V_{GS(th)}$, dòng điện thoát I_D tiếp tục tăng nhanh.

Người ta chứng minh được rằng:

$$I_D = K[V_{GS} - V_{GS(th)}]^2$$

Trong đó: I_D là dòng điện thoát của E-MOSFET

K là hằng số với đơn vị $\frac{A}{V^2}$

V_{GS} là điện thế phân cực cổng nguồn.

$V_{GS(th)}$ là điện thế thêm cổng nguồn.

Hằng số K thường được tìm một cách gián tiếp từ các thông số do nhà sản xuất cung cấp.

Thí dụ: Một E-MOSFET kênh N có $V_{GS(th)} = 3,8V$ và dòng điện thoát $I_D = 10mA$ khi $V_{GS} = 8V$. Tìm dòng điện thoát I_D khi $V_{GS} = 6V$.

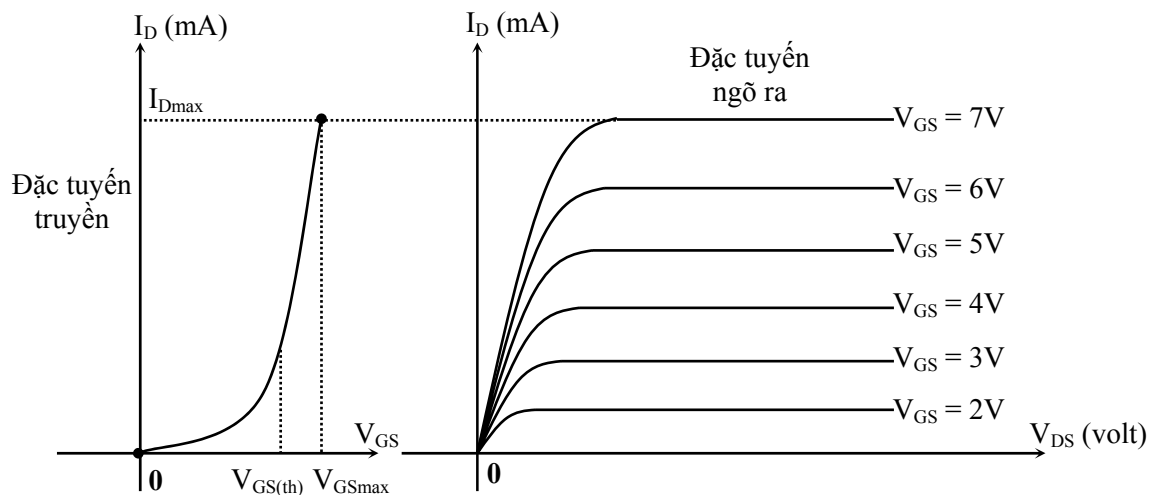
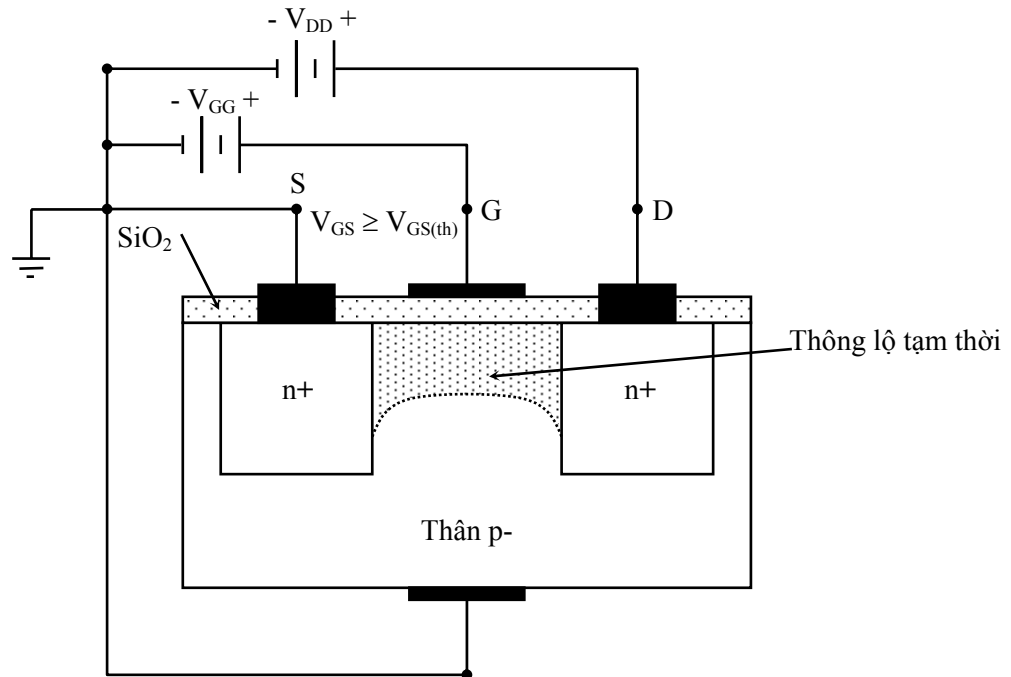
Giải: trước tiên ta tìm hằng số K từ các thông số:

$$K = \frac{I_D}{[V_{GS} - V_{GS(th)}]^2} = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{[8 - 3,8]^2} = 5,67 \cdot 10^{-4} \frac{A}{V^2}$$

Vậy dòng thoát I_D và V_{GS} là:

$$I_D = K[V_{GS} - V_{GS(th)}]^2 = 5,67 \cdot 10^{-4} [6 - 3,8]^2$$

$$\Rightarrow I_D = 2,74 \text{ mA}$$



Hình 32

Dùng đặc tuyến truyền hay công thức: $I_D = I_{DSS} \left[1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(off)}} \right]^2$ trong trường hợp DE-MOSFET hoặc công thức $I_D = K[V_{GS} - V_{GS(th)}]^2$ trong trường hợp E-MOSFET để xác định dòng điện thoát I_D .

Áp dụng định luật Krichoff ở mạch ngõ ra để tìm hiệu điện thế V_{DS} .

Bây giờ, ta thử ứng dụng vào mạch điện hình trên:

Mạch ngõ vào, ta có:

$$V_{GG} - R_G I_{GSS} + V_{GS} = 0$$

Suy ra, $V_{GS} = -V_{GG} + R_G I_{GSS}$

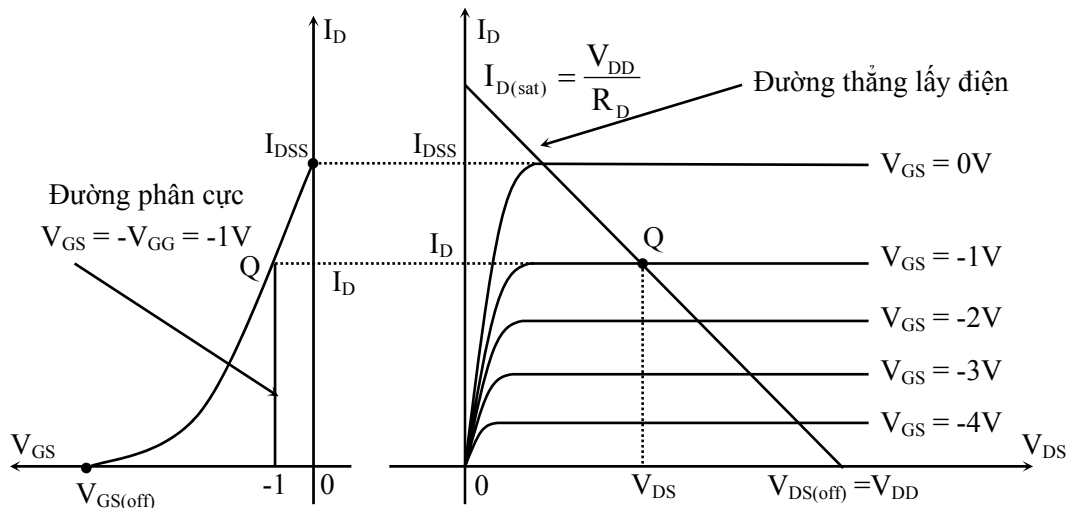
Vì dòng điện I_{GSS} rất nhỏ nên ta có thể bỏ qua.

Như vậy, $V_{GS} \approx -V_{GG}$

Trong trường hợp trên, $V_{GS} = -1$

Đây là phương trình biểu diễn đường phân cực (bias line) và giao điểm của đường thẳng này với đặc tuyến truyền là điểm điều hành Q.

Nhờ đặc tuyến truyền, ta có thể xác định được dòng thoát I_D .



Hình 35

- Để xác định điện thế V_{DS} , ta áp dụng định luật Kirchoff cho mạch ngõ ra:

$$V_{DD} = R_D I_D + V_{DS}$$

$$\Rightarrow V_{DS} = V_{DD} - R_D I_D$$

Đây là phương trình của đường thẳng lấy điện tĩnh. Giao điểm của đường thẳng này với đặc tuyến ngõ ra với $V_{GS} = -V_{GG} = -1V$ chính là điểm tĩnh điều hành Q.

theo tín hiệu. Ở thời điểm khi V_{GS} ít âm hơn, dòng thoát $i_D(t)$ tăng và khi V_{GS} âm nhiều hơn, dòng thoát $i_D(t)$ giảm. Vậy dòng điện thoát $i_D(t)$ thay đổi cùng chiều với $v_{GS}(t)$ và có trị số quanh dòng phân cực I_D tĩnh (được giả sử là 12,25mA). Độ gia tăng của $i_D(t)$ và độ giảm của $i_D(t)$ bằng nhau với tín hiệu nhỏ (giả sử là 0,035mA). (Xem hình trang sau).

Sự thay đổi dòng điện thoát $i_D(t)$ sẽ làm thay đổi hiệu số điện thế giữa cực thoát và cực nguồn.

Ta có $v_{DS}(t) = V_{DD} - i_D(t).R_D$. Khi $i_D(t)$ có trị số tối đa, thì $v_{DS}(t)$ có trị số tối thiểu và ngược lại. Điều này có nghĩa là sự thay đổi của $v_{DS}(t)$ ngược chiều với sự thay đổi của dòng $i_D(t)$ tức ngược chiều với sự thay đổi của hiệu thế ngõ vào $v_{GS}(t)$, người ta bảo điện thế ngõ ra ngược pha - lệch pha 180° so với điện thế tín hiệu ngõ vào.

Người ta định nghĩa độ lợi của mạch khuếch đại là tỉ số đỉnh đối đỉnh của hiệu thế tín hiệu ngõ ra và trị số đỉnh đối đỉnh của hiệu thế tín hiệu ngõ vào:

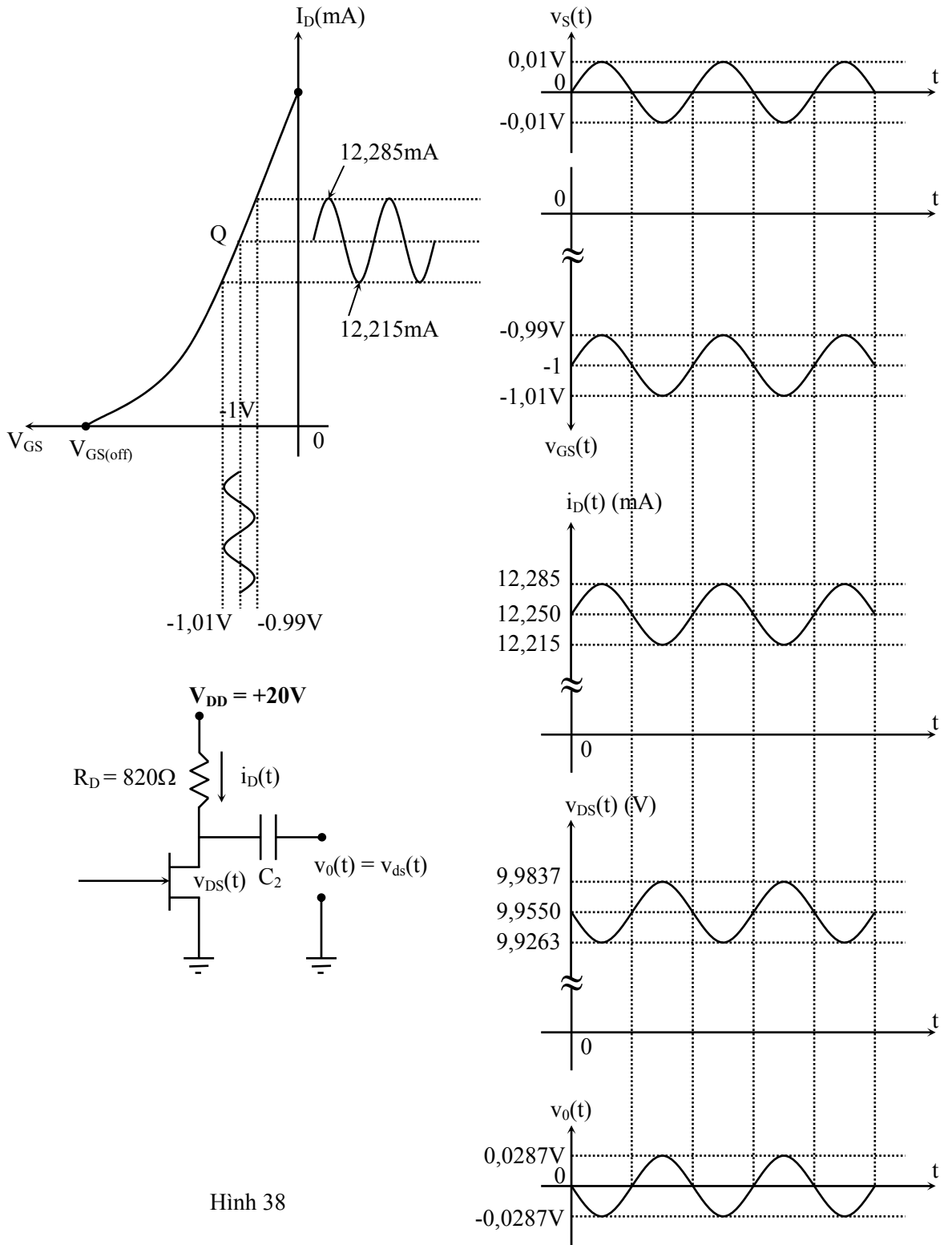
$$A_v = \frac{v_o(t)}{v_s(t)}$$

Trong trường hợp của thí dụ trên:

$$A_v = \frac{v_o(t)}{v_s(t)} = \frac{0,0574V_{P-P} \angle -180^\circ}{0,02V_{P-P}}$$

$$A_v = 2,87 \angle -180^\circ$$

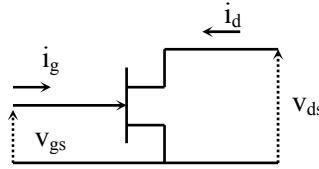
Người ta dùng dấu - để biểu diễn độ lệch pha 180°



Hình 38

* Mạch tương đương của FET với tín hiệu nhỏ:

Người ta có thể coi FET như một tứ cực có dòng điện và điện thế ngõ vào là v_{gs} và i_g . Dòng điện và điện thế ngõ ra là v_{ds} và i_d



Hình 39

Do dòng i_g rất nhỏ nên FET có tổng trở ngõ vào là:

$$r_{\pi} = \frac{v_{gs}}{i_g} \text{ rất lớn}$$

Dòng thoát i_d là một hàm số theo v_{gs} và v_{ds} . Với tín hiệu nhỏ (dòng điện và điện thế chỉ biến thiên quanh điểm điều hành), ta sẽ có:

$$i_D = \left. \frac{\partial i_D}{\partial v_{GS}} \right|_Q v_{gs} + \left. \frac{\partial i_D}{\partial v_{DS}} \right|_Q v_{DS}$$

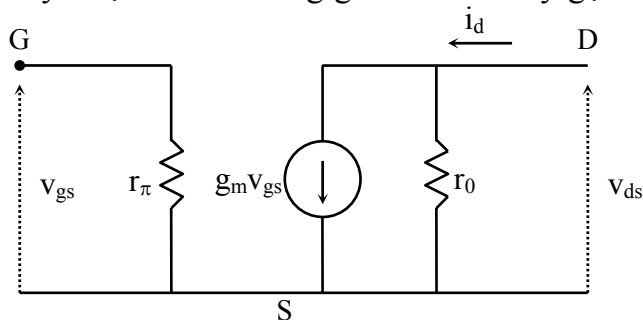
Người ta đặt:

$$g_m = \left. \frac{\partial i_D}{\partial v_{GS}} \right|_Q \quad \text{và} \quad \frac{1}{r_o} = \left. \frac{\partial i_D}{\partial v_{DS}} \right|_Q$$

Ta có: $i_d = g_m v_{gs} + \frac{1}{r_o} v_{ds}$ (có thể đặt $\frac{1}{r_o} = g_o$)

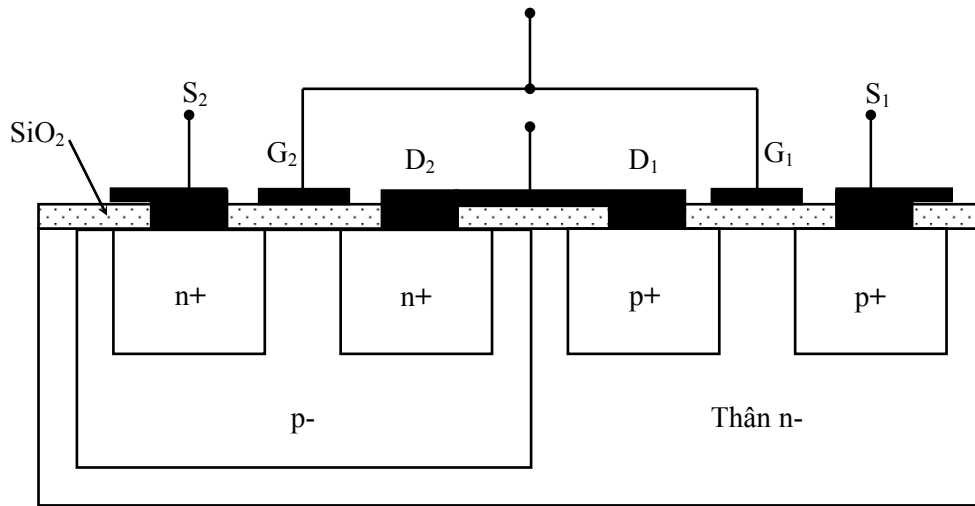
$$v_{gs} = r_{\pi} \cdot i_g$$

Các phương trình này được diễn tả bằng giản đồ sau đây gọi là mạch tương đương xoay chiều của FET.



Hình 40

Riêng đối với E-MOSFET, do tổng trở vào r_{π} rất lớn, nên trong mạch tương đương người ta có thể bỏ r_{π}



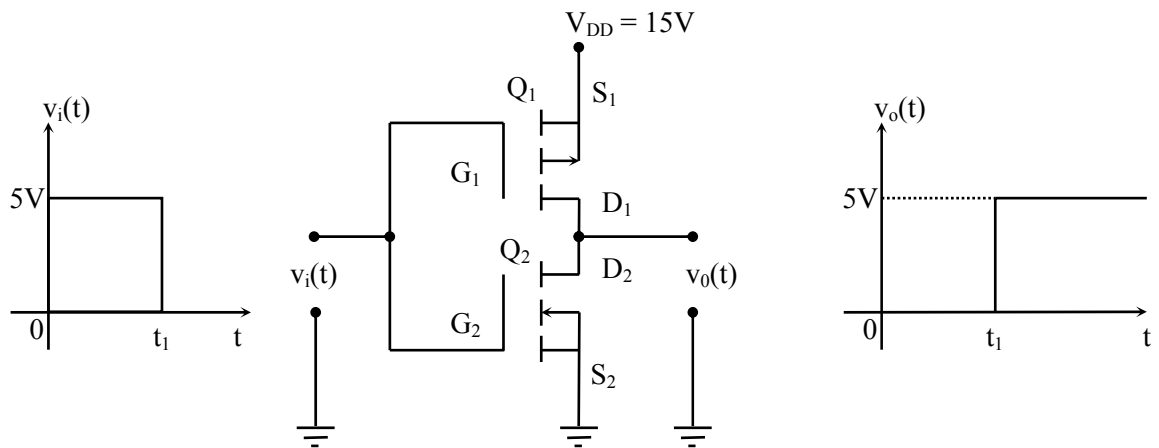
Hình 47

Cấu trúc CMOS được dùng rất nhiều trong IC tuyến tính và IC số

+ Bây giờ ta xét mạch căn bản như trên, ta thử xem đáp ứng của CMOS khi tín hiệu vào có dạng xung vuông như hình vẽ. Mạch này được ứng dụng làm công đảo và là tầng cuối của OP-AMP (IC thuật toán).

- Khi $v_i = 5V$ ($0 \leq t \leq t_1$); E-MOSFET kênh P ngưng vì $v_{GS}(t)=0V$, trong lúc đó E-MOSFET kênh N dẫn mạnh vì $v_{GS}(t)=5V$ nên điện thế ngõ ra $v_o(t)=0V$.

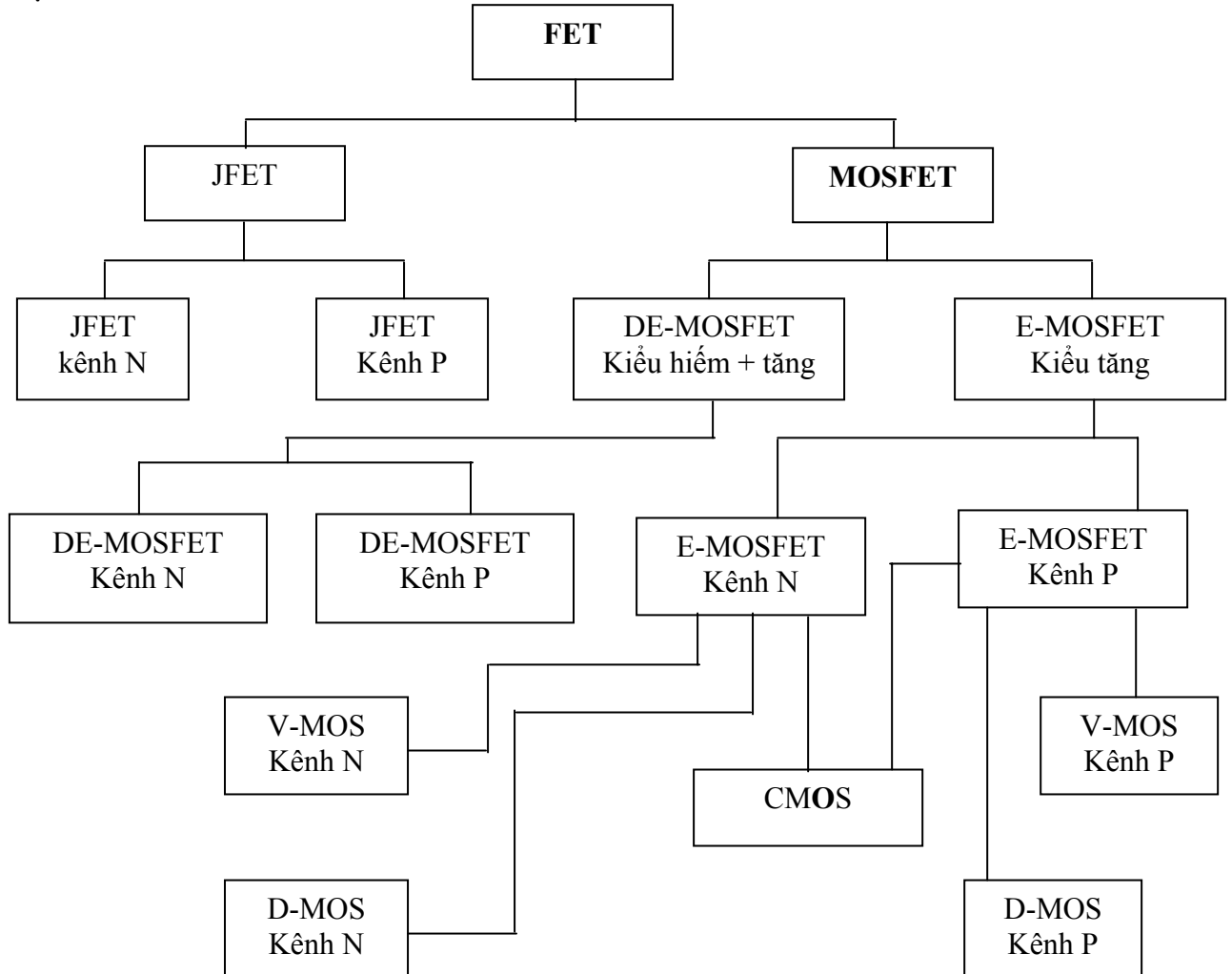
- Khi $v_i(t)=0V$ ($t \geq t_1$), E-MOSFET kênh P dẫn điện mạnh (vì $v_{GS}(t) = -5V$) trong lúc E-MOSFET kênh N không dẫn điện (vì $v_{GS}(t) = 0V$) nên điện thế ngõ ra $v_o(t)=V_{DD}=5V$.



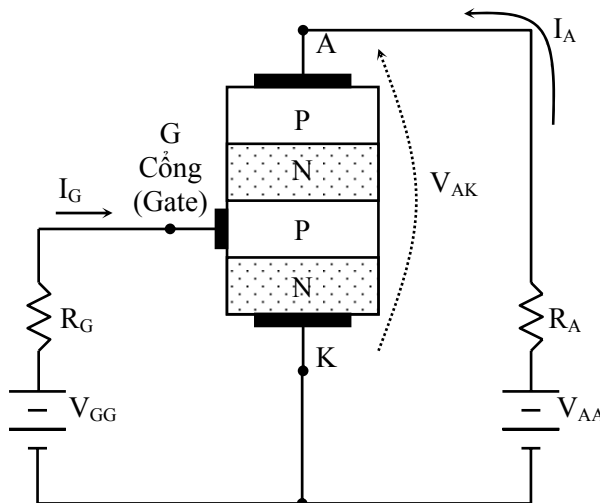
Hình 48

- Điện trở động r_{ds} khi hoạt động rất nhỏ (thường nhỏ hơn 1Ω)
- Có thể khuếch đại công suất ở tần số rất cao
- Dải thông của mạch khuếch đại công suất có thể lên đến vài chục MHz
- V-MOS và D-MOS cũng có kênh N và kênh P, nhưng kênh N thông dụng hơn
- V-MOS và D-MOS cũng có ký hiệu như E-MOSFET

Họ FET có thể tóm tắt như sau



Nếu ta mắc một nguồn điện một chiều V_{AA} vào SCR như hình sau. một dòng điện nhỏ I_G kích vào cực cổng G sẽ làm nối PN giữa cực cổng G và catot K dẫn phát khởi dòng điện anod I_A qua SCR lớn hơn nhiều. Nếu ta đổi chiều nguồn V_{AA} (cực dương nối với catod, cực âm nối với anod) sẽ không có dòng điện qua SCR cho dù có dòng điện kích I_G . Như vậy ta có thể hiểu SCR như một diode nhưng có thêm cực cổng G và để SCR dẫn điện phải có dòng điện kích I_G vào cực cổng.



Hình 2

Ta thấy SCR có thể coi như tương đương với hai transistor PNP và NPN liên kết nhau qua ngõ nền và thu

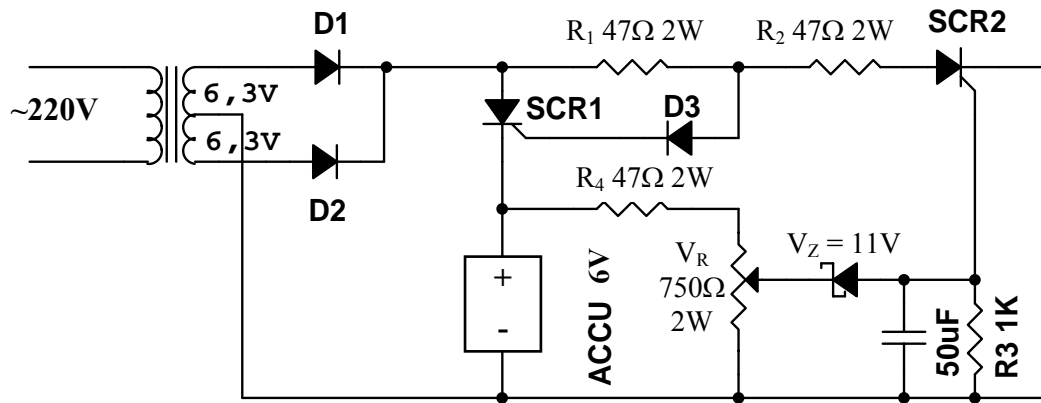
Khi có một dòng điện nhỏ I_G kích vào cực nền của Transistor NPN T_1 tức cổng G của SCR. Dòng điện I_G sẽ tạo ra dòng cực thu I_{C1} lớn hơn, mà I_{C1} lại chính là dòng nền I_{B2} của transistor PNP T_2 nên tạo ra dòng thu I_{C2} lại lớn hơn trước... Hiện tượng này cứ tiếp tục nên cả hai transistor nhanh chóng trở nên bão hòa. Dòng bão hòa qua hai transistor chính là dòng anod của SCR. Dòng điện này tùy thuộc vào V_{AA} và điện trở tải R_A .

Cơ chế hoạt động như trên của SCR cho thấy dòng I_G không cần lớn và chỉ cần tồn tại trong thời gian ngắn. Khi SCR đã dẫn điện, nếu ta ngắt bỏ I_G thì SCR vẫn tiếp tục dẫn điện, nghĩa là ta không thể ngắt SCR bằng cực cổng, đây cũng là một nhược điểm của SCR so với transistor.

Người ta chỉ có thể ngắt SCR bằng cách cắt nguồn V_{AA} hoặc giảm V_{AA} sao cho dòng điện qua SCR nhỏ hơn một trị số nào đó (tùy thuộc vào từng SCR) gọi là dòng điện duy trì I_H (holding current).

Bình thường đèn 6V cháy sáng nhờ nguồn điện qua mạch chỉnh lưu. Lúc này SCR ngưng dẫn do bị phân cực nghịch, accu được nạp qua D₁, R₁. Khi mất điện, nguồn điện accu sẽ làm thông SCR và thấp sáng đèn.

Mạch nạp accu tự động (trang sau)

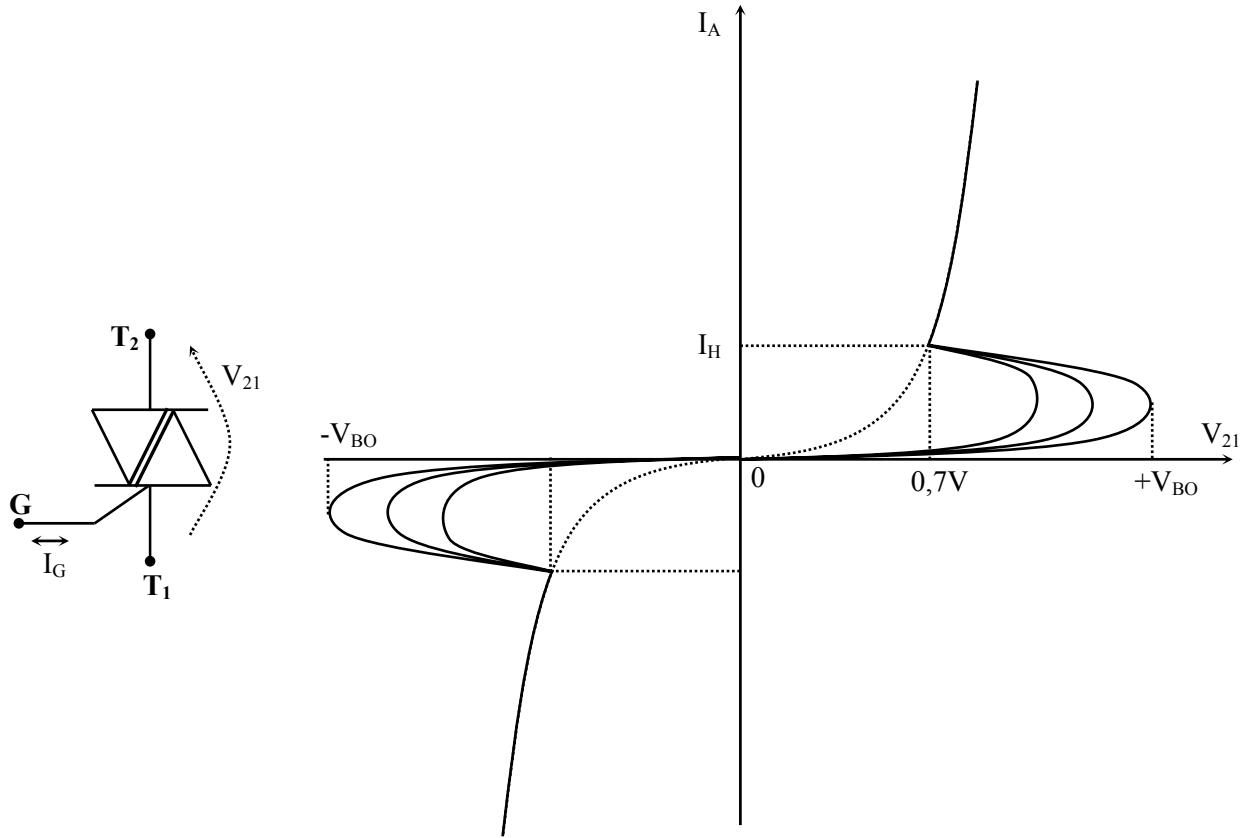


Hình 8

- Khi accu nạp chưa đầy, SCR₁ dẫn, SCR₂ ngưng
- Khi accu đã nạp đầy, điện thế cực dương lên cao, kích SCR₂ làm SCR₂ dẫn, chia bớt dòng nạp bảo vệ accu.
- VR dùng để chỉnh mức bảo vệ (giảm nhỏ dòng nạp)

Như vậy, ta thấy Triac như gồm bởi một SCR PNPN dẫn điện theo chiều từ trên xuống dưới, kích bởi dòng công dương và một SCR NPNP dẫn điện theo chiều từ dưới lên kích bởi dòng công âm. Hai cực còn lại gọi là hai đầu cuối chính (main terminal).

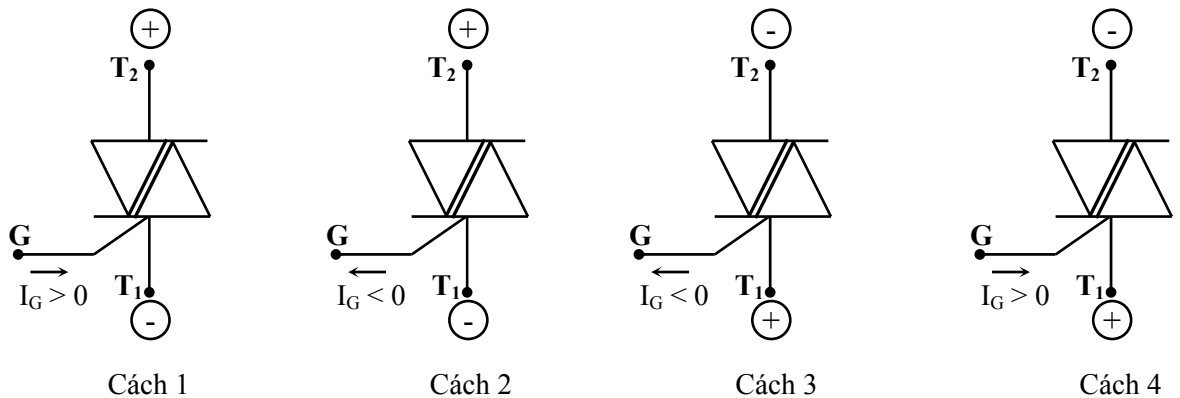
- Do đầu T_2 dương hơn đầu T_1 , để Triac dẫn điện ta có thể kích dòng công dương và khi đầu T_2 âm hơn T_1 ta có thể kích dòng công âm.



Hình 10

- Như vậy đặc tuyến V-I của Triac có dạng sau:

- Thật ra, do sự tương tác của vùng bán dẫn, Triac được nẩy theo 4 cách khác nhau, được trình bày bằng hình vẽ sau đây:

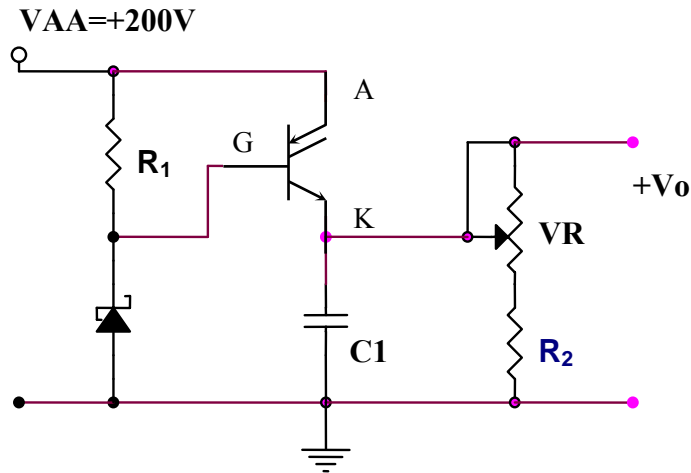


Hình 11

Tuy có ký hiệu khác với SCR và SCS nhưng các tính chất thì tương tự. Sự khác biệt cơ bản cũng là sự tiến bộ của GTO so với SCR hoặc SCS là có thể mở hoặc tắt GTO chỉ bằng một công (mở GTO bằng cách đưa xung dương vào cực cổng và tắt GTO bằng cách đưa xung âm vào cực cổng).

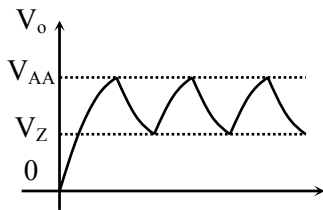
- So với SCR, GTO cần dòng điện kích lớn hơn (thường hàng trăm mA)

- Một tính chất quan trọng nữa của GTO là tính chuyển mạch. Thời gian mở của GTO cũng giống như SCR (khoảng $1\mu s$), nhưng thời gian tắt (thời gian chuyển từ trạng thái dẫn điện sang trạng thái ngưng dẫn) thì nhỏ hơn SCR rất nhiều (khoảng $1\mu s$ ở GTO và từ $5\mu s$ đến $30\mu s$ ở SCR). Do đó GTO dùng như một linh kiện có chuyển mạch nhanh. GTO thường được dùng rất phổ biến trong các mạch đếm, mạch tạo xung, mạch điều hoà điện thế... mạch sau đây là một ứng dụng của GTO để tạo tín hiệu răng cưa kết hợp với Diode Zener.



Hình 22

Khi cấp điện, GTO dẫn, anod và catod xem như nối tắt. C_1 nạp điện đến điện thế nguồn V_{AA} , lúc đó $V_{GK} < 0$ làm GTO ngưng dẫn. Tụ C_1 xả điện qua $R_3 = R_1 + R_2$. Thời gian xả điện tùy thuộc vào thời hằng $\tau = R_3 C_1$. Khi $V_o < V_Z$, GTO lại dẫn điện và chu kỳ mới lại được lập lại.



Hình 23

- Khi chưa áp V_{EE} vào cực phát E (cực phát E để hở) thời bán dẫn là một điện trở với nguồn điện thế V_{BB} , được ký hiệu R_{BB} và gọi là điện trở liên nền (thường có trị số từ 4 K Ω đến 10 K Ω). Từ mô hình tương đương ta thấy Diod được dùng để diễn tả nối P-N giữa vùng P và vùng n⁻. Điện trở R_{B1} và R_{B2} diễn tả điện trở của thời bán dẫn n⁻. Như vậy:
 $R_{BB} = R_{B1} + R_{B2} \Big|_{I_E=0}$

Vậy điện thế tại điểm A là:

$$V_A = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{BB} = \eta \cdot V_{BB} > 0$$

Trong đó: $\eta = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} = \frac{R_{B1}}{R_{BB}}$ được gọi là tỉ số nội tại (intrinsic stand – off)

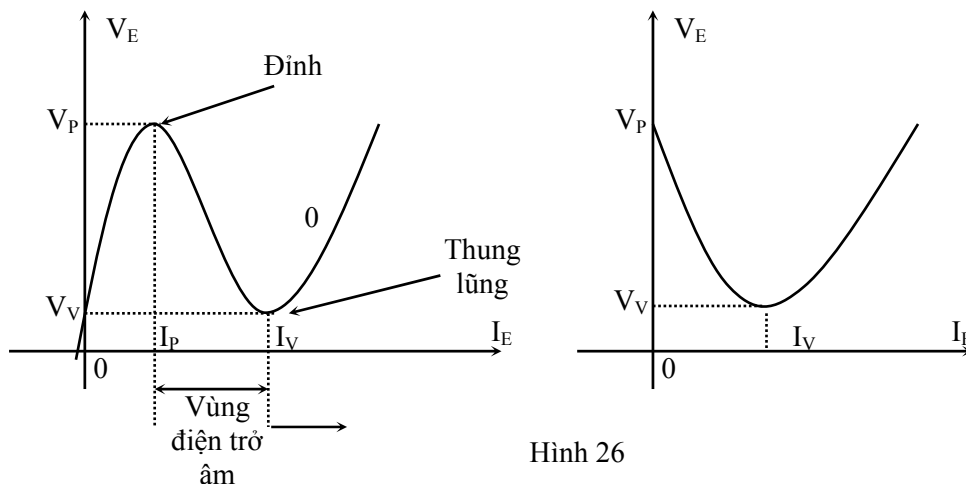
R_{BB} và η được cho bởi nhà sản xuất.

- Bây giờ, ta cấp nguồn V_{EE} vào cực phát và nền B_1 (cực dương nối về cực phát). Khi $V_{EE}=0V$ (nối cực phát E xuống mass), vì V_A có điện thế dương nên Diod được phân cực nghịch và ta chỉ có một dòng điện rỉ nhỏ chạy ra từ cực phát. tăng V_{EE} lớn dần, dòng điện I_E bắt đầu tăng theo chiều dương (dòng rỉ ngược I_E giảm dần, và triệt tiêu, sau đó dương dần). Khi V_E có trị số

$$V_E = V_D + V_A$$

$V_E = 0,5V + \eta V_{B2B1}$ (ở đây $V_{B2B1} = V_{BB}$) thì Diod phân cực thuận và bắt đầu dẫn điện mạnh.

Điện thế $V_E = 0,5V + \eta V_{B2B1} = V_P$ được gọi là điện thế đỉnh (peak-point voltage) của UJT.



Hình 26

Khi $V_E = V_P$, nối P-N phân cực thuận, lỗ trống từ vùng phát khuếch tán vào vùng n⁻ và di chuyển đến vùng nền B₁, lúc đó lỗ trống cũng hút các điện tử từ mass lên. Vì độ dẫn điện của chất bán dẫn là một hàm số của mật độ điện tử di động nên điện trở R_{B1} giảm. Kết quả là lúc đó dòng I_E tăng và điện thế V_E giảm. Ta có một vùng điện trở âm.

Điện trở động nhìn từ cực phát E trong vùng điện trở âm là:
$$r_d = - \frac{\Delta V_E}{\Delta I_E}$$

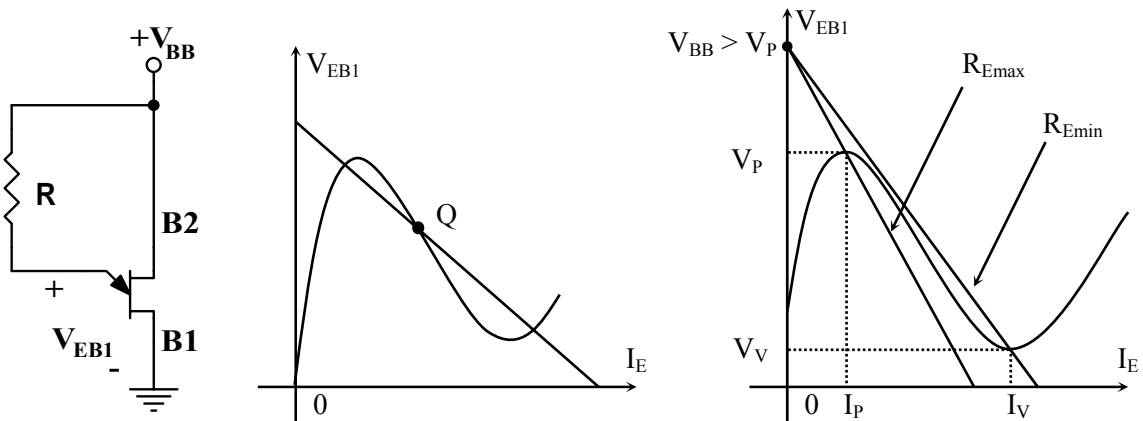
Khi I_E tăng, R_{B1} giảm trong lúc R_{B2} ít bị ảnh hưởng nên điện trở liên nền R_{BB} giảm. Khi I_E đủ lớn, điện trở liên nền R_{BB} chủ yếu là R_{B2}. Kết thúc vùng điện trở âm là vùng thung lũng, lúc đó dòng I_E đủ lớn và R_{B1} quá nhỏ không giảm nữa (chú ý là dòng ra cực nền B₁) gồm có dòng điện liên nền I_B cộng với dòng phát I_E) nên V_E không giảm mà bắt đầu tăng khi I_E tăng. Vùng này được gọi là vùng bảo hòa.

Như vậy ta nhận thấy:

- Dòng đỉnh I_P là dòng tối thiểu của cực phát E để đặt UJT hoạt động trong vùng điện trở âm. Dòng điện thung lũng I_V là dòng điện tối đa của I_E trong vùng điện trở âm.
- Tương tự, điện thế đỉnh V_P là điện thế thung lũng V_V là điện thế tối đa và tối thiểu của V_{EB1} đặt UJT trong vùng điện trở âm.

Trong các ứng dụng của UJT, người ta cho UJT hoạt động trong vùng điện trở âm, muốn vậy, ta phải xác định điện trở R_E để I_P < I_E < I_V

Thí dụ trong mạch sau đây, ta xác định trị số tối đa và tối thiểu của R_E



Hình 27

Đề ý là công G nằm ở vùng N gần anod nên để PUT dẫn điện, ngoài việc điện thế anod lớn hơn điện thế catod, điện thế anod còn phải lớn hơn điện thế công một điện thế ngưỡng của nối PN.

Ta có:
$$V_{GK} = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{BB} = \eta V_{BB}$$

Trong đó:
$$\eta = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}}$$
 như được định nghĩa trong UJT

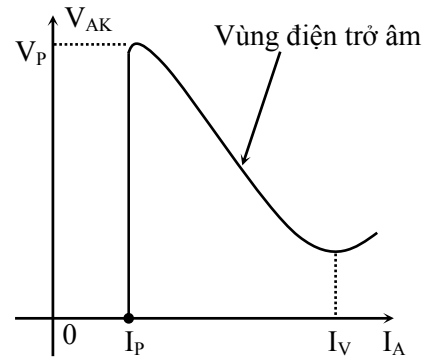
Tuy nhiên, nên nhớ là UJT, R_{B1} và R_{B2} là điện trở nội của UJT, Trong lúc ở PUT, R_{B1} và R_{B2} là các điện trở phân cực bên ngoài.

Đặc tuyến của dòng I_A theo điện thế công V_{AK} cũng giống như ở UJT

Điện thế đỉnh V_P được tính bởi:
$$V_P = V_D + \eta V_{BB}$$

mà $V_D = 0,7V$ (thí dụ Si)

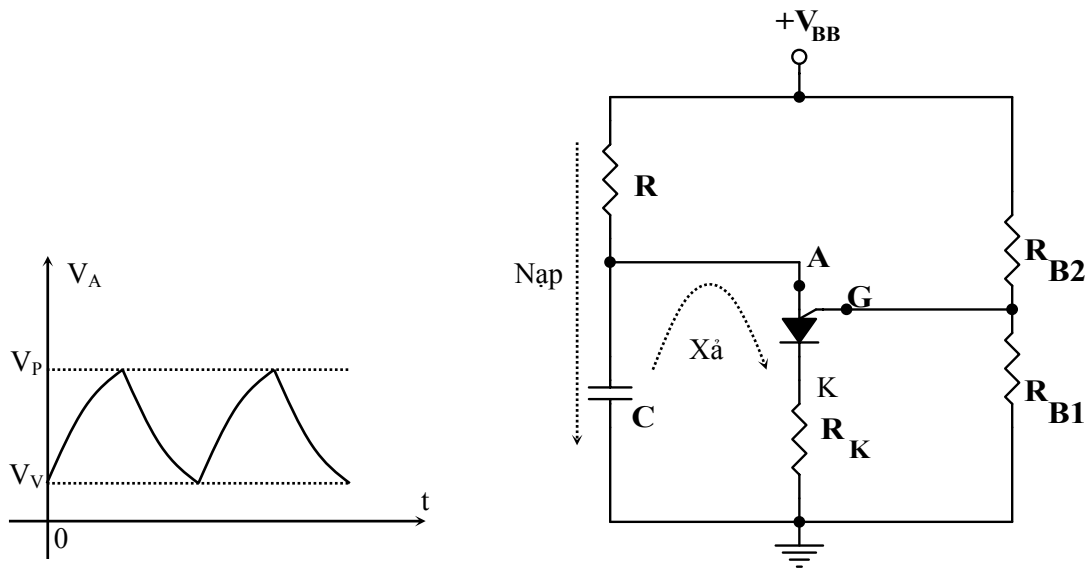
$$V_G = \eta V_{BB} \Rightarrow V_P = V_G + 0,7V$$



Hình 32

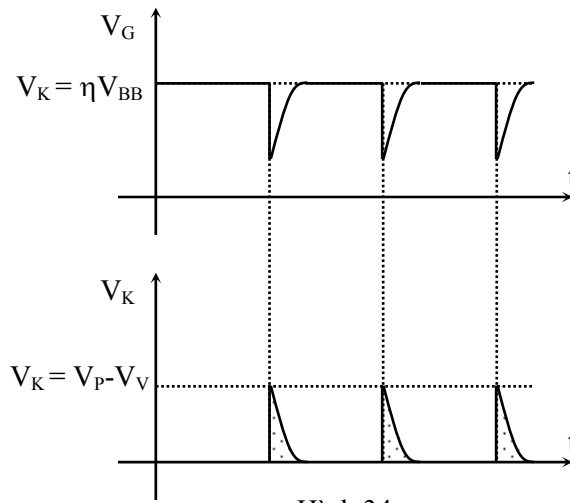
Tuy PUT và UJT có đặc tính giống nhau nhưng dòng điện đỉnh và thung lũng của PUT nhỏ hơn UJT

+ Mạch dao động thư giãn dùng PUT



Hình 33

Chú ý trong mạch dùng PUT, ngõ xả của tụ điện là anod. Tín hiệu ra được sử dụng thường lấy ở catod (và có thể dùng kích SCR như ở UJT)

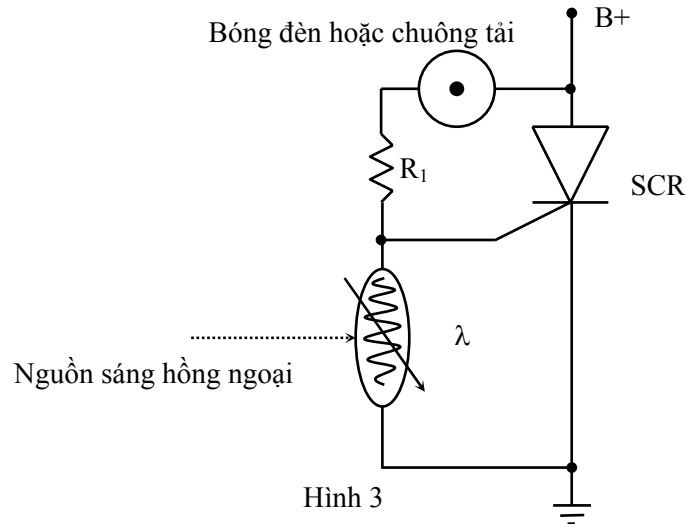


Hình 34

Vài ứng dụng của quang điện trở:

Quang điện trở được dùng rất phổ biến trong các mạch điều khiển

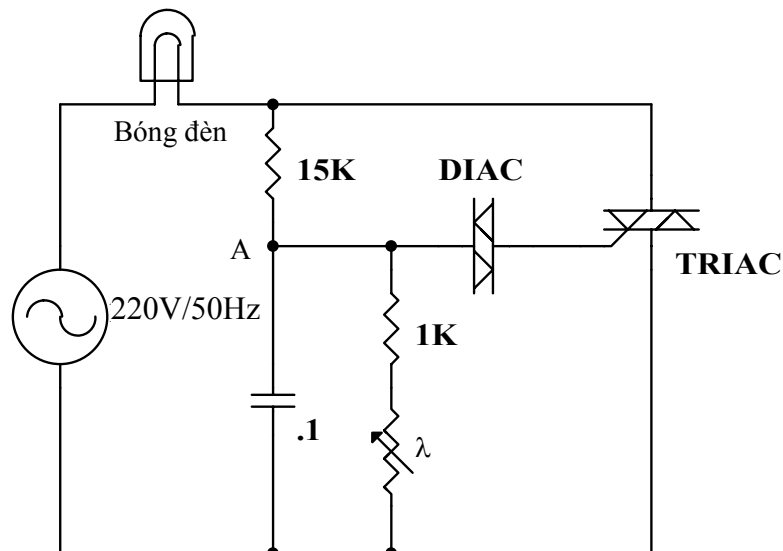
1. Mạch báo động:



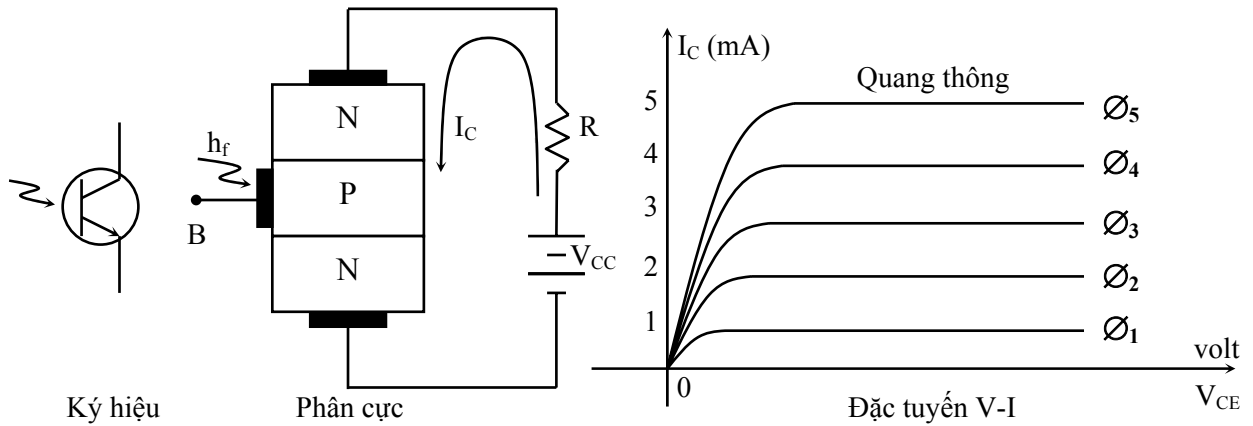
Khi quang điện trở được chiếu sáng (trạng thái thường trực) có điện trở nhỏ, điện thế cổng của SCR giảm nhỏ không đủ dòng kích nên SCR ngưng. Khi nguồn sáng bị chắn, R tăng nhanh, điện thế cổng SCR tăng làm SCR dẫn điện, dòng điện qua tải làm cho mạch báo động hoạt động.

Người ta cũng có thể dùng mạch như trên, với tải là một bóng đèn để có thể cháy sáng về đêm và tắt vào ban ngày. Hoặc có thể tải là một relais để điều khiển một mạch báo động có công suất lớn hơn.

2. Mạch mở điện tự động về đêm dùng điện AC:



Hình 4

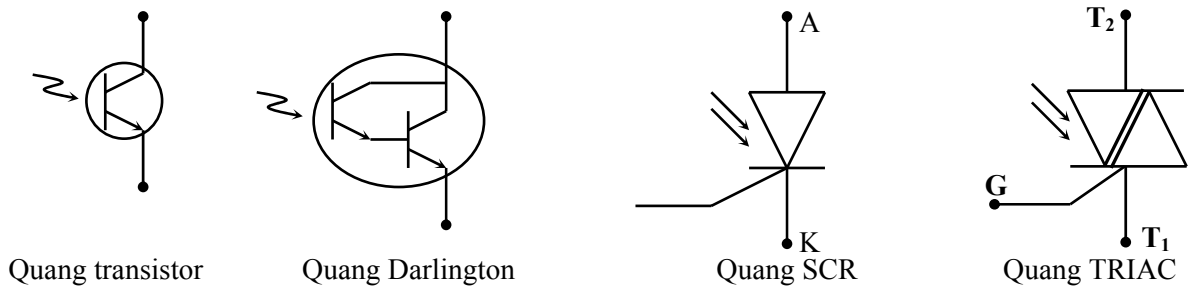


Hình 8

Khi có ánh sáng chiếu vào mối nối thu nên thì sự xuất hiện của các cặp điện tử và lỗ trống như trong quang diod làm phát sinh một dòng điện I_λ do ánh sáng nên dòng điện thu trở thành: $I_C = (\beta + 1)(I_{co} + I_\lambda)$

Như vậy, trong quang transistor, cả dòng tới lẫn dòng chiếu sáng đều được nhân lên $(\beta + 1)$ lần so với quang diod nên dễ dàng sử dụng hơn. Hình trên trình bày đặc tính V-I của quang transistor với quang thông là một thông số. Ta thấy đặc tuyến này giống như đặc tuyến của transistor thường mắc theo kiểu cực phát chung.

Có nhiều loại quang transistor như loại một transistor dùng để chuyển mạch dùng trong các mạch điều khiển, mạch đếm... loại quang transistor Darlington có độ nhạy rất cao. Ngoài ra người ta còn chế tạo các quang SCR, quang triac...

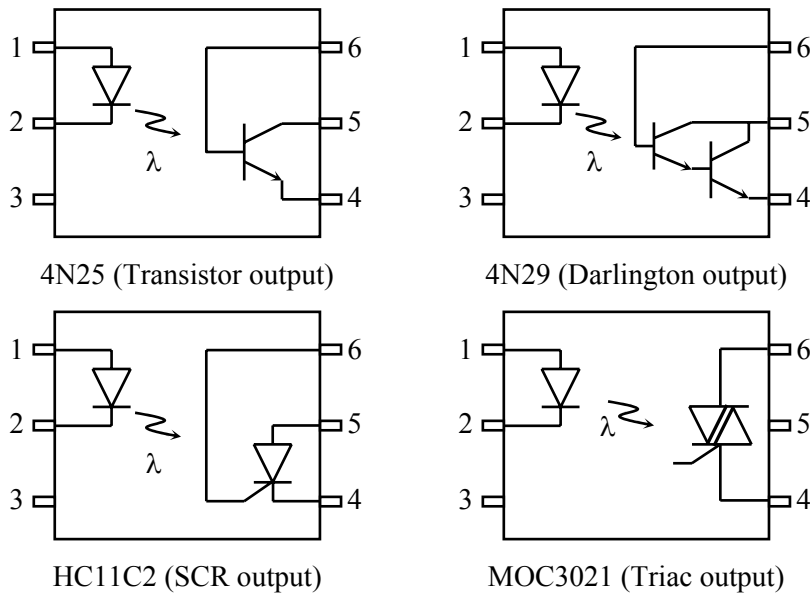


Hình 9

Vài ứng dụng của quang transistor:

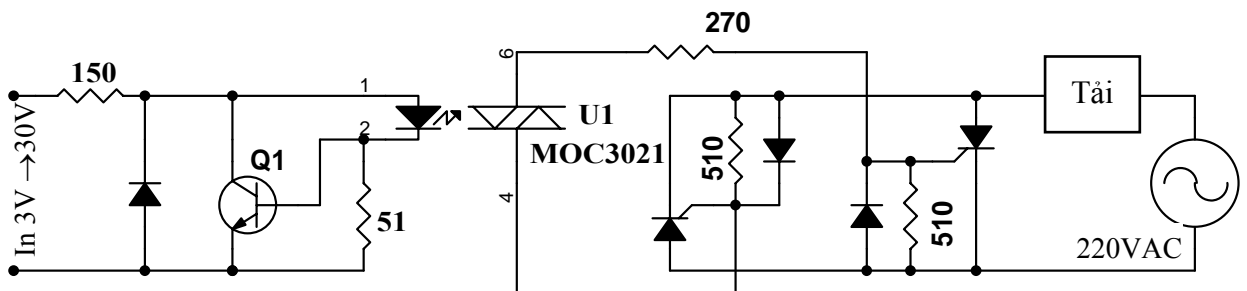
1. Quang kế:

Đây là mạch đơn giản để đo cường độ ánh sáng, biến trở 5K dùng để chuẩn máy nhờ một quang kế mẫu. Khi ánh sáng chiếu vào càng mạch, quang transistor càng dẫn mạnh, kim điện kế lệch càng nhiều. Dĩ nhiên ở mạch trên ta cũng có thể dùng quang điện trở hay quang diod nhưng kém nhạy hơn.



Hình 14

Hình sau đây giới thiệu một áp dụng của nối quang



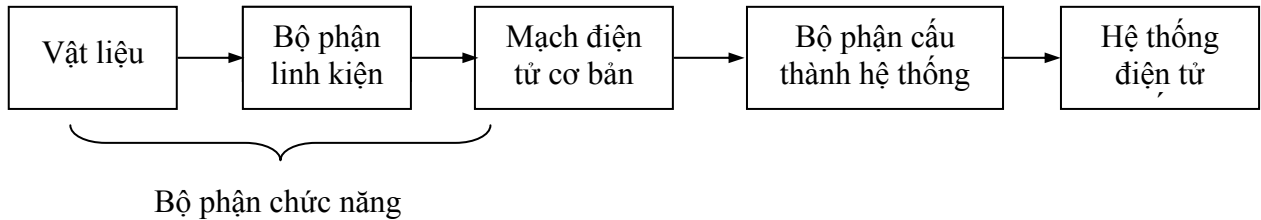
Hình 15

- Q1: Bảo vệ nối quang khi điện thế nguồn lớn (chia bớt dòng điện qua LED).
- Khi LED sáng, nối quang hoạt động kích hai SCR hoạt động (mỗi SCR hoạt động ở một bán kỳ khi có xung kích từ nối quang) cấp dòng cho tải.
- Khi LED tắt, nối quang ngưng, 2 SCR ngưng, ngắt dòng qua tải.
- Mạch này là một ví dụ về mạch SSR (Solid – State – Relay).

Vậy nếu một transistor có tuổi thọ là 10^8 h, thì một máy tính gồm 500000 ngàn transistor sẽ chỉ có tuổi thọ $\frac{10^8}{5.10^5} = 200$ giờ

Các thành phần trong IC được chế tạo đồng thời và cũng cùng phương pháp, nên tuổi thọ IC xấp xỉ một tuổi thọ một transistor Planar.

4. Một hệ thống (hay một máy) điện tử có cấu tạo như hình vẽ:



Sự kết tụ áp dụng vào IC thường thực hiện ở giai đoạn bộ phận chức năng. Song khái niệm kết tụ không nhất thiết dừng lại ở giai đoạn này. Người ta vẫn nỗ lực để kết tụ với mật độ cực cao trong IC, nhằm hướng tới việc kết tụ toàn thể hệ thống điện tử trên một phiến (chíp)

Năm	1947	1950	1961	1966	1971	1980	1985	1990
Công nghệ	Phát minh Transistor	Linh kiện rời	SSI	MSI	LSI	VLSI	ULSI	GSI
Số Transistor trên 1 chip trong các sản phẩm thương mại	1	1	10	100→1000	1000→20000	20000→500000	>500000	>1000000
Các sản phẩm tiêu biểu		BJT Diode	Linh kiện planar, Cổng logic, Flip Flop	Mạch đếm, đa hợp, mạch cộng	Vi xử lý 8 bit, ROM, RAM	Vi xử lý 16 và 32 bit	Vi xử lý chuyên dụng, xử lý ảnh, thời gian thực	

SSI: Small scale integration: Tích hợp qui mô nhỏ

MSI: Medium scale intergration: Tích hợp qui mô trung bình

LSI: Large scale integration: Tích hợp theo qui mô lớn

GSI: Ultra large scale integration: Tích hợp qui mô khổng lồ

Tóm lại, công nghệ IC đưa đến những điểm lợi so với kỹ thuật linh kiện rời như sau:

- Giá thành sản phẩm hạ
- Kích cỡ nhỏ
- Độ khả tín cao (tất cả các thành phần được chế tạo cùng lúc và không có những

- a. Từ một nền P-Si (hoặc n-Si) đơn tinh thể
- b. Tạo một lớp epitaxy mỏng loại N-Si
- c. Phủ một lớp cách điện SiO₂

Bước 2:

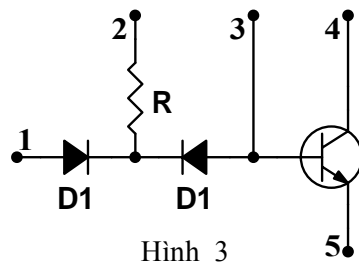
Dùng phương pháp quang khắc để khắc lớp SiO₂ ở một số chỗ nhất định, tạo ra các cửa sổ ở bề mặt tinh thể. Từ các cửa sổ, có thể khuếch tán tạp chất vào.

Đầu tiên, vẽ sơ đồ những nơi cần mở cửa sổ, chụp hình sơ đồ rồi lấy phim âm bản, thu nhỏ lại. Những nơi cần mở cửa sổ là vùng tối trên phim

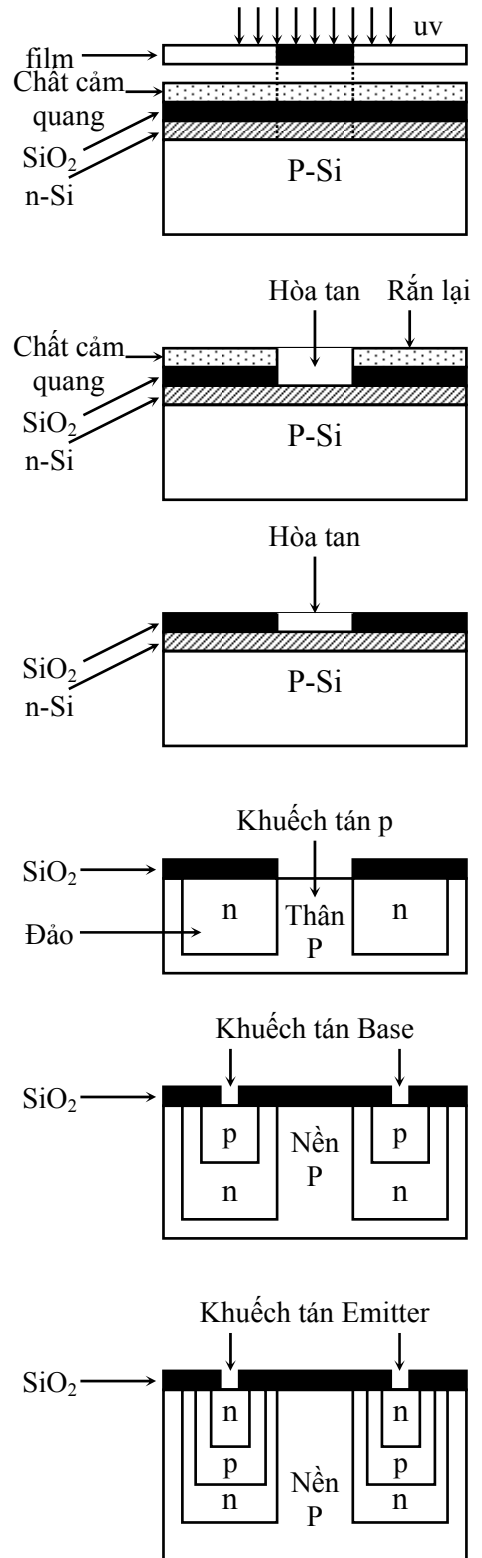
- a. Bôi một lớp cản quang trên bề mặt. Đặt phim ở trên rọi tia cực tím vào những nơi cần mở cửa sổ được lớp đen trên phim bảo vệ. Nhúng tinh thể vào dung dịch tricloetylen. Chỉ những nơi cần mở cửa sổ lớp cản quang mới bị hòa tan, các nơi khác rắn lại.
- b. Lại đem tinh thể nhúng vào dung dịch fluorhydric. Chỉ những nơi cần mở cửa sổ lớp SiO₂ bị hòa tan, những nơi khác nhờ lớp cản quang che chở.
- c. Đem tẩy lớp cản quang
- d. Khuếch tán chất bán dẫn P sâu đến thân, tạo ra các đảo N.
- e. Lại mở cửa sổ, khuếch tán chất bán dẫn P vào các đảo N (khuếch tán Base)
- f. Lại mở cửa sổ, khuếch tán chất bán dẫn N vào (khuếch tán Emitter)
- g. Phủ kim loại. Thực hiện các chỗ nối

Thí dụ:

Một mạch điện đơn giản như sau, được chế tạo dưới dạng IC đơn tinh thể.



Hình 3

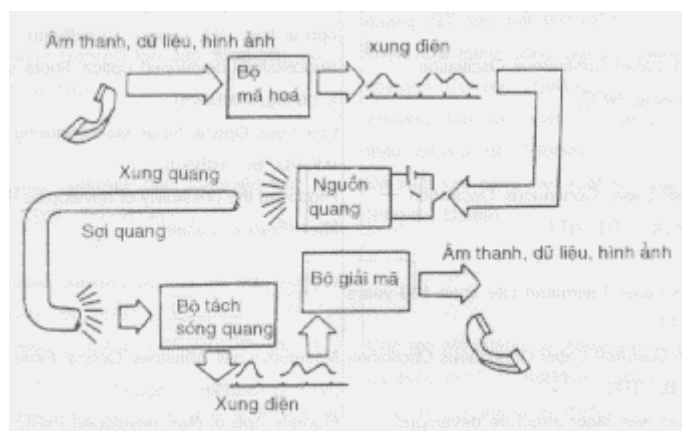


Hình 2

I. HỆ THỐNG THÔNG TIN QUANG

1.1 THÔNG TIN QUANG

Khác với thông tin hữu tuyến và vô tuyến - các loại thông tin sử dụng các môi trường truyền dẫn tương ứng là dây dẫn và không gian - thông tin quang là một hệ thống truyền tin thông qua sợi quang. Điều đó có nghĩa là thông tin được chuyển thành ánh sáng và sau đó ánh sáng được truyền qua sợi quang. Tại nơi nhận, nó lại được biến đổi trở lại thành thông tin ban đầu. Hình 1.1. Giới thiệu một hệ thống truyền dẫn sợi quang digital được sử dụng rộng rãi nhất hiện nay. Trong phần này chúng ta sẽ xem xét các giai đoạn phát triển của hệ thống này và so sánh các đặc tính của nó với các đặc tính của những hệ thống đang tồn tại. Cuối cùng, chúng ta sẽ giải thích các tính chất của ánh sáng.



Hình 1.1. Hệ thống truyền dẫn sợi quang digital

1.1.1. SỰ PHÁT TRIỂN CỦA THÔNG TIN QUANG

Các phương tiện sơ khai của thông tin quang là khả năng nhận biết của con người về chuyển động, hình dáng và màu sắc của sự vật thông qua đôi mắt. Tiếp đó, một hệ thống thông tin điều chế đơn giản xuất hiện bằng cách sử dụng các đèn hải đăng các đèn hiệu. Sau đó, năm 1791, VC.Chape phát minh ra một máy điện báo quang.

Thiết bị này sử dụng khí quyển như là một môi trường truyền dẫn và do đó chịu ảnh hưởng của các điều kiện về thời tiết. Để giải quyết hạn chế

này, Marconi đã sáng chế ra máy điện báo vô tuyến có khả năng thực hiện thông tin giữa những người gửi và người nhận ở xa nhau.

Đầu năm 1980, A.G.Bell - người phát sinh ra hệ thống điện thoại - đã nghĩ ra một thiết bị quang thoại có khả năng biến đổi dao động của máy hát thành ánh sáng. Tuy nhiên, sự phát triển tiếp theo của hệ thống này đã bị bỏ bễ do sự xuất hiện hệ thống vô tuyến.

(Bảng 1.1) Các giai đoạn phát triển của thông tin cáp sợi quang

Năm	Nguồn quang	Cáp sợi quang
1960	Triển khai máy laser Ruby (HUGHES)	
1962	Máy laser Ga As	
1965	Máy laser Co2 (BL)	
1966		Khả năng sử dụng đường truyền dẫn cáp quang (ST, tổn thất 1000dB/km)
1970	Máy laser GaAIAS tạo dao động liên tục (BL, Nga, NEC)	Triển khai thành công sợi sáp quang sử dụng abaston (Corning, 20 dB/km)
1973		Phương pháp sản xuất sợi quang có độ tổn thất thấp (MCVD, BL, 1 dB/km)
1976	Máy laser GalnAsP dao động liên tục (MIT, KDD, TIT, NTT)	Đề xuất khả năng sản xuất sợi quang florua (France, Lucas).
1977	Máy laser GaAIAs có tuổi thọ ước lượng là 100 năm (BL, NTT)	
1979	Máy laser GalnAsP 1,55 um (KDD, BL, TIT) dao động liên tục	Chế tạo sợi quang có Abastoes có độ tổn thất tối thiểu (NTT, 0.18 dB/km (1.55um))
1980	Cấu trúc laser giếng lượng tử được chế tạo (Bell Lab).	Chế tạo sợi quang Flo (NRL) độ tổn thất 1000 dB/km
1981	GalnAsP LD (1.6 um) Continuous Oscillation (TIT)	
1982	LD Array High Power (2.5 W Continuous Osciltation)	
1983	Single Mode, Single Frequency LD (KDD, Bel Lab.)	Sợi quang fluor có độ tổn thất thấp (NRT, NTT) độ tổn thất 10 dB/km
1986	Single Mode, Single Frequency	Sợi quang fluor có độ tổn thất thấp,

	LD Commercialization (NEC, Hitachi etc.)	Độ tổn thất 1dB/km (khoảng 2.5 μ m)
1989	GaAl/AlGa Laser Development	

Sự nghiên cứu hiện đại về thông tin quang được bắt đầu bằng sự phát minh thành công của Laser năm 1960 và bằng khuyến nghị của Kao và Hockham năm 1966 về việc chế tạo sợi quang có độ tổn thất thấp. 4 năm sau, Kapron đã có thể chế tạo các sợi quang trong suốt có độ suy hao truyền dẫn khoảng 20 dB/km. Được cổ vũ bởi thành công này, các nhà khoa học và kỹ sư trên khắp thế giới đã bắt đầu tiến hành các hoạt động nghiên cứu và phát triển và kết quả là các công nghệ mới về giảm suy hao truyền dẫn, về tăng giải thông về các Laser bán dẫn ... đã được phát triển thành công trong những năm 70. Như được chỉ ra trong <bảng 1.1>, độ tổn thất của sợi quang đã được giảm đến 0,18 dB/km. Hơn nữa, trong những năm 70 Laser bán dẫn có khả năng thực hiện dao động liên tục ở nhiệt độ khai thác đã được chế tạo. Tuổi thọ của nó được ước lượng hơn 100 năm. Dựa trên các công nghệ sợi quang và Laser bán dẫn giờ đây đã có thể gửi một khối lượng lớn các tín hiệu âm thanh / dữ liệu đến các địa điểm cách xa hàng 100 km bằng một sợi quang có độ dày như một sợi tóc, không cần đến các bộ tái tạo. Hiện nay, các hoạt động nghiên cứu nghiêm chỉnh đang được tiến hành trong lĩnh vực được gọi là photon học - là một lĩnh vực tối quan trọng đối với tất cả các hệ thống thông tin quang, có khả năng phát hiện, xử lý, trao đổi và truyền dẫn thông tin bằng phương tiện ánh sáng. Photon học có khả năng sẽ được ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực điện tử và viễn thông trong thế kỷ 21.

1.1.2. Các đặc tính của thông tin quang

Trong thông tin sợi quang, các ưu điểm sau của sợi quang được sử dụng một cách hiệu quả: độ suy hao truyền dẫn thấp và băng thông lớn. Thêm vào đó, chúng có thể sử dụng để thiết lập các đường truyền dẫn nhẹ và mỏng (nhỏ), không có xuyên âm với các đường sợi quang bên cạnh và không chịu ảnh hưởng của nhiễu cảm ứng sóng điện từ. Trong thực tế sợi quang là phương tiện truyền dẫn thông tin hiệu quả và kinh tế nhất đang có hiện nay

Trước hết, vì có băng thông lớn nên nó có thể truyền một khối lượng thông tin lớn như các tín hiệu âm thanh, dữ liệu, và các tín hiệu hỗn hợp thông qua một hệ thống có cự ly đến 100 GHz-km. Tương ứng, bằng cách sử dụng sợi quang, một khối lượng lớn các tín hiệu âm thanh và hình ảnh

có thể được truyền đến những địa điểm cách xa hàng 100 km mà không cần đến các bộ tái tạo.

Thứ hai, sợi quang nhỏ nhẹ và không có xuyên âm. Do vậy, chúng có thể được lắp đặt dễ dàng ở các thành phố, tàu thủy, máy bay và các toà nhà cao tầng không cần phải lắp thêm các đường ống và cống cáp.

Thứ ba, vì sợi quang được chế tạo từ các chất điện môi phi dẫn nên chúng không chịu ảnh hưởng bởi can nhiễu của sóng điện từ và của xung điện từ. Vì vậy, chúng có thể sử dụng để truyền dẫn mà không có tiếng ồn. Điều đó có nghĩa là nó có thể lắp đặt cùng với cáp điện lực và có thể sử dụng trong môi trường phản ứng hạt nhân.

Thứ tư, do nguyên liệu chủ yếu để sản xuất sợi quang là cát và chất dẻo - là những thứ rẻ hơn đồng nhiều - nên nó kinh tế hơn cáp đồng trục nhiều. Giá thành của sợi quang sẽ giảm nhanh một khi công nghệ mới được đưa ra. Ngoài ra, như đã đề cập ở trên, do đặc trưng là có độ tổn thất thấp giá thành lắp đặt ban đầu cũng như giá thành bảo dưỡng và sửa chữa thấp bởi vì chúng cần ít các bộ tái tạo hơn.

Ngoài những ưu điểm đã nêu trên, sợi quang có độ an toàn, bảo mật cao, tuổi thọ dài và có khả năng đề kháng môi trường lớn. Nó cũng dễ bảo dưỡng, sửa chữa và có độ tin cậy cao. Hơn nữa, nó không bị rò rỉ tín hiệu và dễ kéo dài khi cần và có thể chế tạo với giá thành thấp. Trong bảng 1.2, chúng ta tổng hợp các ưu điểm trên. Nhờ những ưu điểm này, sợi quang được sử dụng cho các mạng lưới điện thoại, số liệu/ máy tính, và phát thanh truyền hình (dịch vụ băng rộng) và sẽ được sử dụng cho ISDN, điện lực, các ứng dụng y tế và quân sự, cũng như các thiết bị đo.

Bảng 1.2 Các ưu nhược điểm của sợi quang

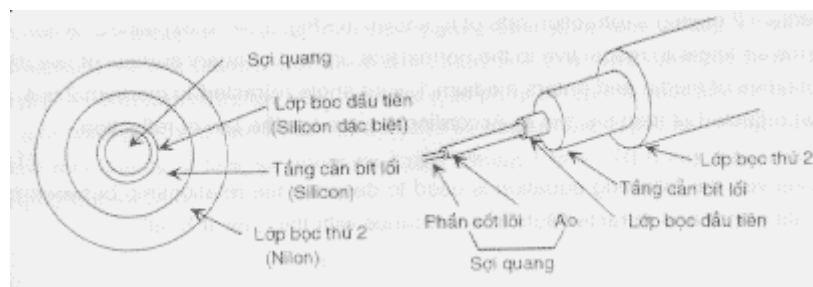
Đặc tính	Ưu điểm	Nhược điểm
Độ tổn thất thấp	Cự ly tái tạo xa chi phí thiết bị đường dây dẫn	
Dải thông lớn	Truyền dẫn dung lượng lớn	
Giảm kích thước đường truyền dẫn	Dễ lắp đặt và bảo dưỡng Giảm chi phí lắp đặt cống	Khó đấu nối
Phi dẫn	Ngăn ngừa xuyên âm Thông tin an toàn	Cần có các đường dây Cấp nguồn cho tiếp phát
Nguồn - cát	Nguyên liệu phong phú	Cần có các phương thức

	Chi phí sản xuất rẻ	chính lõi mới (cáp)
Đánh giá	Dường truyền dẫn tuyệt vời	Có thể giải quyết bằng các tiến bộ công nghệ mới

1.2 CÁP SỢI QUANG

Sợi quang là những dây nhỏ và dẻo truyền các ánh sáng nhìn thấy được và các tia hồng ngoại. Như đã được trình bày trong hình 1.4, chúng có lõi ở giữa và có phần bao bọc xung quanh lõi. Để ánh sáng có thể phản xạ một cách hoàn toàn trong lõi thì chiết suất của lõi lớn hơn chiết suất của áo một chút.

Vỏ bọc ở phía ngoài áo bảo vệ sợi quang khỏi bị ẩm và ăn mòn, đồng thời chống xuyên âm với các sợi đi bên cạnh và làm cho sợi quang dễ xử lý. Để bọc ngoài ta dùng các nguyên liệu mềm và độ tổn thất năng lượng quang lớn.



Hình 1.4. Cấu trúc cáp sợi quang

Lõi và áo được làm bằng thủy tinh hay chất dẻo (Silica), chất dẻo, kim loại, fluor, sợi quang kết tinh). Ngoài ra chúng được phân loại thành các loại sợi quang đơn mode và đa mode tương ứng với số lượng mode của ánh sáng truyền qua sợi quang. Ngoài ra chúng còn được phân loại thành sợi quang có chỉ số bước và chỉ số lớp tùy theo hình dạng và chiết suất của các phần của lõi sợi quang. Các vấn đề này sẽ được trình bày tỉ mỉ ở mục 1.2.2

1.3. HỆ THỐNG CÁP QUANG

Nhờ kết quả của các hoạt động nghiên cứu và phát triển cường độ cao trong những năm 1970, hiện nay công nghệ thông tin quang đa mode đang được sử dụng rộng rãi trên toàn thế giới. Cũng đúng như vậy đối với hệ thống thông tin quang đơn mode. Dựa trên kỹ thuật đã được phát triển, ngày càng nhiều cáp quang đã được sử dụng trong nhiều lĩnh vực. Trong phần này, các đặc tính chung của cáp quang được giải thích và tiếp đó,

chúng tôi sẽ giới thiệu việct hiệtkế một hệ thống số và tương tự cũng như công nghệ ghép kênh phân chia bước sóng.

1.3.1. Tổng quan về hệ thống thông tin quang

1. Cấu hình của hệ thống thông tin quang.

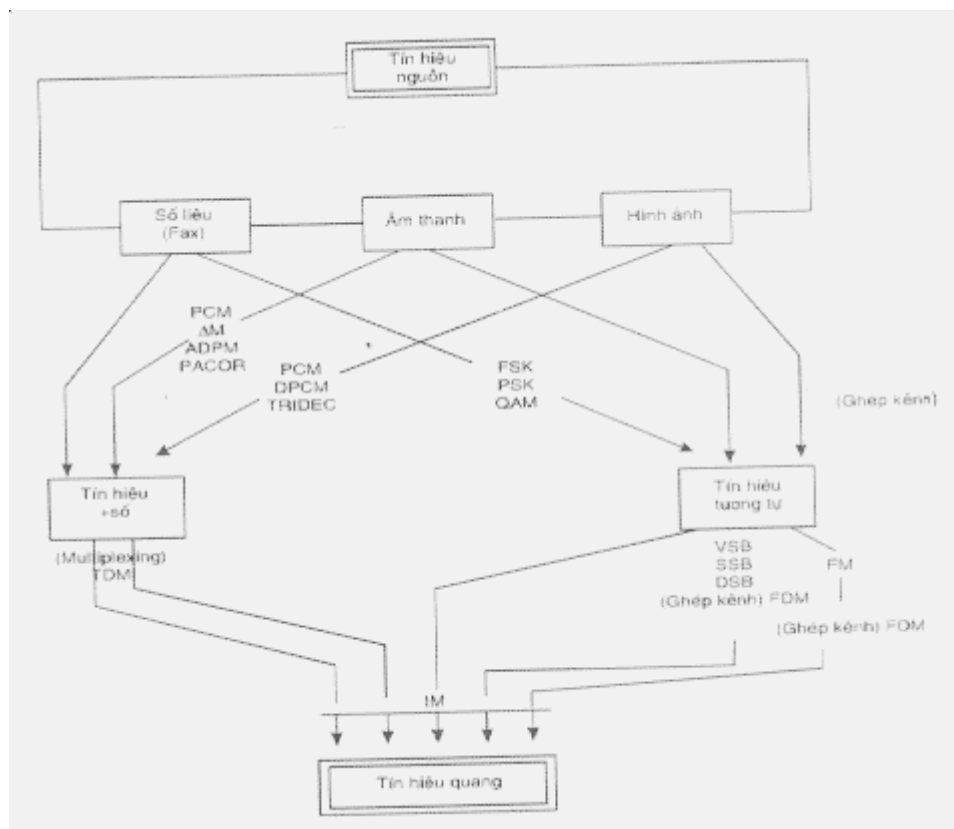
Để thiết lập một hệ thống truyền dẫn hợp lý, việc lựa chọn môi trường truyền dẫn, phương pháp truyền dẫn và phương pháp điều chế/ ghép kênh phải được xem xét trước tiên. Cho đến nay thì không gian được sử dụng một cách rộng rãi cho thông tin vô tuyến, còn cáp đồng trục và cáp đồng trục cho thông tin hữu tuyến. Trong phần dưới đây, chúng tôi chỉ bàn đến các phương pháp truyền dẫn hiện đang sẵn có dựa trên việc sử dụng cáp quang. Sự điều chế sóng mang quang của hệ thống truyền dẫn quang hiện nay được thực hiện với sự điều chế theo mật độ vì các nguyên nhân sau:

(1) Sóng mang quang, nhận được từ các phần tử phát quang hiện có, không đủ ổn định để phát thông tin sau khi có sự thay đổi về pha và độ khuếch đại và phần lớn không phải là các sóng mang đơn tần. Đặc biệt các điốt phát quang đều không phải là nhất quán và vì vậy có thể coi ánh sáng đại loại như tiếng ồn thay vì sóng mang. Do đó, chỉ có năng lượng là cường độ ánh sáng tức thời được sử dụng.

(2) Hiện nay, các Laser bán dẫn được chế tạo đã có tính nhất quán tuyệt vời và do đó có khả năng cung cấp sóng mang quang ổn định. Tuy nhiên, công nghệ tạo phách - Một công nghệ biên đổi tần số cần thiết để điều chế pha - còn chưa được phát triển đầy đủ.

(3) Nếu một sóng mang đơn tần có tần số cao được phát đi theo cáp quang đa mode - điều mà có thể xử lý một cách dễ dàng - thì các đặc tính truyền dẫn thay đổi tương đối phức tạp và cáp quang bị dao động do sự giao thoa gây ra bởi sự biến đổi mode hoặc do phản xạ trong khi truyền dẫn và kết quả là rất khó sản xuất một hệ thống truyền dẫn ổn định. Vì vậy, trong nhiều ứng dụng, việc sử dụng phương pháp điều chế mật độ có khả năng sẽ được tiếp tục.

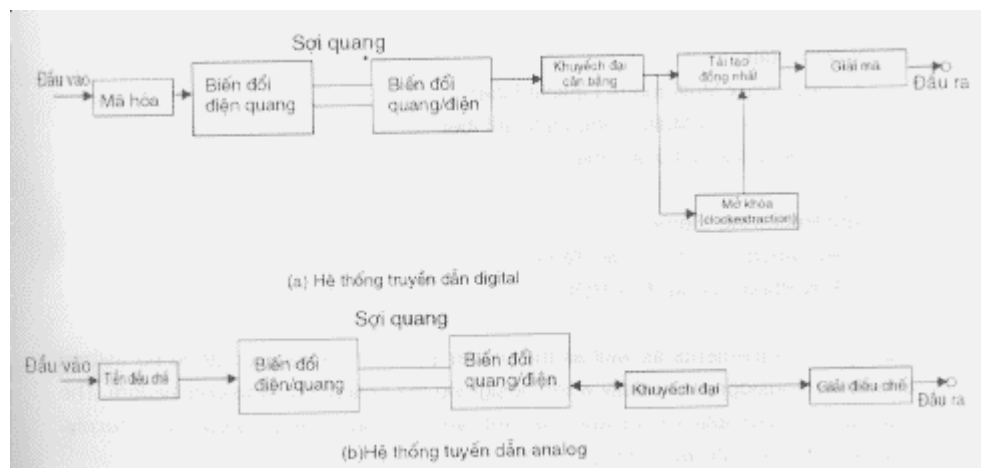
Đối với trường hợp điều chế quang theo mật độ (IM) có rất nhiều phương pháp để biến đổi tín hiệu quang thông qua việc điều chế và ghép kênh các tín hiệu cần phát. Một trong những ví dụ điển hình được trình bày trong hình 1.19



Hình 1.19. Quá trình ghép kênh điện

Phương pháp phân chia theo thời gian (TDM) được sử dụng một cách rộng rãi khi ghép kênh các tín hiệu như số liệu, âm thanh điều chế xung mã PCM (64kb/s) và số liệu video digital. Tuy nhiên, trong truyền dẫn cự ly ngắn, của các tín hiệu video băng rộng rãi cũng có thể sử dụng phương pháp truyền dẫn analog. Phương pháp điều chế mật độ số DIM - phương pháp truyền các kênh tín hiệu video bằng IM - và phương pháp thực hiện điều chế tần số (FM) và điều chế tần số xung (PFM) sớm để tăng cự ly truyền dẫn có thể được sử dụng cho mục tiêu này.

Ngoài TDM và FDM, phương pháp phân chia theo bước sóng (WDM) - phương pháp điều chế một số sóng mang quang có các bước sóng khác nhau thành các tín hiệu điện khác nhau và sau đó có thể truyền chúng qua một sợi cáp quang - cũng đang được sử dụng. Hơn nữa, khi truyền nhiều kênh thông qua cáp quang, một số lượng lớn các dữ liệu có thể được gửi đi nhờ gia tăng số lõi cáp sau khi đã ghép các kênh trên. Phương pháp này được gọi là ghép kênh SDM. Hệ thống truyền dẫn quang có thể được thiết lập bằng cách sử dụng hỗn hợp TDM/FDM, WDM và SDM. Chúng ta có thể thấy rằng hệ thống truyền dẫn quang cũng tương tự như phương pháp truyền dẫn cáp đôi và cáp đồng trục truyền thống, chỉ có khác là nó biến đổi các tín hiệu điện thành tín hiệu quang và ngược lại tại đầu thu. Hình 1.20 trình bày cấu hình của hệ thống truyền dẫn cáp quang.



Hình 1.20. Cấu hình của hệ thống truyền dẫn cáp quang

Phương pháp truyền dẫn analog có thể được tiến hành chỉ với một bộ khuếch đại tạo điều kiện để phía thu nhận được mức ra theo yêu cầu bằng cách biến đổi các tín hiệu điện thành các tín hiệu quang và ngược lại. Khi sử dụng phương pháp điều chế PCM thì mọi chức năng giải điều chế tương ứng với nó cần được gán cho phía thu. Cho tới đây, chúng ta đã mô tả các chức năng cơ bản của hệ thống truyền dẫn quang. Ngoài những phần đã trình bày ở trên hệ thống hoạt động thực tế còn có thêm một mạch ổn định đầu ra của các tín hiệu quang cần phát, một mạch AGC để duy trì tính đồng nhất của đầu ra tín hiệu điện ở phía thu và một mạch để giám sát mỗi phía.

2. Những thành phần cơ bản của hệ thống truyền dẫn quang.

Hệ thống truyền dẫn quang bao gồm các phần tử phát xạ ánh sáng (nguồn sáng), các sợi quang (môi trường truyền dẫn) và các phần tử thu để nhận ánh sáng truyền qua sợi quang.

Các phần tử sau đây được chọn để sử dụng:

1. Phần tử phát xạ ánh sáng
 - a. Điôt Laser (LD)
 - b. Điôt phát quang (LED)
 - c. Laser bán dẫn
2. Sợi quang
 - a. Sợi quang đa mode chỉ số bước
 - b. Sợi quang đa mode chỉ số lớp
 - c. Sợi quang đơn mode
3. Phần tử thu ánh sáng
 - a. Điôt quang kiểu thác (APD)
 - b. Điôt quang PIN (PIN - PD)

1.4. PHƯƠNG PHÁP TRUYỀN DẪN ĐỒNG BỘ E

1.4.1. Cơ sở của tiêu chuẩn hoá

Trước khi phương pháp truyền dẫn đồng bộ có được dạng thức cao cấp của các đặc trưng đơn nhất, Metrobus và SONET đã có những đóng góp to lớn. Metrobus là hệ thống thông tin quang đồng bộ nội tại mà Bell Communications Research của AT & T ở Hợp chúng quốc Hoa Kỳ nghiên cứu và phát triển. Còn SONET là tiêu chuẩn kết nối của hệ thống thông tin quang mà sau đó Bell communications research (Bellcore) đề xuất và rồi được uỷ ban T1 chấp nhận sử dụng và phát triển cho tiêu chuẩn Bắc Mỹ. Metrobus đã chống lại quan điểm của thông tin quang cổ điển, đã sử dụng sự ghép tầng đầu tiên, đã chấp nhận sử dụng khái niệm container (công tenơ), đã sử dụng Overhead (mào đầu) một cách hiệu quả và đã thiết lập khái niệm hệ thống thông tin quang đồng bộ nội tại, hệ thống này coi tín hiệu cấp 150 Mbit/s làm cấp tiêu chuẩn. Do vậy, trên cơ sở cấp 50 Mbit/s, SONET bổ sung quan niệm về cấu trúc phân cấp và phương pháp đồng bộ nhờ con trỏ để hệ thống hoá đoạn mào đầu và sau đó mở ra chân trời mới cho thông tin toàn cầu. Dựa trên những cái đó, chính phân cấp của đồng bộ (SDH) hiện nay đã lấy tín hiệu cấp 150 Mbit/s làm tiêu chuẩn, kể cả phân cấp số kiểu Châu Âu, và được phổ cập hoá để mở ra khả năng thông tin toàn cầu.

1. Metrobus

Metrobus là một hệ thống thông tin quang do J.D.Spalink, một nhà nghiên cứu tại Bellcore của AT & T, đề xuất năm 1982. Nó đã được triển khai theo quy mô đầy đủ vào đầu năm 1984, được công bố vào tháng chín năm 1985 và được thử nghiệm để thương mại hoá vào đầu năm 1987. Chính sách cơ bản của Metrobus là phát triển hệ thống thông tin quang tối ưu nhất, có cân nhắc đến khía cạnh tốc độ cao, dung lượng lớn, vốn là đặc trưng của một hệ thống thông tin quang, phương hướng tiến triển của mạng thông tin, quá trình phát triển của công nghệ cốt yếu và xu hướng đổi mới dịch vụ. Tên gọi của Metrobus có nguồn gốc từ mục tiêu ứng dụng của nó nhằm vào vùng thành phố lớn (metropolitan). Trong quá trình R&D cho ứng dụng đó đã nổi lên một số khái niệm. Điển hình là khái niệm về mạng thông tin quang điểm - đa điểm, khái niệm về hệ thống đồng bộ nội tại, tầm nhìn của DS-O, khái niệm ghép kênh tầng đầu tiên, điều chỉnh đồng thời những tín hiệu nhiều cấp bằng việc điều khiển số hiệu công tenơ, thiết lập tín hiệu tiêu chuẩn nội tại 150Mbit/s và sử dụng đủ mào đầu.

Do tất cả các hệ thống thông tin quang trước đây đều đã được đề xuất trong bối cảnh của các hệ thống điểm - nối điểm, cho nên khái niệm của thông tin quang đã được xem như một khái niệm có tính chất cách mạng.

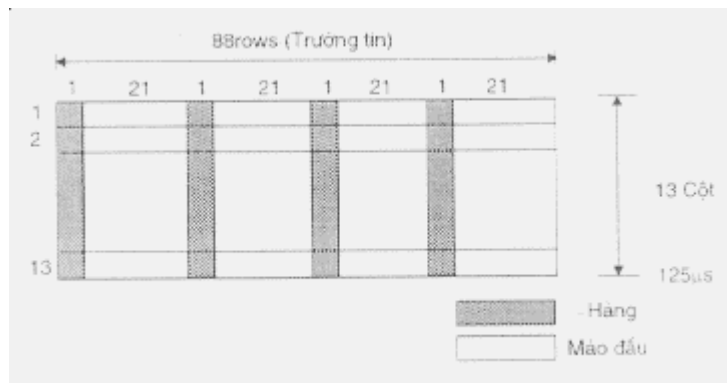
Những khái niệm khác đã đóng vai trò không thể thiếu được để thể hiện khái niệm này. Với việc cân nhắc đến dải thông vô hạn mà thông tin quang cung cấp, ta thấy nó đủ bảo đảm khoảng trống cho mào đầu, và bằng việc sử dụng nó cũng như bằng việc hình thành kênh truyền thông mào đầu, cho phép ứng dụng liên kết của toàn bộ các tuyến thông tin quang. Tuy nhiên, do tỷ lệ của mào đầu đã vượt quá 4,5% của toàn bộ, cho nên khái niệm này khó có thể được chấp nhận trong bối cảnh đó.

Việc lựa chọn 150 Mbit/s (cụ thể là 146,432, Mbit/s) làm tín hiệu nội bộ của mạng đã thực sự là một quan điểm tiên phong. Sở dĩ như vậy là vì những điều sau đây được dự kiến : khi được xem xét theo khía cạnh phân lớp tín hiệu digital, tốc độ bit mà tất cả các tín hiệu có thể bao gồm là 150 Mbit/s; theo khía cạnh dịch vụ, tín hiệu thoại, số liệu và video (kể cả tín hiệu HDTV có nén) hiện tại đều có thể được sử dụng trong cấp 150Mbit/s này; về khía cạnh công nghệ bán dẫn cơ bản, công nghệ CMOS có thể được sử dụng trong phạm vi 150 Mbit/s chẳng khó khăn gì. Ngoài ra, về khía cạnh thuê bao thì còn có một số lợi thế: với cấp phân tử 150 Mbit/s, các ánh sáng có thể được sử dụng nhờ sự kết hợp với điốt LED và PIN rẻ tiền, và cáp sợi quang có thể tạo điều kiện cho sự kết hợp hiệu quả này nhờ việc sử dụng sợi quang đa mode có chỉ số tăng dần thay cho đơn mode.

Khái niệm ghép kênh tầng đầu tiên cũng là một khái niệm mang tính cách mạng. Nó cho phép ghép kênh trực tiếp tín hiệu DS -1 thành tín hiệu tiêu chuẩn 150 Mbit/s mà không cần chuyển qua tín hiệu DS-2 hoặc DS-3 điều không thể có trong hệ thống ghép kênh không đồng bộ trước đây. Nó trở thành nền tảng để thực hiện kết nối tách/nhập và nối kết chéo là những nối kết thường thấy trong mạng thông tin quang.

Được giới thiệu như một phương tiện thực hiện ghép kênh tầng thứ nhất, khái niệm này giúp cho việc ghép kênh tín hiệu phân cấp bằng việc điều khiển số hiệu của các công tenơ. Nghĩa là, bằng việc xác định các ô có kích thước cố định, làm cho các tín hiệu DS -1, DS -1C, DS-2, DS-3 v.v...lắp đầy vào các ô tương ứng của các khối 1, các khối 2, các khối 4, các khối 28 trong cùng một đơn vị thời gian. Như vậy, kết nối tách nhập và kết nối chéo rất tiện lợi, bởi vì tất cả các tín hiệu đều được xử lý với đơn vị của số hiệu ô.

Tín hiệu tiêu chuẩn nội bộ bao gồm 13Wx88 (1W=16 bit) như trong hình 1.37. Tốc độ bit là 146,432 Mbit/s (13x88x16x8 kbit/s). 88 đơn vị của từ mã (thuộc về 88 ô) xuất hiện trong 125m s/13, trong đó 4 đơn vị được sử dụng cho mào đầu và mỗi tín hiệu DS-n chiếm số hiệu tương ứng của ô.



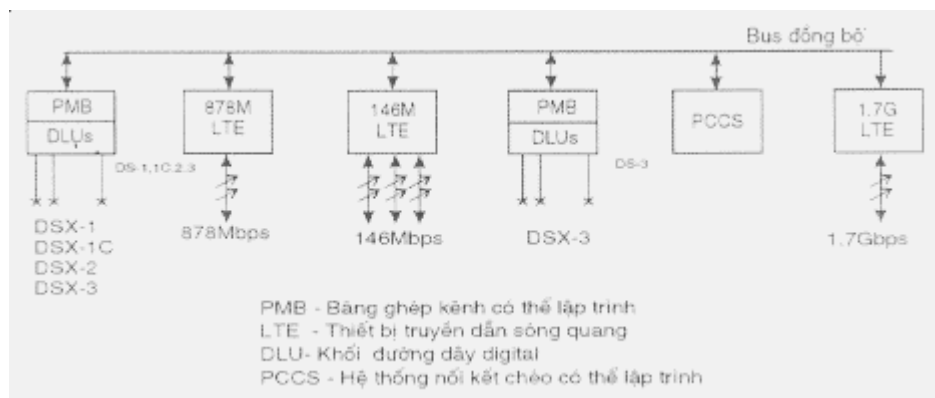
Hình 1.37. Cấu trúc khung của Metrobus

Việc giới thiệu khái niệm đồng bộ nội tại cũng đã là một tiền đề cho mạng thông tin đồng bộ. Có nghĩa là, do phạm vi mục tiêu đã chỉ được giới hạn cho khu vực thành phố, dựa trên tiêu chuẩn nội bộ của mạng, biện pháp đối phó trong trường hợp vượt quá giới hạn cận đồng bộ đã không được chuẩn bị chút nào. Trong trường hợp này tín hiệu định thời sẽ sử dụng tần số chuẩn đồng bộ hoá cơ bản BSRF và cũng có thể sử dụng tín hiệu định thời được đón nhận từ bộ dao động nội và từ tín hiệu thu được.

Độ nhìn rõ của tín hiệu DS-O đã được tạo ra với đơn vị 125 m s. Khi việc chuyển từ mỗi tín hiệu phân cấp sang công tenơ cũng được thực hiện với đơn vị 125 m s, thì các tín hiệu DS-O nhận được qua lấy mẫu 8 kbit/s có thể xuất hiện một cách trong suốt ngay tại tín hiệu phân cấp mức cao.

Theo cách như vậy, việc phân tách kênh DS-O 64 kbit/s khỏi tín hiệu tiêu chuẩn nội bộ 150 Mbit/s có thể được thực hiện một cách dễ dàng.

Hình 1.38 biểu diễn cấu trúc của hệ thống Metrobus. Phần được trình bày như bus nội bộ trong hình vẽ tương ứng với tín hiệu tiêu chuẩn nội bộ 146,432 Mbit/s. Tín hiệu được tạo ra từ DS-1 đến DS-3 qua PMB (bảng ghép kênh có thể lập trình). Thông tin quang 146 Mbit/s có thể phối hợp trực tiếp với tín hiệu này, và đi qua thiết bị truyền dẫn sóng quang LTE-Lightwave Transmission Equipment). có thể tạo nên thông tin quang 876 Mbit/s hoặc 1,7 Gbit/s bằng việc đưa 6 hoặc 12 đơn vị của tín hiệu này vào WIM (ghép kênh xen từ mã - Word Interleaved Multiplexing), rồi sau đó đưa qua LTE. Những quá trình này được mô tả trong hình vẽ. Ngoài ra, hệ thống PCCS (hệ thống kết nối chéo có thể lập trình) thực hiện chức năng nối kết chéo qua các công tenơ do tiêu chuẩn của tốc độ bit DS-1 tạo ra bằng cách đưa vào tín hiệu 146 Mbit/s.



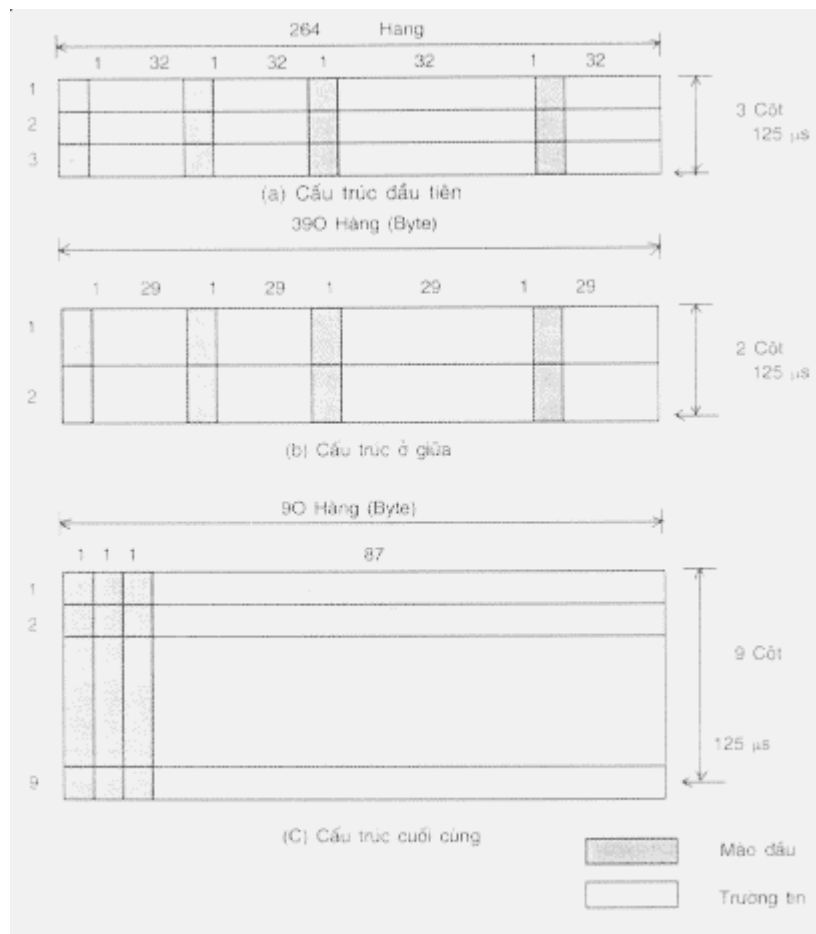
Hình 1.38. Cấu trúc của hệ thống Metrobus

2. SONET

Sonet là một từ viết tắt của Synchronous Optical Network (mạng quang đồng bộ). Nó đã được R.J.Boehm và Y.J.Ching ở viện nghiên cứu truyền thông Bell đệ trình lên uỷ ban T1- tổ chức tiêu chuẩn truyền thông của Bắc Mỹ - vào cuối năm 1984 như một đề án tiêu chuẩn về đầu nối hệ thống thông tin quang. Vào thời gian đó, khung được đề xuất có dạng $3 \times 8 \times 33B$ như trong hình 1.39, và tốc độ bit là 50,688 Mbit/s ($= 3 \times 8 \times 33 \times 8$ kbit/s). Tín hiệu này được gọi là STS-1 (Synchronous Transport Signal - 1 - Tín hiệu chuyển giao đồng bộ - 1) và DS - 3 hoặc SYNTRAN DS-3, mà nó đã được chấp nhận như tín hiệu phân cấp cơ bản và được ấn định đưa vào quá trình ghép kênh xen byte qua STS-1.

Tầng đầu tiên của SONET đã được đề nghị cho mục đích "gặp gỡ giữa chặng" và quan điểm nghi ngờ về tính khả thi của nó đã chiếm ưu thế. Kết quả là việc tiêu chuẩn hoá nó hầu như không được tiến hành trong khoảng một năm, sau khi khái niệm SONET đã được giới thiệu. Tuy nhiên, việc tiêu chuẩn hoá đã bỗng nhiên được đưa ra cùng với thông báo của Metrobus vào tháng chín năm 1985, và khái niệm về hệ thống phân cấp và kỹ thuật đồng bộ hoá bằng con trỏ đã được các thành viên của uỷ ban T1 đề xuất thêm. Những người đề xuất SONET đã phát triển và hệ thống hoá cấu trúc khung của tầng đầu tiên và đưa ra công thức $(28+L)$ $(24+M)$ $(8+N)$. Điều này dự tính tôn mào đầu của mức DS-3 lên kích thước DS-1 của L đơn vị; mào đầu của mức DS-1 lên kích thước DS-0 của M đơn vị và mào đầu của mức DS-0 lên Nbit. Tầng giữa của khung SONET có cấu trúc $26B \times 30$ và 49,92 Mbit/s ($30 \times 26 \times 8 \times 8$ kbit/s) được điều chỉnh với $L=2$, $M=2$, $N=0$ dựa trên công thức miêu tả trong hình 1.39. Vào khoảng thời gian đó viện nghiên cứu truyền thông Bell của AT&T đề nghị rằng tín hiệu tiêu chuẩn nội bộ của Metrobus (có cấu trúc $26 \times 88W$ và 146,432 Mbit/s) cần được chấp nhận là tín hiệu tiêu chuẩn. Tín hiệu này được biểu thị bằng công thức của Viện Nghiên cứu truyền thông Bell sẽ là: $J+K (28+L) (24+M), (8+N)$, $J=1$, $K=3$; $L=1$, $M=2$; $N=0$; và L, M và N trong số đó có cùng một ý nghĩa như được xác định trước,

K có nghĩa là số hiệu của tín hiệu mức DS-3, còn J là kích thước của DS-1 đại diện cho mào đầu gắn vào toàn bộ chúng.



Hình 1.39. Cấu trúc khung của SONET

Mặc dù uỷ ban T1 đã xem xét kỹ những cuộc thảo luận liên quan đến hai dự án này, nó vẫn không thể phán quyết được tính ưu việt theo kết quả đối chiếu và kiểm nghiệm. Điểm bàn cãi sôi nổi nhất là trong đánh giá giữa 150Mbit/s và 50 Mbit/s thì tốc độ bit nào ưu việt hơn.

Tuy nhiên, do sự cạnh tranh vì phân chia thị trường viễn thông và vai trò giữa các công ty, đầu năm 1986, uỷ ban T1 đã đi tới một quyết định là tín hiệu tiêu chuẩn STS -1 sẽ là 49,92 Mbit/s. Trong khi ITU - T cũng đang hoạt động nhằm tiêu chuẩn hoá băng kênh rộng vào cùng thời gian đó thì uỷ ban T1 quyết định đề nghị lấy 149,976 Mbit/s làm dự án của Bắc Mỹ, nó gấp ba lần 49,92 Mbit/s; có nghĩa là uỷ ban T1, người đã quyết định chọn cấp 50 Mbit/s, đã thừa nhận về mặt kỹ thuật tính thích hợp của 150 Mbit/s. Sau đó, những hoạt động tiêu chuẩn hoá SONRT được tiến hành một cách suôn sẻ, chủ yếu nhờ uỷ ban ngang cấp T1X1, và đã đi đến một

thoả thuận về một tiêu chuẩn thậm chí khá chi tiết. Mặc dù nó đã tiến hành hoạt động phối hợp ngay tức khắc mang tính chất bề ngoài, với ITU-T về vấn đề tiêu chuẩn kết nối NNI của B-ISDN, song đã có rất nhiều mặt hạn chế trong việc điều tiết với các tín hiệu digital kiểu Châu Âu, bởi vì 13Bx60 và 49,92 Mbit/s (hoặc 146,976 Mbit/s) chỉ chủ yếu phù hợp với các tín hiệu digital của Bắc Mỹ.

Do vậy, cấu trúc 9Bx270 và tốc độ 155,520 Mbit/s, cái được tăng lên ba lần cấu trúc khung và tốc độ bit của SONET chính là phân cấp đồng bộ số mà nó đã được quy định như khuyến nghị G.707-G.709 của ITU-T.

3. Phân cấp số đồng bộ

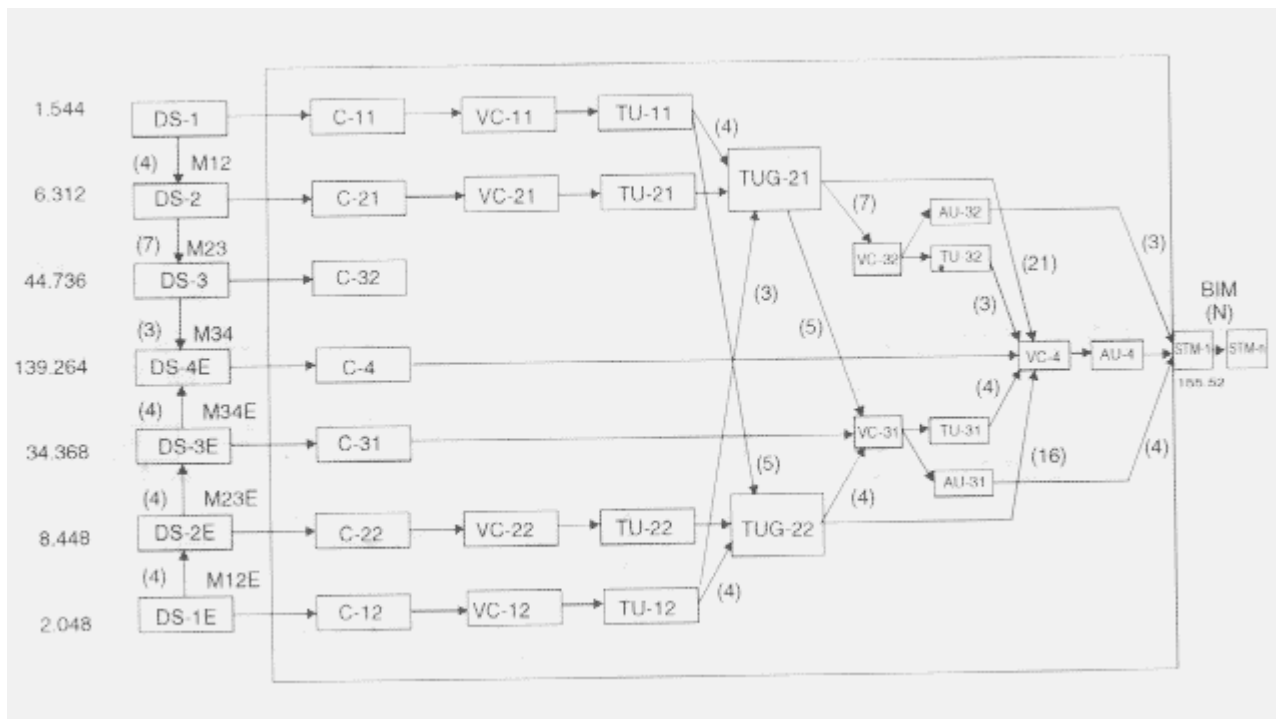
ITU-T đã thiết lập các kênh H1, H2, H3, H4 như đối với kênh tốc độ cao của khách hàng trong quá trình tiêu chuẩn hoá ISDN vào đầu năm 1980. Trong số đó, kênh H1, đã được tiêu chuẩn hoá bằng việc phân chia nhỏ thành kênh H11 của 1,536 Mbit/s dựa trên cơ sở tín hiệu DS-1 kiểu Bắc Mỹ, và kênh H12 của 1,920 Mbit/s dựa trên cơ sở tín hiệu DS-1 kiểu châu Âu. Mới đang chỉ có những nét đại cương mang tính chất khái niệm tương ứng với phân cấp số hiện có liên quan đến các kênh H2, H3, H4, nó đã bắt đầu đề cập đến tiêu chuẩn của một kênh băng rộng dựa trên các kênh đó. Đầu tiên nó nghiên cứu các tốc độ bit 30-40, 45, 60-70 Mbit/s, sau đó đề án 149,976 Mbit/s đã được đưa ra, dựa trên tiêu chuẩn SONET của uỷ ban T1.

Trong khi đó, ITU-T bắt đầu hoạt động để tiêu chuẩn hoá phân cấp đồng bộ số cho NNI (giao diện nút mạng) vào tháng bảy năm 1986, khác biệt với UNI (giao diện khách hàng - mạng) của ISDN. Điều này đã bắt đầu một giai đoạn tiêu chuẩn hoá đích thực hướng tới phân cấp số đồng bộ và ITU-T cùng uỷ ban T1 đã duy trì mối quan hệ hợp tác chặt chẽ cho mục đích đó, Hoa kỳ đã chính thức đưa ra cấp 50 Mbit/s dựa trên tín hiệu STS-1 đang được sử dụng của SONET tại hội nghị ở Brazil vào tháng Hai năm 1987 còn CEPT tìm cách chứng minh sự cần thiết của cấp tốc độ 150Mbit/s vì nó có thể thích hợp với cả hai hệ phân cấp số kiểu Bắc Mỹ và kiểu Châu Âu.

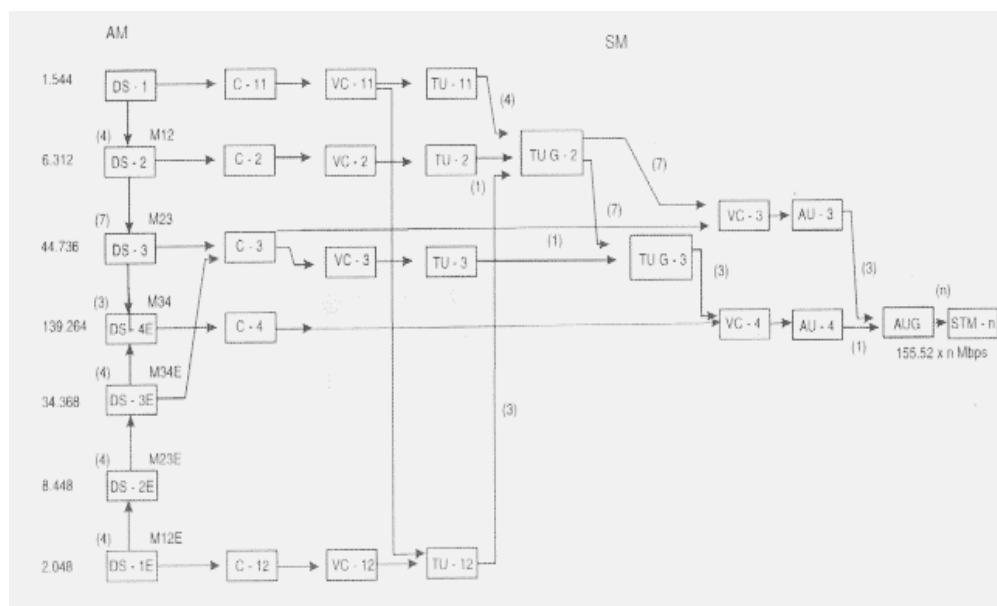
Kết quả là, đề án của Mỹ đã được thay đổi thành 149,976 Mbit/s của cấu trúc 13Bx180, dựa trên tín hiệu STS-3, tại Hội nghị ở Hamburg vào tháng 7 cùng năm đó, còn CEPT đề xuất tín hiệu 155,520 Mbit/s của 9Bx270 đối lập với của Mỹ. Người ta đã tranh cãi suốt một thời gian dài về hai cấu trúc này và điểm tranh cãi sôi nổi nhất là sự chung hoà giữa tín hiệu DS-2 của 8,448 Mbit/s và DS-3E của 34,368 Mbit/s thoả thuận cuối cùng qua hội nghị ở Seoul vào tháng Hai năm 1988 là cấu trúc 9Bx270. Tiêu chuẩn NNI được thoả thuận là tiêu chuẩn trong các khuyến nghị G-707 - G.709 của ITU-T và phân cấp số đồng bộ, tập trung trên tín hiệu STM-1

của cấu trúc khung 9Bx270 và tốc độ bit 155,520Mbit/s, đã được chính thức hoá.

