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.

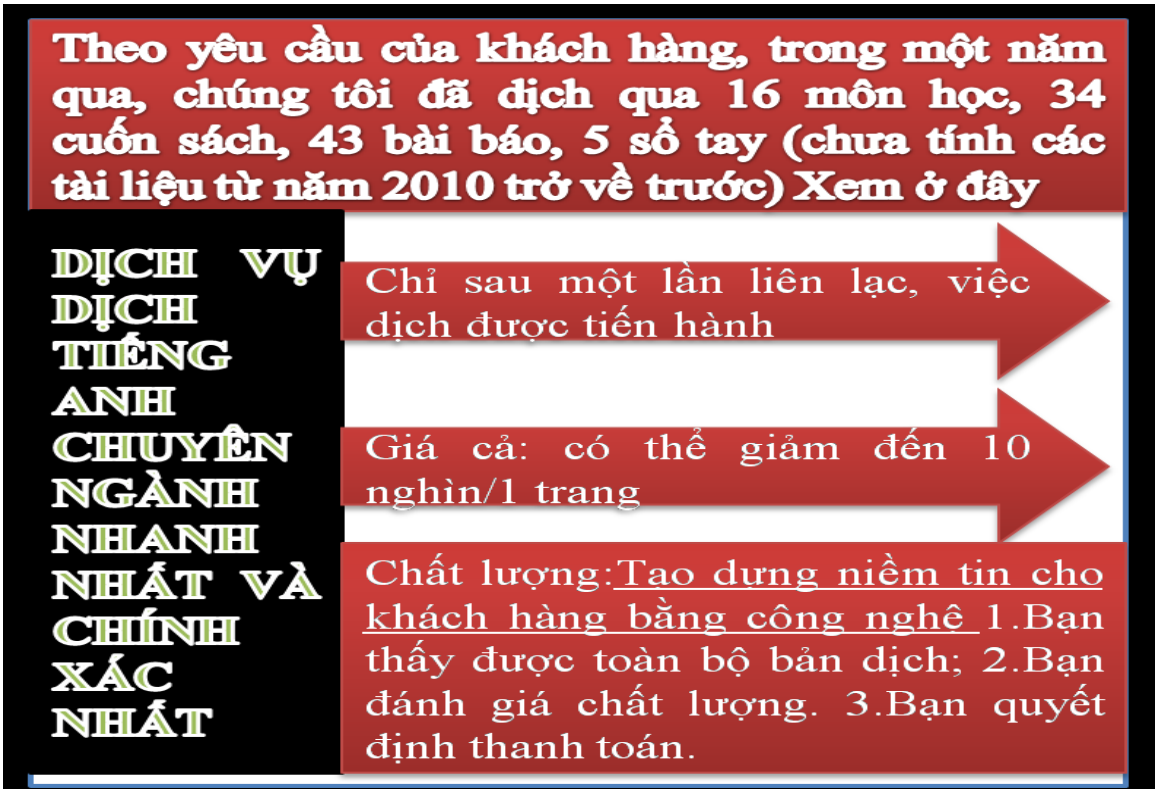
Bạn có thể tham khảo nguồn tài liệu được dịch từ tiếng Anh tại đây:

http://mientayvn.com/Tai_lieu_da_dich.html

Thông tin liên hệ:

Yahoo mail: thanhlam1910_2006@yahoo.com

Gmail: frbwrthes@gmail.com



Chuyên đề: **Mạng truyền dẫn quang**

Bài 1: Thông tin quang

TS. Võ Viết Minh Nhật
Khoa Du Lịch – Đại học Huế
vominhnhat@yahoo.com

Mục tiêu

- Bài này nhằm cung cấp cho học viên các kiến thức và kỹ năng về:
  - khái niệm về thông tin quang
  - cấu trúc và thành phần cấu thành một hệ thống thông tin quang
  - lịch sử phát triển của thông tin quang
  - ưu và nhược điểm của thông tin quang

Nội dung trình bày

1.1. Dẫn nhập

1.2. Mô hình hệ thống thông tin quang

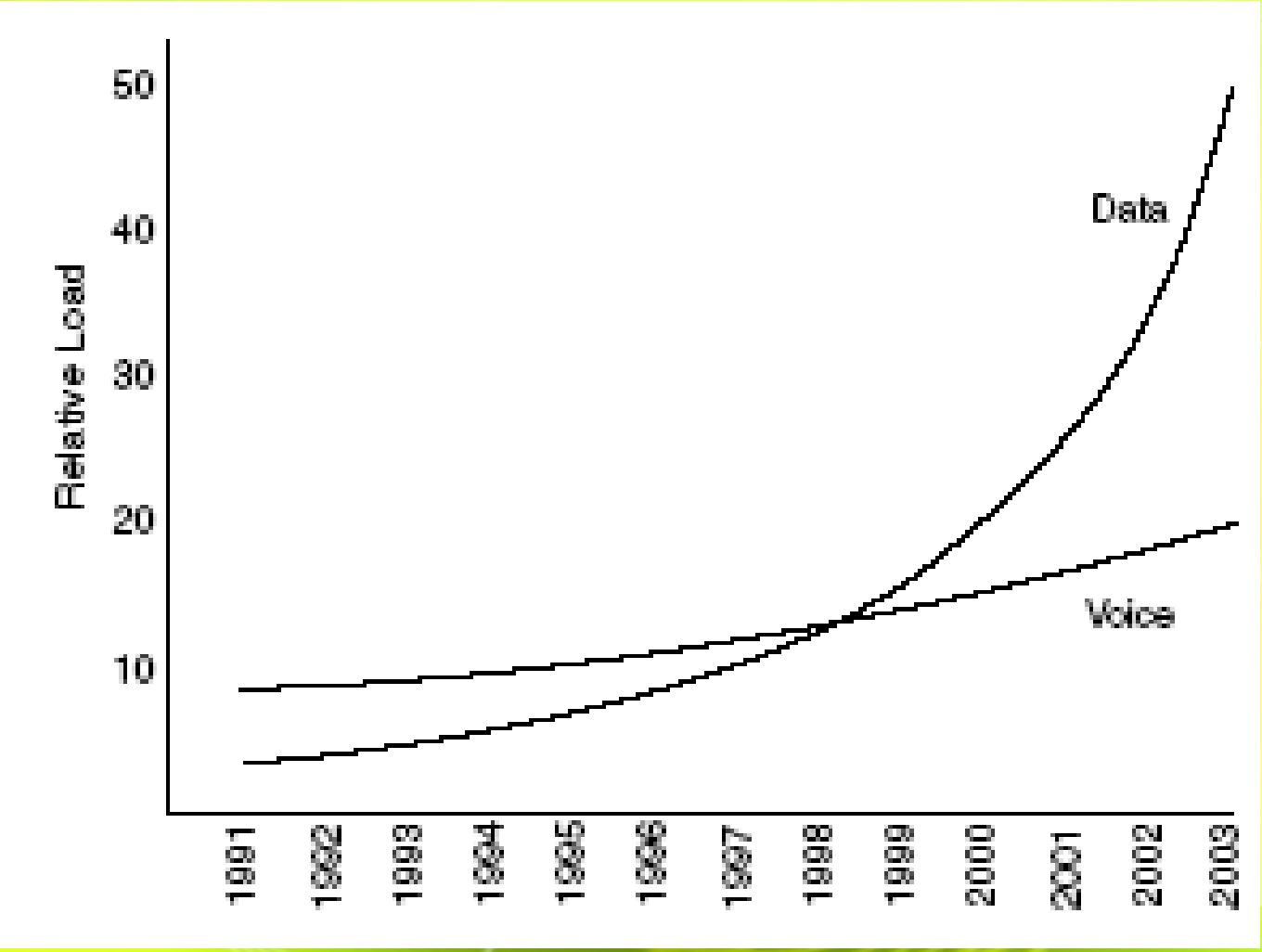
1.3. Lịch sử phát triển thông tin quang

1.4. Ưu và nhược điểm của thông tin quang

1.1. Dẫn nhập

- Lượng thông tin trao đổi bên trong các hệ thống thông tin ngày càng tăng lên nhanh chóng.
- Bên cạnh gia tăng về số lượng, dạng lưu lượng truyền thông trên mạng cũng thay đổi.
- Chúng ta đang hướng tới một xã hội mà việc truy cập thông tin có thể được đáp ứng mọi nơi, mọi lúc.
- Tuy nhiên, mạng Internet ngày nay không còn đủ khả năng để đáp ứng cho nhu cầu băng thông đang bùng nổ.

Sự gia tăng lưu lượng dữ liệu (data) và âm thanh (voice) qua các năm



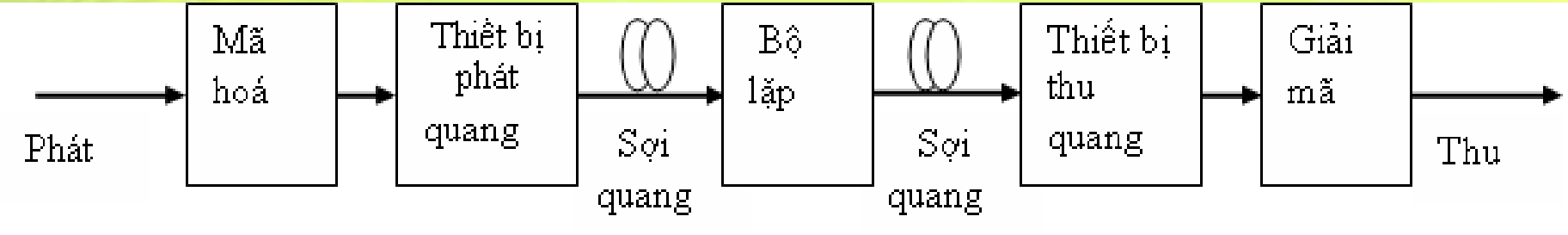
1.1. Dẫn nhập

- Thông tin quang được xem là giải pháp cứu tinh trong việc giải quyết vấn đề bùng nổ nhu cầu băng thông bởi:
  - tiềm năng băng thông khổng lồ (gần 50Tbps),
  - mức độ suy giảm tín hiệu thấp (khoảng 0.2dB/km),
  - mức độ méo tín hiệu thấp,
  - đòi hỏi năng lượng cung cấp thấp,
  - không bị ảnh hưởng của nhiễu điện từ,
  - khả năng bảo mật cao
  - ...