Ngay cả sau khi khuyến nghị của ITU-T đã được ổn định thì các hoạt động nghiên cứu và đổi mới về phân cấp số đồng bộ vẫn được tiếp tục. Vào thời điểm khi tiêu chuẩn phân cấp số đồng bộ lần đầu tiên được quy định, hệ thống ghép kênh đồng bộ đã có một cấu trúc hoàn chỉnh như hình 1.40. Tuy nhiên, khi những khuyến nghị G.781 - 784 và G.957 - 958 (đều dựa trên cơ sở phân cấp số đồng bộ) đã được tiêu chuẩn hoá để hoàn chỉnh trong quá trình nghiên cứu hai năm sau đó, thì hệ thống ghép kênh đồng bộ đã được đơn giản hoá như cấu trúc trong hình 1.41. Có thể thấy được rằng các đường ghép kênh phân cấp kiểu châu Âu tương đồng một cách đáng kể với các đường ghép kênh phân cấp kiểu Mỹ, và rằng đã bổ sung các khái niệm mới, chẳng hạn như AUG, TUG-3. Hiểu theo đúng nghĩa của nó thì phạm vi mà Metrobus đóng góp cho việc tiêu chuẩn hoá SONET và SONET đóng góp cho việc tiêu chuẩn hoá phân cấp số đồng bộ là cực kỳ to lớn. Rất nhiều đặc trưng của phân cấp đồng bộ có nguồn gốc từ tiêu chuẩn của hệ thống Metrobus, chẳng hạn như quan điểm về mạng thông tin quang, khái niệm về hệ thống đồng bộ (một cách nội tại), độ rõ của DS-O qua khung 125ms, khái niệm về ghép kênh tầng thứ nhất, phối hợp tín hiệu tốc độ ghép kênh bằng việc điều khiển số hiệu của công tenơ, thiết lập tín hiệu cấp 150 Mbit/s tiêu chuẩn, và nâng cao độ linh hoạt và độ tin cậy của hệ thống nhờ sử dụng mào đầu một cách hiệu quả. Cũng như vậy, cấu trúc hệ thống phân cấp, hệ thống hoá cấu trúc mào đầu, đồng bộ hoá bằng con trỏ, và khả năng cấu trúc mạng thông tin liên tục địa, đều xuất phát từ tiêu chuẩn kết nối của SONET. Dựa trên những cơ sở đó, tiêu chuẩn phân cấp số đồng bộ là tiêu chuẩn cho phép cấu trúc nên mạng thông tin toàn cầu qua việc điều chỉnh kết hợp hai kiểu phân cấp số của Bắc Mỹ và của Châu Âu.



Hình 1.40 Cấu trúc ghép kênh đồng bộ số giai đoạn đầu tiên



Hình 1.41. Cấu trúc ghép kênh đồng bộ

Mặt khác, phân cấp số đồng bộ vốn được khởi đầu vì mục đích tiêu chuẩn hoá NNI của B-ISDN, đã có ảnh hưởng rất lớn đến tiêu chuẩn UNI của B-ISDN. Trước hết, ảnh hưởng trực tiếp của NNI của B-ISDN là đã quy

định 155,520 Mbit/s cho tốc độ bit tiêu chuẩn của NNI của B-ISDN và trong số quy định tốc độ bit trường tin thấp hơn 149,760 Mbít/s. Ngoài ra, ảnh hưởng có tính chất cơ bản khác nữa là nó có các tế bào ATM được ánh xạ trong đường bao của trường tin VC-4 để phát đi cơ sở phân cấp số đồng bộ của UNI của B-ISDN. Nói một cách chính xác, phân cấp số đồng bộ đã đóng một vai trò chủ chốt trong việc hình thành khái niệm B-ISDN cũng như đi tới một phương pháp truyền dẫn đồng bộ mới.

1.4.2. SHD và SONET

Như trên đã giải thích về quá trình tiêu chuẩn hoá phương thức truyền dẫn đồng bộ, SDH và SONET, có một mối quan hệ hết sức mật thiết. Đó chính là: hoạt động tiêu chuẩn hoá SONET tạo điều kiện thuận tiện cho tiêu chuẩn SDH và nó cũng mở rộng SONET để SONET được sử dụng cho thông tin hoàn cầu. Do vậy cần phải hiểu rằng giải thích SDH là đã bao hàm cả việc giải thích SONET. Tuy nhiên vẫn có một số khác biệt nhỏ giữa SDH và SONET. Nếu những sự khác biệt tiêu biểu giữa chúng ta có thể đếm trên đầu ngón tay thì điểm bắt đầu cơ bản của SDH là cấp 150Mbít/s, trong khi SONET là cấp 50Mbít/s. Có nghĩa là, trong khi SDH kết hợp DS-4E với tín hiệu mức thấp thành tín hiệu cấp cao nhất thì SONET có DS-3 như tín hiệu cấp cao nhất. Do có một khái niệm về giao diện, cho nên, đương nhiên, đây chẳng phải là một sự khác biệt đáng kể. Có nghĩa là nếu ba lần của tín hiệu STS-1 (Tín hiệu chuyển giao đồng bộ cấp 1) là 51,840 Mbít/s tín hiệu truyền dẫn cơ bản của SONET - được phối ghép để tạo thành STS-3C thì nó cũng có thể bằng với tín hiệu STM-1-155,520 Mbít/s của SDH, SDH và SONET có sự khác biệt nào đó về các loại tốc độ truyền dẫn. STM (155,520 Mbít/s, là một khối cơ bản, STM - 4 (622,080 Mbít/s), gấp bốn lần của STM-1 và STM-16 (2.488,320 Mbít/s), gấp bốn lần của STM-4, là những đối tượng quan tâm chính trong SDH. Trong khi đó, ở trường hợp SONET, STS-1 (51,840 Mbít/s) là tốc độ cơ bản, STS-3 (155,520 Mbít/s) STS-9, STS-12 (622,080 Mbít/s) STS-18, STS-24, STS-36, STS-36, STS-48 (2.488,320 Mbít/s) là các đối tượng quan tâm (tham khảo bảng 1.9); khi đó, nói chung, tín hiệu STM-n bằng với tín hiệu STS-3n trong tốc độ truyền dẫn :

Bảng 1.9 Tốc độ truyền dẫn của SDH và của SONET

SDH		SONET	
N	STM - N	N	STS - N
		1	51.840 Mbps
1	155.520 Mbps	3	155.520 Mbps

		9	466.560 Mbps
4	622.080 Mbps	12	622.080 Mbps
		18	933.120 Mbps
		24	1,244.160 Mbps
		36	1,866.240 Mbps
16	2,488.320 Mbps	48	2,488.320 Mbps

Về mặt cấu trúc khung, SONET giảm đi ba lần so với SDH. Nếu SDH là STM-1, nó có cấu trúc 9x270B và STS-1 của SONET có cấu trúc 9x90B, bằng một phần ba kích thước của SDH. Cũng như vậy, mào đầu đoạn của STM-1 trong dạng 9x9B được bố trí ở hàng đầu của khung STM - 1, mào đầu đoạn của STS-1 dưới dạng 9x3B được bố trí ở hàng đầu của khung STS-1. Sau đó, trong cả hai trường hợp, hàng thứ tư được dành riêng cho con trỏ (pointer). Cụ thể là, việc lựa chọn hàng thứ nhất, thứ tư và thứ bảy của mào đầu đoạn trong STS-1 tương ứng với mào đầu đoạn của STS-1 và việc sử dụng các thành phần này là như nhau trong cả hai trường hợp.

SDH và SONET có một số khác biệt trong khối tín hiệu cấu thành. Góc gác của vấn đề như vậy là vì STM-1 là cấp 155Mbít/s và STS - 1 là cấp 50Mbít/s. Do đó, trong trường hợp STM - 1 cần phải ghép kênh một cách có hệ thống tất cả các tín hiệu phân cấp từ DS-1 đến DS-4E, trong khi đó, ở trường hợp STS-1 chỉ cần thiết ghép kênh có hiệu quả năm loại tín hiệu phân cấp là DS-1, DS-1E, DS-1C (3,152Mbít/s), DS-2 và DS-3. Do vậy, trong trường hợp STM-1, các khối tín hiệu ở giữa, chẳng hạn như C, VC, TU, TUG, AU, AUG v.v.... sẽ được thiết lập và thủ tục ghép kênh đồng bộ toàn bộ hệ thống như trong hình 1.41 là cần thiết. Ngược lại, trong trường hợp STS-1 chỉ có một khối tín hiệu trung gian, gọi là một nhánh ảo (VT-virtual tributary) là sẽ được thiết lập. VT nayf tương ứng với VC của SDH. Các VT tương đương với VC-11, VC-12 VC-2 được gọi tương ứng là VT 1,5, VT2 và VT6, còn VT3 được bổ sung cho DS-1C.

Vì đơn vị tín hiệu trung gian liên quan có khác nhau, cho nên SDH và SONET cũng khác nhau về cấu trúc ghép kênh. Trong trường hợp SDH cấu trúc thống kê hệ thống như trong hình 1.41 là cần thiết, trong đó nó nối kết C, VC, TU, TUG, AU, AUG ATM-n với nhau, còn trong trường hợp SONET, chỉ cần đến một thủ tục ghép kênh đơn giản là đấu nối DS-m, VT và STS-1. Sau đó, phương pháp ánh xạ các tín hiệu phân cấp thành VT-1,5 VT 2 và VT 6 cũng giống như phương pháp ánh xạ mỗi tín hiệu phân cấp thành VC-11, VC-12 và VC-2, và phương pháp ánh xạ DS-1C thành VT3 sẽ sử dụng phép ánh xạ tuân theo căn chỉnh dương, không

và âm. Phương pháp dùng để ghép kênh các VT này thành đường bao trường tin STS-1, tức là SPE (Synchronous Payload Envelope - Đường bao trường tin đồng bộ) cũng giống như phương pháp ghép kênh VC liên quan thành VC-3 qua TUG-2. Trong trường hợp thứ hai, việc ánh xạ DS-3 thành SPE cũng giống như phương pháp ánh xạ DS-3 thành VC-3, nhưng phép ánh xạ SYNTRAN DS-3 thì được cung cấp phụ thêm.

Về phương diện thuật ngữ, khi mỗi quan hệ tương ứng giữa SONET và STM được tóm lược, thì VT 1,5 VT2, VT6 lần lượt tương ứng với VC-11, VC-12, VC-2, STS-1SPE tương ứng với VC-3 và STS-3C với STM-1. Khi các thuật ngữ liên quan đến phân cấp cần đối sánh, phương tiện vật lý, đoạn tái tạo, đoạn ghép kênh và lớp đường truyền được đặt ra trong SDH sẽ được gọi là lớp quang, lớp đoạn, lớp đường dây và lớp đường truyền trong SONET. Các thuật ngữ xác định khác liên quan đến ánh xạ, ghép kênh, mào đầu và đồng bộ hoá thì hầu như giống nhau.

SONET cũng như SDH đều dựa trên khái niệm phân cấp, sử dụng khung 125 m s, dùng mào đầu hệ thống, và có tốc độ truyền dẫn cơ bản giống nhau. Nhưng nó được điều tiết nhờ sự liên kết tất cả các tín hiệu phân cấp số Bắc Mỹ kể cả tín hiệu DS-1E kiểu Châu Âu, và nó chứa đựng cả thủ tục ghép kênh tầng thứ nhất.

Ngoài ra, SONET sử dụng đồng bộ hoá liên quan tới phương pháp con trỏ, giống như của SDH, cho nên có thể kết nối toàn bộ nước Mỹ bằng mạng truyền dẫn đồng bộ.

1.4.3 Phân cấp số cận đồng bộ so với đồng bộ

Lớp (mức) số hiện có bao gồm các tín hiệu DS-1-DS-4 của hệ thống Châu Âu/ Bắc Mỹ, đã được bộ phận tiêu chuẩn hoá viễn thông của ITU và Bell System quy định. Trong số đó, các tín hiệu của hệ thống Bắc Mỹ đã được uỷ ban T1 của Bắc Mỹ thừa nhận trở lại như tiêu chuẩn Bắc Mỹ, đồng thời, tiêu chuẩn đó cũng được biết đến như là tiêu chuẩn do Bell System thiết lập lại.

Để phân biệt lớp số này với phân cấp số đồng bộ được thực thi gần đây, nó được gọi là phân cấp số cận đồng bộ.

Phân cấp số cận đồng bộ, một hệ phân cấp số tiêu chuẩn đang được sử dụng, được phân loại thành hệ thống Châu Âu và hệ thống Bắc Mỹ như (a) và (b) trong Hình 1.42 Phân cấp số cận đồng bộ của Bắc Mỹ được hình thành từ DS-1 (1,544 Mbít/s), DS-1C (3,152 Mbít/s), DS-2 (6,312 Mbít/s) và DS-3 (44,736 Mbít/s), DS-4E (139,264 Mbít/s). Phân cấp số cận đồng bộ Châu Âu bao gồm DS-1E (2,048 Mbít/s), DS-2E (8,448

Mbít/s), DS03E (34,368 Mbít/s) và DS-4E (139,264 Mbít/s), DS-5E (564,992 Mbít/s).

Ghép kênh theo mỗi giai đoạn là ghép kênh cận đồng bộ và nó được đồng bộ hoá nhờ cân chỉnh dương - đó là một loại nhồi bit.

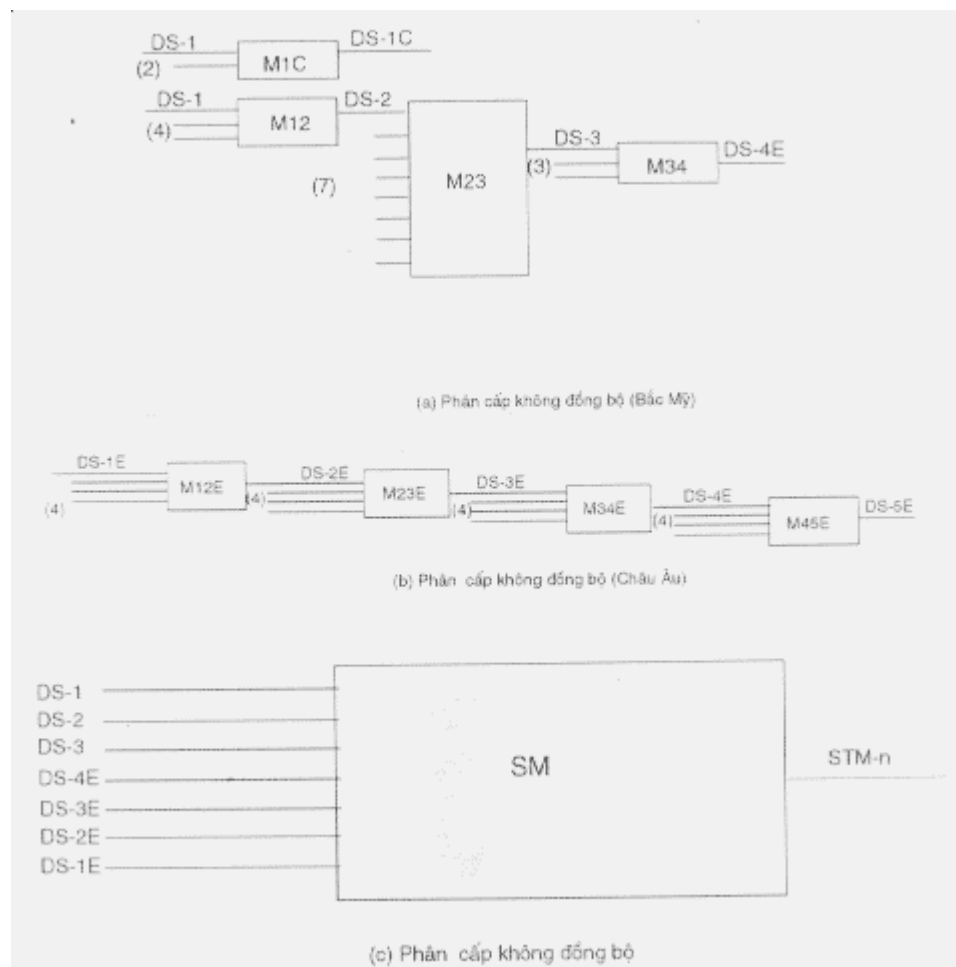
Phân cấp số đồng bộ, như được trình bày trong (c) của hình 1.42, được hình thành từ các tín hiệu STM-n. Đồng thời, n là một số nguyên lần, mà 1,4 và 16 là các số được quan tâm chủ yếu. Các tốc độ bit tương ứng với các số này là 155,520 Mbít/s, 622,080 Mbít/s và 2.488,320 Mbít/s. Một tín hiệu STM-n được hình thành thông qua ghép kênh đồng bộ từ các tín hiệu phân cấp DS-1, DS-2, DS-3 và DS-4E, DS3E, DS-2E, DS-1E. Đồng thời, các tín hiệu DS-1C hoặc DS-5E không được sử dụng. Tín hiệu STM-n được cấu thành từ n lần các tín hiệu STM-1 mà nó đã là sự ghép kênh xen byte (BIM).

Tuy nhiên, cấu trúc mào đầu của nó được tiến hành một cách hơi khác.

Khi so sánh (a), (b) trong Hình 1.42 với (c) trong cùng hình đó chúng ta có thể dễ dàng nhận thấy rằng phân cấp số đồng bộ có một cấu trúc đơn giản hơn nhiều so với cấu trúc của phân cấp số cận đồng bộ.

Có nghĩa là, tất cả các tín hiệu phân cấp của hệ thống Bắc Mỹ và Châu Âu chỉ có một giai đoạn ghép kênh. Trong một hệ thống phân cấp số cận đồng bộ việc ghép kênh không đồng bộ được thực hiện khi tín hiệu trong một cấp được ghép kênh thành cấp của giai đoạn kế sau. Trong một hệ thống phân cấp đồng bộ, việc ghép kênh đồng bộ được thực hiện khi tín hiệu phân cấp được ghép thành tín hiệu STM-n. Và lại, trong phân cấp số cận đồng bộ tín hiệu DS-m thuộc về cấp của giai đoạn kế sau của tín hiệu DS-(m-1); nhưng tất cả các tín hiệu này có môi quan hệ ngang bằng trong phân cấp số đồng bộ.

- (a) Phân cấp không đồng bộ (Bắc Mỹ)
- (b) Phân cấp không đồng bộ (Châu Âu)
- (c) Phân cấp không đồng bộ



Hình 1.42. Phân cấp số

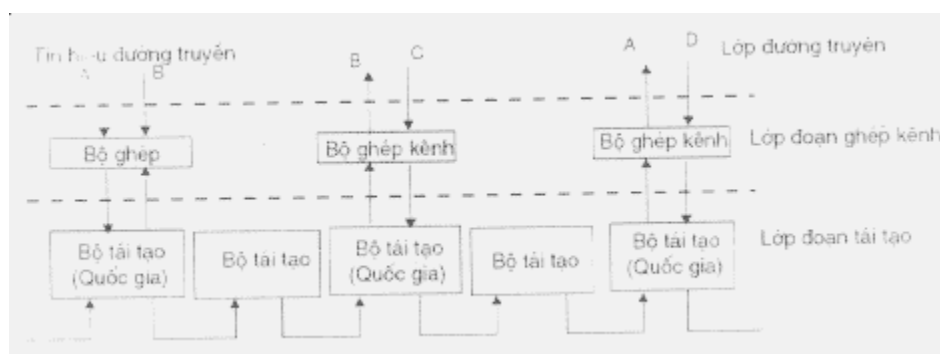
1.4.4. Khái niệm phân cấp và mào đầu

Nói chung, các tín hiệu số được gửi đi qua đường truyền, đoạn tái tạo, đoạn ghép kênh và môi trường vật lý như được minh họa trong hình 1.43. Khi áp dụng các khái niệm phân cấp cho quá trình truyền dẫn số thì đường truyền dẫn có thể được phân chia thành một lớp, đường truyền, một lớp đoạn ghép kênh, một lớp đoạn tái tạo và một lớp môi trường vật lý (hoặc lớp quang học).

Cấu trúc của ghép kênh đồng bộ có một sự sắp xếp theo không gian có hệ thống phù hợp với các khái niệm phân lớp. Trong Hình 1.44, khung STM-n được phân loại theo chức năng; mào đầu của đoạn ghép kênh được áp dụng trên lớp của đoạn tái tạo và trên lớp của đoạn ghép kênh. Hơn nữa, mào đầu đường truyền được áp dụng cho lớp đường truyền và các mào đầu cho bất kỳ các đường có mức thấp hơn nào khác thì hiện diện trong hình bao trường tin bên trong STM.

Các mào đầu được sử dụng trong ghép kênh đồng bộ được phân chia thành mào đầu đoạn (SOH-Section overhead) và mào đầu đường truyền (POH - Path Over-head), dựa trên những khái niệm phân cấp như mô tả ở

trên. Trong số chúng, SOH bao gồm một mào đầu đoạn đường trục và đầu đoạn ghép kênh.



Hình 1.43. Đường truyền dẫn (một đường) và khái niệm phân lớp của tín hiệu số

Mào đầu đoạn tái tạo	Mào đầu đường truyền của lớp có mức cao	Mào đầu đường truyền của lớp có mức thấp
Con trỏ		
Mào đầu đoạn tái tạo		

Hình 1.44. Cấu trúc khung và các khái niệm phân lớp của STM-n

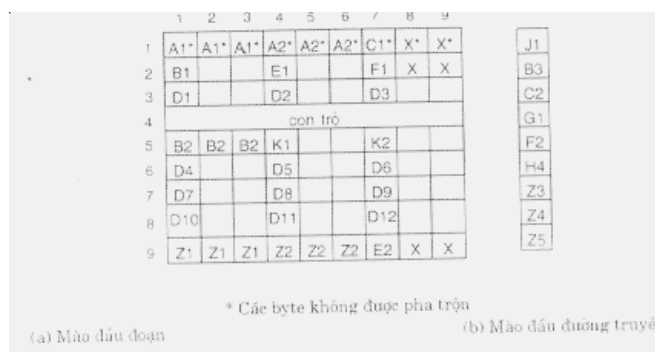
SOH được chèn vào trong giai đoạn cuối cùng khi tín hiệu STM-n được hình thành còn POH được chèn vào bất kỳ khi nào tín hiệu công tenơ ảo được tạo thành.

SOH được chèn vào và được tách ra trong đoạn tái tạo hoặc đoạn ghép kênh để chỉ thị hiệu năng truyền dẫn cũng như hoạt động và bảo dưỡng tín hiệu STM-n. Như được minh họa trong hình 1.44, các SOH nằm bên trên và bên dưới của con trỏ được sử dụng tương ứng cho đoạn tái tạo và đoạn ghép kênh. Có nghĩa là B1, SOH cho BIP-8 (Bit Interleaved Parity-8) được bố trí trên phần phía trên của PTR và nó được kiểm tra và tính toán lại trong mỗi bộ tái tạo.

Tuy nhiên, ba byte của B2-SOH cho BIP-24- được bố trí ở phần phía dưới của PTR và chúng chỉ được kiểm tra ở cuối đường dây. Như đã đề cập ở trên, POH được phân chia thành POH của lớp có mức cao cho VC-4 hoặc VC-3 và POH của lớp có mức thấp hơn dùng cho VC-11, VC-12 và VC-3. Trong bất kỳ trường hợp nào POH cũng được sử dụng cho truyền thông đầu cuối - tới - đầu cuối giữa những điểm, nơi các VC tương ứng được hình thành và giải toả.

Để giải thích cấu trúc của mào đầu đoạn và mào đầu đường hãy xem khung STM-1 trong hình 1.45, (a), (b). Việc sử dụng mỗi loại mào đầu trong hình này như sau: A1, A2 dùng cho bit sắp xếp khung; B1, B2; B3 dùng để kiểm tra ngang bằng chẵn lẻ, C1, C2 dùng cho số lượng tín hiệu và D1-D12 dùng cho kênh truyền số liệu, còn E1 và E2 dùng cho kênh nghiệp vụ; F1, F2 dùng cho kênh khách hàng; G1 là để kiểm tra trạng thái đường truyền, H4 dùng để chỉ thị đa khung; J1 dùng để ghi dấu tích đường truyền; K1, K2 dùng cho chuyển mạch bảo vệ tự động; Z1~ Z5 là các mào đầu dự phòng cho các mục đích khác.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9		J1
1	A1*	A1*	A1*	A2*	A2*	A2*	C1*	X*	X*		B3
2	B1			E1			F1	X	X		C2
3	D1			D2			D3				G1
4	con trở										F2
5	B2	B2	B2	K1			K2				H4
6	D4			D5			D6				Z3
7	D7			D8			D9				Z4
8	D10			D11			D12				Z5
9	Z1	Z1	Z1	Z2	Z2	Z2	E2	X	X		



Hình 1.45. Cấu trúc mào đầu

* Các byte không được pha trộn
 (a) Mào đầu đoạn (b) Mào đầu đường truyền

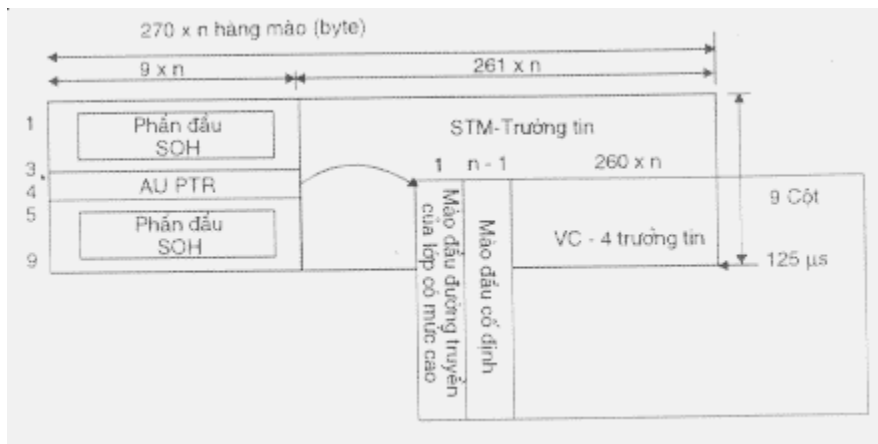
1.4.5. Cấu trúc của khung STM-n

Khung STM-n có một cấu hình như được trình bày trong hình 1.46, dựa trên cơ sở các khái niệm phân lớp định nghĩa trong phần trước. Do cấu trúc này chiếm một vùng 9Bxnx270 (B=Byte) trong vòng 125 m s, cho

nên nó có một tốc độ bit là $n \times 155,520$ Mbit/s ($=9 \times n \times 270 \times 8 \times 8$ kbit/s). Trong đó, $9B \times n \times 9$ được phân bổ cho vùng mào đầu SOH và con trỏ AU (Khối quản lý) và phần còn lại của $9B \times n \times 261$ được phân bổ cho đường bao trường tin của STM-1.

Do vậy, STM-1, một tín hiệu cơ bản của phân cấp số đồng bộ, sẽ có kích thước là $9B \times 270$. Cũng như vậy, $9B \times 9$ trong số đó là cùng của mào đầu đoạn và con trỏ AU, và cũng chừng ấy $9B \times 261$ là đường bao trường tin, và tốc độ bit trở thành 155,520 Mbit/s.

Theo quan điểm cấu trúc khung STM-1, SOH được tạo thành từ hai khu vực $3 \times 9B$ và $5 \times 9B$, con trỏ AUPTR bao gồm khu vực $1 \times 9B$ và cấu hình của nó như được trình bày trong hình 1.45. Một VC-4 được ánh xạ trong vùng còn lại, hoặc ba tín hiệu VC-3 có thể được ánh xạ sang vùng đó cùng với mào đầu cố định (FOH-Fixed Overhead). Các tín hiệu VC-4 và VC-3 đều bao gồm hình bao trường tin và vùng POH có kích thước $9 \times 1B$ được bố trí ở trước mỗi hình bao trường tin. Đồng thời, cấu hình bên trong của POH như trong (b) của hình 1.45. VC-4 hoặc VC-3 mà được gán con trỏ AUPTR thì được gọi là AU-4 hoặc AU-3.



Hình 1.46. Cấu trúc của khung STM-n

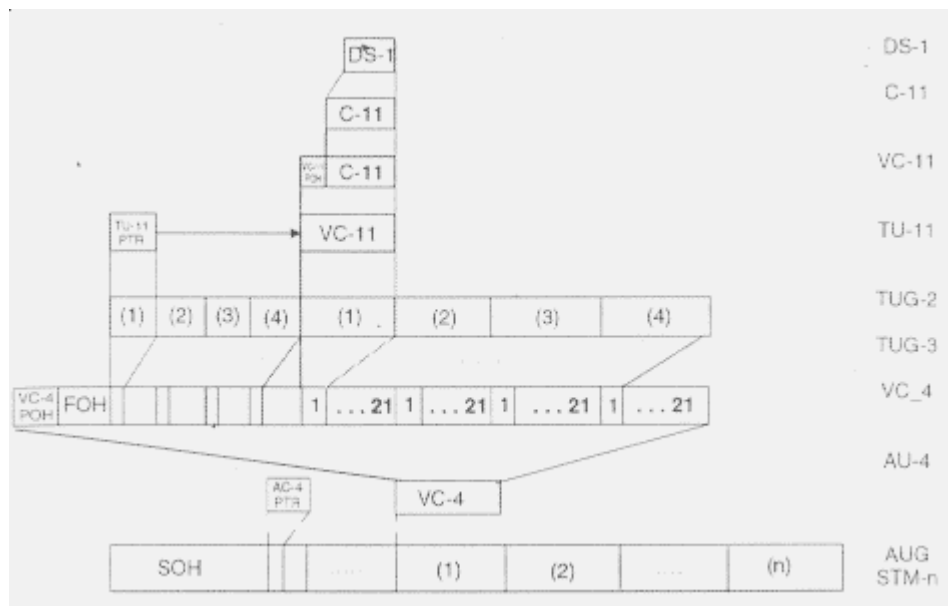
Do vậy, trong cấu trúc của khung STM-1, AU-4 là tổ hợp của vùng trường tin STM-1 và vùng con trỏ AU, và cấu trúc cuối cùng của STM-1 có thể đạt được khi các vùng SOH tương ứng được đặt lần lượt vào phần phía trên/ phía dưới của AU-4.

1.4.6 Cấu trúc ghép kênh đồng bộ

Như đã được mô tả, quá trình ghép kênh đồng bộ xử lý tất cả các tín hiệu phân cấp số một cách ngang bằng và nó sẽ thiết lập nên các tín hiệu STM-n. Trong hình 1.41, sơ đồ tổng thể của cấu trúc ghép kênh đồng bộ trên các tín hiệu phân cấp đã được đưa ra.

Trong hình này, các con số nằm trong ngoặc chỉ rõ số lượng tín hiệu cần thiết cho quá trình ghép kênh tương ứng. Qua trình ghép kênh đồng bộ nằm trong hình chữ nhật in chấm (được chỉ thị bằng chữ SM), trong khi đó, hình chữ nhật phía bên trái được chỉ thị bằng chữ AM, biểu thị cho quá trình ghép kênh không đồng bộ mà trong đó các tín hiệu phân cấp được hìn thành.

Tại bước đầu tiên của quá trình ghép kênh đồng bộ, các tín hiệu của mỗi cấp được ánh xạ sang các công tenơ tương ứng. Đồng thời, phương pháp chèn dương/không/âm hoặc chỉ chèn dương trong khối bit được sử dụng để đồng bộ hoá. Một VC (Công tenơ) được hình thành nếu đưa thêm POH vào côngtenơ, và một TU (khối phân nhánh) được hình thành nếu gắn thêm PTR vào nó. Tuy nhiên, như trong trường hợp VC-4, VC-3, TU sẽ trở thành AU (Khối quản lý) nếu tín hiệu được ánh xạ thẳng sang STM-1 mà không qua các VC khác. Khi đó, số m (m=1, 2, 3, 4) gán cho mỗi khối tín hiệu sẽ chỉ thị rằng mỗi tốc độ bit của khối tín hiệu liên quan sẽ tương ứng với cấp DS-m. Khi m=1, nó được chia nhỏ thành 11 và 12 và chúng biểu thị tương ứng cho tốc độ bit của hệ thống Bắc Mỹ DS-1 và hệ thống Châu Âu DS-1E.



Hình 1.47. Quá trình ghép kênh trên đường truyền

Tuy nhiên, trong trường hợp STM-n, tốc độ bit gấp n lần 155,520 Mbít/s

Trường hợp TU-1 (TU - 11 hoặc TU-12) nó được ghép kênh thành VC-3 và VC-4 thành kiểu TUG (nhóm của khối phân nhánh) sau khi được gộp lại thành bốn. TU-2 có thể được xem như tương đồng với TUG-2. Ngoài ra, TU-3 có thể được xem như bằng với TUG-3. VC-3 có thể được ghép kênh thành VC-4 sau khi đã được định tuyến với TU-3, hoặc nó có thể được ghép thẳng vào AU (khối quản lý - Administrative Unit) nhờ định

tuyến cho AU-3. Nhóm đơn vị quản lý AUG- Administrative Unit Group) có thể được xem như tương đồng với AU-4. Sẽ đạt được tín hiệu STM-n khi gán mào đầu đoạn (SOH) vào n nhóm AUG đã được ghép kênh.

Ghép kênh đồng bộ được đưa ra như một trong các thí dụ trong hình 1.47 là quá trình ghép kênh trên các đường truyền của DS-1\C-11\VC-11\TU-11\TUG-2\TUG-3\VC-4\TU-4\AUG\STM-n, được chỉ dẫn bằng các đường kẻ đậm trong Hình 1.41. Như được trình bày trong hình 1.47, tín hiệu DS-1 được ánh xạ trước hết thành C-11 và sau đó VC-11 POH được nạp vào đó để biến đổi nó thành VC-11. Đạt được TUG-2 khi TU-11 PTR được gán tới VC-11, và sau đó nó được ghép thành bốn. Ngay đối với các tín hiệu TUG-2 chúng ta có thể thấy rằng các con trở TU-11 PTR của các TU-11 được gộp lại với nhau và được đưa ra ngoài. Ngoài ra, TUG-3 đạt được nhờ ghép kênh một TUG-2 thành 7 TUG-2 và sau đó, gán FOH vào đầu của chúng. TUG-3 lại được ghép thành 3 TUG-3 và các FOH cùng các VC-4 POH sẽ được gán vào phía trước chúng để đạt được VC-4.

Theo bề ngoài, tín hiệu VC-4 cũng giống như tín hiệu thu được nhờ ghép TUG-2 thành 21 TUG và sau đó gán VC-4 POH và FOH vào phía trước chúng.

Khi kiểm tra các kết quả ghép kênh chúng ta có thể biết rằng mỗi một trong 84 tín hiệu TU-11 có thể được truy nhập trên VC-4. Đồng thời, FOH chỉ được sử dụng như một mào đầu được điền tạm để điều chỉnh kích thước.

Có thể thu được AU-4 nhờ gán AU-4 PTR vào VC-4 và nó cũng giống như tín hiệu AUG. Cuối cùng có thể thu được tín hiệu STM-n khi một AUG được ghép thành n AUG và sau đó. một mào đầu đoạn được gán trên chúng.

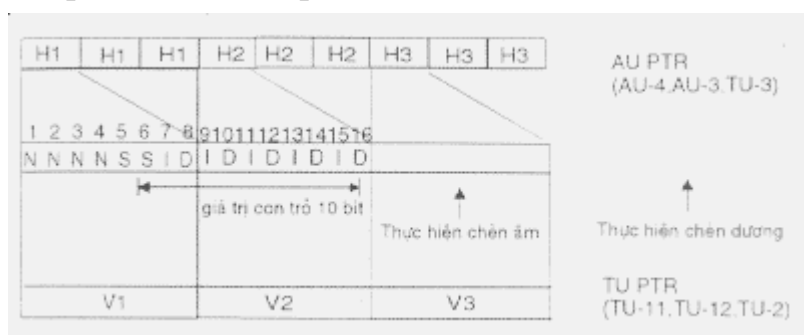
1.4.7 Con trở và đồng bộ hoá

Trong SDH, kỹ thuật con trở được sử dụng để đồng bộ hoá. Con trở này được sử dụng để chỉ thị sự thay đổi mối quan hệ khi VC được đồng chỉnh theo tín hiệu TU hoặc AU và khi VC chỉ thị địa chỉ xuất phát trong một khung TU hoặc AU và điểm xuất phát của nó bị thay đổi.

Như được trình bày trong hình 1.41 các loại con trở khả dụng là AU-4 PTR, AU-3 PTR, TU-3 PTR, và TU-11 PTR, TU-2 PTR, TU-12 PTR v.v.... Trong số đó AU-4 PTR, AU-3 PTR xuất hiện trên vị trí của AU PTR được chỉ rõ trong hình 1.46 và TU-3 PTR được bố trí trên đỉnh của hàng đầu tiên trong phạm vi khung TU-3.

Các con trỏ của lớp có mức cao nói trên được đánh dấu với H1, H2 và H3. các con trỏ của lớp có mức thấp, chẳng hạn như TU-11 PTR, TU-2 PTR và TU-12 PTR được đánh dấu bằng V1, V2 và V3. Các con trỏ của lớp mức thấp này được cấu trúc như sau: ba trong số các byte đầu tiên của mỗi đoạn sẽ đạt được nhờ phân chia TU tương ứng thành một đoạn 125 m s. Trong số đó, việc ứng dụng các đoạn mà ba byte đầu tiên của chúng là các con trỏ V1, V2 và V3, còn byte thứ tư là V4, thì còn chưa được xác định. Đồng thời, vùng trường tin của mỗi TU sẽ bố trí các địa chỉ trên byte đứng ngay đằng sau V2 và sau đó, theo trình tự 0, 1, 2

Các con trỏ H1, H2, H3 và V1, V2, V3 có cùng một chức năng như nhau, trong khi chúng được đánh dấu một cách khác nhau. Hình 1.48 chỉ rõ phải xác định cách sử dụng ba byte này như thế nào. Bốn bit của cờ hiệu số liệu mới (NDF-New Data Flag) chỉ thị trạng thái của số liệu mới, còn bit SS được sử dụng để phân định loại của TU hoặc AU tương ứng. Địa chỉ bắt đầu của VC tương ứng được ghi trên 10 bit sau đó. 10 bit này được phân chia thành 5 bit I (Increment - gia tăng) và 5 bit D (Decrement - giảm) như được trình bày trong hình. Trong số đó, bit I sẽ bị huỷ bỏ mỗi khi địa chỉ của điểm xuất phát được gia tăng và bit D bị huỷ bỏ mỗi khi địa chỉ của điểm xuất phát giảm đi. Cuối cùng, byte H3 (hoặc V3) được sử dụng để nạp các số liệu hợp lệ khi thực hiện việc chèn âm.



Hình 1.48. Cấu hình và chức năng của con trỏ

Khi thực hiện một ghép chèn dương, các số liệu hợp lệ được phát đi bằng cách nạp tải cho byte đứng ngay đằng sau H3 (V3). Khi xảy ra sự khác nhau về tần số giữa khung TU và AU hoặc giữa các VC (là các trường tin của chúng) thì các byte con trỏ có thể được sử dụng để giải quyết các vấn đề này nhờ sử dụng phép chèn dương/ không/âm. Nếu tần số của VC tương ứng bắt đầu lớn hơn so với khung TU/AU thì trường tin cần phát sẽ được gia tăng. Đồng thời, đợi cho tới khi tổng số các dữ liệu được tích tụ do sự khác biệt tần số trở nên bằng 1 byte (trong trường hợp VC-4 là ba

byte), rồi khi đó nạp chúng cho một byte H3 hoặc V3 (trong trường hợp VC-4 là 3 byte), đồng thời huỷ bỏ các bit D. Khi đó, trên khung kế sau, ghi lại địa chỉ mới mà nó đã được giảm đi 1 tương ứng với địa chỉ đã được ghi trước đó trên một con trỏ 10 bit để tiến hành chèn âm. Sử dụng các phương pháp tương tự để tiến hành chèn âm khi tần số của VC tương ứng bắt đầu thấp hơn so với khung TU/AU. Tuy nhiên, khi đó các bit I sẽ bị huỷ bỏ và các số liệu không hợp lệ sẽ được nạp sang byte tiếp sau của H3 hoặc V3 và địa chỉ sẽ được gia tăng 1.

1.4.8 Các đặc điểm của Phương pháp Truyền dẫn Đồng bộ

Như đã phân tích cho tới lúc này, khi được so sánh với truyền dẫn không đồng bộ có một số đặc điểm nổi bật. Trong phần sau đây sẽ giải thích đặc điểm này.

1. Khung 125 às

Có thể thấy đặc điểm đầu tiên của truyền dẫn đồng bộ trong cấu trúc khung của nó; đó là cấu trúc khung được hình thành bằng các khối 125. Đặc điểm này không có trong phân cấp số không đồng bộ hiện dùng. Trong phân cấp số đồng bộ nó cho phép việc truy nhập từ các tín hiệu phân cấp mức cao tới các tín hiệu phân cấp mức thấp; đặc biệt là xuống tới tín hiệu DS-0 được thực hiện một cách dễ dàng. Bằng đặc điểm này, toàn bộ quá trình xử lý số liệu có thể được thực hiện nhờ một đơn vị byte. Tuy nhiên đặc điểm này làm nảy sinh vấn đề trong phân cấp số không đồng bộ hiện tại. Do đó mà biến động (jitter) thời gian đợi trở nên nặng nề. Có nghĩa là việc chèn dương/không/âm là cần thiết khi các tín hiệu C-1 và C-2 được hình thành từ các tín hiệu số DS-1 và DS-2. Nhờ đó, các vấn đề liên quan đến jitter có thể được giải quyết.

2. Sự hợp nhất các phân cấp số

Cấu trúc ghép kênh đồng bộ có khả năng hoà hợp các tín hiệu số Bắc Mỹ và Châu Âu. Có nghĩa là, các tín hiệu STM-n có cùng hình dạng bề ngoài có thể được hình thành qua thủ tục ghép kênh đồng bộ ngay cả khi được gán bất kỳ tín hiệu nào trong số các DS-1, DS-2, DS-3 của Bắc Mỹ và các DS-1E, DS-2E, DS-3E, và DS-4E của Châu Âu. Ngoài ra, các tín hiệu Bắc Mỹ có thể kết hợp được với các tín hiệu Châu Âu trong quá trình ghép kênh đồng bộ, và ngược lại. Trước đây, không thể thực hiện được điều này. Ghép kênh tất cả các đường là phi thực tế và khả năng sử dụng phương thức đó cần phải được xác định để chuẩn bị cho sự liên kết mạng toàn cầu.

3. Cấu trúc phân lớp

Một trong những đặc điểm nổi bật của truyền dẫn đồng bộ là nó có thể thoả hiệp các khái niệm phân lớp khác nhau. Dựa trên khái niệm này, các mào đầu được phân loại thành SOH và POH trong cấu trúc khung. Có nghĩa là mạng thông tin chủ yếu được phân lớp thành các đường và các đoạn. Các mào đầu cần thiết cho các đường sẽ không được xử lý tại các đoạn mà chúng được truyền đi một cách trong suốt. Các SOH nằm ở phần phía trên hoặc phần phía dưới của con trỏ sẽ được phân loại theo chức năng - chúng được gán tương ứng với chức năng đoạn tái tạo và chức năng đoạn ghép kênh. Có nghĩa là các đoạn lại được phân lớp một lần nữa thành các đoạn ghép kênh mức cao và các đoạn tái tạo mức thấp.

4. Sử dụng một cách hệ thống các mào đầu

Trong các tín hiệu STM-1, mào đầu đoạn và con trỏ chiếm một không gian 9x9B. Mào đầu thực tế sẽ tăng lên khi các mào đầu và con trỏ của đường đang xét bị vượt quá trên một số các tầng. Chúng ta có thể biết rằng các mào đầu trong STM-1 vượt quá 105 khi tốc độ báo hiệu DS-4E là 139,264 Mbit/s. Đây là một điều cải tiến to lớn so với mạng phân cấp số không đồng bộ hiện nay. Các mào đầu được sử dụng đầy đủ sau khi được phân loại thành SOH, POH và PTR. Chúng được sử dụng để tạo điều kiện dễ dàng cho công tác quản lý điều hành và sửa chữa mạng thông tin.

5. Đồng bộ hoá bằng con trỏ.

Trong quá trình ghép kênh đồng bộ, mạng thông tin được đồng bộ hoá nhờ việc thỉnh thoảng gài vào các con trỏ. Có nghĩa là sự xê dịch tần số giữa đồng hồ hệ thống và các tín hiệu thu có thể được xử lý phù hợp với con trỏ và chèn dương/không/âm. Thông qua việc sử dụng bộ nhớ cơ động, phương pháp đồng bộ hoá kiểu này tạo điều kiện khả thi cho đồng bộ hoá băng rộng nhờ việc đưa ra khả năng quan hệ với môi trường cận đồng bộ. Phương pháp đồng bộ hoá bằng con trỏ tương ứng với việc nhồi byte, nếu chúng ta nghiên cứu nó trong bối cảnh của đồng bộ hoá nhồi bit. Vì lý do đó, phương pháp đồng bộ hoá con trỏ tạo ra jitter tần số thấp và jitter biên độ cao. Một trong những vấn đề quan trọng là phải giải quyết jitter này.

6. Ghép kênh một bước

Trong quá trình ghép kênh đồng bộ, các đường truyền trên đó các tín hiệu TUG-2 được ánh xạ trực tiếp thành các tín hiệu VC-4, hoặc các tín hiệu AU-3 được ánh xạ trực tiếp thành các tín hiệu. Cái đó gọi là ghép kênh

một bước; tầng trung gian bị bỏ qua trong quá trình ghép kênh. Khái niệm này không hề được ứng dụng đối với quá trình ghép kênh không đồng bộ đang được sử dụng.

Ngoài ra, khi áp dụng trên một mạng thông tin, nơi một số lượng lớn các tín hiệu được gửi đi nhờ tiến hành một số quá trình ghép kênh, khái niệm này tạo điều kiện dễ dàng và kinh tế cho kết nối phân chia và kết nối chéo. Ghép kênh một bước trở nên khả thi nhờ dựa vào khái niệm côngtenơ.

7. Khái niệm Mạng thông tin.

Phương pháp truyền dẫn đồng bộ đã được thiết lập dựa trên cơ sở của khái niệm mạng thông tin. Do bởi các hệ thống thông tin quang hiện nay đã được thiết kế dựa trên quan niệm truyền dẫn điểm nối điểm cho nên sẽ không có hiệu quả khi thực hiện các kết nối tách/nhập hoặc nối kết chéo thường xuyên xảy ra đối với các tín hiệu đã được tạo ra trên các nút ở giữa, sau khi hình thành mạng truyền thông. Tuy nhiên, khi số lượng các hệ thống thông tin quang được sử dụng ngày một nhiều thì các hệ thống và các tiêu chuẩn dựa trên khái niệm của mạng quang đã trở nên cần thiết và khái niệm ghép kênh một bước đã được áp dụng. Hơn nữa, về mặt các mào đầu thì các SOH cần cho các đoạn và POH cần cho các đường đã được phân loại và một vài loại mào đầu trong số đó đã được gán cho việc khai thác và bảo dưỡng mạng thông tin được hiệu quả.

8. Mạng thông tin toàn cầu

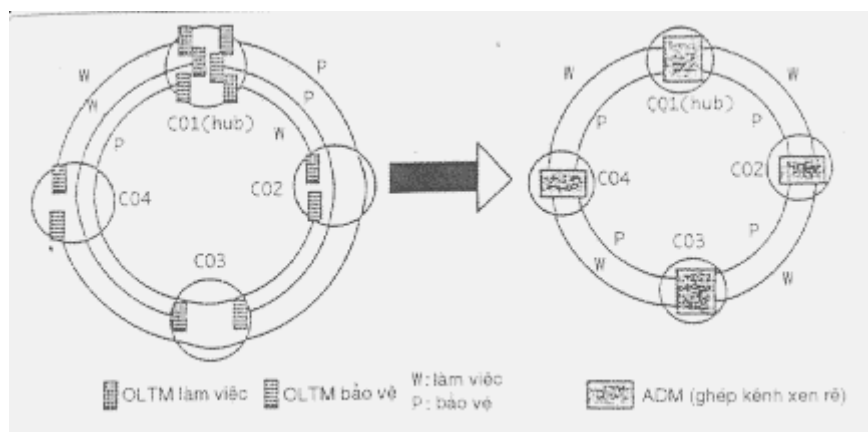
Một đặc điểm khác của mạng truyền dẫn đồng bộ là nó được dựa trên cơ sở khái niệm thông tin toàn cầu. Việc đồng bộ hoá được tiến hành một số lần qua việc sử dụng các con trỏ là yếu tố cho phép mạng truyền dẫn đồng bộ được đồng bộ hoá với mạng thông tin toàn cầu. Vì mục đích đó, phân cấp số của Bắc Mỹ và của Châu Âu đã kết nối với nhau. Nếu các mào đầu từ bên ngoài và cấu trúc ghép kênh được sử dụng đều dựa trên khái niệm này của mạng thông tin thì mạng thông tin toàn cầu có thể trở thành hiện thực.

1.6.6 Các mạch vòng tự hàn gắn (SHR)

1. Lợi ích của việc sử dụng các SHR

Các mạng hiện tại với công nghệ cáp sợi quang đang sử dụng phương pháp định tuyến bảo vệ phân tập tự động và tìm hướng kép để bảo vệ mạng trong những trường hợp đứt cáp hoặc hư hỏng các trung tâm chính. Những mạng như vậy có thể được phát triển thành các vòng SHR nếu như SHR chứng tỏ được là kinh tế hơn. Một mạng mạch vòng là một tập hợp các nút hình thành nên một vòng khép kín, trong

đó mỗi nút được kết nối qua một phương tiện truyền thông song công. Một SHR là một mạng mạch vòng cung cấp dải thông và hoặc thiết bị mạng dự phòng sao cho các dịch vụ bị gián đoạn có thể được phục hồi một cách tự động sau sự cố mạng. Các thiết bị ghép kênh dùng trong các cấu trúc vòng là các thiết bị ADM có nhiệm vụ xen và rẽ các kênh tại chỗ và chuyển tiếp xuyên suốt các kênh quá giang. Hình 1.68 miêu tả một thí dụ về một kịch bản phát triển mạng từ mạng bảo vệ phân tập sang mạch vòng. Hình 1.68(a) miêu tả một mạng cấp quang hướng tâm với ba CO và trung tâm phục vụ của chúng. Các đường truyền thông giữa một CO và trung tâm của nó được đi qua chặng cáp quang ưu tiên điểm - nối - điểm, chặng này được bảo vệ nhờ chặng cáp quang phân tập vật lý do hệ thống APS điều khiển. Các bộ ghép kênh đầu cuối được sử dụng trong mạng cấp quang hướng tâm này có thể được phát triển thành một hệ thống ADMS tốc độ cao, trong đó các ADM này bắt đầu có hiệu lực và khái niệm mạch vòng chứng minh được là có hiệu quả kinh tế. Khi so sánh với đối tác hướng tâm của nó, mạch vòng có thể sẽ cần đến các ADM tốc độ cao hơn, bởi vì nó sử dụng chung không chỉ các phương tiện cấp quang mà còn thiết bị ghép kênh.



Hình 1.68 Phát triển của cấu trúc mạch vòng

Như được mô tả trong hình 1.68, cấu trúc mạch vòng đã có những ưu điểm sau đây so với cấu trúc hướng tâm 1:1/DP: (1) giảm bớt các sợi quang và các thiết bị quang/điện tử và các bộ tái tạo; và (2) khả năng sinh tồn đầy đủ trong khi đứt cáp quang và hỏng nút mạng (trừ nút bị hỏng). Đối với thí dụ trình bày trong hình 1.68(a), mạng hướng tâm 1:1/DP yêu cầu 12 bộ OLTM, còn mạng mạch vòng trình bày trong hình 1.68(b) chỉ đòi hỏi có 4 bộ ADM. Phụ thuộc vào các tốc độ đường dây được dùng, một số ADM ít hơn cho mạch vòng có thể không nhất thiết chứng tỏ rằng các chi phí đầu tư là thấp hơn. Nếu ta nghiên cứu một trường hợp trong đó cả hai mạng vòng và hướng tâm đều sử dụng cùng một tốc độ đường dây, và chi phí của một OLTM vào khoảng 80% chi phí của một ADM (tại cùng một tốc độ đường

dây) thì mạng vòng có thể tiết kiệm được 58% chi phí đầu tư so với đối tác hướng tâm của nó. Bây giờ chúng ta nghiên cứu một trường hợp khác, trong đó mạng hướng tâm 1:1/DP sử dụng hệ thống 565 Mbit/s và mạng vòng sử dụng hệ thống 2,40 Gbit/s. Giả thiết rằng giá thành tương đối của một thiết bị kết cuối 565 - Mbit/s là 1 và chi phí của thiết bị 2,40 Gbit/s gấp ba lần giá thành này. Mạng vòng đang nghiên cứu ở đây cần đến bốn bộ ADM 2,4 cobit/s, điều này dẫn đến một giá thành tương đối là 12 ($1 \times 3 \times 4 = 12$), trong khi đó mạng hướng tâm 1:1/DP cần đến 12 bộ OLTM 565 Mbit/s, điều này dẫn đến một giá thành tương đối là 9,6 ($1 \times 0,8 \times 12 = 9,6$). Do vậy, trong thí dụ đặc trưng này, mạng hướng tâm 1:1/DP dường như ít đắt hơn mạng vòng. Tuy nhiên, có thể phải cần đến các bộ tái tạo cho các chặng bảo vệ phân tập dài hơn trong các mạng hướng tâm cáp quang rộng hơn và có thể điều chỉnh những lợi thế của việc sử dụng các OLTM tốc độ thấp. Khi số lượng các nút trong mạng vòng tăng lên tới tám hoặc lớn hơn, mạng 1:1/DP sẽ bắt đầu ít hấp dẫn hơn so với mạch vòng.

Lưu ý rằng thảo luận ở đây chỉ chú ý đến giá thành của thiết bị ghép kênh, bởi vì nó là yếu tố nổi trội nhất của toàn bộ giá thành hệ thống chuyên tải bằng cáp quang đối với các mạng "intra LATA".

Trong nhiều trường hợp, mạng vòng có các ưu điểm về kinh tế so với đối tác hướng tâm của nó, tuy nhiên, nó có thể gặp khó khăn hơn hoặc đắt đỏ hơn để nâng cấp hệ thống khi dung lượng mạch vòng đã cạn kiệt. Mạch vòng cũng có thể cần đến một hệ thống điều khiển mạng phức tạp hơn so với đối tác định tâm của nó, bởi vì rằng tất cả các nút sẽ tương tác với nhau khi các tình huống sự cố xảy ra hoặc có yêu cầu tái cấu hình. Tuy nhiên, vấn đề cạn kiệt của dung lượng mạch vòng có thể được giảm bớt hoặc được giải quyết nhờ quy hoạch mạng cẩn thận hoặc triển khai ADM tốc độ cao hơn nhiều (chẳng hạn, tính khả dụng của các ADM 9,6 Gbit/s). Và lại (xem mục 4.5), hệ thống điều khiển dùng cho mạng vòng có thể được đơn giản hoá khi thiết bị SONET được triển khai. Bảng 1.17 tổng kết hoá một sự so sánh tương đối giữa các cấu trúc mạng vòng và định tâm với mạng bảo vệ phân tập (Hub/DP).

Bảng 1.17. So sánh giữa định tuyến bảo vệ phân tập và cấu trúc SHR

Các thuộc tính	Hub/DP	SHR/ADM
Khả năng nâng cấp	Dễ dàng	Khó khăn - đắt
Tổng số cáp quang	Nhiều hơn	Ít hơn
Tổng số đầu cuối	Nhiều hơn	Ít hơn
Tốc độ đầu cuối	Thấp hơn	Cao hơn

Khả năng sinh tồn của cáp sợi quang	Ê 100% *	100%
Khả năng sinh tồn của trung tâm **	Nghèo	Tốt hơn

* Phụ thuộc vào cấp bảo vệ 1:1 hay 1: N

** Giả thiết toàn bộ toà nhà trung tâm bị hư hỏng.

2. SHR của SONET

SHR là một mạng đường vòng cung cấp dải thông hoặc và thiết bị mạng dư thừa, sao cho các dịch vụ bị gián đoạn có thể được khôi phục một cách tự động. Giải pháp chung để bảo đảm một khả năng tự hàn gắn là cung cấp một vòng truyền thông thứ hai song song với vòng làm việc thứ nhất. Trong trường hợp này, một sự cố trên vòng có thể được bỏ qua nhờ chuyển các cuộc truyền thông sang vòng thứ hai; nói chung nó được coi như một chức năng chuyển mạch đường dây (hoặc chuyển mạch bảo vệ). Hơn nữa, nếu vòng thứ hai phát theo hướng ngược lại so với vòng thứ nhất thì một sự ngắt trong cả hai vòng giữa hai nút kề liền nhau có thể được cứu vãn nhờ các nút trên một trong hai phía bị ngắt bằng việc đầu vòng các cuộc liên lạc ngược trở lại sang vòng thứ hai. Nó được gọi một cách thông dụng là chức năng đầu vòng ngược. Hình 1.69 miêu tả các thí dụ về chuyển mạch đường dây và mạch vòng ngược để phục hồi.

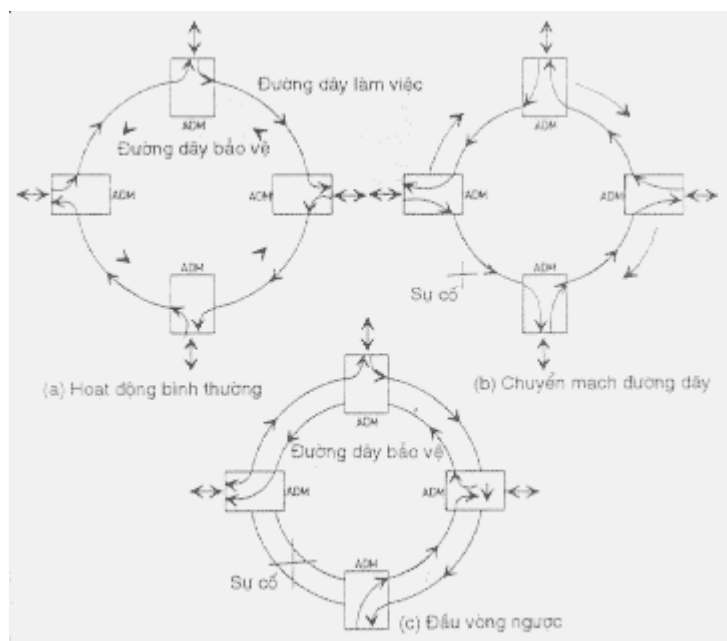
Chú ý rằng một sự kết hợp các chức năng vòng ngược và chuyển mạch đường dây (trên một trong hai phía bị ngắt) có thể được sử dụng để phục hồi dịch vụ bị gián đoạn. Do vậy, một thuộc tính quan trọng của SHR là: nếu vòng bị "gãy" tại bất kỳ một điểm nào đó, thì hướng truyền dẫn đối với các tín hiệu có thể được đảo lại nhằm tránh việc mất dịch vụ.

Các SHR của SONET có thể được phân chia thành hai loại phổ biến là đơn hướng và song hướng theo hướng của luồng lưu lượng dưới các điều kiện bình thường. Cấu trúc của SHR thuộc về một trong hai loại phổ biến này có thể khác nhau về cơ chế điều khiển bảo vệ cần sử dụng để phục hồi các dịch vụ bị gián đoạn.

SHR đơn hướng

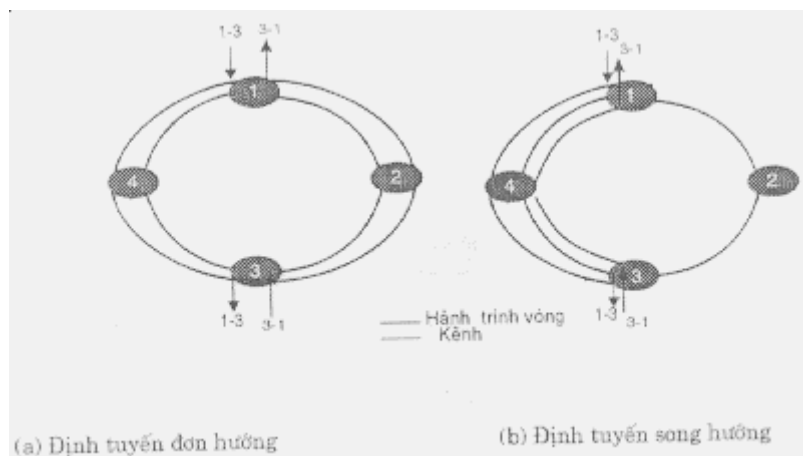
Trong SHR đơn hướng (USHR) lưu lượng làm việc được chuyển quanh mạng vòng chỉ theo một hướng (chẳng hạn ngược chiều kim đồng hồ). Hãy tham khảo hình 1.70(a). Lưu lượng từ bất kỳ một nút nào đó được định tuyến theo các đường truyền thông làm việc từ Nút 1 tới Nút 3 (tức là đường 1-2-3). Lưu lượng quay về tiếp tục đi theo vòng từ Nút 3 quay về Nút 1 theo cùng một chiều như từ Nút 1 đến Nút 3, sử dụng phần còn lại của vòng làm việc (tức là đường 3-4-1).

Do vậy, lưu lượng đi tới tại Nút 1 và Nút 3 theo các con đường khác nhau. Do quá trình truyền dẫn của lưu lượng làm việc bình thường trên USHR này là chỉ đi theo một chiều cho nên dung lượng của vòng được xác định bởi tổng nhu cầu giữa các nút. Các USHR đôi khi được gọi là "các vòng quay ngược" là bởi vì vòng truyền thông thứ hai (chỉ để bảo vệ) được phát đi theo chiều ngược với vòng thứ nhất (vòng làm việc).



Hình 1.69. Chuyển mạch đường dây so với đầu vòng ngược dung để phục hồi đường vòng.

Vì các kênh phục vụ được định tuyến một cách đơn hướng, cho nên cần phải có một cấp quang để vận chuyển chúng. USHR này có thể được cài đặt theo khái niệm bảo vệ 1:1 hoặc 1 + 1. USHR sử dụng một vòng riêng biệt làm vòng bảo vệ mà nó không vận chuyển nhu cầu dịch vụ trong trạng thái bình thường và nó trộn (đấu vòng) các kênh bị gián đoạn sang vòng bảo vệ từ phía vòng làm việc khi thành phần của mạng bị hỏng. Cấu trúc 1:1/USHR này cũng được gọi là một SHR đơn hướng trộn (USHR/L). Tương phản lại, USHR 1 + 1 phân chia các tín hiệu sang cả hai vòng làm việc và bảo vệ tại nút phía phát này (có nghĩa là bắc cầu đầu cuối), còn nút phía thu sẽ lựa chọn tín hiệu tốt nhất trong hai tín hiệu như nhau dựa trên tiêu chuẩn chuyển mạch bảo vệ. Cấu hình USHR 1 + 1 này đôi khi được gọi là một đường đơn hướng SHR (USHR/P). Lưu ý rằng các USHR 1:1 có thể được cấu hình như các USHR 1:N, có nghĩa là một vòng truyền thông bảo vệ được cho N vòng truyền thông làm việc dùng chung: tuy vậy các USHR 1:N không phải là loại tự hàn gắn được toàn bộ.



Hình 1.70. Các định nghĩa về các SHR đơn hướng và song hướng

SHR song hướng

Như được trình bày trong hình 1.70(b), ở trường hợp SHR song hướng (BSHR), lưu lượng làm việc đi theo cả hai hướng trên một đường duy nhất; đường này sử dụng hai đường truyền thông song song với nhau (hướng hoạt động và hướng ngược lại) giữa các nút của vòng (chẳng hạn giữa Nút 1 và Nút 3). Thí dụ, trong điều kiện bình thường, các tín hiệu từ Nút 1 đến Nút 3 được định tuyến qua đường 1-2-3, còn các tín hiệu quay về từ Nút 3 tới Nút 1 được định tuyến qua cùng một đường như vậy (đường 3-2-1). Vì lưu lượng được định tuyến trên một đường duy nhất giữa các nút mà dung lượng dư thừa quanh một vòng có thể được dùng chung trên cơ sở từng tuyến kết nối và nó không được dành riêng cho tổng yêu cầu trên vòng đó (như đối với trường hợp USHR). Do các kênh nghiệp vụ được định tuyến song hướng tại hai nút, cho nên cần đến hai cấp quang để vận chuyển các kênh nghiệp vụ này.

Một BSHR có thể dùng hai hoặc bốn cấp quang, tùy thuộc vào việc bố trí dung lượng dư thừa. Trong trường hợp BSHR bốn cấp quang (hoặc cấu hình 1:1) một vòng truyền thông thứ hai, cô lập với vòng thứ nhất, sẽ được cung cấp để bảo vệ. Các kênh làm việc và bảo vệ sẽ sử dụng các vòng truyền thông khác nhau. Các BSHR 1:1 cũng có thể được cấu hình như các BSHR 1:N, tức là một vòng truyền thông bảo vệ dùng cho N vòng truyền thông làm việc. Như được đề cập ở trên, các BSHR 1:N không phải là loại tự hàn gắn đầy đủ, và do vậy, trong mục này sẽ không thảo luận về chúng. Trong trường hợp của BSHR hai cấp quang, các kênh làm việc và bảo vệ sử dụng cùng một cấp quang với một phần dải thông được dự phòng để bảo vệ. Để cung cấp một chức năng tự hàn gắn, thường một nửa dải thông sẽ được dự phòng để bảo vệ. Việc bố trí mạng vòng như vậy có thể bảo đảm chuyển mạch bảo vệ đường dây nhờ sử dụng phương pháp TSI để

hoà nhập các kênh làm việc trong cáp quang bị hỏng với các kênh bảo vệ trong cáp quang không bị ảnh hưởng. Các USHR và BVSRR còn có thể được phân loại tiếp thành các SHR chuyển mạch bảo vệ đường dây và đường truyền phù hợp với mức của SONET dùng để: (1) vận chuyển các tin báo gặp sự cố và (2) xúc phát hoạt động chuyển mạch bảo vệ để cho phép vòng được phục hồi một cách tự động khỏi sự cố.

SHR chuyển mạch bảo vệ đường dây

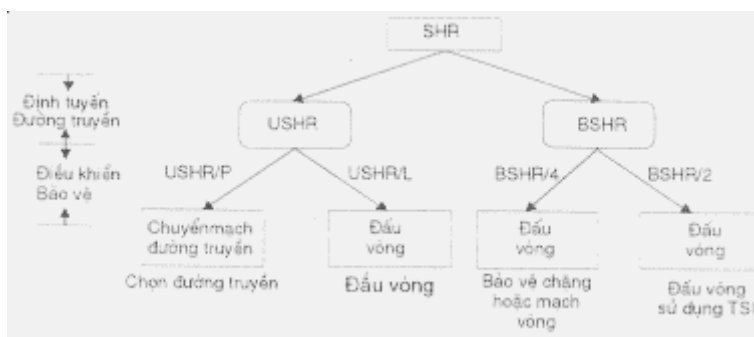
Một cấu trúc SHR chuyển mạch bảo vệ đường dây sử dụng tiêu đề đường dây của SONET (chẳng hạn các byte K1 và K2) để vận chuyển các tin báo sự cố và để xúc phát động tác chuyển mạch bảo vệ. Động tác chuyển mạch bảo vệ chỉ được thực hiện tại lớp đường dây để phục hồi khỏi sự cố và không liên quan đến lớp đường truyền. Nó phục hồi yêu cầu đường dây khỏi một phương tiện bị sự cố. Các cấu trúc chuyển mạch bảo vệ đường dây đã được xác định cho cả hai loại USHR và BSHR, sử dụng nguyên tắc đầu vòng lưu lượng sang đường bảo vệ. Khi một vòng bị đứt cần phải có điều khiển tại chỗ và điều khiển từ xa để thực hiện việc đầu vòng lưu lượng tại các nút nằm trên hai phía của chỗ đứt. Hệ thống chuyển mạch bảo vệ đường dây là một sự lựa chọn tự nhiên đối với tất cả các BSHR bởi vì định tuyến yêu cầu BSHR sử dụng cùng một nguyên tắc như các hệ thống điểm - nối - điểm hiện nay, là những hệ thống sử dụng hệ chuyển mạch bảo vệ đường dây (tức là APS) để phục hồi các yêu cầu nếu một cấu kiện mạng bị hư hỏng.

SHR chuyển mạch bảo vệ đường truyền

Một cấu trúc SHR chuyển mạch bảo vệ đường truyền sử dụng tín hiệu của lớp đường truyền (chẳng hạn, đường AIS) để khởi động chuyển mạch bảo vệ. Khác với hệ thống chuyển mạch bảo vệ đường dây, hệ thống chuyển mạch bảo vệ đường truyền sẽ phục hồi một kênh STS hoặc VT đầu cuối - tới - đầu cuối. Chuyển mạch đường truyền của một đường đặc trưng nào đó độc lập với trạng thái của các đường khác. Mặc dù một nút nào đó phát hiện một sự cố đường dây, thì chuyển mạch vẫn được thực hiện tại lớp đường truyền cho các SHR chuyển mạch đường truyền. Với chuyển mạch bảo vệ đường truyền, người ta xác định rõ hai cấp của các mức mạch vòng: VT và STS. SHR chuyển mạch bảo vệ đường truyền VT được xác định như một vòng, trong đó đường truyền VT được chuyển mạch cho các cuộc sắp xếp lại mạch vòng, và SHR chuyển mạch bảo vệ đường STS được xác định như một mạch vòng trong đó các đường truyền STS được chuyển mạch để tái sắp xếp mạch vòng.

Các vòng chuyển mạch đường truyền STS và VT tương ứng được sử dụng chủ yếu trong các mạng liên tổng đài và các mạng đầu vòng.

Hình 1.71 miêu tả các yêu cầu kỹ thuật của cấu trúc vòng SONET dựa trên cơ sở định tuyến yêu cầu và cơ chế điều khiển bảo vệ.



Hình 1.71.

1.7 SỰ TIẾN TRIỂN SANG BISDN

B-ISDN đã được phát triển để điều tiết các thể loại khác nhau của các tín hiệu băng rộng, dựa trên những khái niệm về tiêu chuẩn ISDN và tiêu chuẩn thông tin quang đồng bộ, trong khi đó hệ thống thông tin ATM đã được phát triển để cài đặt B-ISDN. Mục tiêu chủ yếu của BISDN là liên kết tất cả các tín hiệu liên tục theo thời gian thực và các tín hiệu số liệu theo nhóm có sự phân bố dải tần rộng (cần thiết để cung cấp các dịch vụ băng hẹp, phát hiện từ xa, chẳng hạn như giám sát từ xa, đầu cuối số liệu, điện thoại và fax, và các dịch vụ băng rộng, chẳng hạn như điện thoại thấy hình, hội nghị truyền hình, truyền tín hiệu truyền hình độ nét cao, truyền số liệu tốc độ cao v.v). B-ISDN đòi hỏi một phương pháp hiệu quả để có thể xử lý chung tất cả các dịch vụ nói trên. Hệ thống truyền thông ATM (phương thức chuyển giao không đồng bộ) đã được đề xuất như là một giải pháp.

Các khái niệm về BISDN đã được phát triển để đáp ứng một cách hiệu quả các nhu cầu đang càng ngày càng gia tăng về các thể loại dịch vụ băng rộng khác nhau. Để điều tiết tất cả các loại tín hiệu băng rộng này, các dịch vụ thông tin, chẳng hạn như các thể loại điện thoại video, cần được liên kết với các loại dịch vụ phân bố, chẳng hạn như CATV. Ngoài ra, phải có một chức năng cung cấp cả các dịch vụ chế độ kênh, cả các dịch vụ chế độ gói.

Mặt khác, lại đã từng có một đòi hỏi về khả năng mạng có khả năng cung cấp dịch vụ giám sát từ xa hoạt động tại một tốc độ truyền dẫn thấp (bit/s) cũng như dịch vụ thoại/thị tần hoạt động ở tốc độ truyền dẫn trung bình/cao (vài chục kbit/s cho thoại và vài trăm Mbit/s cho video). Một

giải pháp cho việc này là đề xuất tiêu chuẩn hoá các loại tín hiệu khác nhau của các dịch vụ để ứng có các hình thức bề ngoài như nhau và sau đó, tích trữ chúng lại để ghép kênh. Các tế bào ATM đã được sử dụng để tiêu chuẩn hoá các hình thức bề ngoài của các tín hiệu dịch vụ và hệ thống ATDM (ghép kênh không đồng bộ phân chia theo thời gian) đã được sử dụng để ghép một nhóm các tế bào ATM; một hệ thống truyền thông dựa trên cơ sở các tế bào ATM và ghép kênh ATDM được gọi là hệ thống thông tin ATM.

Hệ thống truyền thông ATM đã liên kết hệ thống thông tin digital chế độ kênh đang hoạt động với hệ thống thông tin chế độ gói. Hệ thống thông tin ATM giống như hệ thống thông tin gói, trong đó nó sử dụng các tế bào ATM như một phương tiện truyền dẫn cơ bản, trong khi đó nó khác với chuyển mạch gói ở chỗ nó đồng thời có thể xử lý được các tín hiệu thời gian thực và tương đương. Ngoài ra, các hệ thống chuyển mạch gói nói chung đã được sử dụng một cách cục bộ trong các mạng LAN, còn đối với hệ thống ATM thì do nó đã được thiết kế để sử dụng trên các mạng công cộng định cỡ lớn, cho nên nó khắc phục được những khó khăn trong việc gán địa chỉ, điều khiển kết nối và lưu trình, chuyển mạch và truyền dẫn. Mặt khác, so với hệ thống thông tin chế độ kênh (phân bố kênh cho mỗi dịch vụ rồi sau đó thông qua các kênh này mà chuyển các tín hiệu thông tin đi như một dây bít liên tục), ATM phân chia các tín hiệu mang thông tin rồi sau đó nạp chúng vào các tế bào ATM để chuyển chúng đi qua các kênh ảo. Do vậy, một số vấn đề mới liên quan đến việc thiết lập nối kết, quá trình báo hiệu, đến truyền dẫn và chuyển mạch đã phát sinh.

B-ISDN hay hệ thống thông tin ATM đã được triển khai vào cuối năm 1980, từ đó đến nay nó vẫn được nghiên cứu và nâng cấp. Do vậy trong mục sau đây sẽ xem xét lại các vấn đề liên quan đến chúng, dựa trên các điều khoản thuộc về BISDN của ITU-T.

Hệ thống thông tin ATM đã được phát triển để cài đặt B-ISDN cho nên đôi khi nó được xem là "mạng ATM".

1.7.1 Các khái niệm cơ bản của B-ISDN

Khi xã hội phát triển, khi càng ngày càng có nhiều công ty mọc lên, thì nhu cầu về các dịch vụ đa phương tiện và các dịch vụ băng rộng khác nhau cũng đang gia tăng một cách đáng kể. Bây giờ càng ngày càng có nhiều người sử dụng các đầu cuối số liệu, các máy tính cá nhân, các máy Fax và các hệ thống hội nghị video, và số lượng các công ty nhận tham gia vào các dịch vụ CATV cũng đã tăng lên.

Ngoài ra, nhu cầu về các dịch vụ như điện thoại thấy hình (video), truyền hình độ phân giải cao, truyền số liệu tốc độ cao, dịch vụ giám sát bằng video, truy tìm bằng video, video text băng rộng cũng đang tiếp tục gia tăng. Những dịch vụ kể trên bao gồm các dịch vụ giao lưu cũng như các dịch vụ phân phối mà một số trong các dịch vụ đó có thể cần đến các mạng riêng của mình (do một số trong các dịch vụ đó là các dịch vụ chế độ kênh, một số là các dịch vụ chế độ gói). Song để làm được điều đó cần phải đầu tư mạnh và sẽ làm cho thông tin trở nên kém hiệu quả. Do đó, hiện đang có một nhu cầu liên kết các dịch vụ nói trên thành một mạng truyền thông chung cho tất cả các dịch vụ liên kết.

BISDN - một mạng thông tin số, có khả năng cung cấp các loại hình dịch vụ băng hẹp, chẳng hạn như điện thoại, các đầu cuối số liệu, giám sát từ xa, facsimin, teletext, cũng như các dịch vụ băng rộng, chẳng hạn như điện thoại thấy hình, hội nghị truyền hình, truyền dẫn hình ảnh có độ phân giải cao, truyền số liệu tốc độ cao, giám sát bằng video và CATV...

Do vậy, B-ISDN có thể được xem như một mạng thông tin mà nó đã được phát triển từ mạng ISDN băng hẹp hiện đang được sử dụng.

1.7.2 Các đặc trưng tín hiệu của dịch vụ B-ISDN

B-ISDN có những mục đích cơ bản là kết hợp tất cả các dịch vụ hiện hữu vào một mạng truyền thông trong tương lai. Do vậy, về cơ bản nó cung cấp các dịch vụ băng hẹp, chẳng hạn như điện thoại, đầu cuối số liệu, facsimile, soạn thảo văn bản từ xa, đọc số đo từ xa, videotex, bưu chính điện tử, teletex. Ngoài ra, nó có khả năng cung cấp các dịch vụ băng rộng, chẳng hạn như điện thoại thấy hình, hội nghị truyền hình và truyền số liệu tốc độ cao, facsimile màu, CATV, phân phối HDTV, âm thanh nhạy cảm cao, thư truyền hình, giám sát bằng video, truyền chương trình chiếu phim độ phân giải cao và videotex băng rộng.

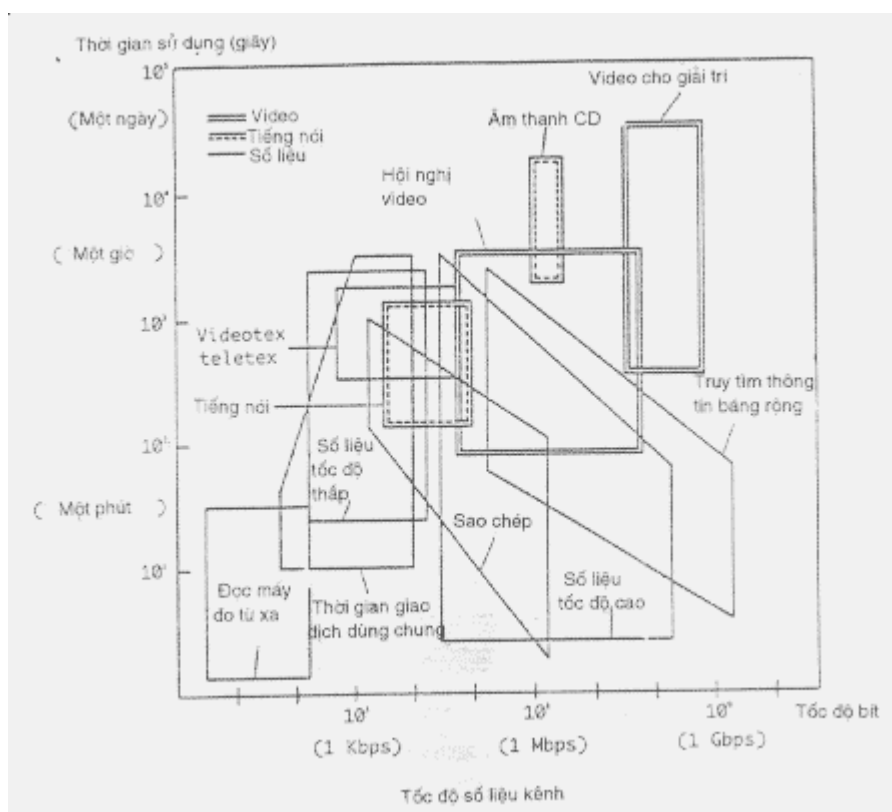
Những dịch vụ BISDN này bao gồm tất cả các dịch vụ có những đặc tính khác nhau. Có nghĩa là, các dịch vụ tương tác chẳng hạn như điện thoại hoặc điện thoại thấy hình và các dịch vụ thông báo chẳng hạn như bưu chính điện tử hoặc bưu chính bằng hình ảnh và các dịch vụ truy tìm để tra cứu bản vẽ và văn bản đều được bao gồm trong đó. Các dịch vụ này là các dịch vụ thông tin mà tín hiệu của dịch vụ được chuyển giao theo cả hai chiều, song bên cạnh đó, chúng còn có các dịch vụ phân phối một chiều, chẳng hạn như dịch vụ CATV.

Những đặc trưng nổi bật nhất của các tín hiệu dịch vụ B-ISDN là phạm vi phân bố dải thông của nó rất rộng. Trong khi tín hiệu cấu hình cơ bản của ISDN băng hẹp được phân bố quanh tín hiệu thoại thì việc phân bố tốc độ tín hiệu của B-ISDN bao gồm các lớp digital khác, các tín hiệu video

khác nhau và các tín hiệu truyền số liệu tốc độ cao. Do đó, đứng trên quan điểm tốc độ truyền dẫn, các tín hiệu của dịch vụ chiếm băng tần rộng từ vài bit/s của các tín hiệu giám sát từ xa tới các tín hiệu video với vài trăm Mbit/s. Ngoài ra, thời gian sử dụng nó trong phạm vi từ các số liệu tốc độ thấp, có độ dài vài giây, tới dịch vụ video có độ dài vài giờ, các dịch vụ thoại có độ dài vài ba phút.

Như đã mô tả, B-ISDN có khả năng cung cấp dịch vụ băng rộng tới nhiều Mbit/s, còn các tần số mà nó sử dụng và phân bố thời gian sử dụng thì có phạm vi rất rộng.

Đặc tính phân bố khác của tín hiệu dịch vụ B-ISDN là các tín hiệu liên tục, chẳng hạn như tiếng nói và hình ảnh, có thể cùng "sống chung" với các tín hiệu nhóm, chẳng hạn như số liệu đầu cuối. Các tín hiệu tiếng nói và hình ảnh có thể trở thành các tín hiệu tốc độ bit bằng nhau nhờ phương pháp số hoá. Tuy nhiên, các tín hiệu số liệu khác nhau là các tín hiệu với tốc độ bit biến đổi rất rộng. Mặt khác, các tín hiệu hình ảnh và âm thanh đòi hỏi được xử lý theo thời gian thực, còn trong trường hợp số liệu thì không cần như vậy.



Hình 1.72. Phân bố dịch vụ của B-ISDN

Do những sự khác nhau như vậy, chuyên mạch và truyền dẫn các tín hiệu dịch vụ B-ISDN trở nên khó mà thực hiện được. Vì lý do đó, chuyên

mạch gói là lý tưởng đối với tốc độ thấp hoặc số liệu nhóm, trong khi đó, đối với tín hiệu tiếng nói và hình ảnh thì chuyển mạch kênh là thích hợp hơn. Ngoài ra, đối với các tín hiệu thoại, chuyển mạch phân chia thời gian đã phát hiện từ lâu là thích hợp hơn cả, còn đối với các tín hiệu video tốc độ cao là chuyển mạch kênh phân chia theo không gian.

Vì vậy, tìm được một hệ thống truyền dẫn có khả năng trao đổi với nhau các tín hiệu tốc độ thấp/cao và các tín hiệu liên tục/ nhóm là cực kỳ khó khăn.

Tốc độ số liệu kênh

1.7.3 Nền tảng kỹ thuật của B-ISDN

Như đề cập trước đây, vì các dịch vụ do B-ISDN cung cấp có những đặc điểm khác nhau, cho nên một số công nghệ cơ bản được đòi hỏi để hiện thực hoá B-ISDN. Thứ nhất, xử lý tốc độ cao và công nghệ môi trường, truyền dẫn băng rộng và công nghệ chuyển mạch băng rộng; chúng được yêu cầu là bởi vì các tín hiệu của dịch vụ băng rộng và tốc độ cao được sử dụng rộng rãi. Và lại, việc cải thiện công nghệ và thiết bị xử lý video là cần thiết bởi vì các dịch vụ chính của B-ISDN là các loại dịch vụ video khác nhau. Hơn nữa, công nghệ mạng thông tin đối với những vấn đề trên đây là cần thiết, bởi vì các dịch vụ tốc độ thấp/tốc độ cao được cung cấp và các dịch vụ chế độ gói đồng tồn tại.

Những công nghệ cơ bản này đã được phát triển và được nâng cấp liên tục nhằm đáp ứng một cách đầy đủ nhu cầu về các dịch vụ băng rộng càng ngày càng tăng. Thứ nhất, công nghệ thông tin quang đã được nâng cao; suy hao của cáp sợi quang đã được giảm xuống thấp hơn 0,5 dB/Km và giá cả của các phần tử bức xạ/thu ánh sáng đã sụt xuống khá nhanh chóng; Hơn nữa, công nghệ về mạch tích hợp và công nghệ chế tạo các cấu kiện cũng đã rất tiên tiến. Các phần tử Silíc lưỡng cực hoặc GaAs được phát triển một cách thành công có khả năng thực hiện việc xử lý tốc độ cao (hàng trăm Mbit/s hoặc Gbit/s) và CMOS có khả năng xử lý mức 150 Mbit/s. Ngoài ra, công nghệ phần mềm và m p tiên tiến một cách thành công tạo điều kiện để điều khiển tốc độ cao, cũng như hoạt động và chuyển mạch tốc độ cao trở nên có thể được.

Việc nén, chuyển đổi và tái tạo các tín hiệu dịch vụ khác nhau đã trở nên dễ dàng do phát triển công nghệ xử lý tín hiệu. Và lại, việc thu thập, thay đổi và xử lý các tín hiệu dịch vụ đã trở nên dễ dàng hơn nhờ phát triển công nghệ máy tính. Qua việc sử dụng công nghệ nói trên, cùng với công nghệ VLSI, các thiết bị đầu cuối khách hàng hiệu quả đã được phát triển. Thêm vào đó, các thiết bị đầu cuối B-ISDN được sử dụng cho các thiết bị video khác nhau đã được triển khai một cách thành công và được sử dụng

với các monitor TV chất lượng cao, cùng với các camera video có độ nhạy cao.

Mặt khác, các hoạt động tiêu chuẩn hoá của ISDN, theo sáng kiến của ITU-T trong những năm 1980, đã ảnh hưởng đến rất nhiều hoạt động nghiên cứu về sự liên kết các loại tín hiệu dịch vụ khác nhau cũng như việc số hoá mạng thông tin và đã đóng góp vào sự phát triển công nghệ thông tin. Dựa vào những vấn đề nói trên, hệ thống thông tin ATM có khả năng cung cấp dịch vụ B-ISDN có những nét đặc trưng khác nhau. Điều này đã dẫn đến sự phát triển công nghệ liên kết dịch vụ B-ISDN.

1.7.4 Nền tảng của tiêu chuẩn hoá B-ISDN

Trong quá trình tiêu chuẩn hoá B-ISDN tiến hành vào đầu những năm 80, ITU-T đã quy định các kênh H1, H2, H3, H4 là các kênh tốc độ cao của khách hàng. Trong số đó, kênh H1 được phối ghép với nhóm sơ cấp của ISDN trong dạng kênh H11 1,536 Mbit/s và kênh H12 1,920 Mbit/s, và vì vậy hình thành cơ sở của ISDN cùng với giao diện cơ bản $2B + D$ 144 kbit/s.

H2, H3 và H4 được quy định là các kênh băng rộng tương ứng với phân cấp số đang tồn tại.

Bắt đầu từ năm 1985 người ta đã chú ý đến các kênh băng rộng và kết quả là các tốc độ bit 30 - 40, 45 60 - 70 Mbit/s đã được xem là tiêu chuẩn cho các kênh H2, H3 và H4. Mặt khác, uỷ ban T1 đã đưa ra một dự án sử dụng 149,760 Mbit/s dựa trên cơ sở SONET.

Sau đó, vào tháng Bảy năm 1986, ITU-T bắt đầu tiêu chuẩn hoá giao diện nút mạng (NNI) một cách độc lập với tiêu chuẩn hoá giao diện khách hàng - mạng (UNI) của B-ISDN.

Nhiệm vụ tiêu chuẩn hoá NNI, vốn được tiến hành dưới nhiều điều kiện khó khăn, đã đi đến thoả thuận là sử dụng tiêu chuẩn tín hiệu STM-1, có cấu trúc $9B \times 270$ và có tốc độ bit 155,520 Mbit/s, tại hội nghị Seoul được tổ chức vào tháng Hai năm 1988. Sau đó, nó trở thành phân cấp số đồng bộ của các khuyến nghị G.707 - G.709. Mặt khác, nhiệm vụ tiêu chuẩn hoá UNI của B-ISDN do BBTG (Broad Band Task Group- Nhóm đặc trách băng rộng) thực hiện đã hoà nhập với khuyến nghị I.121 vào năm 1988 tại cùng hội nghị trên. Đó là những văn kiện đầu tiên đã đặt tả khuôn khổ cơ bản của B-ISDN. Những văn kiện này quy định rằng B-ISDN phải dựa vào ATM và các dịch vụ của nó, phải được phân chia thành các dịch vụ giao lưu và các dịch vụ phân bố, và rằng cấu trúc chức năng/tiêu chuẩn của B-ISDN phải được thiết lập giống như của ISDN. Các văn kiện này cũng đã xác định rõ mô hình giao thức cho ATM và

kích thước của tế bào ATM là 30 byte. Ngoài ra, các văn kiện này phân định 32,768 Mbit/s cho H21, 43 - 45 Mbit/s cho H22 và 132 - 138, 240 Mbit/s cho H4. Thêm nữa, nó quy định UNI là lớp 150 Mbit/s và lớp 600 Mbit/s.

Sau đó ít lâu, BBTG đã được chỉ định là WP8 nhưng công việc tiêu chuẩn hoá UNI đã gặp những khó khăn liên quan đến kích thước của tế bào ATM, đến tốc độ bit và cấu trúc khung trên mặt giao tiếp.

Ngoài ra, về kích thước của tế bào ATM, "4+32" byte (đầu đề tế bào + trường tin) do người châu Âu đề xuất đã cạnh tranh với "5+64" byte do người Mỹ đưa ra. Song cuối cùng đã quyết định là "5+48" byte sẽ được sử dụng cho mục đích này. Do bị ảnh hưởng mạnh của SDH đã được tiêu chuẩn hoá trước đó, tốc độ bit của mặt giao tiếp đã được quyết định là 155,520 Mbit/s. Ngoài ra, cấu trúc khung của lớp vật lý đã quyết định tuân theo cấu trúc khung STM-1 hoặc dòng tế bào ATM thuần túy. Hơn nữa, cũng đã được phép bố trí các tín hiệu khác của G.702. WP8 đã xác định rõ những chi tiết của những điều khoản cần được bàn cãi như các khuyến nghị thuộc Seri I tại Hội nghị Masyama, tổ chức ở Nhật Bản vào tháng 11 năm 1990. Như vậy, khuôn khổ tổng thể về BISDN đã được hoàn chỉnh. Mặt khác, khi ITU đã được tổ chức lại vào năm 1993, nhóm nghiên cứu 13 (SG.13) của ITU-T bắt đầu đảm trách các hoạt động nghiên cứu về tiêu chuẩn hoá BISDN.

1.7.5 Nguyên tắc cơ bản của BISDN

Như đã trình bày trước đây, BISDN là một khái niệm được đưa ra để thoả mãn nhu cầu về các dịch vụ băng rộng đang càng ngày càng gia tăng. Các mục đích cơ bản của BISDN là thiết lập một mạng số có khả năng liên kết và cung cấp các hình loại dịch vụ băng rộng khác nhau thông qua việc sử dụng truyền dẫn tốc độ cao, chuyển mạch tốc độ cao, xử lý tín hiệu, máy tính, phần mềm và công nghệ cấu kiện. Và lại, thông qua BISDN, các dịch vụ giao lưu và phân phối cũng như các dịch vụ chế độ kênh và chế độ nhóm cũng được cung cấp. Thêm vào đó, các dịch vụ băng hẹp và các dịch vụ băng rộng được cung cấp một cách đồng thời. Để đạt được các mục đích nói trên, BISDN phải có khả năng hỗ trợ các nối kết truyền thông bán cố định cố định các nối kết điểm - nối - điểm đa điểm - nối - điểm và các nối kết dành dùng các dấu riêng/cố định; Như vậy, BISDN cần phải có khả năng thông minh để mở rộng và cải tiến các dịch vụ và để quản lý hoạt động, bảo dưỡng và điều khiển mạng một cách hiệu quả.

Cấu trúc của B-ISDN phải như thế nào đó sao cho nó không cản trở sự phát triển công nghệ hoặc sự phát triển phương pháp hiện thực hoá trong tương lai. Ngoài ra, nó phải có khả năng đáp ứng các nhu cầu của khách hàng hoặc sự phát triển mạng mà nó có thể phát sinh một lần nữa. Hơn

nữa, dựa trên các khái niệm của ISDN, tiêu chuẩn giao diện phối ghép và giao thức cũng cần phải được thiết lập một cách phù hợp.

BISDN dùng ATM để thực hành các chức năng của mình. ATM là một hệ thống truyền thông phân chia đều các hình loại dịch vụ khác nhau, sắp xếp chúng vào các tế bào ATM có kích thước như nhau và cuối cùng, chuyển chúng đi nhờ các ATDM. Hơn nữa, nó thiết lập các đường ảo và các kênh ảo để chuyển giao tế bào ATM.

Do đó, thông qua việc sử dụng ATM, có thể thực hiện được kết nối mạng có độ linh hoạt cao và phân bố dải thông biến đổi. Cùng với những cái đó, ATM có khả năng chuyển giao thông tin và số liệu qua các loại phương tiện vật lý và các mạng chuyển tải khác nhau, bởi vì nó được xác định một cách độc lập với các phương tiện chuyển tải của các lớp vật lý.

1.7.6. So sánh B-ISDN và ISDN

B-ISDN là một khái niệm xuất phát từ tiêu chuẩn ISDN. Do vậy, các quan điểm về B-ISDN cũng giống như của ISDN. Tuy nhiên, việc thiết lập B-ISDN được thực hiện khác với thiết lập ISDN.

Thứ nhất, BISDN là một mạng số liên kết đa dịch vụ như trong trường hợp ISDN, nhưng nó khác với ISDN ở chỗ nó bảo đảm việc liên kết cả các tín hiệu băng rộng nữa. Vì lý do đó, mô hình cấu trúc cơ bản của BISDN cũng giống như của ISDN, ngoài trừ khả năng xử lý các tín hiệu băng rộng, đồng thời với các chức năng của ISDN băng hẹp. Về mặt thiết lập cấu trúc chức năng hay cấu hình tiêu chuẩn, BISDN cũng giống như của ISDN. Nhóm chức năng của nó bao gồm TE1, NT1, NT2 và TA, cùng các điểm chuẩn được hình thành từ R, S và T.

Tuy nhiên, chúng chỉ tương tự nhau về mặt khái niệm mà không tương thích nhau về mặt hoạt động thực tế. Có nghĩa là BISDN không thể được thực hiện chỉ bằng việc bổ sung các thiết bị của dịch vụ băng rộng vào mạng ISDN hoặc TE của ISDN không thể được đấu nối tới NT của BISDN. Do đó, các nhóm chức năng của ISDN và các điểm chuẩn cũng giống như các phần tử liên quan của BISDN chỉ về mặt khái niệm. Tuy nhiên nó có thể phối ghép với TE1 của ISDN hoặc với TA qua việc sử dụng TE2 của BISDN. Trong hoạt động thực tế BISDN khác rất xa với ISDN; hệ thống thông tin ISDN có các đặc trưng kết hợp các hệ thống thông tin chuyên mạch kênh số đang hoạt động với hệ thống chuyển mạch gói, trong khi đó BISDN dùng hệ thống ATM hoàn toàn khác với các hệ thống nói trên của ISDN.

Có nghĩa là, trong khi ISDN chủ yếu điều tiết hệ thống thông tin kênh (hệ thống thông tin gói cũng được điều tiết) thì BISDN chủ yếu sử dụng hệ

thông tin gói, đồng thời vẫn điều tiết hệ thống thông tin kênh). Do những sự khác nhau về hệ thống truyền thông đó, quá trình truyền dẫn, báo hiệu và quản lý mạng của BISDN cũng được tiến hành khác với ISDN. Do vậy, BISDN cần được coi là khác hẳn so với ISDN.

1.7.7 Hệ thống thông tin ATM

ATM là một hệ thống truyền thông để thực hiện BISDN. ATM là một hệ thống chuyên giao kiểu gói có hình thức đặc biệt, sử dụng ATDM. Trong BISDN, thông tin được chuyển đi nhờ một luồng liên tục các gói có một kích thước không đổi. Các gói có kích thước cố định này được gọi là các tế bào ATM. Do vậy thông tin dịch vụ cũng được bố trí vào tế bào ATM, sau đó được chuyển đi theo những kích thước không đổi. Và sau đó, tín hiệu truyền dẫn của BISDN được tạo nên như ATDM với các tế bào ATM. Đồng thời ATDM là một phương pháp ghép kênh thống kê, thực hiện việc phân chia theo thời gian để ghép các tế bào ATM của một số kênh đi tới một cách không đồng bộ.

Nếu sử dụng ATM, dung lượng của kênh nghiệp vụ cũng được tính theo số lượng các tế bào ATM. Cho nên sự vượt quá dung lượng truyền dẫn của thông tin được biểu thị bởi số lượng các tế bào ATM. Việc phân phối dung lượng truyền dẫn được xác định theo dung lượng yêu cầu và khả năng phân phối có thể có thông qua thương lượng với mạng thông tin trong quá trình thiết lập cuộc gọi.

ATM - một hệ thống kiểu liên kết - sẽ thiết lập các kênh ảo để chuyển giao thông tin dịch vụ. Mỗi khi một kênh ảo được thiết lập, số hiệu nhận dạng nối kết được gán và khi nối kết được giải toả, số hiệu nhận dạng này cũng được huỷ bỏ. Trình tự sắp xếp giữa các tế bào ATM trong một kênh ảo nào đó do các chức năng của lớp ATM dự kiến trước. Thông tin báo hiệu về thiết lập nối kết được chuyển giao các tế bào ATM riêng biệt.

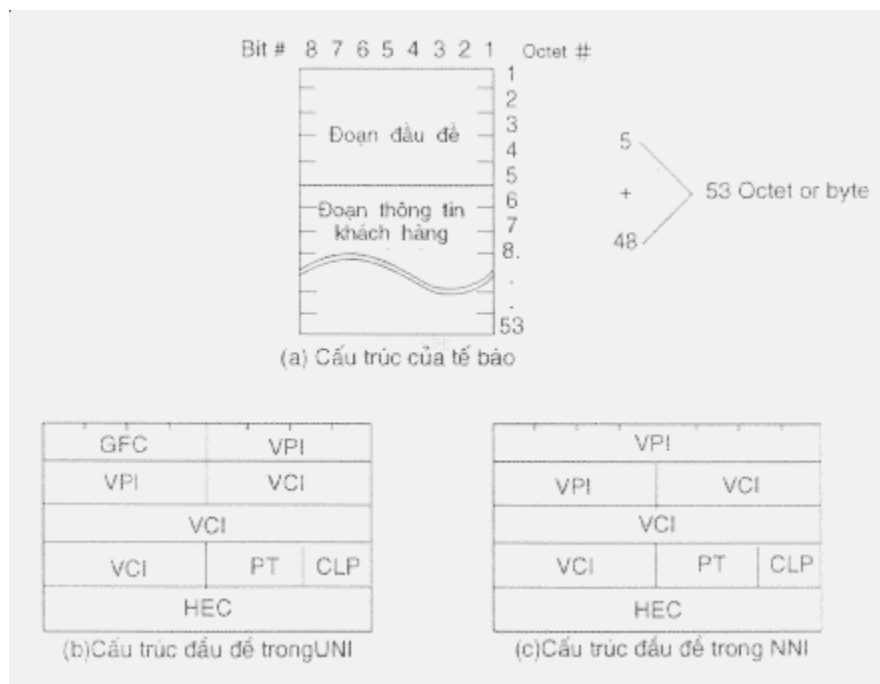
Hệ thống ATM xác định rõ mô hình chuẩn của giao thức phân lớp để chuyển giao thông tin một cách có hệ thống và cơ động. Các lớp giao thức được sử dụng là lớp ATM, lớp ứng dụng ATM (AAL) và lớp mức cao. Lớp AAL ánh xạ các tín hiệu dịch vụ sang khu vực trường tin của các tế bào ATM, còn lớp ATM thực hiện chức năng tạo đầu đề của tế bào ATM để chuyển giao trường tin một cách trong suốt. Lớp vật lý thực hiện chức năng chuyển đổi các tế bào ATM thành hàng bit và sau đó, chuyển chúng đi.

Kích thước của tế bào ATM là 53 byte. Nó được phân chia thành mào đầu 5 byte và đường bao trường tin 48 byte (hình 1.73(a)). Chức năng chủ yếu của mào đầu tế bào là nhận dạng các tế bào thuộc về cùng một kênh

ảo (trong số các tế bào ATM) hiện diện trong một luồng thông tin ATDM.

Đó là chức năng do VPI (phần tử nhận dạng đường ảo) và VCI (phần tử nhận dạng kênh ảo) chỉ rõ trong (b) và (c) của hình 1.73.

- (a) Cấu trúc của tế bào
- (b) Cấu trúc đầu đề trong UNI
- (c) Cấu trúc đầu đề trong NNI



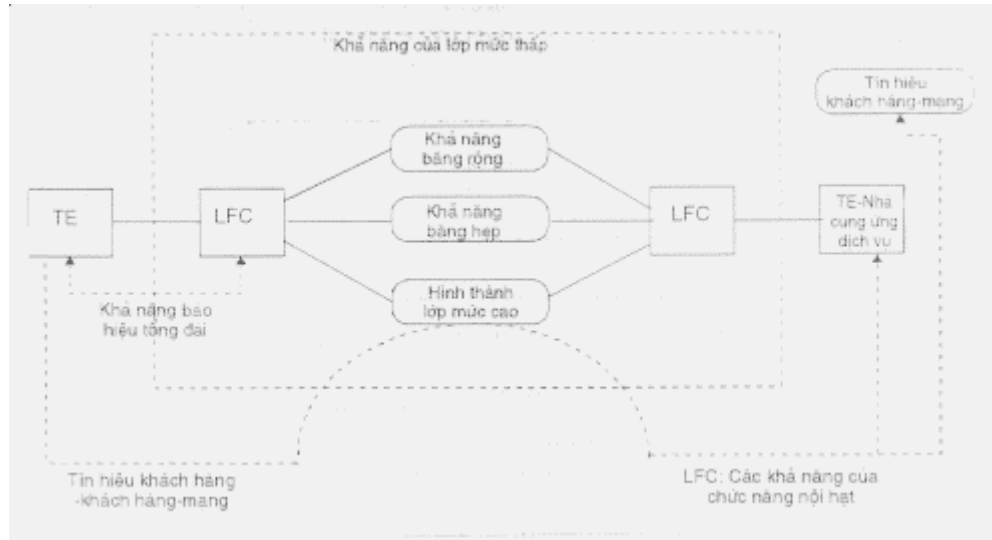
Hình 1.73 Cấu trúc của tế bào ATM

Đồng thời, đường ảo có nghĩa là một bó các kênh ảo cùng sử dụng chung các đường nào đó và mào đầu tế bào cũng được phân loại thành loại trường tin (PT) và chỉ thị thẩm quyền mất tế bào và cung cấp khả năng điều khiển sửa sai của mào đầu. Nó còn cung cấp thêm chức năng điều khiển luồng chung cho mào đầu tế bào trong giao diện UNI.

1.7.8. Cấu trúc chức năng của BISDN

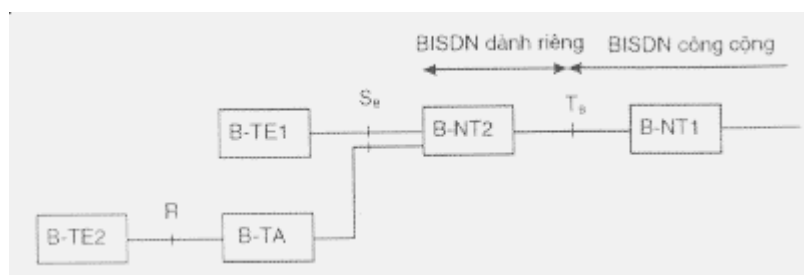
Mô hình cấu trúc chức năng chung của ISDN băng rộng về cơ bản giống như ISDN băng hẹp. Có nghĩa là về mặt cấu hình tiêu chuẩn, nhóm chức năng và điểm gốc, cả hai cấu trúc đó là như nhau. Nó chỉ ra rằng B-ISDN được hình thành trên cơ sở khái niệm của ISDN. Mô hình cấu trúc cơ bản của B-ISDN như được trình bày trong hình 1.74. Cấu trúc của ISDN băng rộng bao gồm khả năng mức cao và khả năng mức thấp.

Khả năng mức cao là chức năng liên quan đến thiết bị đầu cuối (TE) và khả năng mức thấp bao gồm khả năng ISDN băng hẹp dựa trên khả năng băng rộng, 64 bit/s, và khả năng báo hiệu liên tổng đài.



Hình 1.74. Mô hình cấu trúc cơ bản của B-ISDN

Cấu hình tiêu chuẩn của B-ISDN được trình bày trong hình 1.75

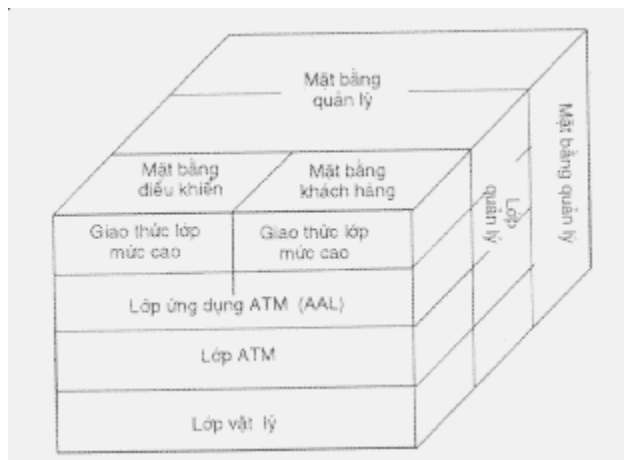


Hình 1.75. Cấu hình tiêu chuẩn của B-ISDN

Điểm gốc là S_b và T_b , nhóm chức năng bao gồm B-TE1, B-TE2 và B-TA, B-NT1, B-NT2. Trong hình 1.75, các thiết bị đầu cuối (B-TE) có chứa B-TE1, B-TE2 và B-TA. Cũng như vậy, B-NT2 và B-NT1 tương ứng nằm trong mạng B-IDN dành riêng và B-ISDN công cộng. Để chỉ thị điểm gốc và nhóm chức năng của mình, B có nghĩa là B-ISDN.

1.7.9. Mô hình chuẩn của giao thức

Mô hình chuẩn giao thức (PRM) của B-ISDN được hình thành từ mặt bằng quản lý, mặt bằng điều khiển, và mặt bằng khách hàng như được trình bày trong hình 1.76. Chức năng của mặt bằng quản lý được phân chia thành : quản lý mặt bằng và quản lý lớp.



Hình 1.76. Cấu hình chuẩn của B-ISDN

Quản lý mặt bằng trong mặt bằng quản lý của PRM của B-ISDN có nghĩa là quản lý tổng thể toàn hệ thống. Cũng như vậy, quản lý lớp hàm ý là quản lý nguồn tiềm năng và khách hàng luôn biến đổi, và quản lý thông tin OAM. Ngoài ra, trên mặt bằng điều khiển, thông tin điều khiển cuộc gọi và điều khiển kết nối sẽ được quản lý. Trên mặt bằng khách hàng, thông tin về khách hàng được giám sát. Các giao thức của mặt bằng điều khiển và mặt bằng khách hàng được phân loại thành lớp mức cao, lớp ứng dụng ATM (AAL), cùng lớp ATM và lớp vật lý. Chức năng của mỗi lớp như trong bảng 1.18.

Lớp	Lớp con	Chức năng
Lớp mức cao		Chức năng hội tụ
Lớp ứng dụng	Hội tụ	Chức năng hội tụ
	Phân đoạn và lắp ráp lại	Chức năng phân đoạn và chức năng lắp ráp lại
Lớp ATM AAL		Chức năng điều khiển dòng chung Chức năng tạo ra và huỷ bỏ mào đầu tế bào Chức năng thông dịch VPI/NCI của tế bào Chức năng ghép kênh và tách kênh cho tế bào
Lớp vật lý	Hội tụ truyền dẫn	Chức năng phân chia tốc độ tế bào Chức năng tạo ra và khẳng định tín hiệu HEC Chức năng nhận dạng tế bào Chức năng tạo ra và khôi phục dẫn
	Môi trường vật lý	Chức năng thông tin thời gian bit Chức năng liên quan đến môi trường vật lý

Bảng 1.18. Chức năng của mỗi lớp trong PRM của B-ISDN

Lớp AAL được hình thành từ lớp con hội tụ (CS), lớp con phân đoạn và lắp ráp lại (SAR). CS biến đổi thông tin dịch vụ khách hàng của lớp mức cao thành khối số liệu giao thức (PDU) và SAR tạo nên phần thông tin khách hàng của tế bào ATM bằng việc ngăn chặn PDU.

Lớp ATM điều khiển kết nối và dòng thông tin trong UNI bằng việc sử dụng đoạn GFC. Cũng như vậy, nó kết nối VPI/VCI với các điểm truy

nhập dịch vụ sau khi thông dịch và ghép kênh/tách kênh cho các tế bào. Bên cạnh đó, nó xử lý các đoạn PT hoặc CLP và thực hiện chức năng là tạo ra và huỷ bỏ mào đầu tế bào ATM.

Lớp vật lý bao gồm lớp con hội tụ truyền dẫn và lớp con môi trường vật lý. Chức năng của lớp con hội tụ truyền dẫn bao gồm việc phân chia tốc độ tế bào, tạo ra và xác nhận byte sửa sai đầu đề, phát hiện điểm biên giới tế bào. Ngoài ra, trong trường hợp phát theo phân cấp số đồng bộ nó thực hiện chức năng tạo ra và khẳng định khung truyền dẫn. Lớp con môi trường vật lý có nghĩa là bước truyền dẫn cuối cùng qua cáp sợi quang hoặc cáp đồng trục.

1.7.10. Giao diện khách hàng - mạng của B-ISDN

Cấu hình của giao diện khách hàng - mạng (UNI) của B-ISDN được trình bày trong hình 1.77, trong trường hợp chỉ thị nó bằng việc sử dụng các điểm chức năng Tb, Sb và R và các nhóm chức năng B-NT1, B-NT2, B-TE1, B-TE2, và B-TA. Trong hình này, các trường hợp (a), (b), (c), (d), (e), (f), (i), (j) có cấu hình giống như cấu hình trong ISDN. Cũng như vậy, các trường hợp (g), (h) chỉ cho thấy rằng B-NT có thể dung cấp các điểm gốc S và Sb một cách đồng thời.

Cấu hình vật lý của UNI để kết nối đã điểm được trình bày trong hình 1.78. Trong hình này, (a) chỉ thị cấu hình chung của loại tập trung hoá, còn (b) chỉ thị cấu hình chung của loại phân bố. Cũng như vậy, (c), (d), (e) chỉ thị lần lượt cấu trúc bus hình sao, cấu trúc bus và cấu trúc vòng của loại phân bố. MA trong hình này là bộ phối hợp phương tiện, còn W chỉ ra điểm kết nối giữa các MA với nhau. Ngoài ra, TE* chỉ thị TE tạo ra cấu trúc kiểu bus và SSB chỉ thị điểm kết nối giữa các TE* này. MA là thiết bị và B là điểm gốc đều thuộc loại phi tiêu chuẩn. B-NT1 thực hiện chức năng của lớp 1, chẳng hạn như điểm cuối đường dây truyền dẫn, xử lý phối ghép truyền dẫn, vận hành và bảo dưỡng. B-NT2 thực hiện chức năng của lớp 1 và lớp có mức cao và nó có thể được cấu hình theo phương pháp tập trung hoặc phương pháp phân bố. Các chức năng liên quan đến B-NT2 là bộ phối hợp phương tiện (MA), tìm kiếm biên giới tế bào, tập trung hoá, nhớ đệm, ghép kênh, tách kênh, gán nguồn, xử lý phối ghép chức năng AAL về báo hiệu, xử lý giao thức báo hiệu và chuyển mạch kết nối bên trong. B-TE thực hiện truyền thông giữa khách hàng - với - khách hàng và giữa khách hàng - với - máy, kết cuối phối ghép, xử lý giao thức báo hiệu, xử lý nối kết trên các thiết bị khác, trên lớp 1 và lớp có mức cao hơn, kể cả OAM.

(a), (b) Trường hợp giao diện vật lý là Sb, và Tb

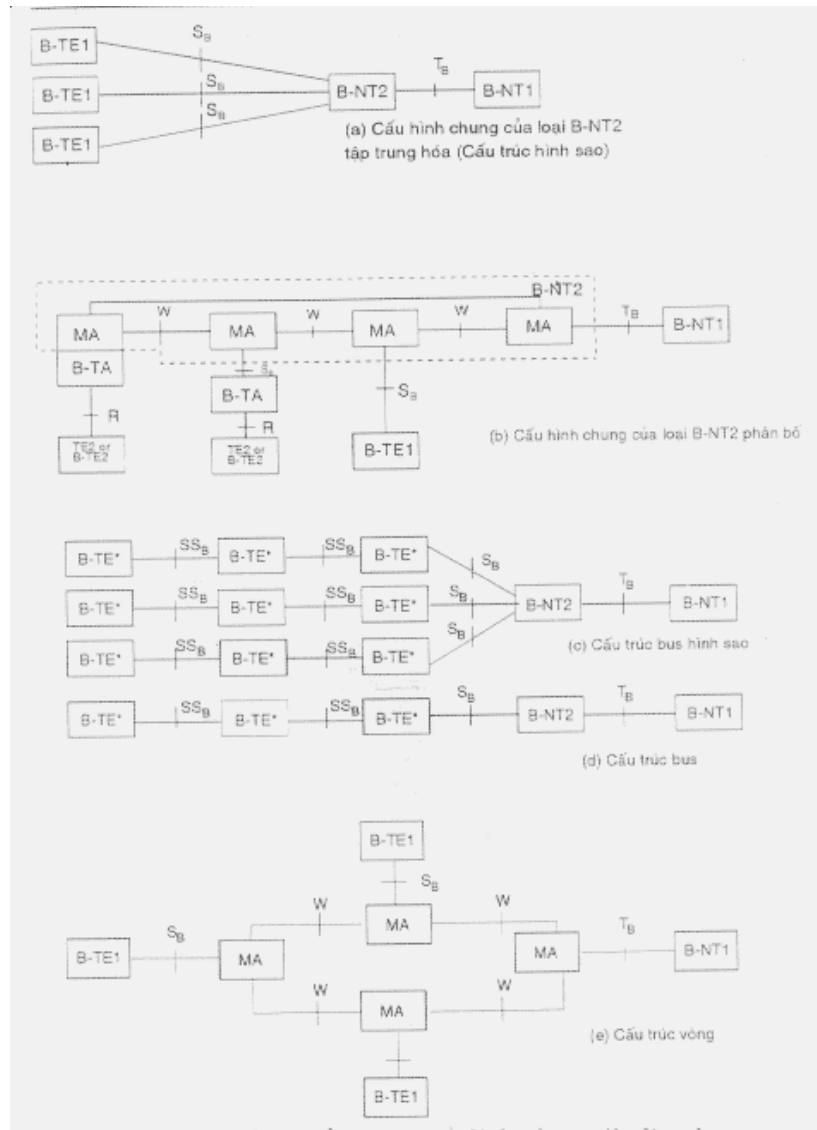
(c), (d) Trường hợp giao diện vật lý là Sb

- (e), (f) Trường hợp giao diện vật lý là Tb
- (g), (h) Trường hợp S, Sb, Tb là đồng tồn tại
- (i), (j) Trường hợp Sb, và Tb là đồng nhất



Hình 1.77. Cấu hình vật lý cơ bản của UNI

- (a) Cấu hình chung của loại B-NT2 tập trung hoá (Cấu trúc hình sao)
- (b) Cấu hình chung của loại B-NT2 phân bố
- (c) Cấu trúc bus hình sao
- (d) Cấu trúc bus
- (e) Cấu trúc vòng



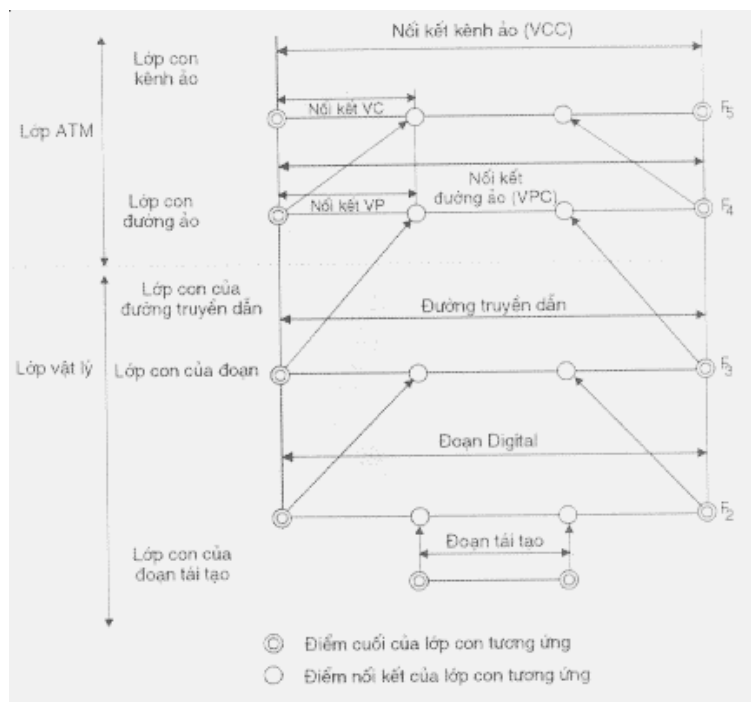
Hình 1.78. Cấu trúc tổng quan và vật lý cho phương tiện dùng chung.

1.7.11 Giao diện mạng của B-ISDN

Nếu cần nhắc rằng B-ISDN là mạng chuyển tải của ATM, thì có thể đưa ra khái niệm phân lớp của mạng. Có nghĩa là, mạng chuyển tải được phân lớp thành mạng lớp ATM và mạng lớp vật lý. Mạng lớp ATM lại được chia nhỏ thành lớp con của kênh ảo và lớp con của đường ảo.

Điểm cuối của lớp con tương ứng

Điểm nối kết của lớp con tương ứng



Hình 1.79. Mối quan hệ giữa các mạng phân lớp của B-ISDN

Cũng như vậy, mạng của lớp vật lý được chia nhỏ thành lớp con của đường truyền dẫn, lớp con của đoạn digital và lớp con của đoạn tái tạo. Khái niệm các mạng phân lớp này đều được áp dụng trong trường hợp mạng dựa trên tế bào hoặc mạng dựa trên SDH. Mối quan hệ giữa các lớp mạng của B-ISDN được trình bày trên hình 1.79. Trong lớp con của kênh ảo có cung cấp kết nối kênh ảo (VCC - Virtual Channel Connection) để chuyển giao thông tin giữa khách hàng - khách hàng giữa khách hàng - mạng và giữa mạng - mạng. Do vậy VCC được thiết lập giữa các điểm chuẩn Tb hoặc Sb và các tế bào liên quan đến cùng một kết nối VCC sẽ được chuyển giao qua cùng một kênh.

Trong lớp con của đường ảo có cung cấp nối kết đường ảo (VPC - Virtual Path Connection) để chuyển giao thông tin giữa khách hàng - khách hàng, giữa khách hàng - mạng và giữa mạng - mạng. Do vậy, VPC được cấu hình nhờ kết nối liên tục của các kênh kết nối VP, còn VPC, giữa khách hàng - khách hàng được thiết lập giữa các điểm chuẩn Tb hoặc Sb. Ngoài ra, các tế bào liên quan đến cùng một VPC sẽ được chuyển giao trên cùng một đường.

Mạng của lớp vật lý là một mạng truyền dẫn đồng bộ, được kết hợp với mạng của lớp phương tiện truyền dẫn: có nghĩa là lớp con của đường truyền dẫn chính là đường VC-4 trong trường hợp phân lớp dựa trên SDH; lớp con của đoạn digital và lớp con của đoạn tái tạo tương ứng là đoạn ghép kênh và đoạn tái tạo.

2. THÔNG TIN VÔ TUYẾN

2.1 NỀN TẢNG CỦA THÔNG TIN VÔ TUYẾN

Thông tin vô tuyến sử dụng khoảng không gian làm môi trường truyền dẫn. Phương pháp thông tin là: phía phát bức xạ các tín hiệu thông tin bằng sóng điện từ, phía thu nhận sóng điện từ phía phát qua không gian và tách lấy tín hiệu gốc. Về lịch sử của thông tin vô tuyến, vào đầu thế kỷ này Marconi thành công trong việc liên lạc vô tuyến qua Đại Tây dương, Kenelly và Heaviside phát hiện một yếu tố là tầng điện ly hiện diện ở tầng phía trên của khí quyển có thể dùng làm vật phản xạ sóng điện từ. Những yếu tố đó đã mở ra một kỷ nguyên thông tin vô tuyến cao tần đại quy mô. Gần 40 năm sau Marconi, thông tin vô tuyến cao tần là phương thức thông tin vô tuyến duy nhất sử dụng phản xạ của tầng đối lưu, nhưng nó hầu như không đáp ứng nổi nhu cầu thông tin ngày càng gia tăng.

Chiến tranh Thế giới lần thứ hai là một bước ngoặt trong thông tin vô tuyến. Thông tin tầm nhìn thẳng - lĩnh vực thông tin sử dụng băng tần số cực cao (VHF) và đã được nghiên cứu liên tục sau chiến tranh thế giới - đã trở thành hiện thực nhờ sự phát triển các linh kiện điện tử dùng cho HF và UHF, chủ yếu là để phát triển ngành Radar. Với sự gia tăng không ngừng của lưu lượng truyền thông, tần số của thông tin vô tuyến đã vươn tới các băng tần siêu cao (SHF) và cực cao (EHF). Vào những năm 1960, phương pháp chuyển tiếp qua vệ tinh đã được thực hiện và phương pháp chuyển tiếp bằng tán xạ qua tầng đối lưu của khí quyển đã xuất hiện. Do những đặc tính ưu việt của mình, chẳng hạn như dung lượng lớn, phạm vi thu rộng, hiệu quả kinh tế cao, thông tin vô tuyến được sử dụng rất rộng rãi trong phát thanh truyền hình quảng bá, vô tuyến đạo hàng, hàng không, quân sự, quan sát khí tượng, liên lạc sóng ngắn nghiệp dư, thông tin vệ tinh - vũ trụ v.v... Tuy nhiên, can nhiễu với lĩnh vực thông tin khác là điều không tránh khỏi, bởi vì thông tin vô tuyến sử dụng chung phần không gian làm môi trường truyền dẫn.

Để đối phó với vấn đề này, một loạt các cuộc Hội nghị vô tuyến Quốc tế đã được tổ chức từ năm 1906. Tần số vô tuyến hiện nay đã được ấn định theo "Quy chế thông tin vô tuyến (RR) tại Hội nghị ITU ở Geneva năm 1959. Sau đó lần lượt là Hội nghị về phân bố lại dải tần số sóng ngắn để sử dụng vào năm 1967, Hội nghị về bổ sung quy chế tần số vô tuyến cho thông tin vũ trụ vào năm 1971, và Hội nghị về phân bố lại tần số vô tuyến của thông tin di động hàng hải cho mục đích kinh doanh vào năm 1974. Tại Hội nghị của ITU năm 1979, dải tần số vô tuyến phân bố đã được mở

rộng tới 9kHz - 400 Ghz và đã xem xét lại và bổ sung cho Quy chế thông tin vô tuyến điện (RR). Để giảm bớt can nhiễu của thông tin vô tuyến, ITU tiếp tục nghiên cứu những vấn đề sau đây để bổ sung vào sự sắp xếp chính xác khoảng cách giữa các sóng mang trong Quy chế thông tin vô tuyến:

- Dùng cách che chắn thích hợp trong khi lựa chọn trạm.
- Cải thiện hướng tính của anten
- Nhận dạng bằng sóng phân cực chéo.
- Tăng cường độ ghép kênh.
- Chấp nhận sử dụng phương pháp điều chế chống lại can nhiễu.

2.2 CÁC ĐẶC TÍNH CỦA SÓNG VÔ TUYẾN

Tần số sử dụng cho sóng điện từ như vai trò sóng mang trong thông tin vô tuyến được gọi riêng là "tần số vô tuyến" (RF). Tần số này chiếm một dải rất rộng từ VLF (tần số cực thấp) tới sóng milimét. Không thể lý giải đầy đủ sóng vô tuyến theo lý thuyết, bởi vì nó không chỉ bị ảnh hưởng bởi tầng đối lưu và tầng điện ly mà còn bởi các thiên thể, kể cả mặt trời.

Do vậy, việc đánh giá các trạng thái của các hành tinh, của tầng đối lưu và điện ly và việc dự báo đường truyền sóng vô tuyến cũng như khả năng liên lạc dựa trên nhiều dữ liệu trong quá khứ là hết sức quan trọng. Phần sau đây của chương trình này sẽ giúp bạn đọc hiểu được cơ chế truyền sóng vô tuyến theo tần số thông tin vô tuyến cùng những vấn đề khác, liên quan đến sóng vô tuyến.

2.2.1 Phân loại tần số vô tuyến

Trong thông tin vô tuyến, cơ chế truyền sóng vô tuyến và việc sử dụng thiết bị truyền thông phụ thuộc vào tần số vô tuyến sử dụng. Bảng 2.1 trình bày bảng tần số vô tuyến được phân loại theo tiêu chuẩn quốc tế hiện hành và theo cơ chế và phương thức sử dụng sóng vô tuyến.

Bảng 2.1. Phân loại, cơ chế và sử dụng sóng vô tuyến

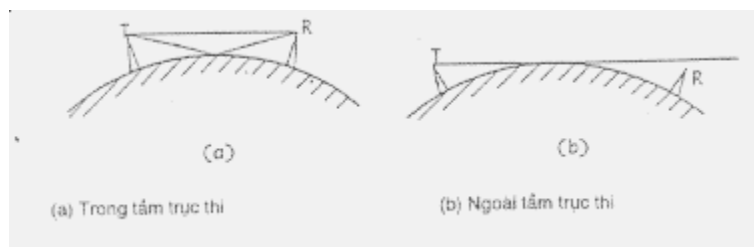
Tần số	Phân loại băng tần	Cơ chế truyền sóng vô tuyến	Cự ly thông tin và lĩnh vực sử dụng
3KHz~30 KHz	VLF	Sóng đất-điện ly	Thông tin đạo hàng quân sự khắp thế giới

30KHz~300KHz	LF	Sóng đất	1500Km đạo hàng vô tuyến
300KHz~3MHz	MF	Sóng đất (Cự ly ngắn) Sóng trời (Cự ly dài)	Phát thanh cố định Hàng không, đạo hàng, liên lạc nghiệp dư
3MHz~30MHz	HF	Sóng trời	3~6MHz : Thông tin liên tục địa 6~30Mhz : Thông tin di động Thông tin kinh doanh và nghiệp dư, dân sự quốc tế
30MHz~300MHz	VHF	Sóng trời Sóng đối lưu	Thông tin trực thi, VHF, FM Đa thông tin
300MHz~3GHz	UHF	Sóng trời Sóng đối lưu	Rađar, đa thông tin Thông tin di động
3GHz~30GHz	SHF, Viba	Sóng trời	Thông tin vệ tinh, thông tin cố định, Rađar
30GHz~300GH	EHF, Milimeter	Sóng trời	Thông tin cho tương lai

2.2.2 Đường truyền lan sóng vô tuyến

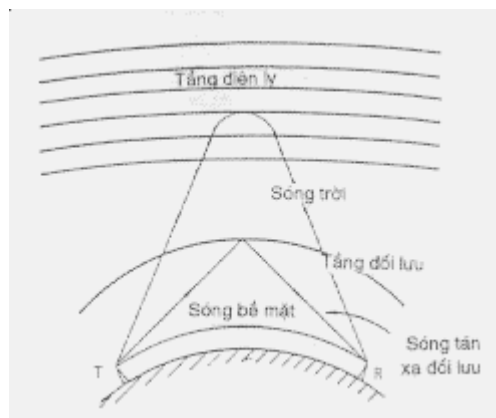
Sóng vô tuyến không truyền lan theo dạng lý tưởng khi chúng ở trong không gian do ảnh hưởng của mặt đất và tầng đối lưu. Hình 2.1 mô tả đường truyền sóng giữa các đầu phát T và đầu thu R và chỉ cho thấy còn có sóng phản xạ từ bề mặt đất để đạt tới trạm thu, ngoài sóng trực tiếp theo đường thẳng.

- (a) Trong tầm trực thi
- (b) Ngoài tầm trực thi



Hình 2.1. Đường đi của Sóng vô tuyến

Khi khoảng cách giữa trạm phát và trạm thu xa nhau hơn, thông tin bằng sóng đi thẳng trở nên không thể được do độ cong của bề mặt trái đất như trình bày trong hình 2.1(b) nhưng vẫn có thể có sóng vô tuyến truyền lan xuống mặt đất do có sóng bề mặt và sóng trời, nhờ hiện tượng khúc xạ (hình 2.2). Nói chung, sóng bề mặt, sóng trực tiếp và sóng phản xạ, trừ sóng trời, đều được gọi là sóng đất. Sóng trời là sóng điện từ bị thay đổi hành trình của mình tại tầng điện ly và quay trở về trái đất; tầng điện ly là nơi hội tụ của vô số điện tích, định hình tại độ cao 100-400Km. Ngoài sóng bề mặt và sóng trời còn có sóng tán xạ - đó là phản xạ do những sự biến đổi mãnh liệt của tầng đối lưu và điện ly hoặc do sóng điện từ va chạm với các vật chất, chẳng hạn như các sao băng, và bị tán xạ để rồi đạt tới đầu thu. Sóng tán xạ được sử dụng trong phương pháp chuyển tiếp qua tán xạ đối lưu.



Hình 2.2. Hành trình của sóng vô tuyến đi qua đường chân trời

1. Sự lan truyền của băng tần số thấp

Sự lan truyền của băng tần số thấp là nhờ vào sóng đất. Nó được thực hiện nhờ nhiễu xạ sóng điện từ. Do độ nhiễu xạ tỷ lệ nghịch với bước sóng cho nên tần số sử dụng càng cao, sóng đất càng yếu (để truyền lan tần số thấp). Hiện tượng nhiễu xạ có mối tương quan chặt chẽ với độ dẫn điện và hằng số điện môi của đất trong đường lan truyền. Vì cự ly truyền sóng trên mặt biển dài hơn so với mặt đất cho nên tần số thấp được sử dụng rộng rãi trong thông tin vô tuyến đạo hàng. Trong trường hợp tần số cực thấp, bước sóng lớn hơn nhiều so với chiều cao từ bề mặt trái đất lên tới tầng điện ly. Cho nên, mặt đất và tầng điện ly đóng vai trò như hai bức

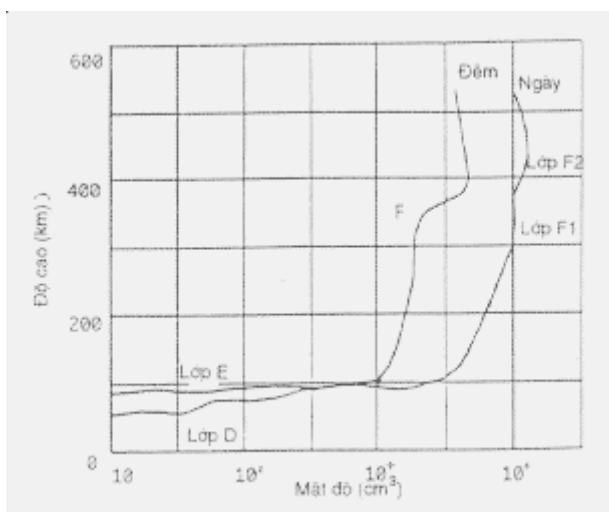
tường. Nó được gọi là chế độ ống dẫn sóng mặt đất - điện ly mà nhờ nó, có thể thông tin tới toàn thế giới. Băng tần số cực thấp được sử dụng chủ yếu cho thông tin hàng hải và thông tin đạo hàng.

2. Sự truyền lan của băng tần số cao

Thông tin cự ly xa bằng băng tần số cao được thực hiện nhờ sự phản xạ của sóng trời trên tầng điện ly. Trong phương thức thông tin này, mật độ thu sóng trời phụ thuộc vào tần số vô tuyến và trạng thái của tầng điện ly, trạng thái này thay đổi theo thời gian, theo ngày, theo mùa và theo điều kiện thời tiết. Cho nên việc dự báo trạng thái của tầng điện ly là vô cùng quan trọng đối với thông tin liên lạc sử dụng sóng trời.

(1) Tầng điện ly

Tầng điện ly hình thành tại độ cao 100Km - 400Km là do kết quả của việc ion hoá trạng thái của tầng đối lưu bằng các tia cực tím và tia X do mặt trời bức xạ. Tầng điện ly được phân chia thành một vài lớp có giá trị mật độ điện tử cực đại. Mỗi tầng được phân chia thành các lớp D, E, F theo độ cao của nó. Lớp F lại được phân chia thành lớp F1, F2. Hình 2.3 trình bày mật độ tính theo độ cao của các lớp ion điển hình.



Hình 2.3. Mật độ điện tử /ion của tầng điện ly - theo độ cao

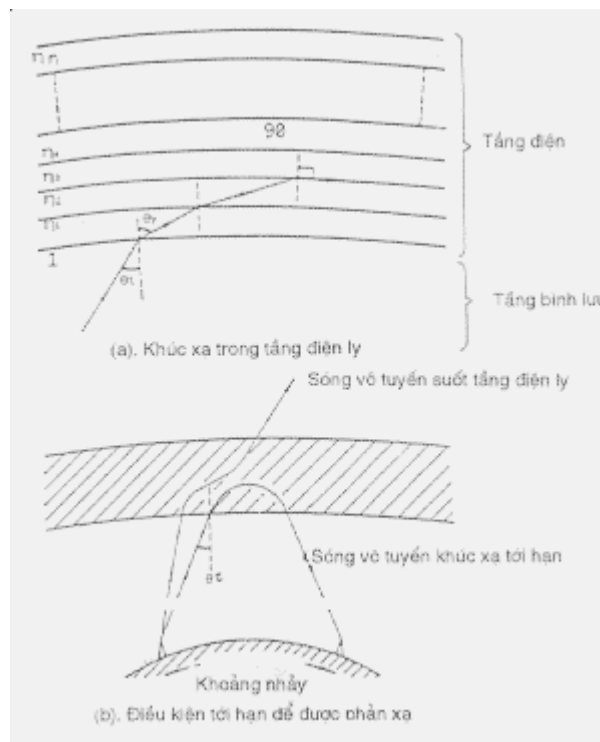
(2) Truyền sóng trong lớp Ion

Trong khi tầng điện ly có thể xem như một tấm dẫn điện phẳng trong việc truyền lan các tần số thấp thì lớp ion hoá giống như một tấm điện môi không lồ mà hệ số khúc xạ của nó biến đổi liên tục, vì sự biến đổi của mật độ ion theo bước sóng là không đáng kể trong băng tần số cao (bước sóng ngắn hơn). Hệ số khúc xạ hiệu dụng được xác định như sau:

Trong công thức này, N biểu thị cho số lượng ion trong trạng thái các điện tử tự do hoặc plasma, trên m^3 . Hình 2.4 trình bày đường đi của sóng

vô tuyến trong tầng điện ly. Góc tới q_i đi được xác định theo công thức sau:

Trong chiều tới thẳng đứng ($q_i = 0$), nếu giá trị cực đại của mật độ điện tử trong tầng điện ly là N_m , thì tần số cực đại phản xạ tại điểm này là $q N_m$, gọi là tần số cực trị cho tầng điện ly này.



Hình 2.4.- Cơ chế phản xạ của tầng điện ly

Nếu tần số cực trị cho biết trước thì tần số lớn nhất được phản xạ đối với góc kích thích có thể được quyết định. Tần số này gọi là Tần số khả dụng Cực đại (MUF) và được biểu thị bằng $MUF = f \cdot \sec q_i$. Hành trình vô tuyến của MUF là khoảng cách tối đa mà sóng trời có thể đạt tới và được gọi là khoảng nhảy. Vùng mà cả sóng trực tiếp lẫn sóng không gian đều không đạt tới được gọi là vùng nhảy. Khi sóng vô tuyến đi xuyên qua tầng điện ly thì nó sẽ bị suy giảm vì va chạm với các phân tử. Điều này chủ yếu xảy ra ở lớp D có mật độ điện tử cao hơn so với trong lớp E và F. Độ suy hao tỷ lệ thuận với $1/f^2$, do vậy, về mặt chất lượng thông tin, điều đáng mong muốn là chọn được tần số cao nhất để được sử dụng như sóng không gian.

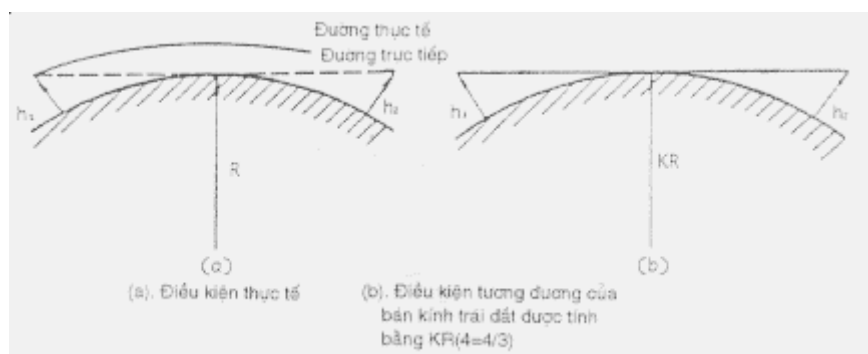
Bằng việc nghiên cứu sự biến đổi của MUF theo ngày và theo thời gian, người ta thường sử dụng tần số thấp hơn khoảng 15% so với giá trị dự kiến trung bình của MUF trong thông tin bằng sóng trời. Tần số thấp hơn này được gọi là tần số làm việc tối ưu (OWF). OWF thấp hơn MUF trong khoảng 90% tỷ lệ chiếm thời gian.

3) Truyền sóng của VHF và UHF.

Trừ một vài trường hợp đặc biệt, giới hạn trên mà sóng không gian truyền lan được là 30 MHz. Sóng không gian được sử dụng cho các tín hiệu lớn hơn VHF. Sự thay đổi hệ số khúc xạ theo độ cao của khí quyển gây ảnh hưởng đến sóng không gian. Khí quyển tiêu chuẩn là một khí quyển lý tưởng có một tỷ lệ biến đổi hệ số khúc xạ theo độ cao một cách đều đặn, bởi vì nó có một hệ số thay đổi cố định của áp suất khí quyển theo độ cao, nhiệt độ và độ ẩm. ITU-R quy định chỉ số khúc xạ của khí quyển tiêu chuẩn theo độ cao h Km như sau:

Vì có sự biến đổi hệ số khúc xạ một cách liên tục, cho nên đường đi thực tế của sóng không gian là khác với đường trực tiếp (thẳng). Để bù lại sự khác nhau này, cự ly thông tin cực đại thực tế được tính toán theo đường trực tiếp dựa trên quy định bán kính hiệu quả của trái đất KR ($K=4/3$ trong khí quyển tiêu chuẩn) (tham khảo Hình 2.5).

- a) Điều kiện thực tế
- b) Điều kiện tương đương của bán kính trái đất được tính bằng KR ($K=4/3$)



Hình 2.5. Khúc xạ của sóng vô tuyến trong khí quyển tiêu chuẩn

4) Sóng tán xạ đối lưu.

Việc lan truyền của sóng vô tuyến nhờ hiệu ứng tán xạ đối lưu của khu vực khí quyển rộng lớn trong tầng đối lưu được dùng cho băng tần trên VHF. Phương pháp này cho phép thông tin liên lạc cự ly xa ở các băng tần VHF, UHF, và SHF và phụ thuộc rất nhiều vào thông tin thực thi trước đây. Phương pháp này có nhiều ưu điểm của thông tin băng rộng và ghép kênh cũng như thông tin đồng thời cho một khu vực rộng. Mặt khác nó cũng đòi hỏi công suất phát lớn và máy thu có độ nhạy cao.

2.5. HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG

Gần đây, thông tin di động đã trở thành một ứng dụng trong lĩnh vực thông tin vô tuyến. Sự phát triển của thông tin di động được bắt đầu bằng

phát minh thí nghiệm về sóng điện từ của Hertz và điện báo vô tuyến của Marconi và vào thời kỳ đầu của phát minh thông tin vô tuyến, nó được sử dụng trong dịch vụ vận tải an toàn đường biển để điều khiển các tàu. Đối với thông tin vô tuyến mặt đất, sau chiến tranh thế giới thứ nhất, hệ thống điện thoại vô tuyến di động đã được lắp đặt và khai thác trong ngành cảnh sát của Mỹ. Trong dịch vụ thông tin di động hàng không - một hệ thống được khai thác ở các dải thông HF và VHF đã được thiết lập để kiểm soát bay. Hiện nay, hệ thống điện thoại xe cộ tự động và hệ thống điện thoại di động tàu bè đã được thiết lập để sử dụng trong thực tế. Người ta sử dụng chuông bỏ túi, điện thoại không dây, dải băng nghiệp dư các nhân (CB_ máy bộ đàm... và các dịch vụ thông tin vô tuyến di động khác nhau chẳng hạn như dịch vụ vệ tinh hàng hải, điện thoại trên tàu hoả máy bay đang được cung cấp. Tần số sử dụng lên đến VHF và UHF và trong tương lai không xa tần số cận vi ba (quasi microwave) (1-2 GHz) cũng sẽ được sử dụng. Trong mục này, chúng ta sẽ xem xét các dịch vụ thông tin di động khác nhau, sự phát triển của chúng trong tương lai, đặc biệt, thông tin di động mặt đất sẽ được đề cập đến một cách tỉ mỉ hơn.

2.5.1 Các loại và các đặc tính của thông tin di động mặt đất.

1/ Thông tin di động mặt đất.

Thông tin di động mặt đất thường được phân nhóm thành hệ thống công cộng và dùng riêng... Hệ thống công cộng có nghĩa là hệ thống thông tin có thể truy nhập tới mạng điện thoại chuyên mạch công cộng (PPTN) - có điện thoại xe cộ, điện thoại không dây, chuông bỏ túi... Trong hệ thống dùng riêng cả 2 loại hệ thống. Hệ thống thứ nhất là hệ thống dịch vụ công cộng chẳng hạn như cảnh sát, cứu hoả, cấp cứu, điện lực và giao thông. Hệ thống thứ hai là dùng cho các cá nhân hay các công ty. ở đây, ngoài dịch vụ kinh doanh sử dụng sóng vô tuyến dành riêng, còn có hệ thống MCA hệ thống kinh tế trung nhập đa kênh, sử dụng các kênh vô tuyến trong thông tin vô tuyến nội bộ công ty và cá nhân chẳng hạn như máy bộ đàm và vô tuyến nghiệp dư. Ngoài những dịch vụ kể trên còn có các dịch vụ thông tin di động mặt đất khác mới xuất hiện như chuông bỏ túi có màn hiển hình, đầu cuối xa... Các đặc tính của thông tin di động được trình bày trong bảng 2.2.

Bảng 2.2 Các đặc tính của các dịch vụ thông tin di động mặt đất.

	Hệ thống công cộng			Hệ thống dành riêng				
	Âm thanh		Dữ liệu	Âm thanh			Dữ liệu	
	Điện thoại xe cộ	Điện thoại	Chuông không dây	Doanh nghiệp	Vô tuyến tư nhân	MCA	Cá nhân	Đầu (truy nhập đa kênh)
Các dạng thông tin	Song công	Song công	Thông tin đơn hướng	Đơn công	Đơn công	Đơn công	Đơn công	Song công
Loại di động	Trang bị trên xe cộ	Bán cố định	Xách tay	Trang bị trên xe	Trang bị trên xe, xách tay	Trang bị trên xe	Trang bị trên xe, xách tay	Xách tay
Vùng di động	Hạn chế thành phố ngoại ô	Toàn quốc	Hạn hẹp	Toàn quốc	Toàn quốc	Hạn hẹp	Toàn quốc	Hạn hẹp (trong T.phố)
Vùng phục vụ của 1 điểm	5~10 Km	20 m	10~15 km	5~10km	0,5~1 km	20~30 km	5~10 km	250~500m
Người sử dụng	Phổ thông (chủ yếu cho bộ phận quản lý của chính phủ và công ty)	Phổ thông	Phổ thông (chủ yếu cho bộ phận quản lý, bác sĩ, cảnh sát)	Công ty	Phổ thông	Công ty	Phổ thông	Công ty
Những trở ngại trong xuyên âm	Nhỏ	Nhỏ	Nhỏ	Bình thường	Nghiêm trọng	Nhỏ	Bình thường	Nhỏ
Các dạng dịch vụ	Không dùng tay, điện thoại cầm tay cho hành khách, điện thoại xe cộ	Điện thoại cầm tay	Tự động truy nhập băng rộng					

2/ Thông tin di động hàng hải

Thông tin di động hàng hải được phân thành hệ thống thông tin tàu thuyền giữa trạm gốc ở cảng và tàu đi dọc theo bờ biển và hệ thống thông tin vệ tinh hàng hải đến với các tàu ngoài khơi xa.

Thông tin điện thoại tàu thuyền được phát triển từ điện báo vô tuyến sử dụng băng sóng ngắn trung bình, còn hệ thống điện thoại tàu bè thực sự, sử dụng băng tần VHF là hệ thống điện thoại tàu bè của Great Lakes ở Mỹ năm 1952. ở Châu Âu, kênh thông tin hai hướng mở rộng được phát

triển theo các kiểu của Mỹ. Các nước ở vùng biển Bắc bắt đầu khai thác hệ thống này năm 1956, nhưng hệ thống này thuộc kiểu truy nhập khai thác nhân công với băng tần 150 MHz.

Sau đó, ITU-R đã khuyến nghị kiểu truy nhập tự động và bây giờ hệ thống 450 MHz NMT được khai thác ở phía Bắc và kiểu tự động băng tần 250 MHz được sử dụng ở Nhật.

Trong thời kỳ đầu của thông tin vệ tinh hàng hải, hệ thống MARISATA được khai thác như là một hệ thống nội bộ công ty và theo đó INMARSAT được thiết lập và khai thác vào năm 1979 và rất nhiều dịch vụ như điện thoại, telex, dữ liệu, và cứu hộ hàng hải đã được cung cấp.

Hệ thống giải pháp tổng thể GMDSS (Hệ thống cứu nạn và an toàn hàng hải toàn cầu đang được phát triển và sẽ được sử dụng.

3/ Thông tin di động hàng không.

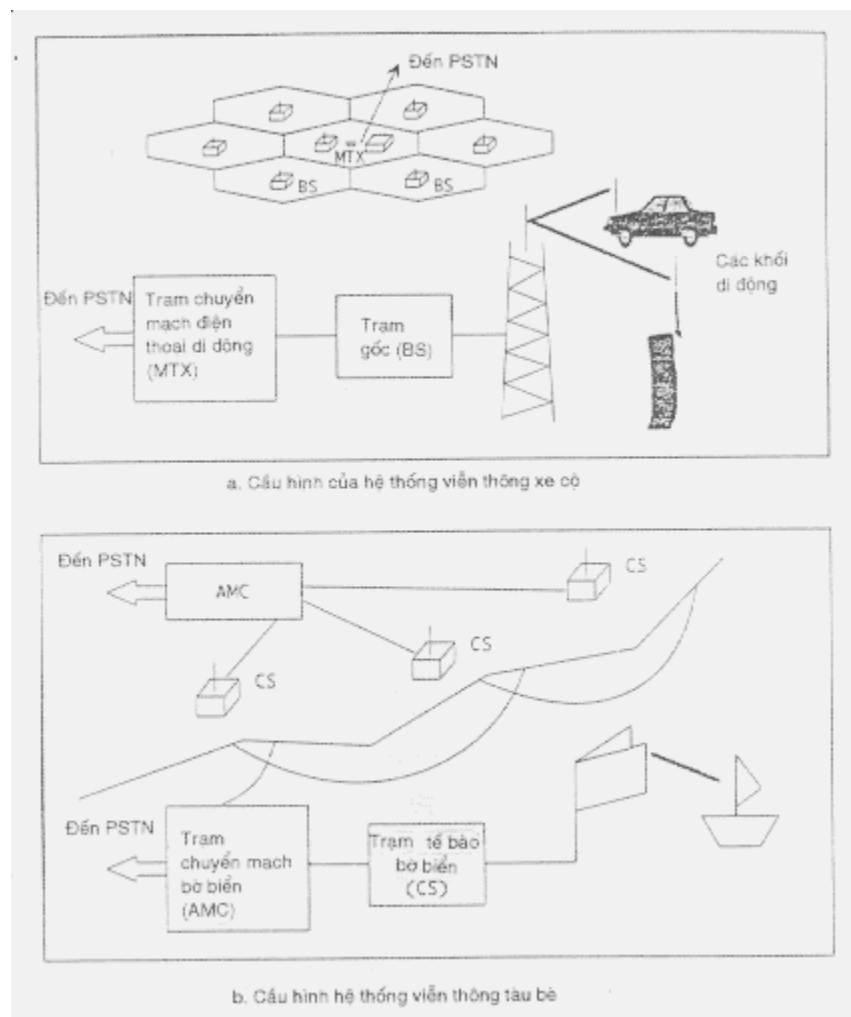
Trong thông tin di động hàng không có dịch vụ điện thoại vô tuyến sân bay để kiểm soát bay và hệ thống điện thoại công cộng hàng không cho hành khách. Dịch vụ điện thoại công cộng hàng không kiểu thông tin trực tiếp giữa đài mặt đất và máy bay - được sử dụng một phần ở Mỹ, Nhật và một số nước khác. Các kiểu chủ yếu của nó là ARINC và Airfone - là những kiểu được phát triển ở Mỹ. Băng tần là 800 - 900 MHz - dùng chung với băng tần của thông tin di động mặt đất. Điều chế ở đây là SSB. Về truy nhập cuộc gọi, loại thứ nhất là chuyển vùng thông tin và loại sau là kiểu vùng thông tin phụ thuộc.

Theo sự phát triển của kỹ thuật thông tin vệ tinh di động hàng không đang được xúc tiến một cách tích cực việc sử dụng dịch vụ điện thoại công cộng hàng không thực sự sẽ được mở rộng cho các đường bay quốc tế sau những năm 1990.

2.5.2 Cấu hình của hệ thống thông tin di động

Cấu hình của hệ thống thông tin di động có thể khác nhau tùy theo các dạng dịch vụ và thường bao gồm tổng đài chuyển mạch điện thoại di động, trạm gốc di động và các đầu cuối điện thoại vô tuyến. Các mạng cơ bản tiêu biểu của các hệ thống điện thoại xe cộ và tàu bè được mô tả trong hình 2.32.

Trong đó, vùng bao phủ của một trạm gốc là một vùng thì nhiều vùng tạo nên một trạm chuyển mạch và biên giới vào một trạm chuyển mạch có thể xử lý sẽ là một vùng lưu lượng... Toàn bộ vùng phục vụ được hình thành bởi vùng lưu lượng này.



Hình 2.32 Cấu hình của hệ thống viễn thông xe cộ và tàu bè

1/ Trạm chuyển mạch viễn thông.

Trạm chuyển mạch liên kết mạng thông tin di động với PSTN và hệ thống chuyển mạch ở trạm chuyển mạch là dạng tự động và điều khiển theo chương trình lưu trữ. Các chức năng chính của nó là đấu nối các thuê bao di động với nhau và với các thuê bao của PSTN. Vì vậy MTX cần phải có các chức năng khác với hệ thống chuyển mạch PSTN, chẳng hạn như chuyển vùng tìm kiếm vị trí và đăng ký.

Chuyển vùng nghĩa là trong quá trình cuối gọi, nếu máy di động di chuyển khỏi vùng phục vụ của một khu vực cụ thể thì hệ thống sẽ chuyển cuộc gọi này sang một kênh tần số mới ở một khu vực tế bào mới mà không làm gián đoạn cuộc gọi. Điều này được thực hiện bằng một hệ thống tính toán phức tạp, một hệ thống nhạy cảm và điều khiển chính xác. Phương pháp chung ở đây là bằng việc giám sát chất lượng tín hiệu (mức) của từng kênh thu được từ các trạm gốc khác, khi chất lượng tín hiệu bắt đầu giảm dưới mức quy định thì khu vực tế bào hiện tại sẽ chuyển tín hiệu báo động cho trạm chuyển mạch sau đó trạm chuyển mạch sẽ yêu

cầu đo chất lượng tín hiệu của kênh đi tới trạm góc biên cạnh để xác định xem vùng nào xử lý cuộc gọi và sau đó dựa vào kết quả này chọn ra vùng tối ưu. Việc đăng ký đơn vị là khi thuê bao di động dịch chuyển từ nhà đến vùng lưu lượng khác, trạm nhà sẽ làm cho trạm đã dịch chuyển phát hiện ra thuê bao di động và hệ thống ở nhà sẽ lưu trữ lại các thông tin đăng ký để đầu nối cuộc gọi. Và trạm chuyển mạch cần phải có chức năng là tất cả các thông tin dịch vụ khác được lưu trữ trong hệ thống chuyển mạch để đầu nối các thuê bao di động với nhau và các thuê bao PSTN.

2/ Trạm gốc.

Trạm gốc dùng để nối trạm chuyển mạch viễn thông di động và mạng di động và nó bao gồm thiết bị thu phát, ăngten và thiết bị điều khiển. Chức năng chính của nó là điều khiển và quản lý vùng đã được phân định bằng cách chuyển các tín hiệu gọi đến/gọi đi gán kênh, giám sát kênh và tự chẩn sai. Để giảm tối thiểu can nhiễu của các vùng bên cạnh thì các yếu tố như phân bổ tần số và phân bổ mã vùng rất quan trọng. Những điều này được nhắc đến trong phần hệ thống điện thoại di động.

3/ Máy di động của điện thoại vô tuyến.

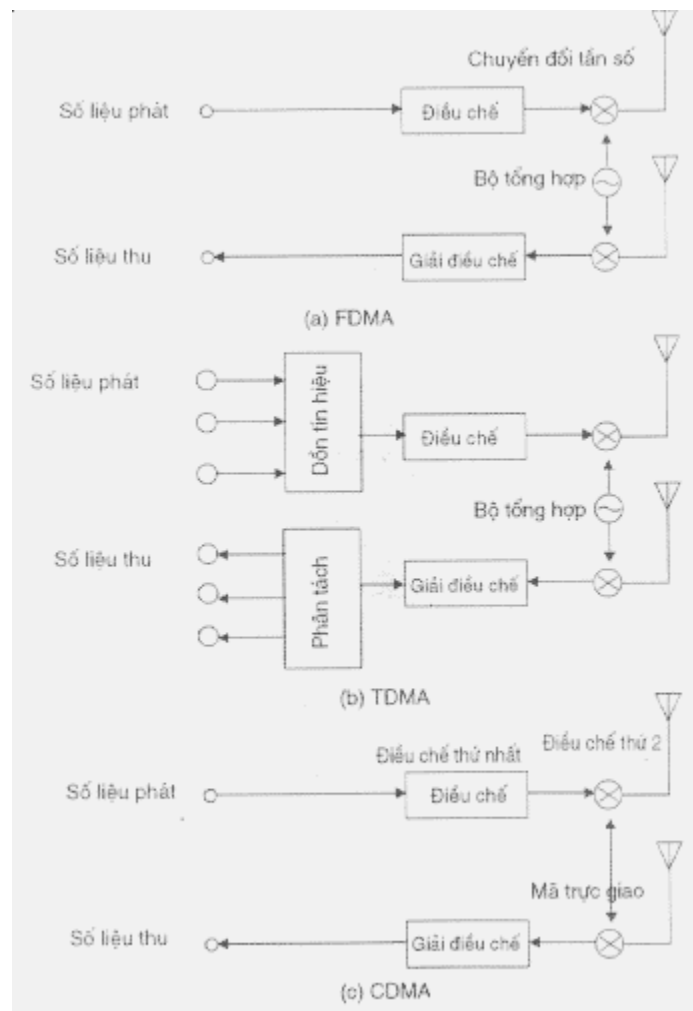
Máy tự động nghĩa là thiết bị thông tin được trang bị để di động như là xe cộ, tàu bè, máy bay và chúng bao gồm điện thoại cầm tay, chuông bỏ túi và điện thoại vô tuyến xách tay.

2.5.3 Phương pháp truy nhập kênh

Trong thông tin di động, cần phải điều tiết càng nhiều người sử dụng càng tốt trên các nguồn tần số giới hạn. Truy nhập kênh được phân loại thành kiểu chiếm dụng kênh và phân chia kênh. Kiểu chiếm dụng kênh là truy nhập tốt đối với thông tin liên tục như điện thoại. Có đa truy nhập phân chia theo tần số trong hệ thống tế bào tương tự, đa truy nhập phân chia theo thời gian đủ sử dụng trong hệ thống tế bào số, và đa truy nhập phân chia theo mã.

Kiểu chia kênh được gọi là truy nhập ngẫu nhiên vì nó cho phép có va chạm và người sử dụng có thể chuyển một cách độc lập tín hiệu gốc một cách ngẫu nhiên. Có các loại truy nhập ALOHA, ICMA (đa truy nhập chuyển tín hiệu rời) và CSMA (đa truy nhập nhạy cảm sóng mang). Trong hệ thống tế bào, khi máy di động tiến hành cuộc gọi và chuyển tín hiệu điều khiển để yêu cầu kênh tới trạm gốc thì truy nhập ngẫu nhiên được sử dụng.

1/ FDMA,/TDMA/CDMA



Hình 2.34 Cầu hình của hệ thống thu phát (trạm gốc)

Mặt khác trong CDMA thì sóng đã được điều chế thứ nhất của số liệu phát được điều chế trực giao thứ hai bằng mã khuếch tán. Tỷ lệ dải thông giữa sóng điều chế lần thứ hai và sóng điều chế lần thứ nhất gọi là hiệu quả khuếch tán. Nếu khuếch tán ngược bằng mã khuếch tán này thì chúng ta lại nhận được sóng điều chế lần thứ nhất.

Ngược lại với trường hợp FDMA và TDMA trong đó tín hiệu là trực giao trong từng miền tần số và từng miền thời gian, để tránh sự va chạm, các tín hiệu gốc của khách hàng trong CDMA điểm đặc trưng của nó là tín hiệu được trực giao hoá ở miền mã.

2/ Truy nhập ngẫu nhiên.

Trong trường hợp truyền thông gói mà yêu cầu thông tin là ngẫu nhiên và khả năng tạo nhóm cao, mặc dù một kênh vô tuyến được dùng chung cho nhiều người sử dụng nhưng xác suất va chạm thấp. Bằng cách sử dụng truyền thông gói theo thống kê này, việc truy nhập để thực hiện ghép kênh được gọi là đa trung nhập thống kê.

Truy nhập ngẫu nhiên đơn giản nhất là ALOHA. Từ mỗi khi góc thông tin cần phát được tạo ra máy di động giữ góc thông tin này tới trạm gốc. Khi có xuất hiện lỗi trong góc thông tin này tới trạm gốc. Khi có xuất hiện lỗi trong góc thông tin thu được do va chạm thì trạm gốc yêu cầu phát trả lại cho máy di động. Chông ICMA phát hiện được khi nào đường thông đến trạm gốc không bị chiếm (chả có máy di động nào phát, và khi nào đường thông đến trạm gốc đang được sử dụng (một máy di động đang phát) và tránh được va chạm trong kênh vô tuyến từ trạm gốc xuống (từ trạm gốc đến máy di động).

3/ FDMA

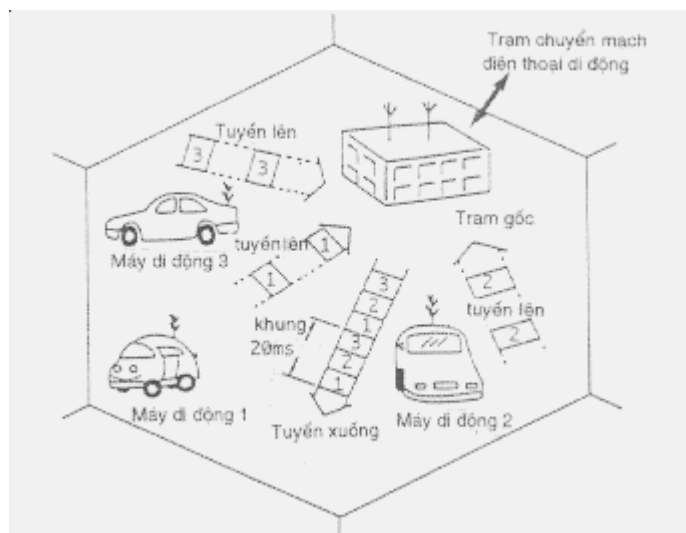
Phương pháp đơn giản nhất về truy nhập kênh là đa truy nhập phân chia tần số. FDMA là thể hiện kênh băng hẹp mà đơn giản là bất kỳ đầu cuối nào cũng có một đường điện thoại theo mỗi kênh mà nó có thể truy nhập tới bất kỳ tần số nào. Đôi khi hệ thống này còn được gọi là mỗi kênh trên một sóng mang. Phân chia tần số ở đây là mỗi máy di động có thể sử dụng một đường được tạo ra bằng cách này (xem hình 2.35). Đa truy nhập phân chia tần số có nghĩa là nhiều khách hàng có thể sử dụng dải tần đã được gán cho họ mà không bị trùng nhờ việc chia phổ tần ra thành nhiều đoạn.

Ghép kênh phân chia tần số là: tín hiệu cần được phát tới một số khách hàng từ một máy phát sẽ được phát đi bằng cách phân chia các băng tần và máy thu sẽ chọn thông tin thuộc băng tần của nó. FDMA là phát tín hiệu tới một số máy thu. Do vậy, nếu sử dụng FDMA trong hệ thống tế bào thì FDMA phải là kênh nghịch (backward channel) FDM là kênh thuận (Forward channel). Nó được gọi là FDM/FDMA.



Hình 2.35 (truncated). 1 mạch trên một mạch RF

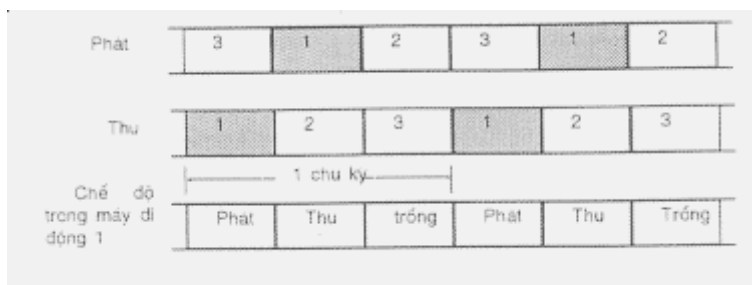
Những ưu điểm của đa truy nhập phân chia tần số là một trong những vấn đề khó khăn trong việc thực hiện hệ thống tế bào số đó là sự khuyếch tán trễ do thời gian đến bị trễ của sóng đa đường trong kênh tế bào, nó gây ra



Hình 2.36 Sơ đồ khái niệm của thông tin di động TDMA

(1) Định thời phát và thu

Hình 2.37 Chỉ rõ việc định thời phát và thu tại trạm gốc và chế độ định thời tại máy di động trong trường hợp ba kênh TDMA, chu kỳ phát, thu, trống được lặp đi lặp lại trong máy di động. Do việc định phát và thu không trùng nhau nên không cần đến bộ lọc chọn lựa thu phát trong máy di động. Khoảng thời gian trống được sử dụng để đo mức thu của các trạm gốc lân cận.

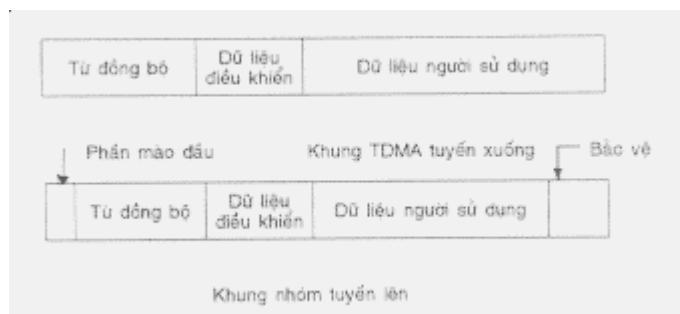


Hình 2.37 Định thời phát thu ở trạm gốc

2/ Cấu hình của khung

Cấu hình của khung được trình bày trong (Hình 2.38). Nhóm của tuyến lên (từ máy di động đến trạm gốc) bao gồm phần mào đầu, từ mã đồng bộ dữ liệu điều khiển, dữ liệu của người sử dụng và thời gian bảo vệ. Vì khung của tuyến xuống (từ trạm gốc đến máy di động) là tín hiệu liên tục nên không cần thiết phải có phần mào đầu và thời gian bảo vệ. Phần mào đầu là hệ thống mã của đồng bộ sóng mang và đồng bộ đồng hồ. Khi phát hiện trễ thì việc tái tạo sóng mang là không cần thiết và mã đồng bộ sóng mang là mã 1 bởi vì sóng thu phải là sóng chuẩn để phát hiện bằng cách tạo ra thời gian trễ mã 1).

Từ mã đồng bộ chỉ rõ điểm bắt đầu của dữ liệu điều khiển và dữ liệu người sử dụng trong thông tin.



Hình 2.38 Cấu hình của khung

3/ Điều chỉnh thời gian bảo vệ và định thời phát.

Khi một máy di động gửi chùm tín hiệu hướng lên để tạo định thời cho tín hiệu TDMA hướng xuống, đôi khi chùm này bị xung đột bởi vì cự ly giữa các máy di động tới trạm gốc là khác nhau. Chẳng hạn như khi khe 1 được gán cho một máy di động ở xa trạm gốc và máy di động gần nhất được gán khe 2 thì phần cuối của tín hiệu chùm sẽ va chạm với khe 2 bởi vì chùm tín hiệu của máy di động 1 đến chậm. Điều này như được trình bày trong hình <hình 2.38>, có thể tránh được bằng cách đưa vào sử dụng thời gian bảo vệ. Tình huống mà có thể tránh được xung đã được trình bày trong <Hình 2.39>. Khi bán kính tế bào là R thì thời gian bảo vệ (g) điển hình là $2R/C$ (giây) trong đó C là vận tốc ánh sáng. Khi $R=3\text{km}$ thì g là 20s. Nếu thời gian bảo vệ quá dài thì hiệu quả của khung [(độ dài của dữ liệu điều khiển + dữ liệu người sử dụng) độ dài khung] bị giảm.

Việc điều chỉnh đồng thời phát là phương pháp điều chỉnh định thời gian phát của máy di động theo cự ly từ trạm gốc để nhận được tín hiệu khởi của từng máy di động mà việc định thời nó được mô tả ở <Hình 2.37> vào không gây ra xung đột ở trạm gốc. Mặc dù hiệu quả sử dụng khung không giảm nó vẫn cần phải đo khoảng cách. Nó được chấp nhận sử dụng khi hệ thống có tốc độ bit cao, nơi không thể chấp nhận giảm hiệu quả khung dự có thời gian bảo vệ giống như hệ thống tế bào lớn.

4/ Thu tín hiệu nhóm.

Tuy nhiên, các tín hiệu nhóm từ các máy di động không xung đột với nhau do điều khiển định thời phát và thời gian bảo vệ và định thời đồng hồ của tín hiệu nhóm là nhập đồng bộ. Vì vậy, việc tái tạo lại đồng hồ nhóm của mỗi máy di động là cần thiết ở trạm gốc.

Vì tín hiệu nhóm được phát một cách tuần hoàn từ máy di động trong kênh truyền thông cho nên việc tái tạo đồng hồ mà không cần phải vì

phần mào đầu được thực hiện bằng cách duy trì gia của tín hiệu đồng hồ đã được tái tạo cho đến khi thu được tín hiệu nhóm tiếp theo và thực hiện phương thức tái tạo đồng hồ thông thường khi nhận được tín hiệu nhóm. Mặt khác, kênh điều khiển chung là truy nhập ngẫu nhiên và tín hiệu nhóm được bổ sung phần mào đầu để tái tạo đồng hồ. Để không làm giảm hiệu quả khung thì việc đồng bộ hoá đồng hồ cần phải được chèn vào 1 phần mào đầu ngắn với tốc độ cao. Nó có thể là đồng bộ tốc độ cao bằng cách đồng bộ hoá pha đầu tiên của đồng hồ tái tạo với tín hiệu nhận được.

(5) Giám sát mức thu ở trạm gốc bên cạnh sự điều khiển chuyển vùng để làm cho cuộc gọi được liên tục bằng cách phát hiện ra bào đòi dịch chuyển và chuyển tế bào này sang kênh vô tuyến khi máy di động đang gọi tới tế bào đã di chuyển là một kỹ thuật điều khiển quan trọng khi cường độ trường của tín hiệu thu được tại trạm gốc bị giảm (trong hệ thống tế bào tương tự) các trạm gốc trong tế bào bên cạnh sẽ đo cường độ tín hiệu của máy di động ngay lập tức. Cường độ tín hiệu mạnh nhất của tế bào trạm gốc được nhằm vào tế bào đã dịch chuyển và kênh vô tuyến của trạm gốc này được gán cho máy di động. Tuy nhiên sự phát hiện tế bào dịch chuyển này đã được sử dụng trong FDMA. Nếu số người sử dụng tăng lên thì quá trình điều khiển chuyển vùng sẽ rất lớn ở trạm gốc. Trong TDMA ngoài khe phát và thu còn có một khe trống. Nên nó được sử dụng thì quá trình điều khiển của trạm gốc sẽ được đơn giản hoá rất nhiều bởi vì có thể đo cường độ tín hiệu từ trạm gốc gần đó và nó được đánh giá là tế bào đã dịch chuyển.

5/ CDMA

Trước đây rất lâu, do những đặc tính của hệ thống thông tin trại phổ là rất mạnh về mặt chống nhiễu và có lợi thế cho thông tin bí mật đường dài, cho nên nó đã được sử dụng trong thông tin quân sự. Đầu những năm 1980 do công nghệ bán dẫn VLSI và nhờ sự phát triển của kỹ thuật thông tin đó truy nhập phân chia theo mỗi trong đó nó ghép kênh bằng việc điều chế dãy trực tiếp đã được thương mại hoá trong các hệ thống thu GPS và Omni-Tracs. Cũng theo cách như vậy, CDMA đã nổi lên như một hệ thống thông tin di động đôi kênh từ cuối những năm 80.

Trong bối cảnh này trước hết, nguyên lý cơ bản, được xuất phát từ lý thuyết của Shannon, trong đó dung lượng thông tin có thể đạt rất lớn theo công thức sau; mặc dầu độ rộng của băng tần sử dụng (w) lớn thay cho việc tỷ số tín hiệu trên tạp âm (S/N) nhỏ hơn 1.

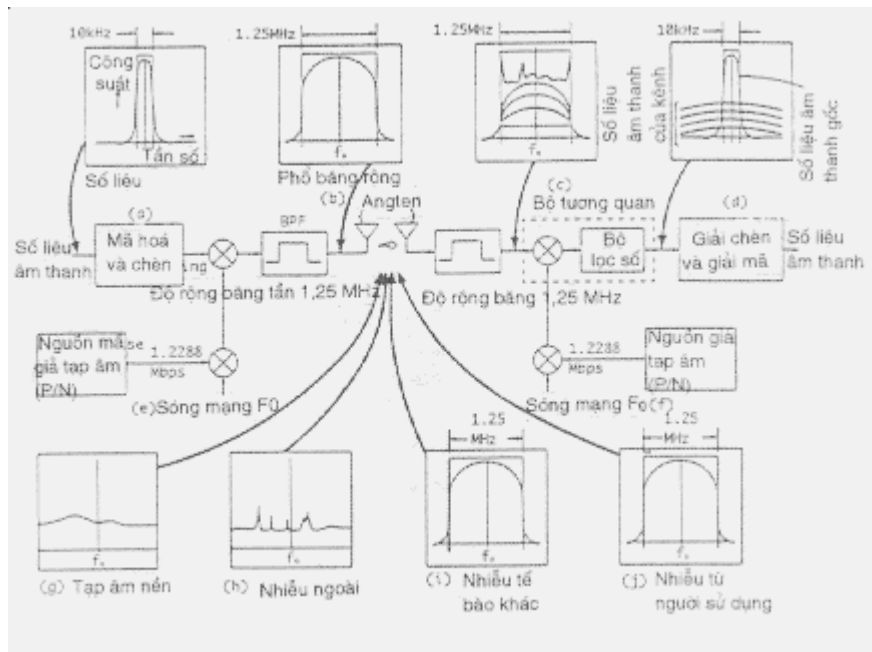
$$C = W \log_2 (1+S/N) \text{ [bps]} \quad (2.40)$$

$$= 1.44W \log_2 (1+S/N)$$

Trong đó nếu S/N nếu 0,1 thì C sẽ là

$$C = 1.44 W (S/N) (2/41)$$

Vì vậy, khi $W > S/N$ thì C có thể lớn vô hạn, nếu nhiều người sử dụng phát và thu dựa nhau theo một mã khác nhau thì có thể truy nhập lựa chọn 1-1 giữa tần số phát và thu.



Hình 2.40 Nguyên lý của hệ thống CDMA

Ở đây, để hiểu một cách đơn giản quá trình mã hoá phổ khuếch tán giữa phát và thu của hệ thống CDMA, nguyên lý của nó được trình bày trong hình 2.40. Cụ thể là ở phía phát, thì đối tượng để mã hoá và chèn dữ liệu âm thanh đã được số hoá (9,6 Kbps) được ghép kênh thành tín hiệu điều chế nhờ mã giả tạp âm 1,2288Mbps (9,6kbps x 128) với tần số sóng mang F_0 . Nó được bức xạ qua ăngten rằng cách được ghim trong bộ lọc băng thông có đồng băng là 1,25MHz. Mặt khác, ở phía thu thì tín hiệu thu từ ăngten đi qua bộ lọc băng thông có độ dải thông là 1,25MHz và được điều chế với sóng mang giống như ở phần phát bằng bộ mã hoá giả tạp âm 1,2288 Mbps, cộng với bộ tương quan và sau đó số liệu âm thanh nguyên thủy và giả tạp âm được lọc bằng bộ lọc số. Và số liệu âm thanh có thể được tái tạo bằng cách giải chèn và giải mã.

Đồng thời số liệu âm thanh của các kênh khác cũng như tạp âm và nhiễu vì số liệu âm thanh gốc có thể được phân chia và nhận được như trong hình 2.40. Điều đó có nghĩa là số liệu âm thanh giống như (a) được bức xạ cùng với (c) với và mỗi tín hiệu băng đã được khuếch tán từ bộ ghép kênh giống như (b) được bức xạ từ ăngten ra không trung với cường độ chỉ khuếch tán trong độ rộng băng 1,25 MHz. ở ăngten thu có thể thu được tạp âm nền (g), nhiễu bên ngoài (h), nhiễu của tế bào khác (i), tạp âm từ người sử dụng khác (j) mà nó được phát ở chỗ khác, cũng như sóng thu

mong đợi. Nhóm sóng vô tuyến này được lọc trong bộ lọc có độ rộng băng là $f_0 + (1,25/x)$ MHz và được cộng vào với bộ tương quan có $f_0 = 91,2288/x$ Mbps của được tạo ra ở phía thu.

Khi đi qua bộ lọc, (g), (h), (i), (j) sẽ trở thành băng khuếch tán trong phạm vi 1,25MHz. Tín hiệu khuếch tán mong muốn (b) bị co lại trong phạm vi dải 10KHz, nhưng nó chia sẻ với tín hiệu mong muốn ở (d) và tín hiệu khuếch tán không cần thiết sự phân bố cường độ của chúng (năng lượng điện) vẫn giữ nguyên như là cường độ tạp âm ở độ rộng băng 10KHz giống như (d), vì vậy (C/I) của tín hiệu mong đợi (c) trở nên tốt như là hiệu quả khuếch tán (128 lần).

Để hiểu được thuật ngữ khuếch tán này một cách dễ dàng, công thức đơn giản được trình bày như sau. Đầu tiên nếu số liệu âm thanh 9,6kbps được điều chế lần thứ nhất ở phần phát là $a(t)$, hệ thống PN là $C(t)$, sóng được phát là $y(t)$ thì khi đó chúng ta có thể nhận được công thức liên quan như sau:

$$Y(t) = a(t) \times c(t) \quad (2.42)$$

Nếu tín hiệu không giảm và không có can nhiễu hay tạp âm thì $y(t)$ thể hiện tín hiệu thu như nó vốn có. Trong trường hợp khuếch tán ngược do nó được nhân với cùng một trong của phần phát nên đầu ra khuếch tán ngược $z(t)$ là:

$$Z(t) = Y(t) \times c(t) = a(t) \times \{c(t)\}^2 \quad (2.43)$$

Trong đó, mặc dù $c(t)$ là số ngẫu nhiên thì giá trị của nó chỉ giới hạn trong 1 với bình phương của $c(t)$ bao giờ cũng = 1. Cho nên $J(t)$ giống như được trình bày dưới đây:

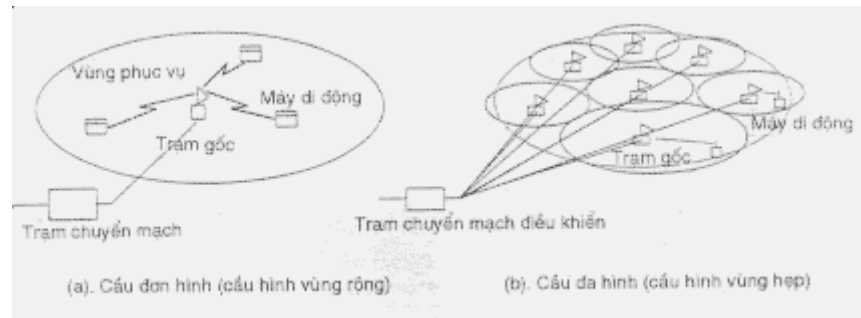
$$z(t) = a(t) \quad (2.44)$$

Tương tự như vậy ta có thể biết rằng sóng hoàn toàn giống như vậy có thể được tạo ra tại cùng một thời điểm ở phía thu. ở đây nếu hệ thống PN là 1 số ngẫu nhiên bên trong thì đó là một trường hợp tốt. Nhưng nếu là như vậy thì không thể tạo ra được một cách đồng thời một hệ thống hoàn toàn giống như vậy. Vì vậy phải sử dụng số giả định.

2.5.4. Cấu hình tế bào

1/ Khái niệm về hệ thống tế bào.

Do nguồn tần số giới hạn của thông tin vô tuyến điều quan trọng là cần phải tận dụng tần số một cách tốt nhất. Vì vậy khi chúng ta thiết lập một hệ thống viễn thông di động, vấn đề cốt lõi là phải sử dụng lại cùng 1 tần số ở địa điểm cách xa nơi sử dụng cùng tần số này.



Hình 2.41 Cấu hình vùng

Trong số các dạng truyền thông của thông tin di động thì có những dạng mà các máy di động liên lạc với nhau không cần trạm gốc giống như thiết bị thu phát và có những dạng mà các máy di động liên lạc với nhau thông qua trạm gốc như điện thoại trên tắc xi và trên xe cộ. Đối với loại thứ I thì bản thân người sử dụng kiểm tra xem có nhiễu không, sau đó mới liên lạc. Có thể sử dụng lại tần số nhưng hiệu quả thì thấp. Mặt khác đối với dạng thông tin thông qua trạm gốc có thể sử dụng kế hoạch tần số lặp lại một cách rất hiệu quả bằng cách phân bổ tần số ở trạm gốc. Tuy nhiên trong trường hợp hệ thống viễn thông di động có trạm gốc thì nó có 2 loại: loại thứ I là trạm bao phủ khu vực phục vụ giống như là liên lạc vô tuyến tắc xi, loại thứ II là đa trạm gốc bao phủ khu vực phục vụ như là hệ thống điện thoại xe cộ. Vùng là một miền mà sóng vô tuyến có thể đến được trạm gốc và loại thứ nhất là loại vùng đơn, loại thứ II là loại đa vùng.

Vùng đơn được gọi là vùng lớn bởi vì 1 trạm gốc bao phủ một khu vực phục vụ lớn. Có thông tin vô tuyến tắc xi, hệ thống nhắn tin và MCA (TRS). Dạng này có cấu hình đơn giản được nối với máy di động, các thiết bị phát/thu ở trạm gốc, tổng đài hay hệ thống chuyển mạch. Nhưng để duy trì được vùng phục vụ lớn thì công suất phát của máy di động của trạm gốc cần phải lớn. Vì vậy, nếu cự ly không đủ lớn thì không thể sử dụng ăng ten một tần số. Và nếu so sánh với dạng đa vùng thì đơn vùng không sử dụng lại tần số theo địa lý vì vậy hệ số sử dụng tần số thấp hơn đối với đa vùng. Sở dĩ gọi là vùng nhỏ bởi vì vùng của trạm gốc nhỏ hơn so với vùng của trạm gốc của đơn vùng trong đó vùng phục vụ tương ứng với vùng này. Vùng nhỏ có các đặc tính sau nếu so sánh với vùng lớn.

1/ Hiệu quả sử dụng tần số tốt hơn bởi vì một tần số có thể sử dụng ở nhiều vùng khác nhau có cự ly tương đối xa nhau đơn để tránh nhiễu trong khu vực phục vụ. Trông càng nhỏ thì tỷ lệ sử dụng lại tần số càng lớn.

2/ Chất lượng tốt hơn bởi vì vùng phục vụ bao gồm nhiều vùng nhỏ liên tục. Tương đối dễ đáp ứng được yêu cầu về cự ly khu vực phục vụ, cấu hình v.v...

3/ Công suất phát có thể thấp hơn. Cần phải giám sát trạng thái và điều khiển trung nhập bằng cách trao đổi thông tin giữa nhiều trạm gốc để đảm bảo hiệu quả và tính liên tục của một gốc. Cấu hình của hệ thống thì phức tạp. Mặc dù cấu hình của vùng nhỏ phức tạp nhưng nó có thể bao phủ 1 khu vực phục vụ rộng lớn và thực hiện được một hệ thống lớn có hiệu quả tần số cao.

Vì vậy nó được sử dụng trong hệ thống điện thoại, xe cộ và hệ thống điện thoại di động. Trong cấu hình của vùng nhỏ thì khu vực phục vụ giống nhiều vùng và mỗi vùng trông như một tế bào và nếu trạm gốc là lỗi thì nó được gọi là hệ thống tổ ong (collular). Mỗi vùng được gọi là một tế bào. Trong hệ thống tổ ong cần phải xác định số lượng và độ lớn của tế bào bằng xem xét địa hình, sự lan truyền sóng vô tuyến lưu lượng v.v... Đặc biệt chúng ta cần phải nghiên cứu nên bố trí trạm gốc như thế nào để loại trừ những lỗ hổng của khu vực phục vụ và cần nâng cao hiệu quả sử dụng tần số như thế nào. Việc nghiên cứu này được gọi là phân bố tế bào.

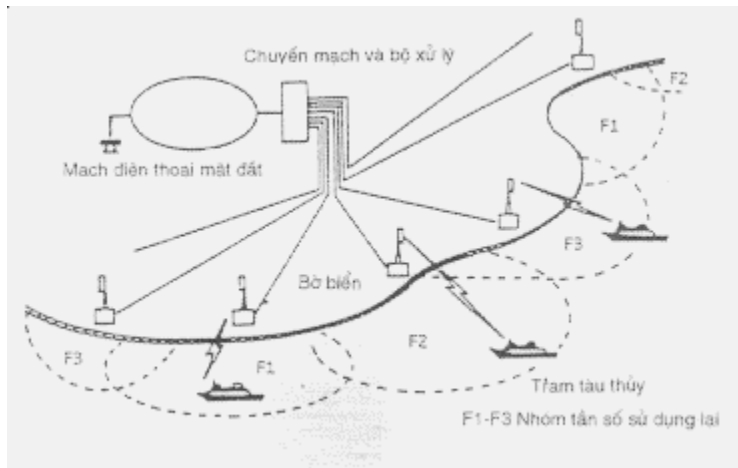
2/ Phân bố tế bào.

1/ Phân bố tế bào theo kiểu tuyến tính đa theo kiểu địa hình khi phân bố tế bào được bố trí theo kiểu tuyến tính do khu vực phục vụ nằm trên bờ, dọc theo bờ biển hay dọc theo đường trục giữa các thành phố lớn cách nhau vài chục kilomet thì tế bào được bố trí theo hàng dọc và sử dụng lại tần số sau mỗi vòng. Chẳng hạn, 3 tế bào sử dụng lại cuộc gọi trên tàu ở cảng, cuộc gọi trên tàu hoả và cuộc gọi trên máy bay. <Hình 2.42> miêu tả sự lặp lại của 3 tế bào trên sự phân bố tế bào kiểu tuyến tính.

Khi khu vực phục vụ có kiểu địa hình (mặt phẳng) giống như các cuộc gọi của các xe cộ thì rất nhiều tế bào được phân bố một cách phức tạp theo mô hình tế bào lặp lại trên khu vực phục vụ không có chỗ hở.

Phân bố tế bào theo địa hình như sau:

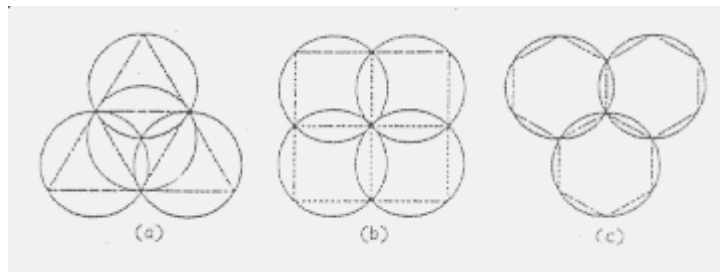
Mặc dù hình dạng tế bào thực tế phức tạp do sự lan truyền vô tuyến chịu ảnh hưởng của các yếu tố tự nhiên và địa lý, tế bào sẽ được mô hình hoá và các vị trí tế bào được phân bố đều đặn trên vùng phục vụ ở đó.



Hình 2.42 Ví dụ kiểu tuyến tính lặp lại ba tế bào

2/ Hệ dạng tế bào

Nếu ăngten đa hướng phát sóng vô tuyến trên khu vực mặt bằng thì vùng bao phủ có dạng hình tròn. Khu vực tế bào được xác định bằng các điểm có cùng vị trí mức thu trung bình giữa các vị trí tế bào trong khu vực lan truyền sóng vô tuyến và có dạng hình đa giác. Có 3 phương pháp để bao phủ kín khu vực bằng các tế bào hình dạng đa giác có kích thước như nhau (hình 2.43).



Hình 2.43 Hình dạng tế bào

Bảng 2.3 Khoảng cách tâm giữa các tế bào

Kiểu tế bào đơn vị	Khoảng cách tâm giữa các tế bào kề nhau
Tam giác đều (a)	R
Hình vuông (b)	$\sqrt{2} R$
Lục giác đều (c)	$\sqrt{3} R$

Hình vẽ

(a) Trường hợp tế bào hình tam giác đều

(b) Trường hợp tế bào hình vuông

(c) Trường hợp tế bào hình lục giác

Đường nối tâm của khu vực gốc lên nhau sẽ có hình tam giác đều, hình vuông hay hình lục giác đều. Không có bất kỳ hình dạng tế bào đa giác phân bố đều nào khác ngoài các hình trên. Chúng được gọi là kiểu tế bào tam giác đều kiểu tế bào hình vuông và kiểu tế bào lục giác đều. Mỗi kiểu tế bào có những đặc tính riêng của mình.

a. Cụ ly tế bào: Khi bao phủ khu vực với mỗi dạng tế bào thì khoảng cách tâm sẽ như ở trong <bảng 2.3>. Khoảng cách tâm của dạng lục giác đều là lớn nhất.

Bảng 2.4 Khu vực tế bào đơn vị là khu vực gốc lên nhau

Kiểu tế bào đơn vị	Khu vực tế bào đơn vị	Khu vực chống lán
Tam giác đều	3 $\sqrt{3} R^2$ 1.3R ²	(2 - 3 $\sqrt{3}$)R ² 1.2R ²
	4	2
Hình vuông	2R ²	(2 - 4)R ² 0.73R ²
Lục giác đều	3 $\sqrt{3} R^2$ 0.26R ²	(2 - 3 $\sqrt{3}$)R ² 0.35R ²
	2	

R: Độ rộng của tế bào chống lán

Hình vẽ

Bảng 2.5 Độ rộng của tế bào chống lán

Kiểu tế bào đơn vị	Độ rộng của tế bào chống lán
Tam giác đều	R
Hình vuông	(2 - $\sqrt{2}$) R 0.59R
Lục giác đều	(2 - $\sqrt{3}$) R 0.27R

R : Bán kính

Hình vẽ

b. Khu vực tế bào và khu vực chống lán: Khi các tế bào phân chia khu vực thành các tế bào đơn vị có cùng kích thước và khu vực chống lán sẽ khác nhau tùy theo từng kiểu tế bào như <Bảng 2.4>. Khu vực tế bào đơn vị là một khu vực được bao phủ bởi tam giác đều tối thiểu hoá số lượng tế bào để bao phủ một khu vực. Độ rộng của tế bào chống lán được trình bày trong <bảng 2.5>.

c. Số lượng tần số cần thiết tối thiểu: Do không thể sử dụng cùng một tần số vì nhiễu với các tế bào bên cạnh, cho nên số lượng tần số cần thiết tối thiểu được trình bày trong <bảng 2.6>.

Bảng 2.6 Số lượng tần số cần thiết tối thiểu.

Dạng tế bào đơn vị	Số lượng tần số cần thiết tối thiểu
Tam giác đều	6
Hình vuông	4
Lục giác đều	3

Mỗi dạng có những đặc tính riêng của nó. Dạng tam giác đều là không thích hợp trừ trường hợp đặc biệt và dạng tế bào lục giác đều là hiệu quả nhất.



Giáo trình

Hệ thống viễn thông

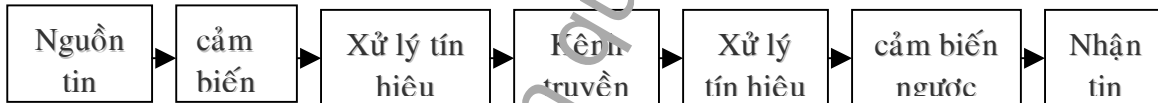


Hệ thống viễn thông

Bài 1: TỔNG QUAN VỀ CÁC HỆ THỐNG VIỄN THÔNG

I. Khái niệm :

- Hệ thống viễn thông là tập hợp tất cả các phương tiện kỹ thuật để truyền dẫn tin tức từ nơi phát đến nơi thu .
- Tùy theo các mục đích khác nhau mà người ta có nhiều cách phân loại hệ thống viễn thông .
- Phân loại theo tính chất công việc :
 - HTVT { Chuyển mạch (tổng đài) .
 - Truyền dẫn (Vi ba , vệ tinh) .Vi ba liên lạc trong phạm vi ngắn .
Vệ tinh liên lạc trong phạm vi dài .
- Phân loại theo cơ chế truyền tin :
 - HTVT { Hệ thống đơn công (Truyền tín hiệu theo một chiều nhất định) .
 - Hệ thống song công (Truyền tín hiệu hai chiều cùng một lúc) .
 - Hệ thống bán song công (Truyền tín hiệu hai chiều không đồng thời) .
- Cấu hình cơ bản của một HTVT :



- + Nguồn tin : Nơi phát ra tin tức cần truyền đi .
- + Cảm biến : Biến tin tức thành tín hiệu điện .
- + Xử lý tín hiệu : Biến tín hiệu thành một tín hiệu khác để truyền đạt hiệu quả cao trong truyền dẫn .
- + Kênh truyền : Đường truyền tín hiệu . Đối với các HTVT hiện nay có 3 kênh truyền chính.
 - { Cáp kim loại (Truyền ngắn, tốc độ truyền thấp) .
 - Vô tuyến (Truyền trong không khí) .
 - Cáp quang (Chỗ tạo bằng thủy tinh) .

II. Các thông số đánh giá chất lượng của các HTVT :

1) Độ suy hao của đường truyền :

Độ suy hao : Là tỷ số giữa công suất tín hiệu ngõ vào chia cho công suất tín hiệu ngõ ra . Trong các HTVT công suất và độ suy hao đều tính theo đơn vị chuẩn hóa là deciben (dB)

- Công suất : $[p] = 10 \log_{10} \frac{P}{P_c}$

Nếu $P_c = 1W$ \Rightarrow $[p]$ có đơn vị là dBW .

Nếu $P_c = 1mW$ \Rightarrow $[p]$ có đơn vị là dBm .

- Độ suy hao : $[A] = 10 \log_{10} \frac{P_{in}}{P_{out}} = [Pin] - [Pout]$ (đơn vị : dB) .

Vd: Đổi 100W ra dBm và dBW.

Hệ thống viễn thông

$$[P] \text{ dBW} = 10 \log_{10} \frac{100}{10} = 2 * 10 = 20 \text{ dBW}$$

$$[P] \text{ dBWm} = 10 \log_{10} \frac{100 * 10^3}{10} = 5 * 10 = 50 \text{ dBm}$$

$$\log_a^b = M \Rightarrow b = a^M$$

$$\log_a^a = 1$$

$$\log_a^{b^a} = a \log_a^b$$

$$\log_a^{(b.c)} = \log_a^b + \log_a^c$$

$$\log_a^{\frac{b}{c}} = \log_a^b - \log_a^c$$

$$\log_a^1 = 0$$

* Chú ý

- Khi công suất tính bằng W tăng gấp 2 thì công suất tính bằng dB tăng thêm 3 đơn vị

$$100\text{W} \# 20\text{dBW} = 50 \text{ dBm}$$

$$200\text{W} \# 23\text{dBW} = 53 \text{ dBm}$$

$$50\text{W} \# 17\text{dBW} = 47 \text{ dBm}$$

$$P_1 \# [P_1] = 10 \log_{10}^{P_1}$$

$$P_2 = 2P_1 \Rightarrow [P_2] = 10 \log_{10}^{2P_1} = 10 \log_{10}^2 + 10 \log_{10}^{P_1}$$

$$P_1(\text{W}) \Rightarrow [P_1] = 10 \log_{10}^{P_1}$$

$$[P_1] \text{ dBm} = 10 \log_{10}^{P_1 * 10^3} = 10 \log_{10}^{P_1} + 10 \log_{10}^{10^3}$$

$$1\text{W} \# 0 \text{ dBW} = 30 \text{ dBm}$$

$$2\text{W} \# 3 \text{ dBW} = 33 \text{ dBm}$$

$$4\text{W} \# 6 \text{ dBW} = 36 \text{ dBm}$$

$$8\text{W} \# 9 \text{ dBW} = 39 \text{ dBm}$$

$$16\text{W} \# 12 \text{ dBW} = 42 \text{ dBm}$$

$$32\text{W} \# 15 \text{ dBW} = 45 \text{ dBm}$$

$$64\text{W} \# 18 \text{ dBW} = 48 \text{ dBm}$$

Vd

$$\text{Đổi } 11 \text{ dBW} = (20 - 9) \text{ dBw}$$

$$= 100 : 9 = 12,5 \text{ W}$$

$$10\text{W} \# 10 \text{ dBW}$$

$$100\text{W} \# 20 \text{ dBW}$$

$$1000\text{W} \# 30 \text{ dBW}$$

$$10000\text{W} \# 40 \text{ dBW}$$

Đổi dBm ra mW

$$17 \text{ dBm} = (20 - 3) = 100 : 2 = 50 \text{ mW}$$

$$19 \text{ dBm} = (10 + 9) = 10 * 8 = 80 \text{ mW}$$

2) Thời gian trễ :

Hệ thống viễn thông

Là khoảng thời gian mà tín hiệu truyền từ nơi phát đến nơi thu trong các hệ thống viễn thông thời gian trễ tối đa cho phép là 100ms

Tín hiệu tại đầu thu : $u_R(t) = \alpha u_T(t - \mathfrak{T})$

α : Độ suy hao

\mathfrak{T} : Thời gian trễ

vd : Tín hiệu tại đầu phát $u_T(t) = A \cos(100\pi t + \pi/6)$ ($A = \text{ms}$)

Xác định pha của tín hiệu tại đầu thu cách nơi phát 30km

$$\text{Thời gian trễ : } \mathfrak{T} = \frac{d}{c} = \frac{3 \cdot 10^4}{3 \cdot 10^8} = 10^{-4} \text{ (s)}$$

$$\Rightarrow \text{Độ trễ pha } \omega\mathfrak{T} = 100\pi \cdot 10^{-4} = \frac{\pi}{100}$$

$$\text{Pha của tín hiệu tại đầu thu } \frac{\pi}{6} - \frac{\pi}{100} \text{ (rad)}$$

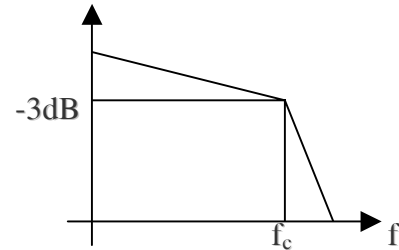
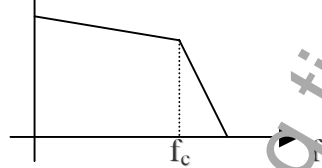
3) Băng thông của hệ thống :

là khoảng tần số mà đảm bảo cho hệ thống hoạt động ở chế độ bình thường .

Tần số cắt : Là tần số mà tại đó độ lợi giảm đi $\frac{1}{\sqrt{2}}$ lần (tính theo dB thì độ lợi

giảm 3 lần)

$1/0.7$



Băng thông bằng độ rộng phổ (khoảng thời gian giữa tần số nhỏ nhất f_{\min} và f_{\max} của tiếng nói con người .

Băng thông của hệ thống (BW) :

$$BW = f_{\max} - f_{\min} \text{ (Hz)}$$

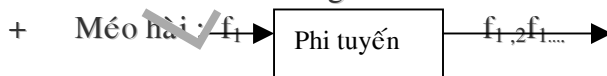
Đối với một hệ thống lý tưởng thì sẽ có băng công bằng độ rộng phổ của tín hiệu .

4) Độ méo tín hiệu :

Một hệ thống tuyến tính là hệ thống có quan hệ giữa tín hiệu đầu phát và đầu thu theo phương trình đường thẳng . Hệ thống phi tuyến là hệ thống có quan hệ giữa tín hiệu đầu phát và đầu thu theo phương trình đường cong .

Méo tín hiệu trong hệ thống phi tuyến chia làm hai loại :

- Méo hài .
- Méo điều chế tương hỗ .



Các tần số $2f_1, 3f_1, \dots, nf_1$ gọi là hài

Hệ thống viễn thông

Như vậy hài là những thành phần tần số mới xuất hiện ở ngõ ra của phi tuyến và có tần số gấp số nguyên lần tần số tín hiệu ngõ vào. Thành phần hài có tần số gấp n lần ngõ vào gọi là hài n lần.

Méo hài : là méo gây ra do các thành phần hài .

+ Méo điều chế tương hỗ .

Trong mạch phi tuyến nếu cho tín hiệu ngõ vào có nhiều tần số thì ở ngõ ra ngoài các thành phần hài còn có các thành phần khác có tần số không gấp một số nguyên lần tần số ngõ vào . Các thành phần này được gọi là sản phẩm điều chế tương hỗ .

Méo điều chế tương hỗ là méo gây ra do các sản phẩm điều chế tương hỗ .

5) Nhiều:

Là một tín hiệu không mong muốn nhưng xuất hiện trong tín hiệu thu được . có nhiều cách phân loại nhiều khác nhau .

- Phân theo nguồn gốc :

Nhiều { Can nhiễu : xuất phát bên ngoài hệ thống
Tập âm (tiếng ồn) : Xuất phát bên trong hệ thống

- Phân theo đặc tính tần số :

Nhiều { trắng : nhiều thành phần tần số tạo nên
Màu : Một thành phần tần số tạo nên

- Phân loại theo cách thức tác động của nhiễu

Nhiều { cộng tín hiệu cần thu cộng với tín hiệu nhiễu
Nhân tín hiệu cần thu với tín hiệu nhiễu

Trong các hệ thống viễn thông để đánh giá chất lượng của tín hiệu thu được người ta thường dùng đại lượng tỷ số tín hiệu trên nhiễu .

Tín hiệu /nhiều : viết tắt $\frac{S}{N}$ hay SNR

$$\frac{S}{N} = \frac{P_s}{P_n}; \left[\frac{S}{N} \right] \text{dB} = [P_s] - [P_n]$$

Trong các hệ thống số ngoài đại lượng $\frac{S}{N}$ người ta còn dùng đại lượng tỷ lệ

bit lỗi ký hiệu BER

BER = số bit lỗi / tổng số bit thu được

III . Tín hiệu và phân tích tín hiệu

1. Khái niệm tín hiệu :

Là một biểu hiện vật lý của tin tức nó được tạo ra nhờ vào bộ cảm biến .Tùy theo mục đích khác nhau mà người ta phân chia tín hiệu theo nhiều cấp ,

VD : micro ,camera .

+ Phân loại theo tính liên tục .

Tín hiệu { Tương tự : truyền hình , phát thanh .
Số : Điện thoại di động .

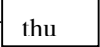
→ Tín hiệu tương tự là tín hiệu liên tục cả về thời gian lẫn biên độ .

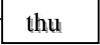
Hệ thống viễn thông

Tín hiệu số là tín hiệu liên tục về thời gian nhưng không liên tục về biên độ .

* **Các ưu điểm của tín hiệu số so với tín hiệu tương tự :**

- Khả năng bảo mật tín hiệu số tốt hơn .
- Khả năng chống nhiễu cao

Số \longrightarrow  để tách nhiễu

TT \longrightarrow  .

- Hiệu quả nén tín hiệu cao .

+ Phân theo tính tuần hoàn : 2 loại

Tín hiệu $\left\{ \begin{array}{l} \text{tuần hoàn } x(t) = x(t-T) \\ \text{Ngẫu nhiên} \end{array} \right.$

$$X(t) = 220\sin(100\pi t) \quad f = 50\text{hz}$$

$$X(t+0.02) = 220\sin[100\pi(t+0.02)]$$

$$= 220\sin[100\pi t + 2\pi]$$

$$= 220\sin 100\pi t$$

+ Phân theo năng lượng và công suất :

- Năng lượng tín hiệu : Là tín hiệu có năng lượng hữu hạn $0 < E_x < \infty$
ký hiệu E_x

$$E_x = \int_{-\infty}^{+\infty} x^2(t) dt$$

- Công suất tín hiệu : Là tín hiệu công suất hữu hạn $0 < P_x < \infty$
ký hiệu P_x

$$P_x = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{t_0 - \frac{T}{2}}^{t_0 + \frac{T}{2}} x^2(t) dt$$

Nếu $x(t)$ là tuần hoàn thì :

$$P_x = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t) dt$$

2. Phân theo tín hiệu

a. Phân tích theo tần số :

Là xác định các thành phần tần số có trong tín hiệu và năng lượng tương ứng của mỗi thành phần là bao nhiêu .

Cơ sở phân tích tín hiệu tần số là phép biến đổi Fourier.

- Biến đổi thuận $X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-s^2\pi f(t)} dt$

Hệ thống viễn thông

- Biến đổi ngược $X(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(f)e^{s2\pi f(t)} dt$

$$X(f) = |X(f)|e^{j\varphi(f)}$$

$|X(f)|$: Phổ biên độ của $x(t)$

$\varphi(f)$: Phổ pha.

b. Phân tích theo thời gian :

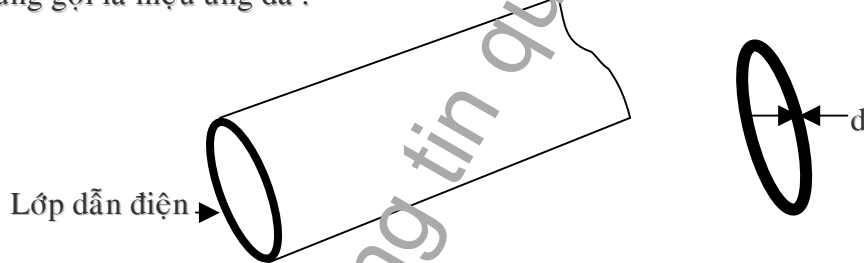
xác định biên độ của tín hiệu tại các thời điểm khác nhau .Trong thực tế rất nhiều người ứng dụng phân tích tín hiệu theo thời gian .Máy hiện sóng (oscilloscope) .

BÀI 2 MÔI TRƯỜNG TRUYỀN TIN

I. Các hiệu ứng xảy ra trên đường dây :

1. Hiệu ứng da :

Khi cho các tín hiệu có tần số cao chạy trên dây dẫn thì mật độ điện từ không phân bố đều tiết diện phẳng của dây mà tập trung chủ yếu ở lớp vỏ bên ngoài cùng gọi là hiệu ứng da .



Bề dày lớp dẫn điện $d = \sqrt{\frac{l}{\pi\eta}}$ (l là điện trở suất , μ là từ độ thẩm) .

Người ta đã ứng dụng hiệu ứng da để chế tạo ra dây dẫn lưỡng kim ,ống dẫn sóng để dùng trong các hệ thống viễn thông .

2. Hiệu ứng lân cận :

Khi hai dây dẫn đặt gần nhau thì mật độ điện từ phân ở lớp vỏ của hai dây dẫn theo hiệu ứng da cũng không đều mà tập trung nhiều ở phía tiếp xúc hai dây dẫn gọi là hiệu ứng da lân cận .

3. Hiệu ứng nhiệt :

Khi nhiệt độ của môi trường thay đổi làm cho các thông số của đường dây : điện trở , điện dẫn , điện cảm ,điện dung bị thay đổi đây là hiệu ứng nhiệt độ.

II. Các loại kênh truyền :

Cáp kim loại }
Cáp quang } Hữu tuyến
Vô tuyến

1. Kênh truyền hữu tuyến :

Hệ thống viễn thông

a. Cáp kim loại :

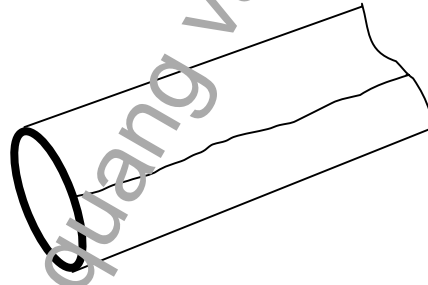
Là cáp được chế tạo từ các vật liệu kim loại dẫn điện .Tùy theo phạm vi ứng dụng khác nhau mà cáp kim loại cũng được chế tạo theo nhiều kiểu khác nhau .

+ Cáp đôi song hành : là loại cáp cân bằng có trở kháng 300Ω hoặc 600Ω .Cáp này thích hợp cho việc truyền tín hiệu có tần số thấp và trung bình .Băng thông tương đối hẹp và độ nhiễu phiến âm tương đối lớn .

+ Cáp xoắn đôi : Cáp cân bằng trở kháng $Z = 200 \Omega$ băng thông hẹp ,chống độ nhiễu xuyên âm .

- STP (shield TP)
- UTP (un shield TP)

+ Cáp đồng trục : là cáp không cân bằng, Trở kháng 75Ω và 50Ω có băng thông tương đối lớn nên rất thích hợp để truyền tín hiệu số có tín hiệu cao, khả năng chống nhiễu tương đối cao.



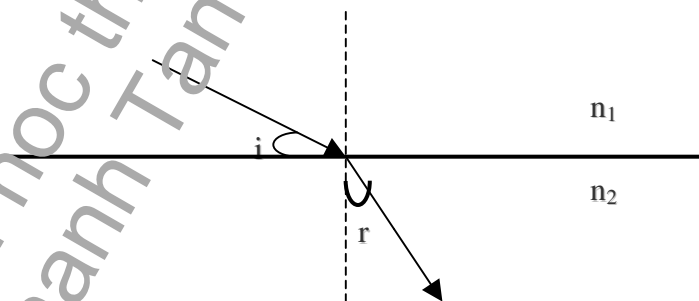
- Cáp thik (dày)
- Cáp thin (mỏng)

b. Cáp quang :

Cáp quang được chế tạo từ thủy tinh và tín hiệu truyền dẫn bên trong là ánh sáng.

❖ Cơ sở của việc truyền dẫn quang.

– Hiện tượng khúc xạ ánh sáng: Khi một tia sáng đi qua mặt phân cách giữa hai môi trường có chiết suất khác nhau thì làm cho tia sáng bị đổi phương. Hiện tượng này gọi là hiện tượng khúc xạ ánh sáng .



i : là góc tới được tạo bởi tia tới và pháp tuyến.

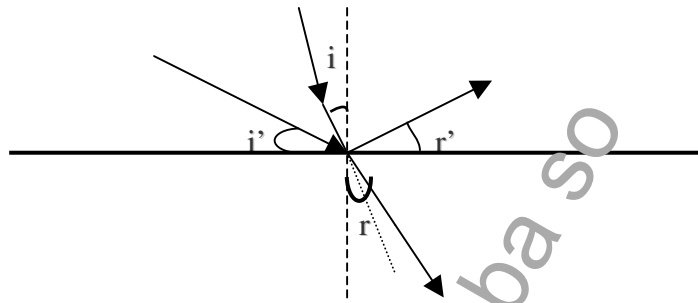
r : là góc khúc xạ, góc tạo bởi tia khúc xạ và pháp tuyến

Định luật khúc xạ ánh sáng : Khi góc tới thay đổi thì góc khúc xạ cũng thay đổi theo những tỷ số giữa sin góc tới và sin góc khúc xạ luôn luôn là một hằng số. Hằng số này chính là tỉ số chiết suất giữa hai môi trường

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$$

Hệ thống viễn thông

_ Hiện tượng phản xạ toàn phần:



Vì $n_1 > n_2 \Rightarrow \sin i / \sin r < 1$

$\Rightarrow \sin i < \sin r$

$r > i$ (vì $0 < i, r < 90^\circ$ hàm Sin là hàm tăng)

Khi cho ánh sáng đi từ môi trường chiết quang hơn sang môi trường chiết quang kém thì góc khúc xạ lớn hơn góc tới. Nếu tăng góc tới đến một góc giới hạn nào đó thì góc khúc xạ sẽ bằng 90° tiếp tục tăng góc tới thì tia khúc xạ sẽ biến mất và toàn bộ tia sáng sẽ phản xạ lại môi trường 1 theo định lý phản xạ. Hiện tượng này gọi là hiện tượng phản xạ toàn phần.

Để có hiện tượng phản xạ toàn phần thì thỏa mãn 2 điều kiện sau:

+ Ánh sáng đi từ môi trường chiết quang hơn sang môi trường chiết quang kém.

+ Góc tới $>$ góc giới hạn ($i > i_{gh}$).

Góc giới hạn là góc tới khi góc khúc xạ bằng 90°

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{\sin i_{gh}}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow i_{gh} = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$$

❖ Các loại sợi quang:

_ Sợi quang có chiết suất nhảy bậc SI (step index):

+ Cấu tạo gồm hai lớp:

- Lớp lõi có chiết suất lớn
- Lớp vỏ bên ngoài có chiết suất nhỏ
- Đồ thị biến thiên theo bán kính là một đường bậc thang.

+ Nguyên lý truyền tín hiệu: Dựa theo hiện tượng phản xạ toàn phần.

Khi chiếu ánh sáng vào một đầu của sợi quang, nếu tia sáng thẳng góc với thiết diện thẳng của sợi quang thì nó sẽ truyền đến đầu thu theo một đường thẳng. Nếu tia sáng vuông góc với thiết diện thẳng của sợi quang thì sẽ bị phản xạ nhiều lần và truyền đến đầu thu. Như vậy đường đi của tia sáng là một đường gấp khúc. Tín hiệu tại đầu thu là một tập hợp của tất cả các tia sáng.

Ưu điểm: Sợi SI có cấu trúc đơn giản nên dễ chế tạo do đó giá thành thấp.

Nhược điểm: $v = c/n$ do các tia sáng có nhiều đường đi khác nhau nhưng truyền cùng vận tốc nên chúng đến đầu thu không cùng lúc. Hiện tượng này gọi là tán xạ trong sợi SI. Kết quả của hiện tượng này làm cho xung ánh sáng thu được có độ rộng

Hệ thống viễn thông

lớn hơn xung ánh sáng đầu phát .Do đó sợi SI không truyền được tín hiệu có tốc độ cao

_ Sợi Quang có chiết suất giảm dần SI(Graded) :

+ Cấu tạo:

- Gồm rất nhiều lớp ,mỗi lớp có bề dày rất mỏng, lớp bên ngoài có chiết suất nhỏ hơn lớp bên trong.
- Đồ thị biểu diễn chiết suất theo bán kính là một đường cong có giá trị cực đại tại $R = 0$ (tâm của sợi quang) có giá trị cực tiểu tại $R = r$ (r là bán kính sợi quang)

+ Nguyên lý truyền tín hiệu: Dựa theo hiện tượng khúc xạ ánh sáng

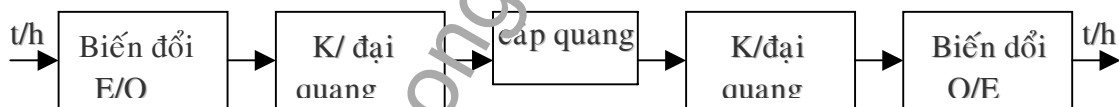
Khi chiếu ánh sáng vào một đầu của sợi quang thì các tia sáng này khúc xạ nhiều lần để truyền đến đầu thu .Đường đi của các tia sáng là đường hình sin .

Ưu điểm : Mặc dù đường đi của các tia sáng dài ngắn khác nhau nhưng các tia có đường đi dài đạt được vận tốc cao do truyền trong môi trường có chiết suất nhỏ ,các tia có đường đi ngắn đạt tốc độ chậm do đi trong môi trường có chiết suất lớn do đó các tia này sẽ đến cùng một lúc nên không gây hiện tượng tán xạ. Vì vậy sợi GI có thể truyền dẫn được tín hiệu có tốc độ cao .

Nhược điểm : Do có cấu trúc phức tạp nên sợi GI khó chế tạo nên giá thành cao .

Để hạn chế số lượng tia sáng truyền đi trong sợi quang người ta chế tạo ra sợi quang có kích thước nhỏ hơn. Nếu sợi quang chỉ truyền đi được một vài tia sáng thì được gọi là sợi đơn mode. Nếu sợi quang truyền được nhiều ánh sáng gọi là sợi đa mode.

❖ Nguyên lý truyền dẫn quang :



Để truyền dẫn tín hiệu đầu tiên tín hiệu được đưa vào bộ biến đổi điện quang, tín hiệu ngõ ra là tín hiệu ánh sáng. Tín hiệu này được khuếch đại nhiều lần để tạo ra công suất đủ lớn rồi đưa vào sợi quang. Tín hiệu ánh sáng lan truyền sang sợi quang và đến đầu thu .

Tại đầu thu do suy hao của sợi quang nên cường độ tín hiệu thu được nhỏ do đó tín hiệu này được khuếch đại trước khi đưa vào bộ biến đổi quang điện. Ngõ ra của bộ biến đổi này chính là tín hiệu ban đầu (tín hiệu cần truyền)

❖ Các thông số của sợi quang :

_ Hệ số suy hao : là lượng suy hao trên mỗi đơn vị chiều dài của sợi quang. Thông số này được tính bằng đơn vị DB/km. Có 4 nguyên nhân gây suy hao cho sợi quang + Suy hao do hấp thụ : Nếu trong quá trình chế tạo sợi quang thành phần của sợi có lẫn một số tạp chất thì sẽ làm cho độ trong suốt của sợi quang giảm đi. Chính các thành phần tạp chất này sẽ hấp thụ một phần ánh sáng khi chiếu qua nó và gây suy hao cho sợi quang .

Hệ thống viễn thông

+ Suy hao do tán sắc : nếu bên trong các sợi quang có các điểm khuyết tật như bọt khí, các vết nứt và chúng có dạng như các lăng kính thì khi ánh sáng chiếu qua nó gây ra hiện tượng tán sắc. Sau khi bị tán sắc có thể một số tia không còn đủ điều kiện để phản xạ toàn phần nên không đến được đầu thu do đó gây suy hao cho sợi quang .

+ Suy hao do uốn cong : Khi sợi quang bị uốn cong thì pháp tuyến tại điểm uốn cong bị thay đổi nên dẫn đến góc tới của một số tia sáng thay đổi theo . Do đó có thể một số tia không còn đủ điều kiện phản xạ toàn phần nên gây ra suy hao cho sợi quang .

+ Suy hao do đàn hồi : Khi hàn nối thì tại mỗi hàn chiết suất sợi quang sẽ bị thay đổi do vậy gây ra một phần suy hao cho sợi quang .

_ **Khẩu độ số** : (NA) tính bằng

$$NA = n_0 \sin i_{1\max}$$

Trong đó $i_{1\max}$ là góc tới lớn I tại A mà vẫn đảm bảo xảy ra phản xạ toàn phần tại B

Mà $n_0 \sin i_1 = n_1 \sin r$ (định lý khúc xạ ánh sáng)

$$n_0 \sin i_{1\max} = n_1 \sin r_{1\max} \quad (*)$$

Do $r + i_2 = 90^\circ$ khi $r = r_{\max}$

$$\Rightarrow i_2 = i_{2\min}$$

Để có phản xạ toàn phần tại B thì $i_{2\min} > i_{2gh} = \arcsin n_2/n_1$

$$\Rightarrow \sin r_{2\min} > n_2/n_1$$

Từ (*) $\Rightarrow NA = n_0 \sin i_{1\max} = n_1 \cos i_{2\min} = n_1 \sqrt{1 - \sin^2 i_{2\min}}$

Mà $\sin i_{2\min} > n_2/n_1$

$$\Rightarrow NA < n_1 \sqrt{1 - n_2^2 / n_1^2}$$

$$\Rightarrow 0 < NA < \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Thông số NA càng nhỏ thì sợi quang ít tán xạ nên chất lượng cao hơn (khoảng cách từ 0 đến $\sin i_{2\max}$ khả năng phản xạ càng lớn khi khoảng cách đó nhỏ lại thì sợi quang ít tán xạ)

❖ **Các ưu khuyết điểm của sợi quang :**

+ **Ưu điểm :**

_ Sợi quang có băng thông rất rộng nên có khả năng truyền được tín hiệu có tốc độ cao .

_ Do sợi quang cách điện hoàn toàn nên nó không gây nhiễu cho các hệ thống khác và cũng không bị các hệ thống khác gây nhiễu .

_ Sợi quang có độ suy hao thấp nên thích hợp cho các cự ly liên lạc xa .

_ Các thông số của sợi quang khá ổn định giúp cho tuổi thọ của sợi quang lâu hơn .

_ Sợi quang có kích thước nhỏ gọn nên dễ lắp đặt .

+ **Nhược điểm :**

_ Do chế tạo bằng thủy tinh nên dễ gãy .

Hệ thống viễn thông

- Việc hàn nối sợi quang tương đối phức tạp .

III Kênh truyền vô tuyến :

1. Các phương thức truyền sóng :

Do đặt điểm của không gian tự do thay đổi theo độ cao nên người ta chia không gian tự do làm ba tần cơ bản : Tần đối lưu, bình lưu và tần điện ly

Mỗi tần có các đặc điểm khác nhau nên cũng thích hợp cho các phương thức truyền khác nhau .

+ Truyền thẳng : (trực tiếp) Sử dụng môi trường là tần đối lưu .Để truyền theo phương thức này anten phát phải nhìn thấy anten thu do độ cong của mặt trái đất nên truyền theo phương thức này có cự ly hạn chế

+ Truyền phản xạ : Dựa vào đặt điểm của tần điện ly là phản xạ tốt đối với tín hiệu có tần số thấp nên người ta truyền sóng vào sự phản xạ của tần điện ly . Phương thức này có cự ly liên lạc tương đối xa .

2. Sự phân chia các băng tần số :

Trong mỗi lĩnh vực khác nhau được phân phát sử dụng tần số khác nhau .

+ Phát thanh : Chia làm một băng .

- Băng LW (sóng dài) f: 150 → 285 KHz

- Băng MW (sóng trung) f: 525 → 1650 KHz

- Băng SW (sóng ngắn) f: 4M → 26,1 MHz

- Băng USW (FM) f: 87,5M → 108 MHz

+ Truyền hình : 4 băng tần .

- Băng I : Từ 41M _ 68MHz (VHF)

- Băng II : Từ 134M _ 216MHz (VHF)

- Băng III: Từ 470M _ 506 MHz (UHF)

- Băng IV : Từ 600M _ 900MHz (UHF)

+ Vệ tinh : 3 băng tần

- Băng C từ 4G _ 6GHz

- Băng KU từ 11G _ 14 GHz

- Băng KA từ 20G _ 30 GHz

+ Thông tin di động : 2 băng tần

- D900 : từ 890 _ 960 MHz

- DCS1800 : từ 1710 _ 1880 MHz

❖ Suy hao trong không gian

Khi sóng điện từ lan truyền trong không gian thì nó sẽ va chạm với các phân tử khí và gây ra suy hao . Suy hao của không gian ký hiệu L_S :

$$L_S = 10 \log_{10} \left(\frac{4\pi D}{\lambda} \right)^2 = 20 \log_{10} \frac{4\pi D}{\lambda}$$

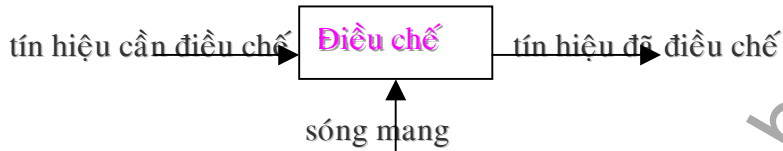
Trong đó D : là cự ly liên lạc (m) .

λ : là bước sóng làm việc (m) .

BÀI 3 : ĐIỀU CHẾ VÀ GIẢI ĐIỀU CHẾ

I. Khái niệm :

+ Điều chế là quá trình biến đổi tín hiệu thành một tín hiệu khác nhờ vào sóng mang .



+ Mục đích của việc điều chế là tạo ra một tín hiệu mới phù hợp với môi trường truyền dẫn .

Điều chế tín hiệu { Điều chế tương tự .
Điều chế số .

- Điều chế tương tự là điều chế mà tín hiệu cần điều chế là tín hiệu tương tự .
- Điều chế số mà tín hiệu cần điều chế là tín hiệu số .

II. Điều chế tương tự :

Sóng mang sử dụng trong quá trình điều chế thông thường là tín hiệu hình sin có dạng

$$x_c(t) = A \cos(\omega_c t + \varphi)$$

Trong quá trình điều chế tùy theo thành phần nào của sóng mang bị thay đổi mà người ta có các kiểu điều chế khác nhau . có 3 kiểu :

- Điều chế biên độ (AM)
- Điều chế tần số (FM)
- Điều chế pha (PM)

1. AM :

+ Khái niệm : Là quá trình điều chế làm cho biên độ của sóng mang thay đổi theo quy luật biến đổi của tín hiệu giải nền , trong khi tần số và pha của sóng mang không thay đổi .

+ Biểu thức toán học

Nếu gọi $x(t)$ là tín hiệu giải nền .

$$x_c(t) = A \cos(\omega_c t + \varphi) \text{ là sóng mang}$$

Thì tín hiệu đã điều chế AM có dạng : $x_{AM}(t) = [A+x(t)] \cos(\omega_c t + \varphi)$

+ Dạng sóng của tín hiệu AM :

+ Chỉ số điều chế (Độ sâu điều chế)

Chỉ số điều chế AM không lặp lại ký hiệu m_a được tính bằng :

$$m_a = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}}$$

Trong đó $E_{\max} = A + \max\{x(t)\}$

$$E_{\min} = A + \min\{x(t)\}$$

Hệ thống viễn thông

- Nếu $E_{\max} > 0$, $E_{\min} > 0 \Rightarrow m_a < 1$ và đầu thu có thể khôi phục lại được tín hiệu dải nền.
- Nếu $E_{\max} > 0$, $E_{\min} < 0 \Rightarrow m_a > 1$ và đầu thu không thể khôi phục lại tín hiệu dải nền do vậy không nên dùng trường hợp này.
- Nếu $x(t)$ là tín hiệu hình sin.

Ví dụ 1: $x(t) = B \cos \omega_0 t$ thì $E_{\max} = A+B$

$$E_{\min} = A-B$$
$$\Rightarrow m_a = \frac{A+B-(A-B)}{A+B+A-B} = \frac{B}{A}$$

Ví dụ 2: Cho tín hiệu dải nền $x(t) = 5 \cos(100\pi + 30^\circ)$ được điều chế AM với sóng mang.

$$X_c(t) = 4 \sin(100\pi)$$

Tính chỉ số điều chế AM và đưa ra nhận xét.

$$m_a = 5/4 = 1,25$$

Đây là hiện tượng quá điều chế đầu thu không khôi phục lại tín hiệu dải nền nên không dùng trường hợp này

- Nếu $x(t)$ là tín hiệu không sin
Chẳng hạn $x(t) = A_1 \cos \omega_1 t + A_2 \cos \omega_2 t + \dots A_n \cos \omega_n t$ thì chỉ số điều chế $m_a = \sqrt{m a_1^2 + m a_2^2 + \dots + m a_n^2}$

Trong đó $m a_i$ là chỉ số điều chế thành phần thứ i

Ví dụ 3: cho tín hiệu dải nền $x(t) = 3 \cos 10\pi t + 2 \cos 5\pi t + 6 \sin 100\pi t$

Điều chế AM tín hiệu này với sóng mang $x_c(t) = 10 \cos 2000\pi t$

Tính chỉ số điều chế AM $m a_1 = 3/10$

$$m a_2 = 2/10$$

$$m a_3 = 6/10$$

$$m a = 7/10$$

+ Phổ của tín hiệu đã điều chế AM:

Phổ của tín hiệu là tập hợp tất cả các thành phần có trong tín hiệu và biên độ tương ứng của nó

Vd phổ của tín hiệu tiếng nói nằm trong khoảng tần số từ 300hz đến 3400hz.

Giả sử tín hiệu dải nền $x(t) = B \cos \omega_0 t$

Tín hiệu sóng mang $x_c(t) = A \cos \omega_c t$

Thì tín hiệu đã điều chế $x_{AM}(t) = [A + x(t)] \cos \omega_c t$

$$= [A + B \cos \omega_0 t] \cos \omega_c t$$

$$= A \cos \omega_c t + \frac{B}{2} \cos(\omega_0 t + \omega_c t) + \frac{B}{2} \cos(\omega_c t - \omega_0 t)$$

Như vậy trong tín hiệu đã điều chế AM có 3 thành phần:

- Thành phần sóng mang có tần số ω_c
- Thành phần biên trên có tần số $\omega_c + \omega_0$
- Thành phần biên dưới có tần số $\omega_c - \omega_0$

Hệ thống viễn thông

$$x_{AM}(t) = A \cos \omega_c t + B/2 \cos(\omega_c + \omega_0)t + B/2 \cos(\omega_c - \omega_0)t$$

Trong 3 thành phần điều chế AM chỉ có thành phần 2 biên là chứa tín hiệu dải nền. Và khi tín hiệu đã điều chế truyền đến đầu thu thì máy thu chỉ cần 1 biên thì có thể khôi phục được tín hiệu dải nền. Do vậy để tiết kiệm năng lượng máy phát sẽ phát đi những thành phần cần thiết và loại bỏ những thành phần không cần thiết từ đó phát sinh ra các kiểu điều chế AM khác nhau.

Các kiểu điều chế AM: DSB-TC; DSB-SC; SSB-TC; SSB-SC

- DSB-TC (Điều chế 2 biên phát sóng mang) Phát đi 3 thành phần có trong tín hiệu đã điều chế.
- DSB-SC (điều chế 2 biên khử sóng mang) phát thành phần 2 biên nhưng không phát sóng mang.
- SSB-TC (điều chế đơn biên phát sóng mang) phát đi sóng mang và chỉ 1 biên.
- SSB-SC (điều chế đơn biên khử sóng mang) chỉ phát đi duy nhất 1 biên.

2. FM (Frequency Modulation):

+ Khái niệm: FM là quá trình điều chế làm thay đổi tần số của sóng mang theo quy luật biến đổi dải nền trong khi biên độ và pha của sóng mang không thay đổi.

+ Biểu thức toán học:

Gọi $x(t)$ là tín hiệu dải nền

$x_c(t) = A \cos 2\pi f_c t$ là sóng mang thì tín hiệu đã điều chế FM có dạng:

$$x_{FM}(t) = A \cos \left[2\pi (f_c t + k_f \int_0^t x(t) dt) \right]$$

Trong đó k_f : là hệ số di tần (kHz/von)

+ Dạng sóng:

+ Chỉ số điều chế FM:

m_f được tính như sau:
$$m_f = \frac{\Delta f}{f_{\max}}$$

trong đó: $\Delta f = k_f \max \{x(t)\}$ độ di tần cực đại

f_{\max} là tần số lớn nhất trong $x(t)$.

+ Độ rộng băng thông của tín hiệu FM:

$$BW = 2(\Delta f + f_{\max})$$

3. PM (Phase Modulation):

+ Khái niệm: Là quá trình điều chế làm thay đổi pha của sóng mang theo quy luật biến đổi của tín hiệu dải nền trong khi biên độ và tần số của sóng mang không thay đổi.

+ Biểu thức toán học:

Gọi $x(t)$ là dải nền.

Hệ thống viễn thông

$x_c(t) = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$ là sóng mang

Khi đó tín hiệu đã điều chế PM có dạng : $x_{PM}(t) = A \cos(\omega_c t + \varphi + k_p \int_0^t x(t) dt)$,

Trong đó k_p là hệ số di pha (rad/v)

+ Chỉ số điều chế :

$$m_p = k_p \max\{x(t)\}$$

Chú ý : Khi tín hiệu truyền từ nơi phát đến nơi thu thì pha của tín hiệu bị thay đổi phụ thuộc vào tần số làm việc và cự ly truyền. Do vậy, đối với kiểu điều chế PM thì việc dải điều chế rất phức tạp nên kiểu điều chế này không sử dụng đối với tín hiệu tương tự. Tuy nhiên , trong điều chế số vẫn sử dụng điều chế pha có cải tiến.

III. Giải điều chế tín hiệu :

+ Khái niệm : Là quá trình tái tạo lại tín hiệu đã nền từ tín hiệu đã điều chế. Công việc dải điều chế thực hiện ở máy thu.

Giải điều chế chia làm 2 loại : giải điều chế kết hợp và giải điều chế không kết hợp.

- Giải điều chế kết hợp : Là quá trình giải điều chế có sử dụng sóng mang. Sóng mang sử dụng phải có cùng tần số và pha so với sóng mang đầu phát.

- Giải điều chế không kết hợp : Là quá trình giải điều chế không sử dụng sóng mang.

Vd về giải điều chế AM không kết hợp



sử $x_{AM}(t) = [A + x(t)] \cos \omega_c t$ khi qua mạch bình phương ta được

$$x_1(t) = x_{AM}^2(t) = [A + x(t)]^2 \cos^2 \omega_c t = [A + x(t)]^2 \frac{1 + \cos 2\omega_c t}{2}$$

$$x_1(t) = \frac{[A + x(t)]^2}{2} + \frac{[A + x(t)]^2}{2} \cos 2\omega_c t \text{ liên tục cho } x_1(t) \text{ qua LPF}$$

$x_2(t) = \frac{[A + x(t)]^2}{2}$ cho $x_2(t)$ qua hàm căn bậc 2 ta được

$$x_3(t) = \frac{A + x(t)}{\sqrt{2}} = \frac{A}{\sqrt{2}} + \frac{x(t)}{\sqrt{2}}$$

$x_3(t)$ qua tụ C thì ngõ ra được $\frac{x(t)}{\sqrt{2}}$

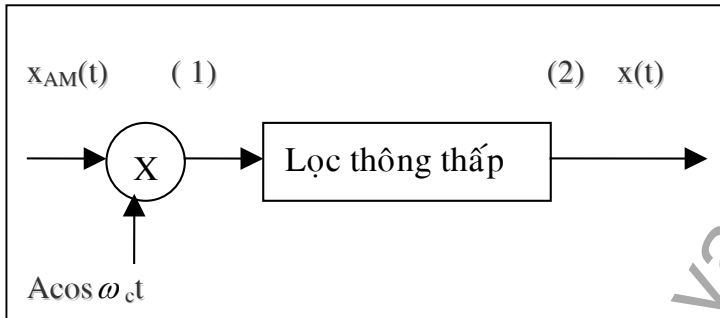
vd về giải điều chế kết hợp

$$x_{AM}(t) = [A + x(t)] \cos \omega_c t$$

Hệ thống viễn thông

$$x_1(t) = [A+x(t)] \cos^2 \omega_c t = [A+x(t)] \frac{1 + \cos 2\omega_c t}{2}$$

$$= \frac{[A+x(t)]}{2} + \frac{[A+x(t)]}{2} \cos 2\omega_c t$$



$x_1(t)$ qua LPF ta được

$$x_2(t) = \frac{A+x(t)}{2} \text{ cho } x_2(t) \text{ qua tụ C ta được } \frac{x(t)}{2}$$

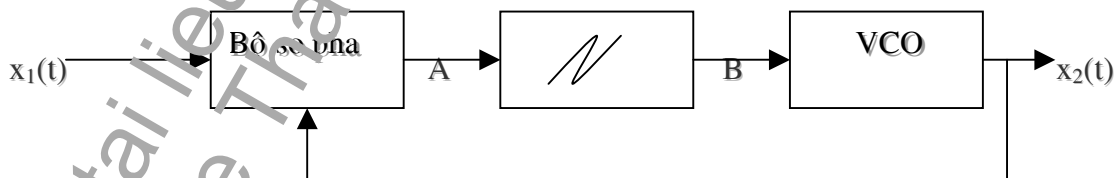
*** Chú ý :**

- Trong dải điều chế kết hợp điều kiện để dải điều chế được là sóng mang ở máy thu phải cùng tần số và pha so với sóng mang đầu phát.

- Để tạo ra sóng mang giống với đầu phát ở máy thu sử dụng các bộ khôi phục sóng mang. Có 2 loại khôi phục sóng mang thường sử dụng .

- SM { Vòng khóa pha.
- { Vòng CostAS.

• Vòng khóa pha :



Bộ so pha bằng bộ nhận.

VCO : Bộ dao động được điều khiển bằng điện áp.

Giả sử $x_1(t) = A \cos(\omega_1 t + \varphi_1)$ thì ban đầu VCO tạo ra tín hiệu

Hệ thống viễn thông

$x_2(t) = B \cos(\omega_2 t + \varphi_2)$. Trong đó $x_2(t)$ sẽ được hồi tiếp để so sánh với $x_1(t)$.

$$x_A(t) = x_1(t) * x_2(t) = \frac{AB}{2} \cos[(\omega_1 + \omega_2)t + (\varphi_1 + \varphi_2)] + \frac{AB}{2} \cos[(\omega_1 - \omega_2)t + (\varphi_1 - \varphi_2)]$$

$$x_B(t) = \frac{AB}{2} \cos[(\omega_1 - \omega_2)t + (\varphi_1 - \varphi_2)]$$

$x_B(t)$ chính là điện áp kích cho VCO.

Nếu $\omega_1 - \omega_2 \neq 0$ và $\varphi_1 - \varphi_2 \neq 0$ thì VCO sẽ điều chỉnh tần số và pha quá trình lặp lại như cũ cho đến khi $\varphi_1 = \varphi_2$ và $\omega_1 = \omega_2$ thì VCO không thay đổi nữa. Lúc này ta gọi pha đã bị khóa và tín hiệu VCO tạo ra giống như tín hiệu ngõ vào.

- Vòng COSTAS :

Giả sử $x_1(t) = A \cos(\omega_1 t + \varphi_1)$ và ban đầu VCO tạo ra $x_2(t) = B \cos(\omega_2 t + \varphi_2)$

$$x_A(t) = AB \cos(\omega_1 t + \varphi_1) \cos(\omega_2 t + \varphi_2) = \frac{AB}{2} \cos[(\omega_1 + \omega_2)t + (\varphi_1 + \varphi_2)] + \frac{AB}{2} \cos[(\omega_1 - \omega_2)t + (\varphi_1 - \varphi_2)]$$

$$x_B(t) = AB \cos(\omega_1 t + \varphi_1) \sin(\omega_2 t + \varphi_2) = \frac{AB}{2} \sin[(\omega_1 + \omega_2)t + (\varphi_1 + \varphi_2)] - \frac{AB}{2} \sin[(\omega_1 - \omega_2)t + (\varphi_1 - \varphi_2)]$$

$$x_C(t) = \frac{AB}{2} \cos[(\omega_1 - \omega_2)t + (\varphi_1 - \varphi_2)]$$

$$x_D(t) = -\frac{AB}{2} \sin[(\omega_1 - \omega_2)t + (\varphi_1 - \varphi_2)]$$

$$x_E(t) = -A^2 B^2 / 8 \sin \alpha \cos \alpha = A^2 B^2 / 8 \sin[2(\omega_2 - \omega_1)t + 2(\varphi_2 - \varphi_1)]$$

chính $x_E(t)$ làm điện áp VCO

Nếu $\varphi_1 - \varphi_2 \neq 0$, $\omega_1 - \omega_2 \neq 0$ thì VCO sẽ điều chỉnh tần số và pha của nó. Quá trình sau đó được lặp lại cho đến khi $\varphi_1 = \varphi_2$ và $\omega_1 = \omega_2$ thì VCO sẽ không điều chỉnh nữa. Tín hiệu do VCO tạo ra lúc này sẽ có cùng tần số và pha so với $x_1(t)$.

BÀI 4: KỸ THUẬT ĐIỀU CHẾ SỐ

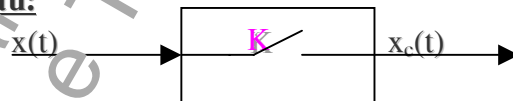
I. Biến đổi tương tự – số :

Để biến đổi tín hiệu tương tự thành tín hiệu số thì có nhiều phương pháp khác nhau. Tuy nhiên trong lĩnh vực viễn thông phương pháp phổ biến nhất là điều chế xung mã PCM (Pulse Code Modulation).

Quá trình biến đổi A/D bằng PCM gồm 3 bước như trong sơ đồ sau :



1. Lấy mẫu:



Mô hình hóa của bộ lấy mẫu là một khóa k đóng mở liên tục. Mục đích của việc lấy mẫu là biến đổi tín hiệu liên tục thành tín hiệu rời rạc. Các giá trị của tín hiệu rời rạc được gọi là các mẫu. Thời gian giữa hai lần khóa k đóng mở liên tiếp được

Hệ thống viễn thông

gọi là chu kỳ lấy mẫu, kí hiệu là T , nghịch đảo của chu kỳ lấy mẫu gọi là tần số lấy mẫu. kí hiệu f_s (Sampling).

Tín hiệu rời rạc sau khi lấy mẫu được xác định bằng công thức

$$X_o(t) = x(nT) = x(n), (T \text{ là chu kỳ lấy mẫu})$$

Để từ $x(nT)$ khôi phục lại tín hiệu $x(t)$ mà ít bị sai dạng thì việc lấy mẫu phải tuân theo định lý lấy mẫu.