1.1. Dẫn nhập

- Hơn nữa, các hệ thống thông tin quang không chỉ đặc biệt phù hợp với các kiểu truyền thông đường dài mà còn có thể triển khai trong các mạng nội hạt, đáp ứng với mọi loại hình dịch vụ hiện tại, cũng như tương lai.
- Thông tin quang là gì?
  - ***Thông tin quang là một dạng truyền thông sử dụng ánh sáng (lazer) như là phương tiện truyền dẫn (mang tín hiệu).***
- Như vậy, một hệ thống thông tin quang (optical communication system) bao gồm một bộ phát (transmitter), có nhiệm vụ mã hóa các thông điệp (message) dưới dạng tín hiệu quang, một kênh truyền (channel), có nhiệm vụ mang tín hiệu đến đích, và một bộ nhận (receiver), có nhiệm vụ tái tạo lại thông điệp ban đầu từ tín hiệu quang nhận được.

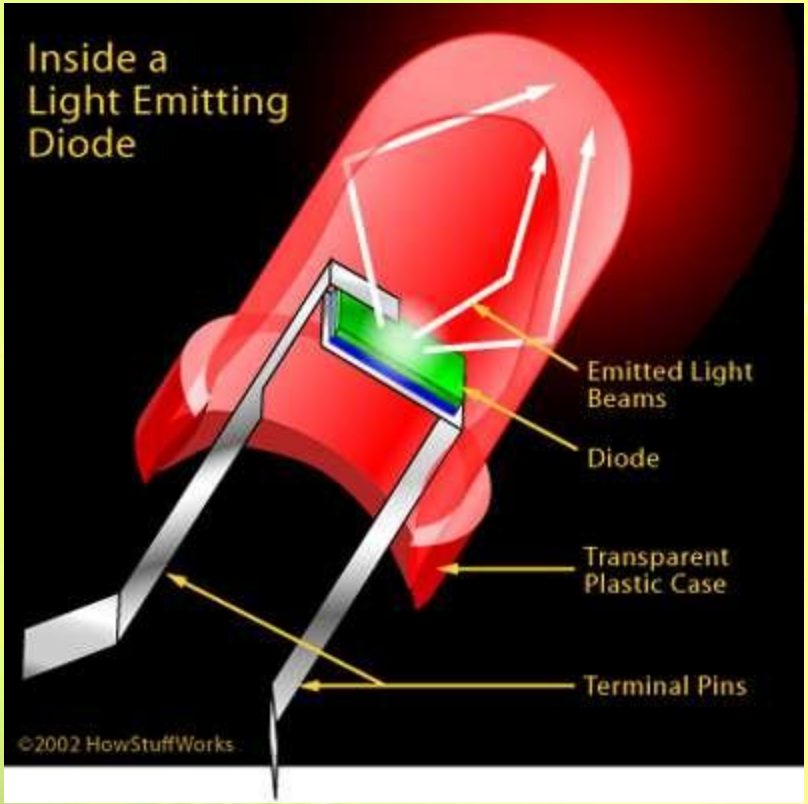
1.2. Mô hình hệ thống thông tin quang



- ***Phần phát quang***: gồm nguồn phát tín hiệu quang và các mạch điều khiển liên kết với nhau.
- ***Cáp quang***: gồm các sợi dẫn quang và các lớp vỏ bọc xung quanh để bảo vệ khỏi tác động có hại từ môi trường bên ngoài.
- ***Phần thu quang***: gồm bộ tách sóng quang và các mạch khuếch đại, tái tạo tín hiệu hợp thành.

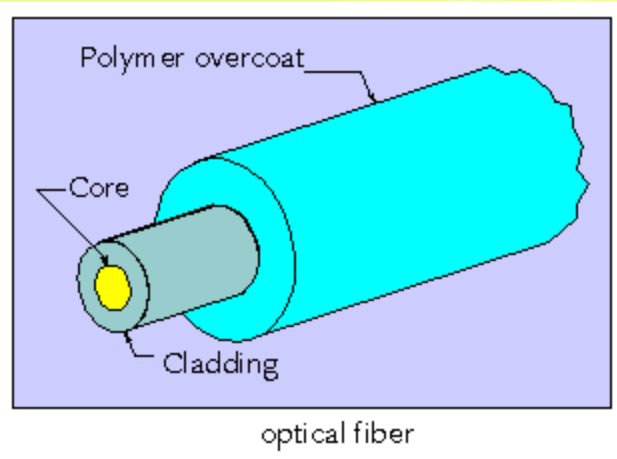
Phần phát quang

- Phần tử phát xạ ánh sáng có thể là: Diod Laser (LD) hay Diod phát quang LED (Light Emitting Diode).
- LED phù hợp cho hệ thống thông tin quang có tốc độ bit không quá 200Mbps và sử dụng loại sợi dẫn quang đa *mode*.
- LD có nhiều ưu điểm hơn so với LED như: phổ phát xạ của LD rất hẹp, góc phát quang hẹp, hiệu suất ghép ánh sáng vào sợi cao.

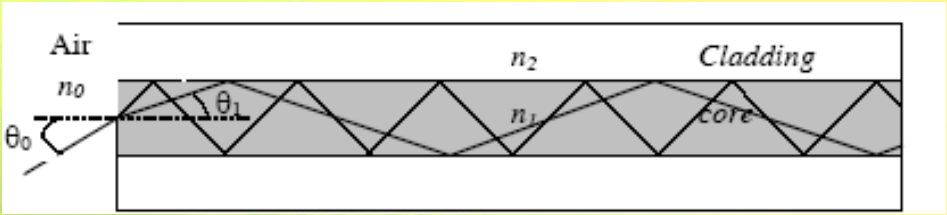


Cáp quang

- Các loại sợi quang: đa *mode* chiết suất nhảy bậc, đa *mode* chiết suất giảm dần, đơn *mode*.
- Sợi quang là những dây nhỏ và dẻo truyền các ánh sáng nhìn thấy được và các tia hồng ngoại.
- Chúng có lõi thủy tinh (*core*) ở giữa và phần bảo vệ (*polymer overcoat*) bao bọc xung quanh.
- Để ánh sáng có thể phản xạ toàn phần thì chiết xuất của lõi phải lớn hơn chiết suất áo (*cladding*).

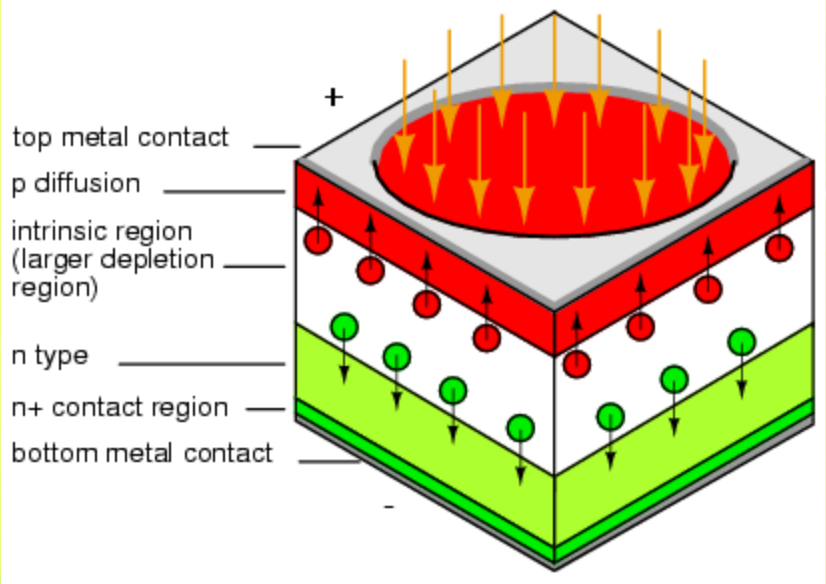


optical fiber



Phần thu quang

- Trong hệ thống thông tin quang, các bộ tách sóng quang là các diod quang PIN và APD được chế tạo từ các chất bán dẫn Si, Ge, InP.
- Ngoài các thành phần chủ yếu này, tuyến thông tin quang còn có các bộ nối quang, các mối hàn, các bộ chia quang và các trạm lặp. Tất cả tạo nên một hệ thống thông tin hoàn chỉnh



1.3. Lịch sử phát triển thông tin quang

- Hình thức sơ khai của thông tin quang : lửa, hải đăng, đèn hiệu
- Các nghiên cứu hiện đại về thông tin quang được bắt đầu từ phát minh laser vào năm 1960 và đề xuất của Kao và Hockham vào năm 1966 về việc chế tạo sợi quang có độ tổn thất thấp.
- 1970, Kapron đã chế tạo thành công các sợi quang trong suốt có độ suy hao khoảng 20dB/km.
- Ngày nay, với sự phát triển của công nghệ, các nguồn phát và thu quang, các kỹ thuật về tách/ghép kênh quang trên cùng sợi dẫn quang ngày càng được hoàn thiện

1.4. *Ưu và nhược điểm của thông tin quang*

- Tiềm năng băng thông khổng lồ
- Sợi quang kích thước nhỏ và nhẹ
- Cách li về điện
- Không bị ảnh hưởng bởi nhiễu và xuyên âm
- Bảo mật thông tin
- Suy hao thấp
- Tính linh hoạt
- Độ tin cậy của hệ thống và dễ bảo dưỡng
- Giá thành thấp đầy tiềm năng

1.5. Kết luận

- Bài này đã trình bày các kiến thức và kỹ năng về:
  - khái niệm về thông tin quang
  - cấu trúc và thành phần cấu thành một hệ thống thông tin quang
  - lịch sử phát triển của thông tin quang
  - ưu và nhược điểm của thông tin quang

Câu hỏi ?

Chuyên đề: **Mạng truyền dẫn quang**

Bài 2: Kỹ thuật ghép kênh WDM và Mạng WDM

TS. Võ Viết Minh Nhật
Khoa Du Lịch – Đại học Huế
vominhnhat@yahoo.com

Mục tiêu

- Bài này nhằm cung cấp cho học viên các kiến thức và kỹ năng về:
  - kỹ thuật ghép kênh WDM
  - mô hình mạng truyền dẫn quang WDM
  - phân loại mạng WDM
  - các thế hệ mạng WDM

Nội dung trình bày

2.1. Kỹ thuật ghép kênh WDM
2.2. Mô hình mạng WDM
2.3. Phân loại mạng WDM
2.4. Các thế hệ mạng WDM

2.1. Kỹ thuật ghép kênh WDM

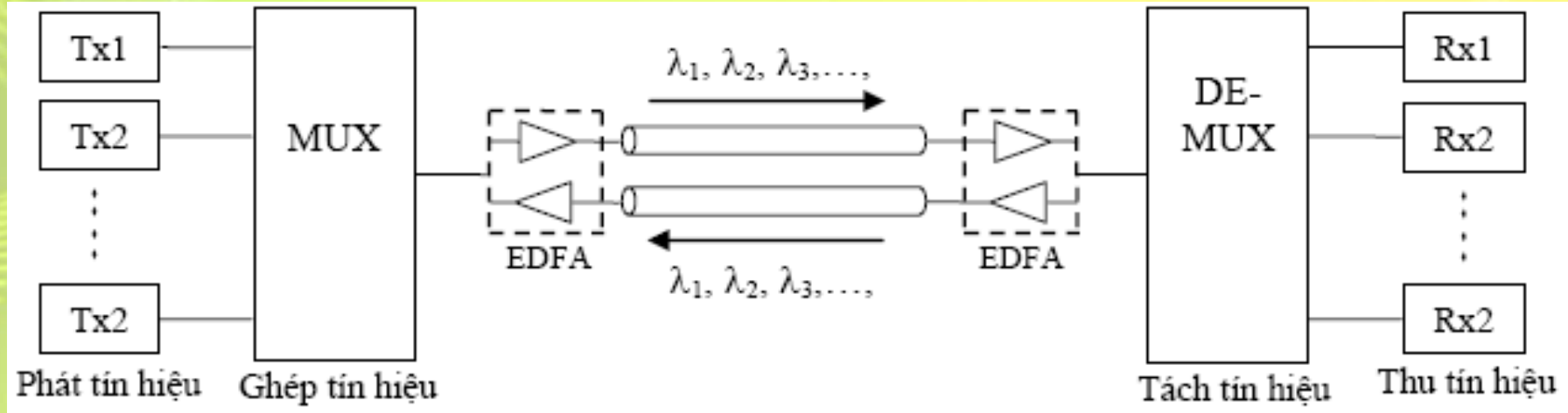
- Ghép kênh bước sóng WDM (Wavelength Devision Multiplexing) là kỹ thuật "*truyền dẫn đồng thời nhiều tín hiệu quang trên nhiều bước sóng khác nhau trong một sợi dẫn quang*".
  - Ở đầu phát, các tín hiệu quang có bước sóng khác nhau được tổ hợp (ghép kênh) để đồng thời truyền đi trên một sợi dẫn quang.
  - Ở đầu thu, tín hiệu tổ hợp được phân giải (tách kênh) và khôi phục lại tín hiệu gốc để đưa đến các đầu cuối.

2.1. Kỹ thuật ghép kênh WDM

- Việc sử dụng công nghệ ghép kênh WDM rõ ràng đã tận dụng được băng thông truyền dẫn rất lớn của sợi quang.
- Tuy nhiên, để tránh hiện tượng nhiễu xuyên kênh, giữa các kênh phải có khoảng cách nhất định.
  - Qua nghiên cứu, ITU-T đã đưa ra các kênh bước sóng và khoảng cách giữa các kênh này có thể lựa chọn ở các cấp độ 200 GHz, 100 GHz, 50 GHz.

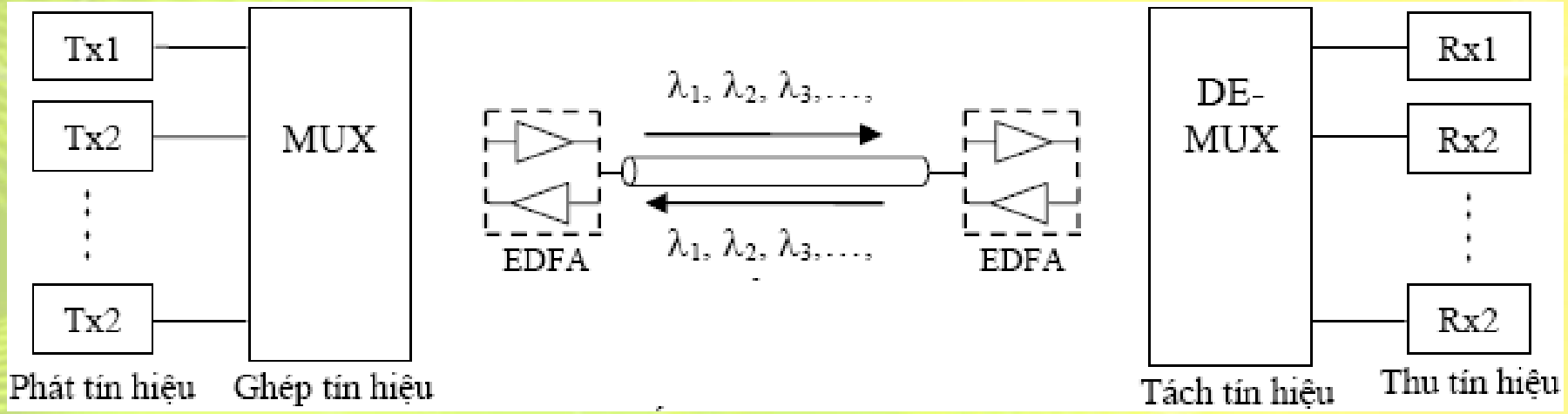
2.2. Mô hình mạng WDM

- Hệ thống truyền dẫn quang WDM về cơ bản được chia làm 2 loại: đơn hướng và song hướng.
  - Hệ thống đơn hướng chỉ truyền theo một chiều trên sợi quang. Do vậy, để truyền thông tin giữa 2 điểm cần có 2 sợi quang.



2.2. Mô hình mạng WDM

- Hệ thống WDM song hướng, ngược lại, truyền hai chiều trên cùng một sợi quang nên chỉ cần một sợi quang để có thể trao đổi thông tin giữa 2 điểm.



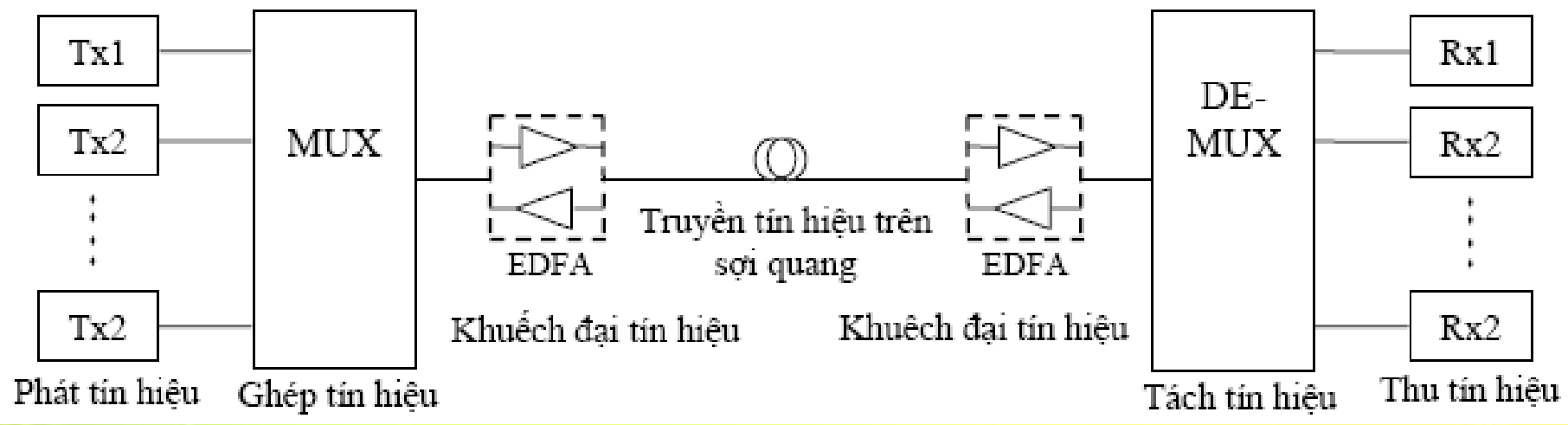
2.2.1.Ưu nhược điểm của 2 hệ thống

- Về dung lượng, hệ thống đơn hướng có khả năng cung cấp dung lượng cao gấp đôi so với hệ thống song hướng. Tuy nhiên, số sợi quang cần dùng cũng gấp đôi so với hệ thống song hướng.
- Khi sự cố đứt cáp xảy ra, hệ thống song hướng không cần đến cơ chế chuyển mạch bảo vệ tự động APS (Automatic Protection Switching) vì cả hai đầu của liên kết đều có khả năng nhận biết sự cố ngay lập tức.

2.2.1.Ưu nhược điểm của 2 hệ thống

- Về khía cạnh thiết kế mạng, hệ thống song hướng khó thiết kế hơn vì còn phải xét thêm các yếu tố như vấn đề xuyên nhiễu do có nhiều bước sóng hơn trên một sợi quang, đảm bảo định tuyến và phân bố bước sóng sao cho hai chiều trên sợi quang không dùng chung một bước sóng …
- Các bộ khuếch đại trong hệ thống song hướng thường có cấu trúc phức tạp hơn. Tuy nhiên, do số bước sóng khuếch đại trong hệ thống song hướng giảm $\frac{1}{2}$ theo mỗi chiều nên các bộ khuyếch đại sẽ cho công suất ngõ ra lớn hơn so với hệ thống đơn hướng.

2.2.2. Các thành phần cấu thành mạng WDM



- **Bộ phát tín hiệu**: Sử dụng nguồn phát laser như: laser điều chỉnh được bước sóng (tunable laser), laser đa bước sóng (multiwavelength laser)...
- Yêu cầu đối với nguồn phát laser là phải có độ rộng phổ hẹp, bước sóng phát ổn định, mức công suất phát đỉnh, bước sóng trung tâm và độ rộng phổ phải nằm trong giới hạn cho phép.