Định lý:

- Tín hiệu lấy mẫu phải có băng thông hữu hạn.
- Tần số lấy mẫu \geq tần số lớn nhất có trong tín hiệu, khi tần số lấy mẫu bằng 2 lần tần số lớn nhất có trong tín hiệu thì tần số này gọi là tần số lấy mẫu tối thiểu hay còn gọi là tần số Nyquist

$$f_s \geq f_{\max}$$

vd1: $x(t) = 3\cos 10\pi t + 2\sin 12\pi t + 4\sin 20\pi t$

tính tần số lấy mẫu tối thiểu

$$x(t) = 3\sin 22\pi t + 3\sin 2\pi t + 4\sin 20\pi t$$

các thành phần tần số có trong tín hiệu ;

$$f_1 = 11\text{Khz}$$

$$f_2 = 1\text{Khz}$$

$$f_3 = 10\text{Khz}$$

tần số lớn nhất $f_{\max} = f_1 = 11\text{Khz}$

$$f_s = 2f_{\max} = 2 \cdot 11 = 22\text{Khz}$$

vd2: Cho tín hiệu $x(t) = 3\cos 10\pi t + 2\sin 12\pi t + 4\sin 20\pi t$

xác định tín hiệu rời rạc sau khi lấy mẫu

a. $f_s = 10\text{K}$

$$x(nT) = 3\cos 10\pi \frac{n}{10} + 2\sin 12\pi \frac{n}{10} + 4\sin 20\pi \frac{n}{10}$$

$$= 3\cos n\pi + 2\sin 2\pi n/5 + 4\sin 2\pi n - 3\cos \pi n + 2\sin 6\pi n/5$$

biến đổi ngược $x(nT) = 3\cos 10\pi n/10 + 2\sin 12\pi n/10$

$$\Rightarrow x(t) = 3\cos 10\pi t + 2\sin 12\pi t \quad (\text{không đúng } x(t))$$

b. $f_s = 40\text{khz}$

$$\Rightarrow x(nT) = 3\cos 10\pi n/40 + 2\sin 12\pi n/40 + 4\sin 20\pi n/40$$

$$\Rightarrow x(nT) = 3\cos \pi n/4 + 2\sin \pi n/40 + 4\sin \pi n/2$$

Biến đổi ngược :

$$x(nT) = 3\cos 10\pi n/40 + 2\sin 12\pi n/40 + 4\sin 20\pi n/40$$

$$\Rightarrow x(nT) = 3\cos 10\pi t + 2\sin 12\pi t + 4\sin 20\pi t$$

đúng với tín hiệu $x(t)$ ban đầu .

2. Lượng tử hóa .



$$x(1T) = 1.2 \text{ v}$$

Hệ thống viễn thông

$$x(2T) = 2.6 \text{ v}$$

$$x(3T) = 4.2 \text{ v}$$

$$x'(1T) = 1 \text{ v}$$

$$x'(2T) = 3 \text{ v}$$

$$x'(3T) = 4 \text{ v}$$

Các mẫu của tín hiệu rời rạc sau khi lấy mẫu thông thường có giá trị ngẫu nhiên. Do đó lượng tử hóa là làm gần đúng các mẫu về các giá trị chuẩn. Trước các giá trị chuẩn này gọi là các mức lượng tử, khoảng cách giữa 2 mức lượng tử liên tiếp gọi là bước lượng tử kí hiệu là Q .

Như vậy trong lượng tử hóa sẽ gây nên sai số và được gọi là sai số lượng tử kí hiệu e

$$-\frac{Q}{2} \leq e \leq \frac{Q}{2}$$

Ví dụ : cho tín hiệu $x(t) = \sin 100\pi t$ ($t = s$)

Lấy mẫu ở tần số $f_s = 1000\text{Hz}$

- xác định $x(nT)$?
- tính giá trị của 10 mẫu đầu tiên từ $x(1T)$ cho đến $x(10T)$?
- xác định lại 10 mẫu này khi lượng tử hóa. Biết các mức lượng tử là một số nguyên ?

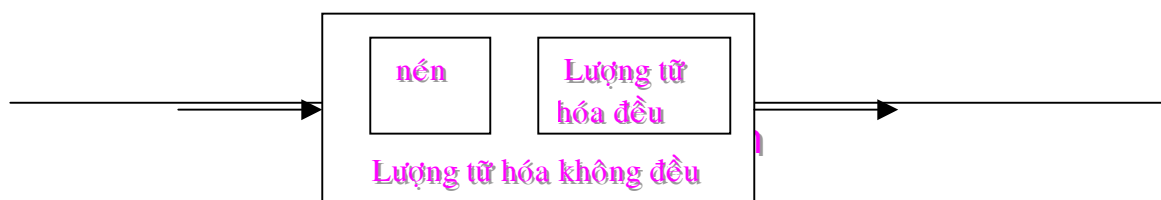
Giải :

- Ta có $x(nT) = 4\sin 100\pi/1000 = 4\sin \pi n/10$.
- | | |
|--|----------------------|
| $x(1T) = 4\sin \pi/10 = 1.23\text{v}$ | $\Rightarrow x' = 1$ |
| $x(2T) = 4\sin 2\pi/10 = 2.35\text{v}$ | $\Rightarrow x' = 2$ |
| $x(3T) = 4\sin 3\pi/10 = 3.23\text{v}$ | $\Rightarrow x' = 3$ |
| $x(4T) = 4\sin 4\pi/10 = 3.8\text{v}$ | $\Rightarrow x' = 4$ |
| $x(5T) = 4\sin 5\pi/10 = 4\text{v}$ | $\Rightarrow x' = 4$ |
| $x(6T) = 4\sin 6\pi/10 = 3.80\text{v}$ | $\Rightarrow x' = 4$ |
| $x(7T) = 4\sin 7\pi/10 = 3.23\text{v}$ | $\Rightarrow x' = 3$ |
| $x(8T) = 4\sin 8\pi/10 = 2.35\text{v}$ | $\Rightarrow x' = 2$ |
| $x(9T) = 4\sin 9\pi/10 = 1.23\text{v}$ | $\Rightarrow x' = 1$ |
| $x(10T) = 4\sin \pi = 0\text{v}$ | $\Rightarrow x' = 0$ |

* **Các cách lượng tử hóa :**

- Lượng tử hóa đều : là chia các bước lượng tử đều nhau. nhược điểm của lượng tử hóa đều là sẽ gây sai số lớn cho các mẫu có giá trị nhỏ. Để khắc phục nhược điểm này người ta sử dụng các lượng tử hóa không đều.

- Lượng tử hóa không đều : Chia các bước lượng tử không đều nhau ở vùng có biên độ càng nhỏ thì bước lượng tử càng ngắn. Ở vùng có biên độ càng lớn thì bước lượng tử càng dài. Để thực hiện lượng tử hóa không đều, người ta nên thực hiện trước rồi sau đó đưa qua bộ lượng tử hóa đều.



Hệ thống viễn thông

x(n)

x'(n)

Theo tiêu chuẩn quốc tế có 2 tiêu chuẩn nén tín hiệu .

Luật A : $y = Ax / (1 + \ln A)$ (A = 87.6)

Luật μ : $y = (1 + \ln x) / (1 + \ln \mu)$

Trong đó x là thành phần ngõ vào của nén

y là thành phần ngõ ra của nén.

3. Mã hóa :

Mã hóa là gán cho mỗi mẫu (mẫu đã chuẩn hóa) bằng một chuỗi bit . Kết quả của mã hóa ta được tín hiệu số ở ngõ ra.

Số bit mã hóa cho một mẫu và số mức lượng tử liên hệ nhau bằng công thức :

$$n = \log_2 M$$

trong đó : n: là số bit gán cho một mẫu.

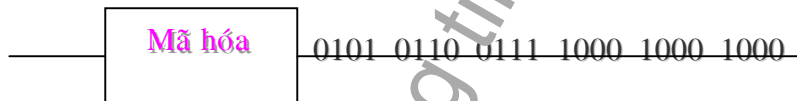
M : là số mức lượng tử.

Tốc độ bit của tín hiệu số sau khi ra khỏi bộ mã hóa được xác định bằng công thức :

$$f_b = f_s * n \text{ (b/s)}$$

trong đó : f_s chỉ số lấy mẫu

n số bit mã hóa cho một mẫu.



x(1) = 1 0 # 0100

x(2) = 2 1 # 0101

x(3) = 3 2 # 0110

x(4) = 4 3 # 0111

x(5) = 4 4 # 1000

x(6) = 4

II. Các kỹ thuật điều chế số .

Giống như điều chế tương tự , điều chế số cũng được chia ra làm 3 loại :

- Khóa dịch biên độ ASK.
- Khóa dịch tần số FSK.
- Khóa dịch pha PSK.

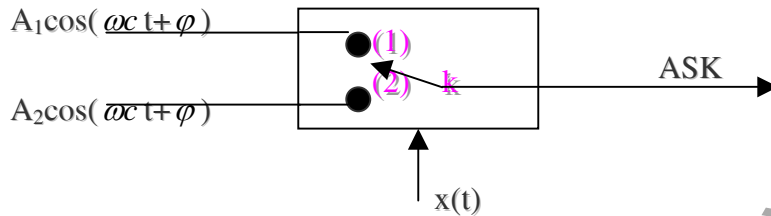
Ngoài ra còn có thể kết hợp nhiều kiểu điều chế cùng một lúc để tạo ra kỹ thuật điều chế lai.

1. **ASK** : Khóa dịch biên độ.

Hệ thống viễn thông

+ Khái niệm : ASK là quá trình làm thay đổi biên độ sóng mang theo quy luật biến đổi của tín hiệu dải nền trong khi tần số và pha của sóng mang không thay đổi. Tín hiệu dải nền trong trường hợp này là một tín hiệu số.

+ Nguyên lý điều chế :



- Khóa K có thể chuyển đổi từ vị trí (1) sang vị trí (2) và ngược lại dưới sự điều khiển của tín hiệu dải nền $x(t)$.
- Khi $x(t) = "1"$ thì K ở vị trí (1) lúc đó tín hiệu ngõ ra $x_{ASK}(t) = A_1 \cos(\omega_c t + \varphi)$.
- Khi $x(t) = "0"$ thì K ở vị trí (2) lúc đó $x_{ASK}(t) = A_2 \cos(\omega_c t + \varphi)$.

Như vậy tín hiệu ngõ ra có biên độ thay đổi tùy thuộc vào $x(t)$.

Tổng quát : $x_{ASK}(t) = A_n \cos(\omega_c t + \varphi)$. (n = 1,2,3...)

* OOK : Là trường hợp đặc biệt của ASK.

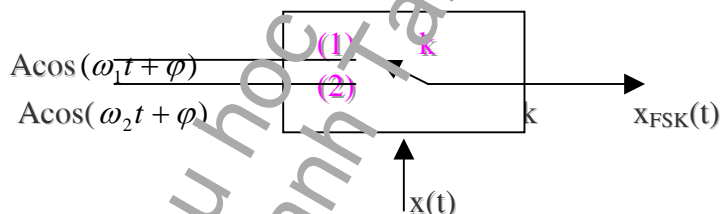
Để giảm bớt năng lượng khi truyền đi bit 0 người ta điều chế biên độ tương ứng với x_0 bằng 0, kiểu điều chế này được gọi là khóa tắt mở OOK.

2.FSK (Frequency Shift Keying) :

+Khái niệm:

FSK là quá trình điều chế làm thay đổi tần số của sóng mang theo qui luật biến đổi của tín hiệu dải nền trong khi biên độ và pha không thay đổi. Tín hiệu sóng mang trong trường hợp này là một tín hiệu số.

+Nguyên lý điều chế :



Tổng quát : $x_{FSK}(t) = A_n \cos(\omega_n t + \varphi)$ (n=1,2)

+Dạng sóng:

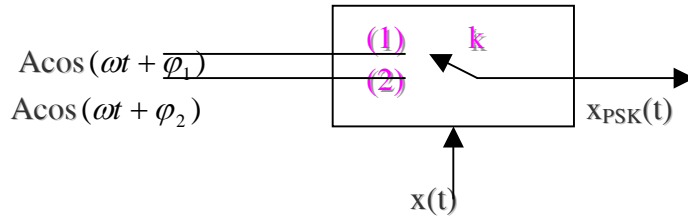
3.PSK (Phase Shift Keying) :

+Khái niệm :

PSK là quá trình điều chế làm thay đổi pha của sóng mang theo qui luật biến đổi của tín hiệu dải nền trong khi biên độ và tần số không thay đổi. Tín hiệu dải nền trong trường hợp này là một tín hiệu số.

+Nguyên lý điều chế :

Hệ thống viễn thông

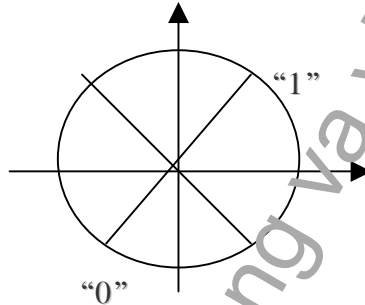


Tổng quát : $x_{PSK}(t) = A \cos(\omega_c t + \varphi_n)$ (n=1,2)

Trong điều chế PSK φ_1 và φ_2 được chọn sao cho chúng hơn kém nhau 180° /

$$\varphi_1 = \varphi_2 \pm 180^\circ .$$

+Giảng đồ pha :

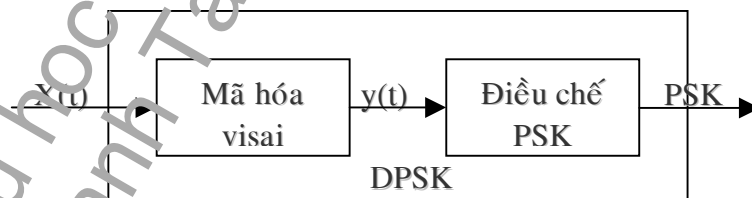


+Dạng sóng :

- Nhược điểm của PSK : Trong truyền dẫn tín hiệu , khi tín hiệu đi từ đầu phát đến đầu thu thì pha của nó thay đổi một góc $\omega_0 \tau$
 ω_0 là một tần số làm việc .

τ là thời gian truyền từ máy phát đến nơi thu như vậy nếu sử dụng kiểu điều chế PSK thì trong trường hợp góc pha bị thay đổi 180° thì máy thu sẽ giải điều chế sai do đó PSK không sử dụng được trong thực tế .

Để khắc phục nhược điểm này người ta sử dụng kiểu điều chế pha vi sai gọi tắt là DPSK (Difference Phase shift Keying)



Sơ đồ điều chế DPSK

* Mạch mã hóa vi sai :

Giả sử $x(t) = 101101$

Trạng thái ban đầu $y(t) = 1$

Vậy $y(t) = 1001001$

Nếu bộ điều chế PSK sử dụng có các trạng thái

$\varphi_1 = 0$ tương ứng với bit 0

Hệ thống viễn thông

$\varphi_2 = \pi$ tương ứng với bit 1

Vậy pha ngõ ra tương ứng với x(t) bit trên

$$\varphi = \pi 00 \pi 00 \pi$$

Tín hiệu ngõ ra bộ điều chế DPSK được truyền đến đầu thu.

Xét 2 trường hợp xảy ra

+ Trường hợp 1 : Pha của tín hiệu đầu thu thay đổi không đáng kể so với đầu phát.

+ Trường hợp 2: Pha của đầu thu thay đổi 180° so với đầu phát

* **Mạch giải mã vi sai**

+Trường hợp 1 : Pha của tín hiệu thu được $\varphi = \pi 00 \pi 00 \pi$

thì z(t)=1001001 lúc đó x(t)=101101

+Trường Hợp 2 :Pha của tín hiệu thu được $\varphi = 0 \pi \pi 0 \pi \pi 0$

thì z(t)=0110110 Lúc đó x(t)=101101

Như vậy trong cả 2 trường hợp bộ giải điều chế DPSK vẫn khôi phục lại được tín hiệu ban đầu . Do đó DPSK được sử dụng được trong thực tế .

III. Điều chế nhiều mức :

Trong các kiểu điều chế cơ bản như ASK,FSK,PSK tại mỗi thời điểm máy thu chỉ giải điều chế được một bit,do đó tốc độ truyền dẫn được hạn chế . Để tăng tốc độ điều dẫn người ta sử dụng kỹ thuật điều chế nhiều mức . Trong điều chế nhiều mức người ta ghép nhiều mức tín hiệu lại thành một nhóm rồi mới đưa qua bộ điều chế . Như vậy tín hiệu ở ngõ ra có nhiều mức .Trong trường hợp này tại mỗi thời điểm máy thu giải điều chế nhiều hơn một bit .

VD: Cho tín hiệu x(t)=1011010110 Nếu ghép 2 bit thành một nhóm thì sẽ có 4 loại nhóm khác nhau 00,01,10,11 mỗi nhóm bit được gọi là một Symbol có bao nhiêu kiểu Symbol thì có bấy nhiêu số mức điều chế . số mức điều chế và số bit trong mỗi symbol liên hệ nhau bằng công thức

$$M=2^n \text{ hay } n=\log_2 M$$

M : số mức điều chế

n : số bit trong mỗi symbol

Qui ước : Trong điều chế nhiều mức thông thường số mức điều chế được ghi trên ngay kiểu điều chế .

❖ Điều chế 4PSK-QPSK:

Vd: x(t)=1011010010

I=11001

Q=01100

- Bộ định mức : Biến đổi định mức của tín hiệu khi tín hiệu là bit 1 thì ngõ ra có điện áp là +1 khi tín hiệu vào là bit 0 thì điện áp ngõ ra là -1
- OSC : Bộ dao động

* Nếu tín hiệu x(t) là Symbol "00"

T=0 , Q=1

Hệ thống viễn thông

$$\rightarrow x_A(t) = -\cos \omega_c t$$

$$x_B(t) = -\sin \omega_c t$$

$$\begin{aligned} X_{\text{QPSK}}(t) &= x_A(t) + x_B(t) = -\cos \omega_c t - \sin \omega_c t = -[\cos \omega_c t + \cos(\omega_c t - 90^\circ)] \\ &= -2\cos(\omega_c t - 45^\circ) \cos 45^\circ \\ &= -\sqrt{2} \cos(\omega_c t - 45^\circ) \\ &= \sqrt{2} \cos(\omega_c t - 45^\circ - 180^\circ) \\ &= \sqrt{2} \cos(\omega_c t - 135^\circ) \end{aligned}$$

* Nếu tín hiệu x(t) là Symbol "01":

$$I=0, Q=1$$

$$\rightarrow x_A(t) = -\cos \omega_c t$$

$$x_B(t) = \sin \omega_c t$$

$$\begin{aligned} X_{\text{QPSK}}(t) &= x_A(t) + x_B(t) = -\cos \omega_c t + \sin \omega_c t = -(\cos \omega_c t - \sin \omega_c t) \\ &= -[\cos \omega_c t - \cos(\omega_c t - 90^\circ)] \\ &= -2\sin(\omega_c t - 45^\circ) \sin 45^\circ \\ &= -\sqrt{2} \sin(\omega_c t - 45^\circ) \\ &= \sqrt{2} \cos(-\omega_c t + 135^\circ) \\ &= \sqrt{2} \cos(\omega_c t - 135^\circ) \end{aligned}$$

* Nếu tín hiệu x(t) là Symbol "10":

$$I=1, Q=0$$

$$\rightarrow x_A(t) = \cos \omega_c t$$

$$x_B(t) = -\sin \omega_c t$$

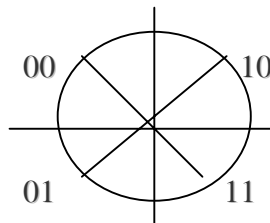
$$\begin{aligned} X_{\text{QPSK}}(t) &= x_A(t) + x_B(t) = \cos \omega_c t - \sin \omega_c t \\ &= \cos \omega_c t - \cos(\omega_c t - 90^\circ) \\ &= -2\sin(\omega_c t - 45^\circ) \sin 45^\circ \\ &= -\sqrt{2} \sin(\omega_c t - 45^\circ) \\ &= -\sqrt{2} \cos(\omega_c t - 45^\circ - 90^\circ) \\ &= -\sqrt{2} \cos(\omega_c t - 135^\circ) \\ &= \sqrt{2} \cos(\omega_c t - 135^\circ + 180^\circ) \\ &= \sqrt{2} \cos(\omega_c t + 45^\circ) \end{aligned}$$

* Nếu tín hiệu x(t) là Symbol "11":

$$I=1, Q=0$$

$$X_{\text{QPSK}}(t) = \sqrt{2} \cos(\omega_c t + 45^\circ)$$

Giảng đề của QPSK:



Dạng sóng của QPSK:

Tính góc pha cùng vectơ:

Hệ thống viễn thông

❖ Điều chế lai 16 QAM :

VD xác định pha của tín hiệu điều chế QPSK biết sóng mang sử dụng là

$$x(t) = 2\cos(\omega_c t + 45^\circ)$$

$$\text{"11"} \quad x_{\text{QPSK}}(t) = 2\sqrt{2} \cos \omega_c t$$

$$\text{"10"} \quad x_{\text{QPSK}}(t) = 2\sqrt{2} \cos(\omega_c t + 90^\circ)$$

$$\text{"01"} \quad x_{\text{QPSK}}(t) = 2\sqrt{2} \cos(\omega_c t - 90^\circ)$$

$$\text{"00"} \quad x_{\text{QPSK}}(t) = 2\sqrt{2} \cos(\omega_c t \pm 180^\circ)$$

❖ Điều chế 16 QAM (Quadrature Amplitude Modulation) :

Điều chế biên độ cầu phương (16 QAM) : là kiểu điều chế lai giữa biên độ và pha . Trong điều chế này sử dụng 2 sóng mang vuông góc và tín hiệu đã điều chế có 16 mức .

Giả sử abcd=1010

$$\rightarrow x_{16\text{QPSK}}(t) = 3\sqrt{2} \cos(\omega_c t - 45^\circ)$$

$$\text{abcd}=1101 \quad \text{abcd}=0011$$

$$\text{abcd}=1111 \quad \text{abcd}=0101$$

$$\text{abcd}=0010 \quad \text{abcd}=1000$$

$$\text{abcd}=1110 \quad \text{abcd}=1001$$

$$\text{abcd}=0001 \quad \text{abcd}=1011$$

$$\text{abcd}=0000 \quad \text{abcd}=0100$$

$$\text{abcd}=0110 \quad \text{abcd}=0111$$

$$\text{abcd}=1100$$

Như vậy trong 16 QAM có 3 mức biên độ và 12 pha . Đây chính là điều chế lai giữa biên độ và pha .

➤ Ưu nhược điểm của điều chế nhiều mức :

+ Ưu điểm :

- Tốc độ truyền dẫn tăng khi số mức điều chế tăng .
- Khi số mức điều chế tăng lên thì độ rộng băng thông của tín hiệu sau điều chế sẽ giảm xuống . Do đó hiệu quả sử dụng tần số sẽ cao hơn .

Băng thông của tín hiệu được điều chế

$$BW = \frac{f_b}{n}$$

Băng thông của tín hiệu sau điều chế :

$$BW = (1+r) \frac{f_b}{n}$$

f_b : Tốc độ bit của tín hiệu dải nền

n : Số bit trong mỗi symbol

r : Hệ số của bộ lọc trong bộ điều chế .

Hiệu quả sử dụng tần số :

$$\eta = \frac{f_b}{BW_{\text{sauđiềuchế}}}$$

Hệ thống viễn thông

Hiệu quả sử dụng tần số là tốc độ bit có thể truyền được tương ứng với độ rộng băng thông là 1hz của đường truyền .

+ Nhược điểm :

Khi số mức điều chế tăng lên thì máy thu càng khó giải điều chế do đó tỉ số bit lỗi cũng tăng lên (chất lượng kém)

$$BW_{vh} \leq BW_{dt}$$

Bài tập :

1. Một đường truyền có độ rộng băng thông là 10Mhz sử dụng để truyền dẫn tín hiệu số có tốc độ bit 70M/b/s

- Nếu không điều chế tín hiệu thì có thể truyền được hay không ? giải thích .
- Nếu sử dụng kỹ thuật điều chế thì số mức tối thiểu cần thiết là bao nhiêu ?
- Tính hiệu quả sử dụng tần số ứng với kiểu điều chế trên .

Giải:

a. Nếu không điều chế :

$$BW_{vh} = \frac{f_b}{2} = \frac{70}{2} = 35\text{Mhz} > BW_{dt} = 10\text{Mhz}$$

Nên không thể truyền được

b. Gọi M là số mức điều chế cần thiết

Để truyền được thì: $BW_{dt} \geq BW_{vh}$

$$\text{mà } BW_{vh} = (1+r) \frac{f_b}{\log_2 M}$$

$$\Leftrightarrow BW_{dt} \geq (1+r) \frac{f_b}{\log_2 M} \Leftrightarrow \log_2 M \geq (1+r) \frac{f_b}{BW_{dt}} = 7$$

$$\Leftrightarrow \log_2 M \geq 7 \Rightarrow M \geq 2^7 = 128$$

c. Hiệu quả sử dụng tần số .

$$\eta = \frac{f_b}{BW_{\text{saudieuche}}}$$

$$\text{mà : } BW_{\text{saudieuche}} = BW_{dt} = (1+r) \frac{f_b}{n} = \frac{70}{7} = 10\text{Mhz}$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{70}{10} = 7 \text{ b/s/hz}$$

2. Một đường truyền có độ rộng 25Mhz dùng truyền tín hiệu số có tốc độ bit 140M/b/s

. Bộ lọc sử dụng có tần số $r=0.3$.

- tính số mức điều chế cần thiết tối thiểu .
- Tính hiệu quả sử dụng tần số .

Giải:

a. Để truyền được thì : $BW_{dt} \geq BW_{vh}$

$$BW_{vh} \geq (1+r) \frac{f_b}{\log_2 M} = 1.3 \frac{140}{\log_2 M} \Rightarrow \log_2 M \geq 1.3 \frac{140}{25} = 7.28 \text{ chọn } \log_2 M = 8$$

$$\Rightarrow M \geq 2^8 = 256$$

Hệ thống viễn thông

vậy số mức điều chế tối thiểu $M=256$ mức.

$$b. BW_{\text{saudieuchế}} = 1.3 \frac{140}{8} = 22.75(\text{Mhz}) \Rightarrow \eta = \frac{140}{22.75} 6.15(b/s/hz)$$

3. Một tín hiệu số có tốc độ bit 1200bit/s được điều chế bằng một sóng mang có tần số 1.28 MHz .Hỏi trong mỗi bit của tín hiệu sử dụng có bao nhiêu chu kỳ của sóng mang?

giải

$$\text{Độ rộng bit } T_b = \frac{1}{f_b} = 1/1200(\text{s})$$

$$\text{Chu kỳ sóng mang : } T_c = \frac{1}{f_c} = \frac{1}{1.28M} (\mu\text{s})$$

Số chu kỳ sóng mang trong mỗi bit

$$m = \frac{T_b}{T} = \frac{1/1200}{1/1.28 \cdot 10^6} = \frac{128}{1200 \cdot 10^{-6}} = \frac{1,28}{0,0012} = 1066,7 (\text{chu kỳ})$$

BÀI 5: HỆ THỐNG GHÉP KÊNH

I. Tổng quan về ghép kênh :

Ghép kênh là ghép nhiều tín hiệu riêng lẻ thành một tín hiệu để truyền đi chung trên một đường truyền . Mục đích của việc ghép kênh là nâng cao hiệu quả của đường truyền .

Thông thường thiết bị ghép kênh được sử dụng để ghép các đường trung kế . Ngoài ra có thể sử dụng thiết bị ghép kênh để giải quyết vấn đề thiếu cáp quang trong mạng điện thoại . Do đó thiết bị ghép kênh còn gọi là thiết bị lợi dây .

II. Các kỹ thuật ghép kênh :

1. Ghép kênh phân chia theo tần số : (FDM: Frequency Division Multiplex)

a. Nguyên lý :

Để ghép kênh FDM, băng thông của đường truyền được chia làm nhiều khoảng nhỏ, mỗi khoảng tần số này được sử dụng để truyền 1 kênh khác nhau. Như vậy các kênh tín hiệu sẽ đồng thời được truyền đi nhưng mỗi kênh có một tần số riêng biệt nên không gây nhiễu cho nhau.

b. Cách thực hiện :

+Đầu phát: (ghép kênh)

Trong FDM, N kênh tín hiệu được đưa vào các bộ điều chế để điều chế với một sóng mang có tần số thích hợp . Ngõ ra của bộ điều chế được đưa qua bộ lọc để lấy 1 hien của tín hiệu đã điều chế . Các tín hiệu này được đưa vào mạch cộng để tạo ra tín hiệu FDM .

VD Giả sử mỗi kênh tín hiệu tiếng nói có tần số từ 0-4Khz được ghép kênh FDM . Nếu đường truyền có băng thông từ 60Khz-100khz thì có thể ghép được bao nhiêu kênh . Tính tần số của các sóng mang sử dụng cho các kênh ?

Giải

Hệ thống viễn thông

a. độ rộng của đường truyền

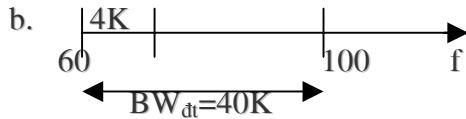
$$BW = 100 - 60 = 40 \text{ (Khz)}$$

Độ rộng tín hiệu $BW = 4 \text{ Khz}$

Ta có cứ 1 kênh 4Khz

? 40Khz

$$\Rightarrow \text{thì sẽ có được } \frac{40}{4} = 10 \text{ (kênh)}$$



Nếu sử dụng biên trên

$$F_{c1} = 60K$$

$$F_{c2} = 64K$$

$$F_{c3} = 68K$$

$$F_{c4} = 72K$$

$$F_{c5} = 76k$$

$$F_{c6} = 80k$$

$$F_{c7} = 84k$$

$$F_{c8} = 88k$$

$$F_{c9} = 92k$$

$$F_{c10} = 96k$$

Nếu sử dụng biên dưới

$$F_{c1} = 64K$$

$$F_{c2} = 68K$$

$$F_{c3} = 72K$$

$$F_{c4} = 76K$$

$$F_{c5} = 80k$$

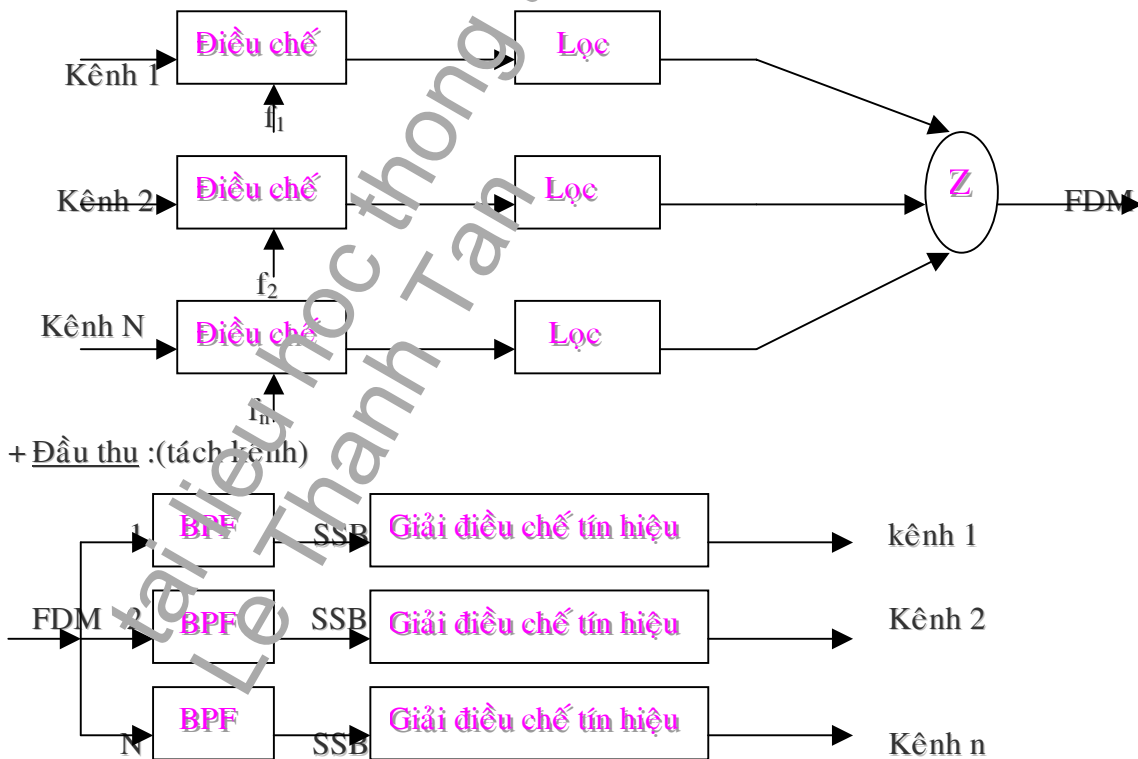
$$F_{c6} = 84k$$

$$F_{c7} = 88k$$

$$F_{c8} = 92k$$

$$F_{c9} = 96k$$

$$F_{c10} = 100k$$



Hệ thống viễn thông

Để tách kênh trong tín hiệu FDM đầu tiên tín hiệu được chia ra làm n nhánh, mỗi nhánh cho qua bộ lọc thông dải có tần số cắt tương ứng với kênh đó. Tín hiệu ở ngõ ra của bộ lọc được giải điều chế để thu lại tín hiệu ban đầu.

* **Lưu ý** : ghép kênh FDM thích hợp cho tín hiệu của kênh tương tự vì đối với tín hiệu tương tự thì băng thông nhỏ hơn đối với tín hiệu số.

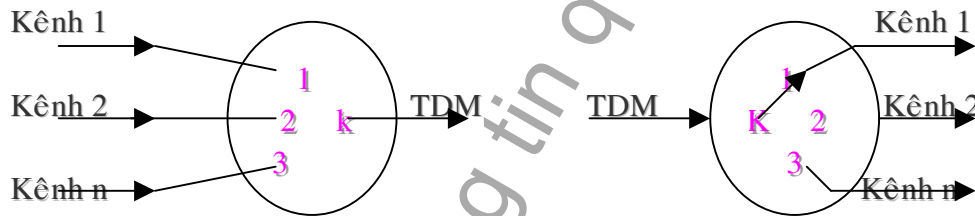
2. Ghép kênh phân chia theo thời gian TDM (Time Division multiplex)

a. **Nguyên lý** : Trong ghép kênh TDM tín hiệu của các kênh không đồng thời truyền trên đường truyền mà nó thay nhau chiếm đường truyền. Mỗi kênh chỉ sử dụng đường truyền trong 1 khoảng thời gian cho phép. Khi được phép sử dụng đường truyền thì kênh đó sẽ chiếm tất cả băng thông của đường truyền.

b. **Cách thực hiện** :

Ở đầu phát sử dụng 1 khóa chuyển mạch có thể thay đổi vị trí để tiếp xúc với các kênh. Khi khóa k tiếp xúc với 1 điểm nào đó thì kênh tín hiệu tương ứng được truyền đi trên đường truyền. Thời gian khóa k quay hết một vòng được gọi là khung thời gian khoảng thời gian khóa k dừng lại tại mỗi vị trí được gọi là khe thời gian.

Ở đầu thu để tách các kênh ta cũng sử dụng khóa chuyển mạch giống như đầu phát. Để tín hiệu tách ra không bị sai dạng thì khóa k ở đầu thu phải quay đồng bộ với khóa k ở đầu phát.



* **Chú ý** : Ghép kênh TDM thích hợp cho việc ghép tín hiệu số nên ghép kênh TDM còn được gọi là ghép kênh số.

3. So sánh FDM và TDM:

FDM

Tín hiệu của 1 kênh được truyền liên tục
Các kênh truyền đồng thời
Thích hợp cho kênh tương tự
1 kênh chỉ chiếm 1 phần BW_{dt}
dung lượng thấp ($N=1$)
Không sản đồng bộ

Dễ bị nhiễu xuyên kênh khi
tần số sóng mang thay đổi

TDM

Gián đoạn (rời rạc)
Không đồng thời
thích hợp cho kênh số
1 kênh chiếm tất cả BW_{dt}
Dung lượng cao ($N>1$)
khóa k đồng bộ giữa đầu
phát và đầu thu
không bị nhiễu xuyên kênh

III. Các tiêu chuẩn ghép kênh TDM:

1. Tiêu chuẩn Bắc Mỹ:

Hệ thống viễn thông

Mỗi khung thời gian có chiều dài là $125 \mu s$ và được chia làm 24 khe thời gian. Mỗi khe thời gian truyền được 1 kênh tiếng nói, mỗi khe chứa 8 bit, riêng khe thời gian thứ 0 chứa thêm 1 bit đồng bộ. Như vậy tốc độ của luồng số (ngõ ra) của bộ ghép kênh là:

$$\text{Tốc độ bit : } f_b = \frac{24 * 8 + 1}{125.10^{-6}} = 1544000 = 1,544(\text{Mb/s})$$

Và còn được gọi là luồng cấp 1 (hay luồng cơ bản theo tiêu chuẩn Bắc Mỹ) Nó còn gọi tắt là luồng T_1

Để quản lý sự đồng bộ của hệ thống ghép kênh người ta nhóm các khung liên tiếp để tạo thành một đa khung. Trong tiêu chuẩn bắc Mỹ mỗi đa khung gồm 12 khung. Vậy các bit đồng bộ trong 1 đa khung được phân bố như sau:

10001101110B B $\begin{cases} 1: \text{Có cảnh báo.} \\ 0: \text{không có cảnh báo} \end{cases}$

2. Tiêu chuẩn Châu Âu:

Trong tiêu chuẩn Châu Âu thời gian được chia thành nhiều có độ dài $125 \mu s$, mỗi khung chia làm 32 khe thời gian để truyền 30 kênh tiếng nói.

khe số 0 truyền tín hiệu đồng bộ.

khe số 16 truyền tín hiệu báo hiệu.

Như vậy tốc độ của luồng số ở ngõ ra của bộ ghép kênh theo tiêu chuẩn châu Âu

có tốc độ bit như sau: $f_b = \frac{32 * 8}{125.10^{-6}} = 2,048 (\text{Mbp/s})$

Tốc độ này được gọi là luồng số cấp 1 theo tiêu chuẩn Châu Âu được gọi tắt là luồng 2M hay luồng E_1

* **Chú Ý:** Trong mạng viễn thông ở VN sử dụng thiết bị ghép kênh theo tiêu chuẩn Châu Âu.

Để đồng bộ người ta cũng sử dụng cấu trúc đa khung. Mỗi đa khung gồm 16 khung liên tiếp. Tín hiệu trong mỗi đa khung được phân bố như sau:

+ Tín hiệu đồng bộ:

- Đối với khung lẻ: (1,3,5,7,...,15) x0011011

- Đối với khung chẵn: x1Bxxxxxx

Trong đó: B $\begin{cases} 1: \text{có cảnh báo} \\ 0: \text{không có cảnh báo} \end{cases}$.

X: tùy ý.

+ Tín hiệu báo hiệu:

Khe thứ 0 của khung thứ 1 báo hiệu cho kênh 1 và 17

Khe thứ 1 của khung thứ 2 báo hiệu cho kênh 2 và 18

Khe thứ 2 của khung thứ 3 báo hiệu cho kênh 3 và 19

Khe thứ 3 của khung thứ 4 báo hiệu cho kênh 4 và 20

IV. Ghép luồng (ghép kênh cấp cao):

Ghép luồng hay ghép kênh cấp cao là ghép các nguồn có tốc độ thấp thành các nguồn có tốc độ cao hơn.

Hệ thống viễn thông

1. Ghép luồng theo tiêu chuẩn Châu Âu :

a. Luồng cấp 2 :

Được ghép từ 4 luồng cấp 1, cấu trúc của luồng cấp 2 được phân bố như sau :

Mỗi khung thời gian có độ dài $100,3 \mu s$ và được chia làm 4 cụm, mỗi cụm chứa 212 bit thông tin .

+ Cụm 1: từ bit 1 đến 10 là 10 bit đồng bộ

bit thứ 11,12 là 2 bit cảnh báo

bit thứ 13 đến 212 là 200 bit dữ liệu của 4 luồng E_1 được ghép xen kẽ với nhau từng bit

+ Cụm 2 và 3: Bit 1 đến 4 là 4 bit thêm vào , bit thứ 5 đến 212 là 208 bit dữ liệu của 4 luồng E_1 .

+ Cụm 4 : Từ 1 đến 4 là 4 bit thêm vào .

bit thứ 5 đến 8 là 4 bit phục vụ mạng

từ 9 đến 211 là 204 bit dữ liệu .

Như vậy trong 1 khung của luồng cấp 2 chứa tất cả 848 bit do đó tốc độ của luồng cấp 2 là :

$$f_b = \frac{848}{100,3 \cdot 10^{-6}} = 8,48 (Mbp/s)$$

Tốc độ này được gọi là luồng cấp 2 hay E_2 . Có dung lượng 120 kênh tiếng nói.

b. Luồng cấp 3 :

Được ghép từ 4 luồng cấp 2 , mỗi khung của luồng cấp 3 có chiều dài $44,7 \mu s$ và chứa tất cả 1536 bit . Như vậy tốc độ của luồng cấp 3

$$f_b = \frac{1536}{44,7 \cdot 10^{-6}} = 34,362 (Mbp/s)$$

luồng cấp 3 gọi tắt là luồng E_3 hay 34M , nó có dung lượng 480 kênh thoại .

c. Luồng cấp 4 :

Được ghép từ 4 luồng cấp 3 , mỗi khung của luồng cấp 4 có chiều dài $21,02 \mu s$ và chứa tổng cộng 2928 bit . Tốc độ của luồng cấp 4 là $139,264 Mbp/s$. luồng cấp 4 có dung lượng 1920 kênh thoại . Nó được gọi tắt là luồng E_4 hay luồng 140 M

d. Luồng cấp 5 :

Được ghép từ 4 luồng cấp 4 có tốc độ $364,943 Mbp/s$. Luồng cấp 5 có dung lượng 7680 kênh thoại và được gọi tắt là luồng E_5 hay 365 M/s

2. Ghép luồng theo tiêu chuẩn Bắc Mỹ :

a. Luồng cấp 2 :

Được ghép từ 4 luồng cấp 1 có tốc độ $6,312 Mbp/s$. Luồng cấp 2 gọi tắt là luồng T_1 có dung lượng 96 kênh tiếng nói.

b. Luồng cấp 3 :

Được ghép từ 4 luồng cấp 2 có dung lượng 384 kênh tiếng nói , có tốc độ $26,736 Mbp/s$ gọi tắt là T_3 .

BÀI TẬP:

Hệ thống viễn thông

- 1) cho tín hiệu tương tự $x_a(t) = 12\cos 10\pi t \cdot \cos 20\pi t \cdot \cos 40\pi t$ ($t = \text{ms}$)
 - a. xác định thành phần tần số có trong $x_a(t)$.
 - b. Nếu biến đổi PCM của $x_a(t)$ thì tần số Nyquist là bao nhiêu ?
 - c. Tính tốc độ sau PCM biết bộ lượng tử hóa có 1024 mức .
 - d. Nếu sử dụng đường truyền có độ rộng 50Khz thì có truyền được tín hiệu số trên mà không cần điều chế, được không? giải thích?
 - e. Với đường truyền trên và phải điều chế thì số mức điều chế cần thiết tối thiểu là bao nhiêu? Cho $r=0,3$.
 - f. Đưa tín hiệu số vào bộ ghép kênh TDM châu Âu có được không? Giải thích?

Giải :

a. $x_a(t) = 12\cos 10\pi t \cdot \cos 20\pi t \cdot \cos 40\pi t$
 $= 6\cos 30\pi t \cdot \cos 40\pi t + 6\cos 10\pi t \cdot \cos 40\pi t$
 $= 3\cos 70\pi t + 3\cos 10\pi t + 3\cos 50\pi t + 3\cos 30\pi t$
các thành phần tần số có trong tín hiệu :

$f_1 = 35\text{Khz}$

$f_2 = 5\text{khz}$

$f_3 = 25\text{Khz}$

$f_4 = 15\text{Khz}$

b. tần số lớn nhất có trong tín hiệu $f_{\max} = f_1 = 35\text{Khz}$

Vậy tần số Nyquist : $f_s = 2 f_{\max} = 2 \cdot 35 = 70\text{Khz}$

c. số bit mã hóa cho 1 mẫu : $n = \log_2 1024 = 10$ (bit)

\Rightarrow Tốc độ bit $f_b = f_s \cdot n = 10 \cdot 70 = 700$ (Kb/s)

vậy tốc độ bit $f_b = 700$ (Kb/s)

d. nếu không điều chế thì $BW_{\text{th}} = \frac{f_b}{2} = \frac{700}{2} = 350$ Khz

Cần : $BW_{\text{dt}} \geq BW_{\text{th}} = 350$ Khz

mà $BW_{\text{dt}} = 50\text{Khz}$ nên không thể truyền được tín hiệu .

e. Để truyền được $BW_{\text{dt}} \geq BW_{\text{th}}$

mà $BW_{\text{th}} = (1+r) \frac{f_b}{\log_2 M} \Rightarrow BW_{\text{dt}} \geq (1+r) \frac{f_b}{\log_2 M} \Rightarrow \log_2 M \geq 1,3 \frac{70}{50} = 18,2$

chọn $\log_2 M = 19$

\Rightarrow Số mức điều chế $M = 2^{19}$ mức

f. Số bit mã hóa cho một mẫu $n = \log_2 M = \log_2 2^{19} = 19$ bit

\Rightarrow Tốc độ bit $f_b = f_s \cdot n = 19 \cdot 70 = 1,33$ Mb/s

Tính tốc độ của kênh trong TDM theo Châu Âu

Nếu f_b bằng nhau thì ghép được và ngược lại

Vì $125 \mu\text{s} \Rightarrow 8$ bit

$1\text{s} \Rightarrow 64$ Kb/s

Hệ thống viễn thông

Với kết quả như trên ta thấy khi đưa tín hiệu số vào bộ ghép kênh TDM châu âu thì không được vì tốc độ bit khác nhau nên không ghép được.

Chọn câu trả lời đúng nhất

- Chỉ số ber đúng để đánh giá
 - chất lượng của hệ thống tương tự.
 - Chất lượng của hệ thống số .
 - Cả a,b đều đúng .
 - Cả a,b đều sai .Trả lời : câu b
- các bộ khôi phục sóng mang được sử dụng tại
 - Máy phát để điều chế tín hiệu .
 - Máy thu để giải điều chế tín hiệu .
 - Máy thu giải điều chế kết hợp .
 - Cả a,b,c đúng .Trả lời : câu c
- Sợi quang có đường kính càng nhỏ thì .
 - Ít bị tán xạ hơn.
 - Tốc độ truyền dẫn tốt hơn .
 - Bị suy hao nhiều hơn .
 - Cả a,b,c đều đúng .Trả lời : câu a.
- Trong PCM nếu tăng số mức lượng tử thì tín hiệu số thu được
 - Có tốc độ bit tăng lên .
 - Độ rộng băng thông tăng lên.
 - Có sai số lượng tử thấp hơn .
 - Cả a,b,c đúng.Trả lời : câu d
- Khi tăng số mức điều chế thì
 - chất lượng tín hiệu thu được tại đầu thu tốt hơn .
 - băng thông của tín hiệu đã điều chế rộng hơn .
 - Cự ly truyền tín hiệu tăng lên
 - A,b,c saiTrả lời : câu d
- một máy phát có công suất 4W thì tương đương với
 - 36 dBw
 - 6dBw
 - 30dBw
 - cả a,b,c saiTrả lời : câu a
- Trong điều chế AM ,chỉ số điều chế
 - càng lớn càng tốt .

Hệ thống viễn thông

- b. càng nhỏ càng tốt
- c. cả a,b đều đúng
- d. cả a,b đều sai

Trả lời : câu d

8. trong PCM nếu lấy mẫu sai định lý thì
- a. không thể thực hiện lượng tử hóa được
 - b. sai số lượng tử sẽ tăng lên
 - c. không khôi phục lại được tín hiệu ban đầu
 - d. cả a,b,c đều đúng

trả lời : câu c



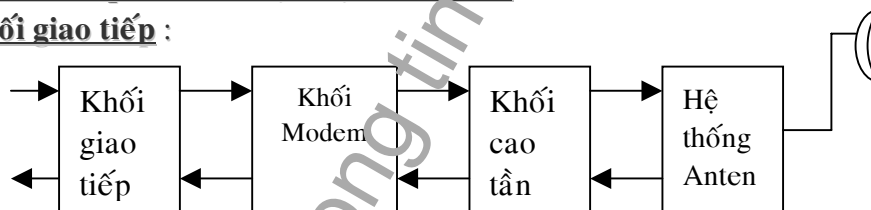
BÀI 6: HỆ THỐNG TRUYỀN DẪN VI BA SỐ

I. Tổng quan về vi ba số :

Vi ba là thiết bị truyền dẫn vô tuyến thường sử dụng kèm theo thiết bị ghép kênh .Viba hoạt động ở tần số từ 1GHz đến 30GHz .Cự ly liên lạc của một chặn viba tối đa khoảng 60km, do đó muốn truyền dẫn tín hiệu đi xa hơn thì phải sử dụng các trạm lặp (Repeater). Viba hoạt động ở chế độ song công .Tùy theo loại tín hiệu truyền dẫn là tương tự hay số mà người ta chia vi ba làm hai loại : Vi ba tương tự và vi ba số .

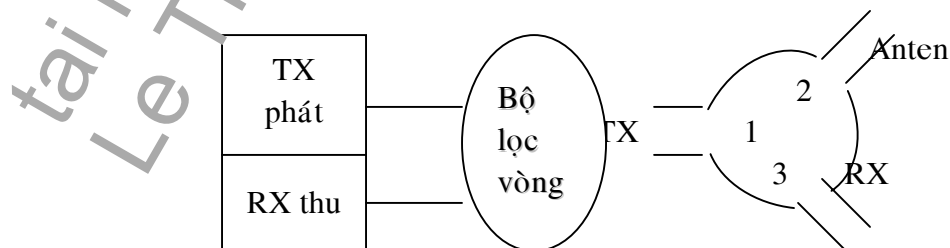
II. Các thành phần của một trạm vi ba số :

1. Khối giao tiếp :



Thành phần cơ bản của một trạm vi ba số có thể chia làm 4 khối chức năng sau :

- Khối giao tiếp : Thực hiện chức năng giao tiếp với thiết bị ghép kênh . Nhiệm vụ của khối này là xử lý tín hiệu . các phép xử lý cụ thể là chuyển mã đường truyền và mã hóa ngẫu nhiên.
- Khối modem : Điều chế và giải điều chế tín hiệu .
- Khối cao tần : Có nhiệm vụ biến đổi tín hiệu để được tín hiệu khác có tần số mong muốn và khuếch đại tín hiệu .
- Hệ thống Anten : Bao gồm Anten, bộ lọc vòng, chức năng của khối này là biến đổi tín hiệu điện thành sóng điện từ và ngược lại.



Hệ thống viễn thông

a. Chuyển mã đường truyền :

+ Mã đường truyền : Là một cách để biểu diễn tín hiệu số trên đường dây. Có rất nhiều mã đường truyền khác nhau, nhưng chúng được phân thành 2 nhóm. Nhóm mã đơn cực và nhóm mã lưỡng cực.

- Mã đơn cực : Là mã sử dụng một mức điện áp khác 0 để biểu diễn tín hiệu số.
- Mã lưỡng cực : Là mã sử dụng 2 mức điện áp khác 0 để biểu diễn tín hiệu số.

+ Các mã đường truyền :

- **Mã NRZ** (Non Return Zero : mã không quay về 0)

bit 1 được biểu diễn mức +1V kéo dài trong khoảng thời gian 1 bit,

bit 0 được biểu diễn mức 0V kéo dài trong khoảng 1 bit.

- **Mã RZ** (return zero: Mã quay về 0)

Bit 1 được biểu diễn bằng 2 nửa bit, nửa bit đầu có mức +V, nửa bit sau có mức 0.

Bit 0 biểu diễn mức 0 giống NRZ.

- **Mã AMI** :(Alternate mark Intersion: Đảo dấu luân phiên)

Bit 1 biểu diễn mức +V hay -V, nhưng đảo dấu luân phiên,

Bit 0 biểu diễn bằng mức 0.

- Mã AMI có 2 loại :

- AMI-NRZ : Bit 1 biểu diễn bằng 1 bit.
- AMI-RZ : Bit 1 biểu diễn bằng 2 nửa bit.

- **Mã CMI**(Code Mark inversion) :

Bit 1 giống AMI-NRZ.

Bit 0 bằng 2 nửa bit nửa đầu có mức -V, nửa sau có mức +V.

- **Mã Manchester** :

Bit 1 biểu diễn bằng 2 nửa bit. 1/2 đầu có mức -V và 1/2 sau có mức +V

- **Mã HDB3**(High Density) :

Bit 1 được biểu diễn theo kiểu đảo dấu luân phiên.

Bit 0 nếu trong tín hiệu không xuất hiện 4 bit 0 liên tiếp thì các bit 0 được biểu diễn bằng mức 0.

Nếu trong tín hiệu xuất hiện 4 bit 0 liên tiếp thì 4 bit 0 này được mã hóa bằng một trong 2 cách sau :

000V : Nếu tổng số bit 1 giữa 2 lần xuất hiện chuỗi 4 bit 0 là số lẻ.

B00V : Nếu tổng số bit 1 giữa 2 lần xuất hiện chuỗi 4 bit 0 là số chẵn.

Trong đó Bit V = +V và -V nhưng luôn luôn phạm luật đảo dấu .

Bit B = +V và -V nhưng tuân theo luật đảo dấu.

Quy ước : Khi chưa có tín hiệu coi như xuất hiện 4 bit 0.

+ Chuyển mã đường truyền : Tín hiệu truyền từ tín hiệu ghép kênh song song thành bit 0 và ngược lại luôn luôn là tín hiệu lưỡng cực vì lý do :

- Vì tín hiệu lưỡng cực có thành phần một chiều nhỏ nên khi truyền qua biến áp, tụ điện thì tín hiệu ở đầu thu không bị ảnh hưởng nhiều.
- Khi truyền đi tín hiệu lưỡng cực thì ở đầu thu dễ dàng khôi phục lại xung clock hơn.

Hệ thống viễn thông

Tuy nhiên, khi nhận được tín hiệu lưỡng cực thì khối giao tiếp trong thiết bị vi ba phải chuyển sang mã đơn cực thì mới sử dụng được. Như vậy việc biến đổi tín hiệu lưỡng cực sang đơn cực và ngược lại được gọi là chuyển mã đường truyền.

b. Mã hóa ngẫu nhiên :

Là biến đổi tín hiệu cần truyền thành một tín hiệu khác mà năng lượng của nó phân bố đều trong băng thông và được gọi là tín hiệu ngẫu nhiên.

Mục đích của việc mã hóa ngẫu nhiên là giúp cho đầu thu tránh được hiện tượng khôi phục nhầm sóng mang. Vì nếu khôi phục nhầm sóng mang thì sẽ không giải điều chế được.

+ Cách thực hiện mã hóa ngẫu nhiên : Để thực hiện mã hóa ngẫu nhiên người ta tạo ra chuỗi tín hiệu giả ngẫu nhiên rồi kết hợp với tín hiệu cần truyền bằng cổng logic XOR.

Điều kiện để đầu thu khôi phục lại được tín hiệu $x(t)$ thì đầu thu phải tạo ra được chuỗi PN giống chuỗi PN đầu phát. Để tạo ra chuỗi PN này người ta sử dụng các mạch hồi tiếp tuyến tính dùng thanh ghi dịch.

VD : mạch tạo chuỗi PN 4 Fliplop.

Giả sử trạng thái ban đầu của các Fliplop : 1111

Ta có bảng trạng thái sau :

	FF1	FF2	FF3	FF4
Ban đầu	1	1	1	1
CLK1	0	1	1	1
CLK2	0	0	1	1
CLK3	0	0	0	1
CLK4	1	0	0	0
CLK5	0	1	0	0
CLK6	0	0	1	0
CLK7	1	0	0	1
CLK8	1	1	0	0
CLK9	0	1	1	0
CLK10	1	0	1	1
CLK11	0	1	0	1
CLK12	1	0	1	0
CLK13	1	1	0	1
CLK14	1	1	1	0
CLK15	1	1	1	1

Chu kỳ của chuỗi PN $m = 2^n - 1$

Theo quy định thì các HTVT bộ tạo PN phải có $N \geq 10$.

Trong một chu kỳ của chuỗi PN tổng số bit 0 và số bit 1 gần bằng nhau. Tính chất này gọi là tính chất cân bằng của chuỗi PN.

VD : $nFF \Rightarrow m = 2^n - 1$

Hệ thống viễn thông

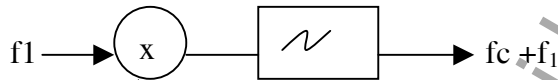
FF2 => m=3

2. **khối điều chế và giải điều chế** (đã học).

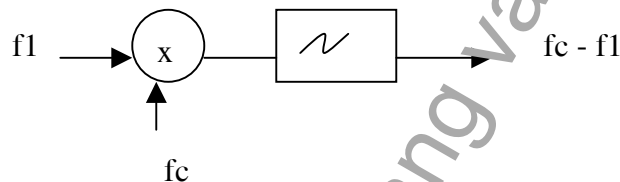
3. **Khối cao tần :**

a. **Đổi tần :** Là biến đổi tín hiệu từ tần này sang tần số khác. Mục đích của việc biến đổi tần số là giúp cho các bộ dao động làm việc ổn định hơn nhưng vẫn đảm bảo tần số làm việc. Đổi tần được chia làm 2 loại : Đổi tần lên và đổi tần xuống.

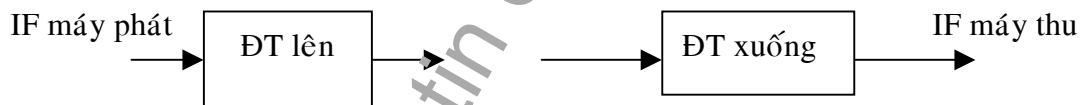
- Đổi tần lên : Tạo ra tín hiệu có tần số cao hơn tần số ngõ vào.



- Đổi tần xuống : Tạo ra tín hiệu có tần số thấp hơn tần số ngõ vào.

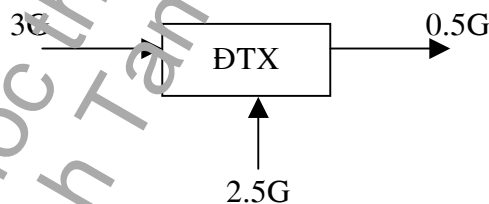


* **Trung tần IF :** Là tần số trung gian được tạo ra từ khối đổi tần. Đối với đổi tần lên trung tần là tần số của tín hiệu ngõ vào. Đối với đổi tần xuống trung tần là tần số của tín hiệu ngõ ra.



* **Tần số ảnh :** Là tần số của tín hiệu không mong muốn nhưng khi đi qua bộ đổi tần xuống nó cũng tạo ra tín hiệu có tần số đúng bằng trung tần của tín hiệu cần thu.

Vd : Giả sử muốn thu một kênh tín hiệu có tần số 3 GHz và tạo ra trung tần 0.5 GHz thì bộ dao động có tần số 2.5 GHz.



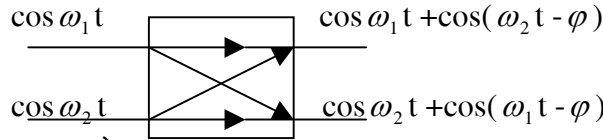
Tuy nhiên do băng thông của ngõ vào tương đối nên tín hiệu có tần số 2 GHz cũng đi vào được khối cao tần. Tín hiệu này cũng tạo ra tần số 0.5 GHz và gây nhiễu cho tín hiệu cần thu. Như vậy tín hiệu 2 GHz được gọi là tần số ảnh.

* **Cách khắc phục biến áp :**

- Không nên chọn IF có tần số quá thấp hay quá cao vì khi đó khoảng cách từ tần số cần thu đến tần số ảnh gần lại nên dễ bị ảnh hưởng của tần số ảnh.
- Chia BW làm việc của máy thu làm thành nhiều khoảng tần số khi đó tần số ảnh sẽ bị loại ngay ngõ vào của máy thu.
- Sử dụng các bộ đổi tần cân bằng có khả năng khử được tần số ảnh.

$$\varphi = 90^\circ$$

Hệ thống viễn thông



gọi ω_1 là trung tần

ω_0 là tần số dao động

giả sử tín hiệu ngõ vào của anten

$$x_{RF}(t) = \omega_0 x_A(t) = A \cos(\omega_0 + \omega_1)t + B \cos(\omega_0 - \omega_1)t$$

$$x_B(t) = A \cos[(\omega_0 + \omega_1)t - 90^\circ] + B \cos[(\omega_0 - \omega_1)t - 90^\circ]$$

$$x_C(t) = x_A(t) \cdot \cos \omega_0 t = [A \cos(\omega_0 + \omega_1)t + B \cos(\omega_0 - \omega_1)t] \cos \omega_0 t$$

$$= A \cos(\omega_0 + \omega_1)t \cos \omega_0 t + B \cos(\omega_0 - \omega_1)t \cdot \cos \omega_0 t$$

$$= \frac{A}{2} A \cos(2\omega_0 + \omega_1)t \cos \omega_0 t + \frac{A}{2} \cos \omega_1 t + \frac{B}{2} \cos(2\omega_0 - \omega_1)t + \frac{B}{2} \cos^2 \omega_1 t$$

$$x_D(t) = x_B(t) \cos \omega_0 t = A \cos[(\omega_0 + \omega_1)t - 90^\circ] + B \cos[(\omega_0 - \omega_1)t - 90^\circ] \cos \omega_0 t$$

$$= \frac{A}{2} \cos[(2\omega_0 + \omega_1)t - 90^\circ] + \frac{A}{2} \cos(\omega_1 t + 90^\circ)$$

$$= \frac{B}{2} \cos[(2\omega_0 - \omega_1)t - 90^\circ] + \frac{B}{2} \cos(\omega_1 t + 90^\circ)$$

$$x_1(t) = \frac{A}{2} \cos[(2\omega_0 + \omega_1)t] + \frac{A}{2} \cos \omega_1 t + \frac{B}{2} \cos(2\omega_0 - \omega_1)t + \frac{B}{2} \cos \omega_1 t - \frac{A}{2}$$

$$\cos(2\omega_0 + \omega_1)t - \frac{A}{2} \cos \omega_1 t - \frac{B}{2} \cos(2\omega_0 - \omega_1)t + \frac{B}{2} \cos \omega_1 t$$

$$x_1(t) = B \cos \omega_1 t$$

$$x_2(t) = x_D(t) + x_C(t) - 90^\circ$$

$$= A \cos[(2\omega_0 + \omega_1)t - 90^\circ] + A \cos(\omega_1 t - 90^\circ) + B \cos[(2\omega_0 - \omega_1)t - 90^\circ]$$

$$x_0(t) = A \cos(\omega_1 t - 90^\circ)$$

chọn câu trả lời đúng:

1. Trong các hệ thống phi tuyến nếu tín hiệu ngõ vào có tần số 1,5Mhz thì hài bậc 3 sẽ có tần số .

- a. 2Mhz
- b. 1Mhz
- c. 4Mhz
- d. cả 3 đều sai .

Trả lời: câu d

2. trong hệ thống phi tuyến nếu tín hiệu vào có tần số 1,5Mhz và 2M thì sản phẩm điều chế tương nỏ bậc 3 có tần số

- a. 2,5Mhz
- b. 1Mhz
- c. 5,5Mhz
- d. cả 2 đều đúng

Hệ thống viễn thông

trả lời :câu d

3. tín hiệu điện sử dụng trong sinh hoạt là

- a. tín hiệu năng lượng .
- b. tín hiệu công suất .
- c. cả 2 đều đúng .
- d. cả 2 đều sai

trả lời : câu b

4. Sợi quang SI và GI có những điểm nào khác nhau :

- a. đường kính khác nhau .
- b. Độ suy hao khác nhau .
- c. Độ tán xạ khác nhau .
- d. Cả 3 đều đúng .

Trả lời : Câu c

5. Trong truyền dẫn vô tuyến suy hao của không gian phụ thuộc vào :

- a. tần số làm việc .
- b. cự ly truyền tín hiệu .
- c. Cả 2 đều đúng .
- d. Cả 2 đều sai .

Trả lời : Câu c

6. trong điều chế tín hiệu sóng mang sử dụng :

- a. Có tần số luôn luôn lớn hơn tần số dải nền .
- b. Có tần số luôn luôn nhỏ hơn tần số dải nền .
- c. Tùy thuộc vào môi trường truyền tín hiệu .
- d. Cả 3 đều sai .

Trả lời : câu c

7 trong điều chế SSB-SC ,cách giải điều chế nào thì chất lượng sẽ tốt hơn :

- a. Giải điều chế kết hợp .
- b. Giải điều chế không kết hợp
- c. Chất lượng như nhau.
- d. Cả 3 đều sai .

Trả lời : câu b

8 .Trong điều chế ASK nếu tín hiệu dải nền có mức điện áp là +1 tương ứng với bit 1 và -1 tương ứng với bit 0 thì tín hiệu đã điều chế có dạng sóng giống :

- a. OOK .
- b. FSK.
- c. PSK
- d. Cả 3 đều sai

Trả lời :câu c

9 . trong điều chế QPSK nếu sử dụng sóng mang :

$f_c(t) = A \cos(\omega_0 t + 60^\circ)$ thì pha của tín hiệu đã điều chế của Symbol “11” là :

- a. 0° .

Hệ thống viễn thông

- b. 25° .
- c. 45°
- d. Cả 3 đều sai .

Trả lời : câu d

10 Trong ghép kênh TDM theo tiêu chuẩn Châu Âu của luồng số 4M bit/s có dung lượng :

- a. 60 kênh thoại .
- b. 48 kênh thoại .
- c. 120 kênh thoại .
- d. Cả 3 đều sai .

Trả lời : câu d

b. Các vấn đề trong truyền sóng vô tuyến :

+ Hiện tượng fading : Là hiện tượng mà làm cho cường độ trường tại điểm thu không ổn định .

+ Nguyên nhân : Gồm hai nguyên nhân chính

- Khi sóng điện từ truyền đi trong môi trường có chiết suất không đồng nhất thì sẽ làm cho tia sáng bị uốn cong . Khi đó Anten thu sẽ bị lệch hướng so với anten phát nên cường độ trường tại anten thu giảm xuống và gây ra fading . Fading nay được gọi là fading phẳng .

- Khi sóng điện từ truyền từ nơi phát đến nơi thu bằng nhiều đường khác nhau như tia trực tiếp , tia phản xạ . Cường độ trường tại điểm thu là tổng hợp tất cả các tia sáng.

Nếu các tia sáng cùng pha thì cường độ trường tổng hợp tăng lên

Nếu các tia sáng ngược pha thì cường độ trường tổng hợp giảm xuống và gây ra hiện tượng fading. Fading nay được gọi là fading nhiễu tia .

Gọi d_1 là chiều dài đường đi của tia trực tiếp

d_2 là chiều dài đường đi của tia phản xạ

Giả sử tín hiệu tại đầu phát $x_A(t) = A \cos \omega_0 t$

Thời gian tia trực tiếp đi từ A đến B : $t_1 = d_1 / c$

Thời gian tia phản xạ đi từ A đến B : $t_2 = d_2 / c$

$x_A(t) = A \cos \omega_0 t$, $x_B(t) = A \cos (\omega_0 t - t_1)$

Tín hiệu tại B theo tia trực tiếp :

$x_{B1} = A \cos (\omega_0 t - \omega_0 t_1)$

Tín hiệu tại B theo tia phản xạ .

$x_{B2} = A \cos (\omega_0 t - \omega_0 t_2)$

Tín hiệu truyền tín hiệu .

Tín hiệu tổng hợp tại B . $x_B(t) = x_{B1}(t) + x_{B2}(t)$

$= A \cos (\omega_0 t - \omega_0 t_1) + A \cos (\omega_0 t - \omega_0 t_2)$

$= 2A \cos \frac{2\omega_0 t - \omega_0 t_1 - \omega_0 t_2}{2} \cdot \cos \frac{\omega_0 t_2 - \omega_0 t_1}{2}$

Hệ thống viễn thông

$$= 2A \cos [\omega_0 t - (\omega_0 t_1 + \omega_0 t_2) / 2] \cdot \cos (\omega_0 t_2 - \omega_0 t_1) / 2$$

Vậy biên độ là $2A \cos [\omega_0 (t_2 - t_1) / 2]$

$$+ \text{Tín hiệu tại B cực đại khi : } \cos \left[\frac{\omega_0 (t_2 - t_1)}{2} \right] = 1$$

$$\Leftrightarrow \omega_0 \frac{t_2 - t_1}{2} = 0 + 2K\pi$$

$$\Leftrightarrow t_2 - t_1 = \frac{4K\pi}{\omega_0} = \frac{2K}{f_0}$$

$$\Leftrightarrow \frac{d_2}{c} - \frac{d_1}{c} = \frac{2K}{f_0}$$

$$\Leftrightarrow d_2 - d_1 = 2k \frac{c}{f_0} = 2K\lambda$$

$$+ \text{Tín hiệu tại B cực tiểu khi } \cos \omega_0 \frac{t_2 - t_1}{2} = 0$$

$$\Leftrightarrow \omega_0 \frac{t_2 - t_1}{2} = \frac{\pi}{2} + K\pi = (2K + 1) \frac{\pi}{2}$$

$$\Leftrightarrow t_2 - t_1 = \frac{2(2K + 1) \cdot \pi}{2\pi f_0} \cdot \frac{\pi}{2} = \frac{2K + 1}{2f_0}$$

$$\Leftrightarrow \frac{d_2}{c} - \frac{d_1}{c} = (2K + 1) \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{f_0}$$

$$\Leftrightarrow d_2 - d_1 = (2K + 1) \frac{\lambda}{2}$$

+ cách khắc phục fading :

- Dùng các mạch điều khiển độ lợi tự động trong các máy thu . Khi tín hiệu thu bị fading thì mạch này sẽ làm thay đổi hệ số khuếch đại để tín hiệu ra ít bị giao động hơn.

- Sử dụng kỹ thuật phân tập :

Phân tập là dùng nhiều hơn nguồn tài nguyên thông tin cần thiết để nâng cao chất lượng truyền dẫn tín hiệu .

- Phân tập Anten : Tia đầu thu sử dụng nhiều Anten thu đặt cách nhau một khoảng trong không gian . Phân tập Anten còn gọi là phân tập không gian .
- Phân tập tần số : cùng một thông tin nhưng sử dụng nhiều tần số khác nhau để phát đi .

- Sử dụng độ dự trữ fading : Khi tính toán thiết kế một tuyến viba số cần phải đảm bảo nếu có fading xảy ra thì công suất thu thực tế vẫn lớn hơn mức ngưỡng của máy thu , khi đó máy thu sẽ làm việc liên tục không bị gián đoạn .

Hệ thống viễn thông

Như vậy khoảng cách từ mức tín hiệu thu thực tế trong điều kiện không bị fading đến mức ngưỡng của máy thu được gọi là độ dự trữ fading.

+ Tính toán thiết kế trong vi ba số :

- Độ lợi Anten : Trong viba Anten sử dụng là loại Anten parabol . Độ lợi Anten được tính bằng công thức .

$$G=10\log_{10}\frac{4\pi A\eta}{\lambda^2} \text{ (dB)}$$

Trong đó: A: diện tích hiệu dụng của anten (hướng sóng) m

η : Hiệu suất (phụ thuộc công nghệ chế tạo) .

λ : Bước sóng làm việc (m).

vd: tính độ lợi của anten có đường kính 2m, hiệu suất 0,7 làm việc ở tần số 3Ghz

bước sóng làm việc $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.10^8}{3.10^9} = 0,1(m)$

diện tích hiệu dụng $A=(BK)^2 \pi = (\frac{DK}{2})^2 \pi = \pi$

Độ lợi anten $G=10\log_{10}\frac{1\pi A\eta}{\lambda^2} = 10\log_{10}\frac{4\pi^2 \cdot 0,7}{0,01} = 10\log_{10} \pi^2 + 10\log_{10} \frac{28}{0,01}$

=34(dB)

- Suy hao của không gian tự do . kí hiệu là L_s

$$L_s=10\log_{10}\left(\frac{4\pi D}{\lambda}\right)^2 = 20\log_{10}\frac{4\pi D}{\lambda} \text{ (dB)}$$

Trong đó : D : cự ly truyền sóng (m) .

λ : bước sóng làm việc (m) .

vd tính suy hao của không gian tự do biết rằng cự ly vào 50Km và tần số làm việc 6Ghz .

Suy hao không gian $L_s=20\log_{10}\frac{4\pi \cdot 5.10^4}{0,05} = 60 + 20\log_{10} \frac{20\pi}{0,05} = 140(dB)$

- Suy hao của feeder:

$$L_f = \alpha \cdot l \text{ (dB)}$$

α : hệ số suy hao (dB)

l : chiều dài feeder (dB)

- Công suất tín hiệu thu tại anten thu :

$$P_{R1}=P_T(\text{dBm,dBW}) - L_{fT} - G_T - L_s$$

Vd Một đài truyền hình có công suất phát 10W, độ lợi anten phát là 15dB, suy hao feeder máy phát 3dB. Tính công suất tín hiệu thu được tại một điểm cách đài truyền hình 20Km . Biết tần số làm việc là 500MHz

Giải

Bước sóng $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.10^8}{500.10^6} = 0,6m$

Hệ thống viễn thông

Cự ly truyền sóng $D=2.10^4(m)$

$$\text{Suy hao không gian tự do } L_s = 20\log_{10} \frac{4\pi \cdot 2 \cdot 10^4}{0,6} = 112 \text{ (dB)}$$

$$P_{R1} = 10 - 3 + 15 - 112 = -90 \text{ dBW} = -60\text{dBm}$$

- Công suất tín hiệu thu tại ngõ vào máy thu

$$P_R = P_{R1} + G_R - L_{FR}$$

$$\text{Điều kiện cho máy thu hoạt động được là } P_R \geq P_{\text{ngưỡng}}$$

VD: Một tuyến liên lạc vi ba có cự ly 40km tốc độ làm việc 4,5 GHz. Anten sử dụng ở hai đầu giống nhau có đường kính 3m và hiệu suất là 50%. Công suất của máy phát 5W, công suất ngưỡng của máy thu là -50dBm. Tính công suất tín hiệu tại ngõ vào máy thu biết suy hao của feeder máy phát là 5dB, máy thu là 3dB.

Giải: $D = 40\text{km} = 4 \cdot 10^4 \text{ m}$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{4,5 \cdot 10^9} = 0,06 \text{ (m)}$$

$$A = 2,25 \pi \text{ (m)}$$

$$P_T = 5\text{W} = 7\text{dBW} = 37\text{dBm}$$

$$\text{Độ lợi Anten } G_R = G_T = 10\log_{10} \frac{4\pi^2 \cdot 2,25 \cdot 50}{0,0036 \cdot 100} = 41\text{dB}$$

$$\text{Suy hao không gian } L_s = 20\log_{10} \frac{4\pi \cdot 4 \cdot 10^4}{0,06} = 138\text{dB}$$

$$\text{Công suất tín hiệu thu tại Anten thu } P_{R1} = 37 - 5 + 41 - 138 = 65$$

Công suất tín hiệu thu tại ngõ vào máy thu bằng

$$\begin{aligned} P_R &= P_{R1} + G_R - L_{FR} \\ &= -65 + 41 - 3 = -27\text{dBm} \end{aligned}$$

Vì $-27 \geq -50$ nên máy thu hoạt động được

VD: Một máy phát có công suất 5W độ lợi Anten phát 30dB, suy hao của feeder máy phát 2dB. Tính cự ly liên lạc biết công suất tín hiệu tại Anten thu -30dBW, tần số làm việc là 3 GHz

$$\text{Công suất tín hiệu thu tại Anten thu } P_{R1} = 37 - 2 + 30 - 20\log_{10} \frac{4\pi D}{0,1}$$

$$\Rightarrow 20\log_{10} \frac{4\pi D}{0,1} = 95$$

$$\Rightarrow 20\log_{10} 125,6 D = 4,75$$

$$\Rightarrow 125,6 D = 10^{4,75}$$

$$\Rightarrow D = 447,7 \text{ m} = 0,44 \text{ km}$$

BÀI 7: HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG

I. Thành phần của một hệ thống thông tin di động :

Một hệ thống thông tin di động có thể chia thành 3 hệ thống con

- + Hệ thống con chuyển mạch (SS).
- + Hệ thống con trạm gốc (BSS).
- + Hệ thống con khai thác và bảo dưỡng(OMS)

1. SS(Switching Subsystem)

SS được xem như là một tổng đài của mạng điện thoại di động . Chức năng của SS là chuyển mạch cuộc gọi và quản lý thuê bao di động . SS có 5 thành phần .

a. Trung tâm chuyển mạch di động (MSC :Mobile Switching Center)

MSC là thành phần trung tâm của hệ thống chuyển mạch . Chức năng chính của MSC là xử lý cuộc gọi. MSC là nơi duy nhất thực hiện chức năng chuyển mạch . Do đó tất cả các cuộc gọi đều phải đi qua MSC.

b. Bộ nhớ định vị thường trú: (HLR : Home Location Register):

HLR lưu trữ thông tin của thuê bao di động . Thuê bao được đăng ký tại vùng nào thì sẽ được lưu vào HLR của vùng đó . Thông tin trong HLR được cập nhật bằng tay mỗi khi có một thuê bao bán ra . Thông tin này không cho biết trạng thái và vị trí hiện tại của thuê bao , nó còn là một ổ cứng trong máy tính .

c. Bộ nhớ định vị tạm trú: (VLR : Visitor LR)

VLR lưu trữ thông tin của các thuê bao di động đang hiện diện trong vùng hoạt động đó . Thông tin này được cập nhật tự động thông qua thủ tục đăng ký vị trí . Thông tin này cho biết vị trí và trạng thái hiện tại của thuê bao . Khi thuê bao di chuyển từ trạm phát sóng này sang trạm phát sóng khác thì thông tin trong VLR sẽ thay đổi khi thuê bao tắt máy , thông tin trong VLR sẽ bị xóa và giúp cho hệ thống tìm gọi thuê bao nhanh chóng và chính xác hơn.

d. Bộ nhớ định nghĩa thiết bị di động (EIR:Equipment Identifi Register)

EIT dùng để quản lý thiết bị di động, thông tin lưu trữ trong EIR là số định nghĩa thiết bị di động Quốc tế gọi tắt là số IMEI (International Mobile Equipmen Identlify)

IMEI phải trùng với số con rom bên trong ta nhấn * # 06 #

e. Trung tâm nhận thức thuê bao (AC:Authenti cation)

AC có chức năng kiểm tra một thuê bao di động có quyền thực hiện một dịch vụ hay không

2. BSS : Gồm 3 phần tử

a. Thuê bao di động (MS: Mobile Station)

Một thuê bao di động gồm 2 phần : Thiết bị di động (ME : Mobile Equipment) và khối định nghĩa thuê bao (SIM: Subscriber Identity Module). Thuê bao di động thực hiện được dịch vụ khi SIM được chèn vào bên trong thiết bị di động

* ME : là thiết bị thu phát cá nhân được thuê bao trực tiếp sử dụng. ME hoạt động giống như một máy tính do chương trình chứa trong SIM điều khiển

Băng tần hoạt động : Trong thông tin di động băng tần được chia làm hai hệ .

Hệ thống viễn thông

- D900 : Trong D900 gồm hai tần số :

Tần số hướng lên (từ MS đến BTS) sử dụng trong khoảng từ 890 đến 915MHz

Tần số hướng xuống (từ BTS đến MS) sử dụng trong khoảng từ 935 đến 960 MHz

Khoảng tần số mỗi hướng chia làm 124 kênh mỗi kênh gồm hai tần số , một cho hướng lên và một cho hướng xuống. Hai tần số trong cùng một kênh cách nhau 45MHz, độ rộng băng thông mỗi kênh là 200KMHZ . Khoảng tần số từ 915 đến 935 MHz không sử dụng với mục đích bảo vệ

Một ME bình thường chỉ có thể hoạt động ở 124 kênh tần số khác nhau .

Chú ý: Ở Việt nam hiện nay các mạng di động đang sử dụng hệ D 900 cụ thể mạng vinaphone sử dụng các kênh tần số từ 1 đến 40 kênh . Mobilephone sử dụng kênh 84 đến 124

- DCS 1800 : Trong DCS1800 chia làm 374 kênh tần số , mỗi kênh gồm một tần số hướng lên và một tần số hướng xuống , khoảng cách giữa hai tần số này là 95MHz. Độ rộng băng thông của mỗi kênh là 200KMHZ

* Công suất thu phát của ME :

+ Công suất ngưỡng thu từ -90 dBm đến -50 dBm

+ Công suất ngưỡng phát : Gồm 3 mức : Mức 1 : 0,8W

Mức 2 : 2W

Mức 3 : 5W

Tùy theo khoảng cách từ MS đến BTS mà ME sẽ thay đổi công suất phát thích hợp

* **SIM card:** là một bộ nhớ lưu trữ thông tin cá nhân của thuê bao di động . Các thông tin lưu trữ trong sim bao gồm

+ Số thuê bao

+ Các dịch vụ

+ Số chuyển vùng

b. **Trạm thu phát gốc** (BTS : base Transceiver station)

BTS là trạm thu phát cố định, tạo ra vùng hoạt động cho MS . mỗi vùng phủ sóng của BTS được gọi là 1 tế bào . Tập hợp tất cả các tế bào tạo nên vùng hoạt động của mạng di động. Mỗi BTS chỉ hoạt động tối đa ở 12 kênh TS khác nhau, kênh TS cụ thể do người khai thác mạng quyết định. Trong một mạng thông tin di động các BTS được lắp đặt khắp mọi nơi.(BTS gọi là mở rộng vùng phủ sóng)

c. **Bộ điều khiển trạm gốc** : (BSC : basestation Controller)

BSC có chức năng điều khiển tất cả các hoạt động của BTS như : cấp phát kênh, nhảy tần số, chuyển giao, điều khiển công suất. Mỗi BSC điều khiển nhiều BTS. Giao tiếp giữa BSC với các BTS có tốc độ 2 Mb/s

III. Nguyên lý đa truy suất trong thông tin di động :

Đa truy suất trong thông tin di động là việc nhiều MS cùng sử dụng một BTS để truy suất vào mạng ,giao tiếp MS và BTS là giao tiếp vô tuyến nên đa truy suất này được gọi là đa truy suất vô tuyến. Trong thông tin di động sử dụng 3 kiểu đa truy suất.

1. **Đa truy suất phân chia theo tần số** (FDMA : Frequencys Division Multiple Access)

Hệ thống viễn thông

Băng thông làm việc của một BTS được chia làm nhiều băng tần nhỏ . Mỗi băng tần nhỏ được cấp phát cho một MS để truy suất vào mạng. Như vậy nhiều MS truy suất vào mạng dưới các tần số khác nhau.

2. Đa truy suất phân chia theo thời gian : TDMA

Thời gian làm việc của BTS được chia thành nhiều khung thời gian mỗi khung có độ dài $4615 \mu s$, được chia thành 8 khe thời gian mỗi khe có độ dài $577 \mu s$. Khi MS truy suất vào mạng thì sẽ được cấp phát khe thời gian này.

Các mạng thông tin di động ở việt nam hiện nay sử dụng kết hợp hai kiểu đa truy suất là FDMA và TDMA

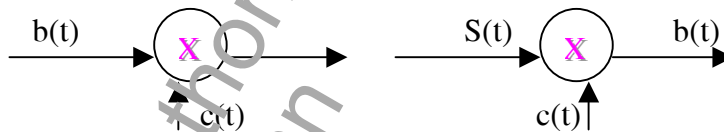
3. Đa truy suất phân chia theo mã: CDMA

a. Khái niệm trải phổ tín hiệu : Trải phổ tín hiệu là làm cho băng thông của tín hiệu rộng hơn gấp nhiều lần trước khi truyền tín hiệu . Mục đích đầu tiên của trải phổ là để bảo mật tín hiệu sau đó trải phổ được ứng dụng trong kỹ thuật đa truy suất .

b. Cách thực hiện trải phổ : Đối với tín hiệu số thì độ rộng phổ được xác định bằng công thức

$$BW = \frac{1}{T} \quad (T : \text{Độ rộng bit})$$

Do đó để thực hiện trải phổ tín hiệu người ta sử dụng một chuỗi tín hiệu giả ngẫu nhiên có độ rộng bit nhỏ hơn rất nhiều lần so với độ rộng bit của tín hiệu cần trải phổ. Khi nhân hai tín hiệu này với nhau thì phổ của tín hiệu sẽ rộng hơn gấp nhiều lần so với ban đầu .



B(t): tín hiệu cần trải phổ

C(t) : tín hiệu giả ngẫu nhiên

S(t) : tín hiệu sau khi trải phổ

Độ rộng phổ trước khi trải $BW_b = \frac{1}{T_b}$

Độ rộng phổ sau khi trải $BW_s = \frac{1}{T_c}$

Do $T_b > T_c$ nên $BW_s > BW_b$ tín hiệu sau khi trải phổ $S(t) = b(t) \cdot c(t)$.

Ở đầu thu khi thu được tín hiệu S(t) muốn khôi phục lại b(t) thì máy thu phải thực hiện nén phổ . Để làm được điều này máy thu phải tạo ra chuỗi giả ngẫu nhiên c(t) giống đầu phát để nhân với S(t). Như vậy nén máy thu không tạo ra được c(t) thì không thu được tín hiệu ban đầu . Do đó c(t) được gọi là tín hiệu mã hay mã.

c. ứng dụng của trải phổ trong CDMA:

Hệ thống viễn thông

Trong hệ thống CDMA, mỗi MS được cấp phát sử dụng một chuỗi PN khác nhau để truy suất vào mạng. Như vậy khi truyền tín hiệu cho một MS nào đó thì chỉ MS này mới thu được tín hiệu còn các MS khác không thu được vì không biết chuỗi PN trong trường hợp này mỗi chuỗi PN được gọi là một kênh.

IV. Các thủ tục trong thông tin di động

Thủ tục trong thông tin di động là quá trình chuẩn bị trước trước khi thực hiện một dịch vụ nào đó của MS. Các thủ tục này bao gồm

- + cập nhập vị trí
- + tìm gọi
- + Khởi tạo cuộc gọi
- + chuyển giao

1. Thủ tục cập nhập vị trí :

Cập nhập vị trí là một thủ tục mà thuê bao di động báo cho hệ thống biết được trạng thái và vị trí hiện tại của nó.

Mục đích của thủ tục này để giúp cho hệ thống quản lý được các thuê bao và thực hiện tìm kiếm thuê bao bị gọi nhanh hơn

- + Các điều kiện để xảy ra: Có 3 điều kiện
 - Khi thuê bao chuyển trạng thái từ tắt sang mở.
 - Khi thuê bao chuyển từ BTS này sang BTS khác
 - cập nhập theo chu kỳ thời gian

+ Các bước của thủ tục cập nhập vị trí :

Đầu tiên MS phát một tín hiệu để yêu cầu xin được cập nhập vị trí. Nếu được hệ thống chấp thuận thì BTS phát lại tín hiệu yêu cầu MS cung cấp thông tin cá nhân và thông tin của BTS đang phục vụ nó. Khi các thông tin này đã truyền đến hệ thống thì quá trình nhận thực xảy ra. Nếu các thông tin chính xác thì sẽ được tự động lưu vào VLR và thủ tục cập nhập vị trí hoàn tất.

2. Thủ tục tìm gọi :

Xảy ra khi thuê bao di động bị gọi. Mục đích của thủ tục là tìm kiếm thuê bao bị gọi để thực hiện chuyển mạch

+ Nguyên tắc tìm gọi. Khi có một thuê bao di động bị gọi thì số thuê bao bị gọi đầu tiên sẽ được gửi tới MSC. Trước khi thực hiện chuyển mạch thì MSC truy suất vào VLR để biết được vị trí của thuê bao. Tiếp theo một thông báo tìm gọi được gửi đến BTS mà thuê bao đang định vị thông qua BSC. Khi BTS phát thông báo tìm gọi thì tất cả các MS nằm trong vùng phủ sóng của BTS đó đều nhận được thông báo này nhưng chỉ có MS bị gọi trả lời thông báo tìm gọi.

+ Để nhận được cuộc gọi MS yêu cầu cấp cho một khe thời gian trước khi tiến hành đàm thoại hệ thống bắt buộc giữa MS và BTS sử dụng một mật mã để truyền nhận tín hiệu.

3. Thủ tục tạo cuộc gọi :

Được thực hiện khi MS chủ động gọi đi. Để thực hiện thủ tục này đầu tiên MS phát đi bản tin để xin cấp phát khe thời gian. trước khi cấp phát hệ thống yêu cầu MS

Hệ thống viễn thông

cung cấp thông tin cá nhân, khi nhận được thông tin cá nhân từ Ms hệ thống tiến hành nhận thực. Nếu thuê bao được phép gọi đi thì mới được cấp phát khe thời gian. Lúc này số thuê bao bị gọi được gửi đến MSC và MSC tiến hành triển mạch. Khi thuê bao bị gọi nhắc máy thì hệ thống báo cho MS gọi đi biết để thực hiện đàm thoại. Trong thời gian đàm thoại giữa MS và BTS cũng sử dụng mật mã để truyền dẫn tín hiệu.

4. Thủ tục chuyển giao:

Chuyển giao là quá trình thay đổi BTS phục vụ cho MS khi MS đang ở trong chế độ đàm thoại.

Mục đích của việc chuyển giao là đảm bảo thông tin liên tục để nâng cao chất lượng phục vụ.

* các điều kiện để xảy ra thủ tục chuyển giao

- + Khi MS di chuyển từ BTS này sang BTS khác
- + MS không di chuyển nhưng do chất lượng của đường truyền với BTS đang phục vụ kém
- + Khi MS không di chuyển nhưng dung lượng của BTS đang phục vụ sắp đạt đến trạng thái bão hòa thì nó sẽ ngẽn mạch.

Hết

tai lieu hoc thong tin
Le Thanh Tan

Kỹ Thuật Truyền Dẫn SDH

Nghiêm Xuân Anh

10. 8. 2004

Mục lục

1	Phân cấp số cận đồng bộ (Động lực cho sự ra đời của SDH)	1
1.1	Giới thiệu	2
1.1.1	Mạng số	2
1.1.2	Ưu điểm của truyền dẫn số	2
1.1.3	Các vấn đề của truyền dẫn số	4
1.2	SDH là gì?	5
1.3	Tại sao cần SDH?	5
1.4	PDH và SDH	7
1.4.1	Ba phân cấp số PDH	7
1.4.2	Nhiều tốc độ /dạng tín hiệu khác nhau: Ví dụ so sánh DS1 với CEPT-1	8
1.4.3	Các phương án nén không khác nhau: Ví dụ B3ZS so với HDB3	11
1.4.4	Nhiều thủ tục ghép kênh khác nhau	14
1.4.5	Nhiều kiểu tổ chức/tỷ lệ phần trăm mào đầu khác nhau	15
1.5	Liên kết mạng	17
1.5.1	Không tương thích giữa các nhà sản xuất cho thông tin sợi quang	17
1.5.2	Kết nối toàn cầu	17
1.6	Thuộc tính và lợi ích của SDH	19
1.6.1	Nhu cầu khách hàng tăng và xu hướng của mạng tương lai	19
1.6.2	SDH trên cơ sở sợi quang	20
1.6.3	Các thuộc tính chính của SDH	20
1.6.4	Lợi ích do SDH mang lại	21
2	Phân cấp tín hiệu SDH (Tốc độ, Dạng tín hiệu và Mào đầu)	23
2.1	SDH và PDH	24

2.1.1	Phân cấp số cận đồng bộ (PDH)	24
2.1.2	PDH và các Container SDH	26
2.2	Kết nối điểm - điểm SDH	27
2.3	Khung SDH	28
2.3.1	Khái niệm khung SDH	28
2.3.2	Khung STM-1	28
2.3.3	STM-N (N=4, 16 hoặc 64)	29
2.4	Các byte truyền tải SDH và mào đầu đường	30
2.4.1	Vị trí /tên các byte mào đầu SDH	30
2.4.2	Chức năng của mào đầu đoạn lặp	32
2.4.3	Chức năng mào đầu đoạn ghép	33
2.4.4	Mào đầu đoạn của khung STM-N	36
2.4.5	Mào đầu đường VC-3/VC-4	37
2.5	Các thành phần của tín hiệu STM-1	40
2.6	Container C-n	42
2.6.1	C-4, VC-4, AU-4, AUG và STM-1	43
2.6.2	C-3, VC-3, TU-3, TUG-3, VC-4, AUG và STM-1	43
2.6.3	C-12, VC-12, TUG-2, TUG-3, VC-4, AU-4, AUG và STM-1	45
2.7	Đơn vị Luồng (TU)	45
2.7.1	Mục đích và dung lượng của TU	46
2.7.2	Mối quan hệ giữa TU-n (n=11, 12 hoặc 2) với TUG-2	47
2.7.3	TU và STM-1	48
3	Ứng dụng con trở SDH (Bố trí- Mapping/ghép-Multiplexing)	51
3.1	Con trở STM-1	52
3.2	Phân loại con trở STM-1 và vị trí con trở	53
3.3	Con trở (H1, H2)	56
3.3.1	(H1, H2) với tư cách một con trở AU-4	56
3.3.2	(H1, H2) với tư cách một con trở AU-3	67
3.4	Con trở TU-3	68
3.5	Con trở TU-1/ TU-2	71

3.5.1	Giá trị độ lệch tải tin TU-1/TU-2	72
3.5.2	Các hoạt động con trở TU-1/TU-2	75
3.6	Mào đầu đường VC-1/VC-2	75
3.7	Bố trí/Ghép tín hiệu STM-1	80
3.7.1	Bố trí C-4 vào STM-1	80
3.7.2	Bố trí/ghép C-3 vào STM-1	85
3.8	Bố trí/ghép C-12 vào STM-1	89
3.9	Tổng kết hoạt động ghép/bố trí: Diễn giải tốc độ tín hiệu	96
3.10	Các tín hiệu móc xích	97
3.10.1	Chuyển đổi giữa chế độ Floating và chế độ Locked	99
4	Định thời và Đồng bộ (Timing and Synchronization)	101
4.1	Giới thiệu	102
4.2	Đồng bộ khung	103
4.2.1	Siêu khung và mẫu đồng bộ khung của một tín hiệu DS1	103
4.2.2	Phát hiện mẫu khung của một tín hiệu DS1	105
4.2.3	DS1 cấu trúc siêu khung mở rộng (ESF)	106
4.2.4	Đồng bộ khung SDH	107
4.3	Đồng bộ mạng	109
4.3.1	Mục đích của đồng bộ mạng	109
4.3.2	Các thuộc tính chính của đồng bộ mạng	109
4.3.3	Ba cấp đồng bộ	110
4.3.4	Định nghĩa một số thuật ngữ được sử dụng	111
4.3.5	Các nguyên nhân gây rung pha, trôi, trượt pha và phase hit.	114
4.3.6	Phân cấp đồng hồ đồng bộ	114
4.3.7	Phân loại đồng hồ	116
4.3.8	Kiến trúc đồng bộ mạng	116
4.3.9	Độ chính xác của đồng hồ	118
4.3.10	Những yêu cầu đối với tốc độ trượt	119
4.3.11	Yêu cầu đồng bộ SDH	122
4.3.12	Trạng thái đồng bộ	122

4.4	Đồng hồ và khôi phục thời gian	123
4.4.1	Các chức năng và hoạt động của đồng hồ	124
4.4.2	Khôi phục thời gian	125
4.4.3	Mã đường truyền nhằm đảm bảo mật độ bit 1	127
4.4.4	Bộ giả ngẫu nhiên dùng cho nén zero	129
4.4.5	Cấu hình tín hiệu định thời	129

Danh sách hình vẽ

1.1	Mạng số	2
1.2	Truyền dẫn số so với truyền dẫn tương tự	3
1.3	FDM (tương tự) so với TDM (số)	4
1.4	Chuyển đổi Tốc độ/Dạng tín hiệu PDH	6
1.5	Dạng tín hiệu cho DS1 và CEPT-1	8
1.6	Tầm quan trọng của Tốc độ Đồng hồ Máy thu	11
1.7	Tầm quan trọng của Tốc độ Đồng hồ Máy thu đồng bộ	12
1.8	Khôi phục thời gian (định thời) của máy thu	13
1.9	Ghép kênh chèn bit so với chèn byte	14
1.10	Chèn mào đầu cho các tín hiệu PDH	16
1.11	Môi trường sản phẩm sóng ánh sáng từ nhiều nhà cung cấp	17
1.12	Kết nối toàn cầu (DS-n/CEPT-n)	18
1.13	Kết nối toàn cầu (DS-n/CEPT-n)	18
2.1	Phân cấp tín hiệu SDH	24
2.2	Phân cấp tín hiệu PDH	25
2.3	Kết nối đầu-cuối SDH	27
2.4	Khung SDH: Mào đầu và tải tin tách biệt nhau	28
2.5	Một khung STM-4	29
2.6	Khung STM-1 với các mào đầu	30
2.7	Tên của các byte mào đầu của một tín hiệu STM-1	31
2.8	Các byte mào đầu cho một tín hiệu STM-4	36
2.9	Các byte mào đầu cho một tín hiệu STM-16	37
2.10	Các byte mào đầu đường VC-4/VC-3	38

2.11	Ấn định bit cho byte G1	40
2.12	Các thành phần của tín hiệu STM-N	41
2.13	C-4, VC-4, AU-4 và STM-1	42
2.14	C-3, VC-3, TU-3, TUG-3, VC-4, AU-4 và STM-1	43
2.15	C-12, VC-12, TU-12, TUG-2, TUG-3, VC-4, AU-4 và STM-1	44
2.16	AUG (hay STM-1) và các loại TU khác nhau	46
2.17	Dung lượng / cấu trúc khung của TU	47
2.18	Quan hệ giữa TUG-2 và TU-n (n=11, 12 và 2)	48
2.19	TU-12 và STM-1	49
3.1	Con trở, tải tin STM-1 và STM-1	53
3.2	Vị trí con trở của bốn loại con trở	54
3.3	Tổ chức con trở	56
3.4	Phạm vi độ lệch của con trở AU-4	57
3.5	Điều chỉnh tần số dương (con trở AU-4)	59
3.6	Điều chỉnh tần số dương (con trở AU-4)	60
3.7	Điều chỉnh tần số âm (con trở AU-4)	61
3.8	Điều chỉnh tần số âm (con trở AU-4)	62
3.9	Trình tự luồng dữ liệu được nhận	62
3.10	Các trường hợp đặc biệt của Điều chỉnh Tần số Dương	63
3.11	Các trường hợp đặc biệt của Điều chỉnh Tần số Âm	65
3.12	Tăng và giảm các giá trị con trở	66
3.13	Phạm vi độ lệch con trở AU-3	68
3.14	Phạm vi độ lệch con trở TU-3	69
3.15	Các byte con trở TU-1/TU-2	72
3.16	Giá trị độ lệch tải tin TU-1/TU-2	73
3.17	Các vị trí tải tin cấp cao và cấp thấp	74
3.18	Byte mào đầu đường VC-1/VC-2, Tổ chức byte V5	77
3.19	C-4, VC-4, AU-4, AUG và STM-N	81
3.20	C-4, VC-4, AU-4, AUG và STM-N (tiếp)	82
3.21	Bố trí CEPT-4 vào C-4	83

3.22	C-3, VC-3, TU-3, TUG-3, VC-4, AU-4, AUG và STM-N	85
3.23	C-3, VC-3, TU-3, TUG-3, VC-4, AU-4, AUG và STM-N (tiếp)	86
3.24	CEPT-3, C-3 và VC-3	87
3.25	C-12, VC-12, TU-12, TUG-2, TUG-3, VC-4, AU-4, AUG và STM-N	89
3.26	C-12, VC-12 và TU-12 (tiếp)	90
3.27	TU-12, TUG-2 và TUG-3 (tiếp)	91
3.28	Cận đồng bộ E1, C-12, VC-12 và TU-12	92
3.29	Cận đồng bộ E1, C-12, VC-12 và TU-12	93
3.30	Bố trí C-12 đồng bộ bit so với bố trí C-12 cận đồng bộ	93
3.31	C-12 đồng bộ byte: 30 kênh	94
3.32	C-12 đồng bộ byte: 31 kênh	95
3.33	C-12 đồng bộ byte: 31 kênh	96
3.34	VC-4-N so với VC-4-Nc (concatenated)	98
3.35	Con trỏ AU-4 và Chỉ thị Móc xích	99
3.36	Con trỏ AU-4 và Chỉ thị Móc xích	100
4.1	Dạng tín hiệu DS1	103
4.2	Dạng siêu khung tín hiệu DS1	104
4.3	Mẫu khung DS1	105
4.4	Chế độ tìm kiếm mẫu khung và chế độ duy trì mẫu khung	106
4.5	Tín hiệu SF DS1 và tín hiệu ESF DS1	107
4.6	Mẫu byte khung và cấu trúc khung STM-1	108
4.7	Sự biến đổi pha giữa hai tín hiệu	112
4.8	Phạm vi tần số của rung pha và trôi pha theo G.810	112
4.9	Ví dụ về đo trôi pha	113
4.10	Định nghĩa chức năng của MTIE	113
4.11	Kiến trúc đồng bộ hóa AT&T	115
4.12	Cấp nguồn định thời gian tích hợp	117
4.13	Tầm quan trọng của độ chính xác đồng hồ máy thu	119
4.14	Tầm quan trọng của độ chính xác đồng hồ máy thu (tiếp)	120
4.15	Bộ nhớ đệm khe thời gian của máy thu	120

4.16	Yêu cầu ổn định ngắn hạn đối với STM-N	122
4.17	Yêu cầu ổn định ngắn hạn đối với tín hiệu tham khảo định thời	122
4.18	Byte Bản tin Trạng thái Đồng bộ	123
4.19	Tầm quan trọng của đồng bộ đồng hồ	125
4.20	Tầm quan trọng của đồng bộ đồng hồ	126
4.21	Luồng bit số nhận mong muốn	127
4.22	Áp dụng mã B3ZS	128
4.23	Các cấu hình định thời khác nhau	130

Chương 1

Phân cấp số cận đồng bộ (Động lực cho sự ra đời của SDH)

Mục đích của chương

Sau khi hoàn thành chương này bạn có thể

- Mô tả lý do cho sự ra đời của các tiêu chuẩn **Phân cấp Số Đồng bộ (SDH)**
 - bằng việc xem xét các hạn chế của Phân cấp Số Cận Đồng bộ (PDH) như : nhiều tốc độ /dạng tín hiệu PDH khác nhau; nhiều thủ tục ghép kênh khác nhau cho các tín hiệu PDH, và nhiều cách thức tổ chức mào đầu và tỷ lệ phần trăm mào đầu khác nhau cho các tín hiệu PDH.
 - bằng việc nghiên cứu mục đích của các chuẩn SDH
 - và bằng việc xem xét đặc tính của mạng tương lai
- Mô tả các thuộc tính chính và lợi ích của SDH

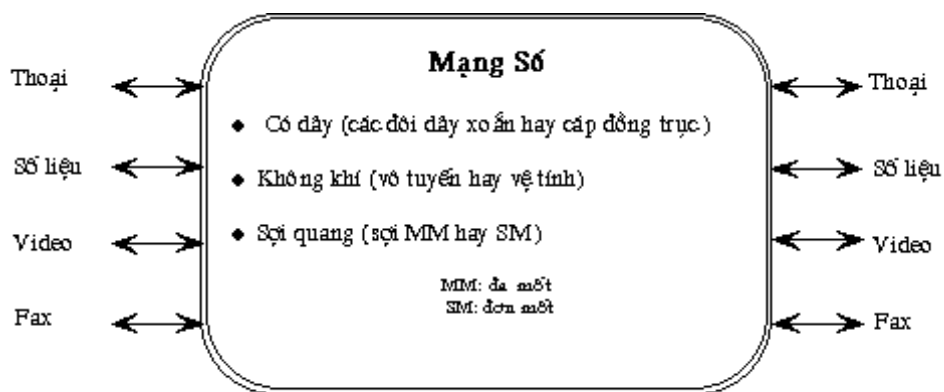
Tóm tắt chương

- Mạng số: Ưu và nhược điểm
- SDH là gì? tại sao lại phải có SDH?
- Các đặc tính của PDH
 - ba phân cấp vùng
 - nhiều tốc độ và dạng tín hiệu khác nhau
 - nhiều kỹ thuật nén zero khác nhau
 - nhiều thủ tục ghép kênh khác nhau
 - nhiều kiểu tổ chức mào đầu và tỷ lệ phần trăm khác nhau

2 CHƯƠNG 1. PHÂN CẤP SỐ CẬN ĐỒNG BỘ (ĐỘNG LỰC CHO SỰ RA ĐỜI CỦA SDH)

- Liên kết mạng
 - không tương thích giữa các nhà sản xuất cho thông tin sợi quang
 - kết nối toàn cầu
- Các thuộc tính và lợi ích chính của SDH

1.1 Giới thiệu



Hình 1.1: Mạng số

1.1.1 Mạng số

Qua mấy thập kỷ vừa qua, các mạng thông tin đã tiến hóa từ mạng tương tự sang mạng số. Các phương tiện truyền tải chiếm ưu thế của kỷ nguyên thông tin ban đầu là dây dẫn (đôi dây xoắn hay cáp đồng trục) và bầu khí quyển (các ứng dụng truyền thanh và vệ tinh). Xu hướng của mạng hiện đại là sử dụng sợi quang làm phương tiện truyền tải chủ đạo ở những nơi mà nó có thể triển khai được. Động thái này đem lại chất lượng truyền dẫn tốt hơn và băng tần (hay dung lượng) lớn hơn.

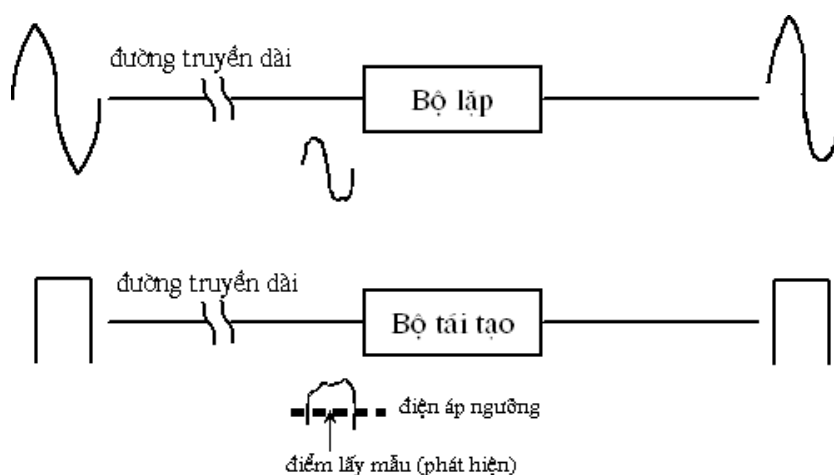
Các dịch vụ có thể được tích hợp dễ dàng hơn vào các mạng số so với các mạng tương tự. Các dịch vụ thoại qua hệ thống điều mã xung (PCM) được chuyển đổi thành luồng số liệu 64 kbit/s. Số liệu từ máy tính là ở dạng số. Tín hiệu Video, bằng cách sử dụng kỹ thuật nén bit, được chuyển thành một tín hiệu số với tốc độ tương đối lớn. Tín hiệu Fax đã được truyền đi ở dạng số của nó qua mấy thập kỷ. Các dịch vụ này có thể sẽ được ghép tiếp bởi phương thức TDM và tích hợp vào một luồng tín hiệu đơn để truyền qua các mạng số.

1.1.2 Ưu điểm của truyền dẫn số

Có rất nhiều ưu điểm của truyền dẫn số so với truyền dẫn tương tự. Ba ưu điểm chính được tổng kết như sau:

A. Gắn như miễn dịch đối với nhiễu (Hình 1.2)

Một tín hiệu suy yếu đi khi nó được truyền qua một hệ thống thông tin. Cường độ tín hiệu giảm khi nó lan truyền dọc theo phương tiện truyền dẫn. Ngoài ra, tín hiệu sẽ bị làm sai lệch bởi các nguồn nhiễu khác nhau. Độ trung thực của tín hiệu xuống cấp và đôi khi sự xuống cấp dẫn tới mức độ không thể chấp nhận được. Chất lượng truyền dẫn trở nên không thỏa mãn. Khi một bộ lặp được đặt tại những nơi được cho là thích hợp thì cả tín hiệu và nhiễu (hay tín hiệu không mong muốn) sẽ được khuếch đại. Để có được các bộ lặp có thể lọc được tất cả các loại nhiễu là rất khó khăn và tốn kém. Vì thế dọc theo phương tiện truyền dẫn dài, nhiễu sẽ được tích lũy lại. Khi tín hiệu tới đích của nó, chất lượng của hệ thống có thể hoặc không thể chấp nhận được, tức là tỷ số tín hiệu trên nhiễu (S/N) có thể trở nên quá nhỏ để khôi phục tín hiệu đã được phát đi. Mặt khác, một hệ thống truyền



Hình 1.2: Truyền dẫn số so với truyền dẫn tương tự

dẫn số sẽ gần như miễn dịch đối với nhiễu nếu các bộ lặp tái tạo được đặt ở những nơi thích hợp. Nếu một mức logic "1" (chẳng hạn +5V) được truyền qua một hệ thống số, tín hiệu sẽ suy yếu và bị làm sai lệch bởi nhiễu như trong hệ thống tương tự. Tại điểm lặp, máy thu tạo ra điện áp ngưỡng phát hiện và các điểm lấy mẫu (phát hiện) ở những khoảng cách đều nhau được quyết định bởi đồng hồ máy thu. Nếu cường độ tín hiệu thu được lớn hơn điện áp ngưỡng phát hiện thì tín hiệu nhận được được khôi phục (hay tái tạo lại) thành mức logic "1". Tác dụng của nhiễu sẽ không lan truyền dọc theo phương tiện truyền dẫn dài như trong hệ thống tương tự

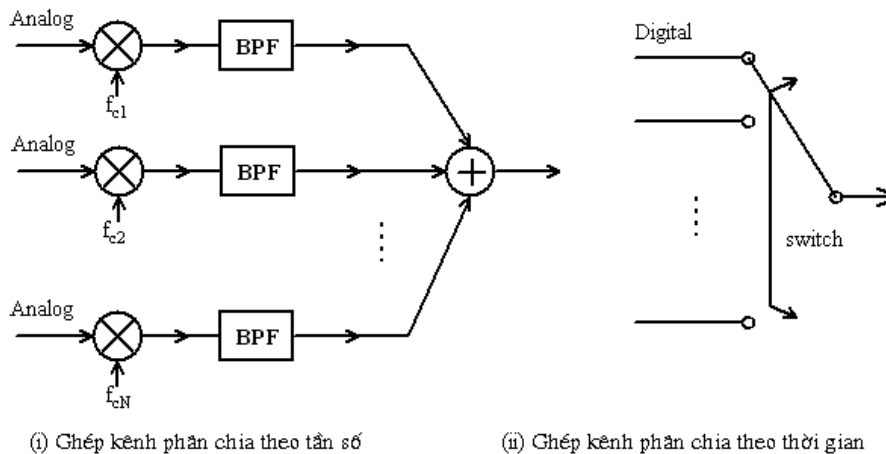
B. Tích hợp các dịch vụ

Như đã được giới thiệu trong phần trên

C. Dễ dàng ghép kênh (xem Hình 1.3)

Hình 1.3 trình bày các bước chính được yêu cầu để ghép một số tín hiệu tương tự thành một tín hiệu FDM (ghép phân chia theo tần số). Mỗi tín hiệu tương tự trước hết được điều chế để trở thành tín hiệu có dải thông bằng cách sử dụng một tín hiệu sóng mang với tần số sóng mang chẳng hạn như f_{c1} . Một bộ Lọc Thông Dải phải được áp dụng để hạn chế tín hiệu đã điều chế vào dải tần của chính nó. Bước thứ 3 là ghép tất cả các tín hiệu thông dải này vào một tín hiệu FDM để truyền đi. Đối với TDM, một chuyển mạch điện tử (logic) được sử dụng để nhận luồng dữ liệu (chẳng hạn như cứ 8 bit mỗi lần) từ mỗi tín hiệu số.

4 CHƯƠNG 1. PHÂN CẤP SỐ CẬN ĐỒNG BỘ (ĐỘNG LỰC CHO SỰ RA ĐỜI CỦA SDH)



Hình 1.3: FDM (tương tự) so với TDM (số)

Thủ tục này nhằm chèn các tín hiệu tốc độ thấp, từng tín hiệu một, vào một luồng dữ liệu tốc độ cao hơn.

Ta có thể thấy rằng công nghệ TDM dễ dàng hơn FDM. Do đó giá thành các hệ thống TDM cũng thấp hơn.

1.1.3 Các vấn đề của truyền dẫn số

Một số vấn đề của truyền dẫn số đòi hỏi phải có những giải pháp. Hai vấn đề chính được thảo luận ở đây

A. Đồng bộ Có vài lý do đòi hỏi một mạng số phải hoạt động càng đồng bộ càng tốt. Một hệ thống số được thiết kế để mang nhiều tín hiệu đồng thời qua cùng một phương tiện truyền dẫn. Nếu không có phương án đồng bộ có thể chấp nhận được thì các tín hiệu số sẽ bị méo. Khoảng cách đường truyền trở nên ngày càng dài hơn do thông tin toàn cầu trở thành một hoạt động hàng ngày của đời sống xã hội. Việc thiếu đồng bộ giữa máy phát và máy thu làm cho chất lượng đường truyền dễ dàng có thể trở nên không thể chấp nhận được.

Một trong những nhiệm vụ quan trọng nhất là đạt được **đồng bộ khung** của một luồng dữ liệu. Để đạt được đồng bộ khung, tại máy phát, một mẫu khung được chèn một cách có chu kỳ vào luồng dữ liệu thông tin. Vấn đề đồng bộ khung này sẽ được nghiên cứu sau trong chương này.

B. Khôi phục thời gian Như đã trình bày trong Hình các điểm lấy mẫu (hay phát hiện) được yêu cầu tại máy thu hay bộ lặp tái tạo. Các điểm lấy mẫu này phải được "đặt" bởi một đồng hồ chính xác của máy thu. Đồng hồ càng chính xác thì giá thành càng cao. Độ chính xác đồng hồ sẽ được thảo luận trong Chương 7. Tuy nhiên, các đồng hồ chính xác tại máy thu không đủ để khôi phục lại luồng dữ liệu nhận được. Các đồng hồ phải được đồng bộ với luồng dữ liệu tới để giảm thiểu lỗi bit. Điều này cũng sẽ được thảo luận trong chương này. Tóm lại, để thực hiện khôi phục thời gian tại máy thu ta cần

- có đồng hồ chính xác
- sử dụng công nghệ nén không.

1.2 SDH là gì?

Quả không dễ dàng định nghĩa SDH chỉ bằng một vài từ. Nhưng một số khái niệm sẽ được đưa ra ở đây. SDH (Synchronous Digital Hierarchy) hay phân cấp số đồng bộ có nguồn gốc từ SONET (Mạng Quang Đồng bộ) của Mỹ, là một thuật ngữ nói tới tốc độ, dạng tín hiệu và các hoạt động được chỉ ra trong bộ tiêu chuẩn của ITU-T. Tuy nhiên ở đây không liệt kê tên các bộ tiêu chuẩn này.

SDH thực hiện một họ các tiêu chuẩn (hay giao thức). Nó có thể và sẽ giao tiếp với các mạng hiện có được xây dựng trên các tiêu chuẩn vùng. SDH có thể và sẽ trở thành một tiêu chuẩn công nghiệp cho thông tin sợi quang băng rộng toàn cầu. Mạng thông tin này có thể được bổ sung bởi các hệ thống cáp đồng và/hoặc vô tuyến cho các ứng dụng đường truyền cự ly ngắn và/hoặc tốc độ thấp.

Khi mạng số của quốc gia đã được triển khai một phần thông qua các chuẩn SDH thì các vùng SDH này có thể được kết nối tới những vùng đã được triển khai với các tiêu chuẩn phi SDH (thường được nói tới là các chuẩn cận đồng bộ PDH). Một số nét đặc biệt của SDH gồm:

A. Cung cấp các giao tiếp quang tại tốc độ STM-1, STM-4, STM-16, STM-64 và STM-256 với tốc độ tương ứng là 155,52 Mbit/s, 2,5 Gbit/s, 10 Gbit/s và 40 Gbit/s và sẽ được trình bày sau trong Chương 2.

B. Cung cấp các phần tử mạng duy nhất để các mạng PDH có thể được kết nối tới hay giao tiếp với các mạng SDH

Bộ ghép xen rẽ (ADM), hệ thống kết nối chéo số DCS hay Hệ thống mạch vòng số DLC vv... sẽ cung cấp các giao tiếp giữa hệ thống SDH và hệ thống PDH, chẳng hạn như chuyển đổi dạng hoặc tốc độ tín hiệu. Chẳng hạn như một bộ kết nối chéo số DCS có thể đại diện cho điểm giao tiếp giữa các mạng SDH và PDH.

C. Cung cấp các khả năng tích hợp OAM&P trong mỗi phần tử mạng NE Các mạng SDH cung cấp các kênh thông tin số liệu truyền các bản tin OAM&P giữa các Phần tử Mạng NE hay giữa các Hệ thống Điều hành (OS) với NE trong cùng một khung tín hiệu mang tải tin. Điều này tiết kiệm được thiết bị và tạo ra sự linh hoạt cho quá trình vận hành.

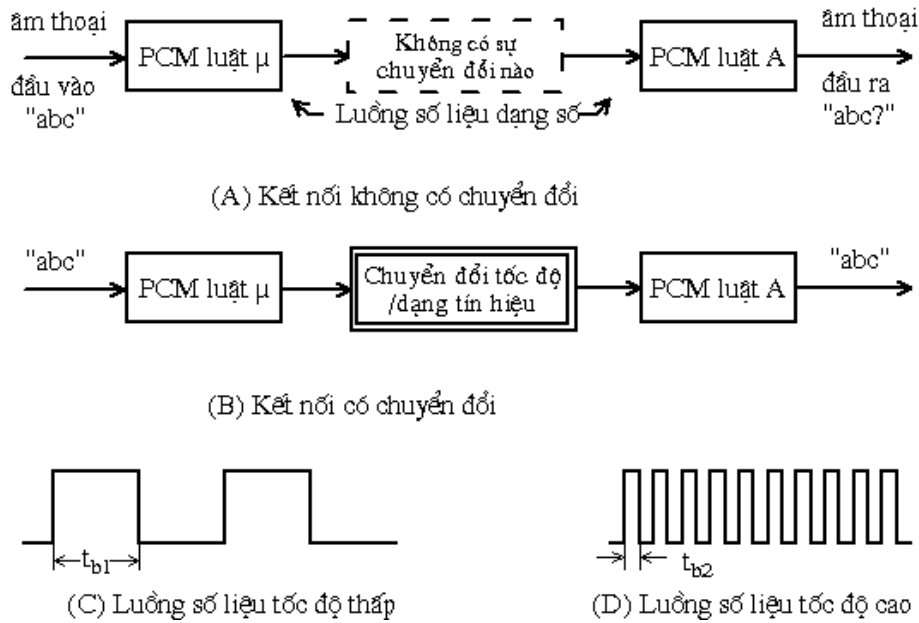
1.3 Tại sao cần SDH?

Nhu cầu về tiêu chuẩn SDH có thể được nhìn từ các góc độ khác nhau. Tuy nhiên những quan điểm sau chỉ mang tính chất cá nhân của tác giả:

A. Mục tiêu của SDH Nhằm đơn giản hóa kết nối giữa các nhà khai thác mạng bằng cách cho phép kết nối các thiết bị do nhiều nhà sản xuất khác nhau tới mức mà khả năng tương thích có thể đạt được ở mức sợi quang. Nói cách khác khả năng tương thích cân bằng là mục đích của SDH

B. Sự không hoàn hảo của PDH (sẽ được thảo luận sau)

C. Nhu cầu về các dịch vụ băng rộng Các dịch vụ băng rộng chẳng hạn như SMDS (Dịch vụ chuyển mạch số liệu nhiều Megabit), Video theo yêu cầu và truyền hình độ phân giải cao HDTV (High Definition TV), có thể được thực hiện dễ dàng bằng công nghệ thông tin sợi quang, mà công nghệ này không cho phép nhiều hơn một tiêu chuẩn để liên kết mạng. Điều này được minh họa như sau: Đối với thực tế hiện nay, mỗi vùng PDH có các tín hiệu



Hình 1.4: Chuyển đổi Tốc độ/Dạng tín hiệu PDH

với tốc độ và dạng riêng của chúng. Hình 1.4(A) chỉ ra một tín hiệu thoại "abc" được số hóa bởi hệ thống PCM luật μ . Giả sử luồng số liệu số này được truyền đi mà không có sự chuyển đổi thích hợp và được nhận bởi một máy thu sử dụng công nghệ PCM luật A thì tín hiệu được khôi phục sẽ không phát ra âm thanh "abc". Vì vậy, một bộ chuyển đổi như trên Hình 1.4(B) phải được sử dụng. Nó bao hàm sự chuyển đổi từ luật μ sang luật A và khung 24 kênh sang khung 32 kênh.

Bất kỳ sự chuyển đổi nào cũng đòi hỏi một lượng thời gian xử lý tối thiểu. Luồng số liệu ở một dạng trước tiên phải được đưa vào bộ nhớ đệm. Bộ chuyển đổi sau đó sẽ xử lý một số lượng bit nhất định, chẳng hạn 8 bit một lúc và chuyển đổi tín hiệu từ một dạng này sang một dạng khác. Ta có thể hình dung rằng khoảng thời gian bit t_{b1} hay t_{b2} (Hình 1.4(C)) được đòi hỏi làm thời gian xử lý. Nếu các tín hiệu được chuyển đổi có tốc độ thấp, khoảng thời gian bit đủ lớn để dùng làm thời gian xử lý. Tuy nhiên nếu các tín hiệu có tốc độ cao, khoảng thời gian bit chẳng hạn như t_{b2} không đủ lớn để thực hiện bất kỳ sự chuyển đổi nào.

Nếu không có các tiêu chuẩn SDH thì cả hai tín hiệu số luật μ và luật A cho thông tin sợi quang sẽ không thể đạt tới tốc độ vài chục Gbit/s. Do đó không thể đạt được kết nối toàn cầu. Tóm lại, đối với thông tin băng rộng đòi hỏi phải có một tiêu chuẩn thông tin toàn cầu.

Bảng 1.1: Ba phân cấp số theo vùng

Châu Âu	Mỹ	Nhật bản
64 kbit/s [E-0]	64 kbit/s[DS-0]	64 kbit/s
2,048 Mbit/s [E-1; CEPT-1]	1,544 Mbit/s [DS1]	1,544 Mbit/s
8,448 Mbit/s[E-2; CEPT-2]	6,312 Mbit/s[DS2]	6,132 Mbit/s
34,368 Mbit/s[E-3; CEPT-3]	44,736 Mbit/s[DS3]	32,064 Mbit/s
139,294 Mbit/s[E-4; CEPT-4]	91,053 Mbit/s[DS3C]	97,728 Mbit/s
	274,176 Mbit/s[DS4]	397,2 Mbit/s

1.4 PDH và SDH

Một trong những lý do cho sự ra đời của SDH là đặc tính không hoàn hảo của PDH. Sự không hoàn hảo được thể hiện qua

- Phân cấp số theo vùng
- Nhiều tốc độ, dạng tín hiệu khác nhau
- Nhiều phương án nén không khác nhau
- Nhiều thủ tục ghép kênh khác nhau
- Nhiều cách thức tổ chức tín hiệu mào đầu và tỷ lệ phần trăm mào đầu khác nhau

1.4.1 Ba phân cấp số PDH

Như có thể thấy trong Bảng 1.1 có ba phân cấp tín hiệu số theo vùng hiện đang được sử dụng bởi các quốc gia khác nhau. Tốc độ và dạng của một số tín hiệu này sẽ được xem xét và so sánh để chỉ ra tại sao lại cần thiết các tiêu chuẩn toàn cầu trong các mạng quang. Phân cấp Bắc Mỹ, Châu Âu và Nhật Bản gồm các tín hiệu với tốc độ như cho trong bảng trên. Điểm khác biệt giữa phân cấp Bắc Mỹ và Châu Âu là phân cấp Bắc Mỹ sử dụng mã hóa PCM luật μ còn Châu Âu sử dụng mã hóa PCM luật A.

Cần phải đề cập rằng các tín hiệu này theo truyền thống được truyền qua các hệ thống phi quang (chẳng hạn đôi dây xoắn, cáp đồng trục hoặc vô tuyến). Khi các mạng tiến hóa ngày càng nhiều sang các mạng trên cơ sở sợi quang thì các tín hiệu này sẽ được truyền theo các đơn vị tín hiệu băng rộng qua các tuyến sợi quang. Ví dụ, Các hệ thống sợi quang của AT&T được sử

8 CHƯƠNG 1. PHÂN CẤP SỐ CẬN ĐỒNG BỘ (ĐỘNG LỰC CHO SỰ RA ĐỜI CỦA SDH)

dụng rộng rãi, FT Series G có hai tốc độ 417 Mbit/s và 1,7 Gbit/s. Bằng cách sử dụng WDM (ghép kênh phân chia theo bước sóng) thì tốc độ cao nhất đạt được là 3,4 Mbit/s.

Do có ba phân cấp tín hiệu theo vùng nên nhất thiết phải chuyển đổi từ một dạng này sang một dạng khác để kết nối các tín hiệu từ các vùng khác nhau. Tuy nhiên mọi chuyện trở nên dễ dàng hơn nếu như chỉ có duy nhất một phân cấp tín hiệu số và khi đó không cần thiết phải thực hiện bất kỳ chuyển đổi nào.

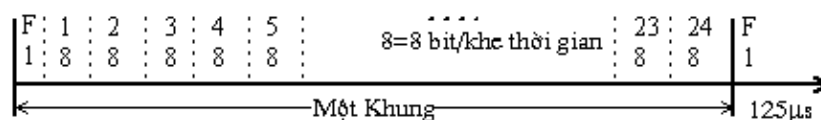
Giải pháp của SDH - một và duy nhất một phân cấp:

- Một tín hiệu STM-1 (155,52 Mbit/s) được thiết kế để mang một tín hiệu E-4 tốc độ 139,264 Mbit/s với dung lượng thừa dành cho dung lượng mào đầu phục vụ chức năng quản lý mạng.
- Một STM-1 có thể mang 3 tín hiệu CEPT-3
- Không có kế hoạch nào cho việc mang các tín hiệu CEPT-2 qua SDH được đề xuất
- Một STM-1 có thể mang 63 tín hiệu CEPT-1

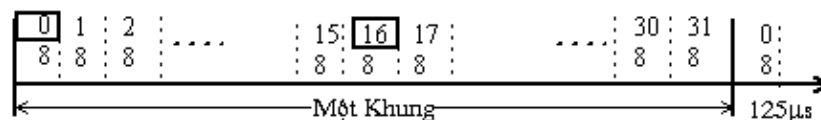
Giải pháp này hợp nhất nhiều phân cấp số PDH khác nhau vào một và duy nhất một phân cấp tín hiệu số sẽ tạo ra kết nối toàn cầu dễ dàng hơn trong môi trường PDH. Các tín hiệu STM-N (N=1,4,16 và 64) sẽ được thảo luận trong Chương 2.

1.4.2 Nhiều tốc độ /dạng tín hiệu khác nhau: Ví dụ so sánh DS1 với CEPT-1

Cả hai tín hiệu DS1 và CEPT-1 có một khoảng thời gian khung là $125 \mu s$, chính là khoảng thời gian giữa bất kỳ hai mẫu liên tiếp của một tín hiệu tương tự. Mỗi mẫu gồm 8 bit tốc độ lấy mẫu là $1/8000$ của một giây hay $125 \mu s$. 8000 mẫu trên giây này là tốc độ lấy mẫu Nyquist cho số hóa tín hiệu. Trong thế giới thông tin số, đơn vị chung được sử dụng để so sánh các hệ thống khác nhau là bit/s. Khoảng thời gian $125 \mu s$ trở thành đơn vị thời gian chuẩn. Vì vậy *thời gian được cho là bị lượng tử thành các khung $125 \mu s$* . Trước tiên, một khung DS1 như chỉ ra trên



(A) Dạng tín hiệu DS1



(A) Dạng tín hiệu CEPT-1

Hình 1.5: Dạng tín hiệu cho DS1 và CEPT-1

Hình sẽ được xem xét. Khung $125 \mu s$ được dẫn đầu bởi một bit kế tiếp bởi 24 khe thời gian,

mỗi khe thời gian mang 8 bit thông tin. Khe thời gian 8 bit này có thể được sử dụng để mang tín hiệu thoại, số liệu hoặc tín hiệu hình. Khi đó một khung 193 bit/125 μs được hình thành. Bit khung dẫn đầu được thiết kế để đạt được đồng bộ khung của luồng bit dữ liệu. Nói đơn giản hơn, đạt được đồng bộ khung tức là đạt được một **bit dấu** hay một **bit cờ** tại máy thu. Bit dấu này xác định điểm bắt đầu của một khung 125 μs . Vì vậy, tại máy thu, một khi đồng bộ khung được thiết lập, mỗi thông tin 8 bit khi đó có thể được phân phối chính xác tới đích của nó. Để máy thu của hệ thống này đạt được đồng bộ khung, một tín hiệu DS1 đòi hỏi 12 bit khung, các bit này hình thành một **mẫu khung**. 12 bit khung này được phân bổ qua 12 khung. Khoảng thời gian 12 khung được gọi là một **siêu khung**.

Bên cạnh sự cần thiết về thiết lập đồng bộ khung, bất kỳ một hệ thống số nào cũng đòi hỏi một số loại tín hiệu điều khiển được biết tới với tên **báo hiệu**. Tín hiệu báo hiệu có thể được sử dụng để thực hiện các chức năng điều khiển khác nhau, chẳng hạn như giám sát, chức năng quản lý, bảo dưỡng cũng như giám sát trạng thái hoạt động của hệ thống truyền dẫn. Đối với một tín hiệu DS1, cứ một khoảng 125 μs mang 193 bit, một bit cho đồng bộ khung và 192 bit được chia sẻ đều với 24 người sử dụng (kênh). Không còn bit nào dư để cho báo hiệu. Ta cần sự sắp đặt đặc biệt để truyền các bit báo hiệu đã được đề cập tới ở trên. Sự sắp đặt này được giải thích như sau. Trong mỗi siêu khung DS1, trong các khung thứ 6 và thứ 12, các *bit có ít ý nghĩa nhất* (hay trọng số nhỏ nhất) LSB của mỗi khe thời gian bị lấy trộm cho mục đích truyền báo hiệu. Phương án này được gọi là **báo hiệu trộm bit**.

Nếu DS1 được sử dụng để truyền tín hiệu thoại, việc mất đi bit có ít ý nghĩa nhất một lần trong sáu khung sẽ không gây ra sự xuống cấp chất lượng mà có thể phát hiện ra được bởi khách hàng. Do đó, đối với thông tin thoại, một kênh 64 kbit/s (8 bit/mẫu \times 8000, tức là dung lượng đủ 8 bit được sử dụng để truyền tin. Một kênh thoại được phát biểu là một kênh 64 kbit/s.

Tuy nhiên, đối với truyền dữ liệu, báo hiệu trộm bit gọi ra rằng bit có ít ý nghĩa nhất của mỗi khe thời gian sẽ không được sử dụng để truyền dữ liệu. Bit thứ 8 của mỗi khe thời gian có thể được sử dụng để làm chức năng mào đầu. Nói cách khác, đối với thông tin dữ liệu ta sẽ chỉ sử dụng 7 bit đầu tiên của mỗi khe thời gian 8 bit để truyền tải dữ liệu. Với cách làm như vậy, sẽ an toàn cho dữ liệu được phát đi.

Đối với thông tin dữ liệu hiện đại, chẳng hạn như các dịch vụ ISDN, một kênh sạch (64 kbit/s) được yêu cầu. Do đó, phương thức báo hiệu trộm bit như mô tả trên trở thành một dạng thức không mong muốn. Kết quả là một dạng tín hiệu mới cho DS1 đã được phát triển. Một *Siêu Khung Mở Rộng* (ESF) được tạo ra, mở rộng một tín hiệu DS1 qua hai siêu khung. Bằng cách áp dụng ESF sẽ không cần đến báo hiệu trộm bit. Một kênh sạch 64 kbit/s có thể đạt được bằng việc ấn định lại 24 bit dấu (bit khung) đã được phân bổ qua khoảng thời gian 24 khung. Nói cách khác, trong khung 193 bit (hay 125 μs), bit đầu tiên không còn được sử dụng duy nhất cho mục đích đồng bộ khung.

Tiếp theo, một khung CEPT-1 sẽ được thảo luận. Sự khác biệt giữa một khung DS1 và một khung CEPT-1 là ở chỗ khung DS1 là một hệ thống 24 kênh trong khi khung CEPT-1 là một hệ thống 32 kênh. Khung CEPT-1 32 kênh (một khoảng thời gian 125 μs giống như trong DS1) được dẫn đầu bởi một khe thời gian (hay kênh) chuyên dụng dùng để truyền thông tin về khung cho mục đích đồng bộ khung, và mang các tín hiệu điều khiển. Còn một khe thời gian nữa là TS số 16 cũng được sử dụng để truyền báo hiệu. Nói cách khác, một khung CEPT-1 có hai kênh số 0 và 16 được ấn định cho các chức năng mào đầu. Chúng tương đương với các bit dấu và các bit báo hiệu trộm bit cho một tín hiệu siêu khung DS1. Kết quả là một tín hiệu CEPT-1 có 30 kênh,

Bảng 1.2: Tổng kết các tín hiệu DS1 và CEPT-1

	DS1	CEPT-1
Tốc độ tín hiệu (Mbit/s)	1,544	2,048
Số kênh	24	32/30
Tổ chức mào	ít tập trung hơn (phân bố qua nhiều khung)	Tập trung hơn (tập trung trong hai kênh)

các khe thời gian thứ 2 đến 15 và từ 17 đến 31 của mỗi khung được sử dụng cho truyền thông tin. Do đó, một hệ thống như thế đôi khi được gọi là hệ thống 30 kênh. Một tín hiệu CEPT-1 có thể được nói tới như một tín hiệu 32 kênh với tốc độ 2,048 Mbit/s (32 khe thời gian \times 8 bit/khe thời gian \times 8000 khe thời gian /giây) hay một hệ thống 30 kênh (từ quan điểm của người sử dụng cuối cùng).

Từ những gì đã thảo luận ở trên, ta có thể thấy rằng có một số điểm khác biệt giữa một tín hiệu DS1 và một tín hiệu CEPT-1 về tốc độ và dạng tín hiệu. Chúng được tổng kết trên Bảng 1.2. Ta có thể thấy rằng bên cạnh tốc độ khác nhau của hai tín hiệu, sự khác biệt chính giữa chúng là tổ chức của các bit mào đầu của chúng. Đối với tín hiệu DS1, các bit mào đầu thuộc loại phân bố, trong khi đối với tín hiệu CEPT-1 các bit mào đầu thuộc loại **tập trung**.

Để thông tin toàn cầu, sự cần thiết chuyển đổi một tốc độ/dạng này sang một dạng khác là điều không thể tránh khỏi. Tuy nhiên như đã được thảo luận trước đây rằng đối với mạng số toàn cầu tốc độ cao, một phân cấp hợp nhất cần phải sử dụng một tốc độ /dạng tốt nhất cho các tín hiệu của nó. Ta phải quyết định xem một phương thức mào đầu **phân bố** hay **tập trung** sẽ được sử dụng cho phân cấp hợp nhất mới này. Từ quan điểm khai thác băng tần, một tín hiệu DS1 chắc chắn tốt hơn một tín hiệu CEPT-1. Hiệu suất truyền dẫn đạt 99,48 % ($\equiv 1-1/193$) và 93,75 ($\equiv 1-2/32$) tương ứng cho một DS1 và một CEPT-1. Tuy nhiên từ quan điểm thiết kế hệ thống, một tín hiệu với mào đầu **tập trung** có ưu điểm hơn so với cấu trúc mào đầu **phân bố**. Điều này có thể thấy từ thực tế sau. Một tín hiệu ISDN (23B+D hay 2B+D) có cùng dạng với tín hiệu CEPT-1 với sự tách biệt tải tin (các kênh B để mang thông tin) với mào đầu (kênh D cho đường dữ liệu để thực hiện các chức năng mào đầu)

đến đây!

Giải pháp của SDH - Module hóa và mào đầu tập trung

Trong suốt tập tài liệu này ta sẽ thảo luận về một tín hiệu SDH có các đặc tính sau:

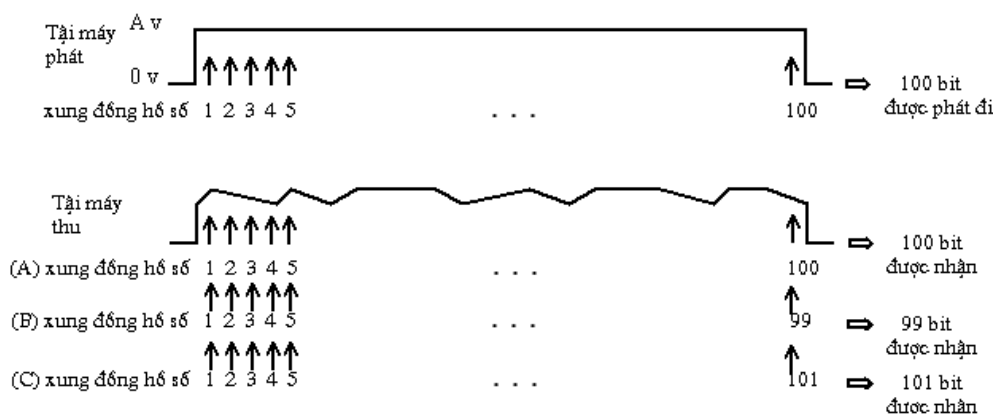
- Tốc độ tín hiệu được modul hóa tức là một tín hiệu STM-N có tốc độ bằng $N \times 155,52$ Mbit/s (tốc độ của STM-1).
- Trong một khung 125 μs , các bit mào đầu thuộc loại tập trung, các byte mào đầu và tải tin là hoàn toàn tách biệt.

1.4.3 Các phương án nén không khác nhau: Ví dụ B3ZS so với HDB3

Một hệ thống số có thể được sử dụng để truyền một tín hiệu số chẳng hạn như dữ liệu máy tính hay có thể được sử dụng để truyền một tín hiệu tương tự đã được số hóa, chẳng hạn như tín hiệu thoại. Bất kỳ hệ thống số nào cũng phải có thể phân phát các tín hiệu này tới người sử dụng với chất lượng tốt. Nói khác đi, sau khi hệ thống số đã phân phát tín hiệu số qua một khoảng cách dài, tín hiệu khôi phục được (hoặc là dữ liệu hoặc là tín hiệu thoại) phải càng giống tín hiệu đã phát đi từ nguồn tín hiệu càng tốt. Do đó, để hệ thống số duy trì được một chất lượng có thể chấp nhận được, luồng bit số nhận được phải được khôi phục với càng ít bit lỗi càng tốt. Để một máy thu khôi phục tín hiệu với một tỷ lệ lỗi bit chấp nhận được, hệ thống số đòi hỏi một đồng hồ thời gian giải mã đồng bộ và chính xác bên cạnh một kênh ít nhiễu. Có hai vấn đề riêng biệt liên quan tới đồng hồ hệ thống.

- Tốc độ hay độ chính xác của đồng hồ
- Đồng bộ đồng hồ

Độ chính xác đồng hồ



Hình 1.6: Tầm quan trọng của Tốc độ Đồng hồ Máy thu

Trước tiên, sự cần thiết để có một đồng hồ chính xác sẽ được thảo luận trong phần này. ở đây, đồng hồ máy thu được giả thiết là được đồng bộ với đồng hồ máy phát, số lượng bit được giải mã tại máy thu sẽ khác với số lượng bit đã được phát đi tại máy phát. Hình minh họa vấn đề này. Giả thiết là có 100 bit được phát đi từ máy phát trong 1 giây. Tốc độ đồng hồ hay tốc độ bit được cho là 100 Hz hay 100 bit/s. Tại máy thu, một trong các trường hợp sau có thể xảy ra.

- Nếu đồng hồ máy thu có cùng tốc độ với tốc độ của đồng hồ máy phát (Hình 1.6(A)) thì máy thu sẽ giải mã dạng sóng nhận được thành 100 bit. Do có 100 xung đồng hồ trong khoảng thời gian một giây. Đồng hồ máy thu này được cho là có độ chính xác $10^{-\infty}$ do tốc độ của nó chính xác bằng tốc độ của đồng hồ máy phát.
- Nếu đồng hồ máy thu có tốc độ chậm hơn đồng hồ máy phát, chẳng hạn 99 xung đồng hồ thay vì 100 trong khoảng thời gian 1 giây thì máy thu sẽ giải mã dạng sóng nhận được

12 CHƯƠNG 1. PHÂN CẤP SỐ CẬN ĐỒNG BỘ (ĐỘNG LỰC CHO SỰ RA ĐỜI CỦA SDH)

thành 99 bit tức là 1 bit ít hơn những gì đã được phát đi (Hình 1.6(B)). Độ chính xác của đồng hồ này được thảo luận sau.

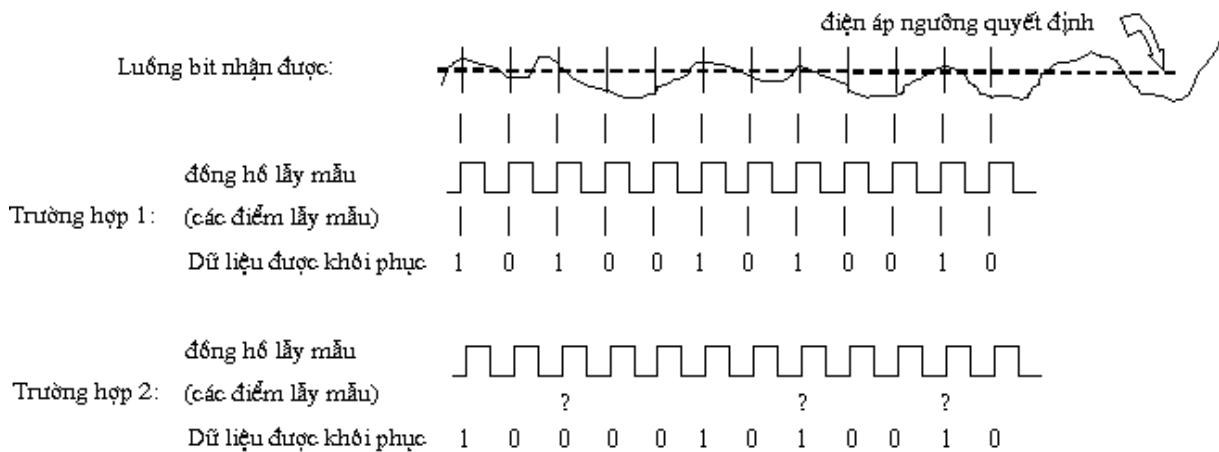
- C. Nếu đồng hồ máy thu có tốc độ nhanh hơn đồng hồ máy phát, chẳng hạn 101 xung thay vì 100 xung trong khoảng thời gian 1 giây thì máy thu sẽ giải mã dạng sóng nhận được thành 101 bit, 1 bit nhiều hơn những gì đã được phát đi (Hình 1.6(C)).

Đồng hồ được sử dụng trong ví dụ này được cho là có độ chính xác 10^{-2} . Sở dĩ như vậy là vì tốc độ danh định là 100 xung đồng hồ trong 1 giây, số xung đồng hồ tối thiểu là 99 và số xung đồng hồ tối đa là 101. Số xung đồng hồ lệch so với số xung danh định là 1. Do đó, ta nhận được

$$\frac{1 \text{ xung đồng hồ bị thiếu hoặc thừa}}{100 \text{ xung đồng hồ danh định}} \quad (1.1)$$

gọi là độ chính xác của đồng hồ sẽ được thảo luận chi tiết trong Chương 4.

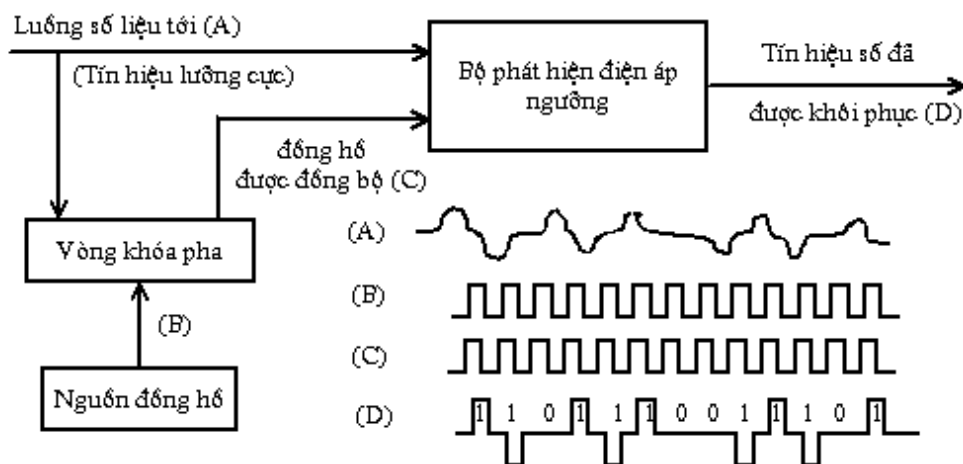
Đồng bộ đồng hồ



Hình 1.7: Tầm quan trọng của Tốc độ Đồng hồ Máy thu đồng bộ

Tiếp theo, tầm quan trọng của đồng hồ đồng bộ tại máy thu sẽ được thảo luận. Nói khác đi, câu hỏi đặt ra là: liệu có đủ không khi chỉ có một đồng hồ máy thu chính xác có cùng tốc độ với đồng hồ máy phát (giả thiết hệ thống không có nhiễu)? Khi có một đồng hồ chính xác tại máy thu, ta có thể đạt được cùng số lượng bit tại máy thu như những gì đã được phát đi từ máy phát. Tuy nhiên, mặc dù ta có một đồng hồ chính xác tại máy thu, khi đồng hồ không đồng bộ với dạng sóng nhận được thì do nhiễu kênh cộng với đồng bộ đồng hồ không tốt dẫn tới dạng sóng nhận được có thể được giải mã sai. Chẳng hạn "1" có thể được giải mã thành "0" và ngược lại. Điều này có thể dễ dàng nhận ra từ Hình 1.7. Trong hình này, hai trường hợp đồng bộ đồng hồ thu được chỉ ra. Cả hai trường hợp có đồng hồ cùng độ chính xác, tuy nhiên trường trong trường hợp 2, đồng hồ bị trễ một phần rất nhỏ của khoảng thời gian đồng hồ. Đối với trường hợp 1, luồng bit tín hiệu được khôi phục là "101001010010.." trong khi đối với trường hợp 2, tín hiệu được khôi phục là "100(?)00101(?)001(?)0...". Tín hiệu được khôi phục của trường hợp 2 có 3 bit (bit số 3, 8 và 11, mỗi bit được chỉ ra bởi dấu ?) khác với tín hiệu trong trường hợp 1. Chẳng hạn, trong khoảng thời gian xung đồng hồ thứ 3, dạng sóng nhận được có một điện áp hơi thấp

hơn điện áp ngưỡng quyết định. Do đó, tín hiệu khôi phục trở thành "0" thay vì "1" như trong trường hợp 1. Người ta đã nghiên cứu và đi đến kết luận rằng để khắc phục vấn đề này, đồng hồ



Hình 1.8: Khôi phục thời gian (định thời) của máy thu

máy thu cần phải đồng bộ với luồng bit số tới. Đồng hồ chính xác khi đó có thể được sử dụng để giải mã mỗi bit một cách chính xác. Chức năng này thường được nói tới như chức năng **khôi phục thời gian** của máy thu. Chức năng này được chỉ ra trên bởi sơ đồ khối của mạch khôi phục thời gian của máy thu trên Hình 1.8. Dạng sóng (A) là luồng dữ liệu nhận được, ở đây nhiều đã bị bỏ qua. Nguồn đồng hồ, thậm chí với tốc độ đồng hồ chính xác có thể lệch pha với luồng số liệu tới như được chỉ ra bởi các dạng sóng (A) và (B). Có một số cơ hội rằng các bit tới có thể được giải mã sai do đồng bộ đồng hồ kém giữa đồng hồ máy thu và đồng hồ máy phát.

Bây giờ, nếu một vòng khóa pha được áp dụng để đồng bộ đồng hồ máy thu với luồng dữ liệu tới (được tạo ra bởi đồng hồ máy phát) thì đồng hồ máy thu sẽ có một pha chính xác với luồng dữ liệu. Số lượng bit lỗi khi đó có thể được giảm thiểu.

Để thực hiện khôi phục thời gian, luồng bit phát đi phải đảm bảo đủ mật độ bit 1. Tức là tín hiệu số phải chứa nhiều chuyển tiếp từ 1 sang 0 và từ 0 sang 1. Công nghệ được sử dụng để thay đổi một tín hiệu số có ít chuyển tiếp này sang một tín hiệu có nhiều chuyển tiếp được gọi là **công nghệ nén không**. Nén không có thể được thực hiện bởi sử dụng mã đường truyền hoặc bộ ngẫu nhiên hóa (xáo trộn).

Rất nhiều mã đường truyền đã được tạo ra cho mục đích này. Các mã đường truyền phổ biến nhất được liệt kê như sau:

1. Tín hiệu DS1 áp dụng mã AMI (Đảo dấu luân phiên) hay lưỡng cực, và B8ZS (cho ISDN, hoặc các ứng dụng DS1 tương lai)
2. DS2 áp dụng mã B6ZS
3. DS3 áp dụng mã B8ZS
4. CEPT-1, CEPT-2 và CEPT-3 áp dụng mã HDB3
5. CEPT-4 áp dụng mã CMI(Đảo Dấu Mã)

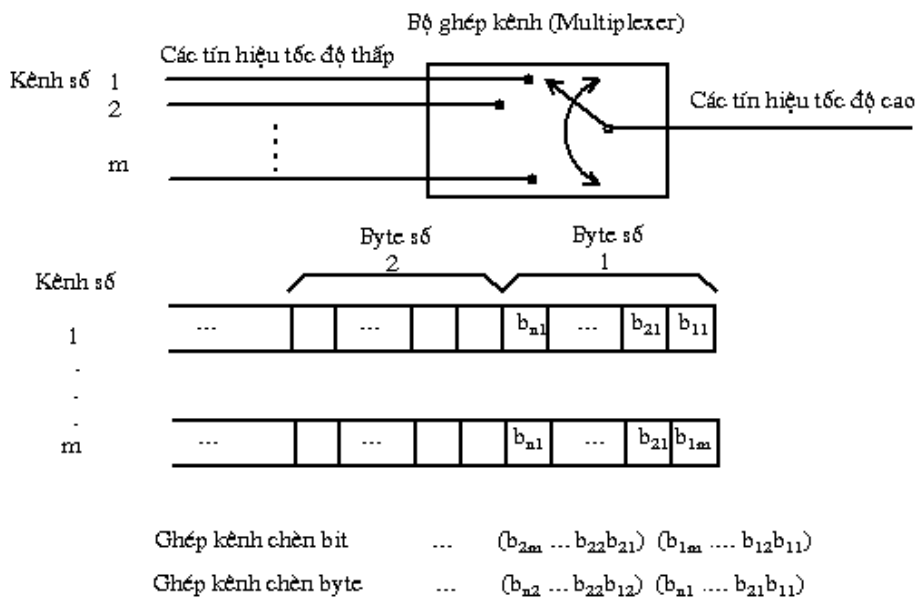
6. Ethernet (Mạng LAN) áp dụng mã Manchester.

Trong số các loại mã đường truyền, hai trong số đó được sử dụng rộng rãi là B3ZS (thay thế 3 số 0 lưỡng cực: xem Bảng) được sử dụng để truyền tín hiệu DS3 trong các mạng số Bắc Mỹ. Đối với ứng dụng này, cứ 3 số 0 liên tiếp phải được thay thế bằng 1 trong 4 mẫu như trong Bảng. Tức là, một nhóm 3 số 0 liên tiếp sẽ được truyền đi là 00- (0 V, 0 V, sau đó là -A V), 00+ (0 V, 0 V, sau đó là +A V), +0+ (+A V, 0 V, sau đó là +A V), hoặc -0- (-A V, 0 V sau đó là -A V). Mặt khác mã HDB3 (Luồng cực mật độ cao 3 số 0 được phép- xem Bảng) được sử dụng để truyền CEPT-1, CEPT-2 và CEPT-3. Trong trường hợp này, bố số 0 liên tiếp sẽ được thay thế bởi 000-, 000+, +00+, hoặc -00-. Ta có thể thấy là cả B3ZS và HDB3 là các mã lưỡng cực và được sử dụng để đảm bảo mật độ bit 1. Mã B3ZS hoặc HDB3 được sử dụng để đảm bảo mật độ bit 1 như thế nào? Chúng sẽ được thảo luận trong Chương 4. Phương pháp mã đường truyền là một trong hai phương pháp có thể áp dụng để đạt được việc nén không hay thay thế không.

Vậy thì nếu phải quyết định phương pháp nào nên được sử dụng làm tiêu chuẩn công nghiệp? Nói khác đi, đối với truyền dẫn SDH, phương pháp nào sẽ được sử dụng để đạt được khôi phục thời gian?

Giải pháp của SDH - Sử dụng bộ ngẫu nhiên hóa để nén không.

1.4.4 Nhiều thủ tục ghép kênh khác nhau



Hình 1.9: Ghép kênh chèn bit so với chèn byte

Đối với bất kỳ hệ thống số nào, để khai thác dung lượng hệ thống một cách có hiệu quả người ta áp dụng Ghép Kênh Phân Chia Thời gian để thực hiện chức năng ghép tại máy phát và chức năng tách kênh tại máy thu. Máy thu của một hệ thống số sẽ được thảo luận trước tiên. Tại máy thu một dạng sóng đại diện cho một chuỗi 0 và 1 với sự kết hợp ngẫu nhiên. Sau khi thực hiện giải mã dạng sóng nhận được thành luồng bit nhị phân, công việc tiếp theo là phân phối (tách kênh) các luồng bit nhị phân này tới chính xác đích (người dùng) của chúng. Hoạt động

ghép này được yêu cầu bởi vì luồng bit nhận được thường (nếu không nói là luôn luôn) đại diện cho sự kết hợp thông tin từ nhiều người sử dụng. Trước khi thực hiện chức năng ghép này có thể bạn sẽ đặt ra một số câu hỏi sau:

1. Mỗi người sử dụng tại một thời điểm nên nhận bao nhiêu bit (1, 8 hay 16, hay là giá trị khác)?
2. Bit nào trong byte 8 bit, bit nhận được đầu tiên hay bit nhận được cuối cùng là bit có ý nghĩa nhất (MSB), giả thiết rằng mỗi người sử dụng nhận 8 bit một lúc? Nói khác đi, ta nên truyền bit có ý nghĩa nhất trước hay truyền bit có ít ý nghĩa nhất của mỗi byte trước? Điều này đặc biệt quan trọng nếu ta chuyển đổi tín hiệu số đã mã hóa thành tín hiệu tương tự. Sở dĩ như vậy là mỗi bit trong byte 8 bit có trọng lượng khác nhau trong việc khôi phục âm lượng.

Để trả lời những câu hỏi này, ta phải biết thủ tục ghép được sử dụng tại máy phát. Trước tiên, ta biết rằng một bộ ghép kết hợp một số tín hiệu số tốc độ thấp ở một dạng thức có tổ chức thành một tín hiệu tốc độ cao hơn để nó có thể được truyền qua tuyến tốc độ cao (xem Hình 1.9). Trong ví dụ này m kênh tốc độ thấp sẽ được ghép vào một luồng bit tốc độ cao để truyền đi. Đối với kênh 1, luồng bit là $b_{11}b_{21}, \dots, b_{n1}, \dots$; đối với kênh số 2 luồng bit là $b_{12}b_{22}, \dots, b_{n2}, \dots$; và đối với kênh số m luồng bit là $b_{1m}b_{2m}, \dots, b_{nm}, \dots$; Có hai cách ghép các luồng bit số này: (1) ghép chèn bit hoặc (2) ghép chèn byte như trình bày trên Hình. Tức là ta có thể nhận một bit tại một thời điểm từ mỗi người sử dụng hoặc một byte tại một thời điểm. Nếu ghép kênh theo kiểu chèn bit được áp dụng thì luồng bit tốc độ cao sẽ là $b_{11}b_{12}, \dots, b_{1m}b_{21}b_{22} \dots b_{2m} \dots$. Nếu ghép theo kiểu chèn byte được áp dụng thì luồng bit tốc độ cao sẽ là $b_{11}b_{21} \dots b_{n1}b_{12}b_{22} \dots b_{n2} \dots$. Bây giờ bạn có thể muốn biết loại ghép kênh được ngành công nghiệp viễn thông sử dụng. Trước kỷ nguyên SDH ngành công nghiệp đã sử dụng cả hai phương pháp. Một số hệ thống số áp dụng ghép kênh theo kiểu chèn bit trong khi một số khác lại áp dụng ghép kênh kiểu chèn byte. Vì lý do này và để làm cho thông tin toàn cầu trở nên dễ dàng hơn người ta đã quyết định chỉ một thủ tục ghép kênh.

Giải pháp của SDH - Thủ tục ghép kênh:

- Ghép kênh kiểu chèn byte được áp dụng cho các sản phẩm SDH
- Ghép một số nhánh tốc độ thấp vào tín hiệu tốc độ cao đã được chuẩn hóa. Thủ tục ghép này sẽ được thảo luận trong Chương 2.
- Bit có ý nghĩa nhất (MSB) của một byte SDH (luôn là 8 bit) luôn được truyền đi trước tiên. Việc ấn định byte như sau

$$(b_8, b_7, b_6, b_5, b_4, b_3, b_2, b_1)$$

ở đây b_8 là MSB được truyền đi đầu tiên, và b_1 là LSB (Bit có ít ý nghĩa nhất) được truyền đi sau cùng.

1.4.5 Nhiều kiểu tổ chức/tỷ lệ phần trăm mã đầu khác nhau

Ta đã biết rằng có ba phân cấp số theo vùng với các tốc độ và dạng tín hiệu của chúng. Bây giờ, tỷ lệ phần trăm các tín hiệu này được sử dụng cho đồng bộ khung và báo hiệu sẽ được tính toán.

Ta có thể xác định tỷ lệ phần trăm mào đầu cần thiết cho bất cứ hệ thống truyền dẫn số nào theo nhiều cách khác nhau. Để đơn giản và dễ dàng so sánh giữa các hệ thống khác nhau, việc xác định tỷ lệ phần trăm mào đầu cho các ứng dụng tín hiệu thoại sẽ được tính toán như sau:

$$\% \text{ mào đầu} = \frac{C_t - C_i}{C_t} \times 100\% \quad (1.2)$$

ở đây C_t = tổng dung lượng hệ thống, C_i = dung lượng yêu cầu để truyền tin

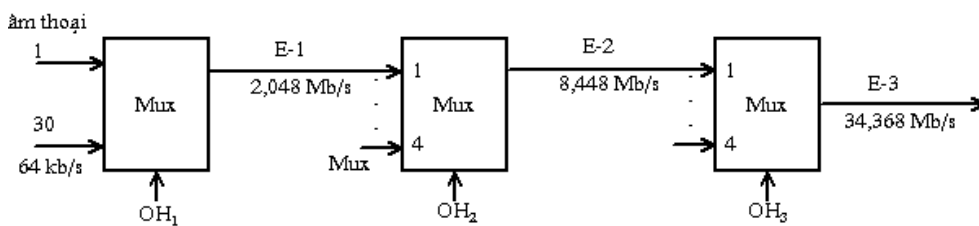
Chẳng hạn, tín hiệu T1 đòi hỏi tỷ lệ phần trăm mào đầu sau để truyền DS1 với tốc độ 1,544 Mbit/s mang 24 kênh thoại

$$\%OH = \frac{1,544 \times 10^6 \text{ bit} - 24 \times 64 \times 10^3 \text{ bit}}{1,544 \times 10^6 \text{ bit}} = 0,52\%$$

Với cách xác định này, ta có thể tính toán phần trăm mào đầu cho CEPT-1, CEPT-2, CEPT-3 và CEPT-4 vv...

Kết quả tính toán cho thấy tỷ lệ phần trăm mào đầu của các tín hiệu tăng khi tốc độ tín hiệu tăng. Giảm giá thành là một động cơ thúc đẩy đằng sau những ứng dụng công nghệ mới trong mạng viễn thông. Và công nghệ mới dẫn tới việc tăng tốc độ truyền dẫn trong mạng. Bằng cách tăng tốc độ truyền dẫn, ta có thể truyền nhiều thông tin qua hệ thống tốc độ cao hơn so với hệ thống tốc độ thấp hơn. Điều này sẽ cho phép một nhà cung cấp dịch vụ giảm được chi phí truyền tin. Tuy nhiên, ta có thể thấy rằng khi tốc độ truyền dẫn tăng lên tỷ lệ phần trăm mào đầu cũng tăng theo. Điều này là đúng cho cả các tín hiệu số ITU-T và Bắc Mỹ. Nó ngụ ý rằng phần trăm dung lượng được sử dụng cho truyền tin giảm khi tốc độ truyền dẫn tăng. Nếu một ngày nào đó tốc độ tăng đến 10 hay 20 Gbit/s ta có thể phải sử dụng tới 30 % hoặc cao hơn của tổng dung lượng hệ thống để truyền tín hiệu mào đầu. Điều này chắc chắn không phải là một đặc tính tín hiệu số mong muốn.

Điều gì làm tăng mào đầu trong môi trường PDH? Trước hết, phương pháp được sử dụng



Hình 1.10: Chèn mào đầu cho các tín hiệu PDH

trong PDH là bổ sung các bit (hay byte) mào đầu vào luồng bit sẽ được xem xét. Như chỉ ra trên Hình 1.10, 30 tín hiệu thoại được số hóa, mỗi tín hiệu có tốc độ 64 kbit/s, được ghép vào một tín hiệu CEPT-1 tốc độ 2,048 Mbit/s. Tỷ lệ phần trăm mào đầu được tính toán là OH_1 vào khoảng 6,25 %. Lượng mào đầu này là do 2 byte được sử dụng cho truyền tín hiệu đồng bộ khung và báo hiệu. Tín hiệu tiếp theo là E-2 có tốc độ là 8,448 Mbit/s, được ghép từ 4 luồng E-1. Trong quá trình ghép này mào đầu bổ sung (chẳng hạn các bit nhồi) phải được chèn vào cùng với 4 tín hiệu E-1. Lượng mào đầu bổ sung OH_2 cộng với mào đầu của giai đoạn ghép kênh trước OH_1 chiếm 9,09% tín hiệu E-2. vv... Do đó có khả năng là khi tốc độ tín hiệu vượt ra ngoài E-4 thì mào đầu tổng cộng yêu cầu để truyền tín hiệu tốc độ cao có thể nằm ngoài tầm kiểm soát,

chẳng hạn 30 % tổng dung lượng hệ thống. Điều này có thể xảy ra do có sự dư thừa trong số $OH_1, OH_2, OH_3...$ nếu việc ấn định và thiết kết các bit mào đầu nhằm thực hiện các chức năng điều khiển không được lên kế hoạch chu đáo.

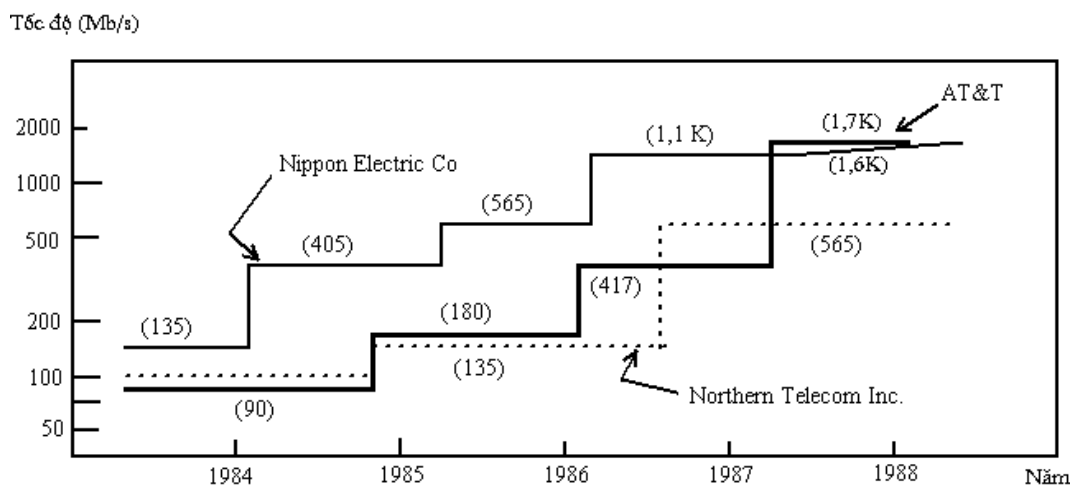
Do đặc tính mào đầu với tỷ lệ không cố định đã đề cập trên của các tín hiệu E-1, E-2 ... Các nguyên nhân của việc tăng liên tục phần trăm mào đầu gồm: **Sự lãng phí** và **dư thừa**. Các tín hiệu PDH là không có tính chất modun.

Giải pháp của SDH - tỷ lệ phần trăm mào đầu cố định. Tại sao "tỷ lệ phần trăm mào đầu cố định" là có thể? Sở dĩ như vậy là do việc chèn mào đầu tín hiệu SDH đã được lên kế hoạch từ trước. Nói cách khác SDH có khả năng OAM&P tích hợp sẵn có trong mọi phần tử SDH và các chức năng mào đầu này đã được nghiên cứu kỹ lưỡng bởi ủy ban ITU-T SDH. Nói cách khác dung lượng mào đầu cố định của SDH được sử dụng để thực hiện tất cả mọi chức năng OAM&P đã được lập ra bởi ủy ban này. Trong khi một tín hiệu STM-4 có tốc độ 2,5 Gbit/s sẽ cần nhiều hơn 4 lần lượng bit OAM&P của STM-1 để thực hiện tất cả các chức năng mào đầu.

Tóm lại, phân cấp tín hiệu SDH mang tính chất modun. Tốc độ của một STM-N = $N \times$ tốc độ của STM-1.

1.5 Liên kết mạng

1.5.1 Không tương thích giữa các nhà sản xuất cho thông tin sợi quang

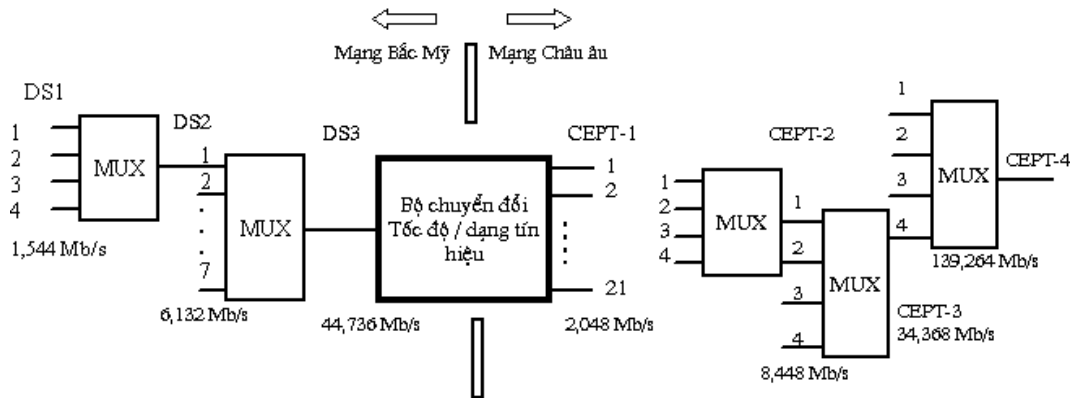


Hình 1.11: Môi trường sản phẩm sóng ánh sáng từ nhiều nhà cung cấp

Hình 1.11 chỉ ra cuộc cách mạng hệ thống sợi quang của 3 nhà cung cấp. Hiển nhiên là chúng không tương thích với nhau chút nào.

1.5.2 Kết nối toàn cầu

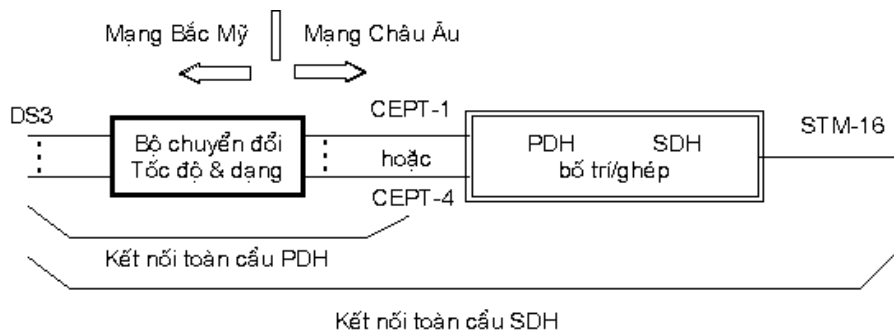
Do tồn tại các tiêu chuẩn vùng như đã đề cập trên nên việc kết nối toàn cầu sẽ phải chi phí lớn hơn và trong một số trường hợp không thực hiện được. Việc chuyển đổi giữa tín hiệu Bắc Mỹ



Hình 1.12: Kết nối toàn cầu (DS-n/CEPT-n)

và Châu Âu phải thực hiện chuyển đổi (1) từ tín hiệu 24 kênh sang 32 kênh và ngược lại (2) chuyển đổi giữa nén dẫn luật μ sang luật A và ngược lại (Hình 1.12). Sự chuyển đổi này sẽ tính thêm giá thành vào chi phí của người sử dụng. Tuy nhiên, với những trường hợp tốc độ tín hiệu rất cao, việc chuyển đổi là không khả thi (như đã trình bày trong phần trước) mà giả sử có thực hiện được thì chi phí cũng rất tốn kém. Do vậy các tiêu chuẩn vùng là những nguyên nhân của sự phức tạp trong thiết kế và chi phí thông tin cao do sự chuyển đổi luôn luôn được yêu cầu để kết nối các hệ thống sử dụng các tiêu chuẩn vùng. Vì lẽ đó chúng ta nên có một tiêu chuẩn cho tất cả các tín hiệu tốc độ cao mà có thể được truyền tới bất kỳ nơi nào trên thế giới mà không cần đến sự chuyển đổi.

Giải pháp của SDH - Kết nối toàn cầu



Hình 1.13: Kết nối toàn cầu (DS-n/CEPT-n)

Bây giờ giả thiết chỉ có duy nhất một tiêu chuẩn toàn cầu như SDH. Mạng tốc độ cao dựa trên tiêu chuẩn SDH này phải song song tồn tại với hai hệ thống theo vùng hiện có là các mạng số Bắc Mỹ và mạng số Châu Âu. Để thực hiện thông tin toàn cầu thì việc chuyển đổi là điều bắt buộc. Để việc thiết kế khả thi và kiểm soát giá thành hệ thống ta phải thực hiện mọi sự chuyển đổi cần thiết khi các tín hiệu còn ở tốc độ thấp. Hình 1.13 chỉ ra kiểu chuyển đổi này. Lưu ý rằng việc chuyển đổi từ một tốc độ/dạng tín hiệu 24 kênh luật μ sang 32 kênh luật A được thực hiện trong miền tốc độ thấp như trong trường hợp phải thực hiện trong thế giới PDH. Truyền dẫn từ Mỹ sang Châu Âu sẽ được mô tả ở đây. Các tín hiệu DS3 được chuyển đổi thành các tín hiệu CEPT-1 hay CEPT-4, và các tín hiệu này tiếp tục được bố trí/ghép vào tín hiệu SDH, STM-16. Tín hiệu PDH này sẽ tiếp tục được tách thành các tín hiệu CEPT-1, tín hiệu số tốc độ thấp nhất

ở Châu Âu. Cuối cùng tín hiệu CEPT-1 này sẽ được chuyển đổi thành 30 tín hiệu thoại nếu tín hiệu gốc DS3 ở Mỹ là các tín hiệu thoại. Sau này ta sẽ hiểu việc bố trí/ghép từ các tín hiệu PDH vào một tín hiệu SDH và ngược lại được thực hiện như thế nào.

1.6 Thuộc tính và lợi ích của SDH

Trong phần này, bên cạnh các thuộc tính và lợi ích mà SDH mang lại thì chi phí cho quản lý mạng và những yêu cầu của khách hàng đối với mạng của họ sẽ được thảo luận.

1.6.1 Nhu cầu khách hàng tăng và xu hướng của mạng tương lai

Bên cạnh nhu cầu cao về các dịch vụ băng rộng đã được thảo luận trước đây có một số điểm về xu hướng mạng và nhu cầu khách hàng đòi hỏi phải thảo luận xa hơn.

- Tăng chi phí quản lý mạng - yêu cầu tích hợp OAM&P

Trong quá trình phát triển của mạng viễn thông, nhiều loại hình thiết bị từ nhiều nhà sản xuất khác nhau, nhiều mạng cả riêng lẫn công cộng, mạng quốc tế ... thuộc các hãng khai thác mạng khác nhau đã được kết nối với nhau. Điều này làm cho giá thành quản lý mạng tăng lên không ngừng. Một nhà cung cấp dịch vụ viễn thông lớn có thể phải chi phí tối thiểu 50% tổng doanh thu hàng năm chỉ để có được các chức năng OAM&P. Giải pháp cho vấn đề quản lý mạng giá thành cao này là tích hợp OAM&P này vào tất cả các phần tử mạng. Các hệ thống PDH không có khả năng này, không giống như mạng SDH có khả năng này.

- Khách hàng có những yêu cầu sau đối với mạng của họ

- Dịch vụ băng rộng tích hợp
- Loại trừ giao tiếp độc quyền của nhà sản xuất
- Kết nối thiết bị từ nhiều nhà cung ứng
- Khả năng nâng cấp kiểu modun
- Quản lý mạng được tăng cường
- Giám sát, kiểm tra và kiểm kê từ xa
- Mở rộng các khả năng OAM&P tới người sử dụng cuối cùng
- Mở rộng thông tin toàn cầu

- Xu hướng phát triển của mạng

- Sợi quang là môi trường truyền tải được ưa chuộng
- Nhu cầu về dịch vụ băng rộng tăng
- Quản lý mạng trở nên phức tạp và tốn kém
- Các tổng đài có các giao diện quang trực tiếp

- Độ tin cậy cao hơn của các mạng cần cải thiện

Dựa trên các phân tích cho tới nay về thông tin trong môi trường PDH, SDH chắc chắn có thể được mong đợi để giải quyết phần lớn các bài toán gặp phải trong PDH với giá thành hợp lý.

1.6.2 SDH trên cơ sở sợi quang

Bên cạnh đặc tính modun của các tín hiệu SDH, có hai lý do nữa làm cho SDH trở thành tiêu chuẩn toàn cầu. Các tiêu chuẩn này sẽ cung cấp một chuẩn quốc tế cho phát triển các mạng truyền thông trên toàn thế giới với các đặc điểm sau:

- Linh hoạt
- Tin cậy
- Hoàn toàn có thể quản lý
- Phù hợp cho phát triển
- Phù hợp với các nhu cầu về dịch vụ mới

A. Các mạng trên cơ sở sợi quang : Độ rộng băng tần lớn và năng lực mạng dư thừa

B. Các mạng sợi quang : Chất lượng tuyệt vời

1.6.3 Các thuộc tính chính của SDH

Các thuộc tính của SDH sẽ được thảo luận xuyên suốt tài liệu này. Tuy nhiên các thuộc tính chính được liệt kê và mô tả ngắn gọn như sau:

- Họ các giao tiếp chuẩn
 - Cung cấp một giao tiếp chung: giao tiếp có thể là STM-1 (155,52 Mbit/s), STM-4 (662,08 Mbit/s), STM-16 (2,48832 Gbit/s) hay STM-64 (9,95328 Gbit/s).
 - Các tín hiệu này có tỷ lệ phần trăm mào đầu không thay đổi, chiếm 22% tổng dung lượng tín hiệu
 - Đảm bảo khả năng nâng cấp (đặc tính modun): STM-16 gồm 16 STM-1 hay 4 STM-4. Vì vậy, tốc độ tín hiệu của một STM-16 chính xác bằng $16 \times 155,52$ Mbit/s (tốc độ của STM-1).
 - Cho phép đặt thiết bị linh hoạt: do đặc tính modun nên chẳng hạn nếu hệ thống truyền tải là STM-16 bằng cách sử dụng Bộ Ghép Xen/Rẽ (ADM), tín hiệu tốc độ thấp hơn chẳng hạn như tín hiệu STM-1 có thể được tách ra và/hoặc ghép xen vào tại bất cứ điểm nào trên mạng.
- Mào đầu và tải tin tách biệt

- Các bit khung tập trung: như sẽ được thảo luận trong Chương 2, SDH có một mẫu khung F628 hex (hay 1111 0110 0010 1000), được ấn định cho các byte A1 và A2. Các byte này xác định điểm bắt đầu của một khung 125 μ s.
 - Các bit báo hiệu (mào đầu) tập trung: Các bit báo hiệu chính, đặc biệt mào đầu yêu cầu cho truyền tải tín hiệu, chiếm ba cột đầu tiên của một tín hiệu STM-1. Điều này cho phép thiết kế bộ thu phát đơn giản hơn.
- **Mạng đồng bộ:** Trong mạng SDH, một khi khung đã được nhận ra thì tải tin của thông tin khách hàng trở nên có thể được giải mã một cách duy nhất.
 - **Các tính năng Vận hành, Quản lý, Bảo dưỡng và Giám sát (OAM&P) tích hợp:** tất cả mọi thiết bị SDH thực hiện hoặc chức năng của thiết bị kết cuối đoạn, thiết bị kết cuối đường hoặc là một thiết bị kết cuối tuyến. Đôi khi một thiết bị thực hiện chức năng của cả ba. Mỗi trong số ba loại thiết bị SDH có một lượng dung lượng mào đầu xác định trước để thực hiện các chức năng OAM&P. Mào đầu này sẽ được thảo luận trong Chương 2.
 - **Khả năng tương thích với mạng hiện có và mạng tương lai:** SDH có thể truyền tín hiệu DS1, DS2, DS3, CEPT-1, CEPT-3 và CEPT-4. CEPT-2 được cho rằng không hấp dẫn hay cần thiết trong các ứng dụng mạng tương lai. Vì vậy người ta quyết định không tạo ra tính tương thích với các tiêu chuẩn SDH cho tín hiệu này.
 - **Tiến hóa sang mạng băng rộng trong tương lai:** Mạng băng rộng đang và sẽ được xây dựng trên các tuyến sợi quang. Các mạng xương sống của SDH cũng được thực hiện bởi các tuyến sợi quang.

1.6.4 Lợi ích do SDH mang lại

Lợi ích mà SDH đem lại khác nhau đối với từng người khác nhau. Một nhóm người nào đó có thể dự đoán một loạt những lợi ích thiết thực hơn những người khác. Lợi ích chính ở đây do việc triển khai SDH mang lại theo như điều tra mà tác giả có được từ các chuyên gia SDH khác nhau sẽ được mô tả

- Chi phí giảm xuống được mong đợi do các yếu tố sau: (1) giao tiếp chuẩn được đơn giản hóa, các thiết bị có thể được tái sử dụng trong nhiều thiết bị SDH khác nhau, (2) loại trừ các giao tiếp độc quyền của nhà cung cấp, điều này sẽ dẫn tới sự cạnh tranh về thiết bị và cuối cùng làm giảm chi phí cho người tiêu dùng và (3) chi phí vận hành giảm do các thiết bị được thiết kế chính xác cùng dung lượng mào đầu và với dung lượng mào đầu lớn, dẫn tới chi phí cho vận hành và quản lý mạng được mong đợi giảm xuống. Hiện nay trong môi trường PDH, nhiều quá trình vận hành thường được thực hiện theo phương thức "chữa cháy" do các thủ tục không theo tiêu chuẩn và dung lượng mào đầu không đầy đủ.
- Khả năng vận hành được tăng cường nhờ dung lượng các byte mào đầu dư thừa được phân bổ cho tất cả các thiết bị SDH. Giám sát hoạt động từ đầu tới cuối có thể trở thành một chức năng tạo tuyến của mạng SDH. Việc giám sát, kiểm tra và kiểm kê từ xa sẽ dễ dàng hơn mạng hiện có. Quản lý mạng có thể được tăng cường một cách dễ dàng khi mạng phát triển.

22 *CHƯƠNG 1. PHÂN CẤP SỐ CẬN ĐỒNG BỘ (ĐỘNG LỰC CHO SỰ RA ĐỜI CỦA SDH)*

- Khả năng duy trì (hay độ tin cậy) là một trong đặc điểm hấp dẫn nhất của mạng SDH. Hai cấu hình mạng nhằm đạt được khả năng duy trì mạng là vòng tự khôi phục và mạng mắt lưới trên cơ sở DCS.
- Không có nghẽn băng tần do các mạng SDH tốc độ cao được xây dựng trên các tuyến sợi quang có dung lượng khá lớn từ 155,52 Mbit/s lên tới 10 Gbit/s thậm chí tới 40 Gbit/s.

Chương 2

Phân cấp tín hiệu SDH (Tốc độ, Dạng tín hiệu và Mào đầu)

Mục đích của chương này

Sau khi kết thúc chương này bạn có thể:

- Mô tả Phân cấp Số Đồng bộ (SDH): loại tín hiệu, tốc độ tín hiệu, và dạng tín hiệu
- Mô tả Phân cấp Số Cận Đồng bộ (PDH): Loại tín hiệu, tốc độ tín hiệu và dạng tín hiệu; và sự chuyển tiếp từ PDH sang SDH bằng việc sử dụng khái niệm Container (C-n: n=11, 12, 2, 3, và 4)
- Nhận biết một "đường (path)", một "đoạn ghép kênh" hoặc một "đoạn lặp" của một kết nối điểm - điểm SDH.
- Thảo luận những ấn định byte mào đầu đoạn và đường SDH và các chức năng của chúng
- Định nghĩa các tín hiệu SDH khác nhau. C-n, VC-n, TU-n, TUG-n, Au-n và AUG (Container, Container ảo, Đơn vị Luồng (nhánh), Nhóm đơn vị Luồng, Đơn vị Quản lý và Nhóm Đơn vị Quản lý)

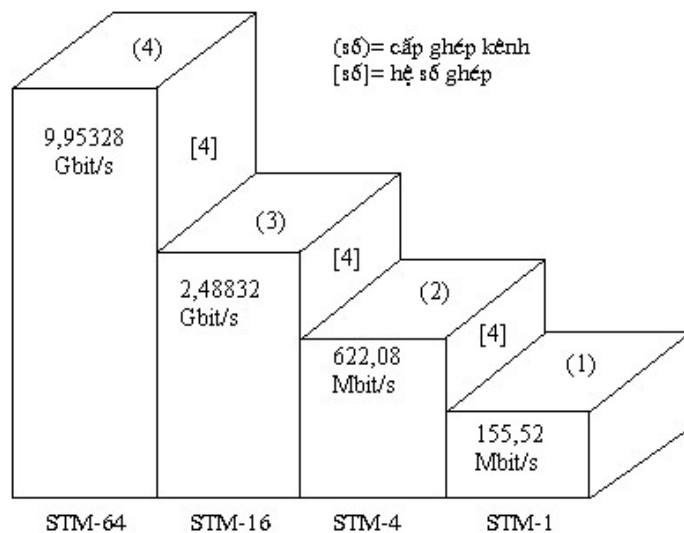
Tóm tắt chương

- Một kết nối điểm - điểm của tuyến SDH: Định nghĩa đường, đoạn ghép và đoạn lặp.
- Các loại khung SDH và cấu trúc khung STM-1, STM-4, STM-16 và STM-64.
- Các byte mào đầu đường, đoạn ghép và đoạn lặp SDH: Định nghĩa và ứng dụng
- Thành phần tín hiệu SDH STM1:
 - Container (C-11, C-12, C-2, C-3 và C-4),
 - Các Container ảo (VC-11, VC-12, VC-2, VC-3 và VC-4)
 - Các đơn vị luồng (TU-11, TU-12, TU-2 và TU-3)
 - Đơn vị Quản lý (AU-3 và AU-4)
 - Các nhóm TU (TUG-2, TUG-3) và Nhóm AU (AUG)

2.1 SDH và PDH

Hiện tại có bốn tín hiệu: STM-1, STM-4, STM-16 và STM-64 được sử dụng trong phân cấp SDH như chỉ ra trên Hình 2.1. Một STM-1 (tín hiệu SDH cơ bản) được sử dụng để truyền một tín hiệu PDH 139 Mbit/s hoặc tương đương, chẳng hạn như tín hiệu H4 ISDN (xem Bảng 2.1). Với mào đầu bổ sung, tín hiệu 139 Mbit/s này sẽ hình thành một tín hiệu STM-1 155,52 Mbit/s. Bên cạnh tín hiệu 139 Mbit/s, có nhiều luồng cấp thấp hơn có thể được truyền bởi một tín hiệu STM-1. Các ứng dụng này sẽ được thảo luận trong Chương 3.

Bốn tín hiệu STM-1 được ghép vào một tín hiệu STM-4, và bốn tín hiệu STM-4 được ghép vào một tín hiệu STM-16 tốc độ 2,48832 Mbit/s ($\equiv 16 \times 155,52$ Mbit/s). Một lần nữa bốn tín hiệu STM-16 được ghép tiếp vào một tín hiệu STM-64 có tốc độ SDH cao nhất hiện nay 9953,28 Mbit/s (thường được gọi là tín hiệu 10 Gbit/s). Hai tham số cơ bản của một STM-N ($N=1, 4, 16$ hay 64) là:



Hình 2.1: Phân cấp tín hiệu SDH

- Tốc độ tín hiệu
- Dạng tín hiệu hay cấu trúc khung

Phép tính tốc độ tín hiệu và mô tả cấu trúc khung sẽ được thảo luận trong chương này. Một tín hiệu STM-N có tính chất môđun. Tức là một STM-N có tốc độ tín hiệu chính xác N lần tốc độ của một STM-1.

$$\begin{aligned} \text{Tốc độ của một tín hiệu STM-N} &= N \times \text{Tốc độ của một tín hiệu STM-1} \\ &= N \times 155,52 \text{ Mbit/s} \end{aligned}$$

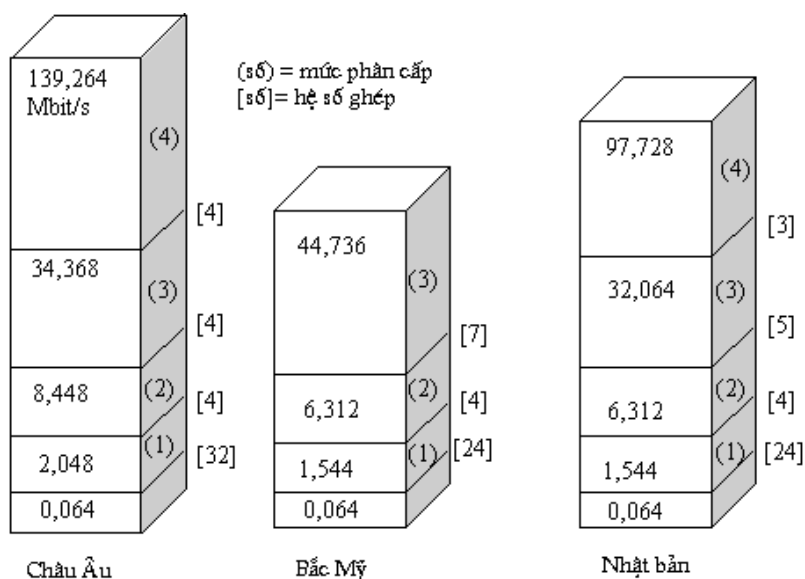
2.1.1 Phân cấp số cận đồng bộ (PDH)

Như được chỉ ra trong Bảng 2.1, có ba phân cấp tín hiệu vùng được sử dụng cho thông tin toàn cầu: một cho các mạng số Bắc Mỹ, một cho các mạng Châu Âu và một cho Nhật Bản. Ba phân cấp số theo vùng này được minh họa bằng biểu đồ trên Hình 2.2. Các tín hiệu này là không đồng

Bảng 2.1: PDH và các Container SDH

Mức phân cấp số	Tốc độ (Mbit/s)				Tín hiệu chỉ định cho SDH
	Bắc Mỹ	Nhật bản	Châu Âu	ISDN	
0	0,064	0,064	0,064	-	-
1	1,544	1,544	-	H11	C-11
	-	-	2,048	H12	C-12
2	6,312	6,312	-	-	C-2
	-	-	8,448	-	-
3	-	32,064	-	-	-
	-	-	34,368	H31	C-3
	44,736	-	-	H32	C-3
4	-	95,728	-	-	-
	-	-	139,264	H4	C-4
	274,176	-	-	-	-

bộ nhưng gắn đồng bộ trong một số trường hợp. Vì vậy, chúng được gọi là các tín hiệu cận đồng bộ.



Hình 2.2: Phân cấp tín hiệu PDH

Đối với các mạng số Bắc Mỹ, 24 tín hiệu thoại số hóa (64 kbit/s mỗi kênh), hoặc tương đương được ghép vào một tín hiệu DS1. Có khoảng 0,5 % dung lượng mào đầu được bổ sung vào dung lượng tải 1,536 Mbit/s để hình thành luồng bit DS1 này. Bốn tín hiệu DS1 được ghép vào một tín hiệu DS2 tốc độ 6,312 Mbit/s. Trong số các bit này, mào đầu bổ sung cũng đã được chèn vào. Sau đó bảy tín hiệu DS2 được ghép vào tín hiệu số cao nhất trong số tín hiệu PDH theo chuẩn Bắc Mỹ. Hiện nay tín hiệu DS3 được truyền đi như một đơn vị tải qua hệ thống sợi quang, chẳng hạn như hệ thống thông tin quang AT&T NS FT-Series G có thể truyền hoặc là chín (9) tín hiệu DS3 hoặc 36 tín hiệu DS3. Chúng có tốc độ 417 Mbit/s và 1,7 Gbit/s tương

ứng mà không cần phải dùng tới Ghép kênh theo Bước sóng (WDM). Nếu WDM được sử dụng thì dung lượng có thể tăng gấp đôi và thậm chí còn cao hơn nữa. Tuy nhiên bên cạnh đó các hệ thống cáp đồng trục có thể được sử dụng để mang các tín hiệu DS3.

Đối với các hệ thống Châu Âu, 32 tín hiệu thoại hoặc tương đương được ghép vào một luồng bit số 2,048 Mbit/s, được biết tới với tên CEPT-1 hay E-1. Bốn tín hiệu E-1 được ghép vào một tín hiệu E-2 tốc độ 8,448 Mbit/s. Bốn tín hiệu 8,448 Mbit/s hình thành một tín hiệu E-3 34,368 Mbit/s. Một tín hiệu E-4 tốc độ 139,264 Mbit/s gồm bốn E-3. Hệ thống Nhật bản, các tín hiệu DS1, DS2 giống như các tín hiệu Bắc Mỹ. Tuy nhiên năm (5) tín hiệu DS2 được ghép vào một tín hiệu 32,064 Mbit/s. Ba tín hiệu 32,064 Mbit/s này hình thành một tín hiệu 97,728 Mbit/s.

2.1.2 PDH và các Container SDH

Để đảm bảo đưa SDH vào mạng PDH rộng khắp một cách nhịp nhàng, SDH cần hội đủ tất cả các tiêu chuẩn vùng, kể cả tất cả các tín hiệu ISDN. Vì mục đích này, SDH đã định nghĩa một số Container (C-n: n=11, 12, 2, 3 hoặc 4: xem Bảng 2.1) để mang các tín hiệu PDH này. Các container sẽ được mô tả trong chương này. Lưu ý rằng tín hiệu ISDN H11 được biết tới như là tín hiệu ISDN tốc độ cơ bản với dạng khung $23B + D$ (B cho kênh mạng thông tin và D cho kênh thông tin dữ liệu: cả hai loại kênh có cùng tốc độ 64 kbit/s) trong các mạng số Bắc Mỹ. Các thành phần tương ứng của nó trong các mạng số ITU-T là H12.

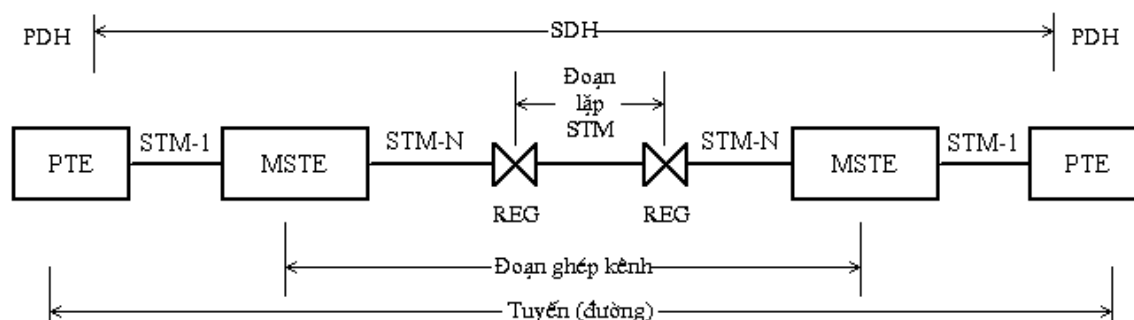
C-11 (Container mức 1, loại 1) được thiết kế để mang một tín hiệu DS1 1,544 Mbit/s hay một tín hiệu ISDN H11, và C-12 (Container mức 1 loại 2) được thiết kế để truyền tải một tín hiệu CEPT-1 tốc độ 2,048 Mbit/s hoặc một tín hiệu ISDN H12. Trước đây có hai loại container mức 2 (các tín hiệu C-2: C-21 để mang một tín hiệu DS-2 và C-22 để mang một tín hiệu CEPT-2). Tuy nhiên nhu cầu đối với truyền tín hiệu CEPT-2 trên mạng SDH giảm đi. Do đó, các tiêu chuẩn SDH hiện tại định nghĩa duy nhất một loại container mức 2 để truyền tải một tín hiệu DS-2. Và nó được gọi là C-2, chứ không phải là C-21. Tuy nhiên, cả hai tín hiệu DS1 và CEPT-2 sẽ tiếp tục tồn tại trong mạng PDH. Do đó, tên P-21 có thể được sử dụng để chỉ ra tín hiệu PDH mức 2 loại 1 được sử dụng để truyền một tín hiệu DS1. Các container C-11, C-12 và C-2 được biết đến như các luồng nhánh cấp thấp.

Đối với các tiêu chuẩn SDH ban đầu, đã có một đề xuất cho việc truyền bốn tín hiệu CEPT-3 thay vì ba qua một tín hiệu SDH STM-1. Đề xuất này được đưa ra trên cơ sở thực tế rằng một tín hiệu STM-1 có dung lượng 155,52 Mbit/s đủ lớn để truyền bốn tín hiệu E-3. Hai loại container mức 3 đã được định nghĩa (C-31 cho một tín hiệu E-3 và C-32 cho một tín hiệu DS3).

Đối với các tiêu chuẩn SDH hiện tại, người ta quyết định rằng một STM-1 nên được sử dụng để truyền ba (không phải là 4) tín hiệu E-3. Điều này làm cho nó tương thích hơn với truyền tải DS3. Vì vậy, một tín hiệu STM-1 mang ba container C-3 có thể được sử dụng để truyền hoặc là ba tín hiệu E-3 hoặc là ba tín hiệu DS3. Về phần mức thứ tư, tín hiệu "DS4" đã từng một lần được đề xuất cho phân cấp số Bắc Mỹ nhưng đã bị thất bại do sự triển khai nhanh chóng của thông tin sợi quang. Tín hiệu DS4 đã không còn cơ hội để được áp dụng trong các mạng số Bắc Mỹ ngoại trừ một số điểm lẻ tẻ. Vì vậy đối với các tiêu chuẩn SDH, người ta quyết định chỉ có một loại Container mức 4 đó là C-4, được sử dụng để truyền một tín hiệu E-4 hoặc một tín hiệu ISDN H4. Các container này C-3, C-4 được biết đến như là các luồng nhánh cấp cao.

2.2 Kết nối điểm - điểm SDH

Để hiểu mạng SDH, quản lý mạng và vận hành mạng ta phải tìm hiểu các byte mào đầu SDH, chẳng hạn các byte đồng bộ khung, byte kiểm tra chẵn lẻ vv... Các chức năng quản lý mạng được thực hiện bởi ba tập byte mào đầu SDH có tên là mào đầu **đường**, **đoạn ghép kênh** và **đoạn lặp**. Nói khác đi, ta phải có khả năng nhận biết một "đường", một "đoạn ghép kênh" và một "đoạn tái tạo" của bất cứ kết nối điểm - điểm SDH nào. Hình 2.3 chỉ ra một kết nối điểm - điểm điển hình có giao tiếp với các mạng PDH. Một **đường (path)** là một kết nối logic giữa



Hình 2.3: Kết nối đầu-cuối SDH

điểm mà tại đó một dạng khung chuẩn của tín hiệu có tốc độ đã cho được nhóm lại và điểm mà tại đó dạng khung chuẩn của tín hiệu được tách ra. Một Thiết bị Đầu cuối Tuyến (PTE) là một phần tử mạng SDH thực hiện ghép/tách các tải tin container ảo VC-n (sẽ được thảo luận sau). Chúng có thể khởi tạo, truy cập, sửa đổi hay kết cuối mào đầu tuyến VC-n, hoặc có thể thực hiện bất kỳ sự kết hợp nào của các hoạt động này. Ví dụ về các PTE:

- Bộ ghép kênh tốc độ thấp
- Hệ thống kết nối chéo băng rộng
- Hệ thống truy cập vòng thuê bao

Một **đoạn ghép kênh** là một môi trường truyền dẫn cùng với các thiết bị liên quan, được yêu cầu để cung cấp phương tiện truyền tin giữa hai phần tử mạng (NE) liền kề, một phần tử khởi điểm từ tín hiệu đường dây (line signal) và phần tử kia kết cuối tín hiệu đường dây (line signal). Một Thiết bị Kết cuối Đoạn ghép (MSTE) là một phần tử mạng khởi tạo và/hoặc kết cuối các tín hiệu STM-N. Chúng có thể khởi tạo, truy cập, sửa đổi hay kết cuối mào đầu đoạn ghép, hoặc có thể thực hiện bất kỳ sự kết hợp nào của các hoạt động này. Các ví dụ về MSTE gồm:

- Đầu cuối đường quang
- Đầu cuối vô tuyến
- Bộ ghép kênh cấp cao
- Hệ thống kết nối chéo băng rộng

Một **đoạn lặp (tái tạo)** là một phần của phương tiện truyền dẫn bao gồm các điểm kết cuối, giữa (A) một phần tử kết cuối mạng NE và một bộ lặp, hoặc (B) hai bộ lặp tái tạo. Một Thiết bị Kết cuối Đoạn Lặp tái tạo RSTE là một phần tử mạng thực hiện tái tạo một tín hiệu STM-N cho tuyến truyền dẫn cự ly xa. Chúng có thể khởi tạo, truy nhập, sửa đổi hoặc kết cuối mào đầu đoạn tái tạo hoặc có thể thực hiện bất kỳ sự kết hợp nào của các hoạt động này.

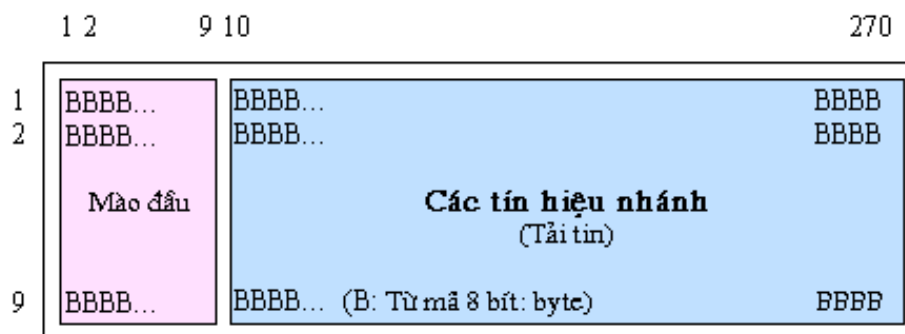
Một đoạn lặp rõ ràng có nghĩa là một tuyến SDH kết nối hai phần tử mạng liền kề và trong đó có ít nhất một phần tử là bộ lặp tái tạo. Một đoạn ghép kênh hiển nhiên là một tuyến SDH kết nối hai bộ ghép kênh SDH liền kề hoặc hai thiết bị kết cuối liền kề thực hiện một số chức năng ghép kênh. Một hệ thống kết nối chéo số hay một đầu cuối vô tuyến hoạt động giống như bộ ghép kênh cũng có thể làm việc như một MSTE.

2.3 Khung SDH

Trong phần này, khái niệm khung SDH và khung SDH STM-1 sẽ được mô tả ngắn gọn. Tiếp đó, mô tả về một khung STM-N ($N \geq 4$) sẽ được đề cập.

2.3.1 Khái niệm khung SDH

Cấu trúc mào đầu tập trung sử dụng trong tín hiệu số ITU-T CEPT-1, ISDN (23B+D) và cấu trúc khung 2 chiều sử dụng trong SONET cũng được sử dụng trong các tiêu chuẩn SDH. Do đó, một khung SDH sẽ có một số byte mào đầu chiếm phần bên trái của một khung SDH như trên Hình 2.4.



Hình 2.4: Khung SDH: Mào đầu và tải tin tách biệt nhau

2.3.2 Khung STM-1

Khung STM-1 có cấu trúc 9 hàng 270 cột như chỉ ra trên Hình 2.4. Thứ tự truyền dẫn được thực hiện từ trái qua phải và từ trên xuống dưới, bắt đầu từ byte đầu tiên (hàng 1 × cột 1).

1. Tải tin của STM-1 có cấu trúc 9 hàng, mỗi hàng 261 byte (tương ứng với 261 cột) và có dung lượng 2349 byte hay 150,336 Mbit/s. Nó được thiết kế để truyền một tín hiệu ITU-T E-4 139,264 Mbit/s hoặc tương đương.

2. Các byte mào đầu đoạn lặp chiếm một vùng 3×9 byte và có dung lượng 27 byte hay 1,728 Mbit/s.
3. Các byte mào đầu đoạn ghép kênh có thể được xem là các byte mào đầu đoạn ghép kênh cộng với các byte con trở AU-n. Lý do là sẽ được làm sáng tỏ sau. AU-n ($n=3$ hoặc 4 sẽ được thảo luận sau) có dung lượng 9 byte và mào đầu đoạn ghép kênh có dung lượng 45 byte.

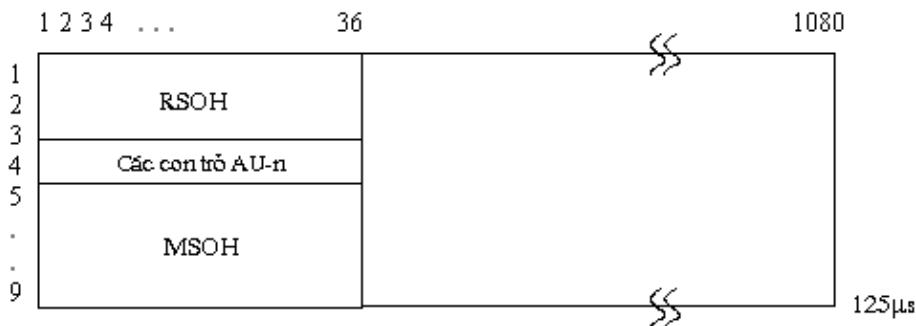
2.3.3 STM-N (N=4, 16 hoặc 64)

Một khung STM-N được hình thành bằng cách ghép N ($N=4, 16$ hoặc 64) khung STM-1 theo phương thức ghép xen byte.

STM-4 được tạo thành bằng cách ghép xen byte 4 khung STM-1 vào một khung 1080 cột và có tốc độ 622,08 Mbit/s ($\equiv 4 \times 155,52 \text{ Mbit/s}$). Như trên Hình 2.5(A) cho thấy một byte "A" từ STM-1 số 1 được kế tiếp bởi một byte "B" từ STM-1 số 2 vv... Điều cần lưu ý là bốn khung STM-1 này phải được đồng chỉnh khung trước khi ghép. Do mỗi khung STM-1 có ba byte A1 kế tiếp bởi ba byte A2 được ấn định cho việc đồng bộ khung nên việc chỉnh khung ngụ ý rằng 12 byte đầu tiên của tín hiệu STM-4 phải là các byte A1; ba byte từ STM-1 số 1, ba byte từ STM-1 số 2, ba byte từ STM-1 số 3 và ba byte từ STM-1 số 4. 12 byte A1 này lại được kế tiếp bởi 12 byte A2 được hình thành theo cùng phương thức như với các byte A1. Một khung



(A) Sự hình thành của STM-4



(B) Cấu trúc khung STM-4

Hình 2.5: Một khung STM-4

STM-16 có thể được hình thành theo phương thức giống như với khung STM-4. Khung này có 144 (9×16) cột mào đầu cùng con trở và tổng cộng 4320 (16×270) cột hay byte trong 1 khung 125 μs . Có hai cách tạo tín hiệu STM-16: (1) ghép 4 tín hiệu STM-4 hoặc (2) ghép 16 tín hiệu

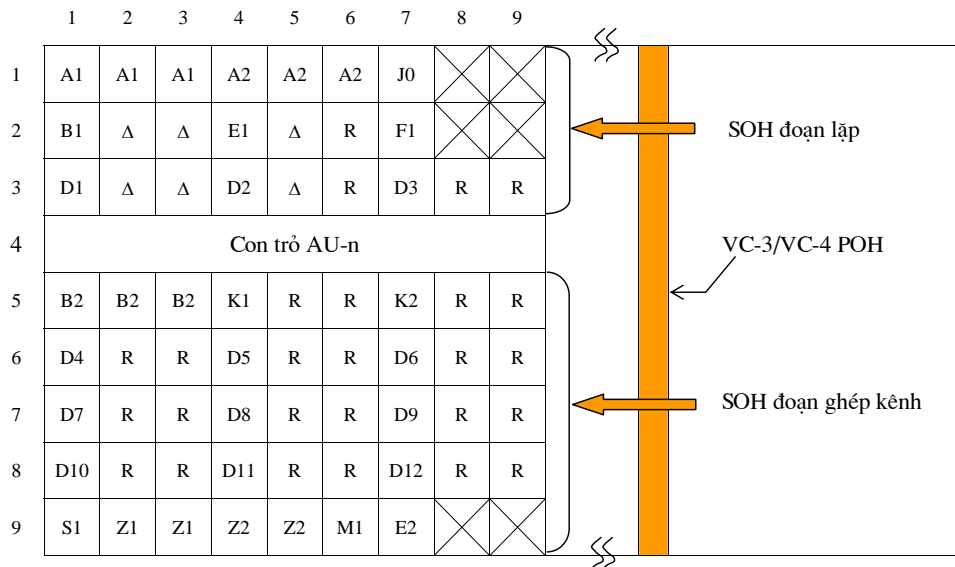
STM-1. Cách thứ nhất được gọi là ghép hai giai đoạn trong khi cách thứ hai được gọi là ghép một giai đoạn.

Một khung STM-64 cũng được hình thành theo phương thức như đã mô trên đối với các tín hiệu STM-4 hay STM-16.

2.4 Các byte truyền tải SDH và mào đầu đường

2.4.1 Vị trí /tên các byte mào đầu SDH

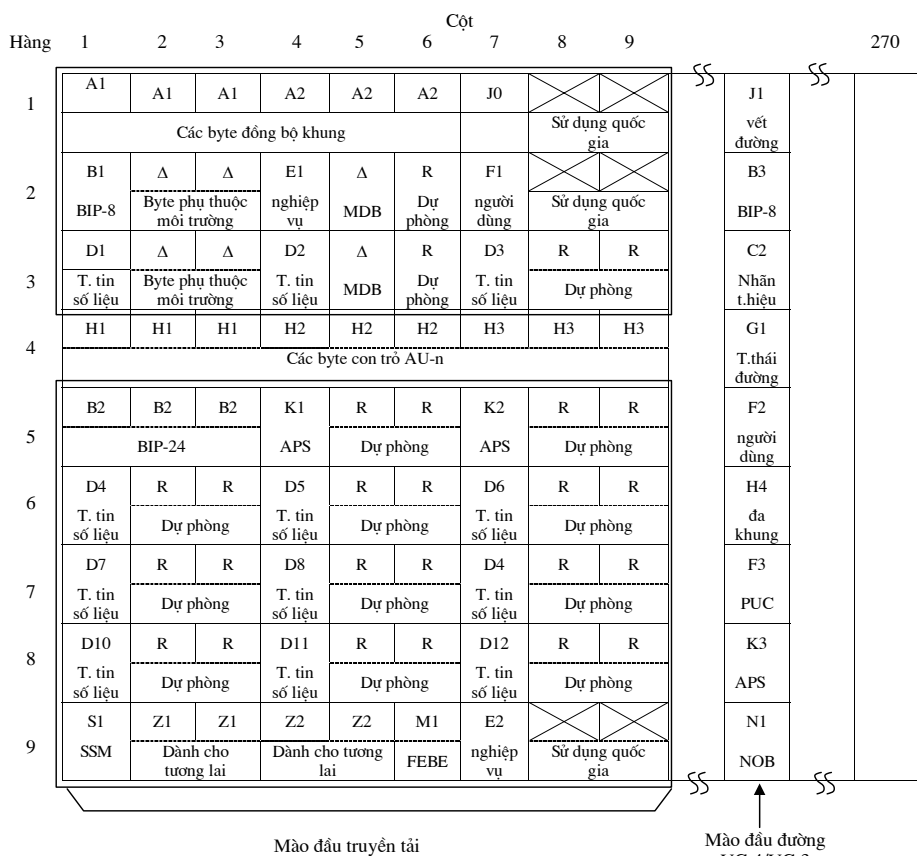
Mào đầu truyền tải của STM-1 gồm hai phần:(1) mào đầu đoạn lặp nằm ở các hàng từ 1 tới 3 và cột 1 tới 9. và (2) mào đầu đoạn ghép kênh nằm ở hàng từ thứ 5 tới 9 cột từ 1 tới 9 như trên Hình 2.6 hay Hình 2.7. AU-n, hay chính xác hơn là các con trỏ AU-3 hoặc AU-4 (sẽ được thảo



Hình 2.6: Khung STM-1 với các mào đầu

luận trong Chương 3) chiếm hàng số 4 từ cột số 1 tới cột số 9. Về mặt lý thuyết các byte con trỏ này có thể được xem là một phần của mào đầu đoạn ghép kênh. Lưu ý rằng các con trỏ này và mào đầu đoạn truyền tải có vị trí cố định trong 1 khung 125 μs. Nói theo cách khác, các byte con trỏ có pha cố định so với khung STM-1. Mặt khác mào đầu đường (path overhead) VC-3 hoặc VC-4 có thể chiếm bất kỳ cột nào trong các cột từ số 10 tới 270 của khung STM-1. Ta nói rằng mào đầu đường là "động" hay "trôi nổi" so với khung 125 μs. Tức là mào đầu đường VC-3/VC-4 có pha biến đổi so với khung STM-1, hay chính xác hơn là biến đổi so với các byte (A1, A2).

Tên và chức năng của các byte mào đầu truyền tải và byte mào đầu đường VC-3/VC-4 sẽ được trình bày trong phần sau. Tuy nhiên một số điểm cần đề cập là:



PUC: Kênh người sử dụng đường (tuyến)
 APS: Chuyển mạch bảo vệ tự động
 FEBE: Chỉ thị lỗi khối đầu xa
 SMM: Bản tin trạng thái đồng bộ
 NOB: Byte người điều hành mạng
 Δ: byte phát triển trong tương lai (đang được nghiên cứu thêm)
 R: các byte đặt trước cho sử dụng quốc gia (bốn byte trong RSOH và 2 byte trong MSOH)

Lưu ý: Hàng đầu tiên của SOH là các byte không được xáo trộn (ngẫu nhiên hóa).

Hình 2.7: Tên của các byte mào đầu của một tín hiệu STM-1

1. Các byte chỉ ra bởi "X" được ấn định cho sử dụng quốc gia.
2. Các byte chỉ ra bởi "Δ" là các byte phụ thuộc môi trường truyền dẫn.
3. Các byte "R" là byte dự phòng cho tương lai
4. Hàng con trỏ: Được chia làm ba nhóm, mỗi nhóm gồm một tập con trỏ (H1, H2 và H3) và mỗi tập được ấn định cho một tín hiệu DS3. Một STM-1 có thể được dùng để truyền một tín hiệu B-ISDN chẳng hạn như ATM hoặc một tín hiệu FDDI. Mục đích ban đầu của STM-1 là dùng để mang một tín hiệu E-4 tốc độ 139,264 Mbit/s. Khi đó chỉ duy nhất một tập (H1, H2) và ba byte H3 là cần thiết. Các ứng dụng con trỏ của các chuẩn SDH sẽ được nghiên cứu chi tiết trong Chương 3.

2.4.2 Chức năng của mào đầu đoạn lặp

1. Sáu byte đầu tiên của mào đầu đoạn lặp của STM-1 là gồm ba byte **A1** tiếp đến là ba byte **A2** (xem Hình 2.6) dùng cho mục đích đồng bộ khung. Mẫu đồng bộ khung có dạng số hex F628 ($\equiv 1111\ 0110\ 0010\ 1000$). (A1, A2) sẽ được phân bổ trong tất cả các tín hiệu STM-1 trong một STM-N. Tức là, với một tín hiệu STM-16, sẽ có 48 ($\equiv 16 \times 3$) cặp (A1, A2) do có ba cặp (A1, A2) cho mỗi tín hiệu STM-1. Chức năng đồng bộ khung được sử dụng để đồng bộ giữa đầu phát và đầu thu.
2. **Byte J0** (dò vết) là byte duy nhất trong khung STM-1. Nó được dùng để truyền lặp đi lặp lại một địa chỉ điểm truy cập đoạn (Section Access Point Identification), nhờ đó một máy thu đoạn (section receiver) có thể kiểm tra tính liên tục kết nối của nó tới máy phát đã định. Nội dung của bản tin này không bị hạn chế theo tiêu chuẩn do nó có thể được lập trình bởi người sử dụng tại cả hai đầu phát và thu.
3. **Byte B1** (BIP-8) được phân bổ trong mỗi STM-1 nhằm giám sát lỗi đoạn lặp. Chức năng này là nhờ một mã kiểm tra chẵn lẻ 8 bit (Bit Interleaved Parity 8 code) sử dụng luật chẵn lẻ chẵn. B1 được tính toán trên tất cả các bit của khung STM-N trước đó sau khi thực hiện ngẫu nhiên hóa. Việc tính toán này được thực hiện trên cơ sở từng bit một. B1 sau khi tính toán được đặt vào vị trí của B1 trong khung STM-1 thứ nhất trước khi ngẫu nhiên hóa. Byte B1 này được chỉ định duy nhất cho STM-1 thứ nhất của một tín hiệu STM-N.

Việc tính toán B1 được thực hiện như sau:

Bit thứ n của B1 = $\sum_1^{N \times 9 \times 270}$ tất cả các bit "1" của bit thứ n của tất cả các byte [$n = 1..8$]

Thuật toán chẵn lẻ chẵn là tổng các bit "1" trong thông tin và "1" của số chẵn lẻ được cộng vào (nếu "1" được sử dụng là số chẵn) là một số chẵn. Chẳng hạn với $n=1$, tổng số bit "1" tính theo công thức trên là 157 và một bit "1" được cộng vào sẽ dẫn tổng số bit "1" là một số chẵn ($\equiv 157 + 1 = 158$). Khi đó giá trị của bit thứ nhất của B1 sẽ là 1. Ngược lại nếu tổng trên là một số chẵn thì khi cộng thêm 1 số "1" của số chẵn lẻ qui ước sẽ cho kết quả lẻ và khi đó bit tương ứng với trị số n sẽ có giá trị 0.

4. **Byte F1**: là kênh người sử dụng và được dành riêng cho mục đích người điều hành mạng và được dùng để truyền số liệu trong các ứng dụng bảo dưỡng trạm lặp. Một khuyến nghị cho byte này là dùng để nhận dạng một đoạn sự cố trong một chuỗi các đoạn lặp. Nếu một trạm lặp phát hiện có sự cố trong đoạn lặp của nó, nó có thể chèn vào byte này một chuỗi 6 bit để nhận dạng trạm lặp và một mã 2 bit để xác định bản chất sự cố. Byte này được xác định duy nhất cho STM-1 thứ nhất của một tín hiệu STM-N.
5. **Byte E1**: byte này dùng làm kênh nghiệp vụ. Như tất cả các byte khác của khung, nó có số lần lặp trong một giây là 8000 lần, tạo ra một kênh 64 Kbit/s, có thể được dùng cho các kết nối thoại/số liệu phục vụ các mục đích bảo trì các trạm lặp.

Byte E1 được xác định duy nhất cho khung STM-1 thứ nhất của một tín hiệu STM-N.

6. **Kênh thông tin số liệu (DCC)** gồm các byte D1, D2 và D3 là một kênh bản tin 192 Kbit/s. Kênh này dành cho việc tạo ra các bản tin từ bên trong hay bên ngoài và bản tin đặc biệt của nhà sản xuất. Các byte này được xác định duy nhất cho STM-1 thứ nhất của một tín hiệu STM-N. Kênh DCC phục vụ các mục đích vận hành, bảo dưỡng và quản lý các trạm lặp trên đường truyền SDH bao gồm:

- Cảnh báo
- Bảo dưỡng
- Kiểm tra
- Giám sát
- Quản lý
- Các nhu cầu thông tin khác giữa các thiết bị đầu cuối

2.4.3 Chức năng mào đầu đoạn ghép

1. **Byte B2:** Có ba byte B2, không phải là một như trong phần mào đầu đoạn lặp, được phân bổ trong mỗi STM-1 để giám sát lỗi của một đoạn ghép. Chức năng này là nhờ một mã kiểm tra chẵn lẻ 24 bit (BIP-24) sử dụng luật chẵn lẻ chẵn. BIP-24 có mặt trong tất cả các khung STM-1 của khung tín hiệu STM-N. BIP-24 được tính toán trên tất cả các bit trong khung STM-1, ngoại trừ ba hàng đầu tiên của mào đầu đoạn lặp RSOH và đặt vào các byte B2 trong vùng mào đầu đoạn ghép MSOH của khung kế tiếp trước khi thực hiện ngẫu nhiên hóa. Ví dụ kết quả của BIP-24 của khung tín hiệu STM-1 thứ n sẽ được đặt vào 3 byte B2 của khung STM-1 thứ $n+1$. BIP-24 không phải tính toán lại tại mỗi trạm lặp mà được tính toán lại tại mỗi bộ ghép kênh [2]. Lưu ý rằng BIP-n được hình thành trên cơ sở các nhóm n bit, cụ thể như sau:

Bit thứ nhất của từ mã BIP-n được tạo nên bởi tất cả các bit thứ nhất của các nhóm n bit cần giám sát. Bit thứ hai của BIP-n được tạo ra trên cơ sở các bit thứ hai của các nhóm n bit đó và cứ như vậy đến khi bit thứ n của từ mã BIP-n được tạo ra. Giá trị của mỗi bit của BIP-n được xác định theo qui ước chẵn lẻ chẵn tương tự như đối với BIP-8 (B1).

2. **Các byte bảo vệ tự động K1, K2:** dành cho báo hiệu chuyển mạch bảo vệ tự động (APS-Automatic Protection Switching), chúng hình thành kênh truyền thông tin cảnh báo và lệnh chuyển mạch dự phòng khi hệ thống chính có sự cố [2]. Hai byte này được xác định duy nhất cho khung STM-1 thứ nhất của tín hiệu STM-N. Chi tiết về hoạt động của các byte này sẽ được trình bày trong Chương x.
3. **Byte E2 (orderwire)** được sử dụng làm kênh nghiệp vụ tốc độ 64 kbit/s. Kênh này được sử dụng để truyền thông tin thoại khi bảo dưỡng các trạm ghép hay xen/tách kênh hay các đầu cuối xa (remote terminal). Byte này cũng chỉ được xác định duy nhất cho STM-1 thứ nhất của tín hiệu STM-N.
4. **Kênh thông tin số liệu 576 Kbit/s (D4 ~ D12)**, thực hiện các chức năng giống như chức năng của các byte D1~D3 của mào đầu đoạn lặp. Tức là dùng cho việc vận hành và quản lý bộ ghép kênh trên đường truyền SDH. Các byte này cũng chỉ được ấn định cho khung STM-1 thứ nhất của tín hiệu STM-N.
5. **Các byte Z1, Z2:** Bốn byte này được dùng trong tương lai. Hiện nay giá trị của chúng chưa được qui định và chức năng cũng chưa được định nghĩa [2].
6. **Byte S1** sử dụng các bit từ 5 tới 8 để truyền bản tin (SSM) trạng thái đồng bộ. Cụ thể là chỉ số chất lượng Q của đồng hồ trạm này truyền tới trạm khác. Bảng 2.2 chỉ ra giá trị các bit thành phần cho bốn mức đồng bộ theo chuẩn ITU-T. Trong bảng này có hai thành giá

Bảng 2.2: Giá trị các bit thành phần của S1

Các bit từ 5-8	Mô tả mức chất lượng đồng bộ SDH
0000	Đồng bộ, chưa xác định chất lượng
0001	Dự trữ
0010	Đồng hồ chuẩn sơ cấp (khuyến nghị G.811; Q=2)
0011	Dự trữ
0100	Đồng hồ trung chuyển (khuyến nghị G.812; Q=3)
0101	Dự trữ
0110	Dự trữ
0111	Dự trữ
1000	Đồng hồ cục bộ (khuyến nghị G.812; Q=4)
1001	Dự trữ
1010	Dự trữ
1011	Nguồn định thời thiết bị đồng bộ (SETS); Q=5
1100	Dự trữ
1101	Dự trữ
1110	Dự trữ
1111	Không sử dụng cho đồng bộ Q=6 (*)

Lưu ý: (*) Bản tin này có thể mô phỏng lỗi của thiết bị và sẽ được mô phỏng bởi tín hiệu AIS đoạn ghép

Bảng 2.3: Giá trị byte M1 trong các khung STM-1

Byte M1 234 5678	Diễn giải (số khối bị lỗi)	Byte M1 234 5678	Diễn giải (số khối bị lỗi)
000 0000	0	001 1000	24
000 0001	1	001 1001	0
000 0010	2	001 1010	0
000 0011	3	⋮	⋮
⋮	⋮	111 1111	0

Lưu ý: Bit 1 không được sử dụng.

Bảng 2.4: Giá trị byte M1 trong các khung STM-4

Byte M1 234 5678	Diễn giải (số khối bị lỗi)	Byte M1 234 5678	Diễn giải (số khối bị lỗi)
000 0000	0	110 0000	24
000 0001	1	110 0001	0
000 0010	2	110 0010	0
000 0011	3	⋮	⋮
⋮	⋮	111 1111	0

Lưu ý: Bit 1 không được sử dụng.

Bảng 2.5: Giá trị byte M1 trong các khung STM-16

Byte M1 1234 5678	Diễn giải (số khối bị lỗi)	Byte M1 1234 5678	Diễn giải (số khối bị lỗi)
0000 0000	0	0000 0100	4
0000 0001	1	0000 0101	5
0000 0010	2	⋮	⋮
0000 0011	3	1111 1111	255

trị các thành phần bit cần chú ý đó là (1) chỉ ra rằng chất lượng đồng bộ chưa được xác định và (2) để ra hiệu rằng các đoạn truyền dẫn này không nên sử dụng cho đồng bộ. Các mã còn lại được dành cho các mức chất lượng được định nghĩa bởi các nhà quản lý riêng.

Nhờ sự trợ giúp của S1, cụ thể là các bit từ 5 đến 8 mà việc quyết định chuyển cấp đồng hồ có thể được thực hiện. Chẳng hạn nếu chất lượng đồng hồ của đoạn ghép này cao hơn thì đồng hồ này sẽ được sử dụng cho đồng bộ.

Các bit từ 1-4 của S1 được sử dụng riêng bởi nhà khai thác mạng.

7. **Byte M1:** được gọi là byte chỉ thị lỗi đầu xa đoạn ghép kênh (MS-REI). M1 chỉ thị lỗi đầu xa trong BIP-24 khi lần lượt so sánh từng bit trong từ mã này với từ mã tương ứng tạo ra tại đầu thu. Nó là một bản tin được đầu cuối thu phát trở lại đầu phát, nhờ đó đầu cuối phát có thể nhận được trạng thái lỗi của đầu thu. Tại các mức STM-N, byte này có thể mang các giá trị trong khoảng (0~255) các khối bit được phát hiện nhờ từ mã kiểm tra sự giống nhau (so sánh từng bit) của từ mã BIP-24×N (B2).

Do STM-1 có 3 byte B2 tương ứng với 24 bit kiểm tra chẵn lẻ do đó M1 ứng với phân cấp STM-1 sẽ có giá trị từ 0 tới 24 tương ứng với số lỗi khối (xem Bảng 2.3)

Các giá trị nằm ngoài khoảng [0 ~ 24] được hiểu là không có lỗi.

Tương tự như vậy đối với STM-4 giá trị M1 được diễn giải trong Bảng 2.4.

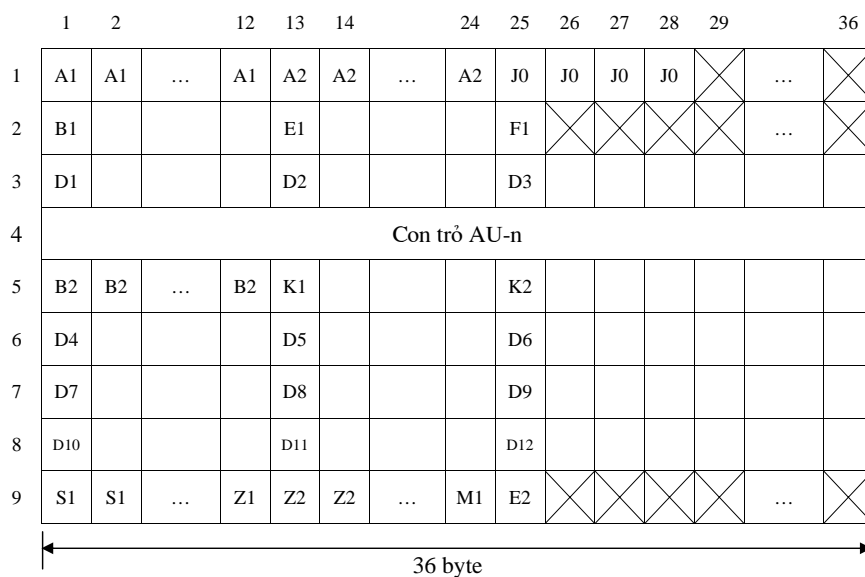
Riêng đối với STM-16 và STM-64, sử dụng tất cả 8 bit trong byte M1 như trong các Bảng 2.5 và 2.6.

Bảng 2.6: Giá trị byte M1 trong các khung STM-64

Byte M1 1234 5678	Diễn giải (số khối bị lỗi)	Byte M1 1234 5678	Diễn giải (số khối bị lỗi)
0000 0000	0	0000 0100	4
0000 0001	1	0000 0101	5
0000 0010	2	⋮	⋮
0000 0011	3	1111 1111	255

2.4.4 Mào đầu đoạn của khung STM-N

- Một tín hiệu STM-4 (Hình 2.8) có 12 byte A1 kèm theo bởi 12 byte A2, 4 byte J0 và 8 byte sử dụng quốc gia cho hàng số 1. Các byte này không được ngẫu nhiên hóa (scrambling). Phần lớn việc ấn định byte giống như các byte của STM-1. Lưu ý rằng các byte trống là dành cho các tiêu chuẩn trong tương lai, và A1 ... A1 ngụ ý rằng có một chuỗi byte A1 nằm giữa hai byte được chỉ ra.



Hình 2.8: Các byte mào đầu cho một tín hiệu STM-4

- Một tín hiệu STM-16 (Hình 2.9) có 48 byte A1 kế tiếp bởi 48 byte A1, 16 byte J0 và 32 byte sử dụng cho mục đích quốc gia trong hàng số 1 và các byte trong hàng này không bị xáo trộn (hay ngẫu nhiên hóa). Phần lớn việc ấn định byte giống như đối với ấn định byte của tín hiệu STM-1. Các khoảng trống là các byte dành cho nhu cầu trong tương lai.
- Tín hiệu STM-64: có thể đạt được theo phương thức ấn định byte như trên.

	1	2	...	48	49	50	...	96	97	98	...	112	113	...	144
1	A1	A1	...	A1	A2	A2	...	A2	J0	J0	...	J0	X	...	X
2	B1				E1				F1	X	...	X	X	...	X
3	D1				D2				D3						
4															
5	B2	B2	...	B2	K1				K2						
6	D4				D5				D6						
7	D7				D8				D9						
8	D10				D11				D12						
9	S1	S1	...	Z1	Z2	Z2	...	M1	E2	X	...	X	X	...	X
←----- 144 byte -----→															

Hình 2.9: Các byte mào đầu cho một tín hiệu STM-16

2.4.5 Mào đầu đường VC-3/VC-4

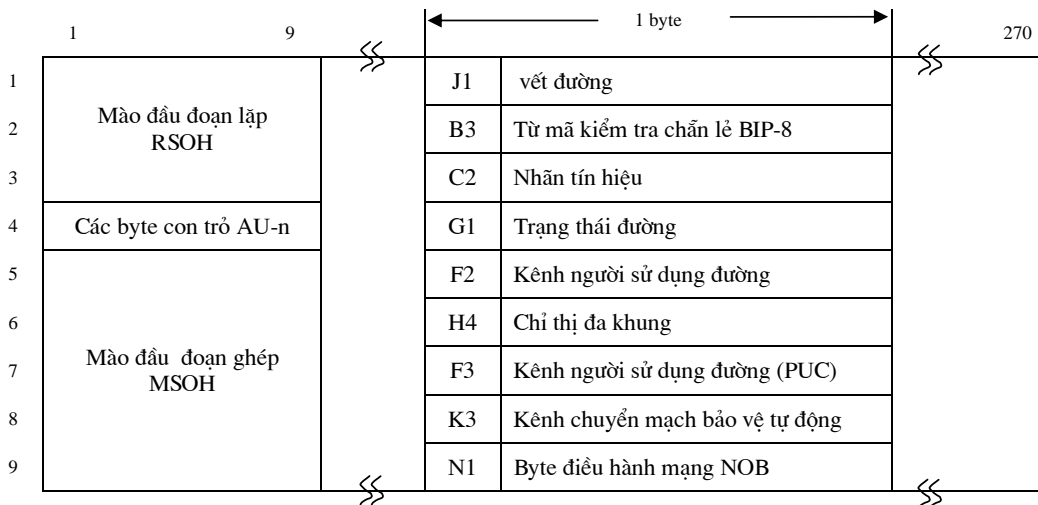
Mào đầu đường POH (Path Overhead) được ghép ở cấp độ container ảo VC. POH chứa tất cả các thông tin cần thiết đảm bảo cho sự vận chuyển của các container. Các thông tin về trạng thái của tất cả các luồng số có thể biết được nhờ các giá trị dữ liệu của mào đầu đường POH.

Mào đầu đường VC-3/VC-4 được gọi là mào đầu đường cấp cao, gồm 9 byte (xem Hình 2.10): dò vết đường J1, giám sát lỗi đường B3, nhãn tín hiệu C2, trạng thái đường G1, kênh người sử dụng tuyến F2, chỉ thị đa khung H4, kênh người sử dụng tuyến F3, kênh chuyển mạch bảo vệ tự động K3 và byte cho người điều hành mạng N1. Các byte mào đầu này có thể được phân loại như sau:

- byte thông tin điểm - điểm : J1, B3, C2 và G1
- các byte chỉ định tải tin: H4, F2 và F3
- Byte người điều hành mạng: N1

1. **Byte J1:** Mục đích của byte tạo vết đường là truyền lặp đi lặp lại một mẫu nhận dạng điểm truy cập đường cấp cao của VC-n để đầu cuối đường thu có thể xác minh sự kết nối liên tục của nó tới máy phát đã định. Mẫu nhận dạng điểm truy cập đường có thể sử dụng (1) chuỗi có dạng tự do gồm 64 byte hoặc (2) mẫu dạng E.164 gồm 16 byte (như chỉ ra trong Bảng). 15 byte tiếp theo được sử dụng để truyền 15 ký tự ASCII được yêu cầu cho dạng số E.164.

Byte J1 là byte đầu tiên của các khung container ảo bậc cao VC-4 và VC-3. Vị trí của byte J1 trong khung STM-1 được chỉ ra bởi con trỏ AU-4 PTR, AU-3 PTR.



Hình 2.10: Các byte mào đầu đường VC-4/VC-3

Bảng 2.7: Các ký tự ASCII cho Dạng số E.164

1CCC	CCCC	Dấu bắt đầu khung
0XXX	XXXX	byte 2
:	:	:
0XXX	XXXX	byte 16
0XXXXXXXX:		Ký tự ASCII của chuỗi E.164
CCCCCCCC:		Kết quả của tính toán CRC-7 của khung trước đó

Dạng mẫu: một khung 16 byte được xác định để truyền số E.164. Byte đầu của chuỗi là một dấu bắt đầu khung và chứa kết quả của phép tính CRC-7 qua khung trước đó. CRC-7 có đa thức sinh sau:

$$g(X) = 1 + X^3 + X^7 \tag{2.1}$$

đa thức này được sử dụng để tính toán các bit kiểm tra chẵn lẻ cho mỗi bản tin.

- Byte B3 (BIP-8):** được phân bổ trong mỗi VC-3, VC-4 hoặc VC-4-Xc (một tín hiệu móc xích sẽ được thảo luận trong Chương sau) cho chức năng giám sát các hoạt động lỗi của đường (path) nối giữa hai container ảo bậc cao VC-4, VC-3 hoặc VC-4-Xc. Nó sử dụng luật chẵn lẻ chẵn giống như các byte B1 và B2. B3 được tính toán trước khi ngẫu nhiên hóa thông qua tất cả bit của VC-3, VC-4 hoặc VC-4-Xc trước đó. B3 được đặt (trước khi bị ngẫu nhiên hóa hay xáo trộn) vào vị trí byte B3 của VC-3, VC-4 hoặc VC-4-Xc hiện tại.
- Byte C2:** là byte nhãn tín hiệu dùng để chỉ rõ cấu tạo tải tin hay nói cách khác là thông báo kiểu bố trí (Mapping) được sử dụng trong việc hình thành container ảo bậc cao VC-4

Bảng 2.8: C2, các ứng dụng của Byte Nhân Tín Hiệu

Mã C2 (nhị phân)	Mã C2 (Hex)	Loại tải tin
0000 0000	00	Không tải
0000 0001	01	Có tải/không đặc biệt (Có thể được sử dụng cho tất cả các tải tin không cần sự phân biệt hoặc đạt được sự phân biệt bằng các biện pháp khác chẳng hạn như các bản tin từ các hệ điều hành.
0000 0010	02	Cấu trúc TUG
0000 0011	03	TU kiểu locked (sẽ sớm bị loại bỏ)
0000 0100	04	Bố trí luồng cận đồng bộ 34,368 Mbit/s vào C-3 Bố trí luồng cận đồng bộ 44,736 Mbit/s vào C-3
0001 0010	12	Bố trí luồng cận đồng bộ 139,264 Mbit/s vào C-4
0001 0011	13	Bố trí cho ATM
0001 0100	14	Bố trí cho MAN
0001 0101	15	Bố trí cho FDDI (Fiber Distributed Data Interface)

hoặc VC-3. Byte C2 có thể được gán các giá trị trong Bảng 2.8. Tại đầu thu, tín hiệu sau khi giải ngẫu nhiên thì trừ giá trị $C = 0000\ 0000$ còn các giá trị khác của C2 có nghĩa là sử dụng container ảo VC-4 hoặc VC-3.

4. **Byte G1:** là byte trạng thái đường (path status byte). G1 được dùng để truyền ngược về thiết bị phát (1) bản tin về trạng thái tuyến hay đường (path) và (2) hiệu suất của tuyến. Tính năng này cho phép trạng thái và hiệu suất tuyến (path) của một đường hoàn toàn song công được giám sát tại (1) bất kỳ đầu nào trong hai đầu thu phát và (2) tại bất kỳ điểm nào dọc theo đường (path).

Hình 2.11 chỉ ra tổ chức byte G1. Bit từ 1 tới 4 truyền số đếm các khối bit được phát hiện là lỗi nhờ mã BIP-8 (B3). Trong mỗi byte (8 bit) ta có thể có

- (a) không bit lỗi
- (b) 1 bit lỗi
- (c) 2 bit lỗi
- (d) 3 bit lỗi
- (e) 4 bit lỗi
- (f) 5 bit lỗi
- (g) 6 bit lỗi
- (h) 7 bit lỗi
- (i) 8 bit lỗi

Do đó có 9 khả năng $2^3 < 9 < 2^4$ Bit 5 của byte G1 dùng cho chỉ thị sự cố đầu xa (các tiêu chuẩn có thể sửa chức năng này bằng việc sử dụng ba bit trong Hình 2.11). Hiện nay các bit 6, 7 và 8 chưa được ấn định.

	FEBE				RDI			Dự trữ
	1	2	3	4	5	6	7	8
Không lỗi	0	0	0	0				
1 lỗi	0	0	0	1				FEBE: Lỗi khối đầu xa
			⋮					RDI: Chỉ thị sự cố đầu xa
8 lỗi	1	0	0	0				
Không lỗi		các giá trị khác						

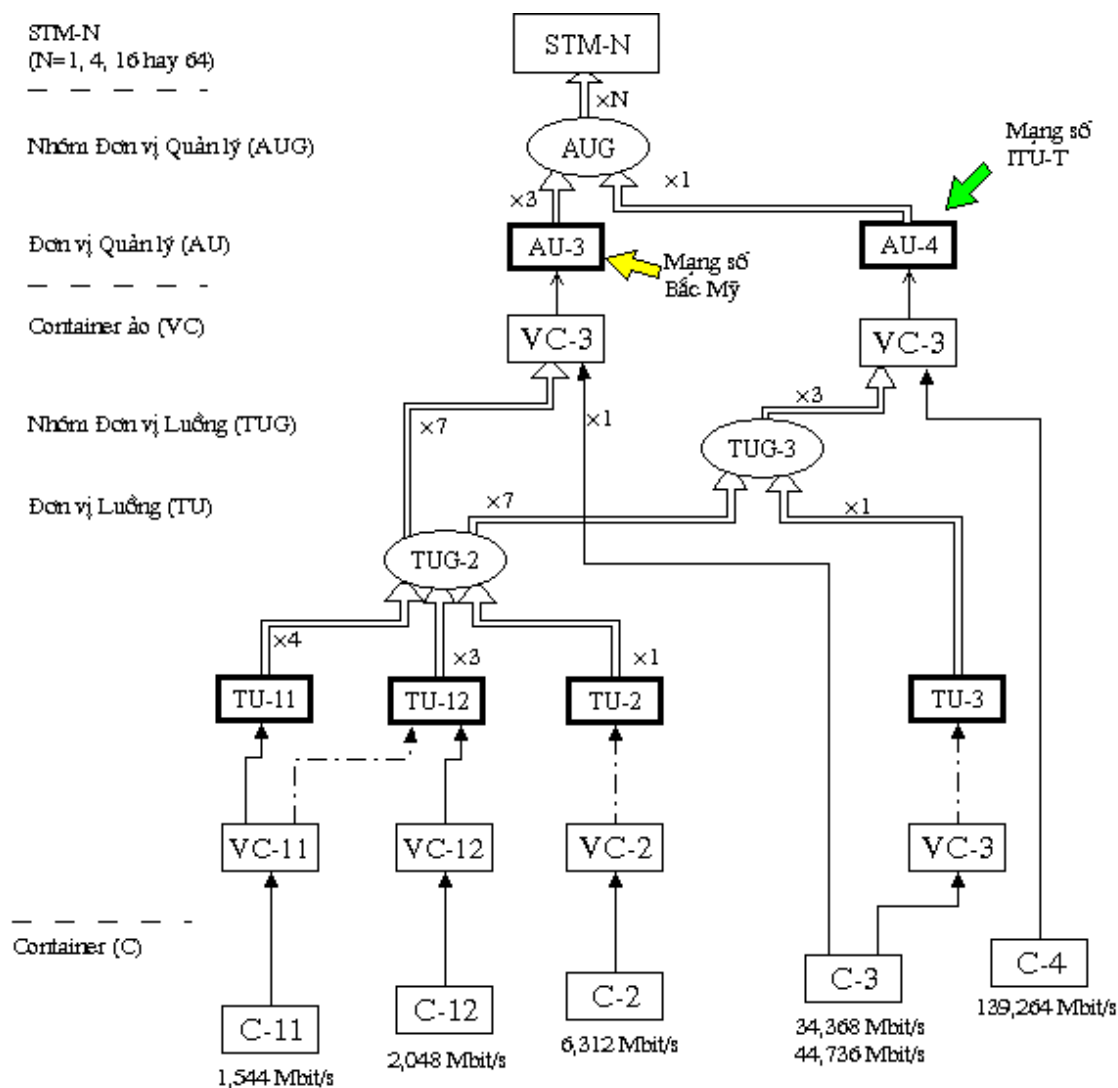
Hình 2.11: Ấn định bit cho byte G1

5. **Byte F2, F3:** là kênh cho người sử dụng tuyến (path), nó cấp một kênh truyền dữ liệu cho người sử dụng tuyến.
6. **Byte H4:** là byte chỉ thị đa khung trong trường hợp dữ liệu thông tin được bố trí trong đa khung gồm nhiều container cấp thấp hơn.
7. **Byte K3:** từ bit 1 đến 4 dùng cho kênh chuyển mạch bảo vệ tự động APS. Các bit này được chỉ định cho báo hiệu APS bảo vệ tại các mức đường VC-4 hoặc VC-3. Các bit từ 5 ~ 8 dùng làm kênh dự trữ. Bốn bit này dùng cho các chức năng khác trong tương lai, chưa được định nghĩa cụ thể.
8. **Byte N1:** là byte điều hành mạng. Được chỉ định cung cấp chức năng giám sát kết nối chuyển tiếp (TCM).