2.2.2. Các thành phần cấu thành mạng WDM

- **Bộ ghép/tách tín hiệu**: kết hợp (ghép) một số nguồn sáng khác nhau thành một luồng tín hiệu ánh sáng tổng hợp để truyền dẫn qua sợi quang và phân chia (tách) luồng ánh sang tổng hợp đó thành các tín hiệu ánh sáng riêng lẻ tại mỗi cổng đầu ra của bộ tách.
- Các loại bộ tách/ghép tín hiệu WDM : bộ lọc màng mỏng điện môi, cách tử Bragg sợi, cách tử nhiễu xạ, linh kiện quang tổ hợp AWG, bộ lọc Fabry-Perot...
- Các tham số cần quan tâm: khoảng cách giữa các kênh bước sóng, độ rộng băng tần của mỗi kênh, bước sóng trung tâm của kênh, mức xuyên tâm giữa các kênh, tính đồng đều của kênh, suy hao xen, suy hao phản xạ Bragg ...

2.2.2. Các thành phần cấu thành mạng WDM

- **Vật truyền dẫn tín hiệu**: quá trình truyền dẫn tín hiệu trong sợi quang chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố: suy hao sợi quang, tán sắc, các hiệu ứng phi tuyến, các vấn đề liên quan đến khuếch đại tín hiệu... phụ thuộc vào các đặc tính của sợi quang (loại sợi quang, chất lượng sợi...).

2.2.2. Các thành phần cấu thành mạng WDM

- **Bộ khuếch đại tín hiệu**: thường sử dụng EDFA.
- Có 3 chế độ khuếch đại: khuếch đại công suất, khuếch đại đường và tiền khuếch đại.
- Các yêu cầu khi dùng bộ khuếch đại EDFA :
  - Độ khuếch đại đồng đều đối với tất cả các kênh bước sóng (mức chênh lệch không quá 1 dB).
  - Sự thay đổi số lượng kênh bước sóng làm việc không làm ảnh hưởng đến mức công suất đầu ra của các kênh.
  - Có khả năng phát hiện sự chênh lệch mức công suất đầu vào để điều chỉnh lại các hệ số khuếch đại nhằm đảm bảo đặc tuyến khuếch đại bằng phẳng đối với tất cả các kênh.
- **Bộ thu tín hiệu**: các hệ thống WDM cũng sử dụng các loại bộ tách sóng quang PIN, APD.

2.3. Phân loại mạng WDM

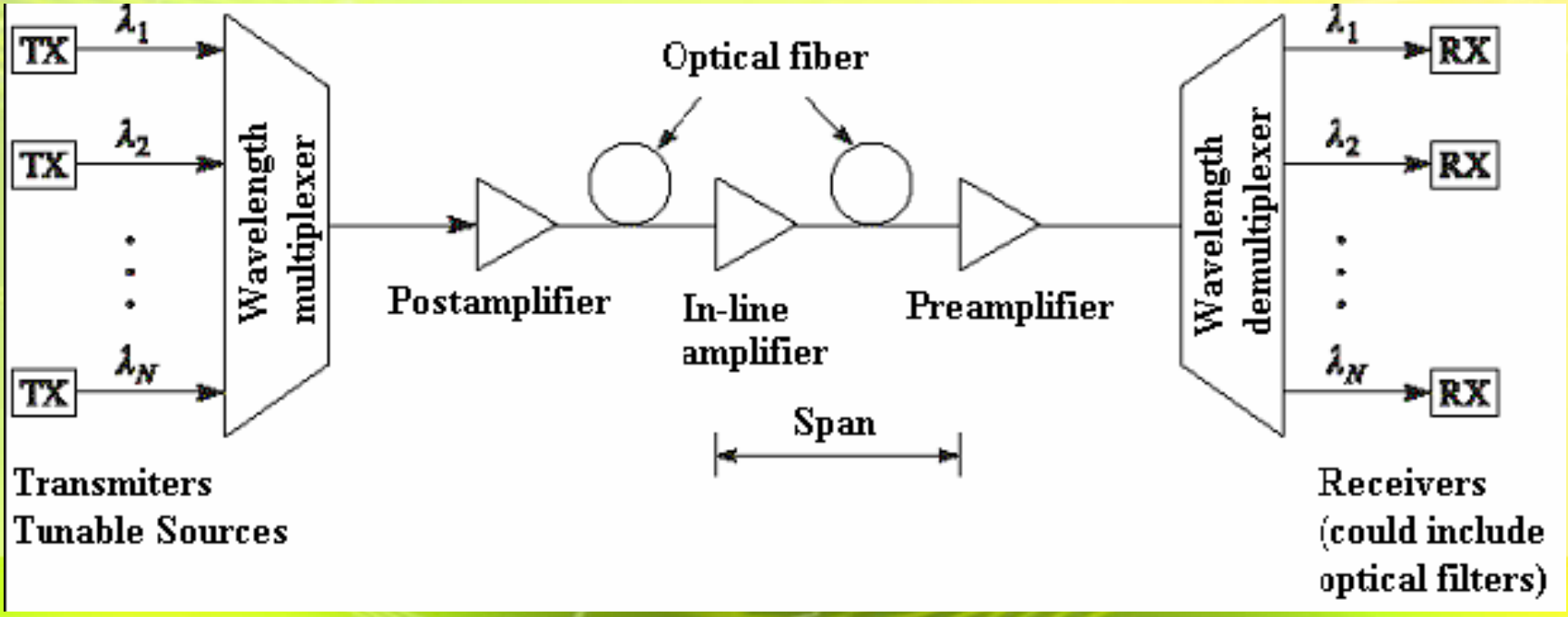
- Ngày nay, kỹ thuật WDM là sự lựa chọn phổ biến nhất cho việc gộp các tín hiệu trong lĩnh vực quang. Ưu điểm của chúng là *tính trong suốt (transparency)*, *tính có thể mở rộng (scalability)* và *tính mềm dẻo (flexibility)*.
- *Tính trong suốt* = không bao gồm các xử lý điện trên mạng. Do vậy các kênh hoạt động như là các dây dẫn độc lập (các ống trong suốt) được cấp phát cho các nút đầu-cuối, với băng thông được xác định trước.
- Mỗi khi một kết nối được thực hiện giữa các nút đầu-cuối trên một kênh WDM, việc truyền thông sẽ tùy chọn về tốc độ truyền (bit rate), kiểu tín hiệu, phương thức truyền ...
- Tính trong suốt còn cho phép các WDM truyền tải các dạng dữ liệu và dịch vụ khác nhau đồng thời; và sử dụng các giao thức khác nhau trong tương lai mà không cần thay đổi gì về mạng.

2.3. Phân loại mạng WDM

- Các kiến trúc phổ biến nhất của mạng WDM là
  - *Liên kết WDM (Link),*
  - *Mạng quang thụ động PON (Passive Optical Network),*
  - *Mạng phát tán và chọn lựa BSN (Broadcast and Select Networks),* và
  - *Mạng định tuyến bước sóng WRN (Wavelength Routing Network).*

2.3.1. Liên kết WDM (Link)

- Trong hướng tiếp cận liên kết WDM, các dây dẫn song song được thay thế bởi các kênh bước sóng trên cùng một dây dẫn đơn (đa kênh được gộp trên cùng một dây dẫn đơn).