2.5 Các thành phần của tín hiệu STM-1

Hình 2.12 minh họa tổng thể các thành phần của tín hiệu STM-N. Chi tiết việc bố trí/ghép từ các container tốc độ thấp vào tín hiệu SDH STM-N sẽ được trình bày trong chương sau. Tuy nhiên hình vẽ này được giải thích ngắn gọn như sau:

- Một C-4 [container mức 4: để mang một tín hiệu 139,264 Mbit/s, chẳng hạn như một tín hiệu CEPT-4] được bố trí trực tiếp, với mào đầu đường VC-4, vào một VC-4 [Container ảo mức 4]. Các con trỏ AU-4 được bổ sung vào VC-4 này để hình thành một AU-4 [Đơn vị quản lý mức 4]. AU-4 này tương đương với một AUG (Nhóm AU). Sau đó các byte mào đầu đoạn ghép và mào đầu đoạn lặp được thêm vào để hình thành một STM-1. N tín hiệu STM-1 sau khi được chỉnh khung sẽ được ghép vào một tín hiệu STM-N.
- Một C-3 [Container mức 3: dành cho bố trí tín hiệu 34,368 Mbit/s] được ghép trực tiếp, cùng với các byte mào đầu đường VC-3, vào một VC-3. Ba byte con trỏ TU-3 được thêm vào một VC-3 để hình thành một TU-3 [Đơn vị luồng mức 3] gần tương đương với một TUG-3 [Nhóm TU mức 3]. Quá trình này sẽ được trình bày trong phần sau. Ba TUG-3 được ghép/bố trí xen byte vào một VC-4 như trường hợp C-4, được chuyển thành một AU-4, một AUG và một STM-1.



Hình 2.12: Các thành phần của tín hiệu STM-N

- C-3 [Container mức 3 cũng có thể được sử dụng để bố trí tín hiệu 44,736 Mbit/s] được bố trí trực tiếp vào một VC-3. Sau đó các con trỏ AU-3 được bổ sung vào VC-3 này để tạo nên một tín hiệu AU-3. Ba AU-3 được ghép/bố trí theo kiểu xen byte vào một AUG giống như trường hợp C-4 được chuyển thành một STM-1.
- C-2 [Container mức 2 dùng để bố trí tín hiệu 6,312 Mbit/s] được bố trí trực tiếp cùng với các byte mào đầu đường VC-2 vào một VC-2. Các con trỏ TU-2 được bổ sung vào VC-2 này để hình thành một TU-2 (Đơn vị luồng mức 2; một TU-2 \equiv TUG-2; Nhóm TU mức 2). Bảy TUG-2 được ghép/bố trí theo kiểu xen byte vào một VC-3. Sau đó các byte con trỏ AU-3 được thêm vào VC-3 này để tạo thành một tín hiệu AU-3. Ba tín hiệu AU-3 được ghép/bố trí theo kiểu xen byte vào một AUG và cũng như trường hợp C-4, nó được chuyển thành một STM-1.
- C-12 [Container mức 1, loại 2 dùng để bố trí tín hiệu 2,048 Mbit/s] được bố trí trực tiếp với các byte mào đầu đường VC-12 để tạo nên một tín hiệu VC-12. Các con trỏ TU-12 được thêm vào tín hiệu VC-12 này để tạo thành một TU-12. Ba TU-12 được ghép/bố trí

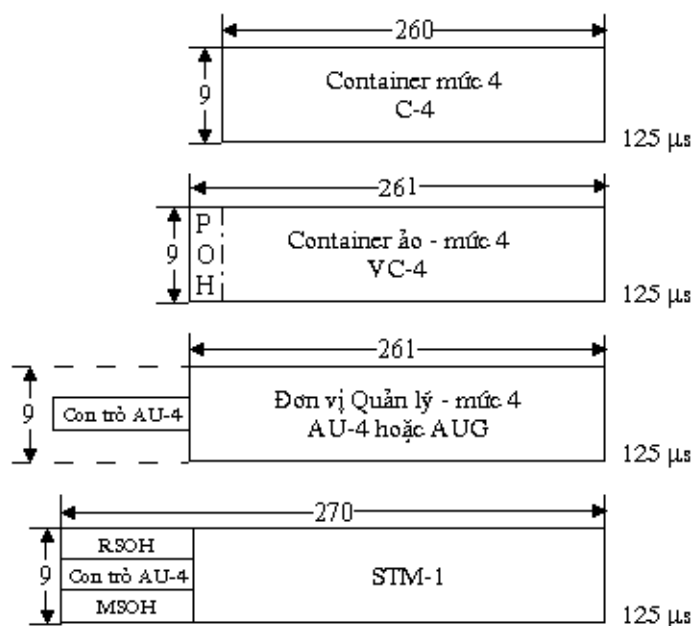
xen byte vào một TUG-2. Từ TUG-2 vào một STM-1 cho ứng dụng C-12 này giống hệt như trong trường hợp C-2.

- C-11 [Container mức 1, loại 1 dùng để bố trí tín hiệu 1,544 Mbit/s] được bố trí trực tiếp với các byte mào đầu đường VC-11 vào một VC-11. Các con trỏ TU-11 được thêm vào VC-11 này để hình thành một TU-11. Bốn TU-11 được ghép/bố trí xen byte vào một TUG-2. Từ TUG-2 vào một STM-1 cho ứng dụng C-11 này giống hệt như trong trường hợp C-2.

Từ Hình 2.12 và mô tả ngắn gọn các thành phần của tín hiệu SDH trên đây, mối quan hệ giữa các tín hiệu vừa thảo luận sẽ được định nghĩa theo một dạng ngắn gọn hơn như sau.

$$\begin{aligned}
 \text{C-m + mào đầu VC-m} &\Rightarrow \text{VC-m; m=11, 12, 2, 3 hoặc 4} & \text{(a)} \\
 \text{VC-n + Con trỏ TU-n} &\Rightarrow \text{TU-n; n=11, 12, 2 hoặc 3} & \text{(b)} \\
 \text{VC-k + con trỏ AU-k} &\Rightarrow \text{AU-k; k=3 hoặc 4} & \text{(c)} \\
 \text{AUG + RSOH + MSOH} &\Rightarrow \text{STM-1} & \text{(d)}
 \end{aligned}
 \tag{2.2}$$

2.6 Container C-n



Hình 2.13: C-4, VC-4, AU-4 và STM-1

Trong các tiêu chuẩn SDH hiện nay có 6 kích cỡ container là C-11, C-12, 2×C-2, C-3 và C-4 như chỉ ra trong Bảng 2.1. Sáu container này được chia làm 2 nhóm: (1) các container cấp cao là C-4 và C-3; và (2) các container cấp thấp là C-2, C-12 và C-11. Đôi khi người ta gộp C-11 và C-12 vào một tên chung là C-1. Mỗi tín hiệu DS1 tốc độ 1,544 Mbit/s hay một tín hiệu ISDN H11 có thể được đặt vào một Container-11 (C-11). Một tín hiệu CEPT-1 2,048 Mbit/s hay một tín hiệu ISDN H12 có thể được đặt vào một C-12. Một tín hiệu DS2 6,312 Mbit/s sẽ được bố trí vào một C-2 trong khi một tín hiệu DS3 44,368 Mbit/s hay một tín hiệu ISDN H32 sẽ được

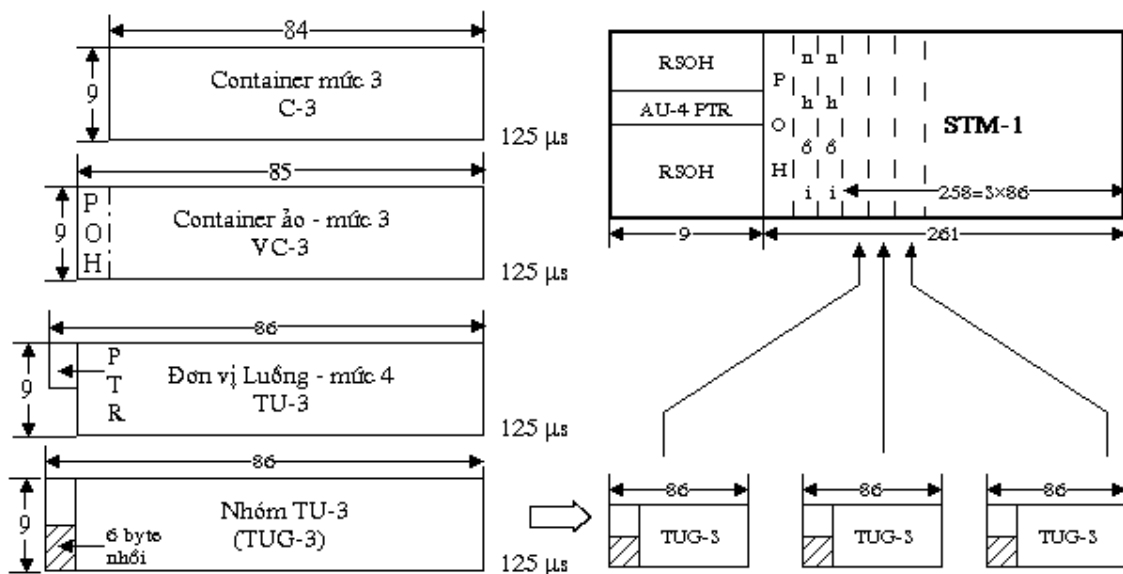
chứa trong một C-3. Lưu ý rằng container dùng để chứa một tín hiệu CEPT-3 34,368 Mbit/s hoặc một tín hiệu ISDN H31 cũng là C-3. Tuy nhiên việc bố trí hai C-3 này là khác nhau. Điều này có thể thấy được từ Hình 2.12 khi CEPT-3 đi theo đường bên phải qua VC-3, TU-3, TUG-3, VC-4, AUG và cuối cùng là STM-N. Mặt khác tín hiệu DS3 44,736 Mbit/s đi theo đường bên trái qua VC-3, AU-3, AUG và cuối cùng là STM-N. Chi tiết về thủ tục bố trí/ghép kênh sẽ được thảo luận trong Chương 3. Tốc độ PDH cao nhất CEPT-4 139,264 Mbit/s hoặc một ISDN H4 sẽ được bố trí vào một C-4.

2.6.1 C-4, VC-4, AU-4, AUG và STM-1

Một Container C-4 chiếm 9 hàng 260 cột trong khoảng thời một khung 125 μ s. Nói cách khác, C-4 có tốc độ 149,76 Mbit/s ($\equiv 9 \times 260 \text{ bytes} \times 64 \text{ Kbit/s}$ trên 1 byte). Với việc bổ sung một cột mào đầu đường VC-4 (POH) vào một C-4 như định nghĩa bởi 2.2(a) ta có thể đạt được một VC-4 có cấu trúc 9 \times 261 (xem Hình 2.13).

Sau đó, một con trỏ AU-4 9 byte được bổ sung vào một VC-4 để hình thành một AU-4 như định nghĩa bởi 2.2(c). Bây giờ 27 byte mào đầu đoạn lặp (RSOH) và 45 byte mào đầu đoạn ghép (MSOH) được bổ sung vào một tín hiệu AUG để hình thành một tín hiệu SDH STM-1 như được chỉ ra bởi 2.2(d). Quá trình này được trình bày trên Hình 2.13. Từ Hình 2.12 ta có thể thấy rằng một AUG tương đương với một AU-4. Vậy thì tại sao một AU-4 được gọi là AUG? Sở dĩ gọi như vậy bởi vì một AUG có thể được dùng để mang hoặc là một AU-4 hoặc ba AU-3. Từ ứng dụng AU-3, một nhóm (ba) tín hiệu AU-3 sẽ hình thành một AUG. Trường hợp ứng dụng 3 AU-3 sẽ được thảo luận trong phần sau. Mô tả chi tiết và ứng dụng của cả AU-4 và AU-3 sẽ được trình bày trong Chương 3.

2.6.2 C-3, VC-3, TU-3, TUG-3, VC-4, AUG và STM-1

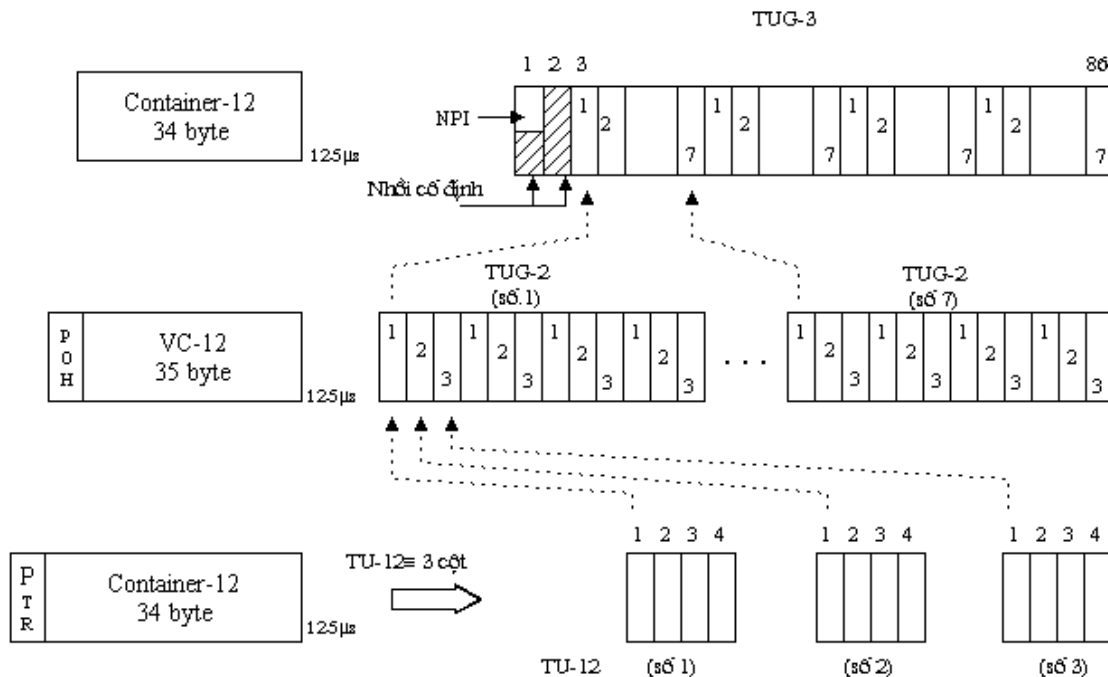


Hình 2.14: C-3, VC-3, TU-3, TUG-3, VC-4, AU-4 và STM-1

Như đã nói ở trên hoặc là một tín hiệu CEPT-3 34,368 Mbit/s hoặc một tín hiệu DS3 44,736 Mbit/s có thể được bố trí vào một container C-3. Do phân cấp Bắc Mỹ không được sử dụng ở nước ta nên ở đây ta chỉ quan tâm đến C-3 dùng để bố trí tín hiệu CEPT-3.

Một container C-3 chiếm 9 hàng \times 84 cột trong một khoảng thời gian khung 125 μ s. C-3 có tốc độ 48,384 Mbit/s. Chín byte mào đầu đường VC-3 POH được bổ sung vào C-3 để tạo thành một VC-3 như được định nghĩa bởi 2.2(a). Một VC-3 có cấu trúc 8 \times 85 hay dung lượng 48,96 Mbit/s. Để hình thành mức tín hiệu tiếp theo là TU-3 thì ba byte con trở TU-3 như được định nghĩa trong 2.2(b) phải được chèn vào cột thứ 86. Cột này có 6 byte chèn cố định chiếm vùng còn lại (xem hình bên trái phía dưới của Hình 2.14). Quá trình này hoàn chỉnh một TUG-3 có cấu trúc 9 \times 86. Lưu ý rằng tín hiệu TU-3 có 85 cột cộng thêm 3 byte con trở TU-3 trong khi một TUG-3 có 86 cột. Vì vậy TU-3 có dung lượng 49,152 Mbit/s không đồng nhất với một TUG-3 có dung lượng 49,536 Mbit/s. Ai đó có thể đặt câu hỏi, nếu một TU-3 gần như đồng nhất với một TUG-3, vậy thì sao lại có thêm một tên là TUG-3? Như vậy có thừa không? Điều này xin trả lời là không vì ta có thể thấy từ Hình 2.12, một TUG-3 có thể được hình thành từ một tín hiệu TU-3 hoặc từ một nhóm tín hiệu TUG-2. Chính xác hơn, một tín hiệu TUG-3 chứa bảy (7) tín hiệu TUG-2. Vì thế, nó là một tín hiệu nhóm.

Sau đó ba tín hiệu TUG-3 được ghép/bố trí xen byte vào một VC-4 mà tín hiệu này ngoài ba TUG-3 ra còn chứa hai cột nhồi cố định và một cột mào đầu đường VC-4 như chỉ ra trên Hình 2.14 (VC-4 không được chỉ ra rõ ràng trên hình này nhưng Hình 2.13 cho thấy một VC-4 đã được đơn giản hóa). Chín byte con trở AU-4 được bổ sung vào một tín hiệu VC-4 như được định nghĩa bởi 2.2(c) để hình thành một tín hiệu AUG. Bây giờ, 27 byte mào đầu đoạn lặp (RSOH) và 45 byte mào đầu đoạn ghép (MSOH) sẽ được bổ sung vào một tín hiệu AUG để hình thành nên tín hiệu SDH STM-1. Quá trình này được trình bày trên Hình 2.14. Các ứng dụng sử dụng C-3 để truyền tải ba tín hiệu E-3 34,368 Mbit/s sẽ được thảo luận trong Chương 3.



Hình 2.15: C-12, VC-12, TU-12, TUG-2, TUG-3, VC-4, AU-4 và STM-1

2.6.3 C-12, VC-12, TUG-2, TUG-3, VC-4, AU-4, AUG và STM-1

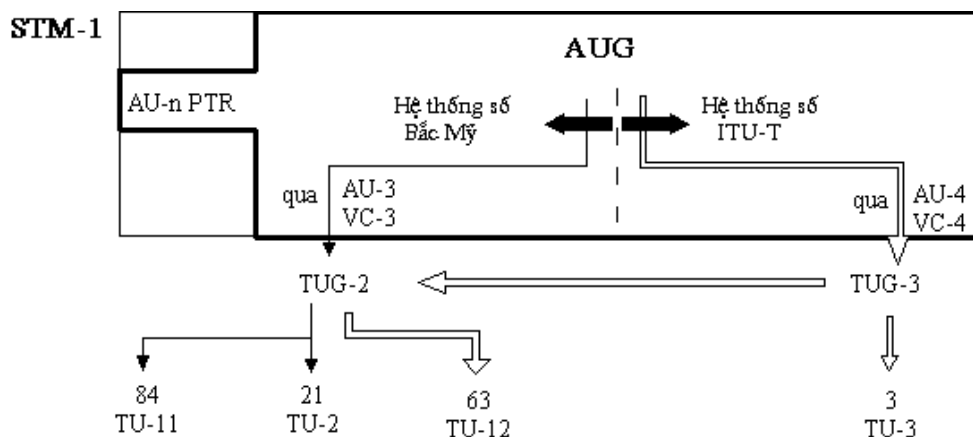
Bây giờ container cấp thấp theo tiêu chuẩn ITU-T C-12 sẽ được thảo luận bằng việc mô tả mối quan hệ giữa C-12 này và STM-1. Container C-12, mang một tín hiệu CEPT-1 tốc độ 2,048 Mbit/s hoặc tương đương chẳng hạn như một tín hiệu ISDN H12, có dung lượng tải tin 34 byte trong khoảng thời gian 125 μ s. Diễn giải để có được dung lượng này sẽ được thảo luận dưới đây. Một byte mào đầu đường VC-12 (hoặc là V5, J2, N2 hoặc K4) được bổ sung vào C-12 như được định nghĩa bởi 2.2(a) để hình thành một container ảo VC-12. Sau đó một byte (hoặc là V1, V2, V3 hoặc V4) hoạt động như một con trỏ TU-12 (hay đôi khi được nói đến như là con trỏ TU-1 nhằm đơn giản hóa) được bổ sung vào tín hiệu VC-12 như được định nghĩa bởi 2.2(b) để hình thành TU-12 với dung lượng 36 byte. Cần phải đề cập ở đây rằng có tổng cộng bốn byte, mỗi byte trong khoảng thời gian 125 μ s làm chức năng con trỏ TU-12. Con trỏ bốn byte (V1, V2, V3 và V4) này sẽ được thảo luận trong Chương 3.

Lưu ý rằng dung lượng 36 byte này của một TU-12 tương đương với dung lượng 4 cột trong một khung STM-1 125 μ s. Ba TU-12 được ghép xen byte vào một TUG-2 với dung lượng 12 cột. Bảy TUG-2 sau đó được ghép xen byte vào vùng tải tin của TUG-3. Lưu ý rằng TUG-3 có cấu trúc 9 hàng \times 86 cột: một cột gồm Chỉ thị Kiểm Rõng (NPI) cộng với các byte nhồi cố định, một cột nhồi cố định (có thể được sử dụng để truyền tải tin khi cần cho các tiêu chuẩn trong tương lai), và 84 cột được phân bổ đều cho bảy TUG-2 (xem Hình 2.15). Tức là do $84/7=12$, nên dung lượng cho mỗi TUG-2 là 12 cột. Mỗi TUG-2 mang ba TU-12, mỗi TU-12 chiếm 4 ($\equiv 12/3$) cột. Nói cách khác, một TU-12 đòi hỏi 36 byte (4 cột \times 9 byte/cột=36 byte). Tất cả những điều này sẽ được thảo luận trong mục 2.7. Từ TUG-3 tới VC-4 rồi tới AUG và STM-1 giống như đã trình bày trong mục 2.6.2 và được chỉ ra trên Hình 2.14.

2.7 Đơn vị Luồng (TU)

Trong phần trước, các thành phần của một khung STM-1 (hay AUG) dưới dạng container C-n ($n=4, 3, 12$) đã được thảo luận. Có một số tín hiệu trung gian quan trọng đối với các ứng dụng của một container. Ví dụ, để ghép C-12 vào một STM-1 ta phải tạo VC-12, TU-12, TUG-2, TUG-3, VC-4, AU-4 và AUG. Vì vậy bước đầu tiên cho ứng dụng này là hiểu kỹ càng về TU-n. Ta có thể thấy trên Hình 2.12, các phần tử chính của các thành phần tín hiệu này là các đơn vị luồng TU-11, TU-12, TU-2 và TU-3. Cũng từ hình này ta có thể thấy mục đích của TU là để truyền tải và chuyển mạch một container, tức là một tín hiệu STM-1 con. Hình 2.12 có thể được đơn giản hóa bởi Hình 2.16 nhằm liên hệ một tín hiệu STM-1 tới bất kỳ tín hiệu luồng nào. Thông qua TUG-2, TUG-3, VC-4 và AU-4, 63 TU-12 có thể được bố trí/ghép vào một AUG. Cũng vậy, ba (3) TU-3 có thể được ghép/bố trí vào một tín hiệu AUG thông qua TUG-3, VC-4 và AU-4. Tập ứng dụng này được thiết kế cho các hệ thống số ITU-T.

Trong phần này, mục đích và dung lượng của mỗi TU-n: Mối quan hệ giữa một tín hiệu TU-n và một TUG-2; và mối quan hệ giữa một tín hiệu TU-n và một tín hiệu STM-1 sẽ được nghiên cứu.



Hình 2.16: AUG (hay STM-1) và các loại TU khác nhau

Bảng 2.9: Dung lượng của TU và ứng dụng của nó

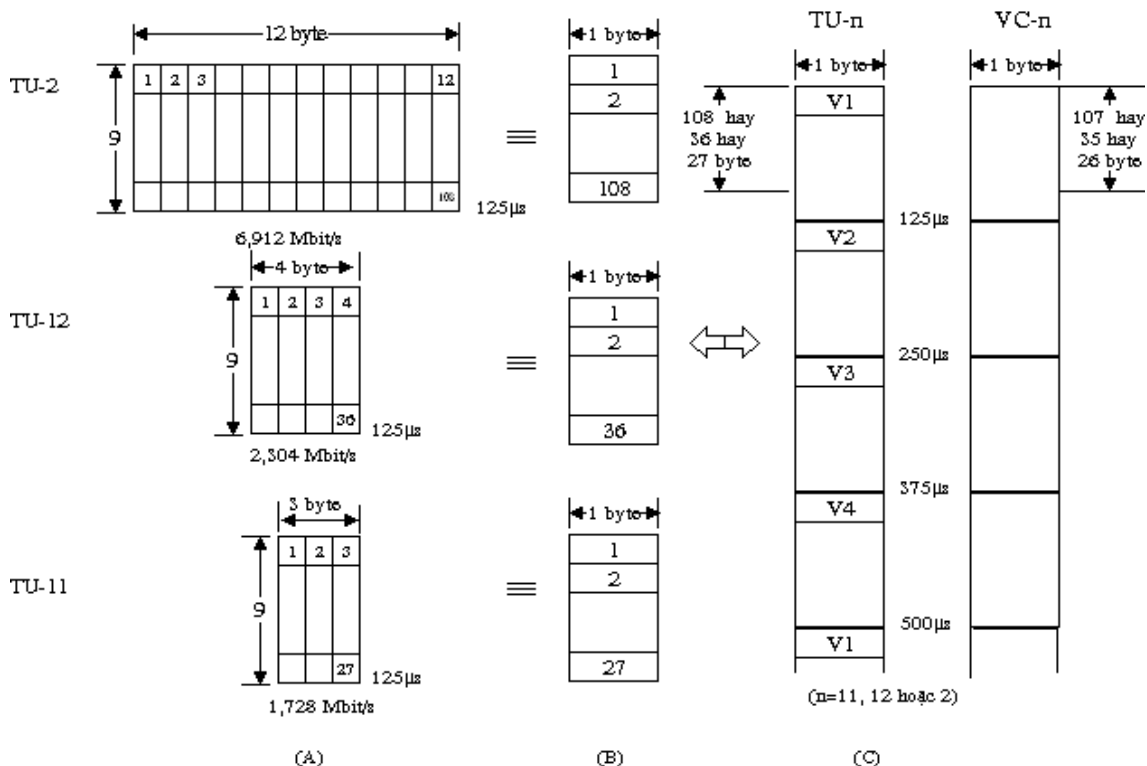
Loại TU	Dung lượng				ứng dụng
	số cột cần thiết	số byte /khung	số byte /siêu khung	tốc độ (Mbit/s)	
TU-2	12	108	432	6,912	DS2 (6,312 Mbit/s)
TU-12	4	36	144	2,304	CEPT-1 (2,048 Mbit/s)
TU-11	3	27	108	1,728	DS1 (1,544 Mbit/s)

2.7.1 Mục đích và dung lượng của TU

Mục đích của mỗi TU-n thành phần, trừ TU-3, có thể thấy được từ Bảng 2.9.

1. TU-11 được thiết kế để truyền tín hiệu DS1 có tốc độ 1,544 Mbit/s. Mỗi cột của một STM-N (N=1, 4 hay 16) hay AUG có tốc độ 0,576 Mbit/s ($\equiv 64 \text{ kbit/s/byte} \times 9 \text{ byte/cột}$). Vì vậy, nó đòi hỏi 3 cột của AUG hay 27 byte trên 1 khung 125 μs để TU-11 chứa được DS1.
2. TU-12 được thiết kế để truyền tín hiệu CEPT-1 có tốc độ 2,048 Mbit/s. Vì vậy chiếm 4 cột ($\equiv 36 \text{ byte /khung}$) của khung AUG để một TU-12 chứa một tín hiệu CEPT-1.
3. TU-2 được thiết kế để truyền DS2 có tốc độ 6,132 Mbit/s. Nó đòi hỏi 12 cột ($\equiv 108 \text{ byte}$ trên một khung) của AUG để TU-2 chứa được DS2.

Để thuận lợi ta xem một tín hiệu TU-11, TU-12 hay TU-2 như một tín hiệu có cấu trúc khung 1 byte rộng $\times 27, 36$ hoặc 108 byte cao tương ứng trên mỗi khoảng 125 μs như chỉ ra trên Hình 2.17. Ví dụ để truyền một CEPT-1, tín hiệu CEPT-1 và tín hiệu mào đầu kết hợp với nó, byte kế byte sẽ được bố trí vào các byte số 1, 2, 3 và 4 của hàng thứ nhất, sau đó vào các byte số 1, 2, 3 và 4 của hàng thứ hai và cứ tiếp tục như vậy. Mặt khác (xem Hình 2.17(B)) ta có thể thấy byte đầu tiên của một khung 1×36 sẽ nhận byte đầu tiên của CEPT-1 và mào đầu kết hợp với nó; byte thứ hai sẽ nhận byte thứ hai từ CEPT-1 và cứ tiếp tục như vậy. Hơn thế nữa,



Hình 2.17: Dung lượng / cấu trúc khung của TU

từ Hình 2.17(C), quãng thời gian 4 khung 125 μs được định nghĩa cho một siêu khung hay đa khung 500 μs. Tức là trong một siêu khung có bốn khung 125 μs, mỗi khung được dẫn đầu bởi một byte mào đầu (hoặc là V1, V2, V3 hoặc V4). Một siêu khung bắt đầu từ byte V1. Bốn byte mào đầu này sẽ được nghiên cứu chi tiết trong Chương 3. Byte chỉ thị đa khung H4 của mào đầu đường VC-n (n=3 hoặc 4) được sử dụng để chỉ thị pha của đa khung 500 μs này. Nếu H4=(XXXXXX00), ở đây "X" là bit không quan tâm, thì khung 125 μs này là khung đầu tiên của một đa khung 500 μs. Byte đầu trong khung 125 μs là V1 (byte con trở TU-n thứ nhất). Tương tự, nếu H4=(XXXXXX01) thì khung 125 μs này là khung thứ hai của đa khung 500 μs. Byte đầu tiên của khung 125 μs này là V2 (byte con trở TU-n thứ 2). Điều tương tự có thể được áp dụng cho trường hợp H4=(XXXXXX10) và H4=(XXXXXX11).

Bây giờ, dung lượng của mỗi TU sẽ được bàn thảo từ một quan điểm khác. Ví dụ, TU-12 có dung lượng 4 cột hay 36 byte trên 1 khung. Do có bốn khung trong một siêu khung nên TU-12 có dung lượng 144 (≡4×36) byte trong một đa khung, trong khi TU-11 có dung lượng là 108 byte/siêu khung và TU-2 có 432 byte/siêu khung. Lưu ý rằng một tín hiệu TU-n (n=11, 12 hay 2) với bốn byte con trở của nó (V1~V4) hình thành một tín hiệu VC-n như trình bày trên Hình 2.17(C). Chi tiết mối quan hệ giữa một tín hiệu TU-n và một tín hiệu VC-n sẽ được thảo luận trong Chương 3.

2.7.2 Mối quan hệ giữa TU-n (n=11, 12 hoặc 2) với TUG-2

Ngoài tín hiệu TU-n(n=11, 12 hay 2), một tín hiệu trung gian khác cần thiết để xử lý việc bố trí / ghép C-11, C-12 hoặc C-2 vào một STM-1, đó là TUG-2 (Nhóm đơn vị luồng - mức 2). Ta

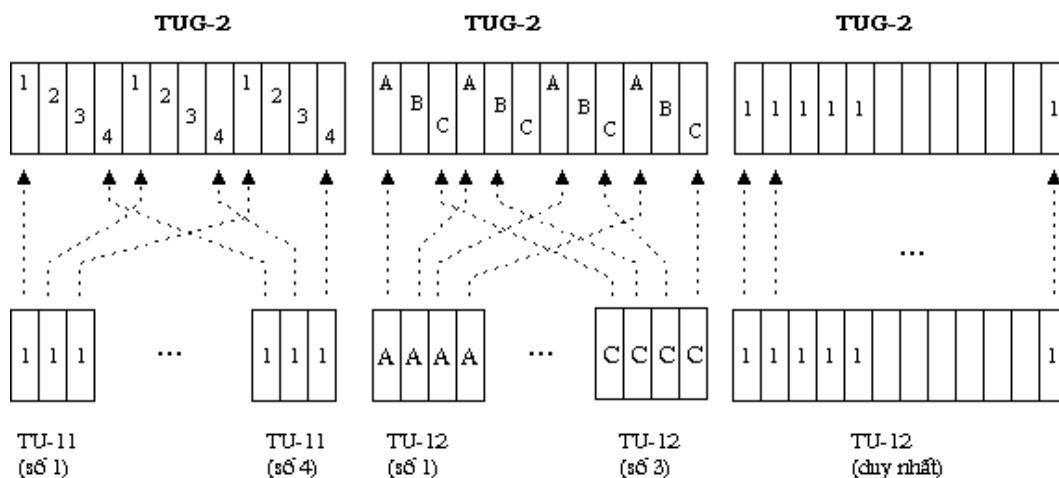
biết rằng

1. Một TU-11 đòi hỏi 3 cột của AUG để mang một DS1, tốc độ 1,544 Mbit/s
2. Một TU-12 cần 4 cột để mạng một tín hiệu CEPT-1 tốc độ 2,048 Mbit/s.
3. Một TU-2 cần 12 cột để mang một tín hiệu DS2 tốc độ 6,312 Mbit/s.

$$\text{Bội số chung nhỏ nhất của } (3, 4 \text{ và } 12)=12 \tag{2.3}$$

Tức là, nếu một khung AUG hay một khung STM-1 có 12, 24, 36 hay $n \times 12$ cột ($n =$ số nguyên dương) thì ta có thể sử dụng khung này để truyền bất kỳ TU- n ($n=11, 12$ hoặc 2) nào. Một TUG-2 (một nhóm 12 cột đặc biệt của một khung AUG) được giới thiệu cho mục đích này. Do đó, một tín hiệu TUG-2 có 12 cột và có thể thể truyền

1. Một tín hiệu TU-2 hay một tín hiệu DS2.
2. Ba tín hiệu TU-12 hay ba tín hiệu CEPT-1
3. Bốn tín hiệu TU-11 hay bốn tín hiệu DS1.

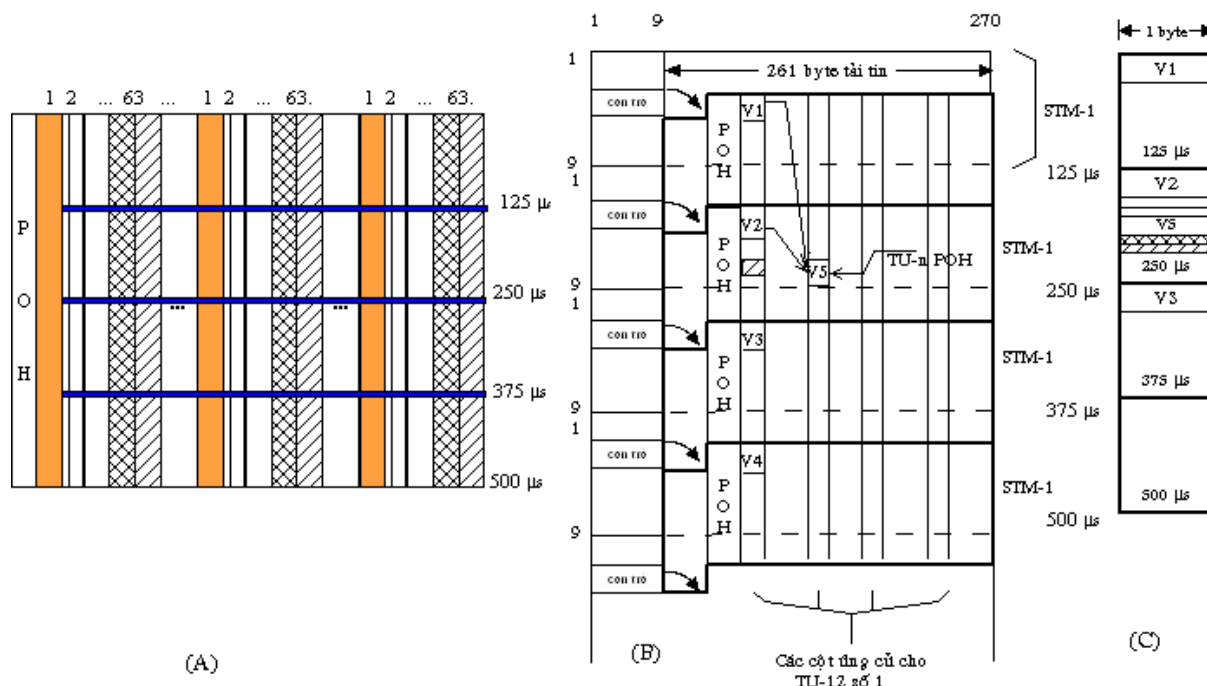


Hình 2.18: Quan hệ giữa TUG-2 và TU-n (n=11, 12 và 2)

như Hình 2.18 đã chỉ ra. Cần phải nói tới ở đây rằng nếu ba TU-12 được mang bởi một TUG-2 thì ghép xen byte sẽ được áp dụng. Ví dụ, nếu bốn cột cần cho TU-12 thứ nhất là "A", "A", "A" và "A"; bốn cột cần cho TU-12 thứ 2 là "B", "B", "B" và "B"; và bốn cột cần cho TU-12 thứ ba là "C", "C", "C" và "C" thì TUG-2 sẽ mang tín hiệu với trình tự "ABC", "ABC", "ABC" và "ABC" như ta thấy trên Hình 2.18.

2.7.3 TU và STM-1

Hình 2.19(A) chỉ ra phân tải tin của một khung STM-1, bắt đầu bằng một cột mào đầu đường VC-4 (POH). Trường hợp một STM-1 được sử dụng để truyền không gì ngoài TU-12 sẽ được



Hình 2.19: TU-12 và STM-1

thảo luận. Mỗi STM-1 có thể mang 63 TU-12. Cột đầu tiên sau cột POH được phân bổ cho TU-12 thứ nhất; cột thứ hai dành cho TU-12 thứ 2 v.v... Sở dĩ như vậy là vì các chuẩn SDH sử dụng phương thức ghép xen byte. Hình 2.19(B) chỉ ra bốn cột ứng cử cho TU-12 thứ nhất trong một khung STM-1. Con trỏ AU-4 sẽ chỉ ra điểm bắt đầu của tải tin STM-1, tải tin này được dẫn đầu bởi mào đầu đường VC-4. Một khi POH đã được nhận biết thì bốn cột của tín hiệu TU-12 sẽ được định vị chính xác. Nói cách khác

1. Mào đầu đường VC-4 có pha "động" so với khung STM-1.
2. Nhưng pha giữa bốn cột của TU-12 đầu tiên (TU-12 số 1) có quan hệ pha cố định so với mào đầu đường VC-4.

Các byte mào đầu kết hợp với mỗi TU-12 trong mọi khung tải tin $125 \mu s$ là hoặc V1, V2, V3 hay V4 (xem Hình 2.19(C)). Mỗi trong số bốn byte mào đầu này dẫn đầu khung TU-12 36 byte. Chương 3 sẽ thảo luận về V1, V2, V3 và V4 và ta sẽ thấy đây là các byte mào đầu được thiết kế cho chức năng con trỏ tải tin. Con trỏ (V1, V2) sẽ trỏ đến điểm bắt đầu của một container ảo VC-12 trong TU-12. Byte khởi đầu này được gọi là V5. Khoảng thời gian $500 \mu s$ của một đa khung được dẫn đầu bởi byte V5 được gọi là một VC-12 cho một container C-12. ứng dụng để mang 63 CEPT-1 qua 63 C-12, 63 VC-12, 63 TU-12, 21 TUG-2, 3 TUG-3 trong một tín hiệu STM-1 sẽ được thảo luận trong Chương 3.

Chương 3

Ứng dụng con trỏ SDH (Bố trí-Mapping/ghép-Multiplexing)

Mục đích của chương

Sau khi hoàn thành chương này, bạn có thể

- Mô tả các con trỏ AU-4/AU-3/TU-3 (H1, H2, H3 và H4): các vùng con trỏ, chức năng của con trỏ, tạo và phiên dịch con trỏ.
- Thảo luận về việc bố trí/ghép một tín hiệu C-4 (cho một tín hiệu CEPT-4) và một tín hiệu C-3 (cho một CEPT-3 hay một DS3) vào một tín hiệu STM-1.
- Mô tả các con trỏ TU-1/TU-2 (V1, V2, V3 và V4): các vùng con trỏ, chức năng con trỏ, tạo và phiên dịch con trỏ.
- Thảo luận về việc bố trí/ghép một tín hiệu C-2 (cho một tín hiệu DS2), một tín hiệu C-12 (cho một tín hiệu CEPT-1) hay một tín hiệu C-11 (cho một tín hiệu DS1) vào một tín hiệu STM-1.
- Mô tả các tín hiệu móc xích SDH

Tóm tắt chương

- Phân loại con trỏ STM-1: (1) ứng dụng CEPT-4; (2) ứng dụng DS3; (3) ứng dụng CEPT-3 và (4) các ứng dụng DS2/CEPT-1 và DS1
- Các con trỏ (H1, H2) và (V1, V2): phạm vi giá trị con trỏ, các chức năng con trỏ (như chỉ thị điều chỉnh tần số, chỉ thị độ lệch tải tin và cờ dữ liệu mới), tạo và phiên dịch con trỏ. Hơn nữa, các byte mào đầu đường VC-1/VC-2 : V5, J2, N2 và K4
- Bố trí tín hiệu CEPT-4 vào một STM-1 thông qua container C-4, VC-4, AU-4 và AUG.
- Bố trí/ghép các tín hiệu DS3 vào một STM-1 qua C-3, VC-3, AU-3 và AUG; và bố trí/ghép các tín hiệu CEPT-3 vào một STM-1 qua C-3, VC-3, TU-3, TUG-3, VC-4, AU-4 và AUG

Bảng 3.1: Các luồng cấp cao và cấp thấp SDH

	SDH	Các byte con trỏ
Nhánh cấp cao (tốc độ cao)	E4	(H1, H2, H3)
	DS3	
	E3*	
Nhánh cấp thấp (tốc độ thấp)	DS2	(H1, H2, H3)
	E1	(V1, V2, V3)
	DS1	

* Đối với ứng dụng E3, hai tập con trỏ (H1, H2, H3) là cần thiết

- Bố trí/ghép một (1) DS2 (cận đồng bộ hoặc đồng bộ bit) vào một STM-1 qua C-2, VC-2, TU-2, TUG-2, TUG-3, VC-4, AU-4 và AUG; và ba (3) DS1 (cận đồng bộ, đồng bộ bit hoặc đồng bộ byte) vào một STM-1 qua C-11, VC-11, TU-11, TUG-2, VC-3, AU-3 và AUG
- Tín hiệu móc xích: cấu trúc khung và chỉ thị móc xích.

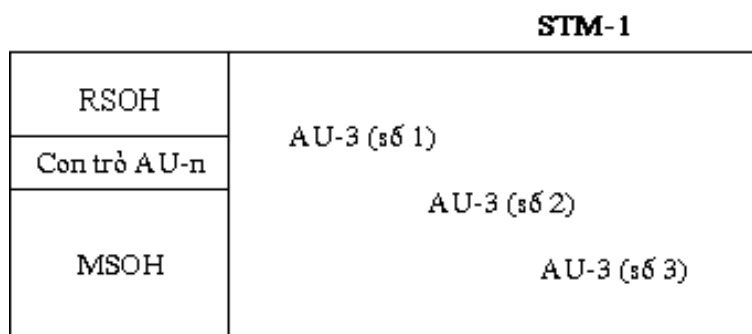
3.1 Con trỏ STM-1

Con trỏ được sử dụng cho việc bố trí các luồng tín hiệu khác nhau vào một tín hiệu STM-1. Có hai loại con trỏ được sử dụng cho các chức năng bố trí/ghép này trong các ứng dụng SDH. Đó là (H1, H2, H3) và (V1, V2, V3). Những ứng dụng của các con trỏ này được tổng kết như sau:

1. Các luồng cấp cao (High order tributaries): Chỉ một tập byte con trỏ, (H1, H2 và H3) là cần thiết
2. Các luồng cấp thấp (Low order tributaries): Cả hai tập byte con trỏ, (H1, H2, H3) và (V1, V2, V3) được yêu cầu

Bảng 3.1 chỉ ra các luồng SDH cấp cao và cấp thấp và mối quan hệ của chúng với các tập con trỏ và các ứng dụng của chúng (con trỏ) sẽ được thảo luận trong chương này.

Như đã chỉ ra trong Bảng 3.1, để một STM-1 mang một tín hiệu E4, chức năng bố trí/ghép đòi hỏi một tập con trỏ (H1, H2, H3). Để mang N tín hiệu E4 qua một tín hiệu STM-N, nó đòi hỏi N tập con trỏ. Đối với tất cả các container khác có tốc độ thấp so với tốc độ truyền tải SDH, một tín hiệu STM-1 có thể được phân phát cho nhiều container tốc độ thấp. Vì vậy, nhiều tập con trỏ trong một tín hiệu STM-1 là cần thiết cho thủ tục ghép/bố trí các tín hiệu cấp thấp này. Ví dụ, Hình 3.1 chỉ ra rằng có ba AU-3 nằm trong vùng tải tin của STM-1. Việc mỗi AU-3 sẽ nằm ở đâu trong tải tin này được quyết định bởi các byte con trỏ kết hợp với mỗi AU-3. Có ba tập con trỏ (được biết đến với tên "con trỏ AU-3" và nằm từ cột số 1 tới cột số 9 của hàng thứ 4 trong một khung STM-1 125 μ s) được sử dụng để chỉ thị vị trí của ba tải tin AU-3. Mục đích của con trỏ là cung cấp một phương pháp cho phép đồng chỉnh linh hoạt và "động" container ảo VC bên trong khung AUG. "Động" có nghĩa là VC được phép "trôi nổi" trong khung AUG. Vì



Hình 3.1: Con trở, tải tin STM-1 và STM-1

thế, con trở có khả năng điều tiết những khác biệt không chỉ về pha của VC và mào đầu đoạn lặp mà còn cả về tốc độ khung nữa. Sau đây là danh sách các đặc điểm quan trọng của con trở STM-1.

- Phân loại con trở (xem Hình 3.2)
 - Các byte con trở AU-n (n=3 hoặc 4), H1, H2 và H3
 - Các byte con trở TU-3, H1, H2 và H3
 - Các byte con trở TU-2/TU-12/TU-11, V1, V2, V3 và V4
- Vị trí con trở
- Chức năng con trở
 - Chỉ thị giá trị (độ lệch) con trở
 - Chỉ thị điều chỉnh tần số
 - Biểu thị cờ dữ liệu mới NDF
- Tạo con trở tại đầu phát và luật tạo con trở
- Phiên dịch con trở tại đầu thu và luật phiên dịch

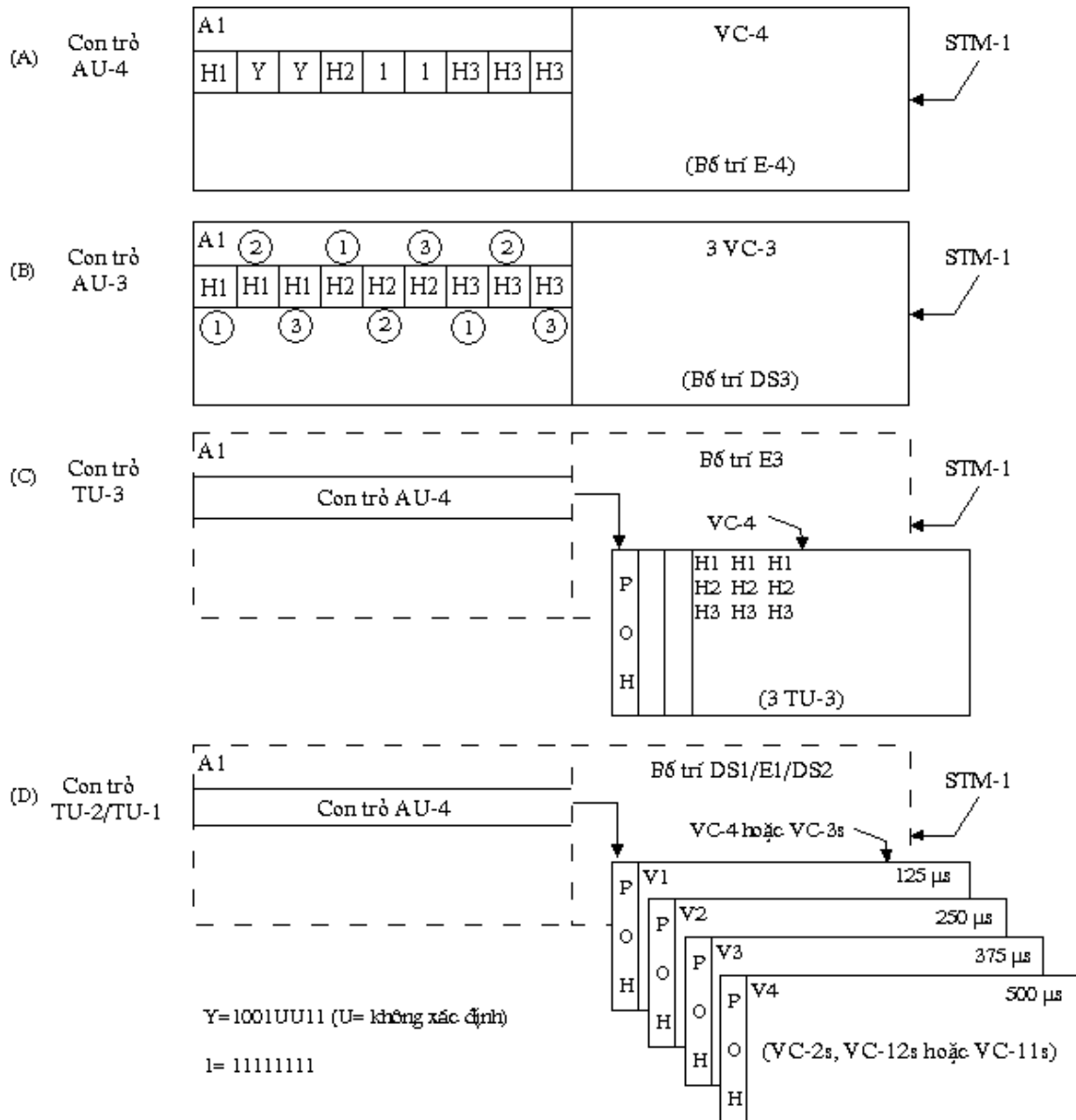
Các đặc điểm trên sẽ được miêu tả chi tiết trong các phần tiếp theo.

3.2 Phân loại con trở STM-1 và vị trí con trở

Có một số loại byte con trở. Theo quan điểm chức năng con trở, có con trở AU-n (n=3 hoặc 4), con trở TU-3 và con trở TU-2/TU-12/TU-11. Nhưng theo quan điểm ứng dụng, các con trở có thể được phân làm bốn loại và được mô tả như sau:

A. Ứng dụng CEPT-4: Bên trong khung STM-1 hàng số 4 cột từ 1 đến 9 được dành riêng cho các byte con trở AU-4 [như được chỉ ra trên Hình 3.2 (A)]. Khi một tín hiệu STM-1 được sử dụng để truyền một tín hiệu C-4 (mang một tín hiệu E4 hoặc tương đương qua một tín

hiệu VC-4) như chỉ ra trên Hình 3.2(A), chỉ 5 trong số 9 byte được cấp phát của các vị trí đã đề cập trên là được sử dụng làm con trỏ. Tức là H1 và H2 là các byte con trỏ trong khi ba byte H3 được chỉ định làm byte hoạt động con trỏ. Sở dĩ như vậy là vì chỉ một C-4 duy nhất sẽ được bố trí vào một tải tin STM-1. Vì vậy, chỉ một tập byte con trỏ (H1 và H2) là cần thiết. Các byte H1 thứ hai và thứ ba không được sử dụng nhưng được ấn định làm một byte đặc biệt, Y=(1001UU11). ở đây U là bit không được qui định. Tương tự các byte H2 thứ hai và thứ ba không được sử dụng và được ấn định làm các byte 1=(11111111). Byte H3 sẽ được trình bày sau.



Hình 3.2: Vị trí con trỏ của bốn loại con trỏ

B. Ứng dụng DS3: Có hai container C-3 khác nhau như đã trình bày trong Chương 2, một dùng để truyền một tín hiệu DS3 trong khi container kia dùng để truyền một tín hiệu E-3. Vì vậy sẽ có hai loại con trỏ dùng để bố trí hai container khác nhau này. Trước hết, vị trí con trỏ sẽ được thảo luận khi một tín hiệu STM-1 được sử dụng để truyền tải ba tín hiệu DS3

qua ba C-3 [sau đó qua 3 VC-3, 3 AU-3 và 1 AUG (Hình 2.12)]. Nó đòi hỏi ba tập con trở AU-3 cho mục đích này. Tất cả các byte con trở này chiếm hàng thứ 4 cột từ 1 đến 9 của khung STM-1 125 μ s như chỉ ra trên Hình 3.2(B). Lưu ý rằng H1, H2 và H3 được đặt xen byte trong hàng thứ 4 của khung STM-1. Ba byte con trở (H1, H2 và H3) cho VC-3 thứ nhất nằm ở các cột số 1, 4 và 7 như được chỉ ra bởi vòng tròn số 1. Ba byte con trở (H1, H2, H3) cho VC-3 số hai nằm ở các cột số 2, 5 và 8 như được chỉ ra bởi vòng tròn số 2; và ba byte con trở (H1, H2, H3) cho VC-3 số 3 nằm ở các cột số 3, 6 và 9 như được chỉ ra bởi vòng tròn số 3 trên Hình 3.2(B).

C. Ứng dụng CEPT-3: Để hiểu các byte con trở loại 2 của C-3 ta cần hiểu một trong ba chức năng của con trở AU-4. Một chức năng của con trở AU-4 được sử dụng để chỉ ra điểm bắt đầu của mào đầu đường VC-4. Điều này được chỉ ra trên Hình 3.2(C). Lưu ý rằng một tín hiệu VC-4 nằm trôi nổi so với khung STM-1. Một khi vị trí mào đầu đường VC-4 được xác định bởi con trở AU-4 thì container ảo VC-4 cũng được xác định. Một VC-4 có cấu trúc 9 hàng 261 cột như chỉ ra trên Hình 2.13. VC-4 này có thể được dùng để truyền ba container C-3, tức là ba tín hiệu CEPT-3 hoặc tương đương. Vì vậy ba tập con trở (con trở TU-3) được yêu cầu để chỉ ra các vị trí của ba C-3 này bên trong VC-4. Cũng giống các ứng dụng đã kể trên, có ba byte kết hợp với mỗi con trở, tức là H1, H2 và H3. Trong một tải tin VC-4, cột đầu tiên được chỉ định cho mào đầu đường VC-4, hai cột tiếp theo được dành riêng cho các tiêu chuẩn tương lai còn hiện tại thì được phân bổ cho các byte nhồi cố định. Các byte con trở TU-3 (H1, H2, H3) cho C-3 thứ nhất chiếm cột số 4 của tải tin VC-4. Các byte con trở (H1, H2, H3) cho C-3 thứ 2 chiếm cột số 5; và các byte con trở (H1, H2, H3) cho C-3 thứ 3 chiếm cột số 6 của tải tin VC-4. Ba tập con trở TU-3 này chỉ chiếm ba hàng đầu tiên của tải tin VC-4. Nói cách khác, chỉ ba byte đầu của mỗi cột con trở (cột số 4, 5 và 6 của tải tin VC-4) được dùng làm các byte con trở, và 5 byte phía dưới là các byte nhồi cố định như được chỉ ra trên Hình .

D. Ứng dụng DS2/CEPT-1 và DS1: Tập con trở SDH cuối cùng là (V1, V2, V3 và V4) được chỉ định cho việc bố trí

- Một tín hiệu C-2, mang tín hiệu DS2 hoặc tương đương vào một tín hiệu VC-2 và sau đó vào một tín hiệu TU-2.
- Một tín hiệu C-12, mang tín hiệu E1 hoặc tương đương vào một tín hiệu VC-12 và sau đó vào một tín hiệu TU-12
- Một tín hiệu C-11, mang tín hiệu DS1 hoặc tương đương vào một tín hiệu VC-11 và sau đó vào một tín hiệu TU-11.

Vì vậy, chúng được nói tới như các con trở TU-1/TU-2. TU-1 được dùng để chỉ các luồng TU-11 và TU-12. Vị trí của chúng (V1, V2, V3 và V4) là trôi nổi so với khung STM-1 125 μ s. Tuy nhiên vị trí của chúng lại cố định so với một tín hiệu VC-4. Sử dụng việc ghép/bố trí các tín hiệu E1 vào một STM-1 để giải thích vị trí của các byte con trở TU-12 (V1, V2, V3 và V4). Ta có thể bố trí lên tới 63 tín hiệu E1 vào một tín hiệu STM-1 hay một tải tin VC-4. Mỗi E1 đòi hỏi một tập byte con trở (V1~4) bên trong một cấu trúc đa khung hay siêu khung 500 μ s. Ví dụ ở đây là bố trí tín hiệu E1 thứ nhất. Con trở AU-4 sẽ xác định vị trí bắt đầu của vùng tải VC-4 mà vùng này thì luôn được dẫn đầu bởi mào đầu đường VC-4. Một khi vị trí mào đầu đường VC-4 được xác định như chỉ ra trên Hình 3.2(D) thì khung 125 μ s đầu tiên của đa khung 500 μ s được xác định. Ba khung 125 μ s

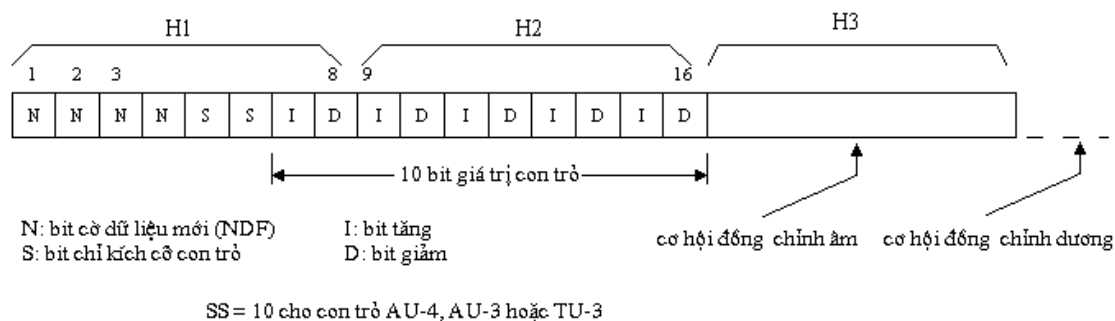
còn lại được xác định theo cùng phương thức. Byte con trỏ đầu tiên V1 được đặt ngay sau byte mào đầu đường VC-4 đầu tiên (J1) của khung 125 μ s thứ nhất; byte con trỏ thứ 2 V2 được đặt ngay sau byte mào đầu đường VC-4 thứ nhất (J1) của khung 125 μ s thứ 2 và cứ tiếp tục như vậy. Tức là 4 byte con trỏ TU-12, từ V1 đến V4, được phân bổ qua siêu khung (hay đa khung) TU 500 μ s.

Tiêu chuẩn trên được áp dụng cho việc bố trí/ghép các tín hiệu DS1 hay DS2. Tức là vị trí của các byte con trỏ TU-11 hay TU-12 được xác định theo cùng phương pháp.

3.3 Con trỏ (H1, H2)

Hai byte con trỏ SDH (H1, H2) gồm 16 bit được phân chia thành ba trường như sau:

- Cờ dữ liệu mới (NDF): chiếm bit từ 1 đến 4 và được gọi là bit N.
- Các bit chưa được ấn định: bit 5 và bit 6 (SS) được ấn định là (10) nếu con trỏ được sử dụng là AU-4, AU-3 hoặc TU-3 còn các giá trị khác không được xác định và đầu thu sẽ bỏ qua.
- Chỉ thị giá trị (độ lệch -offset) con trỏ: chiếm các bit từ 7 đến 16 (10 bit) và được chia làm hai nhóm:
 - nhóm các bit tăng (incremental bits): bit số 7, 9, 11, 13 và 15 (5 bit I) dùng để chỉ thị đồng chỉnh tần số dương
 - nhóm các bit giảm (decremental bits): bit số 8, 10, 12, 14 và 16 (5 bit D) dùng để chỉ thị đồng chỉnh tần số âm



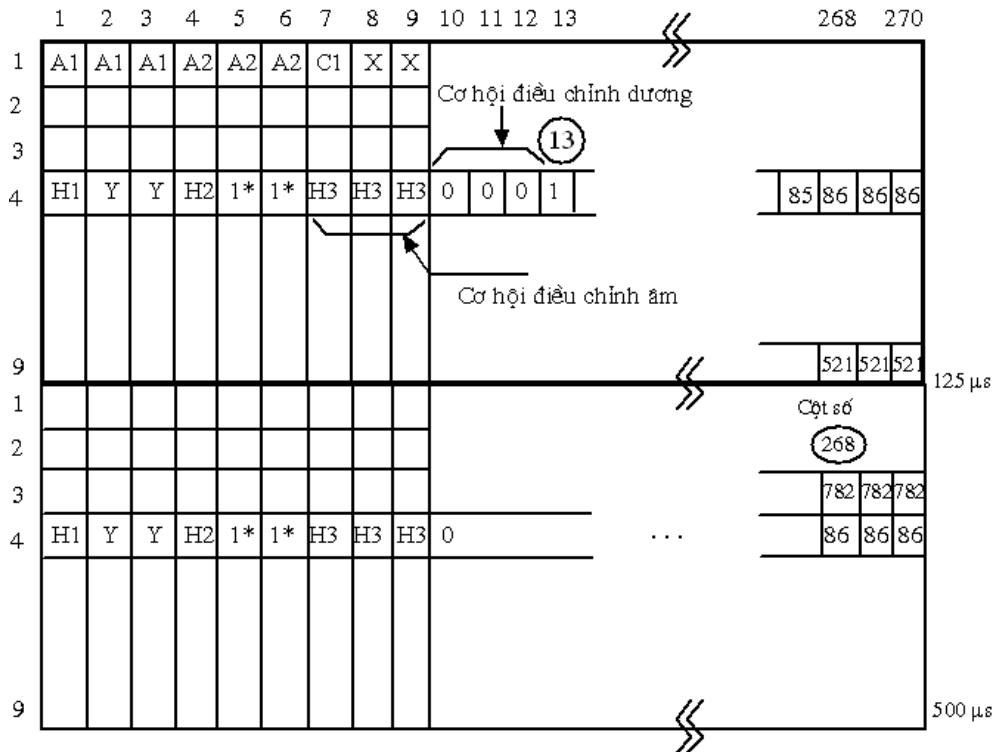
Hình 3.3: Tổ chức con trỏ

Hình 3.3 cho thấy tổ chức từ con trỏ (H1,H2). Mô tả chi tiết chức năng của các byte con trỏ này được trình bày trong các phần sau.

3.3.1 (H1, H2) với tư cách một con trỏ AU-4

Trong phần này con trỏ AU-4 sẽ được mô tả bằng sự tham chiếu đến Hình 3.4. Các byte con trỏ AU-4, H1 và H2 nằm trong các cột số 1 và 4 hàng số 4 của một khung STM-1. Các cột thứ 2

và 3 của hàng này không được sử dụng cho bất kỳ mục đích đặc biệt nào tại thời điểm này; tuy nhiên mỗi trong số 2 byte này được ấn định một mẫu Y=1101UU11. U biểu thị bit không được xác định. Cột số 5 và 6 hàng số 4 hiện được gán các byte toàn "1". Ba byte hoạt động con trở H3 nằm trong các cột từ 7 đến 9. Trong điều kiện hoạt động bình thường không cần đồng chỉnh



X = không được xác định
 Y = 1001UU11 (U = Không qui định)
 1* = (11111111) = byte toàn 1

Hình 3.4: Phạm vi độ lệch của con trở AU-4

tần số âm hoặc dương thì ba byte H3 mang các kênh giả. Khi **đồng chỉnh tần âm** được yêu cầu (tức là khi tải tin cần truyền qua một tín hiệu STM-1 có tốc độ cao hơn tốc độ bình thường của nó) thì khoảng thời gian được sử dụng để truyền ba byte H3 sẽ được sử dụng để truyền tải tin. Khi **đồng chỉnh tần số dương** được yêu cầu, vị trí ba byte ngay sau byte H3 cuối cùng sẽ mang các byte nhỏ. Điều này nhằm tạo nên một tốc độ thích hợp do tải đầu vào dưới tốc độ biểu kiến (danh định) của nó. Các hoạt động này sẽ được thảo luận trong các phần sau.

Phạm vi giá trị con trở

Khi giá trị độ lệch (offset) con trở bằng 0 thì tải tin (VC-4) sẽ bắt đầu tại byte đầu tiên ngay sau byte H3 cuối cùng. Nói cách khác, byte mào đầu đường VC-4 đầu tiên (J1) sẽ nằm tại byte đầu tiên sau byte H3 cuối cùng hay trong cột thứ 10, hàng thứ 4 của khung STM-1. Nếu giá trị độ lệch con trở bằng 1 thì byte J1 nằm ở vị trí cách byte H3 cuối cùng 3 byte hay cột thứ 13 hàng thứ 4 của khung STM-1.

Nếu giá trị độ lệch con trở là 782 thì byte J1 nằm ở hàng thứ 3 cột 268 của khung STM-1 kế tiếp như chỉ ra trên Hình 3.4. Do đó, ta có thể phát biểu như sau về giá trị độ lệch con trở AU-4.

Phạm vi độ lệch giá trị bình thường của con trỏ AU-4: (0~782)

Đó là vì sao một trường 10 bit được dành riêng cho chỉ thị giá trị độ lệch trong từ mã con trỏ (H1, H2) (xem Hình 3.3). Do $2^{10} = 1024 > 782$ và $2^9 = 512 < 782$.

Đồng chỉnh tần số dương

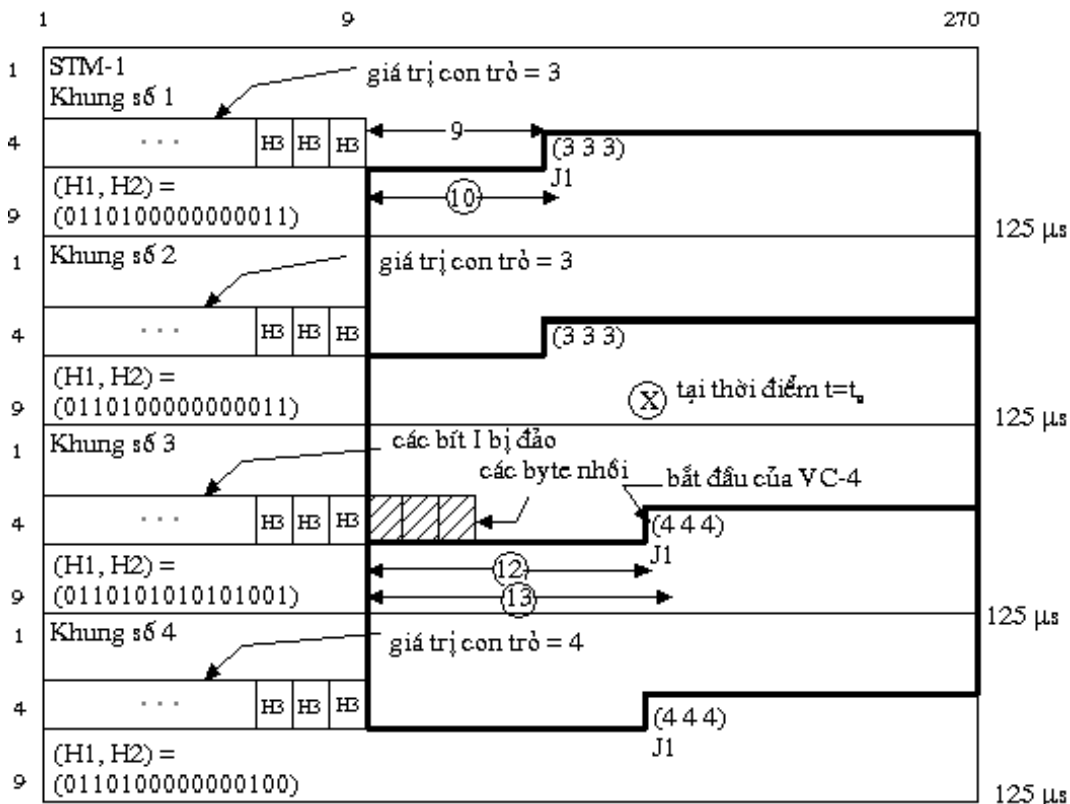
Khái niệm và ứng dụng của đồng chỉnh tần số dương sẽ được thảo luận nhờ sử dụng Hình 3.5. Nếu giá trị độ lệch con trỏ bằng 0, mào đầu đường VC-4 hay chính xác hơn là byte J1 sẽ nằm tại byte sau byte H3 cuối cùng; nếu giá trị độ lệch con trỏ là 1, byte J1 sẽ nằm tại byte thứ 4 kể từ byte H3 cuối cùng [ở đây $4 \equiv 3 \times 1 + 1$]; nếu giá trị độ lệch con trỏ là 2, byte J1 sẽ nằm tại byte thứ 7 kể từ byte H3 cuối cùng [ở đây $7 \equiv 3 \times 2 + 1$] vv... Quy luật này có thể được tổng quát hóa như sau. Vị trí của byte J1 ở byte thứ N sau byte H3 cuối cùng, trong đó N được cho như sau:

$$N = 3 \times (\text{giá trị độ lệch con trỏ}) + 1 \quad (3.1)$$

ở đây 3 được sử dụng là do có các vùng 3-byte được chỉ định cho mỗi giá trị độ lệch.

Trong Hình 3.5 ta giả thiết con trỏ (H1, H2) là (0110100000000011) trong khung STM-1 số 1. ở đây giá trị độ lệch con trỏ là 3, tải tin VC-4 sẽ bắt đầu tại byte thứ 10 sau byte H3 cuối cùng [ở đây $N = 10 \equiv 3 \times 3 + 1$] theo (3.1). Trong Hình 3.5 ba byte liên tiếp với ký hiệu (3 3 3) chỉ ra các vị trí 3-byte mà byte đầu tiên của nó được sử dụng để đặt byte J1 khi giá trị độ lệch con trỏ là 3. Vị trí này là điểm bắt đầu của tải tin VC-4 của khung STM-1 thứ nhất. Khi luồng nhánh có tốc độ thấp hơn tốc độ biểu kiến của nó thì đồng chỉnh tần số dương phải được áp dụng. Trong điều kiện hoạt động bình thường (khi đồng chỉnh tần số âm và dương không được yêu cầu) khung tải tin VC-4 có $9 \times 261 = 2349$ byte chiếm vùng được chỉ ra bởi vùng nét đậm trên Hình 3.5. Giả thiết rằng khung tải tin đầu tiên đang được truyền và khung tải tin thứ hai đang được hình thành. Đôi khi trong khoảng thời gian này hệ thống phát hiện tín hiệu đến có tốc độ thấp hơn tốc độ biểu kiến của nó. Điều này được chỉ ra bởi dấu "X", tại $t=t_s$ của khung tải tin thứ 2 của Hình 3.5. Các hoạt động diễn ra tại đầu phát và đầu thu sẽ được trình bày như sau:

Tại đầu phát, 5 bit I của (H1, H2) của khung STM-1 thứ 3 (là con trỏ gần nhất sau khi một luồng dữ liệu tốc độ thấp hơn đã bị phát hiện) phải bị đảo từ (00001) sang (11110) (như được chỉ ra trên Hình 3.5 hay Hình 3.6). Do luồng dữ liệu vào có tốc độ thấp hơn tốc độ biểu kiến của nó, các byte nhồi phải được chèn vào luồng bit ra để điều chỉnh tần số tín hiệu (hay tốc độ) để cho tín hiệu SDH STM-1 có thể duy trì tốc độ biểu kiến của nó là 155,52 Mbit/s. Nếu "nhồi" không được áp dụng để duy trì tốc độ STM-1 thì bộ nhớ đệm sẽ bị rỗng dưới mức ngưỡng của nó. Và hệ quả là hệ thống sẽ không hoạt động chính xác. Sau khi truyền đi byte H3 cuối cùng, ba byte nhồi sẽ được truyền đi. Thông thường một hệ thống số sẽ gửi một tín hiệu chỉ thị nhồi cùng với dữ liệu (các byte nhồi) để cho đầu thu biết vị trí chính xác của các byte nhồi. Đối với các tiêu chuẩn SDH, các byte nhồi luôn được đặt ngay sau byte H3 cuối cùng nhờ đó không chỉ thị bổ sung nào về các vị trí byte nhồi là cần thiết. Bây giờ, khung tải tin thứ 2 (vùng nét đậm thứ 2) chứa 2352 ($\equiv 2349 + 3$; 2349 là dung lượng tải tin VC-4 biểu kiến) byte, thay vì 2349 byte. Byte tải tin cuối cùng bị đẩy 3 byte về bên phải, và kết thúc tại byte thứ 12 tính từ byte H3 cuối cùng. Vì vậy, byte J1 của khung tải tin tiếp theo nằm ở byte thứ 13 ($\equiv 10 + 3$; ở đây 10 chỉ vị trí của byte J1 của khung trước) kể từ byte H3 cuối cùng. Tức là giá trị độ lệch con trỏ mới đã được tăng lên 1 từ 3 để có giá trị mới là 4. (H1, H2) bây giờ trở thành (0110100000000100). Không



Hình 3.5: Điều chỉnh tần số dương (con trở AU-4)

có bất cứ sự điều chỉnh tần số nào kể cả âm hoặc dương được phép trong vòng ba khung tiếp theo (tức là khung số 4, 5 và 6, như chỉ ra trên Hình 3.6).

Hình 3.6 có thể được sử dụng để tổng kết các chức năng vừa mô tả trên Hình 3.5. Trong ví dụ này giá trị con trở được giả thiết là 3 tại khung số 1. Trong khi truyền luồng bit của khung số 2 (sau khi các byte con trở của khung số 2 được truyền đi) hệ thống phát hiện một luồng dữ liệu đến có tốc độ thấp. Các byte con trở sẵn sàng tiếp theo là các byte của khung số 3. Tất cả 5 bit I trong từ mã (H1, H2) của khung số 3 phải bị đảo. Ba byte nhồi được đặt ngay sau byte H3 cuối cùng. Byte cuối cùng của VC-4 sẽ bị đẩy về bên phải một vị trí 3-byte do VC-4 này chứa ba byte nhồi (bổ sung). Byte J1 của VC-4 kế tiếp sẽ bắt đầu tại vị trí thứ 4. Ta cần phải chú ý rằng mặc dù byte J1 nằm ở vị trí (4 4 4) như chỉ ra trên hình này, giá trị con trở của khung số 5 là vô nghĩa. Đầu thu không cần giá trị con trở này để thực hiện bất cứ chức năng nào liên quan tới con trở. Nói cách khác, ở khung số 3, từ mã (H1, H2) chỉ được sử dụng để phát hiện sự đảo của trường bit I. Giá trị con trở của nó không có nghĩa lý gì cả. Đối với 3 khung tiếp theo (4, 5 và 6), giá trị con trở phải được giữ nguyên là 4 như trong ví dụ này.

Tại đầu thu, máy thu giải mã giá trị độ lệch con trở và nó đạt được giá trị là 3 trong khi nhận khung STM-1 thứ nhất. Từ mã con trở này có 5 bit I với giá trị "00001". Khi đó nó xác định khung tải tin VC-4 bắt đầu tại byte thứ 10 kể từ byte H3 cuối cùng. Tại khung STM-1 thứ 3, máy thu phát hiện các bit I đã bị đảo từ (00001) sang (11110). Nó sẽ bỏ đi ba byte sau byte H3 cuối cùng do chúng là các byte nhồi được thêm vào luồng dữ liệu trong quá trình điều chỉnh tần số. Máy thu cũng sẽ xác định lại khung tải tin VC-4 mới với byte J1 nằm ở byte thứ 13 kể từ byte H3 cuối cùng [được chỉ ra bởi vùng nét đậm thứ 3 của Hình 3.5.]

Tại khung số	Nội dung của (H1, H2)	Giá trị độ lệch con trỏ Điểm bắt đầu của VC (tức là byte J1)
1	0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1	3
2	0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1	3
	↓ ↓ ↓ ↓ ↓	
	Hệ thống phát hiện ra một luồng số liệu tốc độ thấp	
	↓ ↓ ↓ ↓ ↓	
3	0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 1	4
	Các bit I bị đảo: điều chỉnh tần số dương	
	Tại sao 4 lại là giá trị độ lệch con trỏ?	
4	0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0	4
5	0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0	4
6	0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0	4

Không có thay đổi nào được phép trong vòng tối thiểu 3 khung !

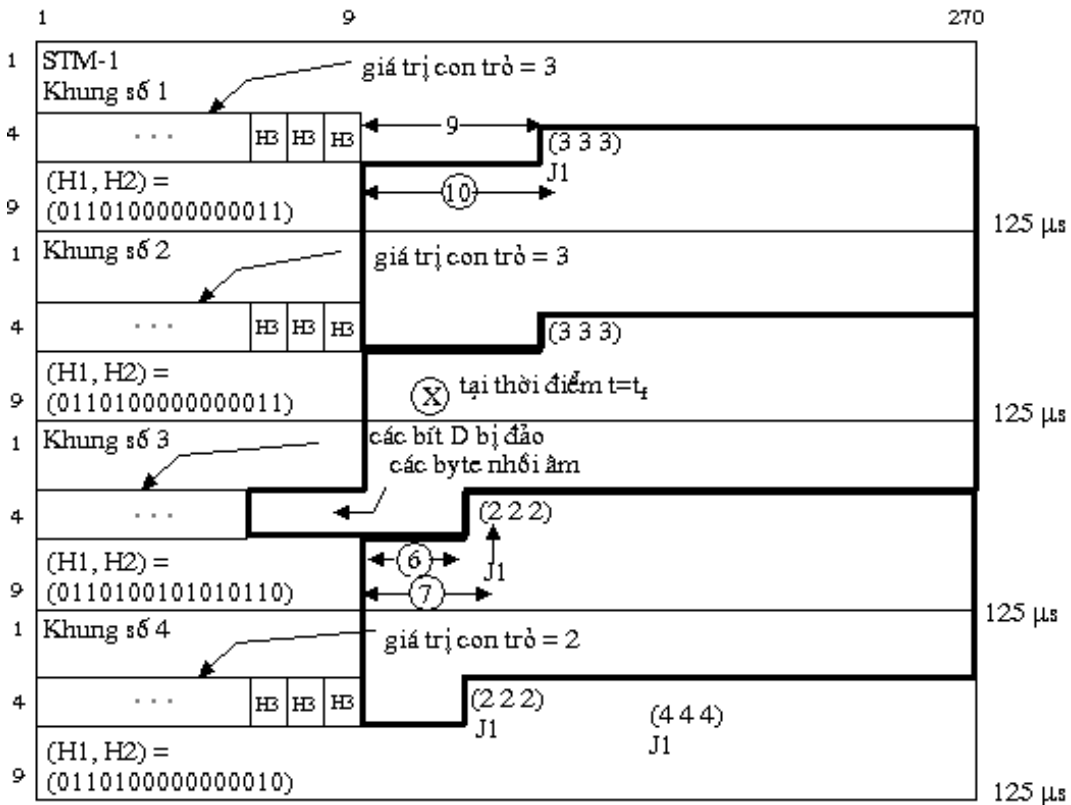
Hình 3.6: Điều chỉnh tần số dương (con trỏ AU-4)

Từ ví dụ này có thể thấy rằng độ lệch con trỏ đã tăng từ giá trị 3 tại khung STM-1 số 1 lên giá trị 4 tại khung STM-1 số 3. Do đó, các bit lẻ của trường độ lệch con trỏ của từ con trỏ (H1, H2) được gọi là các bit tăng, hay bit I (xem Hình 3.3).

Điều chỉnh tần số âm

Kế tiếp, khái niệm và ứng dụng của điều chỉnh tần số âm sẽ được thảo luận bằng việc tham khảo tới Hình 3.7. Tại khung STM-1 số 1, nếu (H1, H2)=(0110100000000011), tức là giá trị độ lệch con trỏ là 3 thì tải tin VC-4 sẽ bắt đầu tại byte thứ 10 kể từ byte H3 cuối cùng [ở đây $N = 10 \equiv 3 \times 3 + 1$ từ (3.1)]. Lưu ý rằng giá trị con trỏ này tạo ra chuỗi 5 bit D có giá trị (00001). Khung tải tin VC-4 9×261 (hay 2349) byte được chỉ ra bởi vùng đậm nét của Hình 3.7. Bây giờ, nếu ta giả thiết rằng khung tải tin đầu tiên đang được truyền đi và khung tải tin thứ hai đang được hình thành và hệ thống phát hiện ra luồng tín hiệu đến có tốc độ nhanh hơn tốc độ biểu kiến của nó. Điểm phát hiện được chỉ ra bởi dấu "X" tại thời điểm $t=t_f$ (f viết tắt của faster) của khung tải tin của Hình 3.7. Các hoạt động diễn ra tại đầu phát và đầu thu sẽ được mô tả như sau:

Tại đầu phát, các bit D của (H1, H2) của khung STM1-1 thứ 3 phải bị đảo từ (00001) sang (11110) như chỉ ra trên Hình 3.7 hay Hình 3.8. Do luồng dữ liệu vào nhanh hơn tốc độ biểu kiến, bộ nhớ đệm của hệ thống sẽ bị tràn nên máy phát phải tìm cách nào đó tránh được tình trạng tràn cho bộ nhớ đệm để truyền lượng thông tin này. Bất cứ thời điểm nào khi bộ nhớ đệm bị tràn thì hệ thống sẽ dẫn tới mất mát một số bit thông tin và chất lượng truyền dẫn bị giảm. Trong các tiêu chuẩn SDH, để thuận lợi người ta quyết định sử dụng vị trí 3 byte H3 để giải quyết yêu cầu điều chỉnh tần số âm. Khoảng thời gian được cấp phát cho việc truyền 3 byte H3 sẽ không được sử dụng để truyền các byte H3 (được chỉ ra bởi các byte nhồi âm trong VC-4 thứ 2 trên Hình 3.7). Thay vì điều đó, khoảng thời gian ba byte này được sử dụng để truyền tải tin. Điều này sẽ cho phép bộ nhớ đệm nằm dưới mức ngưỡng tràn của nó và được chỉ ra bởi vùng



Hình 3.7: Điều chỉnh tần số âm (con trở AU-4)

nét đậm thứ 2 của Hình 3.7. Nói cách khác khung tải tin thứ 2 (vùng tô đậm thứ 2) chứa 2349 byte như mọi tải tin VC-4 khác. Tuy nhiên có 3 byte chiếm vị trí của vùng ba byte H3. Byte tải tin cuối cùng sẽ bị đẩy đi ba byte về bên trái và kết thúc tại byte thứ 6 kể từ byte H3 cuối cùng. Tức là giá trị độ lệch con trở mới đã bị giảm đi 1 giá trị từ 3 sang giá trị mới là 2. Và (H1, H2) trở thành (0110100000000010). Không có sự điều chỉnh tần số nào (hoặc âm hoặc dương) được phép trong vòng 3 khung kế tiếp (khung số 4, 5 và 6 trong Hình 3.8). Hình 3.8 có thể được dùng để tổng kết các chức năng vừa được mô tả trên Hình 3.7. Cần lưu ý rằng mặc dù byte J1 nằm ở vị trí (2 2 2) như trên hình này nhưng giá trị con trở của khung này, tức là khung STM-1 số 3 là vô nghĩa. Nói khác đi, tại khung STM-1 số 3, từ con trở (H1, H2) với giá trị (0110100101010110) không mang lại giá trị con trở là 2 mà là 342. Con số 342 không đại diện cho giá trị độ lệch con trở. Vì vậy, giá trị con trở là vô nghĩa.

Tại đầu thu, máy thu giải mã giá trị độ lệch con trở và nó đạt được giá trị 3 trong khi nhận khung STM-1 số 1. Sau đó nó xác định rằng khung tải tin VC-4 bắt đầu tại byte thứ 10 kể từ byte H3 cuối cùng. Tại khung STM-1 thứ 3, máy thu phát hiện rằng 5 bit D đã bị đảo từ (00001) sang (11110). Máy thu phải đặt 3 byte từ khoảng thời gian thường được mang ba byte H3 vào luồng bit tải tin như một phần của luồng dữ liệu.

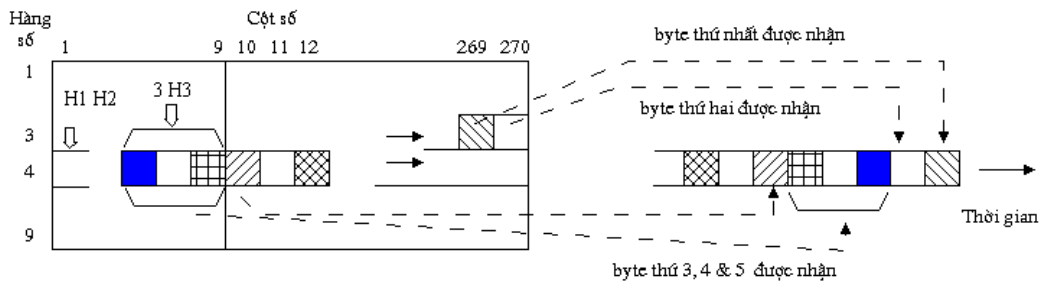
Sau khi ba byte chiếm vị trí ba byte H3 đã được sát nhập vào VC-4 thứ 2 (xem Hình 3.7), điểm bắt đầu của VC-4 thứ 3 sẽ khác với VC-4 trước. Nói cách khác, máy thu cũng sẽ xác định lại một khung tải tin VC-4 mới với byte J1 nằm ở byte thứ 7 sau byte H3 cuối cùng [được chỉ ra bởi vùng tô đậm thứ 3 của Hình 3.7]. Chú ý rằng $7 \equiv 2 \times 3 + 1$; ở đây $2 \equiv$ giá trị độ lệch con trở và $3 \equiv$ vị trí 3-byte luôn được yêu cầu cho mỗi giá trị con trở.

Tại khung số	Nội dung của (H1, H2)	Giá trị độ lệch con trỏ Điểm bắt đầu của VC (tức là byte J1)
1	0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1	3
2	0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1	3
	↓ ↓ ↓ ↓ ↓ Hệ thống phát hiện ra một luồng số liệu tốc độ nhanh	
3	0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0	2
	↓ ↓ ↓ ↓ ↓ Các bit D bị đảo: điều chỉnh tần số âm	
	Tại sao 2 lại là giá trị độ lệch con trỏ?	
4	0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0	2
5	0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0	2
6	0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0	2

Không có thay đổi nào được phép trong vòng tối thiểu 3 khung !

Hình 3.8: Điều chỉnh tần số âm (con trỏ AU-4)

Từ ví dụ này (Hình 3.7 và Hình 3.8), ta có thể thấy rằng giá trị độ lệch con trỏ đã giảm từ giá trị 3 của khung STM-1 số 1 sang giá trị 2 của khung STM-1 số 3. Vì vậy, các bit chẵn của trường độ lệch con trỏ của từ con trỏ (H1, H2) được gọi là các bit giảm, hay các bit D (xem Hình 3.3). Để kết thúc thảo luận điều chỉnh tần số âm, việc đặt ba byte chiếm vị trí 3 byte H3 sẽ được



Hình 3.9: Trình tự luồng dữ liệu được nhận

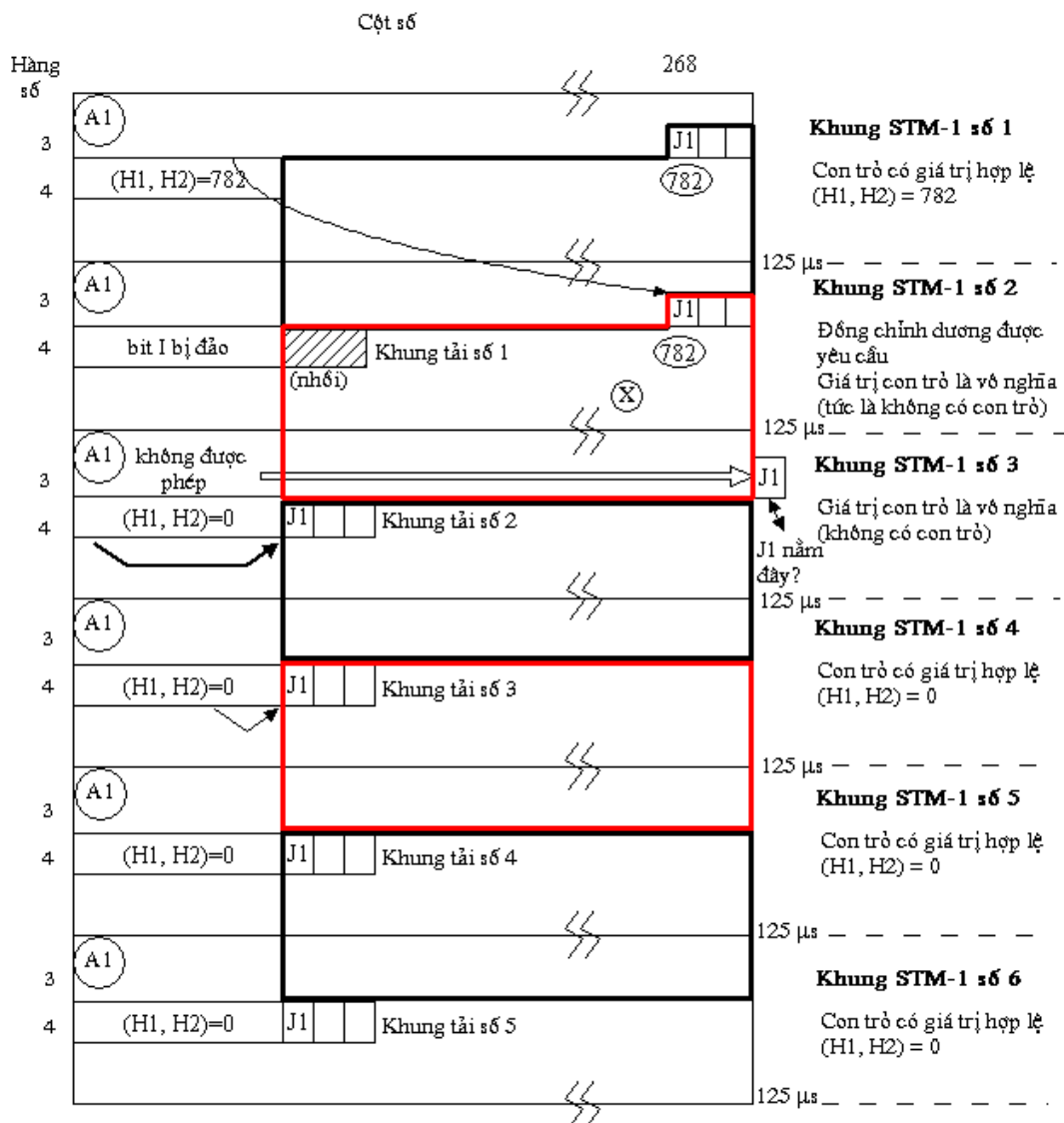
xem xét với việc tham khảo Hình 3.9. Ghi nhớ rằng các vị trí 3-byte H3 được sử dụng để truyền luồng bit dữ liệu (thông tin) khi điều chỉnh tần số âm được yêu cầu bởi hệ thống nhằm loại bỏ sự cần thiết của việc truyền báo hiệu (hay chỉ thị) điều khiển tới máy thu. Giả sử byte nằm ở hàng số 3 cột 269 là bit thứ nhất của luồng bit được nhận. Byte ở cột 270 của cùng hàng là byte thứ 2 được nhận. Ba byte chiếm các vị trí 3 H3 là các byte thứ 3, 4 và 5 được nhận. Chúng được kế tiếp bởi byte từ hàng số 3 cột 10. Trình tự nhận chỉ ra trên Hình 3.9 giống như trình tự phát ở máy phát. 3.8).

Các trường hợp đặc biệt: overflow và underflow

Hai trường hợp đặc biệt của giá trị độ lệch con trỏ là trên mức và dưới mức (overflow and underflow) giá trị độ lệch sẽ được thảo luận ở đây.

A. Vượt mức (tràn) giá trị con trở: nếu độ lệch con trở là 782 trong khung số N và yêu cầu điều chỉnh tần số dương được phát hiện thì 5 bit I của khung số (N+1) bị đảo. Giá trị con trở của khung tiếp theo phải được tăng lên 1. Câu hỏi đặt ra ở đây là "giá trị độ lệch con trở cho khung số (N+2) là bao nhiêu?"

B. Dưới mức giá trị con trở: Nếu độ lệch con trở là 1 ở khung thứ N và yêu cầu điều chỉnh tần số âm được phát hiện thì 5 bit D của khung số (N+1) bị đảo. Giá trị con trở khung tiếp theo phải bị giảm đi 1. Câu hỏi đặt ra là "giá trị độ lệch con trở cho khung (N+2) là bao nhiêu?"



Hình 3.10: Các trường hợp đặc biệt của Điều chỉnh Tần số Dương

Trước hết, xem Hình 3.10, giá trị con trở vượt mức sẽ được thảo luận. Dấu "125 μs" chỉ biên giới giữa hai khung STM-1 liên kế được dẫn đầu bởi một byte đồng bộ khung A1. Bây giờ, tại khung STM-1 đầu tiên, giá trị con trở được giả thiết là 782. Khung tải tin VC-4 số 1 (cấu trúc 9 × 261 dẫn đầu bởi byte mào đầu đường VC-4 - J1) sẽ bắt đầu tại hàng số 3 cột 268 của khung STM-1 số 1. Trong khoảng thời gian khung tải tin số 1 đang được truyền, khung tải tin thứ 2

được hình thành. Hình 3.10 hơi khác tất cả các hình trước đây mô tả các khung STM-1, chẳng hạn Hình 3.5 hay Hình 3.7. Trong hình này, khung tải tin VC-4 số 2 có dấu "X" đang được hình thành trước khi các byte mào đầu truyền tải của khung STM-1 thứ 2 được truyền đi. Nói cách khác, khung tải tin VC-4 bị giữ có dấu "X" chưa sẵn sàng để truyền đi khi từ mã con trỏ STM-1 thứ 2 (H1, H2) sẵn sàng được cập nhật (hay bị thay đổi) và được truyền đi. Nếu hệ thống phát hiện rằng tín hiệu tới có tốc độ thấp hơn tốc độ biểu kiến của nó, chỉ thị điều chỉnh tần số dương phải được phát ra. Năm (5) bit I của từ mã con trỏ (H1, H2) sẽ bị đảo tại khung STM-1 số 2. Ba byte phải được nhồi ngay sau byte H3 cuối cùng để điều chỉnh tần số (hay tốc độ) của tín hiệu đầu ra tới giá trị thích hợp của nó. Kết quả là byte cuối cùng của khung tải tin VC-4 số 1 sẽ bị đẩy về bên phải 3 byte khỏi vị trí trước đó của nó. Nó sẽ kết thúc tại hàng thứ 3 cột 270 của khung STM-1 số 3, thay vì kết thúc tại hàng số 3 cột 268. [Lưu ý rằng con trỏ (H1, H2) nằm ở hàng thứ 4 của mỗi khung STM-1].

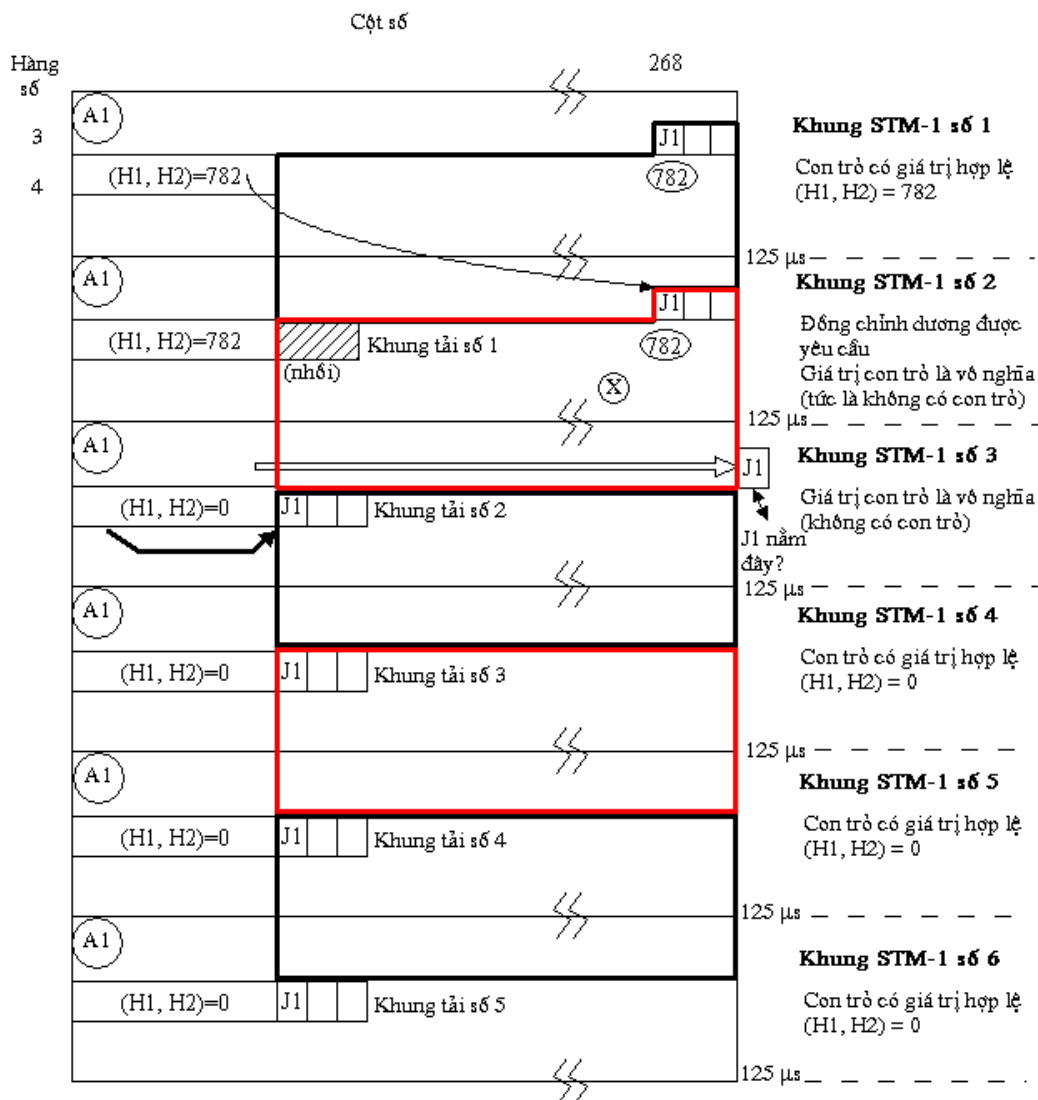
Đối với khung tải tin tiếp theo (khung số 2) byte tải tin đầu tiên J1 phải di chuyển 3 byte về bên phải từ vị trí trước đó của nó (hàng thứ 3 cột 268). Tức là byte J1 (nếu có thể) sẽ nằm tại hàng thứ 3 cột 271 của khung STM-1 theo phương trình (3.1). Tuy nhiên vị trí này **không tồn tại**. Điều này chỉ ra rằng byte J1 phải được dời tới vị trí byte tiếp theo của khung STM-1. Vị trí này sẽ nằm ở hàng số 4 cột thứ nhất của khung STM-1 nhưng vị trí này không phải là vị trí byte tải tin. Do J1 là một phần của tải tin, nó không thể nằm trong vùng mào đầu đoạn (đoạn ghép hay đoạn tái tạo). Byte J1 phải được dời tới vùng tải tin là cột thứ 10 hay cao hơn của một khung STM-1. Nói cách khác, byte J1 phải được đặt tại vùng tải tin sẵn có gần nhất (byte đầu tiên nằm ngay bên phải của byte H3 cuối cùng). Vị trí này có độ lệch con trỏ = 0. Do phạm vi độ lệch con trỏ bình thường của (H1, H2) là (0 ~ 782) nên mối quan hệ sau là đúng

$$782 + 1 \rightarrow 0$$

Tức là giá trị độ lệch con trỏ cho khung STM-1 số 3 đã tăng từ 782 về 0 (xem Hình 3.12). Theo các tiêu chuẩn SDH hoạt động này được thực hiện bởi hệ thống một cách tự động. Vì vậy ta hiểu rằng khung STM-1 số 3 *không* đòi hỏi một con trỏ mặc dù con trỏ thực chất có giá trị 0. Đó là vì sao người ta thường nói rằng có *hai* khung STM-1 không có con trỏ nếu giá trị độ lệch con trỏ trải qua tình trạng vượt mức. Trong ví dụ này (xem Hình 3.10) khung STM-1 số 2 và số 3 không có các giá trị con trỏ có nghĩa. Vì vậy máy thu có thể lờ đi giá trị con trỏ của khung STM-1 số 2 và 3.

Tối thiểu trong vòng 3 khung tiếp theo, giá trị con trỏ sẽ giữ nguyên (giá trị 0) và byte J1 sẽ nằm ở hàng thứ 4 cột 10 của mỗi khung STM-1. Điều này được chỉ ra trên Hình 3.10 với một giá trị con trỏ hợp lệ đối với khung STM-1 số 4, 5 và 6.

Tiếp đến, trường hợp dưới mức giá trị độ lệch con trỏ sẽ được thảo luận bằng việc tham chiếu đến Hình 3.11. Giả thiết giá trị con trỏ là 0 tại khung STM-1 thứ nhất. Khung tải tin VC-4 số 1 (được dẫn đầu bởi byte mào đầu đường VC-4 J1) sẽ bắt đầu tại hàng thứ 4 cột 10 của khung STM-1 số 1. Trong thời gian khung tải tin số 1 được truyền đi, khung tải tin thứ hai được hình thành. Nếu hệ thống phát hiện thấy tín hiệu vào có tốc độ nhanh hơn tốc độ biểu kiến, chỉ thị điều chỉnh tần số âm phải được phát ra. Năm (5) bit D của con trỏ (H1, H2) sẽ bị đảo tại khung STM-1 số 2. Các vị trí 3-byte thường được dành để truyền ba byte H3 phải được sử dụng để truyền ba byte dữ liệu (thông tin) hợp lệ. Kết quả là byte cuối cùng của khung tải tin số 2 sẽ bị đẩy về bên trái 3 byte tính từ vị trí trước đó của nó. Khung tải tin này sẽ kết thúc tại hàng thứ 3 cột 268 của khung STM-1 số 3 thay vì kết thúc tại hàng thứ 3 cột 270. Do J1 là một phần của

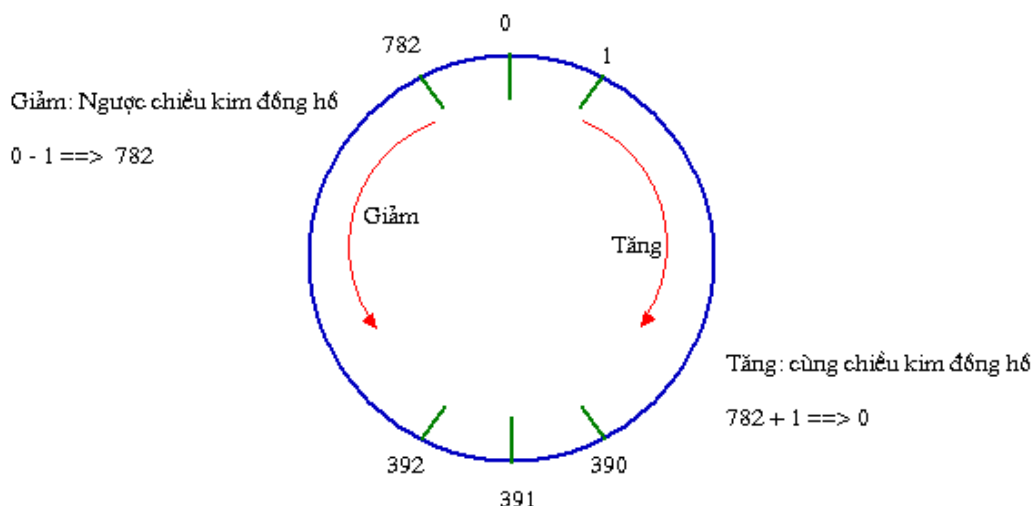


Hình 3.11: Các trường hợp đặc biệt của Điều chỉnh Tần số Âm

tải tin nên sự di chuyển tải tin ở trên phải đặt J1 vào vùng tải tin chứ không vào vùng dành cho mào đầu đoạn (đoạn lợp hay đoạn ghép). Do đó, byte J1 phải được đặt tại vị trí tải tin sẵn có gần nhất, đó là vị trí byte cuối cùng trước byte con trỏ đầu tiên H1. Vị trí này có giá trị độ lệch con trỏ là 782. Nói cách khác, do phạm vi độ lệch con trỏ bình thường là (0~782) nên ta có thể nhận thấy rằng mối quan hệ sau là đúng.

$$0 - 1 \rightarrow 782$$

Nghĩa là giá trị độ lệch con trỏ cho khung STM-1 số 3 đã giảm từ 0 đến 782 (xem Hình 3.12). Quá trình này được thực hiện một cách tự động như trong trường hợp vượt mức (overflow). Do đó ta có thể nói khung STM-1 số 3 không yêu cầu con trỏ mặc dù thực chất con trỏ có giá trị 782. Ta có thể phát biểu rằng có hai khung STM-1 không có con trỏ nếu giá trị độ lệch con trỏ trải qua tình trạng dưới mức (underflow). Vì vậy máy thu có thể lờ đi giá trị con trỏ của khung STM-1 số 2 và số 3. Đối với ít nhất 3 khung tiếp theo, giá trị con trỏ phải được giữ nguyên



Hình 3.12: Tăng và giảm các giá trị con trỏ

(=782), và byte J1 sẽ nằm ở hàng thứ 3 cột 268 của mỗi khung STM-1. Điều này được chỉ ra trên Hình 3.12 với giá trị con trỏ hợp lệ cho các khung STM-1 số 4, 5 và 6.

Các trường hợp đặc biệt của vượt mức và dưới mức con trỏ có thể được tổng kết như sau:

- A. Khi điều chỉnh tần số dương được yêu cầu, giá trị độ lệch con trỏ sẽ tăng lên 1 từ giá trị trước của nó. Điều này được chỉ ra theo chiều kim đồng hồ, ví dụ $(0 + 1) \Rightarrow 1$, $(1 + 1) \Rightarrow 2$, ... và $(782 + 1) \Rightarrow 0$.
- B. Mặt khác, khi điều chỉnh tần số âm được yêu cầu giá trị độ lệch con trỏ sẽ giảm đi 1 từ giá trị trước của nó. Điều này được chỉ ra theo chiều ngược kim đồng hồ, ví dụ $(1 - 1) \Rightarrow 0$, $(2 - 1) \Rightarrow 1$, ... và $(0 - 1) \Rightarrow 782$.

Tạo và phiên dịch con trỏ (H1, H2)

Con trỏ AU-4 cung cấp một biện pháp cho phép đồng chỉnh động và linh hoạt VC-4 trong khung STM-1. Việc tạo con trỏ (H1, H2) này tại máy phát và phiên dịch con trỏ này tại máy thu phải tuân theo một số luật nhất định. Các điểm sau tổng kết các luật tạo con trỏ AU-4 tại máy phát.

- A. **(Luật 1)** Trong hoạt động bình thường, con trỏ chỉ ra vị trí chính xác của VC-4 trong AU hay khung STM-1. Chính xác hơn, con trỏ xác định vị trí của byte mào đầu đường VC-4 đầu tiên (tức là J1). Cờ dữ liệu mới NDF hay trường N-bit phải được đặt giá trị "0110" trong điều kiện làm việc bình thường.
- B. **(Luật 2)** Giá trị con trỏ chỉ có thể được thay đổi theo luật 3, 4 hoặc 5.
- C. **(Luật 3)** Nếu điều chỉnh tần số dương được yêu cầu, giá trị con trỏ hiện tại được gửi đi với tất cả 5 bit I đảo. Cơ hội điều chỉnh dương sau đó (tức là khoảng thời gian 3 byte sau byte H3 cuối cùng) được lấp đầy bằng thông tin giả. Giá trị con trỏ của khung sau đó phải được tăng lên 1. Không có bất kỳ hoạt động tăng hay giảm của Luật 3 hay Luật 4 được phép trong vòng tối thiểu 3 khung sau hoạt động này.

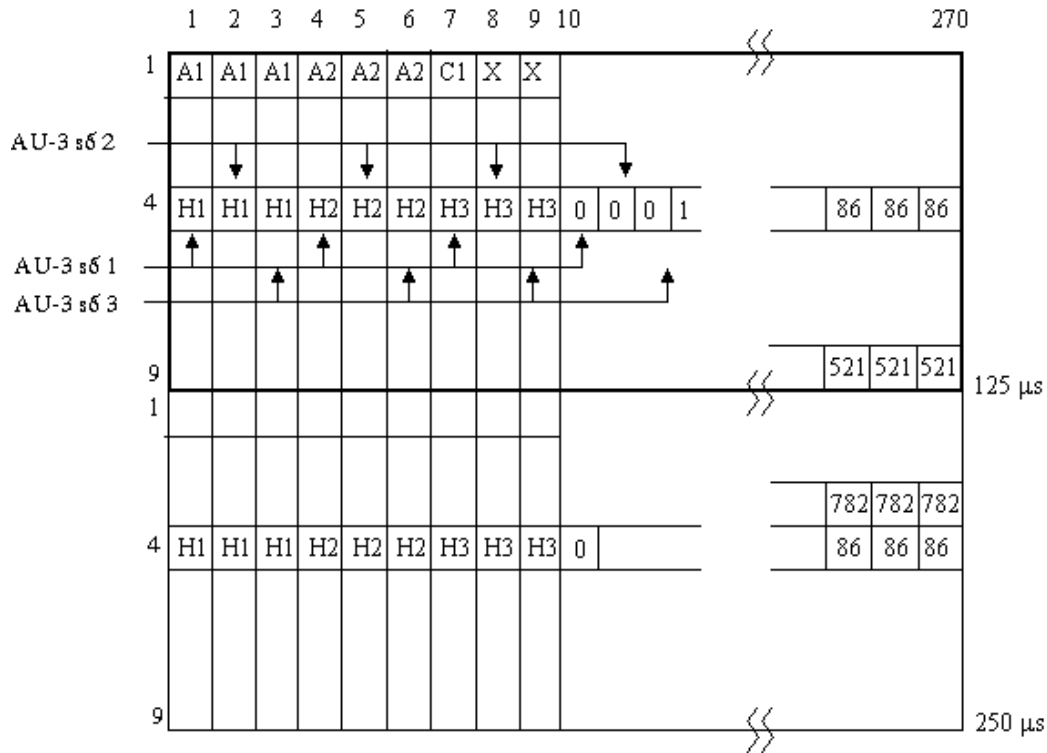
- C. (Luật 4)** Nếu điều chỉnh tần số âm được yêu cầu, giá trị con trở hiện tại được gửi đi với tất cả 5 bit D đảo. Cơ hội điều chỉnh âm sau đó (tức là vị trí 3 byte H3) vị ghi đè bởi dữ liệu thực. Giá trị con trở của khung tiếp theo phải bị giảm đi 1. Không hoạt động tăng hay giảm sau đó (Luật 3 hay Luật 4) được phép trong vòng tối thiểu 3 khung sau hoạt động này.
- E. (Luật 5)** Nếu đồng chỉnh VC thay đổi vì một lý do nào đó khác các Luật 1 hoặc 2, giá trị con trở mới sẽ được gửi kèm bởi NDF có giá trị 1001. NDF chỉ xuất hiện trong khung đầu tiên chứa giá trị mới này. Vị trí mới của VC bắt đầu từ sự xuất hiện đầu tiên của độ lệch được chỉ ra bởi con trở mới. Không hoạt động tăng hay giảm được phép trong vòng 3 khung sau hoạt động này.

Những Luật được áp dụng tại máy phát để tạo con trở sẽ hợp lệ tại đầu thu cho việc phiên dịch con trở. Các điểm sau tổng kết các luật phiên dịch con trở AU-4 tại máy thu:

- A. (Luật 1)** Trong khi hoạt động bình thường, con trở chỉ ra vị trí chính xác của VC-4 trong AU hay khung STM-1. Chính xác hơn con trở xác định vị trí của byte mào đầu VC-4 đầu tiên (J1). Cờ dữ liệu mới NDF hay trường bit N phải được nhận là "0110" trong chu kỳ làm việc bình thường. Chi tiết hơn về NDF này được mô tả trong (C), (D).
- B. (Luật 2)** Bất kỳ sự thay đổi nào từ giá trị con trở hiện tại bị lờ đi trừ khi giá trị mới nhất quán nào đó được nhận 3 lần liên tục, hoặc được thực hiện trước bởi Luật 3 hay 4. Bất kỳ giá trị mới nhất quán nào được nhận 3 lần liên tục có mức ưu tiên cao hơn Luật 3 hoặc 4.
- C. (Luật 3)** Nếu đa số các bit *I* của từ mã (H1, H2) bị đảo thì máy thu sẽ phiên dịch thành hoạt động điều chỉnh tần số dương. Nói cách khác, máy thu sẽ loại bỏ các bit được mang bởi cơ hội chèn dương này (tức là ba byte theo sau byte H3 cuối cùng). Lưu ý rằng Máy thu sẽ nhận tối thiểu ba con trở sau đó với giá trị được tăng lên 1 từ giá trị trước đó của nó.
- D. (Luật 4)** Nếu Nếu đại đa số 5 bit D của từ mã (H1, H2) bị đảo, máy thu sẽ phiên dịch thành hoạt động điều chỉnh tần số âm. Nói cách khác, máy thu sẽ đặt các bit được mang bởi cơ hội điều chỉnh tần số âm (tức là vị trí ba byte thường bị chiếm dụng bởi 3 byte H3) vào luồng dữ liệu thực tế (xem Hình 3.7). Lưu ý rằng máy thu sẽ nhận tối thiểu ba con trở tiếp theo với giá trị bị giảm đi 1 từ giá trị trước đó của nó.

3.3.2 (H1, H2) với tư cách một con trở AU-3

Các vị trí của các tập con trở AU-3 được chỉ ra trên Hình 3.2(B). Một STM-1 có thể mang ba tín hiệu AU-3, vì vậy 9 byte trong hàng thứ 4 của một khung STM-1 có thể được sử dụng để chứa ba tập con trở AU-3 như được chỉ ra trên Hình 3.13. Lưu ý rằng ba tập con trở này phải được ghép xen byte vào hàng thứ 4 của khung STM-1. Bất cứ một tập byte con trở AU-3 nào (H1, H2, H3) cũng thực hiện chức năng giống chức năng của con trở AU-4 được mô tả trong phần trên. Tổ chức của (H1, H2) cũng giống hết tổ chức (H1, H2) của con trở AU-4. Con trở AU-3 này có cùng phạm vi giá trị con trở (0 ~ 782) như trong ứng dụng AU-4 như có thể thấy trên Hình 3.4 và 3.13.



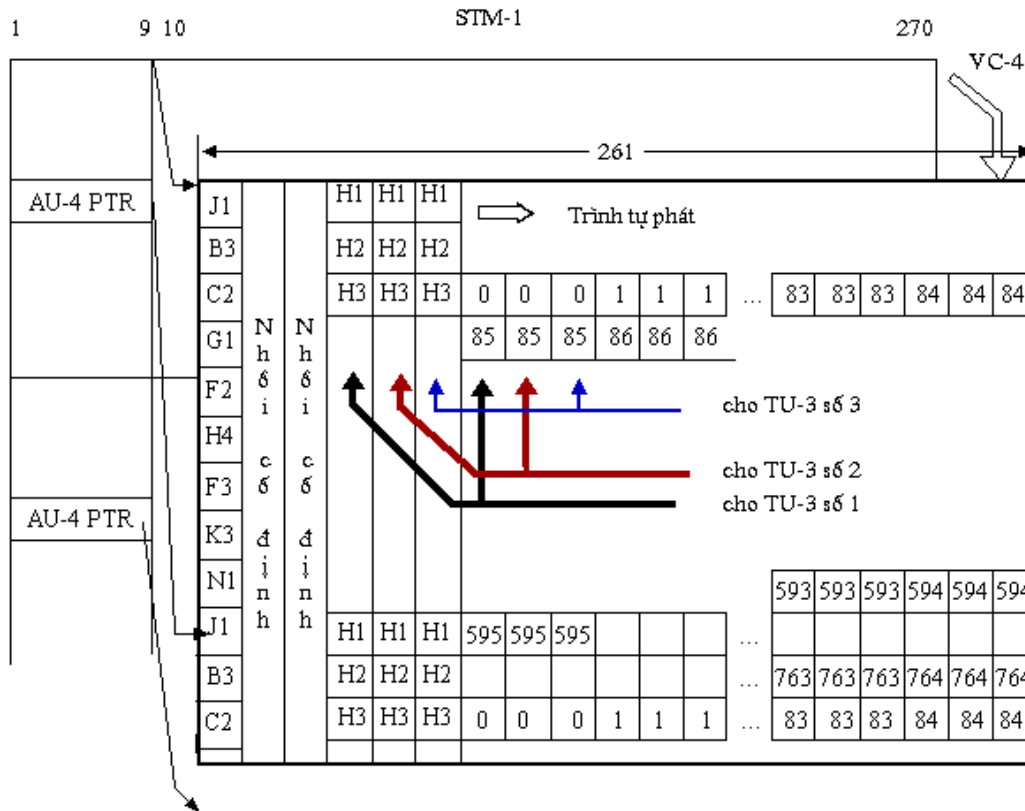
Hình 3.13: Phạm vi độ lệch con trỏ AU-3

Do con trỏ AU-3 thực hiện chức năng giống như con trỏ AU-4, duy nhất một chức năng sẽ được thảo luận ngắn gọn ở đây. Tập byte con trỏ (H1, H2, H3) chiếm cột số 1, 4 và 7 được chỉ định cho tín hiệu AU-3 thứ nhất. Nếu (H1, H2) có giá trị độ lệch con trỏ bằng 0 thì byte đầu tiên của các byte mào đầu đường VC-3 thứ nhất sẽ nằm ở hàng thứ 4 cột 10 của khung STM-1. Tương tự đối với tín hiệu AU-3 thứ 2, nếu (H1, H2) có giá trị độ lệch con trỏ bằng 0 thì byte đầu tiên của các byte mào đầu đường VC-3 thứ hai sẽ nằm ở hàng thứ 4 cột thứ 11 của khung STM-1. Đối với tín hiệu AU-3 thứ 3, nếu (H1, H2) có giá trị độ lệch con trỏ bằng 0 thì byte đầu tiên của các byte mào đầu đường VC-3 thứ 3 sẽ nằm ở hàng số 4 cột 12 của khung STM-1.