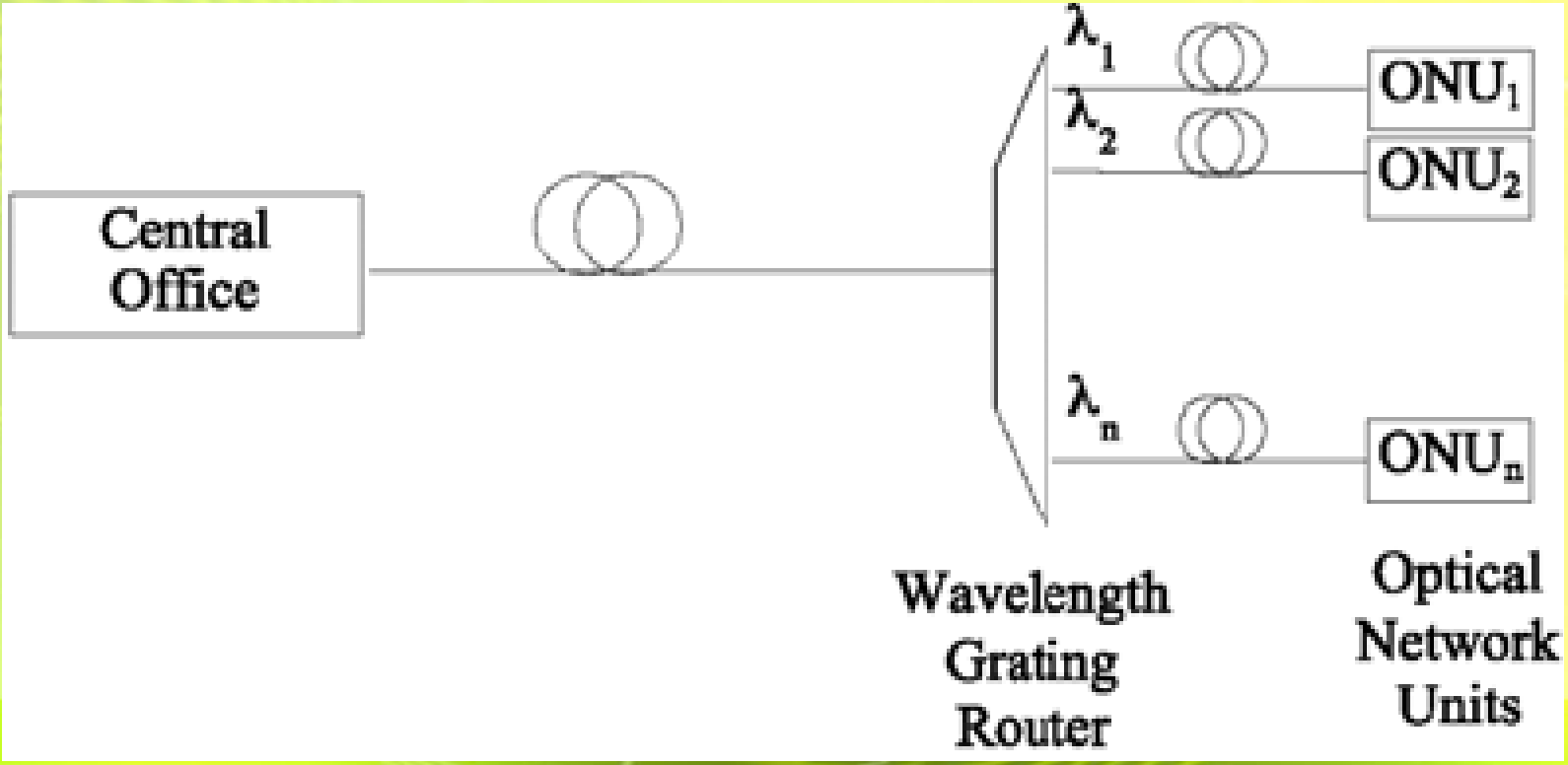


2.3.1. Liên kết WDM (Link)

- Tại mỗi bộ khuyếch đại quang (wideband optical amplifier), tất cả các kênh đều được khuyếch đại đồng thời.
- Các liên kết WDM là đơn giản trong việc thực hiện kết nối với các thiết bị phổ biến hiện đang sử dụng và hiện nay đã trưởng thành về mặt công nghệ. Do đó các liên kết WDM hứa hẹn sẽ xây dựng được một hệ thống truyền thông quang với giá cạnh tranh.

2.3.2. Mạng quang thụ động PON

- Đặc điểm chính của mạng PON là các dây dẫn chia sẻ giữa trạm trung tâm (*Central Office*) và các trạm biên ONU (*Optical Network Unit*)

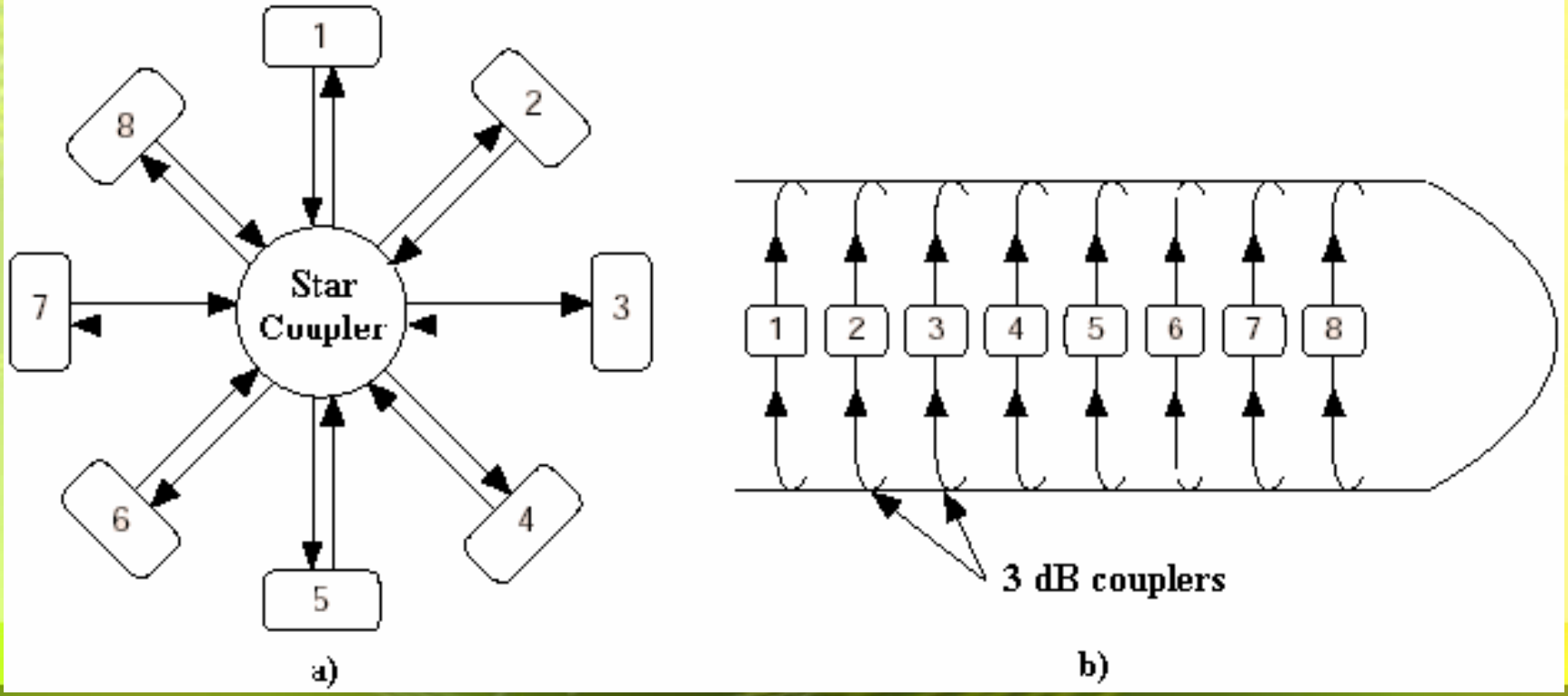


2.3.2. Mạng quang thụ động PON

- Với các thiết lập cấu trúc cây, mạng PON cho phép truyền thông 2 chiều giữa server (central office) và đa người dùng (ONUs), với việc điều khiển và định tuyến tập trung tại trạm trung tâm.
- Kiến trúc này là một sự lựa chọn tốt đối với các nhà cung cấp truyền thông nội vùng, bởi vì việc thiết kế là rẻ tiền, đơn giản và bền vững đối với các trạm ONU.

2.3.3. Mạng phát tán và chọn lựa BSN

- Trong mạng BSN, mỗi trạm phát phát tán tín hiệu trên tất cả các kênh và trạm thu tự điều chỉnh đến kênh mà mình muốn thu tín hiệu.



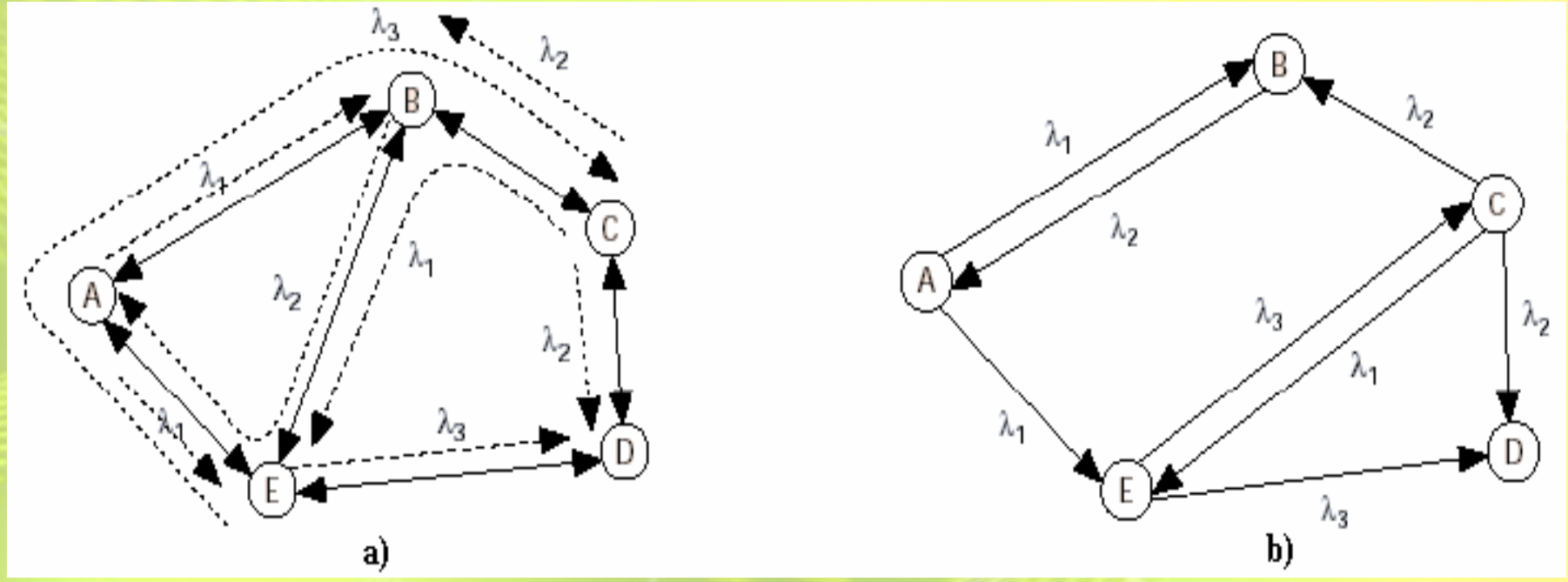
2.3.3. Mạng phát tán và chọn lựa BSN

- Như vậy, mạng BSN là tương tự với các hệ thống radio hay mạng cuc bộ truyền thống. Chúng sử dụng một thiết bị "*star coupler*" để phát tán một tín hiệu vào từ 1 cổng vào đến tất cả các cổng ra.
- Nhược điểm:
  - Các cặp giao tiếp phải phối hợp (coordination) với nhau để điều chỉnh đến cùng kênh.
  - Tín hiệu bị suy giảm do "splitting" và tính tái sử dụng bước sóng kém.

=> Mô hình này phù hợp đối với mạng cục bộ, nhưng không thể mở rộng cho mạng diện rộng.

2.3.4. Mạng định tuyến bước sóng WRN

- Mạng định tuyến bước sóng hiện là công nghệ hứa hẹn nhất trong việc thiết lập các mạng đường trục (backbone) hình lưới.



2.3.4. Mạng định tuyến bước sóng WRN

- Mạng WRN có thể là đơn hop hoặc đa-hop.
  - Trong mạng đơn hop, việc truyền thông là toàn quang; dữ liệu được chuyển thành dạng điện chỉ tại nút biên. Loại mạng này có thể là chuyển mạch kênh, chuyển mạch gói, và các mạng chuyển mạch gói có thể là hướng kết nối hoặc không.
  - Trong mạng đa hop, mỗi nút chỉ có một vài bộ phát và thu cố định. Do vậy, tín hiệu không phải luôn luôn được truyền trực tiếp từ nguồn đến đích; các tín hiệu có thể bị chuyển đổi thành dạng điện tại các nút trung gian và sau đó được chuyển lại thành quang và truyền đi lại.

2.3.4. Mạng định tuyến bước sóng WRN

- Mỗi nút (lõi) trên mạng WRN là một bộ định tuyến (router) bước sóng. Mỗi router có các cổng vào và ra; Các cổng này kết nối với các nút biên hay với các router khác.
- Việc định tuyến tín hiệu vào trên mỗi router thực hiện dựa trên số hiệu cổng và bước sóng của nó.
- Các tín hiệu được định tuyến trên cùng cổng ra phải có bước sóng khác nhau:

  ⇒Như vậy 2 kênh không sử dụng chung dây dẫn có thể có cùng bước sóng. Đây chính là đặc điểm sử dụng lại (reuse) bước sóng trên mang WRN

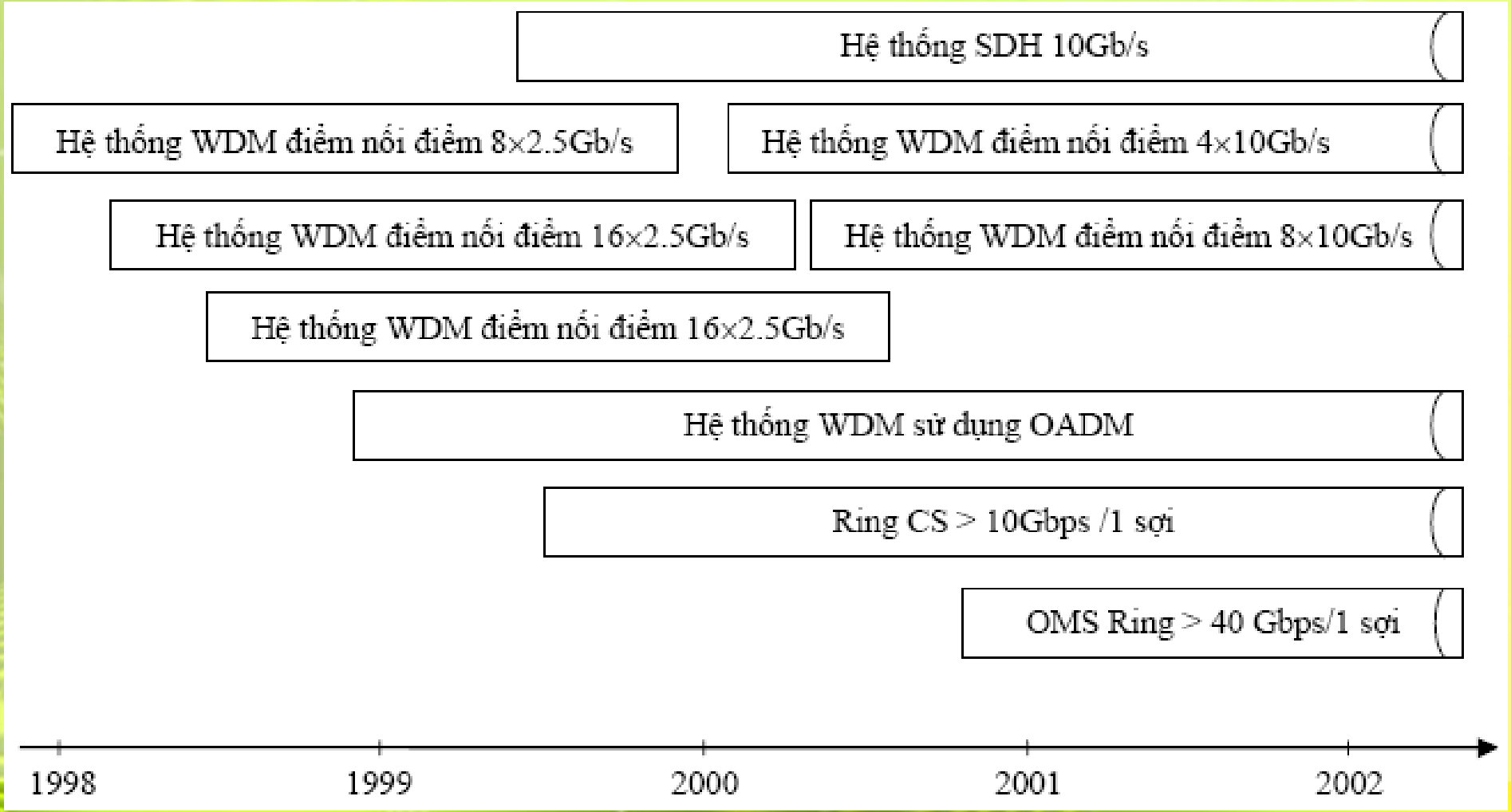
2.3.4. Mạng định tuyến bước sóng WRN

- Router có thể tĩnh hoặc cấu hình động. Nó cũng có thể có chức năng chuyển đổi bước sóng; Đặc điểm này có ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng hoạt động và tính có thể mở rộng của mạng.
- Các chức năng định tuyến và chuyển mạch được thực hiện tại lớp quang. Việc truyền dữ liệu do đó được thực hiện trên các *lightpaths*.
- Mạng WRN là lý tưởng đối với chuyển mạch kênh, nhưng không phù hợp với chuyển mạch gói. Tuy nhiên mô hình lai, bao gồm cả chuyển mạch kênh và gói, vẫn có thể được cài đặt.

2.4. Các thế hệ mạng WDM

- **Thế hệ 1**: là hệ thống WDM điểm nối điểm với các trạm xen/rẽ trên tuyến quang phải là các thiết bị MUX/DEMUX để tách/ghép tất cả các bước sóng.
- **Thế hệ 2**: là hệ thống WDM điểm nối đa điểm với các trạm xen/rẽ trên tuyến quang là các OADM cho phép tách/ghép trực tiếp những bước sóng cần xen/rẽ.
- **Thế hệ 3**: mạng WDM toàn quang với các thiết bị chuyển mạch và định tuyến bước sóng, được gọi là mạng định tuyến bước sóng. Nó cung cấp các đường quang (lightpath) tới người sử dụng là các đầu cuối SDH (SONET) hay các bộ định tuyến IP.

Sự phát triển của các hệ thống WDM



2.6. Kết luận

- Bài này đã trình bày các kiến thức và kỹ năng về:
  - kỹ thuật ghép kênh WDM
  - mô hình mạng WDM
  - phân loại hệ thống truyền dẫn quang WDM
  - các thế hệ mạng WDM

Câu hỏi ?

Chuyên đề: **Mạng truyền dẫn quang**

Bài 3: Định tuyến và cấp phát bước sóng trên Mạng WDM

TS. Võ Viết Minh Nhật
Khoa Du Lịch – Đại học Huế
vominhnhat@yahoo.com

Mục tiêu

- Bài này nhằm cung cấp cho học viên các kiến thức và kỹ năng về:
  - tổng quan vấn đề định tuyến và cấp phát bước sóng (RWA) trên mạng WDM
  - các mô hình RWA tĩnh (Static RWA)
    - Bài toán thiết kế hình thái vật lý (Physical Topology Design)
    - Bài toán thiết kế hình thái ảo (Virtual Topology Design)
  - các mô hình RWA động (Dynamic RWA)
    - Định tuyến (Route Computation)
    - Cấp phát bước sóng (Wavelength Assignment)