Lưu ý rằng ba tập byte con trỏ này cho ba tín hiệu AU-3 hoạt động độc lập. Chẳng hạn, (H1, H2) của tín hiệu AU-3 thứ nhất có thể có giá trị độ lệch con trỏ là 1, trong khi (H1, H2) của AU-3 thứ 2 có thể có giá trị độ lệch con trỏ bất kỳ trong khoảng (0 ~782). Và tín hiệu AU-3 thứ 3 có thể có giá trị con trỏ giống hoặc khác giá trị con trỏ của tín hiệu AU-3 thứ nhất và AU-3 thứ 2.

3.4 Con trỏ TU-3

Loại con trỏ SDH thứ 2 là con trỏ TU-3 được chỉ ra trên Hình 3.2(C) hay Hình (nó chỉ ra vị trí của các con trỏ TU-3 trong một khung VC-4. Một câu hỏi được đặt ra là: Nếu một tín hiệu STM-1 có thể mang hoặc 3 tín hiệu DS3 hoặc 3 tín hiệu E-3 thì chúng nên được xử lý theo cùng phương thức. Nhưng chúng được xử lý hoàn toàn khác nhau, vì sao? Nói cách khác tại sao ba tập con trỏ TU-3 không nằm ở cùng một nơi giống như ba tập con trỏ AU-3 ? Lý do mang tính chất lịch sử. Các tiêu chuẩn SDH ban đầu cho phép bốn thay vì ba tín hiệu E-3 được ghép/bổ trí



Hình 3.14: Phạm vi độ lệch con trỏ TU-3

vào một tín hiệu STM-1. Quyết định được đưa ra do một thực tế rằng tín hiệu STM-1 có tốc độ 155,52 Mbit/s > 4 × 34,368 Mbit/s (tốc độ của 1 E-3). Chín byte trong hàng thứ 4 nơi mà các con trỏ AU-3 nằm sẽ không đủ để được dùng cho bốn tập từ mã con trỏ 3-byte (H1, H2, H3) với tổng cộng là 12 byte. Do vậy, một vùng vị trí con trỏ thứ 2 đã được xác định như Hình 3.14) đã chỉ ra.

Ai đó có thể hỏi, đối với các chuẩn SDH hiện nay một tín hiệu STM-1 được dự định để mang ba (không phải 4) tín hiệu E-3 ta có thể sử dụng vị trí con trỏ được sử dụng bởi ba tín hiệu AU-3. Quyết định sử dụng vùng con trỏ thứ 2 thay cho vùng con trỏ thứ nhất là không quan trọng. Thực tế sau có thể được sử dụng để giải thích lý do. Đối với phân cấp số Bắc Mỹ, DS3 là tín hiệu tốc độ cao nhất. Mặt khác tín hiệu E-4 là tốc độ cao nhất của phân cấp số ITU-T. Trong khi đó, tín hiệu E3 là mức thứ 2 dưới tín hiệu E-4. Việc xử lý các con trỏ của tín hiệu E-4 và tín hiệu E-3 một cách khác biệt và các con trỏ của tín hiệu DS3 và tín hiệu E-4 theo cách giống nhau hoàn toàn mang tính tự nhiên. Quyết định này có thể thấy trên Hình 3.2. Hình (A) cho tín hiệu E-4 và hình (B) cho tín hiệu DS3. Cả hai chiếm cùng một vị trí. Hình (C) chỉ ra rằng con trỏ TU-3 hiển nhiên là một mức thấp hơn con trỏ AU-4.

Câu hỏi thứ 2 cũng thường được đặt ra: Tại sao ba tập từ mã con trỏ TU-3 được bố trí theo chiều dọc? (xem Hình 3.2 và Hình 3.14). Sở dĩ chúng được sắp xếp như vậy là vì ba tín hiệu TU-3 phải được ghép xen byte vào một vùng tải tin STM-1, tức là VC-4 của tín hiệu STM-1. Trình tự phát một tín hiệu STM-1 là từ trái qua phải và từ trên xuống dưới. Từ Hình 3.14) ta có thể thấy sau khi H1 đầu tiên (được ấn định cho tín hiệu TU-3 thứ nhất) được phát đi ta phải phát byte H1 cho tín hiệu TU-3 thứ 2. Sau đó là H1 cho tín hiệu TU-3 thứ 3 sẽ được phát đi. Ba byte

H1 được bố trí gần nhau. Tương tự, tất cả ba byte H2 và ba byte H3 tương ứng nối đuôi nhau được phát đi. Vì vậy, (H1, H2, H3) cho mỗi tín hiệu TU-3 phải được bố trí theo chiều dọc như chỉ ra trên hình vẽ.

Lưu ý rằng khung VC-4 không có quan hệ pha cố định với AUG hay khung STM-1. Sự khác pha của con trỏ TU-3 này so với khung AU được mang bởi con trỏ AU-4 (H1, H2). Nói cách khác, một con trỏ AU-4 xác định vị trí của khung VC-4 hay byte mào đầu đường VC-4 đầu tiên (tức là J1). Có hai cột dành cho tương lai nhưng hiện tại chúng được sử dụng để mang các byte nhồi cố định. Sau hai cột này, byte H1 của con trỏ TU-3 đầu tiên sẽ được đặt vào. Byte H1 của con trỏ TU-3 thứ 2 sẽ kế tiếp byte này và byte H1 của TU-3 thứ 3 hay TU-3 cuối cùng được đặt vào vị trí byte tiếp theo (xem Hình 3.14, mỗi con trỏ TU-3 gồm 3 byte (H1, H2, H3)).

Cũng giống như các ứng dụng của con trỏ AU-3 và AU-4, con trỏ TU-3 có từ mã con trỏ 2-byte (H1, H2). Đối với các ứng dụng AU-2, có ba byte được sử dụng cho hoạt động con trỏ nhưng đối với ứng dụng AU-3 hay TU-3 thì chỉ duy nhất một byte hoạt động con trỏ H3 là cần thiết. Chúng thực hiện cùng chức năng (H1, H2, H3) của con trỏ AU-n (n=3, 4). Mục đích của con trỏ TU-3 là nhằm cung cấp một biện pháp cho phép đồng chỉnh động (dynamic) và linh hoạt VC-3 trong khung TU-3 độc lập với nội dung thực của VC-3. Các vị trí của ba con trỏ TU-3 được yêu cầu cho việc đồng chỉnh ba VC-3 đã được trình bày trên Hình 3.14. Tổ chức từ mã con trỏ (H1, H2) cũng giống như tổ chức của con trỏ AU-4, xem Hình 3.3. Có một sự khác biệt giữa các con trỏ AU-3 và TU-3 đó là sự khác biệt về phạm vi độ lệch con trỏ bình thường. Đối với các con trỏ TU-3, giá trị độ lệch con trỏ có

Dải giá trị bình thường nằm trong khoảng (0 ~ 764)

như có thể thấy Hình 3.14. Vì vậy, một con trỏ TU-3 vẫn cần một trường 10 bit để mang giá trị độ lệch này. Giá trị độ lệch con trỏ TU-3 được bao hàm trong từ mã (H1, H2) chỉ định vị trí của byte nơi mà VC-3 bắt đầu như có thể thấy trên Hình 3.14.

Nếu có độ lệch giữa tốc độ khung TU-3 và tốc độ khung VC-3, giá trị con trỏ sẽ được tăng lên hay giảm xuống khi cần thiết kèm theo byte đồng chỉnh âm hoặc dương tương ứng. Các hoạt động con trỏ tiếp theo phải được tách biệt bởi tối thiểu ba khung với giá trị con trỏ không thay đổi. Yêu cầu này cũng giống hệt như đối với con trỏ AU-4.

Nếu tốc độ khung của VC-3 quá thấp so với tốc độ khung của khung AUG thì đồng chỉnh VC-3 phải làm chậm thời gian một cách có chu kỳ và con trỏ phải được tăng lên 1. Hoạt động này được chỉ ra qua việc đảo 5 bit *I* của từ mã con trỏ (H1, H2) nhằm cho phép bỏ phiếu tín nhiệm đa số 5-bit tại đầu thu. Byte đồng chỉnh dương chứa thông tin giả nằm ngay sau byte H3 trong khung TU-3 có chứa các bit *I* đảo. Các con trỏ TU-3 sau đó sẽ có một giá trị độ lệch mới.

Nếu tốc độ khung của VC-3 quá nhanh so với tốc độ của khung AUG thì đồng chỉnh VC-3 phải làm nhanh thời gian một cách có chu kỳ và con trỏ phải bị giảm đi 1. Hoạt động này được chỉ ra qua việc đảo 5 bit *D* của từ mã con trỏ (H1, H2) nhằm cho phép bỏ phiếu đa số tại đầu thu. Byte đồng chỉnh âm nằm trong byte H3 trong khung TU-3 có chứa các bit *D*. Nói cách khác, vị trí byte H3 bây giờ mang thông dữ liệu thực. Các con trỏ TU-3 sau đó sẽ có một giá trị độ lệch mới.

Cờ dữ liệu mới NDF cũng giống như trong con trỏ AU-4 cho phép một sự thay đổi bất kỳ về giá trị của con trỏ nếu sự thay đổi đó là do sự thay đổi về VC-3. Bốn bit *N* được cấp phát cho

cờ để cho phép sửa lỗi. Giải mã có thể được thực hiện bằng việc chấp nhận NDF không lỗi nếu tối thiểu ba bit trùng hợp (khi so sánh). Hoạt động bình thường cũng được chỉ ra bởi mã "0110" trong các bit N. Cờ dữ liệu mới được chỉ ra bởi việc đảo sang mã "1001". Đồng chỉnh mới được chỉ ra bởi giá trị con trở kèm theo NDF và có hiệu lực với độ lệch được chỉ ra.

Việc tạo và phiên dịch con trở TU-3 áp dụng các luật giống như được sử dụng để tạo và phiên dịch con trở AU-4.

3.5 Con trở TU-1/ TU-2

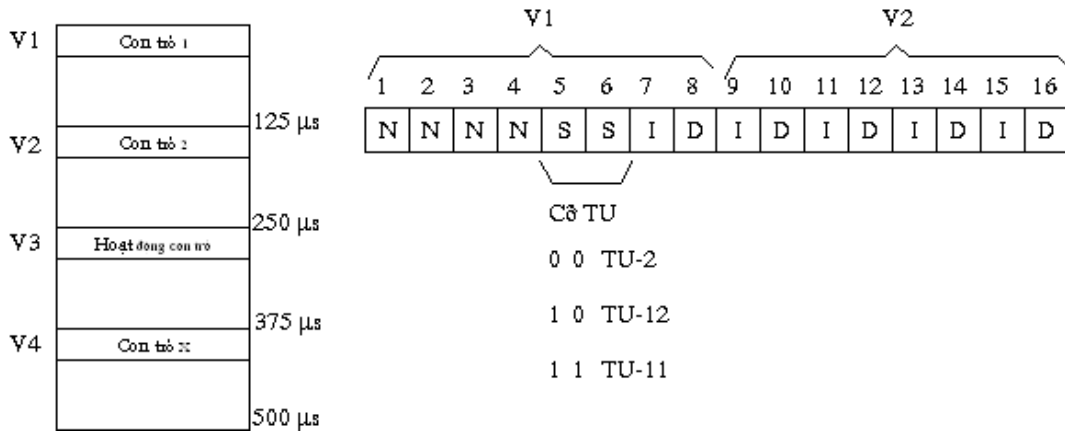
Trong phần này, loại con trở thứ 3 và thứ 4 sử dụng trong các mạng SDH tức là các con trở TU-11, TU-12 và TU-2 (để đơn giản, các con trở này được gọi là con trở TU-1/TU-2) sẽ được thảo luận. Tương tự như AU-n (n=3 hoặc 4) hay con trở TU-3, một con trở TU-1/TU-2 cung cấp một phương thức cho phép đồng chỉnh động và linh hoạt các tải tin đồng bộ SPE (Synchronous Payload Envelope) của TU-11, TU-12 hay TU-2 trên trong siêu khung TU (hay đa khung với quãng thời gian khung 125 μ s) độc lập với nội dung thực của "envelope".

Để hiểu vị trí và chức năng của con trở TU-2/TU-1 (V1 ~V4), cấu trúc 4 khung hay siêu khung 125 μ s (xem Bảng 2.9 và Hình 2.17 trong Chương 2) sẽ được xem lại trong phần này.

- A. Đối với các ứng dụng TU-11: Có 27 byte / khung 125 μ s vì vậy có 108 byte / siêu khung hay đa khung
- B. Đối với các ứng dụng TU-12: Có 36 byte / khung 125 μ s vì vậy có 144 byte / siêu khung hay đa khung
- C. Đối với các ứng dụng TU-2: có 108 byte / khung 125 μ s vì vậy có 432 byte / siêu khung hay đa khung

Đối với bất kỳ ứng dụng nào mỗi khung 125 μ s được dẫn đầu bởi một trong bốn byte mào đầu TU-n (n=11, 12 hay 2) sau: V1, V2, V3 hay V4. Tại thời điểm hiện tại, V1 và V2 được sử dụng làm các con trở VT (tương tự như H1 và H2). V3 làm hoạt động con trở (giống như H3) và V4 được dành cho các tiêu chuẩn trong tương lai (xem Hình 3.15). Tổ chức của V1 và V2 giống như của H1 và H2. Tức là có ba trường trong từ mã 16 bit (V1, V2) này.

- A. **Trường Cờ Dữ liệu Mới NDF:** Bốn bit đầu của V1 và V2 (xem Hình) được chỉ định cho cùng mục đích như đối với (H1, H2) cho các con trở AU-n và TU-3.
- B. **Trường kích thước TU:** 2 bit (số 5 và số 6); (bit5 và bit 6)=(00) cho TU-2, (10) cho TU-12 và (11) cho TU-11. Đây chính là một điểm khác biệt chính giữa con trở AU-n (hay TU-3) và con trở TU-1/TU-2. Đối với các con trở AU-n và TU-3 các bit số 5 và 6 không được qui định
- C. **Trường giá trị con trở:** 10 bit cuối cùng của V1 và V2; một lần nữa, có hai nhóm bit giá trị con trở, các bit số 7, 9, 11, 13 và 15 là các bit I (tăng), trong khi các bit số 8, 10, 12, 14 và 16 là các bit D (giảm).



Hình 3.15: Các byte con trỏ TU-1/TU-2

Bảng 3.2: Kích cỡ TU và phạm vi giá trị độ lệch con trỏ

Kích cỡ	Chỉ định cho	Phạm vi độ lệch con trỏ TU (trong một siêu khung 125 μs)
00	TU-2	0 ~427
10	TU-12	0~139
11	TU-11	0 ~103

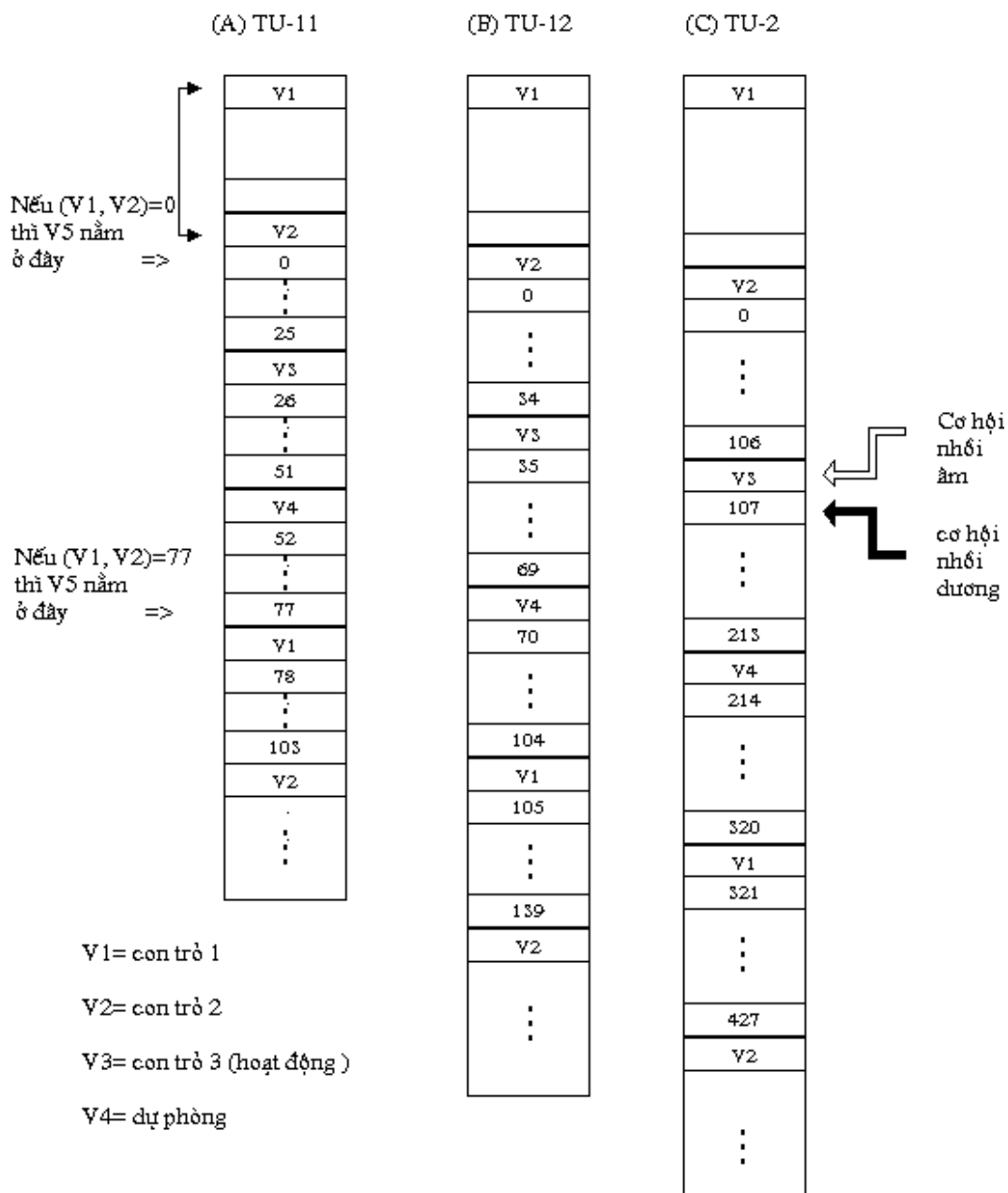
Cũng như các ứng dụng của con trỏ AU-n (n=3 hoặc 4) hay TU-3 NDF của con trỏ TU-1/TU-2 là một cơ cấu cho phép một thay đổi bất kỳ về giá trị con trỏ, và có thể là thay đổi cỡ của TU-1/TU-2 nếu sự thay đổi là do sự thay đổi về tải tin. Khi sự thay đổi có liên quan đến kích cỡ của TU thì sẽ có một sự chuyển tiếp dữ liệu mới trong tất cả các TU trong TUG-2. Khi NDF có giá trị (0110) được truyền đi có nghĩa là con trỏ hoạt động bình thường. Nếu máy thu nhận được giá trị NDF = 1001 nghĩa là sẽ có một sự đồng chỉnh mới cho tải tin, và có khả năng là kích cỡ TU. Khi một kích cỡ mới được chỉ ra, tất cả các con trỏ TU (từ 1 đến 4) trong nhóm TU sẽ đồng thời chỉ thị một NDF mới có cùng cỡ với kích cỡ mới. Giống như các con trỏ AU-n và TU-3, luật bỏ phiếu đa số có thể áp dụng cho các con trỏ TU.

3.5.1 Giá trị độ lệch tải tin TU-1/TU-2

Bảng 3.2 liệt kê chỉ định bit kích cỡ TU của từ mã con trỏ (V1, V2) và phạm vi độ lệch con trỏ được phép phép đối với các ứng dụng TU khác nhau. Chỉ thị kích cỡ TU, các bit số 5 và 6 của từ mã (V1, V2) như sau: (Bit 5, 6) = (00) để chỉ tải tin luồng TU-2 đang được truyền đi, (Bit 5, 6) = (10) để chỉ tải tin luồng TU-12 đang được truyền đi và (Bit 5, 6) = (11) để chỉ tải tin luồng TU-11 đang được truyền đi. Bảng 3.2 cũng chỉ ra phạm vi giá trị độ lệch con trỏ cho các ứng dụng TU-11, TU-12 và TU-2. Đối với các ứng dụng TU-11, phạm vi là (0 ~ 103); đối với các ứng dụng TU-12, phạm vi là (0 ~139) và đối với các ứng dụng TU-2, phạm vi là (0 ~427).

Do phần lớn các chức năng được thực hiện bởi các con trỏ tải tin AU-3 hoặc TU-3 cũng được thực hiện bởi con trỏ TU-1/TU-2 nên các con trỏ TU-1/TU-2 sẽ được trình bày ngắn gọn

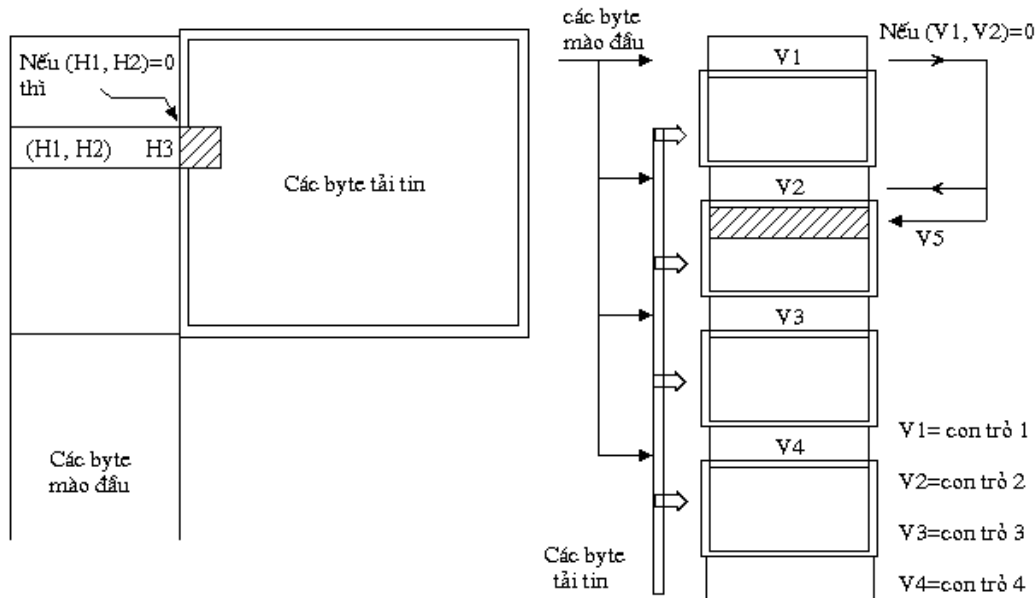
như sau. Thay vì thảo luận các chức năng này, hai sự khác biệt giữa hai tập con trở này sẽ được nhấn mạnh. Sự khác biệt là



Hình 3.16: Giá trị độ lệch tải tin TU-1/TU-2

- A. Các bit số 5 và 6 của từ mã (H1, H2) không có ý nghĩa đặc biệt đối với các chuẩn hiện tại mặc người ta khuyến nghị là gán cho chúng giá trị (10) cho các ứng dụng AU-3 và AU-4. Tuy nhiên, đối với từ mã con trở TU-1/TU-2 (V1, V2) thì hai bit này được qui định như trong Bảng 3.2 hay Hình 3.15.
- B. Điểm bắt đầu của tải tin là khác nhau. Ví dụ khi giá trị độ lệch con trở bằng 0 thì đối với các ứng dụng AU-n hay TU-3 tải tin hay byte J1 sẽ bắt đầu ngay sau byte H3 cuối cùng. Mặt khác tải tin hay byte V5 (byte mào đầu đường đầu tiên) sẽ bắt đầu sau byte V2 đối với

các ứng dụng TU-1/TU-2. Điều này được chỉ ra trên Hình 3.17, ở đây các vùng được bao bởi đường viền kép dành cho bố trí tải tin.



Hình 3.17: Các vị trí tải tin cấp cao và cấp thấp

Hình 3.16 sẽ được sử dụng để mô tả giá trị độ lệch con trỏ TU-1/TU-2, phạm vi lệch, điều chỉnh tần số *dương* và *âm* của các ứng dụng TU khác nhau. Trước tiên, chỉ thị giá trị độ lệch con trỏ cho các ứng dụng TU-11 sẽ được thảo luận bằng việc xem xét Hình 3.16(A). Hình này biểu diễn siêu khung của TU-11. Khi 10 bit cuối cùng của từ mã con trỏ (V1, V2) có giá trị con trỏ bằng 0 thì byte đầu tiên của tải tin TU-11 sẽ nằm tại byte kế tiếp byte V2. Byte đầu tiên này của tải tin TU-11 là byte đầu tiên của mào đầu đường VC-11 tức là byte V5. Điều này khác với các hoạt động của con trỏ AU-n. Đối với AU-n, nếu giá trị độ lệch con trỏ bằng 0 thì mào đầu đường POH của VC-4 sẽ nằm ngay sau byte H3 thay vì byte H2. Sở dĩ như vậy là vì đối với các ứng dụng STM-1, byte sẵn sàng đầu tiên cho SPE (Synchronous Payload Envelope) của STM-1 sau con trỏ (H1, H2) là byte nằm ngay sau H3. Nhưng mặt khác đối với các ứng dụng TU-11 byte sẵn sàng đầu tiên cho SPE của VC-11 nằm ngay sau V2 chứ không phải là V3. Điều này được chỉ ra trên Hình 3.17 trong đó các vùng được bao bởi đường nét kép là dành cho tải tin. Cũng vậy, byte tải tin đầu tiên là byte đầu tiên của mào đầu đường. Đối với ứng dụng luồng cấp cao (AU-4, AU-3 hay TU-3) thì byte này là byte J1 còn với các ứng dụng luồng cấp thấp, byte này là byte V5.

Ví dụ thứ hai về ứng dụng TU-11 [trong Hình 3.16(A)] sẽ được mô tả: Nếu giá trị độ lệch là 77 thì V5 sẽ nằm ở byte trước byte V1 kế tiếp. Các chức năng tương tự có thể áp dụng cho TU-12 và TU-2 như chỉ ra trên Hình 3.16(B) và (C). Tiếp theo, điều chỉnh tần số *dương* và *âm* cho các ứng dụng TU-1/TU-2 sẽ được mô tả với sự tham khảo tới Hình 3.16(C) (mô tả siêu khung TU-2). Tuy nhiên nguyên tắc được sử dụng cho TU-2 có thể áp dụng cho TU-11 và TU-12. Cũng giống giư các ứng dụng AU-4 khi con trỏ TU-2 chỉ ra sự cần thiết việc điều chỉnh tần số *dương* thì dữ liệu (nhồi) sẽ được đặt vào byte ngay sau byte hoạt động con trỏ (V3). Mặt khác, khi điều chỉnh tần số *âm* được yêu cầu, H3 sẽ bị ghi đè bởi dữ liệu thực.

Bảng 3.3: So sánh AU-n và TU-1/TU-2.

Các tham số	Các byte kết hợp với con trỏ	Các byte mào đầu đường
Cấu trúc AU-n/TU-3	H1 H2 H3 H4	J1 B3 C2 G1 F2 H4 F3 K3 N1
Cấu trúc TU-1/TU-2	V1 V2 V3 V4	V5 J2 N2 K4

3.5.2 Các hoạt động con trỏ TU-1/TU-2

Các hoạt động thay đổi tăng hay giảm giá trị con trỏ cho các ứng dụng TU-1/TU-2 giống hệt như đối với các ứng dụng AU-4. Việc tạo và phiên dịch các con trỏ VT cũng rất giống với các hoạt động này của các con trỏ AU-n với những sửa đổi sau.

- A. Thuật ngữ VC-4 hay VC-3 SPE sẽ được thay thế bởi VC-11, VC-12 hay VC-2 trong tất cả các luật được mô tả trước đây cho các ứng dụng AU-n
- B. Luật bổ sung cho việc tạo con trỏ: nếu kích cỡ TU trong một TUG-2 thay đổi thì NDF dùng để mô tả con trỏ AU-n cần phải được đồng thời gửi đi trong tất cả các TU với kích cỡ mới này trong nhóm .
- C. Luật bổ sung cho phiên dịch con trỏ: Nếu NDF với giá trị 1001 và kích cỡ mới của TU nhận được một các đồng thời trong tất cả các TU trong một AUG-2 thì các con trỏ trùng hợp này với kích cỡ mới sẽ thay thế con trỏ hiện tại ngay lập tức.

Để kết thúc thảo luận về con trỏ STM-1 có hai điểm khác biệt chính giữa các con trỏ tải tin AU-n và các con trỏ tải tin TU-1/TU/2 được tổng kết như sau:

- A. Các bit thứ 5 và thứ 6 của một từ mã con trỏ 16-bit không được sử dụng trong các ứng dụng AU-n (n=3 hoặc 4) hay trong các ứng dụng TU-3 nhưng chúng lại được sử dụng để chỉ ra kích cỡ TU đối với các ứng dụng TU như đã được thảo luận trong phần trước và đúc kết lại trong Bảng 3.2.
- B. Khi giá trị độ lệch con trỏ là 0, byte mào đầu đường POH được đặt ngay sau byte H3 đối với các ứng dụng AU-n nhưng nó được đặt ngay dưới V2 thay vì V3 đối với các ứng dụng TU.

3.6 Mào đầu đường VC-1/VC-2

Trước khi mô tả chức năng của các byte mào đầu đường POH VC-1/VC-2 (V5, J2, Z6 và Z7), một vài điều liên quan đến V5 sẽ được ôn lại ở đây, như chỉ ra trong Bảng

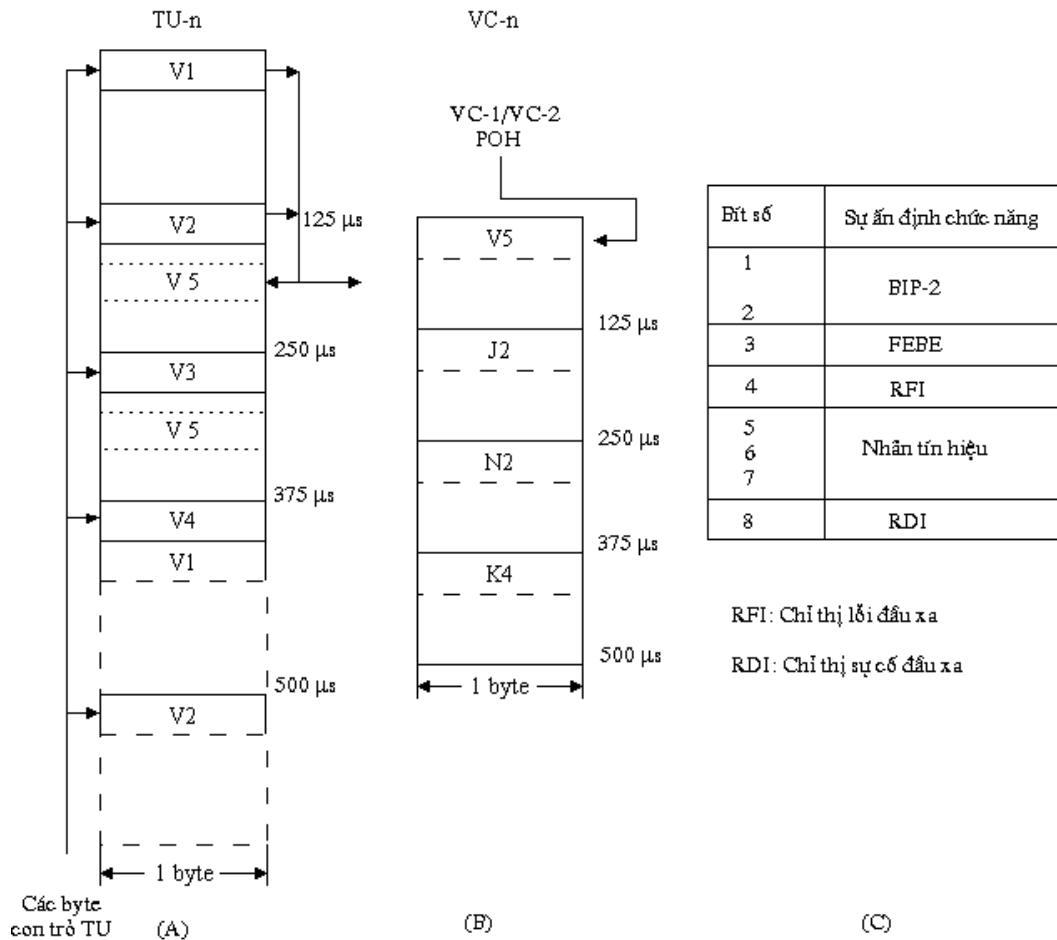
- A. Đối với các ứng dụng TU-1/TU-2, các byte con trỏ V1 và V2 có cùng mục đích/chức năng như các byte con trỏ H1 và H2 cho các ứng dụng AU-n hay TU-3 với hai sự khác biệt chính đã được nói đến ở trên

- B. Đối với các ứng dụng TU-1/TU-2, byte hoạt động con trỏ V3 có cùng mục đích và chức năng như byte hoạt động con trỏ H3 cho các ứng dụng AU-n hay TU-3.
- C. Đối với các ứng dụng TU-1/TU-2, byte con trỏ V4 được dự phòng trong khi H4 được sử dụng byte làm chỉ thị đa khung cho các ứng dụng AU-n hay TU-3.
- D. Tuy nhiên, từ Bảng 3.3 ta có thể thấy một khác biệt chính giữa VC-4 POH và VC-1/VC-2 POH về số lượng byte được dùng cho POH. Nói cách khác, ứng dụng VC-3/VC-4 đòi hỏi tổng cộng 9 byte mào đầu đường (J1, B3, C2, G1, F2, H4, F3, K3 và N1) trong khi ứng dụng TU-1/TU-2 chỉ đòi hỏi 4 byte mào đầu đường (V5, J2, N2, K4). Lý do chính là vì TU-1/TU-2 có tốc độ tín hiệu thấp hơn nhiều tốc độ của VC-3 hoặc VC-4.
- E. Đối với các chuẩn SDH ban đầu người ta cho rằng một byte mào đầu đường là đủ cho các ứng dụng cấp thấp. Vì vậy chỉ một byte V5 được kỳ vọng là đủ để thực hiện các chức năng được thực hiện bởi các byte B2, C2 và G1 của các byte mào đầu đường VC-4 POH. Sở dĩ như vậy là vì ba byte quan trọng nhất trong số 9 byte mào đầu đường VC-4 hay VC-3 là các byte G3, C2 và G1. Ba byte mào đầu đường còn lại là J2, N2 và K4 cho các ứng dụng VC-11, VC-12 hay VC-2 sau này mới được bổ sung vào các chuẩn SDH. Tiếp theo bốn byte này sẽ được thảo luận như chỉ ra trên Hình 3.18, (mô tả tổ chức bit của byte mào đầu POH của TU-1/TU-2 V5).

Ta cần biết rằng byte J2 đứng sau và cách V5 $125 \mu s$, N2 cũng $125 \mu s$ sau byte J2 và K4 $125 \mu s$ sau N2. Mỗi quan hệ này $125 \mu s$ giữa bất cứ 2 byte mào đầu đường liên tiếp cũng đúng cho 2 byte con trỏ TU-2/TU-1 liên tiếp như chỉ ra trên Hình 3.18(B). Trước khi thảo luận chức năng của các byte mào đầu đường VC-2/VC-1 các mối quan hệ quan trọng sau đây giữa con trỏ AU-4, mào đầu đường VC-4, con trỏ TU-1/TU-2, mào đầu đường VC-1/VC-2, TU-1/TU-2 và VC-1/VC-2 sẽ được nhắc lại. Điều này giúp cho việc mô tả mào đầu đường VC-1/VC-2 được dễ dàng hơn.

1. Con trỏ AU-n định vị mào đầu đường VC-4 hay chính xác hơn là byte J1 (xem Hình 2.19(B) trong Chương 2).
2. Một khi vị trí của mào đầu đường VC-4 được xác định, vị trí con trỏ TU-1/TU-2 (tức V1) có thể được xác định (cũng xem hình này).
3. Con trỏ V1 này xác định điểm bắt đầu của siêu khung TU-1/TU-2 $500 \mu s$ như chỉ ra trên Hình 2.19(B) và Hình 3.18(A).
4. Từ mã con trỏ TU-1/TU-2 (V1, V2) về phần mình xác định vị trí khung hay siêu khung tải tin VC-1/VC-2 như được chỉ ra trên Hình 3.18(A) hoặc (B). Trong Hình 3.18, nếu các byte (V1, V2, V3, V4) được gộp vào thì nó là TU-11, TU-12 hay TU-2 (hình A), còn nếu các byte này không được gộp vào (hình B) thì tín hiệu sẽ là VC-11, VC-12 hay VC-2. Do khoảng thời gian giữa V5 và J2, J2 và N2, N2 và K4 là $125 \mu s$ nên bốn khoảng này hình thành nên một siêu khung hay đa khung VC-1/VC-2 $500 \mu s$; hay một gói tải tin VC-1/VC-2 (Payload Envelope).

Các chức năng của B3 (giám sát lỗi), C2 (đánh nhãn tín hiệu) và G1 (thông báo lỗi hoặc trạng thái tuyến) đã được thảo luận trong Chương 2. Để nghiên cứu các chức năng của các byte



Hình 3.18: Byte mào đầu đường VC-1/VC-2, Tổ chức byte V5

mào đầu đường VC-11/VC-12/VC-2 (byte V5), sẽ rất hữu ích nếu ta xem lại các chức năng được thực hiện bởi B3, C2 và G1. Việc xem lại này sẽ làm cho người đọc dễ hiểu hơn về mục đích / chức năng của byte VT POH (V5).

A. B3, byte BIP-8 của VC-4 POH, là một mã kiểm tra chẵn lẻ 8 bit được dùng để kiểm tra nhưng vi phạm luật chẵn lẻ trên tuyến. Nó được tính toán qua Gói tải tin đồng bộ (SPE). Mặt khác, để truyền tải TU-1/TU-2, byte mào đầu đường V5 được tổ chức như sau:

Các bit 1 và 2 của V5 [BIP-2 trong Hình 3.18(C)] được sử dụng để giám sát lỗi tức là một phương thức kiểm tra chẵn lẻ trên bit được chỉ định:

- Bit số 1 là chẵn lẻ chẵn được tính toán trên tất cả các bit lẻ (1, 3, 5 ...) của tất cả các byte trong TU-1/TU-2 SPE trước đó.
- Bit số 2 là chẵn lẻ chẵn được tính toán trên toàn bộ bit chẵn (2, 4, 6 ...) của tất cả các byte trong TU-1/TU-2 SPE trước đó.

Lưu ý: Tính toán BIP-2 bao hàm cả các byte mào đầu đường VC-1/VC-2 nhưng không bao hàm các con trỏ TU-1/TU-2.

G1, byte trạng thái tuyến của VC-4 POH, được cấp phát để truyền ngược trở lại bản thông báo trạng thái đầu cuối tuyến như Lỗi Khối Đầu Xa (FEBE) và các Chỉ Thị Sự Cố Đầu Xa

(RDI, xem Hình 2.11, Chương 2 về một thiết bị đầu cuối đường (VC-4 PTE) gốc

Vì vậy, đối với truyền tải TU-1/TU-2:

Bit số 3 của V5 được sử dụng làm chỉ thị Lỗi-Khối-Đầu-Xa (FEBE) của đường VC-1/VC-2. Lỗi này được gửi ngược trở lại Thiết bị đầu cuối đường VC-1/VC-2 PTE gốc nếu một hay nhiều lỗi bị phát hiện bởi BIP-2, trong khi đó

Bit số 8 của V5 được sử dụng làm VC-1/VC-2 Path RDI

C2, byte nhận tín hiệu đường của VC-4 POH, được cấp phát để chỉ ra cấu trúc của VC-4 SPE (xem Bảng 2.8).

Vì vậy, đối với truyền tải TU-1/TU-2.

Bit số 5 đến 7 của byte V5 cung cấp một nhận tín hiệu VC-1/VC-2 (xem Bảng). Tám giá trị nhị phân có thể ứng với 3 bit này.

Ví dụ, tương tự như Nhận Tín Hiệu Đường (byte C2), mã 0 [(L1, L2, L3)=(000)] chỉ ra rằng tuyến VC-1/VC-2 không được trang bị và mã 1[(L1, L2, L3)=(111)] chỉ ra rằng tuyến VC-1/VC-2 được trang bị với tải không xác định. Sáu mã còn lại được dành để định nghĩa theo yêu cầu trong việc bố trí VC-1/VC-2.

Một điểm khác biệt giữa C2 và (L1, L2, L3) là thành phần sau là một hàm của kích cỡ TU, chẳng hạn như TU-11, TU-12 hay TU-2. Nói cách khác, byte C2 một mình có thể chỉ ra tín hiệu mà STM-1 đang mang, nhưng (L1, L2, L3) không thể. Chẳng hạn như (L1, L2, L3)=(010), một mã với giá trị 2 được gán để chỉ ra truyền tải tín hiệu cận đồng bộ. Tín hiệu này có thể là một DS1, một E1 hay một tín hiệu DS2. Thông tin phụ trợ bên cạnh (L1, L2, L3) được yêu cầu để chỉ định loại tín hiệu duy nhất. Đó là

- A. Khi các bit số 5 & 6 của các con trỏ TU-1/TU-2 là (11) trong khi (L1, L2, L3)=(010) thì VC-1/VC-2 SPE đang mang tín hiệu cận đồng bộ DS1.
- B. Khi các bit số 5 & 6 của các con trỏ TU-1/TU-2 là (10) trong khi (L1, L2, L3)=(010) thì VC-1/VC-2 SPE đang mang tín hiệu cận đồng bộ CEPT-1.

Còn ba byte con trỏ nữa bên cạnh V5 được ấn định làm mào đầu đường VC-1/VC-2. Chúng là J2, N2 và K4 và việc cấp phát cho chúng là tạm thời. Hiện nay, các byte này được ấn định cho các mục đích sau:

Byte J2: Được sử dụng để truyền lặp đi lặp lại mẫu nhận dạng điểm truy cập đường cấp thấp (tức là VC-1/VC-2) vì vậy một thiết bị đầu cuối đường phía thu có thể xác minh sự kết nối liên tục của nó tới máy phát đã định

Mẫu nhận dạng này sử dụng dạng số E.164; một khung 16 byte được xác định để truyền số E.164 này; khung 16 byte này giống như khung 16 byte được định nghĩa cho byte J1.

Byte N2 đang được xem xét để cung cấp chức năng giám sát kết nối trung chuyển (tandam) theo cùng phương thức như byte N1 (Byte Người Điều Hành Mạng NOB) trong mào đầu đường cấp cao (VC-3/VC-4); Chức năng này sẽ không làm ảnh hưởng tới phương tiện giám sát kết nối điểm đầu- điểm cuối (BIP-2) của V5.

Byte K4 Vẫn đang được nghiên cứu

Bảng 3.4: Nhân tín hiệu VC-1/VC-2 (các bit 5 ~ 7 của V5)

Kích cỡ TU*	Nhân tín hiệu	Nhận dạng VC được qui định
11	000	TU-11 không được trang bị
11	001	TU-11 được trang bị nhưng không xác định
11	010	Bố trí cận đồng bộ cho DS1
11	011	Bố trí đồng bộ bit cho DS1
11	100	Bố trí đồng bộ byte cho DS1
11	101	TU-11 không được chỉ định
11	110	TU-11 không được chỉ định
11	111	TU-11 không được chỉ định
10	000	TU-12 không được trang bị
10	001	TU-12 được trang bị nhưng không xác định
10	010	Bố trí cận đồng bộ cho CEPT-1
10	011	Bố trí đồng bộ bit cho CEPT-1
10	100	Bố trí đồng bộ byte cho CEPT-1
10	101	TU-12 không được chỉ định
10	110	TU-12 không được chỉ định
10	111	TU-12 không được chỉ định
00	000	TU-2 không được trang bị
00	001	TU-2 được trang bị nhưng không xác định
00	010	Bố trí cận đồng bộ cho DS2
00	011	TU-2 không được chỉ định
00	100	TU-2 không được chỉ định
00	101	TU-2 không được chỉ định
00	110	TU-2 không được chỉ định
00	111	TU-2 không được chỉ định

* Kích cỡ VT được chỉ thị bởi bit 5 & 6 của từ mã 16 bit (V1, V2)

3.7 **Bố trí/Ghép tín hiệu STM-1**

Tốc độ tín hiệu và các dạng khung SDH đã được thảo luận trong Chương 2 và con trỏ AU-n (n=3 hoặc 4) và con trỏ TU-n (n=11, 12, 2 hoặc 3) vừa được mô tả trong chương này. Bây giờ là lúc ta phải nghiên cứu cách thức bố trí/ghép các container khác nhau vào một tín hiệu STM-1 (xem Hình 2.12 trong Chương 2). Danh mục sau đây cung cấp tất cả các ứng dụng hiện tại và tiềm năng trong tương lai:

- C-4 được bố trí vào VC-4 → (ký hiệu bố trí vào) AU-4 → AUG → STM-1
- C-3 được bố trí vào VC-3 → TU-3 → TUG-3 → VC-4 ... → STM-1
- C-2 được bố trí vào VC-2 → TU-2 → TUG-2 → VC-3 → AU-3 → AUG → STM-1
 1. DS2 cận đồng bộ → C-2
 2. DS2 đồng bộ bit → C-2
- C-12 được bố trí vào VC-12 → TU-12 → TUG-2 → VC-3 → AU-3 → AUG → STM-1
 1. CEPT-1 cận đồng bộ → C-12
 2. CEPT-1 đồng bộ bit → C-12
 3. CEPT-1 đồng bộ byte → C-12, 30 kênh
 4. CEPT-1 đồng bộ byte → C-12, 31 kênh
- Bố trí C-11 vào VC-11 → TU-11 → TUG-2 → VC-3 ... → STM-1
 1. DS1 cận đồng bộ → C-11
 2. DS1 đồng bộ bit → C-11
 3. DS1 đồng bộ byte → C-11

Để ý rằng một tín hiệu DS1 1,544 Mbit/s hay một tín hiệu CEPT-1 2,048 Mbit/s có thể là một tín hiệu cận đồng bộ, đồng bộ bit hoặc đồng bộ byte. Nhưng một tín hiệu DS2 6,312 Mbit/s có thể hoặc là tín hiệu cận đồng bộ hoặc một tín hiệu đồng bộ bit trong khi một tín hiệu CEPT-3 (34,368 Mbit/s), một tín hiệu DS3 (44,736 Mbit/s) và một tín hiệu CEPT-4 (139,264 Mbit/s) là các tín hiệu cận đồng bộ thông thường. Định nghĩa về tín hiệu cận đồng bộ, đồng bộ bit, đồng bộ byte được mô tả trong Chương 1.

3.7.1 **Bố trí C-4 vào STM-1**

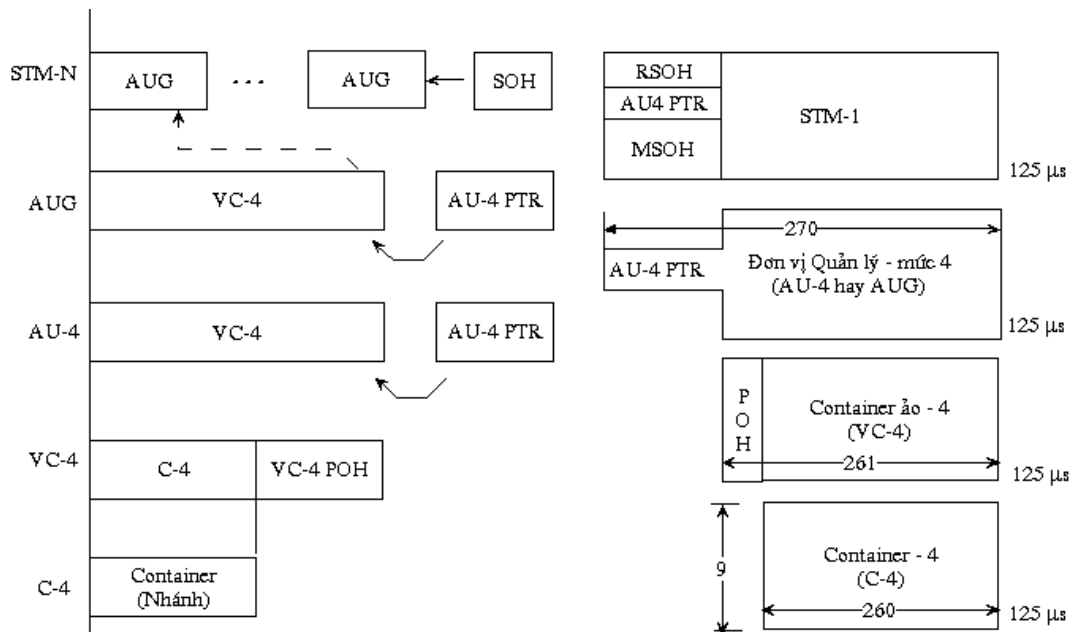
Bố trí trực tiếp một tín hiệu CEPT-4 tốc độ 139,264 Mbit/s vào một tín hiệu STM-1 được thảo luận trong phần này. Từ quá trình bố trí này ta có thể thấy được ba điểm thú vị về thủ tục bố trí/ghép SDH.

A. Có các luật duy nhất cho bố trí một container C-4 vào một tín hiệu STM-1;

B. Có các mối quan hệ duy nhất giữa C-4, VC-4, AU-4, AUG và một tín hiệu STM-1 (Hình 3.19 và)

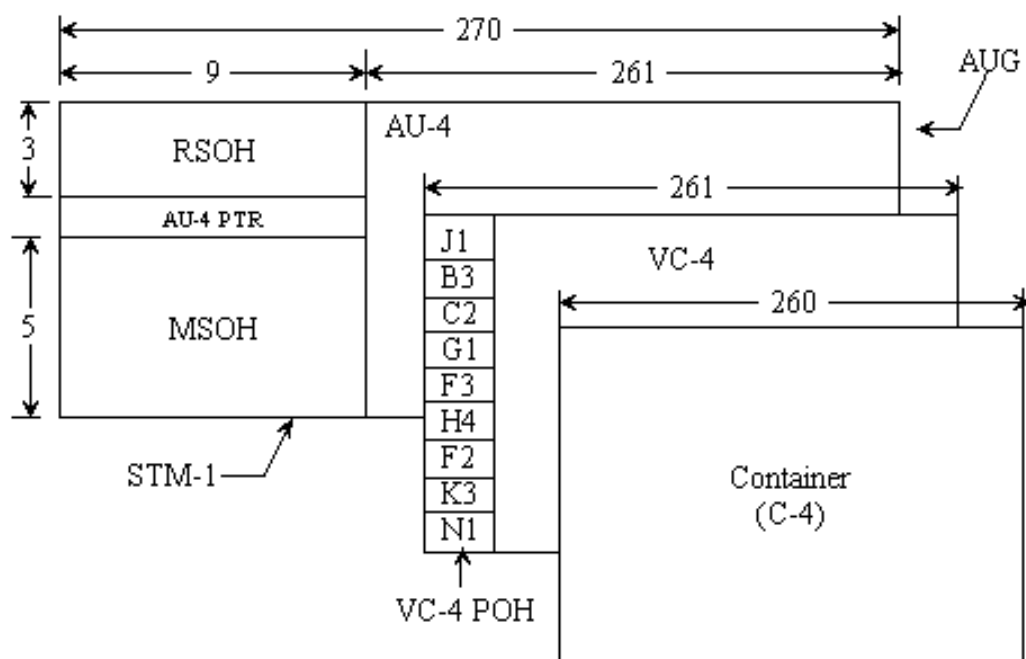
C. Chi tiết về bố trí một tín hiệu CEPT-4 vào một Container.

Trước tiên, các bước chính được sử dụng để bố trí một container C-4 vào một tín hiệu STM-1 (tức là một C-4 → VC-4 → AU-4 → AUG → STM-1) được mô tả như sau:



Hình 3.19: C-4, VC-4, AU-4, AUG và STM-N

1. Một C-4 gồm một tín hiệu CEPT-4 hoặc tương đương chẳng hạn như tín hiệu ISDH H4, với tốc độ tín hiệu là 139,264 Mbit/s. Một container C-4 có thể được xem là một cấu trúc 9×260 byte trong khoảng thời gian $125 \mu s$. Mô tả chi tiết bước này (từ CEPT-4 vào C-4) sẽ được trình bày sau với tham khảo tới Hình 3.20 và 3.21.
2. Một tập 9 byte mào đầu đường VC-4 (J1, B3, C2, G1, F2, H4, F3, K3 và N1) được bổ sung vào C-4 để hình thành một khung tải tin đồng bộ VC-4 (xem Hình 3.19 và 3.20). Vì vậy, một tín hiệu VC-4 có cấu trúc 9×261 byte trong khoảng thời gian $125 \mu s$.
3. Chín (9) byte khác của con trỏ AU-4 [chi tiết xem Hình 3.2(A), chỉ 4 byte tức là H1, H2 và ba byte H3 được sử dụng] được chèn vào khung VC-4 để đạt được một AU-4 (giống hệt AUG - xem Hình 3.19 và 3.21). Để ý rằng con trỏ AU-4 xác định vị trí mào đầu đường hay chính xác hơn là vị trí của J1. Nói cách khác, con trỏ AU-4 xác định khung VC-4 và khung này lại quyết định vị trí của container C-4.
4. AUG cộng thêm Mào đầu Đoạn Ghép (MSOH) và Mào đầu Đoạn Lặp (RSOH) hoàn thiện một khung STM-1 (xem Hình 3.19 và 3.20).
5. N khung STM-1 sau đó có thể được ghép vào một STM-N ($N=4, 16$ hay 64).



Hình 3.20: C-4, VC-4, AU-4, AUG và STM-N (tiếp)

Bây giờ chi tiết ghép một tín hiệu CEPT-4 vào một container C-4 sẽ được xem xét bằng việc tham khảo tới Hình 3.21. Container C-4 có cấu trúc 9 hàng 260 cột. Mỗi hàng được gọi là một khung con và có tổ chức đồng nhất được sử dụng để mang nhiều loại thông tin. Hàng 260 byte hay khung con này được chia thành 20 block (khối) tức là tất cả 9 hàng của container C-4 có tổ chức byte giống như tổ chức chỉ ra trên hình này. Mỗi khối có 13 byte và có dạng thức sau:

Một khối 13 byte = Một byte đặc biệt + 12 byte thông tin

Ta có thể phân loại 20 khối này thành 4 loại:

- A. Một khối được dẫn trước bởi một byte "W":** Khối thứ nhất gồm byte "W" và 12 byte "thông tin" (hay byte I), là 1 luồng bit từ tín hiệu CEPT-4. Byte "X" gồm 8 bit thông tin từ luồng CEPT-4.
- B. Một khối được dẫn trước bởi byte "X":** các khối thứ 2, 6, 10, 14 và 18 mang byte "X" cộng với 12 byte "I". Byte "X" có 1 bit điều khiển (chỉ thị) nhồi (hay đồng chỉnh), 2 bit thông tin mào đầu đang được nghiên cứu bởi Ủy ban SDH, và 5 bit được dự phòng cho các tiêu chuẩn tương lai. bit
- C. Một khối được dẫn trước bởi byte "Z":** Khối thứ 20 gồm 1 byte "Z" và 12 byte "I". Byte "Z" có 5 bit thông tin, 1 bit cho sử dụng trong tương lai, và 1 bit dành cho cơ hội nhồi (hay đồng chỉnh).
- D. Một khối được dẫn đầu bởi byte "Y" :** 13 khối còn lại, mỗi khối gồm 1 byte "Y" và 12 byte "I". Byte "Y" có 8 bit dành cho tương lai.

- 5 bit điều khiển nhồi (CCCCC), một trong mỗi byte "X". Do sự sắp đặt này được thực hiện trên cơ sở 125 μ s nên cơ hội đồng chỉnh vì thế cũng được thực hiện trên cơ sở 125 μ s.

Nhóm 5 bit C điều khiển cơ hội nhồi tức là:

- Nếu (CCCCC)=(00000), bit S là một bit dữ liệu; tức là nếu hệ thống quyết định sử dụng bit "S" để truyền tải 1 bit từ luồng bit CEPT-4 thì máy phát sẽ tạo ra 5 số 0 cho 5 bit C này, trái lại các bit C sẽ được truyền với 5 bit "1".
- Nếu (CCCCC)=(11111), bit S sẽ là bit nhồi
Bỏ phiếu đa số sẽ được sử dụng để ra quyết định nhồi trong bộ giải đồng bộ nhằm bảo vệ chống lại các lỗi bit đơn và kép trong các bit C. Lưu ý rằng đối với các ứng dụng bỏ phiếu đa số thì ta chỉ cần ba bit C thay vì 5 bit. Vì vậy, đối với các dịch vụ mới trong tương lai, hai bit C dư thừa có thể được sử dụng trên (phương diện lý thuyết) cho truyền tải tin.
- Một bit cơ hội nhồi (S) trong byte "Z": được sử dụng để điều tiết tín hiệu có tốc độ cao hơn tốc độ có thể được truyền bởi các bit thông tin (I) đã được cấp. Hoạt động này sẽ được trình bày trong phần sắp tới.
- Hai bit kênh thông tin mào đầu (OO): đang được nghiên cứu.
- Các bit còn lại là các bit nhồi cố định (RRR ... R):

$$13 \text{ byte} + 5 \times 5 \text{ bit} + 1 \text{ bit} = 130 \text{ bit}$$

Về phương diện lý thuyết chúng có thể được sử dụng cho các tiêu chuẩn tương lai. Dung lượng dự phòng này là 9,36 Mbit/s chiếm khoảng 6% dung lượng STM-1. Bằng cách cộng 9,36 Mbit/s này vào 139,264 Mbit/s (sẽ được thảo luận sau), ta có thể ước lượng dung lượng của STM-1 tối đa là 148,68 Mbit/s nếu toàn bộ dung lượng 9,36 Mbit/s được sử dụng. Nếu 2 bit C không dùng đến được mô tả ở trên cũng được dùng để truyền tin tức thì dung lượng STM-1 tối đa có thể sẽ là

$$139,32 \text{ Mbit} + (130 + 2) \times 9 \times 8000 = 148,82 \text{ Mbit/s}$$

C. Từ tổ chức bit của khung con VC-4 SPE vừa mô tả trên, tốc độ CEPT-4 được rút ra như sau:

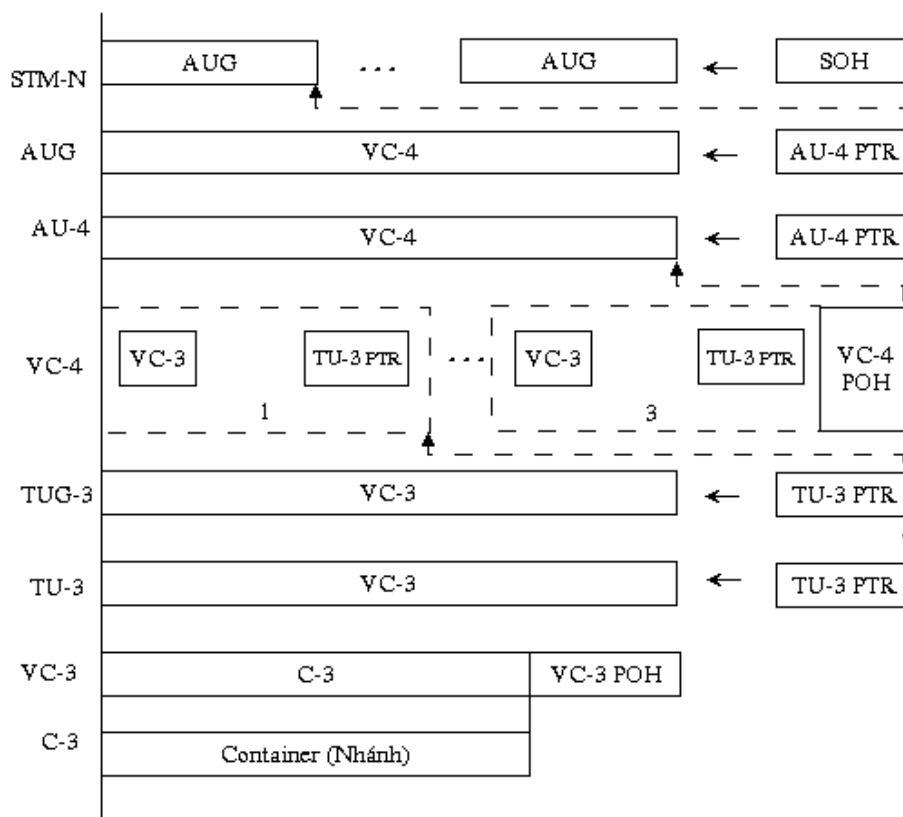
$$8000 \frac{\text{khung}}{s} \times 9 \frac{\text{khungcon}}{\text{khung}} \times 1934 \frac{\text{bit}}{\text{khungcon}} = 139,248 \text{ Mbit/s}$$

$$\text{Tốc độ danh định CEPT-4} = 139,264 \text{ Mbit/s}$$

$$\text{Nếu bit S được sử dụng thì tốc độ dữ liệu} = 8000 \times 9 \times 1935 = 139,320 \text{ Mbit/s}$$

ở đây 1934 là số lượng bit dành cho tải tin trong 1 khung con (hàng) đã được tính toán trên. Tức là trong Hình 3.21, nếu chỉ các vị trí "I" của container C-4 được sử dụng để truyền tín hiệu CEPT-4 thì CEPT-4 sẽ có tốc độ 139,248 Mbit/s. Tuy nhiên CEPT-4 có tốc độ danh định là 139,264 Mbit/s nhưng nó có thể có tốc độ thực là 139,264 Mbit/s \pm X ppm (parts per million = phần triệu). Do đó ta có thể sử dụng bit cơ hội đồng chỉnh "S" để điều tiết tốc độ cao hơn 139,248 Mbit/s (chỉ tính riêng cho bit I). Khi mọi bit "S" (1 bit/khung con) được sử dụng để truyền dữ liệu ta có thể có 1935 bit trong một khung con có thể được sử dụng để truyền thông tin. Điều này tạo ra một tốc độ tín hiệu tối đa là 139,32 Mbit/s như đã được tính ở trên; tốc độ này lớn hơn 139,264 Mbit/s + X ppm. Các tiêu chuẩn hiện tại điều hòa tốc độ tín hiệu (139,248 Mbit/s, 139,32 Mbit/s) có thể xử lý một tốc độ trong khoảng từ 139,264 Mbit/s-115ppm và 139,264 Mbit/s+400 ppm.

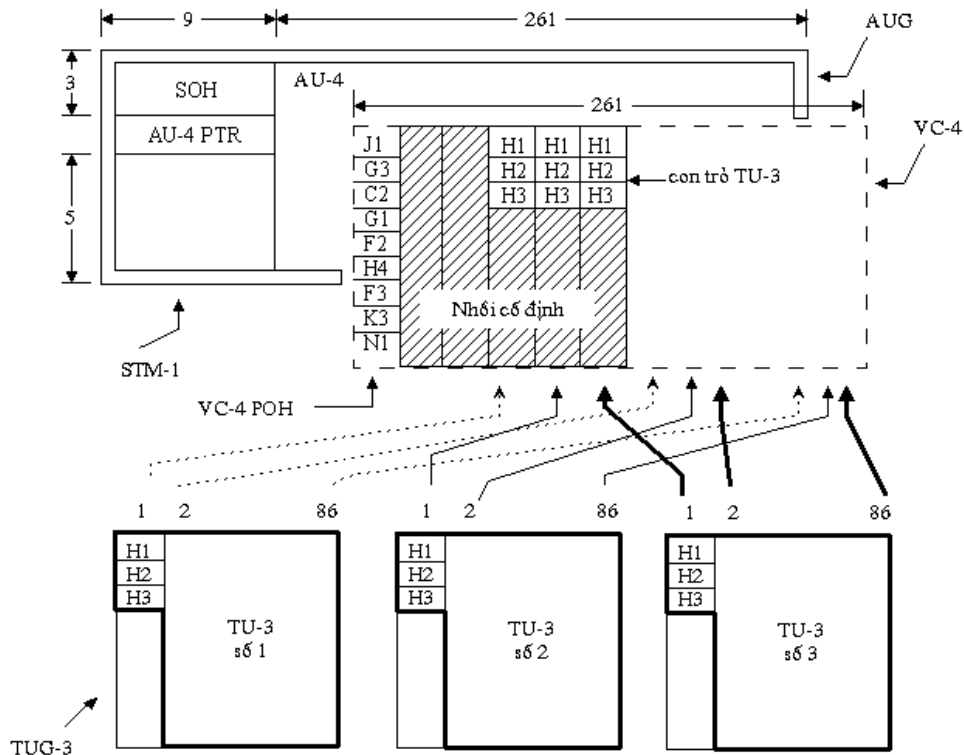
3.7.2 Bố trí/ghép C-3 vào STM-1



Hình 3.22: C-3, VC-3, TU-3, TUG-3, VC-4, AU-4, AUG và STM-N

Trong Chương ?? ta đã biết có hai ứng dụng khác nhau cho container C-3: một cho bố trí tín hiệu CEPT-3 tốc độ 34,368 Mbit/s và ứng dụng kia cho bố trí tín hiệu DS3 tốc độ 44,737 Mbit/s. Trường hợp bố trí CEPT-3 sẽ được thảo luận ở đây. Một tín hiệu CEPT-3 hoặc tương đương được bố trí vào một container C-3. Các bước chính cho việc bố trí/ghép ba container C-3 vào một tín hiệu STM-1 (tức là C-3 → VC-3 → TU-3 → TUG-3 → VC-4 → AU-4 → AUG → STM-1) được tổng kết trên Hình 3.19.

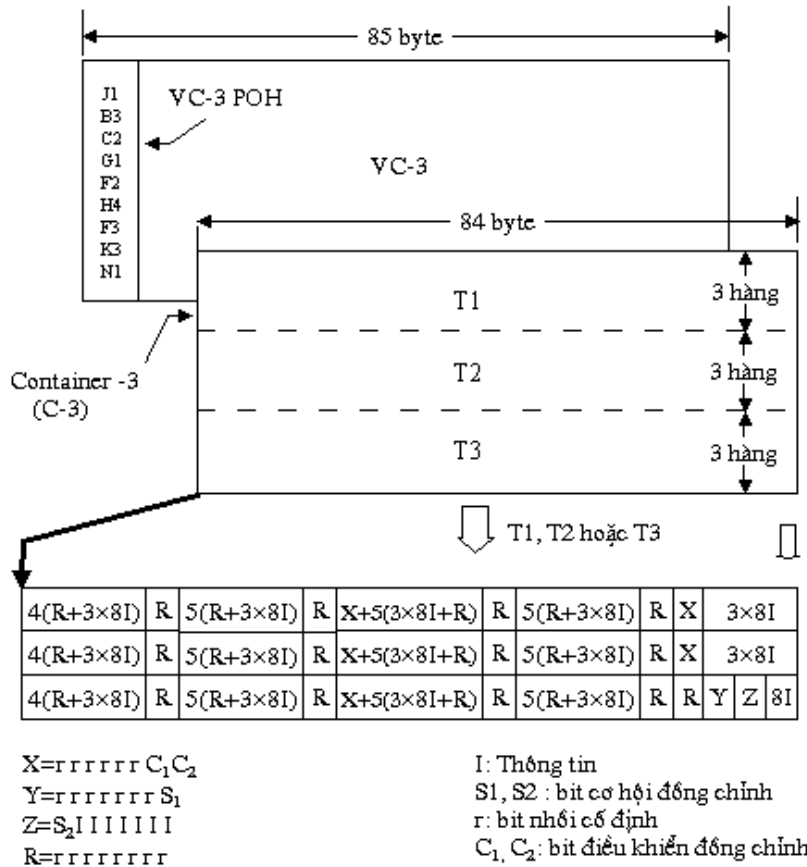
1. Một C-3 (9×84 byte: xem Hình 3.24) gồm một tín hiệu CEPT-3 hay bất cứ một tín hiệu tương đương khác (chẳng hạn như ISDN H31) với tốc độ 34,368 Mbit/s. Chi tiết bố trí một CEPT-3 vào C-3 sẽ được thảo luận sau với sự tham chiếu tới Hình 3.24. .
2. Chín byte mào đầu đường VC-3 tức là J1, B3, C2, G1, F2, H4, F3, K3 và N1 được bổ sung vào một C-3 để hình thành một khung VC-3 (9×85 byte) (xem Hình 3.22, 3.23 hay 3.24)
3. Ba byte con trỏ TU-3 (H1, H2, H3) được bổ sung vào một VC-3 để hình thành một TU-3. Điều này được chỉ ra rất rõ bởi vùng tô đậm trong Hình 3.23. Lưu ý rằng VC-3 SPE có pha "floating" so với con trỏ TU-3.
4. Sáu byte nhồi cố định được bổ sung vào cùng cột với các byte con trỏ TU-3 để cho các cột được hoàn thiện. Khi đó khung TUG-3 9×86 byte được hình thành.



Hình 3.23: C-3, VC-3, TU-3, TUG-3, VC-4, AU-4, AUG và STM-N (tiếp)

5. Ba TUG-3 được ghép xen byte để hình thành một khung VC-4 có chứa một cột mào đầu đường VC-4 POH và hai cột nhồi cố định bên cạnh ba TUG-3 (xem Hình 3.23). Sau hai cột nhồi này là một cột (ba byte con trỏ cộng với 6 byte nhồi cố định) từ TUG-3 số 1, một cột (3 byte con trỏ cộng với 6 byte nhồi cố định) từ TUG-3 số 2 và một cột (ba byte con trỏ cộng 6 byte nhồi cố định) từ TUG-3 số 3. Các cột theo sau các cột con trỏ này là danh cho ba VC-3: một cột cho TUG-3 (hay VC-3) số 1, một cột nữa dành cho TUG-3 số 2, tiếp theo là một cột khác cho TUG-3 số 3 vv... VC-4
6. Chín byte nữa của con trỏ AU-4 được chèn vào khung VC-4 để đạt được AU-4 cũng chính là AUG (xem Hình 3.23). Lưu ý rằng giống như trường hợp bố trí CEPT-4, con trỏ AU-4 quyết định vị trí của mào đầu đường VC-4, chính xác hơn là vị trí của J1. Nói cách khác, con trỏ AU-4 xác định vị trí khung VC-4 và về phía mình VC-4 xác định vị trí của C-4.
7. AUG cộng với Mào đầu Đoạn Ghép (MSOH) và Mào đầu Đoạn Lặp (RSOH) hoàn thiện một khung STM-1 (xem Hình 3.22 và 3.23).
8. N khung STM-1 sau đó có thể được ghép vào một tín hiệu STM-N (N=4,16 hay 64)

Các bước trên dùng để ghép một tín hiệu CEPT-3 vào một tín hiệu STM-1 sẽ được thảo luận theo một quan điểm khác, phương thức từ trên xuống dưới với sự tham khảo Hình 3.23. Trong một tín hiệu STM-1, con trỏ AU-4 trước tiên xác định vị trí bắt đầu của khung VC-4 (một cấu trúc 9×261). Khung VC-4 này lấy byte "J1" làm byte đầu tiên của nó. Một khi vị trí byte "J1" được xác định, cột đầu tiên của khung VC-4 được thiết lập. Sau khi cột này được nhận ra, hai cột nhồi cố định tiếp theo được bổ sung vào để trở thành các cột thứ 2 và thứ 3 của VC-4. Cột thứ 4 được dành cho TUG-3 thứ nhất; cột này có ba byte được ấn định làm con trỏ TU-3 số 1,



Hình 3.24: CEPT-3, C-3 và VC-3

và 6 byte nhồi cố định được dùng để làm đầy cột này. Tương tự, các cột thứ 5 và thứ 6 được dành cho TUG-3 số 2 và số 3 để mang các con trỏ của TU-3 số 2 và 3. Nên lưu ý rằng có một sự khác biệt giữa TU-3 và TUG-3. TUG-3 gồm 6 byte nhồi cố định trong cột con trỏ TU-3.

Như trên vừa mô tả có 261 cột cho một khung VC-4. Và ba trong số đó được ấn định cho cột mào đầu đường và hai cột nhồi cố định, sẽ có 258 cột còn lại để dành cho ba TU-3 hay TUG-3. Mỗi TU-3 chiếm $86(258/3)$ cột; một cột dùng cho con trỏ TU-3 và nhồi cố định và 85 cột được ấn định làm một khung VC-3. Trong số 85 cột, một cột dùng làm mào đầu đường VC-3. Vì vậy một khung C-3 có cấu trúc 9×84 byte (như chỉ ra trên Hình 3.24).

Bây giờ chi tiết bố trí tín hiệu CEPT-3 vào C-3 sẽ được thảo luận có tham chiếu tới Hình 3.24. Container C-3 có một cấu trúc 9 hàng \times 84 cột. Các hàng thứ nhất, thứ 2 và 3 được nhóm với nhau và được gọi là nhóm Luồng 1 (hay T1). Tương tự các hàng thứ 4, 5 và 6 tạo thành T2 trong khi các hàng thứ 7, 8 và 9 tạo nên T3. Tất cả các nhóm 3 hàng (tức là T1, T2 và T3) có cấu trúc thông tin giống nhau như được chỉ ra trên Hình 3.24.

Hàng thứ nhất và thứ 2 của T1, T2, T3 có cùng tổ chức bit nhưng hàng thứ ba có tổ chức bit hơi khác một chút. Hàng đầu tiên và hàng thứ 2 gồm 60 byte thông tin [$60 \equiv 4 \times 3 + 3 \times (5 \times 3) + 3$]. Trong hình này, 8I có nghĩa là 1 byte thông tin 8 bit. Mỗi hàng cũng chứa 22 byte "R" (dự trữ) ($22 \equiv 4 + 1 + 5 + 1 + 5 + 5 + 1$), và 2 byte "X". Mỗi byte "X" có 6 bit dự trữ cho tương lai và 2 bit điều khiển đồng chỉnh. Tất cả hình thành nên 84 byte cho mỗi hàng. Mặt khác, hàng thứ 3 gồm 58 byte thông tin, 23 byte "R", 1 byte "X", 1 byte "Y" và 1 byte "Z". Byte "Y" có 7 bit dự trữ và

một bit cơ hội đồng chỉnh, trong khi byte "Z" có 7 bit cho dữ liệu và một cho cơ hội đồng chỉnh.

A. Trong mỗi khung con 3-hàng (3 hàng \times 84 cột, T1, T2, T3) có:

- 1431 bit thông tin được tính như sau

$$60 \times 8 + 60 \times 8 + 58 \times 8 + 7 = 1431$$

ở đây hai số 60 xuất phát từ hàng 1&2, mỗi hàng có 60 byte thông tin, 58 từ hàng số 3 có 58 byte thông tin, và 7 từ byte "Z" có 7 bit thông tin.

- Hai nhóm 5 bit điều khiển nhồi ($C_i C_i C_i C_i C_i$, $i=1$ và 2). ($C_1 C_1 C_1 C_1 C_1$) được sử dụng để điều khiển S_1 còn ($C_2 C_2 C_2 C_2 C_2$) được dùng để điều khiển S_2 .
 - Nếu $C_i C_i C_i C_i C_i = 00000$ thì bit S_i là bit dữ liệu
 - Nếu $C_i C_i C_i C_i C_i = 11111$ thì bit S_i là bit nhồi

Bỏ phiếu đa số sẽ được sử dụng để đưa ra quyết định nhồi trong bộ giải đồng bộ nhằm bảo vệ khỏi các lỗi bit đơn và kép trong các bit C. Lưu ý rằng đối với các ứng dụng bỏ phiếu đa số ta chỉ cần *ba* bit C thay vì 5 bit. Vì vậy, đối với bất kỳ dịch vụ nào trong tương lai, 2 bit C dư này về mặt lý thuyết có thể được sử dụng cho truyền tải tin.

- Hai bit cơ hội nhồi (S_1, S_2): một bit trong byte "Y" và một bit trong byte "Z". Chúng được sử dụng để điều hòa dữ liệu có tốc độ cao hơn 34,344 Mbit/s (sẽ thấy trong phần dưới đây).
- Các bit con lại là các bit nhồi cố định (RRR ...R):

$$8 \times (22 + 22 + 23) + 5 \times 6 + 7 = 573 \text{ bit}$$

Có 22 byte "R" cho hàng thứ nhất và hàng thứ 2, 23 byte "R" cho hàng thứ 3, 6 bit "r" trong 5 byte "X" và 7 bit "r" trong byte "Y". Chúng có thể được sử dụng cho tương lai. Dung lượng dự trữ này là 13,752 Mbit/s hay khoảng 8,8% dung lượng STM-1. Bằng việc bổ sung 13,752 Mbit/s này vào 34,392 Mbit/s (sẽ thấy dưới đây) ta có thể ước tính được dung lượng tối đa của C-3 là khoảng 48,144 Mbit/s nếu tất cả dung lượng dự phòng được sử dụng. Nếu 2 bit C dư được đề cập ở trên cũng được sử dụng cho tải tin thì dung lượng C-3 tối đa sẽ là

$$34,392 \text{ Mbit/s} + (573 + 2) \times 3 \times 8000 = 48,192 \text{ Mbit/s}$$

B. Từ tổ chức bit của VC-3 SPE vừa mô tả trên, tốc độ CEPT-3 được rút ra:

$$8000 \frac{\text{khung}}{\text{s}} \times 3 \frac{\text{khungcon}}{\text{khung}} \times 1431 \frac{\text{bit}}{\text{khungcon}} = 34,344 \text{ Mbit/s}$$

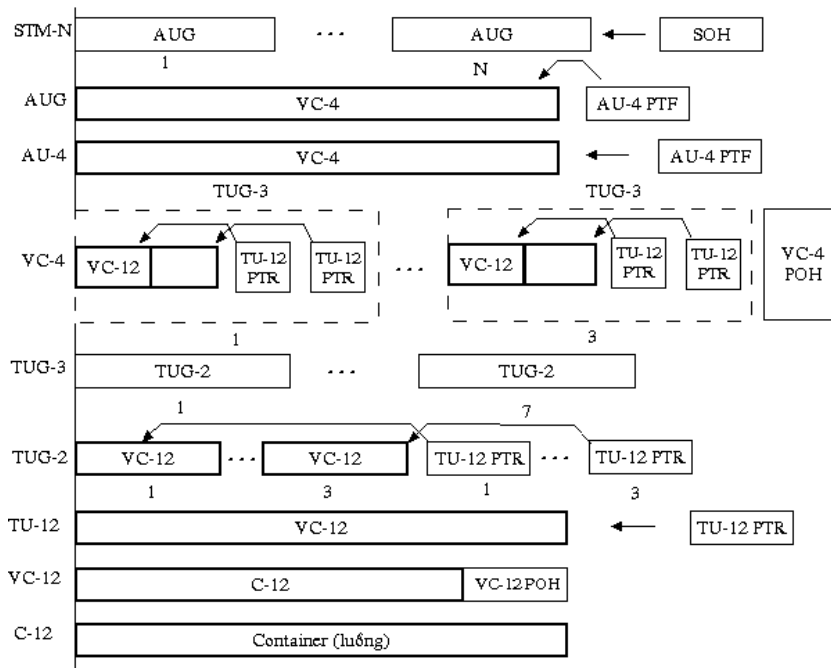
$$\text{Tốc độ danh định CEPT-3} = 34,368 \text{ Mbit/s}$$

$$\text{Nếu bit S được sử dụng thì tốc độ dữ liệu} = 8000 \times 3 \times 1433 = 139,320 \text{ Mbit/s}$$

Tức là nếu ta chỉ sử dụng các bit I của container C-3 để truyền một tín hiệu CEPT-3 thì CEPT-3 sẽ có tốc độ 34,344 Mbit/s. Tuy nhiên, một tín hiệu CEPT-3 có tốc độ danh định là 34,364 Mbit/s có thể có tốc độ thực là $34,368 \pm X$ ppm. Vì vậy, ta phải sử dụng các bit cơ hội đồng chỉnh "S" để điều hòa tốc độ cao hơn 34,344 Mbit/s khi chỉ sử dụng duy nhất các bit "I". Khi tất cả các bit "S" (2 bit trong 1 khung con 3-hàng) được sử dụng để truyền dữ liệu, tốc độ tín hiệu tối đa đạt 34,392 Mbit/s lớn hơn $34,368 \text{ Mbit/s} + X$ ppm. Các tiêu chuẩn hiện tại điều hòa tốc độ tín hiệu (34,344 Mbit/s, 34,392 Mbit/s) có thể xử lý một tín hiệu có tốc độ trong khoảng từ 34,368 Mbit/s-700 ppm đến 34,368 Mbit/s+700 ppm.

3.8 Bố trí/ghép C-12 vào STM-1

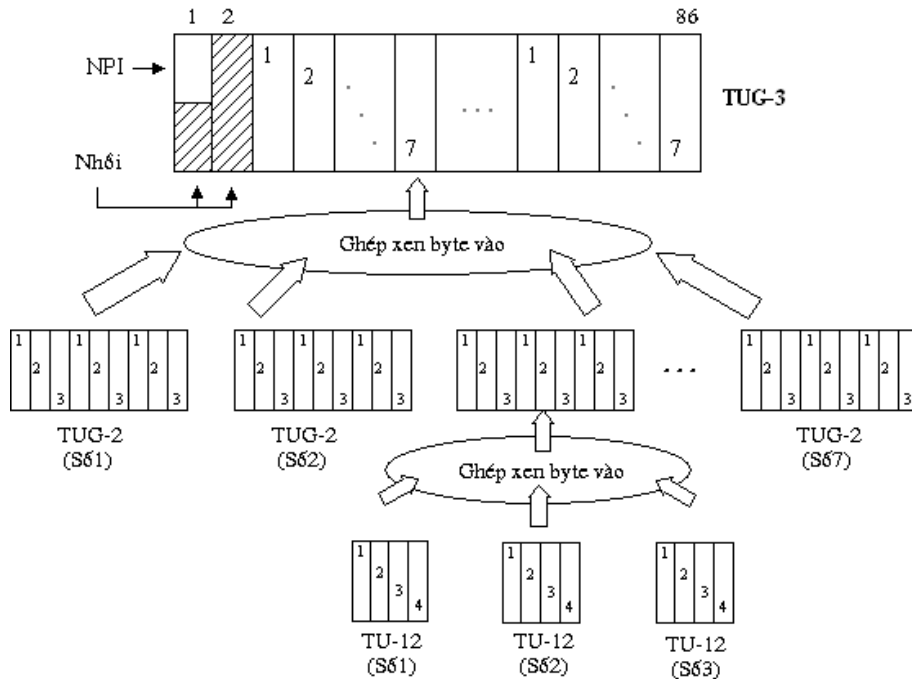
Một Container C-12 có thể được sử dụng để bố trí một tín hiệu cận đồng bộ, đồng bộ bit, đồng bộ byte 30 kênh hay đồng bộ byte 31 kênh. Trường hợp bố trí/ghép một tín hiệu cận đồng bộ C-12 sẽ được thảo luận chi tiết. Tiếp đó, những khác biệt giữa trường hợp cận đồng bộ và tất cả ba trường hợp khác sẽ được giải thích cận kề. Các bước chính của quá trình bố trí/ghép 63



Hình 3.25: C-12, VC-12, TU-12, TUG-2, TUG-3, VC-4, AU-4, AUG và STM-N

container C-12 vào một tín hiệu STM-1 (tức là $C-12 \rightarrow VC-12 \rightarrow TU-12 \rightarrow TUG-2 \rightarrow TUG-3 \rightarrow VC-4 \rightarrow AU-4 \rightarrow AUG \rightarrow STM-1$) được đúc kết trong Hình 3.25. Tuy nhiên, từ TUG-3 đến STM-1 tức là $TUG-3 \rightarrow VC-4 \rightarrow AU-4 \rightarrow AUG \rightarrow STM-1$ giống hệt như khi bố trí một tín hiệu C-4 (mang tín hiệu CEPT-4 như đã trình bày ở trên) vào một tín hiệu STM-1. Vì vậy các bước này sẽ được bỏ qua và chỉ thảo luận các bước chính cho quá trình bố trí/ghép 63 C-12 vào một tín hiệu STM-1 tới khi hình thành TUG-3. Các bước này bao gồm:

1. Một C-12 gồm 1 tín hiệu CEPT-1 hay bất cứ tín hiệu tương đương nào khác có tốc độ 2,048 Mbit/s. Chi tiết bố trí một tín hiệu CEPT-1 vào một container C-12 sẽ được trình bày sau cùng với Hình 3.28.
2. Một byte mào đầu đường được bổ sung vào một C-12 để hình thành một khung VC-12 có cấu trúc 1×35 trong khung 125 μs [xem Hình 3.26(C)]. Lưu ý rằng V5 được xem là byte đầu tiên của tải tin VC-12. Byte mào đầu đường VC-12 được bổ sung là V5 cho khung 125 μs thứ nhất, J2 cho 125 μs thứ 2, N2 cho 125 μs thứ 3 và K4 cho khung 125 μs thứ 4. Một siêu khung VC-12 500 μs có dung lượng 140 byte tải tin.
3. Bốn byte con trỏ TU-12 (V1 ~ V4) được thêm vào VC-12 để tạo thành một TU-12 (xem Hình 3.26). Các byte con trỏ TU-12 dẫn đầu bốn khung 125 μs trong mỗi siêu khung 500 μs . Tức là V1 dẫn đầu khung số 1, V2 dẫn đầu khung số 2, và vv.... TU-12 có cấu trúc 1



Hình 3.27: TU-12, TUG-2 và TUG-3 (tiếp)

125 μ s, mỗi khung có cấu trúc 1 \times 35 byte. Khung 125 μ s thứ nhất được dẫn đầu bởi byte V5, khung thứ 2 dẫn đầu bởi byte J2, khung thứ 3 dẫn đầu bởi byte N2 và khung thứ 4 dẫn đầu bởi byte K4.

A. Trong khoảng thời gian một siêu khung 500 μ s có 1023 bit thông tin (thuộc tải tin) được tính như sau:

$$3 \times 32 \times 8 + 31 \times 8 + 7 = 1023 \text{ bit}$$

ở đây 3 \times 32 \times 8 xuất phát từ 3 khối (32 \times 8I) trong ba khung 125 μ s đầu, 31 \times 8 từ khung 125 μ s thứ 4, và 7 từ byte trước khối (31 \times 8); trong byte này, bit đầu là bit cơ hội đồng chỉnh thứ 2 (S_2).

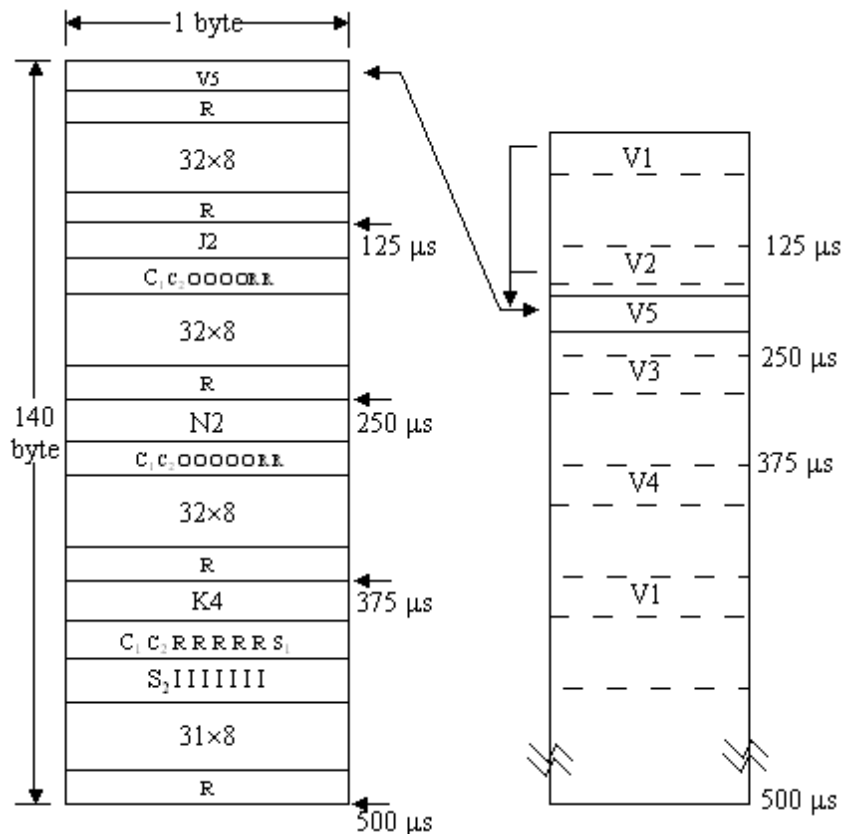
B. Hai nhóm 3 bit điều khiển nhồi ($C_i C_i C_i$, $i=1$ và 2); hai bit C từ byte nằm trên khối (32 \times 8I) của khung 125 μ s thứ 2, và 2 từ khung tiếp theo. Vì vậy cơ hội đồng chỉnh được thực hiện trên cơ sở 500 μ s. Nhóm 3 bit C này điều khiển cơ hội nhồi

- Nếu $C_i C_i C_i = 000$ thì bit S_i là bit dữ liệu
- Nếu $C_i C_i C_i = 111$ thì bit S_i là bit nhồi

Bỏ phiếu đa số sẽ được sử dụng để đưa ra quyết định nhồi trong bộ giải đồng bộ nhằm bảo vệ chống lại các lỗi bit đơn và kép trong các bit C.

C. Hai bit cơ hội nhồi (S_1, S_2): được sử dụng để điều hòa tín hiệu có tốc độ cao hơn tín hiệu có thể được mang bởi các bit thông tin I (sẽ được thảo luận sau).

D. Các bit còn lại là các bit nhồi cố định (RRR...R):



Hình 3.28: Cận đồng bộ E1, C-12, VC-12 và TU-12

$$5 \times 8 + 2 \times 2 + 6 = 50 \text{ bit } / (500 \mu\text{s})$$

Có 5 byte "R" trong 1 siêu khung, 2 bit "RR" trong hai byte chỉ thị điều khiển đầu tiên và 5 bit "RRRRR" trong byte chỉ thị điều khiển thứ 3. Chúng có thể được sử dụng cho tương lai. Dung lượng dự trữ này là 0,1 Mbit/s. Bằng cách bổ sung 0,1 Mbit/s này vào 2,050 Mbit/s (sẽ thấy dưới đây), ta có thể ước lượng dung lượng tối đa của VC-12 là khoảng 2,150 Mbit/s nếu toàn bộ dung lượng 0,1 Mbit/s này được sử dụng.

$$2,050 \text{ Mbit/s} + 0,1 \text{ Mbit/s} = 2,150 \text{ Mbit/s}$$

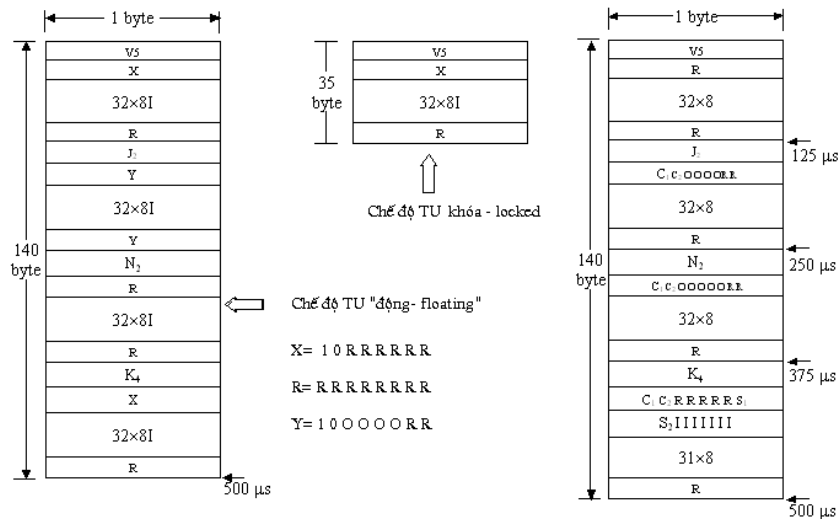
E. Từ tổ chức bit của khung con VC-12 SPE vừa mô tả trên, tốc độ CEPT-1 được rút ra như sau:

$$2000 \frac{500\mu\text{s}}{\text{s}} \times 1023 \frac{\text{bit}}{500\mu\text{s}} = 2,046 \text{ Mbit/s}$$

$$\text{Tốc độ danh định CEPT-1} = 2,048 \text{ Mbit/s}$$

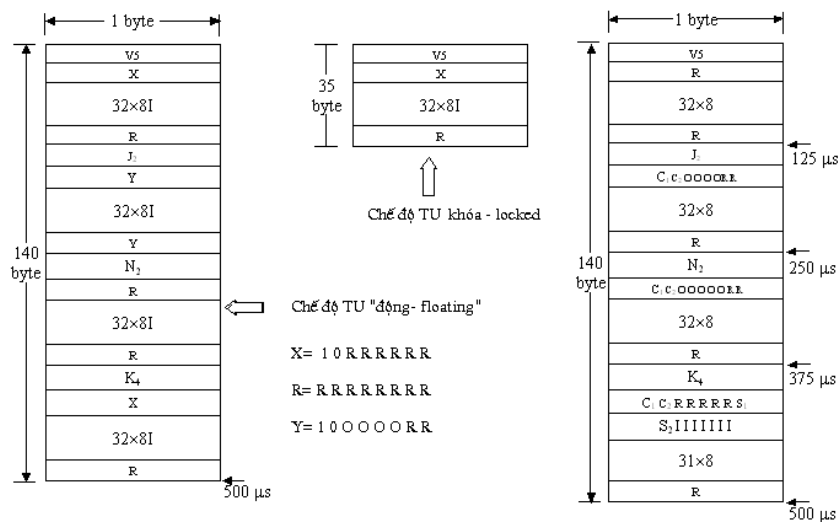
$$\text{Nếu 2 bit S được sử dụng thì tốc độ dữ liệu} = 2000 \times (1023+2) = 2,050 \text{ Mbit/s}$$

Tức là nếu ta chỉ sử dụng các vị trí "I" của container C-12 để truyền tín hiệu CEPT-1 thì CEPT-1 sẽ có tốc độ 2,046 Mbit/s. Tuy nhiên, CEPT-1 tốc độ danh định là 2,048 Mbit/s có tốc độ thực là $2,048 \text{ Mbit/s} \pm X \text{ ppm}$. Do đó, ta phải sử dụng các bit cơ hội đồng chỉnh "S" để điều hòa tốc độ cao hơn 2,046 Mbit/s sử dụng duy nhất các bit "I". Khi cả 2 bit S được sử dụng để truyền dữ liệu, tốc độ tín hiệu tối đa trở thành 2,050 Mbit/s lớn hơn $2,048 \text{ Mbit/s} + X \text{ ppm}$. Các



Hình 3.29: Cận đồng bộ E1, C-12, VC-12 và TU-12

tiêu chuẩn hiện tại điều hòa tốc độ tín hiệu (2,046 Mbit/s, 2,050 Mbit/s) có thể điều khiển một tín hiệu CEPT-1 với tốc độ từ 2,048 Mbit/s-980 ppm tới 2,048 Mbit/s+980 ppm. Bạn có thể tự hỏi lý do vì sao hai bit S (bit cơ hội đồng chỉnh) cần được sử dụng trong ứng dụng này. Câu trả lời như sau: Nếu chỉ 1 bit S được sử dụng thì sẽ có tổng cộng là 1024 ($\equiv 1023 + 1$) bit trên 1 siêu khung 500 μ s có thể được sử dụng cho truyền tải tin. Khi đó tốc độ tín hiệu trở thành 2,048 Mbit/s đúng bằng tốc độ danh định của một tín hiệu CEPT-1. Vậy khi xảy ra trường hợp tốc độ tín hiệu vào lớn hơn tốc độ danh định một chút thì C-12 sẽ không thể tiếp nhận tín hiệu này. Vì vậy, hai bit S sẽ là cần thiết thay vì 1. Bố trí tải tin C-12 có thể là tải tin cận đồng bộ hoặc là tải



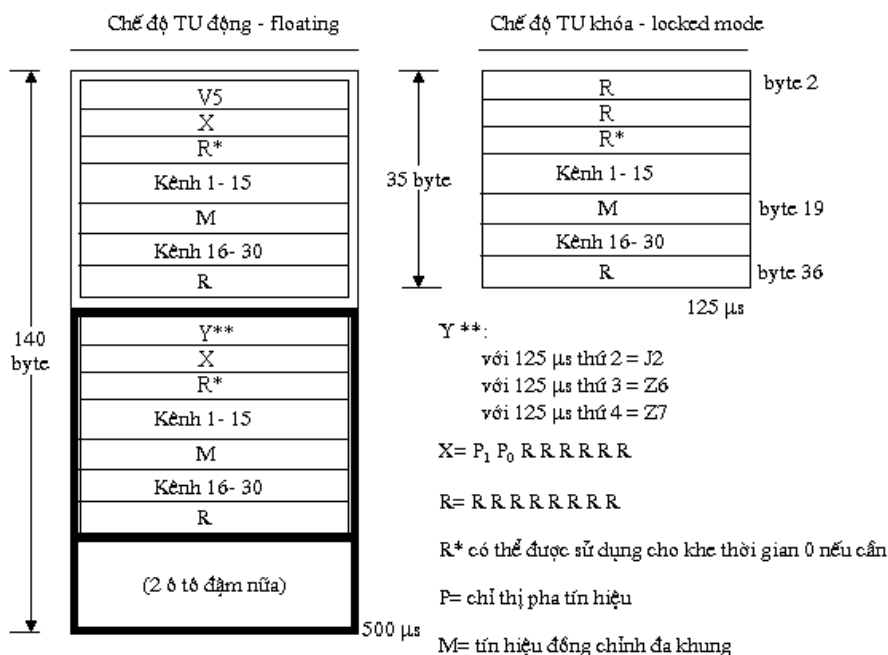
Hình 3.30: Bố trí C-12 đồng bộ bit so với bố trí C-12 cận đồng bộ

tin đồng bộ bit. Hình 3.30 chỉ ra sự khác biệt giữa hai quá trình bố trí tín hiệu C-12 cận đồng bộ vừa mô tả và tín hiệu C-12 đồng bộ bit. Do tín hiệu là đồng bộ nên không cần nhồi bit. Bên cạnh điều này việc bố trí C-12 đồng bộ bit hầu như giống với bố trí C-12 cận đồng bộ. Sau đây sẽ liệt kê những khác biệt giữa chúng.

- Trước tiên, byte "X" sau byte mào đầu đường V5 mang "10" và 6 bit "R" trong trường hợp

đồng bộ bit thay vì cả 8 bit "R" như trong trường hợp cận đồng bộ

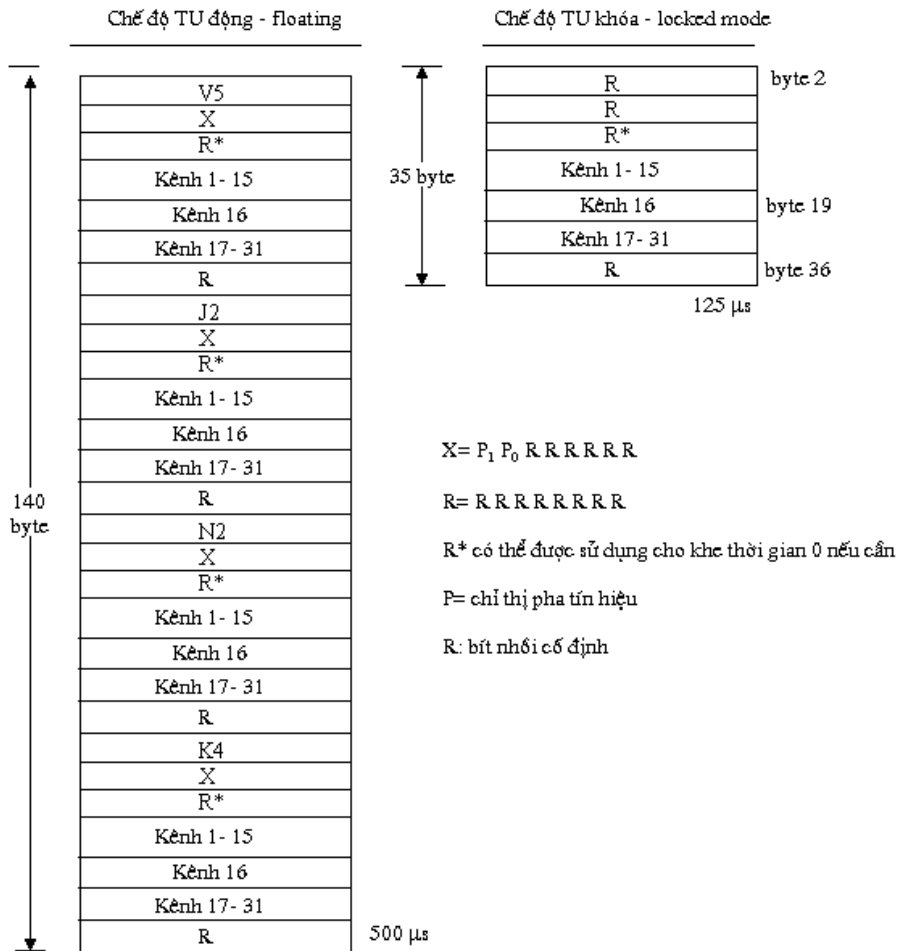
- Byte "Y" sau byte J2 mang "10", bốn bit thông tin mào đầu "O" và 2 bit "R" đối với trường hợp đồng bộ bit. Byte này mang các bit điều khiển nhồi, 4 bit "O" và hai bit "R" trong trường hợp cận đồng bộ.
- Byte đứng trước byte N2 cũng là một byte "Y" trong khi đối với trường hợp cận đồng bộ nó là một byte dự trữ "R"
- Byte đứng sau N2 là byte dự trữ cho trường hợp đồng bộ. Mặt khác trong trường hợp cận đồng bộ nó giống như byte đứng sau byte J2.
- Byte đứng sau byte K4 lại là một byte "X" cho trường hợp đồng bộ bit. Trong trường hợp cận đồng bộ, byte này mang thêm 2 bit điều khiển nữa, 5 bit dự trữ và chỉ một bit cơ hội đồng chỉnh.
- Đối với trường hợp đồng bộ bit, do tín hiệu là đồng bộ nên có 4 khối $32 \times 8I$ để mang 32 kênh CEPT-1. Đối với trường hợp cận đồng bộ, chỉ có ba khối $32 \times 8I$ cộng với 1 khối $31 \times 8I$. Do đó, thay vì một byte "X" ta phải sử dụng byte đứng trước khối $31 \times 8I$ để mang tải tin CEPT-1. Do bản chất cận đồng bộ, byte này mang 7 bit "I" và một bit cơ hội đồng chỉnh S_2 .



Hình 3.31: C-12 đồng bộ byte: 30 kênh

Bất cứ byte nào khác không được đề cập ở trên đều như nhau cho cả phương pháp bố trí đồng bộ bit và cận đồng bộ. Khả năng thứ 3 của ghép /bố trí C-12 là bố trí tải tin đồng bộ byte 30 kênh. Quá trình ghép tải tin 30 kênh này được trình bày trên Hình 3.31.

Đa khung 500 μs mang tổng cộng 140 byte. Khung 125 μs đầu tiên gồm 1 byte mào đầu đường VC-12 (byte V5), một byte "X", 1 byte "R", 15 byte tải tin các kênh từ 1 đến 15, 1 byte "M" cho tín hiệu đồng chỉnh đa khung, 15 byte tải tin nữa cho các kênh từ 16 đến 30 và 1 byte



Hình 3.32: C-12 đồng bộ byte: 31 kênh

"R" nữa. Khung 125 μs thứ 2, thứ 3 và thứ 4 rất giống với khung 125 μs đầu tiên trừ ngoại lệ sau: Byte V5 được thay thế bởi byte J2 trong khung thứ 2, N2 trong khung thứ 3 và K4 trong khung thứ 4.

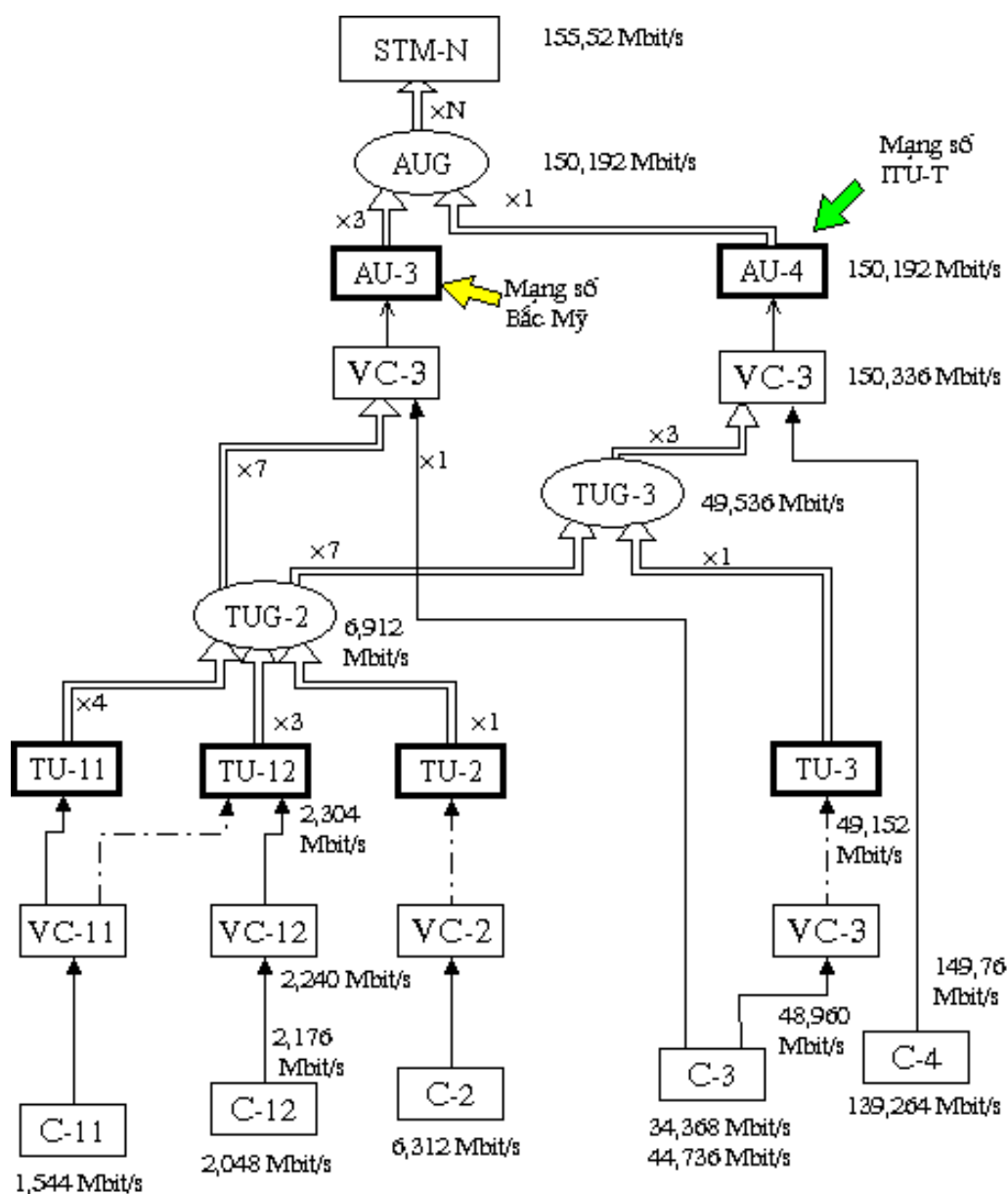
Lưu ý rằng trong mỗi khung 125 μs khung byte dự trữ đầu tiên "R*" có thể được sử dụng cho khe thời gian 0 nếu cần thiết. Các byte dự trữ khác là các bit nhồi cố định tại thời điểm hiện tại. Chúng có thể sẽ được sử dụng trong tương lai.

Khả năng bố trí/ghép C-12 thứ 4 là bố trí tải tin đồng bộ byte 31 kênh. Việc bố trí tải tin 31 kênh này được trình bày trong Hình 3.32. Thực tế giống như trường hợp đồng bộ byte 30 kênh ngoại trừ một điều là byte "M" được thay thế bởi một byte của tải tin 31 kênh, tức là kênh 16. Vì vậy các khe cho kênh từ 16 tới 30 trong ứng dụng trước trở thành kênh từ 17 đến 31.

Hình 3.30, 3.31 và 3.32 chỉ ra chế độ TU "khóa" và TU "động". Sự khác biệt giữa chúng, mục đích của chúng và chuyển đổi từ chế độ này sang chế độ khác sẽ được trình bày sau. Chế độ "locked-khóa" có thể sẽ sớm bị loại bỏ khỏi các tiêu chuẩn trong tương lai.

3.9 Tổng kết hoạt động ghép/bố trí: Diễn giải tốc độ tín hiệu

Phần trên trình bày các quá trình bố trí nhiều loại tải tin như CEPT-1, CEPT-3 và CEPT-4 vào một tín hiệu SDH STM-1. Để thiết kế hệ thống (phần cứng hoặc phần mềm), ta cần biết các loại tốc độ tín hiệu khác nhau từ một container bất kỳ tới tín hiệu STM-1. Ví dụ một tín hiệu CEPT-1 tốc độ 2,048 Mbit/s được bố trí vào một container C-12 mà trước tiên được chuyển vào VC-12, sau đó vào TU-12, vào TUG-2, vào TUG-3, vào VC-4, vào AU-4, vào AUG và cuối cùng là vào 1 tín hiệu STM-1. Các tốc độ tín hiệu của C-12, VC-12, TU-12, TUG-2, TUG-3, VC-4, AU-4 và AUG sẽ rất hữu ích đối với người thiết kế hệ thống. Vì vậy, các tốc độ này sẽ được diễn giải trong phần này. Để làm điều đó ta cần nhớ lại rằng 1 byte trong một STM-N ($N=1, 4, 16$ hay 64) có tốc độ 64 kbit/s hay 0,064 Mbit/s, một cột của STM-N có tốc độ 0,576 Mbit/s. Trước tiên ta bắt đầu từ hoạt động bố trí tín hiệu CEPT-1. Một VC-12 từ C-12 với một



Hình 3.33: C-12 đồng bộ bộ byte: 31 kênh

byte con trở TU-12 bổ sung để hình thành một tín hiệu TU-12 chiếm 4 cột của khung STM-1. Vì vậy tốc độ của 1 TU-12 và VC-12 tương ứng là 2,304 Mbit/s và 2,240 Mbit/s [hay $4 \times 0,576$ Mbit/s và $(2,304-0,064)$ Mbit/s]. Bốn byte mào đầu đường (V5, J2, N2, K4) được bổ sung vào C-12 để tạo nên 1 VC-12. Điều này dẫn tới tốc độ 2,176 Mbit/s ($\equiv 2,240-0,064$) cho C-12.

Một tín hiệu CEPT-3 tốc độ 34,368 Mbit/s được chuyển sang 1 VC-3 tốc độ 48,960 Mbit/s. Tốc độ này được diễn giải như sau:

Một TUG-2 chiếm 12 cột của khung STM-1 và có tốc độ là 9,612 Mbit/s ($\equiv 12 \times 0,576$ Mbit/s). Một VC-3 được hình thành từ 7 luồng TUG-2 và một cột mào đầu đường VC-3 và có tổng cộng là 85 ($\text{equiv } 7 \times 12 + 1$) cột. Do đó tốc độ của VC-3 là 48,960 Mbit/s ($\equiv 85 \times 0,576$ Mbit/s).

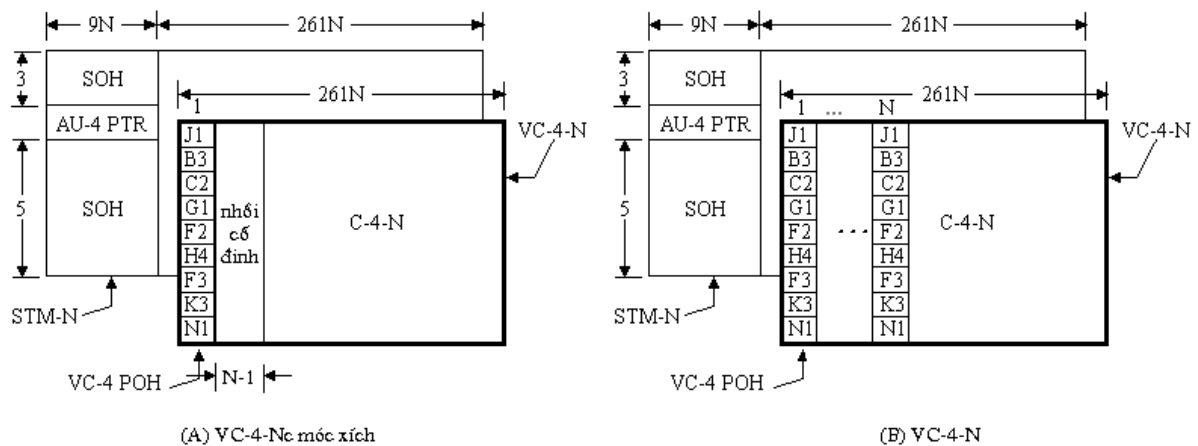
Sự khác nhau giữa một C-3 và một VC-3 là một cột mào đầu đường VC-3. Vì vậy tốc độ của VC-3 là 48,384 Mbit/s ($\equiv 48,960-0,576$). Một VC-3 và 3 byte con trở TU-3 hình thành nên một TU-3. Vì vậy tốc độ của TU-3 là 49,152 Mbit/s ($\equiv 48,960+3 \text{ times } 0,064$). Từ Hình 3.23 ta có thể thấy rằng cột có chứa con trở TU-3 có 6 byte nhồi cố định trong một khung TUG-3. Vì vậy tốc độ của một TUG-3 là 49,536 Mbit/s ($\equiv 49,152 + 6 \times 0,064$). Ba TUG-3 với 1 cột mào đầu đường VC-4 và 2 cột nhồi cố định tạo nên 1 tín hiệu VC-4 (xem Hình 3.23). Vì thế tốc độ của một VC-4 là 150,336 Mbit/s ($\equiv 3 \times 49,536 + 0,576 + 2 \times 0,064$). Do 9 byte con trở AU-4 được bổ sung vào 1 VC-4 để hình thành nên 1 tín hiệu AU-4 nên AU-4 có tốc độ là 150,912 Mbit/s ($\equiv 150,336 + 9 \times 0,064$). Lưu ý rằng một tín hiệu AU-4 cũng chính là 1 tín hiệu AUG.

Cuối cùng, tín hiệu STM-1 được tạo ra bằng việc bổ sung 27 byte mào đầu đoạn lặp (RSOH) và 45 byte mào đầu đoạn ghép (MSOH) nên tốc độ của nó là 155,52 Mbit/s ($\equiv 150,912 + (27 + 45) \times 0,064$). Diễn giải tốc độ của tất cả các tín hiệu quan tâm (Hệ thống ITU-T) được thực hiện trong phần trên và được trình bày trên Hình 3.33.

3.10 Các tín hiệu móc xích

Có hai loại tín hiệu móc xích SDH có thể có một vài giá trị ứng dụng trong các mạng SDH. Đó là AU-4-Nc và TU-2-mc. Việc thảo luận sẽ bắt đầu từ tín hiệu AU-4-Nc. Ta đã biết rằng một tín hiệu AU-4 được thiết kế để mang một container C-4 có dung lượng 149,76 Mbit/s (xem Hình 3.33). Nếu có các dịch vụ trong tương lai đòi hỏi dung lượng lớn hơn 149,76 Mbit/s ta cần một phương tiện để chuyên chở tải tin cho các dịch vụ này. Một AU-4-Nc được thiết kế cho mục đích này. Hình 3.34 diễn tả một AU-4-N hay C-4-N tiêu chuẩn với N=4 hoặc 16 nằm trong một tín hiệu STM-N (N=4 hoặc 16). Khung này gồm N cột byte mào đầu đường VC-4. Nếu cấu trúc móc xích là cần thiết thì có duy nhất một cột byte mào đầu đường VC-4 được yêu cầu như chỉ ra trên Hình 3.34(A). Cột mào đầu đường VC-4 này có chức năng giống hệt như mào đầu đường VC-4 đã được mô tả ở phần trước. Có (N-1) cột nhồi cố định theo sau cột mào đầu đường VC-4 kể trên. Hai VC-4-Nc đã được đề xuất có tốc độ tín hiệu là 599,04 Mbit/s và 2396,16 Mbit/s tương ứng cho N=4 và N=16.

Một AU-4 có một con trở 9 byte được trình bày trên Hình 3.34. Chín byte này là H1, Y, Y, 1*, 1*, H2, H3, H3 và H3 [Hình (A)]. Vì vậy, một tín hiệu AU-4-Nc có 9N byte con trở AU-4 [Hình 3.34(A)]. Nói cách khác, có N nhóm con trở 9-byte (H1, H2) cho một tín hiệu AU-4-Nc. Con trở AU-4 thứ nhất có các chức năng thông thường. Và giá trị độ lệch con trở của con trở



Hình 3.34: VC-4-N so với VC-4-Nc (concatenated)

AU-4 thứ nhất này có phạm vi bình thường của nó như đã được mô tả trong mục 3.3.1. Tổ chức con trỏ được vẽ lại trong Hình 3.35(B): bốn bit "N", 2 bit "S", 5 bit "I", 5 bit "D". Hình 3.35(C) cho thấy tổ chức con trỏ của các con trỏ AU-4 thứ 2, 3, ... và thứ N. Kiểu ấn định con trỏ này được sử dụng làm chỉ thị mốc xích và không còn thực hiện các chức năng của một con trỏ AU-4 thông thường, ví dụ như con trỏ AU-4 đầu tiên. Chỉ thị mốc xích này quyết định rằng các bộ xử lý con trỏ sẽ tiến hành trên AU-4 đầu tiên của AU-4-Nc.