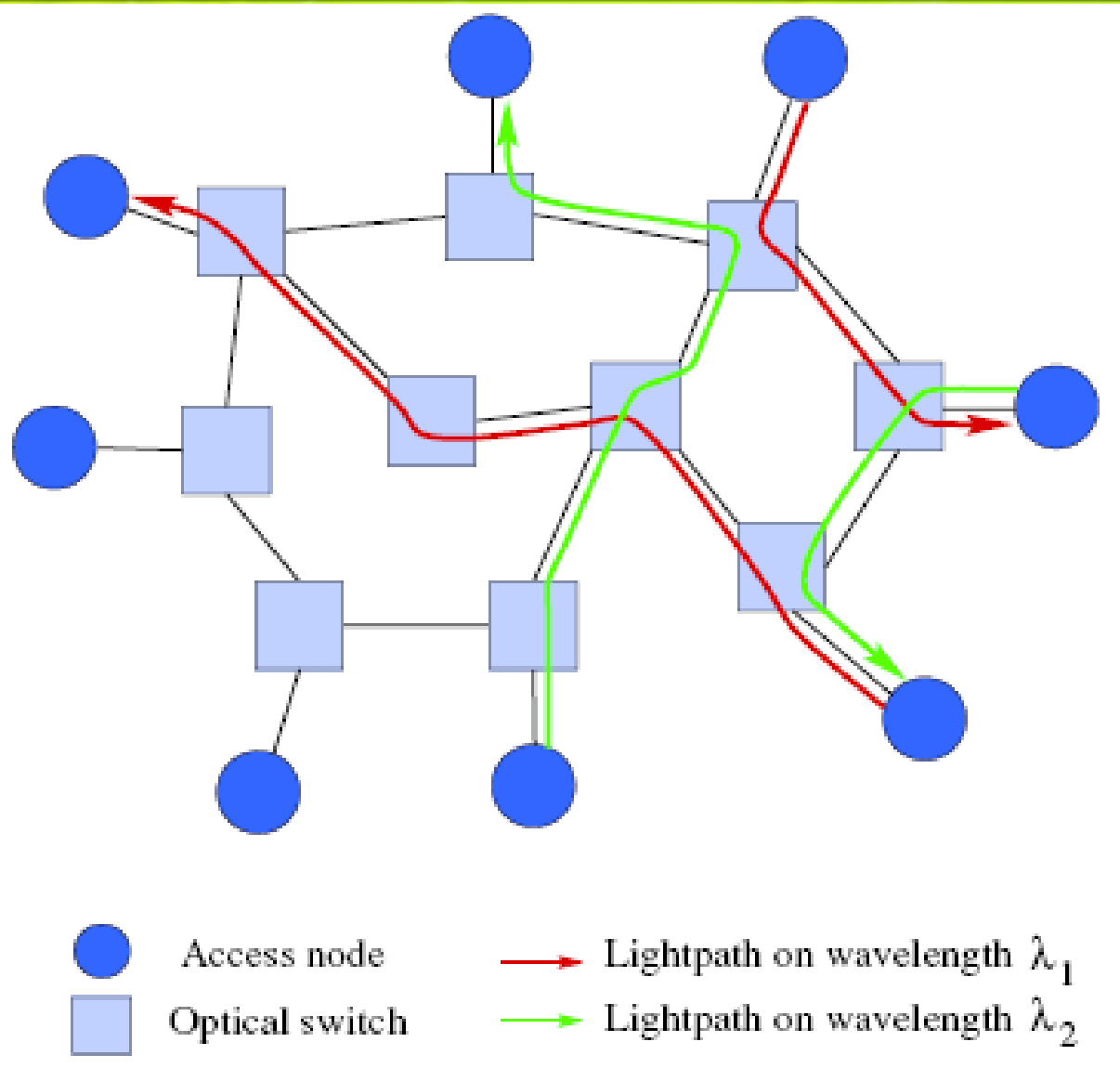
Nội dung trình bày

- Tổng quan
- Các mô hình RWA tĩnh (Static RWA)
  - Bài toán thiết kế hình thái vật lý (Physical Topology Design)
  - Bài toán thiết kế hình thái ảo (Virtual Topology Design)
- Các mô hình RWA động (Dynamic RWA)
  - Định tuyến (Route Computation)
  - Cấp phát bước sóng (Wavelength Assignment)

3.1. Tổng quan

- Kỹ thuật ghép kênh quang WDM trong mạng quang đã nhanh chóng dành được sự thừa nhận như là công cụ truyền thông đáp ứng với nhu cầu băng thông ngày càng tăng của người dùng.
- Trong mạng định tuyến bước sóng WRN, người dùng giao tiếp với nhau thông qua các kênh toàn quang WDM, còn được gọi là các lightpaths.
- Như vậy, một lightpath được sử dụng để mang một kết nối trên mạng WRN. Nó có thể đi qua (span) nhiều dây dẫn.
- Nếu trên mạng không có trang bị các bộ chuyển đổi bước sóng, một lightpath sẽ sử dụng cùng bước sóng trên tất cả các dây dẫn mà nó đi qua; thuộc tính này được gọi là ràng buộc về tính liên tục của bước sóng (wavelenght continuity)

Mạng định tuyến bước sóng WRN với các lightpaths



3.1. Tổng quan

- Như vậy, với một tập các yêu cầu kết nối, vấn đề thiết lập các lightpaths bởi định tuyến và cấp phát bước sóng cho mỗi kết nối được gọi là vấn đề RWA (the Routing and Wavelength-Assignment problem).
- Chúng ta phân biệt 3 loại yêu cầu kết nối: tĩnh (static), tăng cường (incremental) và động (dynamic) [3].
  - Với hướng tiếp cận tĩnh, một tập các kết nối là được biết trước. Vấn đề là làm thế nào thiết lập được các lightpaths cho các kết nối này sao cho: tối thiểu hóa tài nguyên mạng sử dụng như số bước sóng, số dây dẫn trên mạng; hay tối đa số kết nối có thể thiết lập được nếu số bước sóng được cho trước cố định. (hướng tiếp cận này có tên gọi khác là vấn đề SLE (Static Lightpath Establishment problem))

3.1. Tổng quan

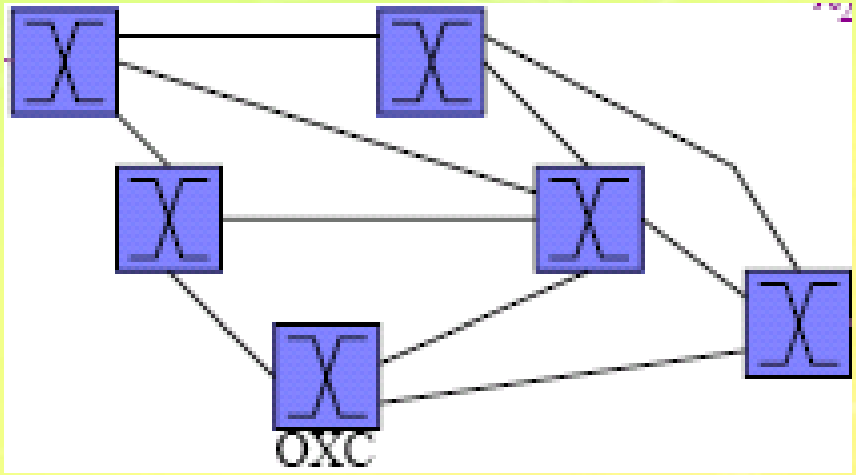
- Với hướng tiếp cận tăng cường, các yêu cầu kết nối đến liên tục. Một lightpath được thực hiện cho mỗi yêu cầu kết nối đến và các lightpath hiện tại khác trên mạng là không xác định được.
- Với trường hợp động, một lightpath được thiết lập cho mỗi kết nối khi có yêu cầu và lightpath này sẽ được giải phóng sau một khoảng thời gian hữu hạn. Sự khác biệt cơ bản ở đây là các lightpath được quản lý.
- Mục đích của hướng tiếp cận tăng cường và động là thiết lập các lightpaths và cấp phát bước sóng sao cho tối thiểu xác suất tắc nghẽn (blocking) do kết nối không thiết lập được; hay tối đa số kết nối có thể thiết lập được tại bất cứ lúc nào (hướng tiếp cận này có tên gọi khác là DLE (Dynamic Lightpath Establishment)

Phát biểu bài toán RWA

- Vấn đề RWA có thể phát biểu như sau:
  - Cho một tập các lightpaths cần thiết lập trên mạng và ràng buộc về số bước sóng có thể sử dụng, chúng ta cần xác định đường (route) và bước sóng (wavelength) cho các lightpaths sao cho tối đa số lightpaths có thể được thiết lập (hay tối thiểu số bước sóng sử dụng hay tối thiểu xác suất tắc nghẽn vì không thiết lập được lightpath)

… và mô tả bằng đồ thị

- Cho:
  - Lightpaths = {AE, CD, …}
  - Contraints = {AB(λ_1, λ_2, …), AC(λ_2,…), …}



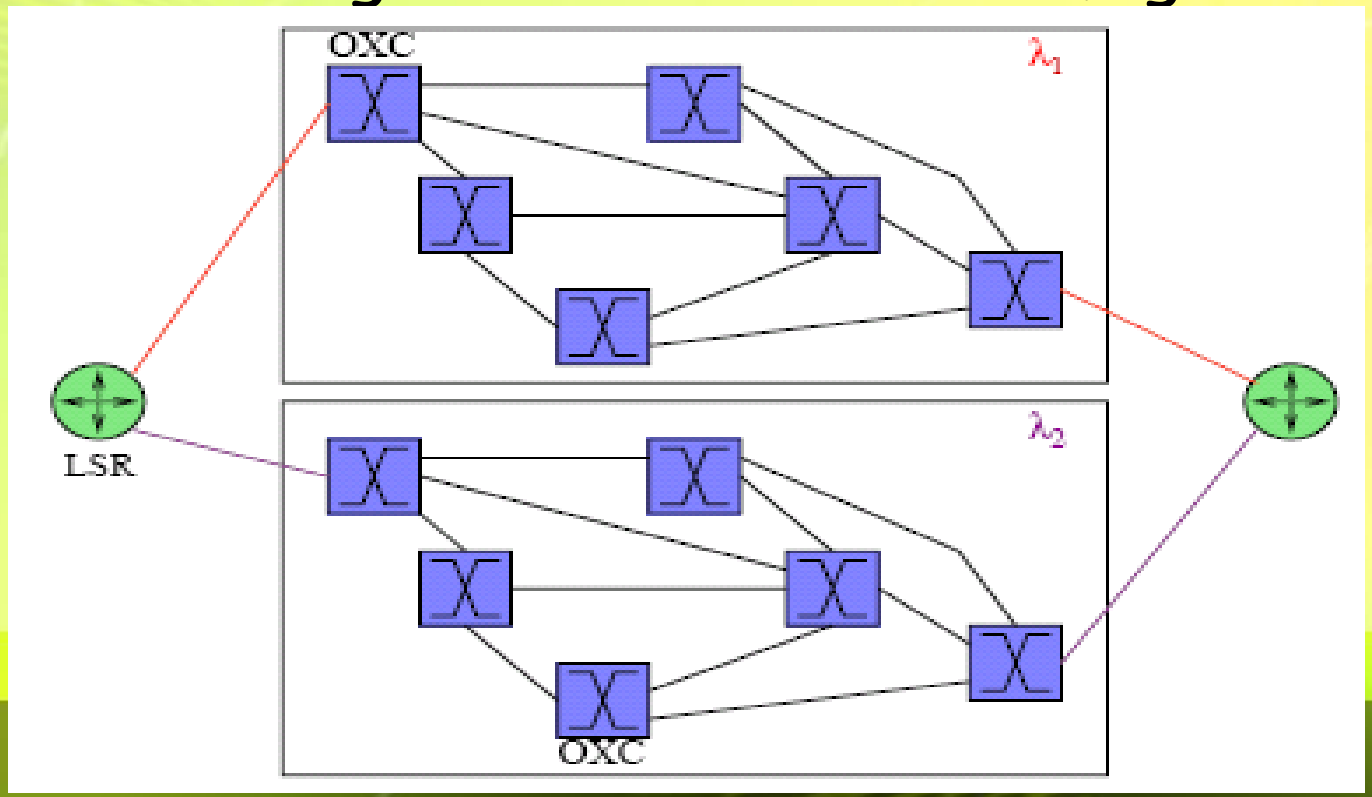
- Mục đích:
  - (1) thực hiện tất cả các lightpaths sao cho số bước sóng sử dụng tối thiêu,
  - (2) thực hiện tất cả các lightpaths sao cho số độ dài đường đi tối thiêu,
  - (3) tối đa số lightpaths được thực hiện, thỏa mãn ràng buộc về số bước sóng/độ dài được đi cho trước

2 ràng buộc của vấn đề RWA

1. Ràng buộc về tính liên tục bước sóng (wavelength continuity): Một lightpath phải sử dụng cùng bước sóng trên tất cả các liên kết (link/fiber) từ nguồn đến đích mà nó đi qua
2. Ràng buộc về tính phân biệt bước sóng (distinct wavelength): tất cả các lightpaths sử dụng cùng liên kết (link/fiber) phải có bước sóng khác nhau.