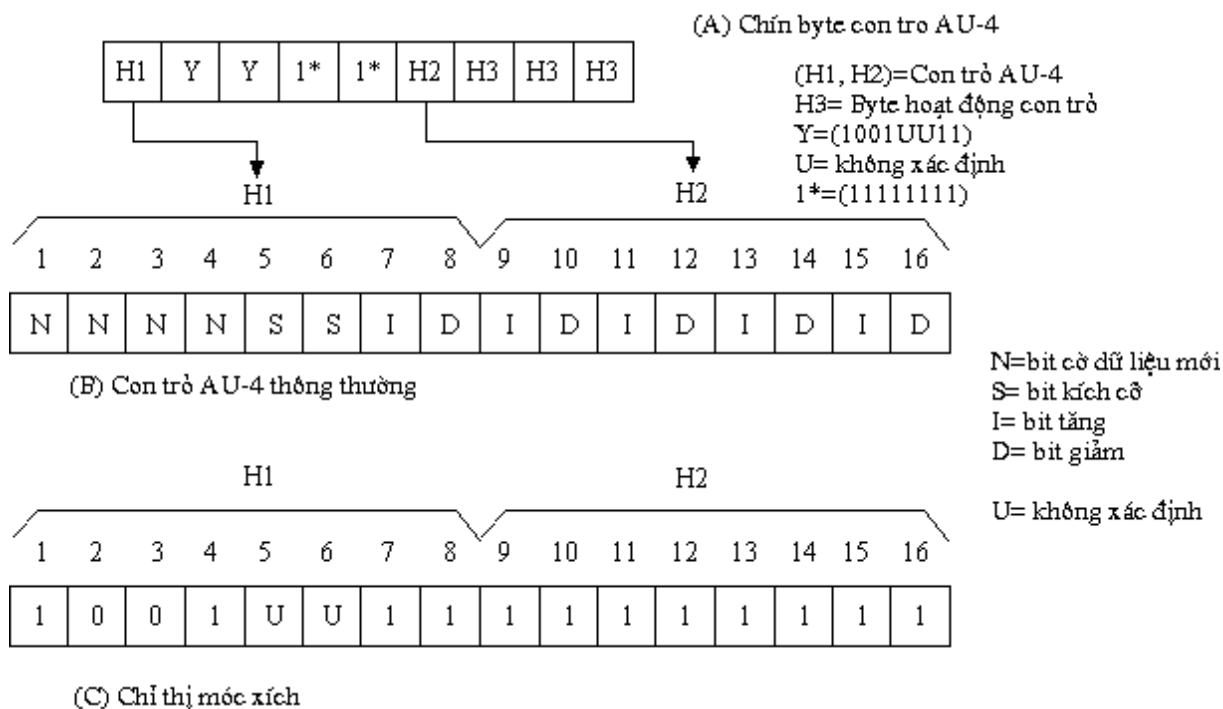
Tương tự như các AU-4, m TU-2 có thể được móc nối để hình thành một TU-2-mc, nếu tải tin đòi hỏi một dung lượng lớn hơn dung lượng C-2 6,784 Mbit/s. Các luật sử dụng để móc nối các TU-2 có thể được nhóm vào 3 loại: (1) móc nối các TU-2 kề nhau trong VC-3 cấp cao hơn; (2) móc nối kiểu chuỗi các TU-2 trong VC-4 cấp cao hơn; và (3) móc nối ảo các TU-2 trong VC-4 cấp cao hơn. Trong trường hợp móc nối các TU-2 kề nhau trong VC-3 cấp cao hơn ta có thể áp dụng chỉ thị mốc xích "1001" trong các bit từ 1 tới 4, "không xác định" trong các bit 5 và 6, còn lại là "1" cho các bit từ 7 đến 16 của con trỏ TU-2. Nó hoàn toàn giống với AU-4-Nc và được chỉ ra trên Hình 3.35(C). Mốc xích quyết định rằng bộ xử lý con trỏ TU-2 thực hiện tất cả các hoạt động như được chỉ ra bởi con trỏ TU-2 đầu tiên trong TU-2-mc, như trong xâu AU-4-Nc. Lưu ý rằng trong loại mốc xích này VC-2-mc chứa mào đầu đường container ảo đơn xuất hiện trong VC-2 số 1 của VC-2-mc.

Mốc xích tuần tự các TU-2 trong VC-4 cấp cao hơn cho phép truyền đồng thời một vài TU-2-mc và TU-3 trong cùng một tải tin VC-4. Chi tiết của loại mốc xích này đang được nghiên cứu thêm.

Loại mốc xích TU-2 thứ 3 là mốc xích ảo các TU-2 trong VC-4. Loại mốc xích này cho phép truyền một VC-2-mc trong $m \times TU-2$ mà không sử dụng chỉ thị mốc xích trong các byte con trỏ. Nó chỉ đòi hỏi thiết bị kết cuối đường cung cấp chức năng mốc xích.

Nó đòi hỏi các tín hiệu Đơn vị Luồng được móc nối tại đầu phát của tuyến được phát ra với cùng giá trị con trỏ. Các đơn vị luồng tại mỗi giao tiếp sẽ được giữ trong một VC-4 cấp cao hơn.

Khi VC-4 cấp cao hơn được kết cuối, các



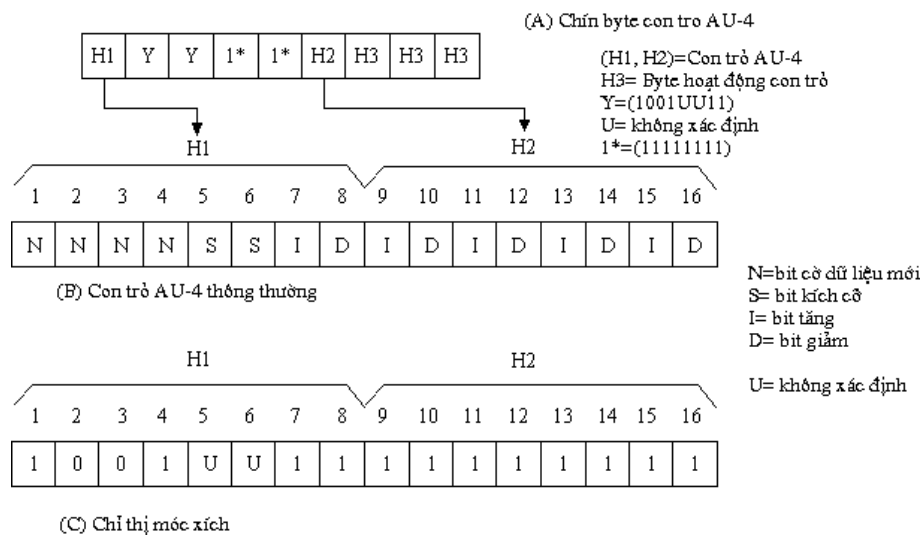
Hình 3.35: Con trỏ AU-4 và Chỉ thị Mốc xích

3.10.1 Chuyển đổi giữa chế độ Floating và chế độ Locked

Đối với tiêu chuẩn hiện tại, có hai phương pháp (chế độ) ghép các cấu trúc đơn vị luồng. Lựa chọn này có thể sẽ sớm bị loại bỏ khỏi bộ tiêu chuẩn. Hai chế độ này là:

A. Chế độ Floating (động) : Trong chế độ TU floating, bốn khung VC-n 125 μ s liên tiếp (n=11, 12 hay 2) được tổ chức thành một đa khung 500 μ s như được chỉ ra trên Hình 3.25, 3.26, 3.28, 3.31, 3.32... 3.34. Pha của đa khung này được chỉ ra bởi byte chỉ thị vị trí đa khung H4 của VC-m POH (m=3 hoặc 4). Khi hai bit cuối cùng của H4 là (00), nó chỉ ra khoảng 125 μ s đầu tiên trong đa khung 500 μ s; khi hai bit cuối của H4 là (01), nó chỉ ra khoảng 125 μ s thứ 2 trong đa khung 500 μ s vv...

B. Chế độ Locked (khóa) : Mặt khác, trong chế độ TU khóa, truyền tải là quá trình bố trí cố định tải tin có cấu trúc đồng bộ vào một VC-m (m=3 hoặc 4). Điều này có nghĩa là một quan hệ pha trực tiếp giữa thông tin luồng và vị trí của thông tin đó trong VC-m. Nói cách khác, thông tin về luồng là cố định và có thể nhận biết tức thì vị trí của nó so với con trỏ AU-m kết hợp với VC-m. Vì vậy, không con trỏ TU nào được yêu cầu và tất cả các byte của một TU hay TUG đều sẵn sàng dùng cho tải tin. Phần hình vẽ với dấu "locked mode" trong Hình 3.36 được dùng để giải thích khái niệm này. Ví dụ, đối với con trỏ TU-12, có 36 byte trong khung 125 μ s. Byte đầu tiên được ấn định làm con trỏ TU-12, V1, V2, V3 hoặc V4 trong chế độ floating. Một byte khác, có thể là byte thứ 2, V5 của khung 125 μ s này được ấn định làm VC-12 POH. 31 byte còn lại sẵn sàng dùng làm tải tin. Đối với một hoạt động ở chế độ locked, các chức năng này không còn bị yêu cầu, tất cả 36 byte thay vì 34 byte có thể được sử dụng cho bố trí tải tin. ứng dụng này của hoạt động ở chế độ locked của TU-12 thể được mở rộng cho TU-11 và TU-2.



Hình 3.36: Con trỏ AU-4 và Chỉ thị Móc xích

Hình 3.36 chỉ ra sự chuyển đổi giữa hai chế độ floating và locked. Byte đầu của mỗi khoảng 125 μ s không còn được sử dụng làm một con trỏ TU-n (n=11, 12 hay 2), vì vậy nó được dự trữ và có thể được sử dụng để bố trí tải tin. Tương tự byte V5 (byte thứ 2) trong chế độ locked cũng được dự trữ. Đa khung VC-n 500 μ s là không cần thiết. Vai trò của byte chỉ thị đa khung H4 trong chế độ locked là để xác định các khung báo hiệu 2 và 3 ms cho việc bố trí tải tin đồng bộ byte, chẳng hạn như bố trí C-12 đồng bộ byte (chỉ ra trên Hình 3.31 hay 3.32).

Chương 4

Định thời và Đồng bộ (Timing and Synchronization)

Mục đích của chương

Sau khi hoàn thành chương này bạn có thể

- Mô tả đồng bộ khung: mục đích và ứng dụng của nó, việc thảo luận sẽ bắt đầu
- Thảo luận về đồng bộ mạng: mục đích của nó, các thuộc tính, tính năng chính và cấp đồng bộ
- Mô tả sự khác biệt giữa đồng bộ mạng riêng và đồng bộ mạng công cộng.
- Thảo luận về phân cấp đồng hồ được sử dụng trong mạng số.
- Thảo luận về các phương pháp nén zero khác nhau để nén các bit 0 liên tục trong luồng bit số nhằm cải thiện khả năng khôi phục định thời tại máy thu, các phương thức này là mã đường truyền và ngẫu nhiên hóa.

Tóm tắt chương

- Các vấn đề chủ yếu liên quan tới thông tin kỹ thuật số nhằm đạt được chất lượng truyền tin và quản lý thông tin (IM&M) cao bao gồm : khôi phục thời gian, đồng bộ mạng và đồng bộ khung.
- Đồng bộ khung
- Đồng bộ khung SONET/SDH: nó có thể được sử dụng để định vị các byte con trở và bất cứ byte mào đầu truyền tải nào khác.
- Đồng bộ mạng: mục đích của nó, các thuộc tính chính và thực hiện đồng bộ mạng,; ba cấp đồng bộ; phân cấp đồng hồ đồng bộ mạng: strata 1, 2, 3 và 4; cấu trúc đồng bộ, các yêu cầu về độ chính xác của đồng hồ, các yêu cầu về tỷ lệ trượt đối với nhiều loại đồng hồ stratum khác nhau; đồng hồ và khôi phục thời gian (các chức năng và hoạt động của đồng hồ ; khôi phục thời gian bằng việc sử dụng mã đường truyền hay các bộ ngẫu nhiên hóa, và cấu hình định thời).

- Các yêu cầu đồng bộ SDH và các bản tin trạng thái đồng bộ

4.1 Giới thiệu

Do những tiến bộ về công nghệ cũng như nhu cầu về các dịch vụ ISDN băng rộng tăng mạnh, các mạng thông tin (riêng hoặc công cộng) đang tiến hóa sang các mạng số. Việc truyền thông tin qua các mạng số có rất nhiều thuận lợi. Tuy nhiên cũng có những vấn đề phức tạp liên quan tới truyền dẫn số. Để đạt được chất lượng Truyền tin và Quản lý thông tin cao thì các vấn đề này cần phải được giải quyết thỏa đáng. Trong số các vấn đề này nổi lên ba vấn đề chính rất quan trọng sau:

A. Khôi phục thời gian Một hệ thống số phải mang luồng bit số từ nguồn (máy phát) tới đích của tín hiệu (máy thu) với một chất lượng có thể chấp nhận được. Một máy thu phải khôi phục luồng bit số này sang dạng tín hiệu số của nó. Nếu nguồn tín hiệu là một máy tính hay một thiết bị đầu cuối thì tín hiệu khôi phục được khi đó có thể được phân phát trực tiếp tới người nhận đã định của nó. Mặt khác, nếu thông tin mang lưu lượng thoại thì tín hiệu số đã khôi phục này phải được biến đổi ngược lại sang dạng tương tự và phát tới người nhận. Trong bất cứ trường hợp nào, tín hiệu số được khôi phục nhất thiết phải giống tín hiệu đã được phát đi từ nguồn của nó. Nếu không hoàn toàn giống thì lỗi tạo ra trong dữ liệu phải được giảm tới mức tối thiểu. Để đạt được mục đích này, đồng hồ máy thu phải có độ chính xác nhất định so với đồng hồ được sử dụng tại máy phát. Cũng vậy, mối quan hệ về pha của đồng hồ máy thu và đồng hồ máy phát phải được giữ nguyên ở một trạng thái xác định. Công nghệ được ứng dụng nhằm đạt được mục đích này được gọi là "phương thức khôi phục thời gian"

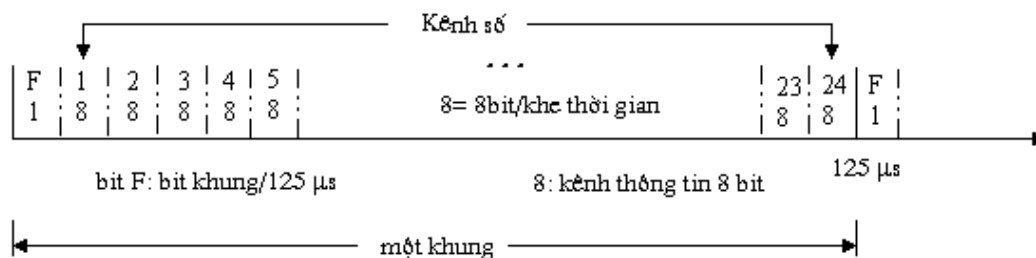
B. Đồng bộ mạng Thông tin toàn cầu đã trở thành một hoạt động không thể thiếu được trong xã hội ngày nay. Các mạng khác nhau (công cộng hay riêng: chuyển mạch hay không chuyển mạch) cần phải được kết nối với nhau. Đồng bộ mạng giữa các mạng này là cần thiết để đạt được truyền thông tin số với một chất lượng (hay tỷ số lỗi bit BER) có thể chấp nhận được. Các đồng hồ được sử dụng để tạo tín hiệu và khôi phục tín hiệu phải đáp ứng một số đặc tính kỹ thuật nhất định để đảm bảo việc đồng bộ mạng lưới.

C. Đồng bộ khung Bất kỳ một tín hiệu số nào được tạo khuôn thành một đơn vị thời gian nào đó được hiểu là một khung. Đơn vị thời gian thường được sử dụng nhất cho một khung là $125 \mu s$. Một luồng bit số thường chứa các bit số từ nhiều người sử dụng khác nhau. Bằng việc thiết lập khoảng thời gian khung, máy thu có thể phân tách luồng bit thành nhiều nhóm khác nhau và phân phát mỗi nhóm của luồng bit số tới người dùng đã định của nó. Một mẫu đồng bộ khung (gồm nhiều bit đồng bộ khung) thường được yêu cầu trong một luồng bit để đạt được "**đồng bộ khung**".

Ba vấn đề này sẽ được thảo luận trong chương này. Trước hết mối quan hệ giữa một luồng bit số và phương thức đồng bộ khung sẽ được xét qua với việc lấy một tín hiệu DS1 làm ví dụ. Thông qua ví dụ này ta sẽ có thể hiểu được sự cần thiết đồng bộ khung và khái niệm đồng bộ khung.

4.2 Đồng bộ khung

Trong Chương 1 chúng ta đã thảo luận ngắn gọn về đồng bộ khung. Hình ?? trong Chương 1 minh họa một tín hiệu DS1 có một bit đồng bộ khung được chèn vào cứ mỗi khoảng thời gian khung 193 bit hay $125 \mu\text{s}$. Hình 4.4 minh họa một tín hiệu DS1 mang một bit đồng bộ khung và 24 kênh 8 bit trong mỗi khoảng thời gian khung $125 \mu\text{s}$. Bit đầu tiên của một tín hiệu DS1 mang



Hình 4.1: Dạng tín hiệu DS1

một bit đồng bộ khung. Bit đồng bộ khung này làm việc như một dấu hiệu hay một cờ. Một tín hiệu số mang 24 kênh thoại hay sự kết hợp cả thoại lẫn số liệu với tốc độ $1,544 \text{ Mbit/s}$ và được gọi là tín hiệu DS1 [Tín hiệu số Bắc Mỹ- mức 1]. Một tín hiệu DS1 cũng được gọi là một tín hiệu hai nhóm. Đối với một hệ thống tương tự, 12 kênh thoại được ghép vào một tín hiệu tốc độ cao sau đó được truyền đi như một tín hiệu FDM (Frequency Division Multiplexed). Tín hiệu này được đặt tên là tín hiệu nhóm. Vì thế một tín hiệu DS1 mang 24 kênh thoại có dung lượng bằng hai lần tín hiệu nhóm; một tín hiệu hai nhóm vì vậy được gán cho một tín hiệu mang 24 tín hiệu tần số âm thoại (VF) được số hóa. Tín hiệu này được mang bởi một đôi dây đồng xoắn (cho một hướng truyền) và được gọi là hệ thống mang T1. T1 là một phương tiện truyền dẫn 4 dây với khoảng cách đoạn lặp điển hình là 6000 ft . Dịch vụ cấp bởi DS1 là một T1.5. Tốc độ DS1 có thể được rút ra từ:

$$(1 + 24 \times 8) \times 8000 = 1,544 \text{ Mbit/s}$$

ở đây 1 là một bit đồng bộ khung được thêm vào 24 kênh thoại trong khoảng thời gian khung $125 \mu\text{s}$; 24 đại diện cho 24 kênh thoại mang bởi một DS1; mỗi kênh (đôi khi gọi là một khe thời gian) có 8 bit trong một khung; và có 8000 mẫu trong 1 giây để chuyển đổi từ tín hiệu thoại tương tự sang tín hiệu số PCM 8 bit. Nếu 24 kênh dùng cho lưu lượng số phi thoại, ta có thể hình dung rằng thời gian được lượng tử thành các khung $125 \mu\text{s}$, và có 8000 khung như vậy trong mỗi một giây. Lưu ý rằng có 193 ($\equiv 1 + 24 \times 8$) bit trong 1 khung. Nói khác đi, một tín hiệu DS1 có một khung 193 bit.

Một điều cần nói nữa là các tín hiệu DS1 có thể được ghép vào một tín hiệu tốc độ cao hơn. Tín hiệu tốc độ cao hơn này sau đó có thể được truyền qua cáp đồng trục, vô tuyến số hoặc hệ thống cáp sợi quang.

4.2.1 Siêu khung và mẫu đồng bộ khung của một tín hiệu DS1

Để hiểu mục đích của bit khung ta giả thiết rằng một tín hiệu DS1 được thiết kế để mang 24 tín hiệu thoại (khách hàng thoại) đã được số hóa. Trước khi truyền đi bất kỳ một thông tin của

khách hàng nào, một bit "1" được tạo ra làm bit đánh dấu khung cho khung số 1. Bit này sau đó được kèm theo bởi 8 bit dữ liệu từ khách hàng số 1, 8 bit dữ liệu từ khách hàng số 2, 8 bit dữ liệu từ khách hàng số 3 ... và 8 bit dữ liệu từ khách hàng số 24. Quá trình này được lặp lại cứ mỗi khoảng 12 khung 1,5 ms. Với khung thứ 2, bit khung là "0"; với khung thứ 3, bit này cũng là "0", vv... Điều này được chỉ ra trên Hình . Một cấu trúc gồm 12 khung được gọi là một **siêu khung**. Sự kết hợp 12 bit khung của một siêu khung được gọi là mẫu khung hay **mẫu đồng bộ khung**. Một tín hiệu DS1 có dạng tín hiệu này được gọi là một tín hiệu DS1 SF (SuperFrame) khác với một tín hiệu DS1 ESF (Siêu khung mở rộng: sẽ được thảo luận sau) Từ Hình ta có thể

Khung số

1	1	$24 \times 8 = 192 \text{ bit : I}$
2	0	$24 \times 8 = 192 \text{ bit : I}$
3	0	$24 \times 8 = 192 \text{ bit : I}$
4	0	$24 \times 8 = 192 \text{ bit : I}$
5	1	$24 \times 8 = 192 \text{ bit : I}$
6	1	$24 \times 7 = 168 \text{ bit : I} \ \& \ 24 \times 1 = 24 \text{ bit S}$
7	0	$24 \times 8 = 192 \text{ bit : I}$
8	1	$24 \times 8 = 192 \text{ bit : I}$
9	1	$24 \times 8 = 192 \text{ bit : I}$
10	1	$24 \times 8 = 192 \text{ bit : I}$
11	0	$24 \times 8 = 192 \text{ bit : I}$
12	0	$24 \times 7 = 168 \text{ bit : I} \ \& \ 24 \times 1 = 24 \text{ bit S}$

I: thông tin

S= báo hiệu (các kênh A hoặc B)

Hình 4.2: Dạng siêu khung tín hiệu DS1

thấy rằng mẫu đồng bộ khung của một tín hiệu SF DS1 được cho bởi chuỗi sau:

1 0 0 0 1 1 0 1 1 1 0 0

Chuỗi này được sử dụng khi hệ thống truyền dẫn T1 được thiết kế vào đầu năm 1960. Vào thời điểm đó, PCM sử dụng để chuyển đổi 24 tín hiệu thoại thành 1 luồng bit số đã được quan sát và thấy rằng cơ hội mất đồng bộ khung do luồng bit thông tin có mẫu này là rất hiếm. Ta có thể chia mẫu 12 bit khung này làm hai phần:

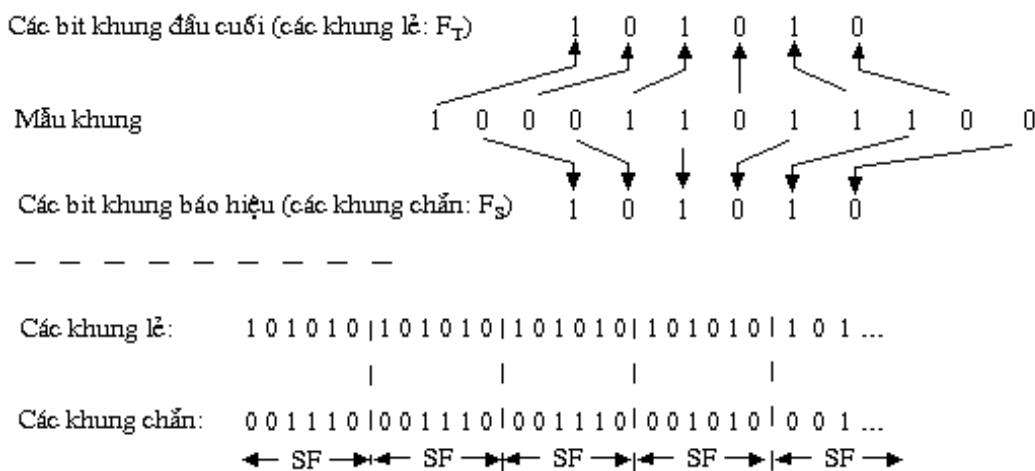
A. Các bit khung đầu cuối F_T - 6 bit khung từ 6 khung lẻ được cho như sau:

1 0 1 0 1 0 cho các khung lẻ

B. Các bit khung báo hiệu F_S - 6 bit khung từ 6 khung chẵn được cho như sau:

0 0 1 1 1 0 cho các khung chẵn.

Ta có thể dễ dàng nhớ được mẫu khung của tín hiệu DS1 cấu trúc SF này. Từ nửa dưới của Hình có thể thấy rằng các khung lẻ có luồng bit "...1010101010101..." trong khi các khung chẵn có luồng bit "...000111000111000...". Đối với các khung lẻ, khung đầu tiên luôn có một "1" làm bit đánh dấu khung trong khi đối với các khung chẵn, biên giới giữa hai SF là một "0" tách khỏi hai "0".

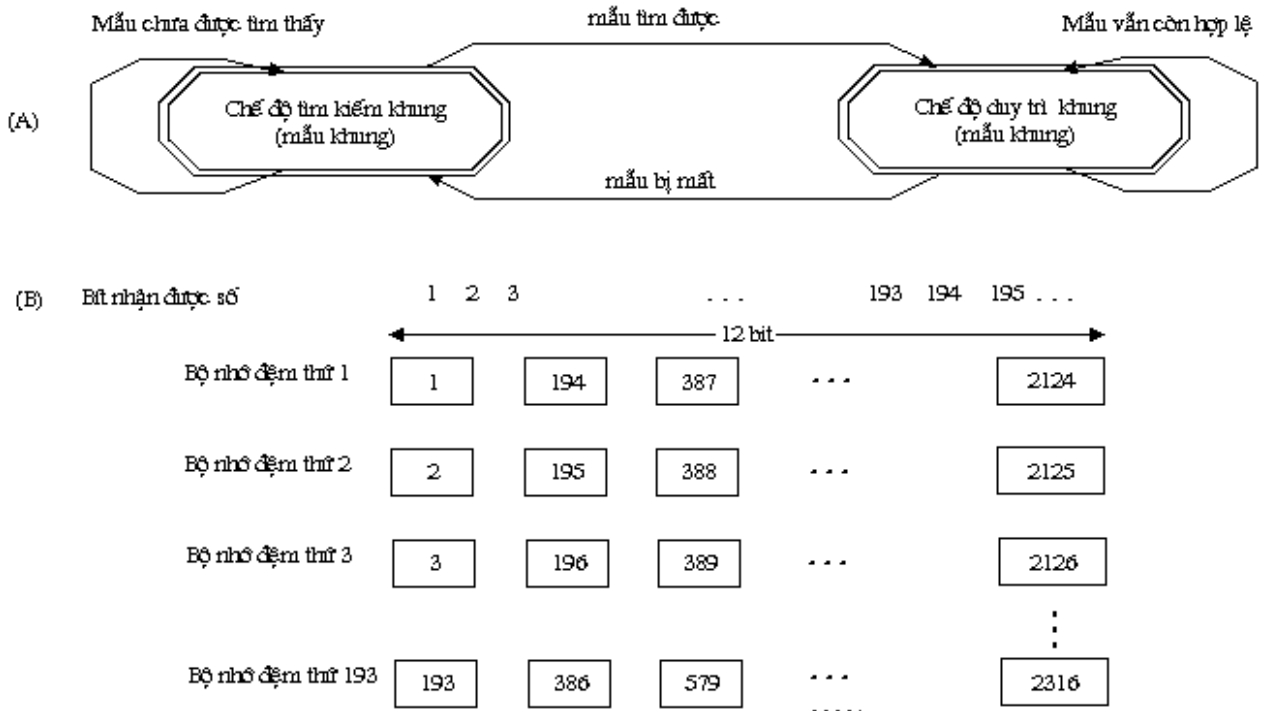


Hình 4.3: Mẫu khung DS1

4.2.2 Phát hiện mẫu khung của một tín hiệu DS1

Máy thu sử dụng một mẫu khung 12 bit (Hình 4.3) để đạt được đồng bộ khung tại máy thu. **Một khi đồng bộ khung này được thiết lập, máy thu có thể phân phát một cách chính xác và thông minh tất cả các byte 8 bit đến khách hàng đã định của chúng.**

Khi một hệ thống số được khởi động, một mẫu khung hợp lệ được tạo ra tại máy phát, máy phát này cũng sẽ phát đi một số kênh rỗng để lấp đầy 24 khe thời gian trong khoảng thời gian khung 125 μs . Mẫu khung 12 bit (Hình 4.3) được tạo ra liên tục và được chèn vào vị trí thích hợp của nó. Trong chu trình khởi động, máy thu sẽ khởi động chế độ tìm kiếm khung của nó như chỉ ra trong Hình 4.4(A). Máy thu sẽ thu thập 12 bit, với cứ hai bit liên tục cách nhau một khoảng 193 bit [xem Hình 4.4(B)]. Về mặt lý thuyết, máy thu cần 193 bộ nhớ đệm 12 bit. Bit thứ 1, 194, 387 ...và thứ 2124 được lưu trong bộ nhớ đệm thứ nhất [Hình 4.4(B)]. Và máy thu sẽ so sánh 12 bit (này từ mỗi bộ nhớ đệm) với mẫu khung. Quá trình này được thực hiện đồng thời nhằm giảm thời gian tìm kiếm khung. Nếu mẫu 12 bit phù hợp với mẫu khung cho trước thì đồng bộ khung được xác lập. Nếu một mẫu khung được chèn vào vị trí thích hợp của nó tại máy phát, một trong số 193 bộ nhớ đệm trong Hình 4.4(B) phải chứa mẫu khung. Khi đó máy thu sẽ đi vào chế độ duy trì khung đồng bộ của nó. 12 bit của các vị trí bit khung sẽ liên tục



Hình 4.4: Chế độ tìm kiếm mẫu khung và chế độ duy trì mẫu khung

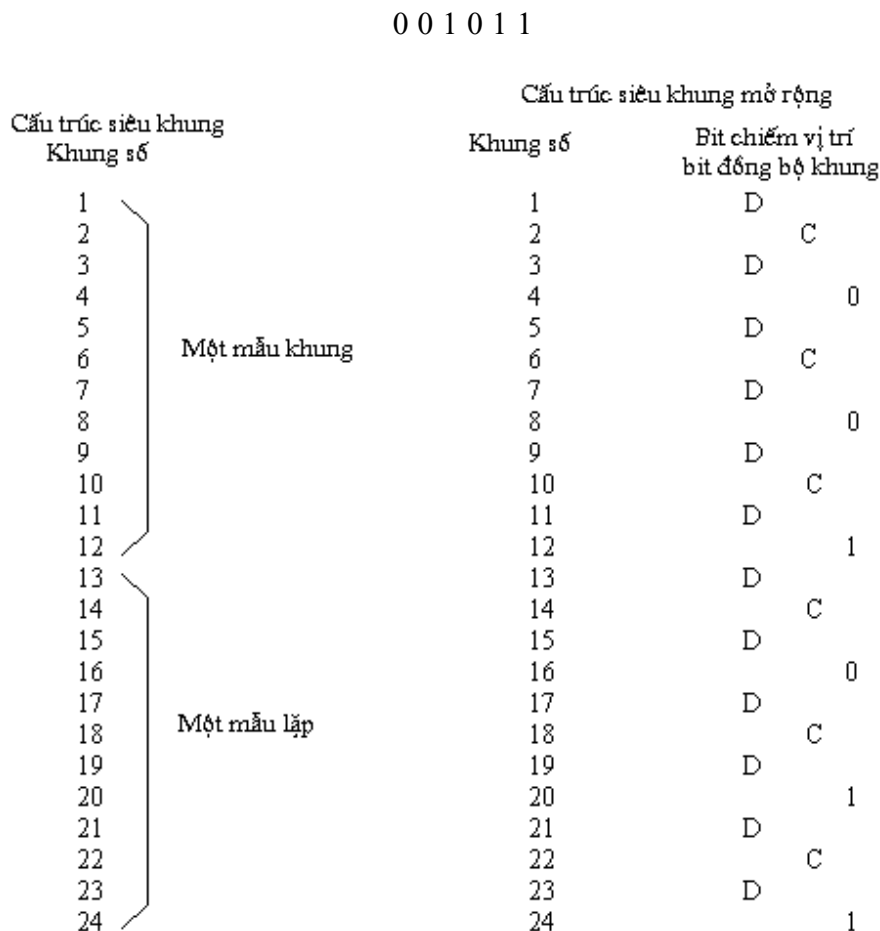
được kiểm tra so sánh với mẫu khung. Khi mẫu khung vẫn còn hợp lệ, hệ thống sẽ tiếp tục ở lại chế độ duy trì khung của nó. Sau khi đồng bộ khung được thiết lập, và bất cứ khi nào một khe thời gian hay nhiều khe thời gian sẵn sàng cho các bit dữ liệu, dữ liệu sẽ được ghép vào luồng bit với các mẫu khung hợp lệ.

ở chế độ duy trì khung, nếu mẫu khung bị mất trong vài khung liên tiếp thì hệ thống sẽ nhảy về chế độ tìm kiếm mẫu khung của nó. Thủ tục tìm kiếm mẫu khung khi đó sẽ bắt đầu. Nếu mẫu khung không thể tìm được thì hệ thống sẽ giữ nguyên ở chế độ tìm kiếm khung của nó. Đối với phần lớn các hệ thống số, sự cố mất đồng bộ khung được xác định trước được cho phép. Nếu mẫu khung không thể được tìm thấy trong một số khung nhất định thì hệ thống sẽ tuyên bố **"mất khung"**. Nếu có sẵn kênh (đường) dự phòng thì hệ thống quản lý mạng sẽ dời các dịch vụ khỏi đường hiện tại (đã mất đồng bộ khung) và chuyển mạch bảo vệ sẽ chuyển nó sang đường dự phòng.

4.2.3 DS1 cấu trúc siêu khung mở rộng (ESF)

DS1 được mô tả trong phần trên gọi là tín hiệu SF DS1 có một mẫu khung 12 bit. Mẫu khung được lặp lại cứ 12 khung 1 lần. Một tín hiệu DS1 khác được gọi là DSF DS1 (siêu khung mở rộng) có mẫu khung 6 bit như chỉ ra trên Hình.

Một số điểm về các loại tín hiệu DS1 này cần phải được đề cập. Trước hết, một DS1 ES sử dụng báo hiệu trộm bit. Nói cách khác, trong mỗi siêu khung, 1 bit bị lấy đi khỏi mỗi kênh trong số 24 kênh của khung số 6 và 12. Mẫu khung phải được lặp lại cứ 12 khung 1 lần. Đối với một tín hiệu DS1 ESF, báo hiệu trộm bit không được sử dụng. Một mẫu khung 6 bit được mở rộng vào hai siêu khung, tức là 24 khung:



Hình 4.5: Tín hiệu SF DS1 và tín hiệu ESF DS1

Các vị trí bit khung được cấp phát qua khoảng thời gian 24 khung (Hình 4.5) được sử dụng theo cách hoàn toàn khác SF DS1.

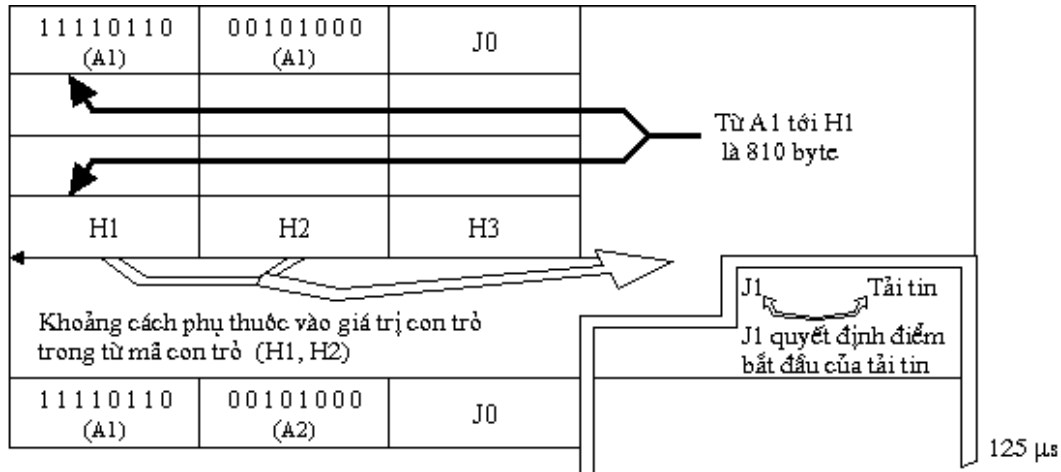
- A. các bit chiếm vị trí bit đánh dấu khung trong các khung số 4, 8, 12, 16, 20 và 24 được sử dụng làm mẫu khung
- B. Các bit chiếm các khung số 1, 3, 5, 7, ... và 23 được sử dụng cho báo hiệu. Chúng thường được nói tới như các tuyến số liệu hay các kênh thông tin số liệu (DCC). Chúng thực hiện các chức năng vẫn thường được thực hiện bởi các bit lấy trộm.
- C. 6 bit còn lại chiếm các khung số 2, 6, 10, 14, 18 và 22 được sử dụng để kiểm tra độ dư chu trình CRC qua 24 bit này để thực hiện chức năng phát hiện/sửa lỗi.

Đối với tín hiệu ESF DS1 này, mẫu khung không còn có độ dài 12 bit nữa, thay vì điều đó, nó có độ dài 6 bit. Báo hiệu trộm bit không còn được yêu cầu đối với sự sắp đặt này.

4.2.4 Đồng bộ khung SDH

Cũng giống như một tín hiệu DS1, một tín hiệu SDH phải mang mẫu khung trong luồng bit của nó. Việc tạo mẫu khung là nhiệm vụ quan trọng nhất của máy phát. Máy thu phải thiết lập đồng

bộ khung trước khi nó có thể khôi phục luồng bit của nó. Sau khi đồng bộ khung đã được thiết lập, máy thu có thể thực hiện được tất cả các chức năng của nó, một số chức năng này được mô tả ngắn gọn ở đây. Chương 2 đã làm sáng tỏ một điều rằng một tín hiệu STM-1 có mẫu khung



Hình 4.6: Mẫu byte khung và cấu trúc khung STM-1

dạng số Hex F628 [F628: 1111 0110 0010 1000 (A1, A2)] và được chứa trong hai byte khung A1 và A2. Có một sự khác biệt giữa mẫu khung này và mẫu khung của tín hiệu DS1. [A1, A2] là một mẫu tập trung trong 1 khoảng thời gian khung 125 μs (Hình 4.6). Mẫu khung của một tín hiệu DS1 được phân bố qua 12 khung của một siêu khung 1,5 ms. Đối với một tín hiệu ESF DS1, mẫu khung "001011" được phân bố qua quãng thời gian 24 khung 3 ms.

Tại máy phát, mẫu khung 16 bit chứa đựng trong 2 byte (A1, A2) được tạo ra và đặt vào hai byte đầu tiên của mỗi khung 125 μs (Hình 4.6). Ta cần ghi nhớ một điều rằng mẫu khung này không thể bị xáo trộn (hay ngẫu nhiên hóa) tại máy phát. Sở dĩ như vậy là do máy thu cần mẫu khung này để thiết lập điểm bắt đầu của khung vật lý 125 μs. Một khi vị trí này được nhận biết tại máy thu, thì bit được sử dụng tại máy thu nhằm đặt lại (reset) bộ giải ngẫu nhiên có thể được định vị. Như đã trình bày trong Hình 4.6, một khi mẫu (A1, A2) được định vị, máy thu có thể đưa ra những quyết định quan trọng sau:

A. Chức năng đặt lại (resetting): Bộ ngẫu nhiên hóa (tại đầu phát) phải được đặt lại cứ 125 μs một lần. Bit có ý nghĩa nhất (MSB) của byte theo sau byte dò vết đoạn (J0) của STM-1 thứ N của một tín hiệu STM-N được sử dụng để thực hiện chức năng đặt lại (reset) này. Tức là MSB của byte đầu tiên sau hàng đầu tiên của mào đầu đoạn (Hình 4.6) của một tín hiệu STM-N được sử dụng để reset bộ ngẫu nhiên hóa về giá trị ban đầu "1111111" do bộ ngẫu nhiên hóa của SDH là một bộ ngẫu nhiên hóa 7 bit đại diện cho đa thức sinh $1 + X^6 + X^7$. Xem Hình Phụ lục ?? . Tương tự bộ giải ngẫu nhiên hóa tại đầu thu phải được reset cũng bởi bit đó về cùng giá trị ban đầu cứ 125 μs một lần. Vị trí của các byte khung, A1 và A2 vô cùng quan trọng để định vị tất cả các vị trí byte của mào đầu truyền tải, kể cả các byte mào đầu đoạn. Nếu không có mẫu khung này, hoặc nếu mẫu khung bị xáo trộn thì bit được sử dụng để reset bộ ngẫu nhiên hóa và bộ giải ngẫu nhiên không thể được định vị

B. Xác định vị trí của các byte con trỏ STM-1, H1 và H2: Khi mẫu [A1, A2] đã được nhận ra, tức là máy thu đạt được đồng bộ khung của nó. Con trỏ STM-1 (H1, H2) có pha có

định so với khung STM-1. Nói cách khác, byte đầu tiên của con trỏ, tức là H1 nằm cách A1 810 byte đối với tín hiệu STM-1. Một khi từ mã (H1, H2) đã được định vị, Tải tin đồng bộ STM-1 SPE sẽ được xác định. Tải tin của một tín hiệu STM-1 khi đó được xác định một cách duy nhất. Lưu ý rằng (H1, H2) cũng xác định các vị trí của tất cả các byte mào đầu đường STM-1.

C. Xác định vị trí của các byte con trỏ VT-n (V1, V2): Đối với truyền tải luồng cấp thấp (chẳng hạn như DS1, E1, DS2) một khi byte mào đầu đường VC-4 POH (chẳng hạn như J1) được định vị thì ta có thể xác định vị trí của từ mã con trỏ VT-n (V1, V2). Từ mã (V1, V2) tiếp tục được sử dụng để xác định vị trí của tải tin VT-n hay chính xác hơn là vị trí của byte mào đầu đường đầu tiên V5.

D. Xác định tất cả các byte mào đầu truyền tải STM-1 khác: Tất cả các byte mào đầu truyền tải SDH (mào đầu đoạn lợp và mào đầu đoạn ghép) có pha cố định so với mẫu khung. Chẳng hạn byte giám sát lỗi đoạn lợp (B1) hay byte giám sát lỗi đoạn ghép (B2) có thể được định vị một khi byte A1 được nhận biết.

4.3 Đồng bộ mạng

Phần này thảo luận mục đích của đồng bộ mạng. Ngoài ra, cấu trúc, thuộc tính, đặc điểm và mức đồng bộ sẽ được thảo luận.

4.3.1 Mục đích của đồng bộ mạng

Đồng bộ mạng là công nghệ nền tảng đảm bảo rằng việc truyền tin giữa vô vàn hệ thống phân chia thời gian đồng bộ khác nhau được thực hiện mà **không xảy ra** vượt mức (overflowing) hay dưới mức (underflowing) bộ nhớ đệm. Tràn hay dưới mức bộ nhớ đệm tạo ra sự giảm chất lượng đối với tín hiệu mang tin tức. Vượt mức và dưới mức được gọi là "trượt" (sẽ được nghiên cứu sau trong chương này) và được điều khiển bởi đồng hồ của hệ thống phân chia thời gian đồng bộ. Những ví dụ về các hệ thống này là:

- Các tổng đài
- Các hệ thống kết nối chéo
- Các bộ ghép kênh

4.3.2 Các thuộc tính chính của đồng bộ mạng

Ba thuộc tính chính của đồng bộ mạng được mô tả như sau:

A. Đồng bộ mạng là nguồn tài nguyên dùng chung do nó là một công nghệ hỗ trợ đằng sau của các ứng dụng mạng. Chẳng hạn, trong một tổng đài điện thoại, hệ thống đồng hồ của một tổng đài thường kiểm soát

- không chỉ về định nhịp (định thời) cho hàng ngàn mạch (lưu lượng thoại hoặc phi thoại) kết cuối trên tổng đài đó
- mà còn định nhịp cho tất cả các thiết bị đồng bộ trong tổng đài đó

Vì vậy, tất cả các dịch vụ chuyển mạch (tổng đài) và riêng phụ thuộc vào hoạt động đồng hồ của tổng đài đó.

B. Nó có thể biểu lộ những vấn đề nhạy cảm với đồng bộ

- Nếu ứng dụng của khách hàng chủ yếu là thoại, đồng bộ thường không phải là vấn đề lớn. Sở dĩ như vậy là do dịch vụ thoại có thể chịu đựng được trượt đồng hồ đồng bộ mà không ảnh hưởng quá mức tới chất lượng âm thoại
- Nếu các dịch vụ gồm số liệu băng tần thoại, dữ liệu số, fax, hoặc các dịch vụ số khác thì khách hàng có thể sẽ nhận ra chất lượng dịch vụ không thỏa mãn. Vì vậy, cuộc cách mạng số sẽ tập trung vào năng lực đồng bộ của mạng hiện có.
- Giải quyết các vấn đề đồng bộ thường khó khăn và tốn kém. Chuẩn đồng bộ có thể phải trải qua một loạt các đồng hồ và các phương tiện truyền dẫn nên nó có thể vượt ra ngoài biên giới của các hệ thống điều hành, chuyển mạch và truyền dẫn hiện có.

C. Sự phụ thuộc lẫn nhau giữa các mạng

- Một khách hàng khởi đầu bằng một mạng số liệu riêng, độc lập. Mạng này có thể hoạt động như một khu vực định thời riêng biệt, tất cả các đồng hồ tham khảo tới một nguồn đồng hồ đơn được lựa chọn, đồng hồ này có thể có một độ lệch tần số **một cách có hệ thống** rất đáng kể.
Do tất cả các đồng hồ trong mạng đó được tham khảo tới cùng một nguồn, độ sai lệch tần số thường là không quan trọng.
- Tuy nhiên, nếu một digital gateway được thiết lập giữa các mạng đồng bộ, việc đồng bộ phải được nâng cấp để loại trừ độ lệch tần số.

4.3.3 Ba cấp đồng bộ

Ba cấp đồng bộ là cấp bit, cấp khung và cấp khe thời gian. Đồng bộ cấp bit liên hệ tới các lớp vật lý, và liên quan tới các vấn đề về thời gian.

- Chèn đồng hồ
- Khôi phục đồng hồ
- Rung pha đường truyền
- Cửa sổ lấy mẫu trong các mẫu mắt (eye pattern)
- Can nhiễu Intersymbol (giữa các ký tự)
- Mật độ số 1

Đồng bộ cấp khung muốn nói tới sự cần thiết đạt được đồng chỉnh pha hợp lý cho máy phát và máy thu, chẳng hạn như sự bắt đầu và kết thúc của một nhóm bit có thể được đồng nhất. Nó ám chỉ tới một khoảng thời gian khung 125 μ s, như được mô tả trong các phần trước đây của chương này. Một quãng thời gian khung 125 μ s được định nghĩa như sau:

- (Đối với họ tín hiệu DS1): Một nhóm bit gồm 24 byte (hay khe thời gian) và một xung đồng bộ khung với tổng cộng 193 bit.
- (Đối với họ tín hiệu CEPT-1): Một nhóm bit gồm 32 byte cho tổng số 256 bit.

Đồng bộ cấp khe thời gian liên quan tới việc xử lý khe thời gian. Các khe thời gian được gửi đi từ một nút nguồn, với một tốc độ không đổi tới máy thu với một khoảng thời gian trễ cố định. Các khe thời gian được "ghép phân theo thời gian" vào một khung 125 μ s bởi một hệ thống số nằm tại một **nút nguồn** và được truyền đi bởi một hệ thống truyền dẫn số tới một hệ thống khác đặt tại **nút thu**. Trong điều kiện hoàn hảo, các khe thời gian được gửi từ nút nguồn với tốc độ không đổi và được phân phát tới **bộ nhớ đệm của hệ thống thu**. Hệ thống đọc các khe thời gian với thời gian trễ cố định và giả thiết rằng không có độ lệch ngẫu nhiên hay mang tính hệ thống nào của đồng hồ nút thu phát sinh trong mối tương quan với đồng hồ phát thì quá trình này sẽ tiếp tục mà không có sự biến đổi nào trong bộ nhớ đệm cùng với sự hợp nhất toàn vẹn khe thời gian.

4.3.4 Định nghĩa một số thuật ngữ được sử dụng

Rung pha (Jitter) : Là sự biến đổi ngắn hạn của thời điểm có ý nghĩa của tín hiệu số so với vị trí lý tưởng theo thời gian.

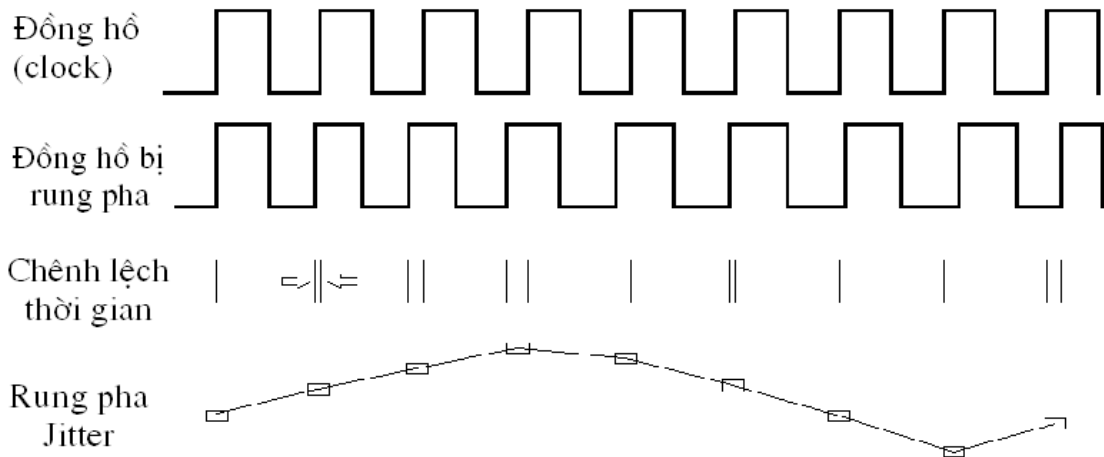
Trôi pha (wander) : Là sự biến đổi dài hạn của thời điểm có ý nghĩa của tín hiệu số với vị trí lý tưởng theo thời gian.

Trượt (slip) : Là sự lặp lại hay mất đi các cụm bit trong luồng bit số do sự không đồng nhất giữa tốc độ đọc và tốc độ ghi dữ liệu tại bộ nhớ đệm.

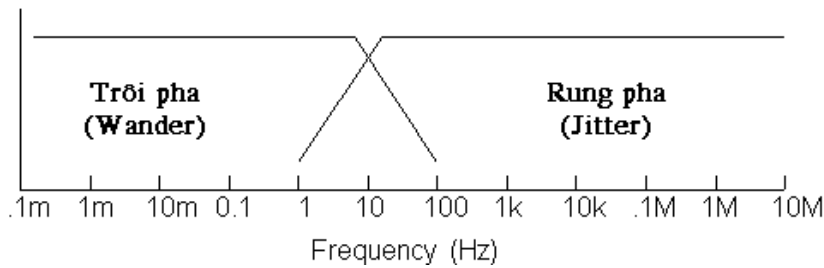
Phase hits : là sự thay đổi đột ngột, không kiểm soát được về pha của tín hiệu số được phát đi. Nó xuất hiện một cách ngẫu nhiên và kéo dài trong khoảng thời gian rất ngắn (vài phần giây)

Một cách hiểu khác về Jitter và wander là tưởng tượng một tín hiệu số biến đổi liên tục vị trí của nó theo thời gian bằng việc di chuyển tiến lên phía trước và lùi lại phía sau so với nguồn đồng hồ lý tưởng (xem Hình 4.7). Trong thực tế, trôi pha và rung pha của một tín hiệu số tương đồng với hoạt động điều chế pha của tín hiệu đồng hồ dùng để tạo dữ liệu (Hình 4.7). Trong tình huống thực tế, đương nhiên là rung pha gồm một dải rộng các tần số với các biên độ khác nhau.

Cả rung pha và trôi pha đều có cùng một biên độ: Tín hiệu bị di pha là bao nhiêu - và một tần số: tín hiệu di pha nhanh chậm như thế nào? Rung pha được định nghĩa trong tiêu chuẩn ITU-T G.810 là sự biến đổi pha có thành phần tần số lớn hơn hay bằng 10 Hz trong khi trôi pha được định nghĩa là sự biến đổi pha với tốc độ nhỏ hơn 10 Hz (Hình 4.8).



Hình 4.7: Sự biến đổi pha giữa hai tín hiệu



Hình 4.8: Phạm vi tần số của rung pha và trôi pha theo G.810

Đơn vị đo rung pha

Rung pha thường được chỉ định và đo mức biên độ pha lớn nhất trong một hay nhiều băng tần đo. Một giao tiếp có thể được chỉ định sử dụng nhiều băng tần đo khác nhau do ảnh hưởng của rung pha phụ thuộc vào tần số cũng như độ lớn của nó.

Độ lớn của rung pha được chỉ định theo đơn vị UI (khoảng đơn vị), theo đó 1 đơn vị UI của rung pha tương đương với độ rộng của một bit dữ liệu bất chấp tốc độ dữ liệu là bao nhiêu. Ví dụ, một tín hiệu ITU-T E-1 tốc độ 2,048 Mbit/s có UI=488 ns trong khi đó với một tín hiệu SDH tốc độ 155,52 Mbit/s có UI=6,4 ns.

Độ lớn của rung pha thường được lấy giá trị đỉnh - đỉnh chứ không lấy giá trị trung bình bình phương. Vì vậy, đối với một thiết bị mạng, giá trị đỉnh của rung pha gây ra lỗi bit.

Tuy nhiên, giá trị trung bình bình phương RMS thường hữu ích trong việc thiết lập mô hình đặc tính tích lũy rung pha trong các hệ thống đường truyền dài có sử dụng các thiết bị như các bộ lặp SDH.

Đơn vị đo trôi pha

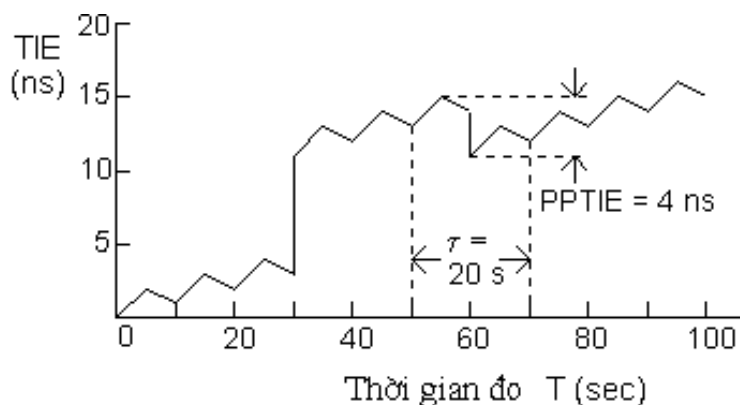
Đo trôi pha đòi hỏi nguồn tham khảo "trôi tự do", khi so sánh tương đối với nó, trôi pha của một tín hiệu được xác định. Bất kỳ một nguồn tham khảo sơ cấp PRC nào cũng có thể được sử dụng làm tham khảo cho phép đo này vì nó có độ ổn định dài hạn tốt hơn hoặc bằng 10^{-11} và độ ổn

định ngắn hạn tốt. Một PRC thường là một đồng hồ cesium hoặc có thể là một nguồn từ GPS.

Do nó liên quan tới các tần số thấp trong thời gian dài, các dữ liệu bị trôi có thể chứa đựng hàng giờ thông tin về pha. Tuy nhiên những biến đổi quá độ về pha rất quan trọng nên phân tích thời gian là cần thiết. Vì vậy để đưa ra thước đo chất lượng đồng bộ thì ba tham số đã được định nghĩa và được sử dụng để chỉ ra các mức giới hạn về chất lượng hoạt động.

- Sai số khoảng thời gian TIE (trôi pha tính theo ns)
- Sai số khoảng thời gian tối đa MTIE (quan hệ tới giá trị trôi đỉnh - đỉnh)
- Độ lệch thời gian TDEV (trôi tính theo giá trị trung bình bình phương RMS)

TIE được định nghĩa là sự biến đổi đỉnh-đỉnh pha của tín hiệu số được đo so với một tín hiệu tham khảo trong khoảng thời gian quan sát. TIE theo qui ước được đặt về 0 khi bắt đầu chu kỳ đo T. Vì vậy TIE cho sự thay đổi về pha kể từ khi phép đo bắt đầu. Một ví dụ về đo TIE được cho trên Hình 4.9. Xu hướng tăng là do độ lệch tần số vào khoảng 1ns/10s hay 10^{-10} trong trường hợp này.



Hình 4.9: Ví dụ về đo trôi pha

MTIE là thước đo trôi pha đặc trưng cho độ lệch tần số và thời gian quá độ pha. Nó là một hàm của khoảng thời gian quan sát

MTIE: là sự biến đổi đỉnh đỉnh lớn nhất của TIE trong bất cứ khoảng thời gian quan sát nào. Định nghĩa chức năng được cho trên Hình 4.10



Hình 4.10: Định nghĩa chức năng của MTIE

Để tính toán MTIE trong khoảng thời gian quan sát t nào đó từ phép đo TIE thì một cửa sổ với độ rộng thời gian t được di chuyển dọc theo toàn bộ khoảng thời gian của dữ liệu TIE, ghi

lại các giá trị đỉnh. Giá trị đỉnh là $MTIE(t)$ tại giá trị t đó. Quá trình này được lặp lại cho mỗi khoảng t mong muốn.

Ví dụ chỉ ra trên Hình 4.9 chỉ ra độ dài của số là 20 giây được đặt tại một vị trí nào đó. Giá trị TIE đỉnh-đỉnh cho cửa sổ đó là 4ns. Tuy nhiên khi cửa sổ 20 giây đó được di chuyển dọc theo toàn bộ chu kỳ đo thì giá trị lớn nhất của TIEpp (đỉnh-đỉnh) lại là 11 ns (khoảng 30 s kể từ khi bắt đầu phép đo).

Vì vậy $MTIE(20)=11$ ns.

4.3.5 Các nguyên nhân gây rung pha, trôi, trượt pha và phase hit.

Rung pha là số đo độ không ổn định theo thời gian và luôn tồn tại trong các hệ thống truyền dẫn. Rung pha có nguồn gốc từ nhiều nguyên nhân khác nhau trong hệ thống truyền dẫn số song chủ yếu có thể phân ra như sau:

- Rung pha tần số thấp (trôi) do thời gian trễ truyền dẫn của cáp biến đổi dưới tác động của sự biến động nhiệt độ chậm của môi trường đặt cáp.
- Rung pha do sự bất ổn định không tương quan giữa các nguồn đồng hồ
- Rung pha do tạp âm trong các mạch của bộ dao động sử dụng làm đồng hồ trong toàn hệ thống cũng như tạp âm trong các mạch logic gây ra cho các chuyển tiếp số và đồng hồ khi sườn xung bị dãn rộng.
- Nhiễu giao thoa giữa các ký tự làm méo dạng xung mỗi bit do đó làm thay đổi mức phát hiện xung, gây rung pha, trôi cho luồng bit được tái sinh.
- Tích lũy rung pha, trôi trong mạng làm tràn hay dưới mức bộ nhớ đệm gây ra trượt.
- Rung pha theo thời gian do biến đổi chậm độ dài đường truyền dưới tác động của nhiệt độ và do độ chính xác của đồng hồ cấp thấp khi bám theo đồng hồ chủ sơ cấp trong mạng.
- phase hit được gây ra bởi sự thay đổi nhiệt độ từ các đường truyền kim loại khác nhau, mở rộng và thu hẹp với các tốc độ khác nhau cũng như do những rung động và chấn động.

4.3.6 Phân cấp đồng hồ đồng bộ

Các đồng hồ được phân cấp dựa trên cấp chính xác tương đối của chúng. Chúng được chia làm các cấp thực hiện đồng bộ được gọi là cấp stratum. Các cấp được đánh số theo cấp bậc stratum (Bảng 4.1). Mỗi stratum từ 1 tới 4 có đồng hồ với mức độ chính xác, độ ổn định và (tiêu biểu) là giá thành giảm dần . .

Các đồng hồ **Stratum 1** là những đồng hồ nguồn của mạng được gọi là Đồng hồ Tham khảo Sơ cấp (PRC) hay Nguồn Tham khảo Sơ cấp (PRS). Các đồng hồ Stratum 2, 3 và 4 là các bộ thu tín hiệu định thời (xung nhịp) và tiêu biểu là mảng thiết bị truyền dẫn hay chuyển mạch.

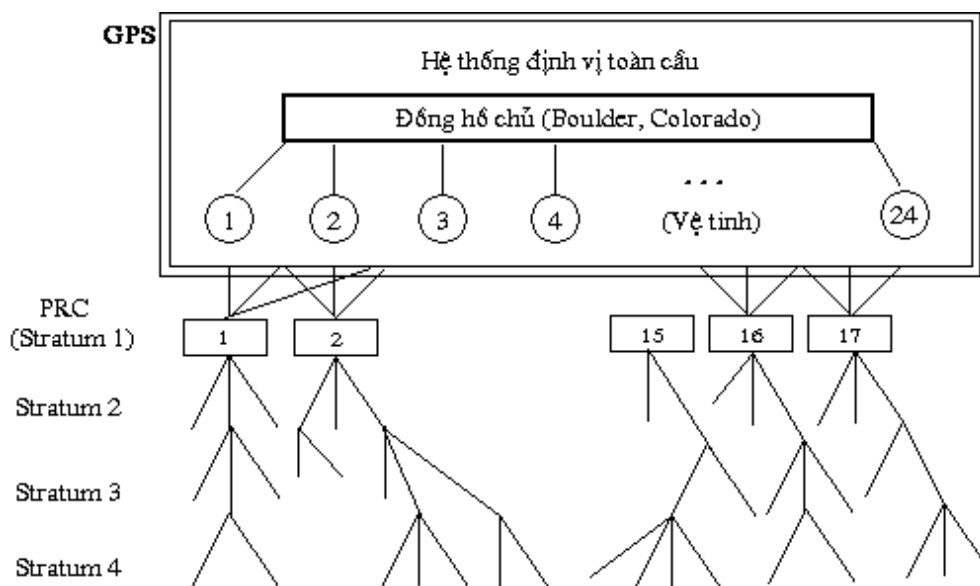
Các đồng hồ **Stratum 2** điển hình được tìm thấy trong các tổng đài đường dài (liên tỉnh) và một số thiết bị kết nối chéo số.

Bảng 4.1: Strata và các ứng dụng

Stratum	Ứng dụng
1	chuẩn cho mạng (PRC- Đồng hồ Chuẩn Sơ cấp)
2	Tổng đài trung kế Hệ thống kết nối chéo số DCS
3	Tổng đài nội hạt DCS Tổng đài DPBX Bộ ghép kênh
4	DPBX PCMux (Ghép kênh PCM) EXM (ghép kênh tổng đài: COT)

Các đồng hồ **Stratum 3** được tìm thấy trong các tổng đài nội hạt, thiết bị kết nối chéo số, một số tổng đài PBX và các bộ ghép kênh T1.

Các đồng hồ **Stratum 4** được tìm thấy trong hầu hết các thiết bị ghép kênh T1, tổng đài PBX và tất cả các kênh. Và nói chung được dùng làm đồng hồ kết cuối.



Hình 4.11: Kiến trúc đồng bộ hóa AT&T

Hình 4.11 cho thấy một ví dụ về phân cấp đồng hồ đồng bộ sử dụng trong các mạng số của AT&T. Phân cấp đồng hồ có 17 PRC (vào thời điểm năm 1995, hiện nay thì con số này đã tăng lên nhiều). Các PRC này được điều khiển bởi GPS. Các PRC này được sử dụng để tạo ra các đồng hồ cấp tiếp theo có chất lượng Stratum 2. Các đồng hồ Stratum 2 sau đó được dùng để tạo các đồng hồ stratum 3 và stratum 3 cuối cùng lại được sử dụng để tạo các đồng hồ stratum 4.

4.3.7 Phân loại đồng hồ

Đồng hồ được hiểu ở đây như là nguồn tín hiệu định thời sử dụng cho thiết bị mạng để cung cấp tín hiệu xung nhịp đến nút mạng. Tùy theo chức năng cung cấp tín hiệu định thời trong mạng, nguồn đồng hồ có thể được chia thành các loại như sau:

Đồng hồ thu : Thu tín hiệu định thời từ nguồn tín hiệu định thời cấp cao hơn, định nhịp hoạt động nội bộ, phân chia tiếp tín hiệu định thời tới đầu ra hoặc không nếu như là đồng hồ kết cuối.

Đồng hồ phát : Chính là những nguồn tham khảo sơ cấp PRS, phát và phân phối tín hiệu định thời tới các đồng hồ trong các mạng khác nhau, có độ ổn định tốt nhất toàn mạng. Tuy nhiên nó có thể lại trở thành đồng hồ thu trong trường hợp được điều khiển bởi GPS như đã trình bày trong phần trên.

Đồng hồ chủ : Cung cấp tín hiệu định thời tới thiết bị cục bộ hoặc đồng hồ khác.

Đồng hồ tớ : Định nhịp hoạt động nội nhòe tín hiệu định thời từ đồng hồ chủ - hay đồng hồ cấp cao hơn, khi mất tham khảo sẽ chuyển sang chế độ lưu giữ hay chạy tự do hoặc chuyển mạch sang nguồn đồng hồ khác).

Đồng hồ tham khảo : làm tham khảo cho đồng hồ nội tại nút mạng, thường được chọn với độ chính xác cao nhất có thể đạt được.

Đồng hồ nội bộ : là nguồn phát tín hiệu định thời tại nút mạng với độ chính xác của xung nhịp phụ thuộc vào tín hiệu từ đồng hồ tham khảo.

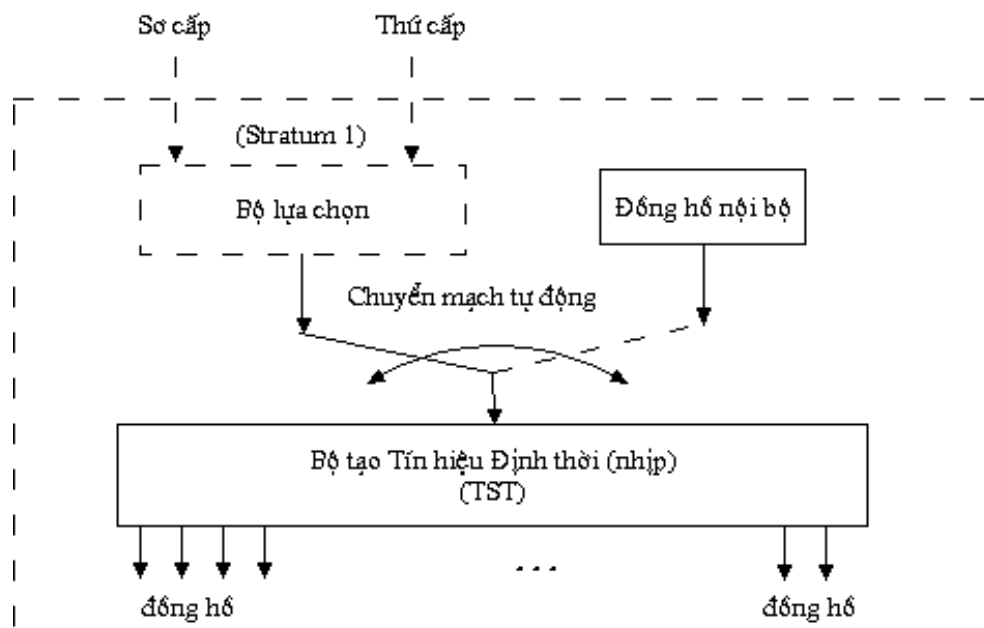
Tùy theo dạng tín hiệu định nhịp từ đồng hồ có thể có hai loại:

- Đồng hồ hoạt động thường xuyên (regular clock) và
- Đồng hồ hoạt động cách quãng (gap clock)

Nguồn đồng hồ đồng bộ mạng SDH có vai trò quyết định đến toàn bộ hoạt động của mạng mà trước hết là vấn đề đồng bộ mạng. Độ chính xác, vị trí, chức năng của đồng hồ trong mạng, cách thức cung cấp tín hiệu định thời cũng như yêu cầu về tín hiệu đầu ra được xem xét chặt chẽ nhằm tạo ra một mạng đồng bộ hóa đủ khả năng đáp ứng hoạt động dẫn hướng (steering) trong mạng SDH [2].

4.3.8 Kiến trúc đồng bộ mạng

Nhằm đạt được độ tin cậy cao, mạng đồng bộ bao gồm cả nguồn đồng bộ sơ cấp và thứ cấp (dự phòng). Mỗi nút đồng bộ nên tiếp nhận cả đồng hồ tham khảo thời gian sơ cấp và thứ cấp. Trong các mạng riêng, điều này không phải là lúc nào cũng làm được do thiếu kết nối với các mạng khác. Ngoài các đồng hồ tham khảo thời gian **sơ cấp** và **thứ cấp**, mỗi nút mạng được trang bị một đồng hồ nội bộ có thể chuyển mạch (tự động) những hồng học tạm thời của các nguồn



Hình 4.12: Cấp nguồn định thời gian tích hợp

chuẩn đồng bộ sơ cấp và thứ cấp sang nguồn nội bộ này. Độ chính xác của đồng hồ nội bộ này phải đạt mức ± 20 ppm hoặc tốt hơn.

Kiến thiết đồng bộ mạng như trên Hình 4.12 được gọi là BITS (Nguồn cấp tín hiệu định nhịp tích hợp) và được sử dụng rộng rãi trong các mạng số Bắc Mỹ. Nó cho phép tiêu chuẩn hóa các nguồn định thời cho các mạng số. BITS cũng giảm được các vấn đề sau:

- Sự phụ thuộc vào nhiều đồng hồ
- Mào đầu quản lý và bảo dưỡng
- phase hits
- Rung pha
- Trôi pha
- Những giây có lỗi

Trong một mạng, một đồng hồ đơn được chỉ định làm BITS, có độ chính xác cao nhất (tiêu biểu là Stratum 1). Trong hoạt động bình thường, Bộ tạo Tín hiệu Định thời (TSG) lựa chọn một đồng hồ stratum 1 để sử dụng làm đồng hồ sơ cấp. Nếu đồng hồ sơ cấp không đáp ứng tiêu chuẩn stratum 1 thì TGS sẽ chọn đồng hồ thứ cấp (cũng là một đồng hồ stratum 1). Nếu cả hai đồng hồ sơ cấp và thứ cấp làm việc không tốt thì TGS tự động chuyển mạch sang đồng hồ nội bộ dự phòng. BITS cung cấp tất cả các chuẩn đồng bộ cho DS1 và DS0 được yêu cầu cho đồng hồ tổng đài trong mạng. Tất cả các đồng hồ khác bên trong mạng nhận tín hiệu chuẩn thời gian từ BITS. Các đồng hồ này tạo ra tại các vị trí quan trọng (critical) được sử dụng để điều khiển tất cả các đồng hồ cần thiết của tất cả các vị trí trong mạng. Những yêu cầu về độ chính xác được liệt kê trong Bảng 4.2. Sơ đồ cung cấp đồng hồ tới các vị trí ngoài các vị trí quan trọng được gọi là "cấp định thời liên mạng". (Hình 4.11 cho thấy phân cấp đồng hồ).

Bảng 4.2: Những yêu cầu về tính tương thích đồng hồ stratum

Stratum	Độ chính xác tối thiểu	tốc độ trượt trong trường hợp xấu nhất	Lưu giữ (24 giờ đầu)
1	$1,0 \times 10^{-11}$	2/năm	không áp dụng
2	$1,6 \times 10^{-8}$	10/ngày	1×10^{-10}
3	$4,6 \times 10^{-6}$	130/giờ	255 slips
4	$3,2 \times 10^{-5}$	15/phút	không áp dụng

4.3.9 Độ chính xác của đồng hồ

Độ chính xác đồng hồ đối với mọi đồng hồ stratum được tổng kết trong Bảng 4.2. Trong bảng này, yêu cầu về độ chính xác tối thiểu, tốc độ trượt (hay tỉ lệ trượt) trong trường hợp xấu nhất, và khả năng lưu trữ trong vòng 24 giờ đầu tiên đối với mỗi đồng hồ được liệt kê.

Đồng hồ Stratum 1 là đồng hồ chạy tự do và không sử dụng tham khảo định thời cho việc điều khiển thời gian của nó. Stratum 1 phải duy trì độ chính xác tần số tốt hơn 1×10^{-11} . Nó có thể gồm toàn bộ tiêu chuẩn nguyên tử cesium sơ cấp. PRC không cần phải được thực hiện với các chuẩn nguyên tử sơ cấp; chẳng hạn như AT&T PRC gồm toàn bộ các tiêu chuẩn nguyên tử thứ cấp (Rubidium) được dẫn hướng dài hạn bởi hệ thống định vị toàn cầu GPS.

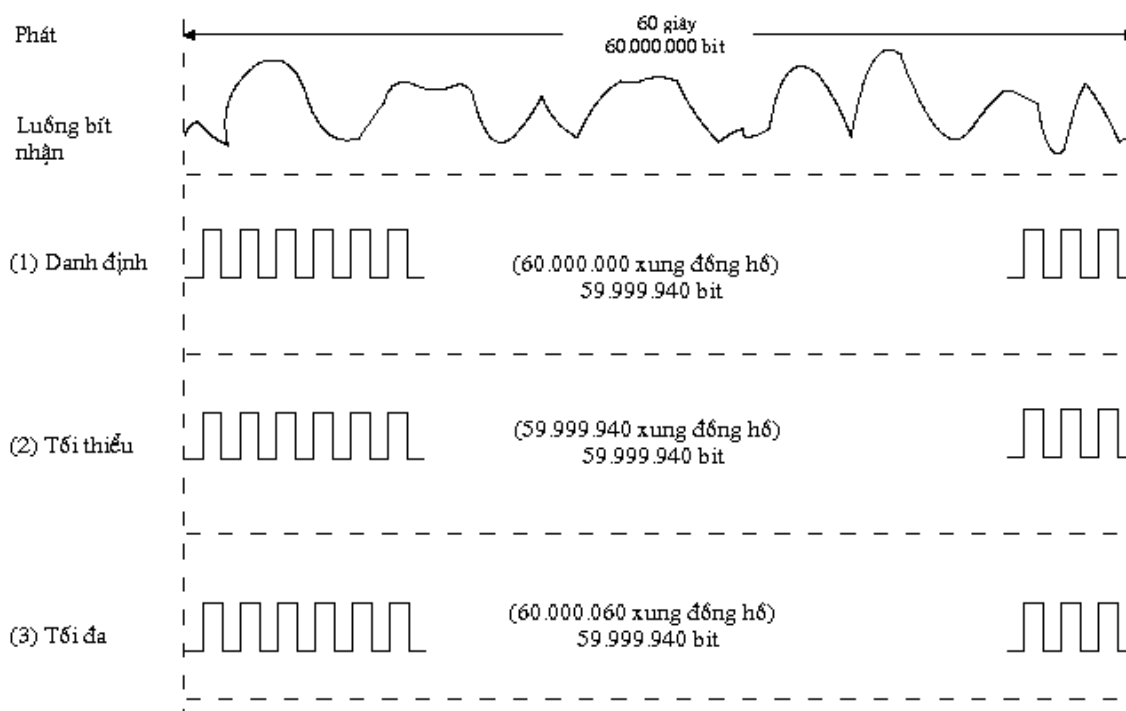
Sự góp mặt của tốc độ trượt của một đồng hồ stratum 1 chạy tự do đơn lẻ là không đáng kể. Một mạng nhận định thời từ hai đồng hồ stratum 1 chạy tự do (duy trì ở độ chính xác tần số 1×10^{-11}) trải qua tối đa 2 lần trượt trong một năm. Trượt này tạo ra là do độ không chính xác của đồng hồ. Mặt khác, một mạng với định thời lấy từ duy nhất một đồng hồ và không có kết nối nào ra ngoài sẽ không xảy ra trượt được tạo ra bởi độ không chính xác của đồng hồ nguồn định thời như vậy.

Chế độ hoạt động thông thường của một đồng hồ thu là tách tín hiệu định thời từ thời gian chuẩn của đồng hồ nguồn. ở chế độ này, đồng hồ máy thu phải có khả năng xử lý độ mất ổn định ngắn hạn của nguồn thời gian chuẩn (rung pha), và có thể chuyển mạch những giám đoạn ngắn hạn của tín hiệu thời gian chuẩn. Chẳng hạn, khi tín hiệu chuẩn (tham khảo) đầu vào trải qua những hư hỏng ngắn hạn thì các đồng hồ stratum 2 và stratum 3 phải lưu giữ được thời gian chuẩn trong khoảng $10 \mu s$. Những đồng hồ này không gây ra lỗi giữ thời gian lớn hơn 1000 ns (với mỗi chuyển mạch tham khảo hay thời gian quá độ so với nguồn thời gian của nó). Các đồng hồ stratum 4 không có yêu cầu giữ thời gian như vậy.

Chế độ hoạt động thứ hai của bộ thu là chạy khi mất nguồn thời gian chuẩn. "Lưu giữ - holdover" là khả năng duy trì độ chính xác tần số sau khi tất cả mọi tín hiệu chuẩn thời gian bị mất. (Bảng 4.2). Lưu ý rằng đối với stratum 4 đồng hồ ngay lập tức chuyển vào chế độ chạy tự do khi nguồn thời gian tham khảo (chuẩn) bị mất. Trạng thái chạy tự do ám chỉ tới độ ổn định của đồng hồ khi hoạt động của nó chỉ dựa trên hoạt động của các bộ dao động nội của riêng nó. *Tất cả các đồng hồ phải có khả năng khóa vào một đồng hồ chạy tự do cùng cấp stratum.*

4.3.10 Những yêu cầu đối với tốc độ trượt

Để hiểu về tốc độ trượt (*slip rate*) đòi hỏi phải có những hiểu biết về ý nghĩa và tầm quan trọng của độ chính xác đồng hồ được liệt kê trong Bảng 4.2. Đối với một hệ thống thông tin, độ chính xác đồng hồ là tương đối. Nếu một máy thu có một đồng hồ với tốc độ đúng bằng tốc độ đồng hồ của máy phát (ta có thể coi đồng hồ của máy phát này là đồng hồ tham khảo) thì đối với một truyền tải điểm - điểm, đồng hồ máy thu có độ chính xác là lớn vô cùng.



Hình 4.13: Tầm quan trọng của độ chính xác đồng hồ máy thu

Để nghiên cứu tầm quan trọng của một đồng hồ và mối quan hệ của nó với tốc độ trượt, một ví dụ được đưa ra trên Hình 4.13. Các giả thiết sau được dùng để minh họa tầm quan trọng của đồng hồ.

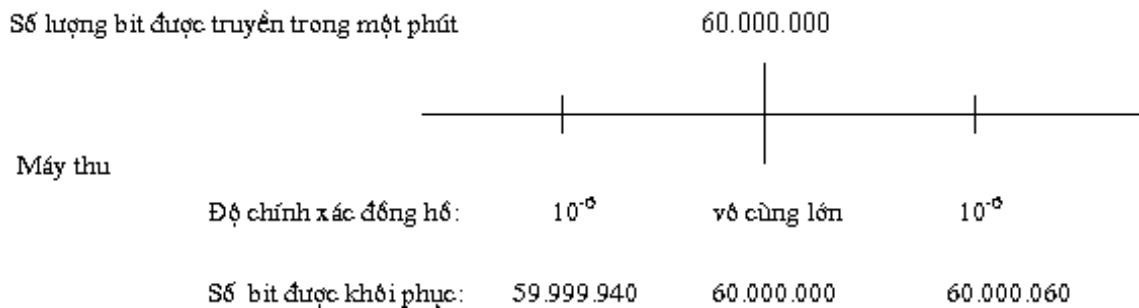
- A. Tốc độ truyền là 1 Mbit/s
- B. Toàn bộ luồng bit thông tin đòi hỏi 1 phút để có thể truyền đi hết
- C. Đồng hồ máy thu có độ chính xác là 10^{-6} .

Trong 1 phút, máy phát này gửi đi 60.000.000 bit. Kịch bản thứ nhất giả thiết rằng đồng hồ máy thu có độ chính xác vô cùng lớn. Tức là đồng hồ tại máy thu có tốc độ chính xác bằng tốc độ đồng hồ tại máy phát và chúng ở trạng thái đồng bộ hoàn hảo. Tín hiệu sau khi giải mã (khôi phục) sẽ gồm 60.000.000 bit bằng số lượng bit đã được phát đi.

Bây giờ giả sử đồng hồ máy thu có độ chính xác 10^{-6} và nếu 1.000.000 xung đồng hồ được tạo ra bởi nguồn đồng hồ tại máy thu thì hai trường hợp sau có thể xảy ra:

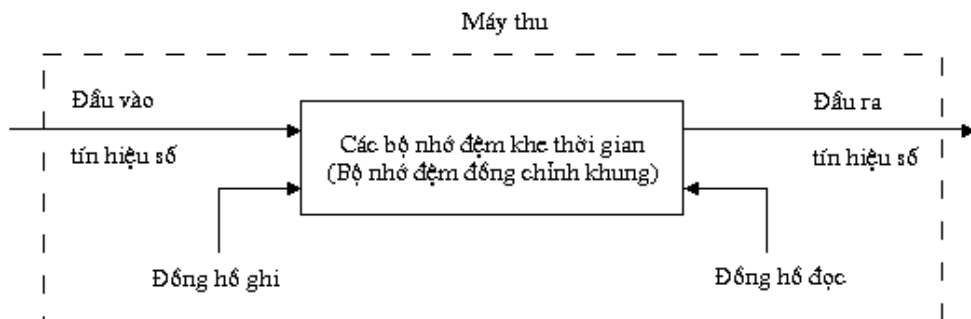
- Trong kịch bản xấu nhất, số lượng xung đồng hồ được tạo ra có thể là 1.000.001 nhiều hơn 1 xung so với tốc độ danh định của nó.
- Trong kịch bản xấu nhất thứ hai, số lượng xung đồng hồ tạo ra có thể là 999.999 ít hơn 1 xung so với tốc độ danh định của nó.

Do đó, như chỉ ra trên Hình 4.13, do sự biến động về độ chính xác của đồng hồ máy thu nên mặc dù 60.000.000 bit đã được phát đi trong 1 phút nhưng số lượng bit nhận được có thể nằm giữa 59.999.940 và 60.000.060 bit (Hình 4.14). Nếu đồng hồ có độ chính xác lớn vô cùng thì máy thu sẽ khôi phục số lượng chính xác các bit đã được phát đi tại nguồn thông tin. Tuy nhiên nếu độ chính xác đồng hồ là 10^{-6} (như trong ví dụ này) thì 60 bit thông tin sẽ hoặc là **bị xóa đi** hoặc **được thêm vào** trong 1 phút. Trong bất cứ trường hợp nào thì thông tin được khôi phục cũng thiếu chính xác. Tầm quan trọng của độ chính xác đồng hồ đã trở nên rõ ràng.



Hình 4.14: Tầm quan trọng của độ chính xác đồng hồ máy thu (tiếp)

ở đây, số lượng bit được phát đi tại máy phát và số lượng bit được khôi phục bởi máy thu được so sánh. Lỗi có thể phát sinh trên mỗi bit không được so sánh vì đây là một vấn đề riêng biệt không liên quan tới độ chính xác đồng hồ. Mặc dù đồng hồ máy thu có độ chính xác là vô cùng lớn (dẫn tới số lượng bit được khôi phục chính xác bằng số lượng bit được phát đi) thì các bit nhận được này vẫn có thể có một số bit lỗi. Ví dụ (Hình 4.14) giả sử rằng có 60 bit nhận được có lỗi. Hệ thống có $BER=10^{-6} \equiv (60/60.000.000)$. Nhưng rung pha (Jitter) đồng hồ hay đồng bộ đồng hồ chắc chắn sẽ ảnh hưởng tới Tỷ lệ hay Tốc độ Lỗi Bit (BER).



Hình 4.15: Bộ nhớ đệm khe thời gian của máy thu

Sau khi hiểu được tầm quan trọng của độ chính xác đồng hồ, định nghĩa về tốc độ trượt sẽ được đưa ra. Để hiểu tốc độ trượt xấu nhất ta nên biết về chức năng của bộ nhớ đệm của máy

thu. Máy phát có bộ nhớ đệm với một kích cỡ phù hợp và máy thu cũng vậy và Hình thể hiện một bộ nhớ đệm đó. Về lý tưởng bộ đệm máy thu không bao giờ trải qua bất cứ sự kiện tràn (vượt mức - overflow) bộ nhớ đệm hay dưới mức (underflow) bộ nhớ đệm. Điều này là không thể trong thực tế.

Trượt có thể sinh ra khi bộ nhớ đệm khe thời gian trải qua trạng thái tràn hay dưới mức. Trạng thái này có thể bị tạo ra bởi độ chính xác của đồng hồ (hoặc là đồng hồ đọc hoặc là đồng hồ ghi) tương đối so với đồng hồ của máy phát. Khi một lần trượt xảy ra trong luồng bit DS1 hay E-1, toàn bộ khung 125 μ s phải bị lặp lại hay bị xóa. Vì vậy trượt được định nghĩa là *sự xóa bỏ hay lặp lại của một khe thời gian*. Tốc độ trượt trong trường hợp xấu nhất được định nghĩa như sau:

$$\text{Tốc độ trượt} = \frac{\text{Số khung bị xóa hay phát lại (lặp lại)}}{\text{Đơn vị thời gian}} \quad (4.1)$$

Ví dụ, để tính toán tốc độ trượt của đồng hồ stratum 4 có độ chính tối thiểu $3,2 \times 10^{-5}$ (xem Bảng), thủ tục bắt đầu với độ chính xác này:

Độ chính xác

$$3,2 \times 10^{-5} = \frac{3,2}{10^5} = \frac{3,2 \text{ bit bị xóa}}{10^5 \text{ bit được truyền đi}} = \frac{3,2 \text{ giây bị xóa}}{10^5 \text{ giây được phát đi}} \quad (4.2)$$

Trên đây ta mới chỉ xem xét trường hợp xóa. Trường hợp lặp có thể nhận được theo cùng phương thức. Từ (4.2) ta có thể phát biểu như sau:

Nếu 10^5 giây thông tin được phát đi \rightarrow (nghĩa là) 3,2 giây thông tin (hay $3,2 \times 8000$ khung) bị xóa bỏ.

Lưu ý rằng có 8000 khung trong một giây đối với bất cứ luồng dữ liệu số nào, PDH hay SDH. Và $3,2 \times 8000 = 25.600$ vì vậy, phát biểu trên được phát biểu lại như sau:

Nếu 10^5 giây thông tin được phát đi \rightarrow 25.600 khung thông tin sẽ bị xóa bỏ.

Do 10^5 giây tương đương với 1666,67 phút nên đối với đồng hồ stratum 4 với độ chính xác $3,2 \times 10^{-5}$ tuyên bố trên trở thành

Nếu 1666,67 phút thông tin được truyền đi \rightarrow 25.600 khung thông tin bị xóa

Điều này có thể được đơn giản hóa bằng cách chia cả hai vế cho 1666,67, ta có thể đạt được kết quả sau.

Nếu 1 phút thông tin được truyền đi \rightarrow 15,36 khung thông tin sẽ bị xóa

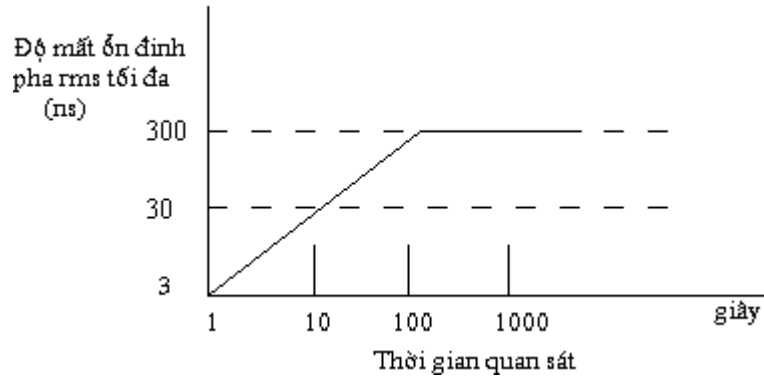
Từ định nghĩa được cho bởi (4.1), ta có thể rút ra được kết luận sau:

Một đồng hồ stratum 4 với độ chính xác $3,2 \times 10^{-5}$ có tốc độ trượt (tỷ lệ trượt) là 15,36 slips/phút.

Tỷ lệ trượt đối với ba loại đồng hồ strata còn lại có thể được tính toán theo cùng phương pháp. ảnh hưởng của trượt phụ thuộc vào ứng dụng và dịch vụ.

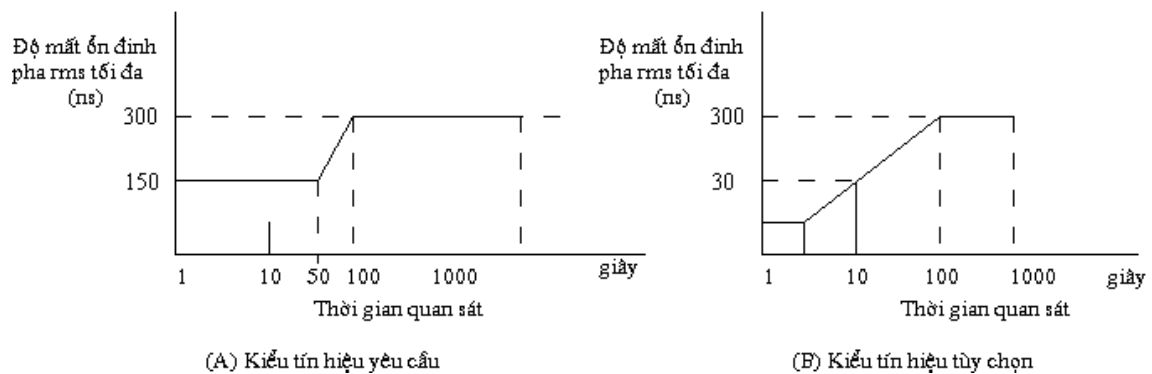
4.3.11 Yêu cầu đồng bộ SDH

Phần tử mạng SDH (NE) phải được đồng bộ với đồng hồ chất lượng stratum 3 hoặc cao hơn. Nếu phần tử mạng SDH không thể được đồng bộ với một đồng hồ chất lượng stratum 3 thì phần tử đó phải được trang bị một bộ dao động nội với độ chính xác tối thiểu là ± 20 ppm. Việc sử dụng đồng hồ chạy tự do này được chỉ ra trên Hình 4.12. Các ứng dụng mạng SDH phải trang



Hình 4.16: Yêu cầu ổn định ngắn hạn đối với STM-N

bị các tín hiệu định thời đáp ứng các yêu cầu về độ ổn định như chỉ ra trên Hình 4.16 và 4.17. Hình 4.16 chỉ ra yêu cầu ổn định ngắn hạn của tín hiệu ra của STM-N. Với thời gian quan sát 1 giây, giá trị trung bình bình phương độ mất ổn định về pha tối đa phải nhỏ hơn hay bằng 3 ns. Đối với thời gian quan sát dưới 100 giây, yêu cầu là 10dB/decade. Thời gian quan sát trên 100 giây độ mất ổn định pha rms tối đa là nhỏ hơn hoặc bằng 300 ns, độc lập với yêu cầu về tín hiệu chuẩn thời gian được trang bị bởi nhà cung cấp mạng. Phần (A) chỉ ra kiểu tín hiệu được yêu cầu trong khi phần (B) chỉ ra loại tín hiệu tùy chọn.



Hình 4.17: Yêu cầu ổn định ngắn hạn đối với tín hiệu tham khảo định thời

4.3.12 Trạng thái đồng bộ

Trong các ứng dụng SDH, các bit từ 5 đến 8 của byte S1 của tín hiệu STM-N được sử dụng để mang bản tin trạng thái đồng bộ. Hình 4.18 cho thấy các byte mào đầu truyền tải của một tín hiệu STM-1. Trước đây có 3 byte Z1 cho mỗi tín hiệu. Các byte này ban đầu chưa được ấn

định, và được gọi là các byte dành cho tương lai. Với các tiêu chuẩn SDH hiện nay, một trong ba byte này được đánh dấu bởi vòng tròn được chỉ định và sử dụng để chỉ ra bản tin thông báo đồng bộ. Nhưng Bản tin Trạng thái Đồng bộ này (SSM) chỉ chiếm 4 bit cuối cùng của byte S1. Bốn bit đầu vẫn chưa được sử dụng cho các tiêu chuẩn hiện tại. Bảng 4.3 liệt kê các bản tin này

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	A1	A1	A1	A2	A2	A2	J0		
2	B1	Δ	Δ	E1	Δ	R	F1		
3	D1	Δ	Δ	D2	Δ	R	D3	R	R
4	Con trò AU-n								
5	B2	B2	B2	K1	R	R	K2	R	R
6	D4	R	R	D5	R	R	D6	R	R
7	D7	R	R	D8	R	R	D9	R	R
8	D10	R	R	D11	R	R	D12	R	R
9		Z1	Z1	Z2	Z2	M1	E2		

	Bit số							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Byte S1	Không ấn định				Trường SSM			

Hình 4.18: Byte Bản tin Trạng thái Đồng bộ

cho các tiêu chuẩn SDH. Nếu SSM=000 thì chất lượng đồng bộ chưa được xác định hay chưa biết. Điều này có thể được áp dụng cho các mạng đồng bộ có nhiều tiêu chuẩn vùng khác nhau. Nếu SSM=0001, 0100 hay 1000 thì đồng bộ mạng được thực hiện theo các đặc tính quy định theo tiêu chuẩn ITU-T G.811. Ba mã này tương ứng dành cho các ứng dụng tổng hợp, chuyển tiếp, và cục bộ. Khi SSM=1011 thì đặc tính đồng bộ được áp dụng cho nguồn định thời thiết bị đồng bộ SETS. Nếu SSM=1111 thì trường này không được sử dụng cho đồng bộ. 10 mã còn lại được liệt kê trong Bảng dùng cho tương lai.

4.4 Đồng hồ và khôi phục thời gian

Hoạt động tham khảo có thể gồm cả một số sự kiện hỏng hóc đáng kể. Ví dụ, trong khuyến nghị G.821, mục tiêu kết nối điểm-điểm cho những giây lỗi nghiêm trọng là không vượt quá 175 /ngày. Các sự kiện lỗi hư hỏng đồng hồ có thể xuất hiện trên tuyến truyền tải DS1 trong khoảng

Bảng 4.3: Bản tin Trạng thái Đồng bộ S1

Các bit từ 5-8	Mô tả mức chất lượng đồng bộ SDH
0000	Đồng bộ, chưa xác định chất lượng
0001	Dự trữ
0010	Đồng hồ chuẩn sơ cấp (khuyến nghị G.811; Q=2)
0011	Dự trữ
0100	Đồng hồ trung chuyển (khuyến nghị G.812; Q=3)
0101	Dự trữ
0110	Dự trữ
0111	Dự trữ
1000	Đồng hồ cục bộ (khuyến nghị G.812; Q=4)
1001	Dự trữ
1010	Dự trữ
1011	Nguồn định thời thiết bị đồng bộ (SETS); Q=5
1100	Dự trữ
1101	Dự trữ
1110	Dự trữ
1111	Không sử dụng cho đồng bộ Q=6 (*)

Lưu ý: () Bản tin này có thể mô phỏng lỗi của thiết bị và sẽ được mô phỏng bởi tín hiệu AIS đoạn ghép*

1 đến 100 sự kiện mỗi ngày phụ thuộc vào kiểu, thời gian và các yếu tố khác. Những suy giảm phẩm chất liên tục này sẽ ảnh hưởng bất lợi tới toàn bộ hoạt động đồng bộ của mạng.

Hình 4.13 và 4.14 minh họa tầm quan trọng của độ chính xác đồng hồ tại máy thu. Bất cứ đồng hồ nào cũng phải đáp ứng những đòi hỏi về độ chính xác, rung pha và trượt của nó. Ngoài ra, một đồng hồ phải được đồng bộ với luồng dữ liệu thông tin. Vấn đề này được biết tới như một phương thức khôi phục thời gian trong một mạng số. Để hiểu được vấn đề khôi phục thời gian, ta cần nghiên cứu các chức năng và hoạt của đồng hồ, các đặc tính mong muốn của dạng sóng tín hiệu nhận được và nhiều các khác nhau để nén các bit "zero" của một luồng bit số.

4.4.1 Các chức năng và hoạt động của đồng hồ

Có nhiều chức năng được thực hiện bởi đồng hồ máy thu. Hai chức năng cơ bản của đồng hồ máy thu được mô tả ngắn gọn như sau:

- Khôi phục sự ước lượng đúng thời gian định thời của nút nguồn ban đầu gốc từ nguồn tham khảo tới.
- Duy trì khả năng giữ tốt định thời so với đồng hồ nguồn (khi vắng mặt nguồn tham khảo) bằng cách sử dụng sự ước lượng và dự đoán.

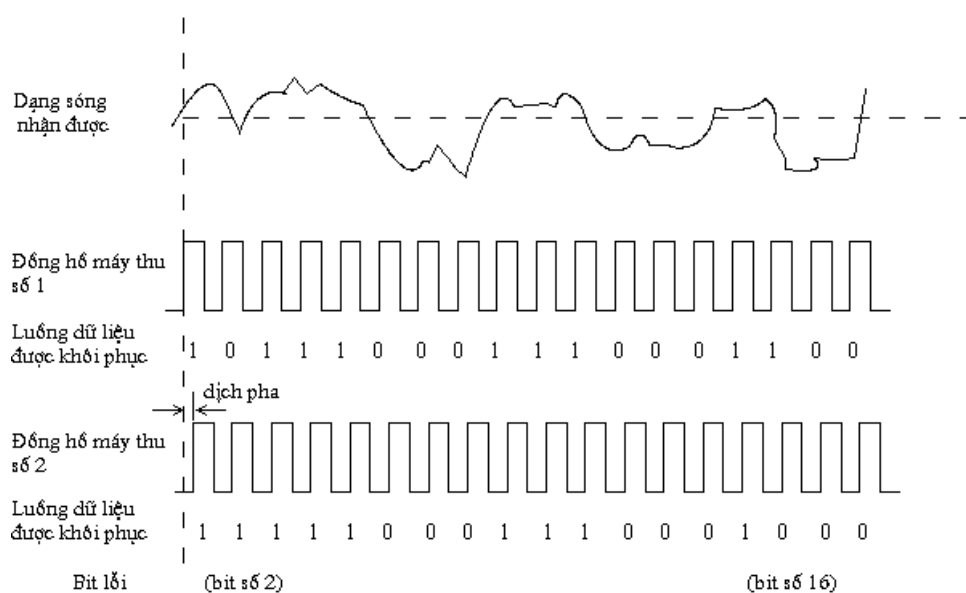
Có ba chế độ hoạt động của đồng hồ máy thu: Hoạt động lý tưởng, hoạt động và hoạt động lưu giữ. Chúng được định nghĩa như sau:

- Hoạt động lý tưởng: Trong hoạt động lý tưởng, đồng hồ máy thu không trải qua sự ngắt quãng nào của nguồn định thời tham khảo. Đồng hồ sẽ hoạt động ở chế độ khóa pha nghiêm ngặt với tín hiệu tham khảo tới. *Lưu ý rằng đây không phải là hoạt động thực của mạng.*
- Hoạt động stress: Hoạt động này phản ánh hoạt động của đồng hồ máy thu trong những điều kiện mạng thực tế. Ở chế độ hoạt động này, với sự có mặt của gián đoạn đồng hồ định thời chuẩn.
 - Độ ổn định của tín hiệu định thời đầu ra giống như là quá trình điều tần số nhiễu trắng đối với các chu kỳ quan sát dài hạn
 - Độ lệch tần sẽ tạo ra giữa đồng hồ máy thu và đồng hồ tham khảo của nó
- Hoạt động lưu giữ: Hoạt động này phản ánh những thời điểm không thường xảy ra khi đồng hồ máy thu mất nguồn chuẩn thời gian tham khảo trong một khoảng thời gian tương đối dài.

Trong chế độ lưu giữ, các thành phần chính của đồng hồ máy thu là độ di tần và độ lệch tần ban đầu.

4.4.2 Khôi phục thời gian

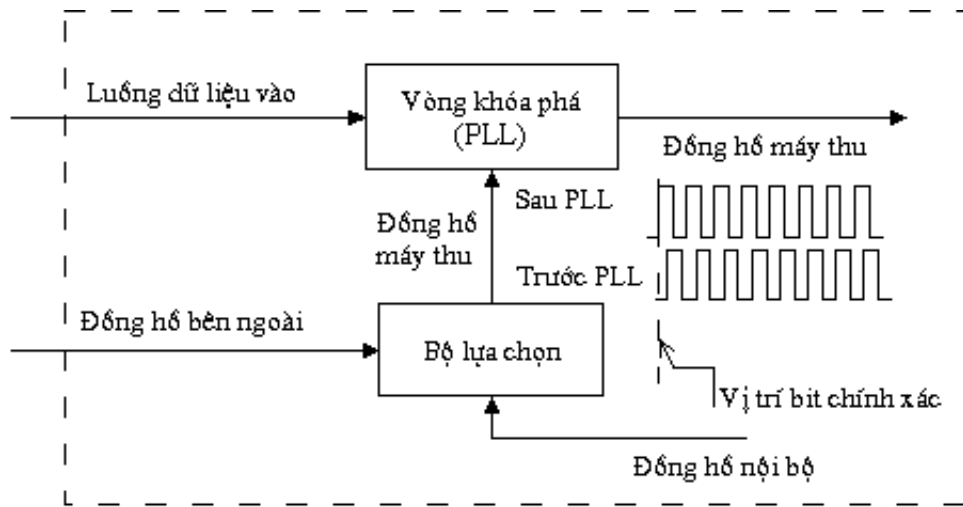
Việc khôi phục thời gian tại máy thu có hai vấn đề: (1) lấy nguồn tham khảo ở đâu? và (2) Làm thế nào để đồng bộ đồng hồ này với pha trung thực và chính xác? Hình 4.19 cho thấy rằng, mặc dù đồng hồ máy thu có tốc độ chính xác như yêu cầu của mạng nhưng tín hiệu khôi phục có thể vẫn có những bit lỗi. Ta giả thiết rằng đồng hồ máy thu có độ chính xác tốc độ theo yêu cầu của



Hình 4.19: Tầm quan trọng của đồng bộ đồng hồ

mạng. Đồng hồ số 1 trong Hình 4.19 có điểm bắt đầu khác so với điểm bắt đầu của đồng hồ số

2. Hai đồng hồ này được cho là có pha khác nhau. Tín hiệu số nhận được qua một đường truyền cự ly lớn có nhiều sẽ có dạng sóng như được cho trên phần đầu của hình vẽ. Ta cũng giả thiết là đồng hồ máy thu số 1 có pha trung thực và chính xác. Tức là tín hiệu được giải mã từ dạng sóng thu được đại diện cho tín hiệu được truyền đi nếu như hệ thống được coi là không có lỗi (tức là nếu như nhiều hệ thống có thể được bỏ qua). Bằng cách áp dụng đồng hồ này để giải mã tín hiệu nhận được ta có thể nhận được luồng số liệu sau khi khôi phục là "101110001110001100". Việc này đạt được bằng cách sử dụng cạnh tăng (rise-edge) của tín hiệu đồng hồ số 1 để phát hiện xem liệu dạng sóng nhận được (điện áp) là lớn hơn hay nhỏ hơn mức ngưỡng phát hiện. Nếu điện áp nhận được tại cạnh tăng của đồng hồ lớn hơn ngưỡng thì bit được xác định là "1". Nếu nhỏ hơn nó là mức logic "0". Bây giờ, giả sử rằng đồng hồ máy thu với tốc độ chính xác



Hình 4.20: Tầm quan trọng của đồng bộ đồng hồ

giống như đồng hồ số 1 không thể đồng bộ được tới vị trí chính xác. Đồng hồ số 2 khi đó có pha khác với pha của đồng hồ số 1. Nếu các cạnh tăng cũng được sử dụng để giải mã dạng sóng nhận được ta có thể khôi phục tín hiệu số thành "111110001110001000". Lưu ý rằng có hai bit lỗi là bit số 2 và 16 phát sinh trong luồng dữ liệu được khôi phục này. Điều này bắt nguồn từ việc đồng hồ máy thu không thể đạt được đồng bộ thích hợp của nó.

Một lần nữa, trong máy thu này đồng hồ số 1 đồng bộ với luồng dữ liệu số. Đây chắc chắn là đặc tính mong muốn của đồng hồ máy thu. Nói cách khác, đồng hồ máy thu phải được đồng bộ thẳng hàng với các vị trí bit của dạng sóng phát đi (hoặc nhận được) để có thể khôi phục luồng dữ liệu một cách chính xác. Để thực hiện điều này, một vòng khóa pha PLL thường được sử dụng tại máy thu. Một PLL được ứng dụng để khóa đồng hồ máy thu vào các vị trí bit của luồng dữ liệu nhận được. Điều này được cho trên Hình 4.20. Đồng hồ bên dưới là đồng hồ máy thu được tạo ra từ một đồng hồ nội bộ hay từ nguồn bên ngoài. Trước khi đồng hồ này được cấp vào PLL, các cạnh tăng của nó không được đồng bộ thẳng hàng với các vị trí bit đúng của luồng dữ liệu phát.

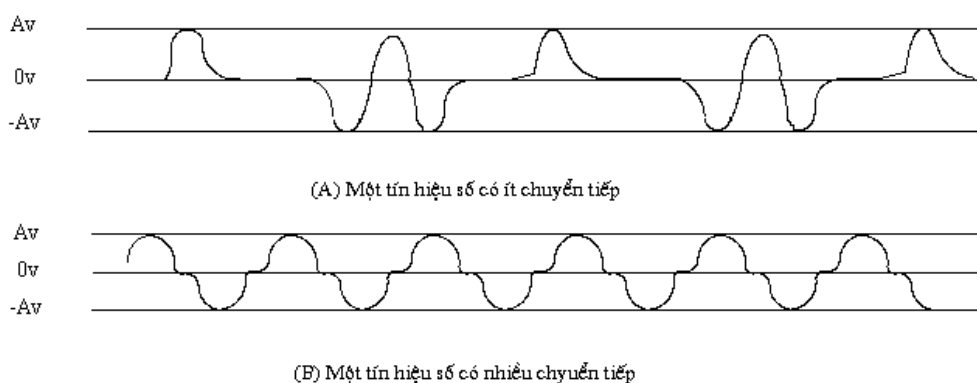
Nếu tín hiệu tới (hay dạng sóng tới) có đặc tính thích hợp (tức là có đủ chuyển tiếp từ "0" sang "1") và tín hiệu tới này được cấp vào PLL, đồng hồ máy thu sẽ có pha được khóa vào vị trí đúng (Hình 4.20). Đồng hồ có pha bị khóa khi đó có thể được sử dụng để giải mã dạng sóng nhận được nhằm khôi phục luồng dữ liệu đi vào. Các bit lỗi do pha đồng hồ không chính xác như chỉ ra trên Hình 4.19 sẽ không xuất hiện trong trường hợp này.

Bảng 4.4: Mã đường truyền thông dụng

Mạng	Mã đường truyền
Mạng số Bắc Mỹ	DS1: AMI (Đảo dấu luân phiên) hay B8ZS DS2: B6ZS DS3: B3ZS
Mạng số ITU-T	E1, E2 hoặc E3 : HDB3 2 E4: CMI (Đảo dấu mã)

Đặc tính mong muốn của dạng sóng nhận là gì?

Hình 4.21 chỉ ra hai loại dạng sóng có thể nhận được. Dạng sóng phía trên không có đủ mật độ bit "1"; nó không có đủ mật độ chuyển tiếp tín hiệu từ "1 sang 0" và "từ 0 sang 1". Một tín hiệu số với đặc điểm này là không mong muốn. Mặt khác, dạng sóng bên dưới trong Hình 4.21 có rất nhiều chuyển tiếp này. Tín hiệu số này có thể được sử dụng để khóa đồng hồ máy thu vào các vị trí đúng của nó như gợi ý trên Hình 4.20. **Các tín hiệu số có ít chuyển tiếp có thể được**



Hình 4.21: Luồng bit số nhận mong muốn

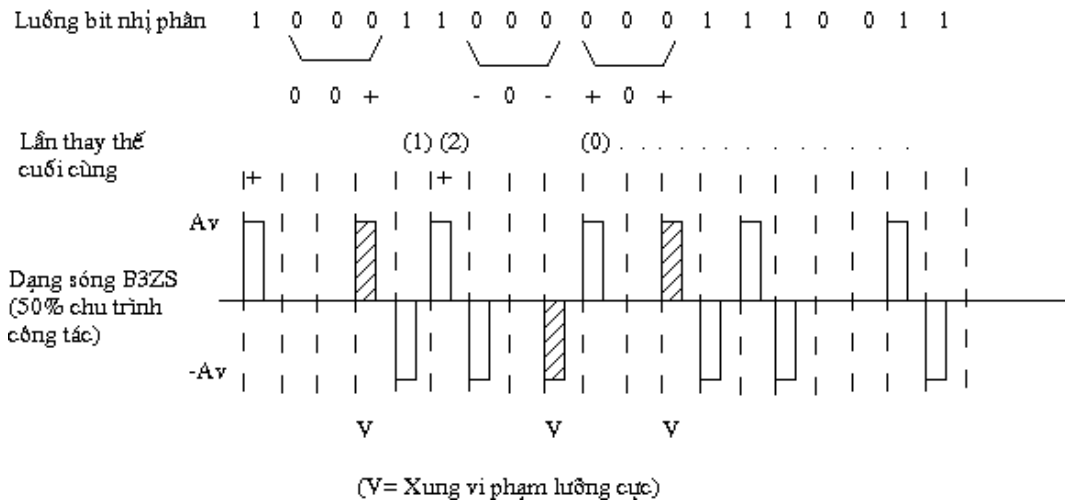
chuyển thành các tín hiệu có nhiều chuyển tiếp hay không?

Câu trả lời là "có". Thực tế, Có một số biện pháp có thể được áp dụng để đạt được mục đích này. Phương pháp này được gọi là "nén không" hay công nghệ "thay thế bit không". Hai phương pháp phổ biến nhất là

- Mã đường truyền
- Giả ngẫu nhiên

4.4.3 Mã đường truyền nhằm đảm bảo mật độ bit 1

Bảng 4.4 liệt kê các loại mã đường truyền thường được sử dụng . Trong số các mã đường truyền này, B3ZS và HDB3 thường được sử dụng nhiều nhất. Chúng cũng khó hiểu hay thực hiện nhất.



Hình 4.22: Áp dụng mã B3ZS

Bảng 4.5: Các mẫu thay thế của mã đường truyền B3ZS

Cực tính của xung đứng trước ba bit 0 được thay thế	Số lượng xung lưỡng cực cả + và - kể từ lần thay thế cuối cùng
-	Lẻ Chẵn
+	00- +0+
	00+ -0-

- B3ZS: Mã đường này cho phép chỉ hai bit 0 liên tiếp được truyền qua mạng số. Nó thay thế bất kỳ 3 bit 0 liên tiếp nào bằng một trong 4 mẫu xác định (xem Bảng 4.5) . Mỗi trong số bốn mẫu xác định trước tạo ra sự vi phạm lưỡng cực ở bit thứ 3. Vì vậy mã B3ZS thường được viết thành "00V, +0V, 00V hay -0V", ở đây "+" đại diện cho mức điện áp dương, dấu "-" đại diện cho mức điện áp âm và "V" đại diện cho bit vi phạm lưỡng cực.

Hình 4.22 minh họa một tín hiệu nhị phân với vài chuyển tiếp (tức là có quá nhiều bit "0" liên tục trong luồng bit của nó) bằng cách áp dụng mã B3ZS đã được chuyển sang dạng sóng với nhiều chuyển tiếp mong muốn. Khi máy thu (giống như trong Hình 4.20) nhận tín hiệu này, đồng hồ của nó có thể dễ dàng được khóa vào vị trí chính xác của nó. Luồng dữ liệu được khôi phục sẽ đại diện chính xác chuỗi đã được phát đi. Trong Hình 4.22, mã B3ZS là một tín hiệu Trở về Không 50% với chu trình công tác. Khi một tín hiệu có điện áp đỉnh của nó trong khoảng 50% chu trình công tác (duty cycle) của khoảng thời gian bit và sau đó trở về mức điện áp 0-volt cho khoảng thời gian bit còn lại thì nó được gọi là tín hiệu RZ với chu trình công tác 50%. Một tín hiệu có chu trình công tác 50% tốt hơn cho khôi phục thời gian hơn là tín hiệu NRZ (Không Trở về Không). Mã đường truyền HDB3 (Lưỡng cực mật độ cao-thay thế 3 zero), được sử dụng để truyền tải E1, E2 hay E3, các chức năng giống hệ như B3ZS. Nếu có mã đường B4ZS thì nó sẽ đồng nhất với mã HDB3.

- HDB3: Mã đường truyền này cho phép chỉ ba bit 0 liên tiếp được truyền qua mạng số. Nó thay thế bất cứ chuỗi 4 bit 0 liên tiếp nào bằng một trong bốn mẫu định trước (xem Bảng

Bảng 4.6: Các mẫu thay thế của mã đường truyền HDB3

Cực tính của xung đứng trước	Số lượng xung lưỡng cực cả + và -
4 bit 0 được thay thế	kể từ lần thay thế cuối cùng
	Lẻ Chẵn
-	000- +00+
+	000+ -00-

4.6). Mỗi trong số 4 mẫu này tạo ra một vi phạm lưỡng cực ở bit thứ 4. Vì vậy, mã HDB3 thường được viết là "000V, +00V, 000V hay -00V", ở đây dấu "+", "-" và "V" có cùng nghĩa như trong trường hợp mã đường truyền B3ZS. Việc thay thế và ứng dụng của một mã HDB3 giống hệt như đối với B3ZS.

4.4.4 Bộ giả ngẫu nhiên dùng cho nén zero

Một cách thay thế cho việc nén chuỗi không trong luồng dữ liệu là áp dụng công nghệ xáo trộn (ngẫu nhiên hóa). Một bộ giả ngẫu nhiên là một bộ tạo nhiễu hay giả ngẫu nhiên được thực hiện nhờ sử dụng các thiết bị nhớ 1 bit như mô tả trong Hình của Chương. Chương đã mô tả ứng dụng của bộ giả ngẫu nhiên này với đa thức sinh $1 + x^6 + x^7$.

Một tín hiệu STM-N phải có đủ nội dung định thời bit tại Giao tiếp Nút Mạng (NNI), Một mẫu bit thích hợp loại trừ khả năng một chuỗi dài các bit "1" và "0" được cung cấp bởi bộ giả ngẫu nhiên. Bộ giả ngẫu nhiên đồng bộ kiểu khung có độ dài chuỗi 127 hoạt động tại tốc độ đường truyền được sử dụng. Đa thức sinh là $1 + x^6 + x^7$.

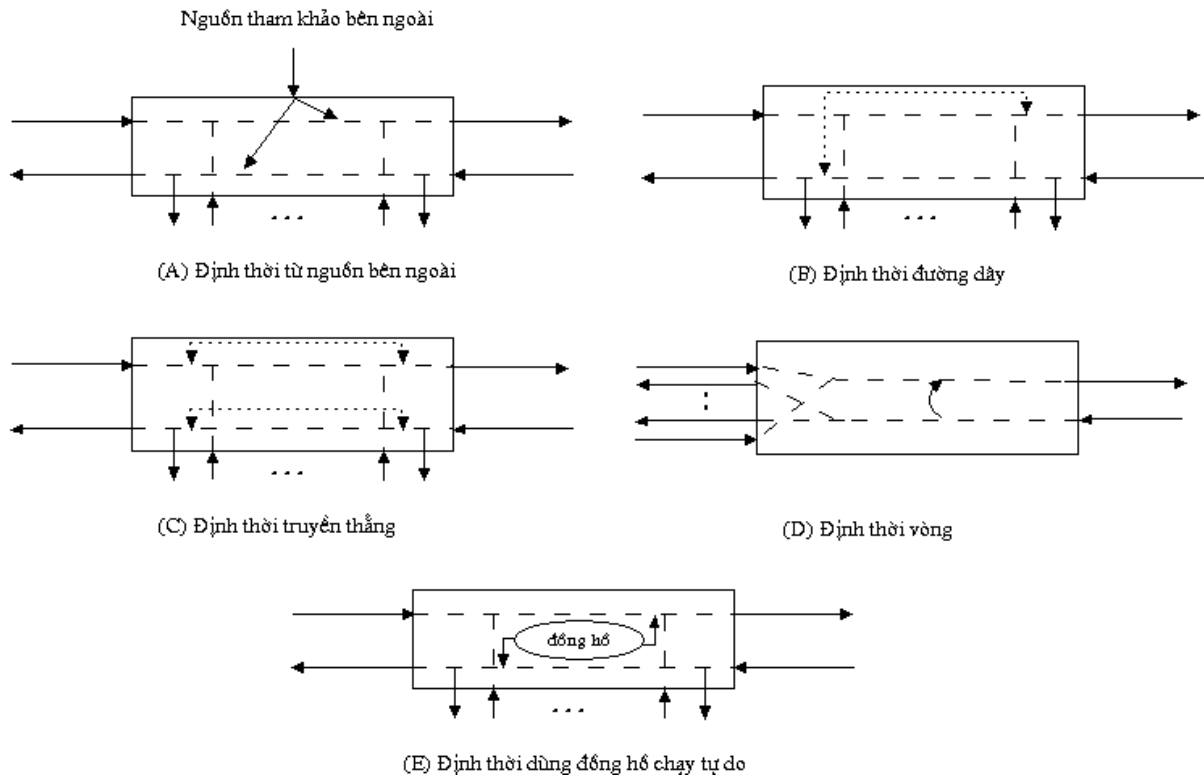
Bộ giả ngẫu nhiên phải được đặt lại về "1111111" lên bit có ý nghĩa lớn nhất của byte nằm sau byte cuối cùng của hàng đầu tiên của mào đầu đoạn STM-N. Bit này và tất cả các bit sau đó sẽ bị xáo trộn, được cộng (modulo 2) với đầu ra từ vị trí x^7 của bộ giả ngẫu nhiên. Bộ giả ngẫu nhiên chạy liên tục từ đầu đến cuối tín hiệu STM-1. Hàng đầu tiên của STM-N SOH ($9 \times N$ byte bao gồm các byte đồng bộ khung A1 và A2) sẽ không bị xáo trộn.

4.4.5 Cấu hình tín hiệu định thời

Đối với các ứng dụng SDH, cấu hình định thời được cho trên Hình 4.23. Có năm cấu hình có thể sử dụng cho mạng SDH. Đó là: định thời từ nguồn bên ngoài, định thời từ đường dây tín hiệu, định thời dùng thẳng tín hiệu vào, định thời kiểu mạch vòng và cấu hình chạy tự do.

Một ví dụ về định thời từ nguồn bên ngoài là PRC (Đồng hồ Tham khảo Sơ cấp) với mức chất lượng stratum 1 có độ chính xác 10^{-11} như trình bày trên Bảng 4.2. Đối với cấu hình đường dây, đồng hồ được lấy từ tín hiệu quang đi vào. Đồng hồ nhận được này sau đó được áp dụng cho đồng hồ của các đường quang đầu ra.

Đối với cấu hình định thời dùng thẳng tín hiệu vào thì các đồng hồ được lấy từ tín hiệu quang vào. Tuy nhiên đồng hồ nhận được được áp dụng để làm đồng hồ cho đường quang ra theo cùng



Hình 4.23: Các cấu hình định thời khác nhau

hướng truyền.

Đối với cấu hình định thời vòng, giống như cấu hình định thời đường dây, các đồng hồ được lấy từ tín hiệu quang vào. Đồng hồ nhận được này sau đó được sử dụng làm đồng hồ cho các đường quang ra. Sự khác biệt giữa định thời vòng và định thời đường dây là ở chỗ định thời vòng chỉ áp dụng cho một SDH NE (phần tử mạng SDH) làm việc như một phần tử làm việc ở chế độ kết cuối). Mặt khác định thời đường dây được sử dụng khi SDH NE được cấu hình làm bộ ADM (Bộ ghép xen /rẽ - Add/Drop Multiplexer).

Tài liệu tham khảo

- [1] Ming-Chwan Chow, *Understanding SONET/SDH Standards and Applications*, 1st Edition, Andan Pulisher New Jersey, 1995.
- [2] Chu Công Cẩn, *Kỹ thuật truyền dẫn SDH*, Nhà XB Giao thông Vận tải, 2003.