Tính phức tạp của bài toán RWA

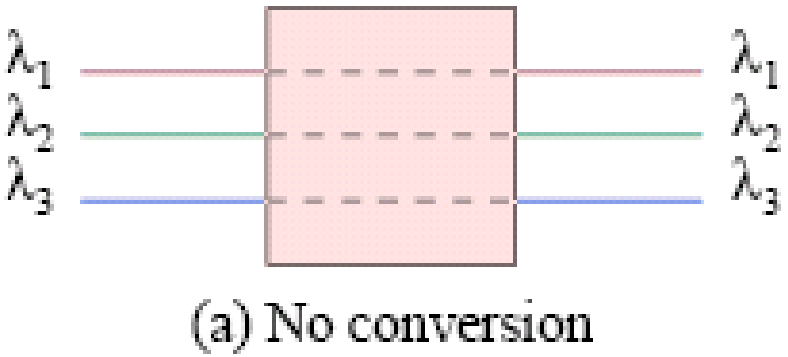
- Xét một mạng WRN với W bước sóng trên mỗi liên kết (link/fiber), việc tìm kiếm đường đi (lightpath) cho một kết nối (connection) sẽ trở thành W bài toán tìm đường trên W hình thái mạng khác nhau.



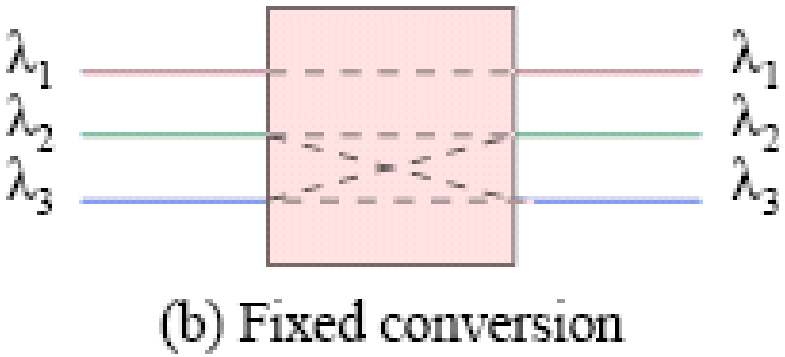
Chuyển đổi bước sóng

- Tuy nhiên, ràng buộc về tính liên tục bước sóng có thể được nới lỏng nều các bộ chuyển đổi bước sóng (wavelength converter) được sử dụng.
- Một bộ chuyển đổi bước sóng chuyển đổi bước sóng của tín hiệu quang đến tại cổng vào thành tín hiệu quang có bước sóng khác tại cổng ra.
- Như vậy, việc chuyển đổi bước sóng cho phép một lightpath sử dụng các bước sóng khác nhau trên các liên kết vật lý khác nhau mà nó đi qua.

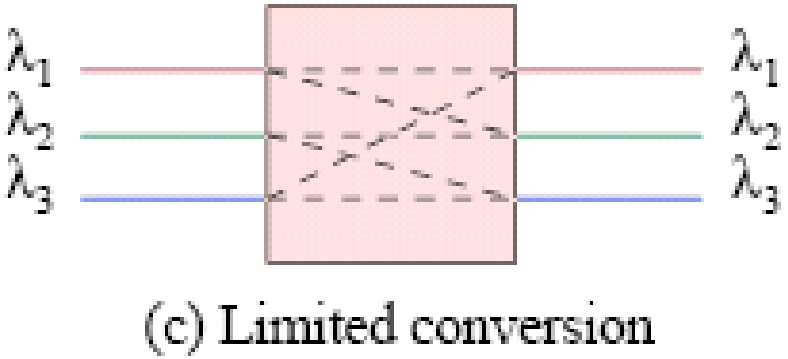
Ví dụ về bộ chuyển đổi bước sóng



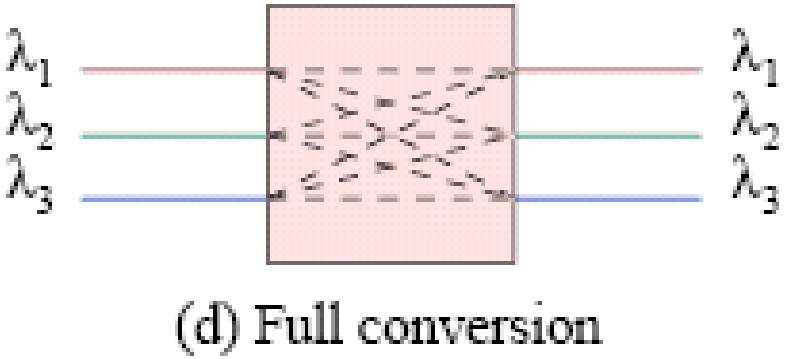
(a) No conversion



(b) Fixed conversion



(c) Limited conversion

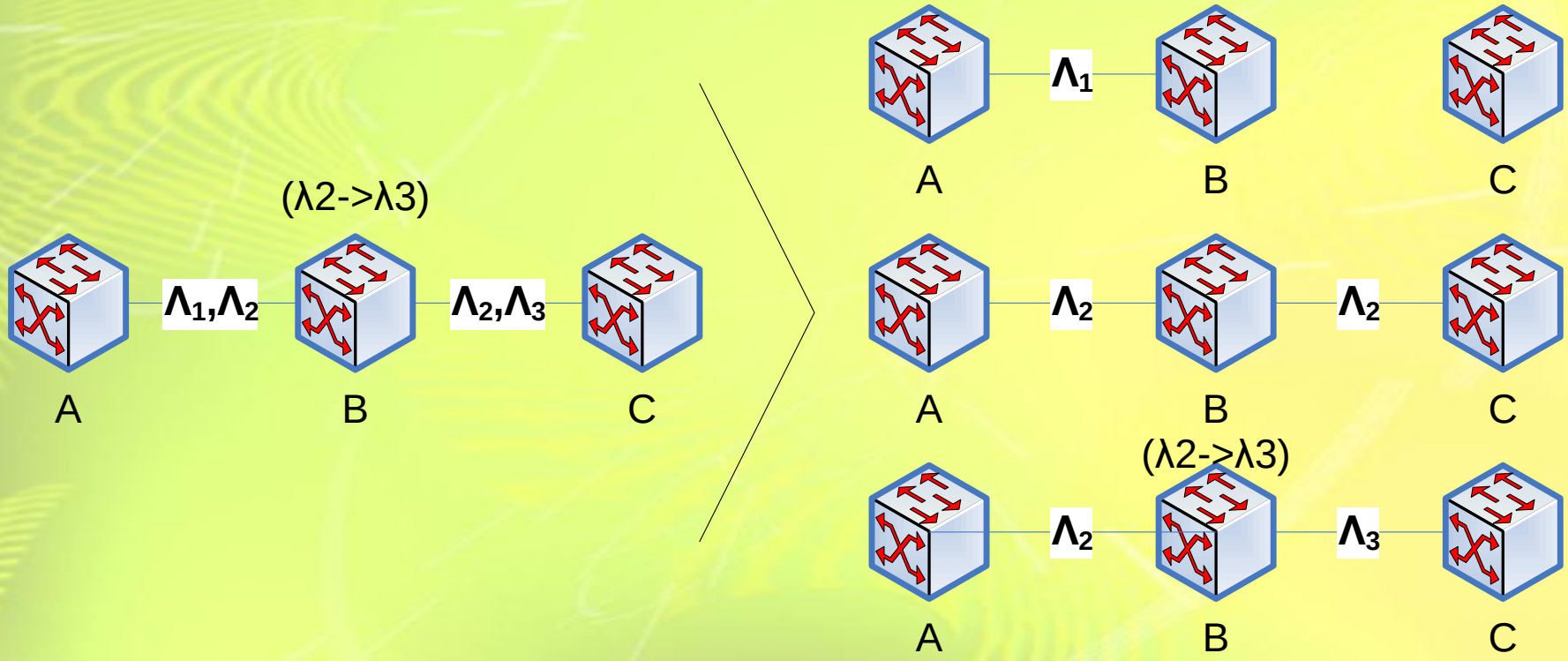


(d) Full conversion

Các loại chuyển đổi bước sóng

- Chuyển đổi đầy đủ bước sóng (Full)
  - Loại bỏ hoàn toàn ràng buộc về tính liên lục bước sóng
  - Đưa vấn đề RWA thành vấn đề định tuyến cổ điển
- Chuyển đổi có giới hạn bước sóng (Limited)
  - Phức tạp hơn không có chuyển đổi
  - số lựa chọn tăng cấp lũy thừa với số OXCs cần thiết phải đi qua => độ phức tạp của vấn đề RWA do đó cũng tăng theo tương ứng.

Ví dụ về chuyển đổi có giới hạn bước sóng



Chuyển đổi rải rác (sparse)

- Việc trang bị các thiết bị chuyển đổi bước sóng (đầy đủ hay có giới hạn) tăng hiệu quả mạng, nhưng đồng thời cũng tăng chi phí mạng.
- Giải pháp: phân bố các bộ chuyển đổi rải rác, thay vì trên tất cả các nút mạng
  - => phân bố các bộ chuyển đổi thế nào?
  - Việc phân bố rải rác hợp lý các bộ chuyển đổi đầy đủ bước sóng trên các OXCs trong mạng sẽ giúp tăng rất cao hiệu quả việc sử dụng các bước sóng.

RWA tĩnh (static)

- Hướng tiếp cận RWA tĩnh
  - Sẽ hiệu quả khi các yêu cầu về kết nối là biết trước và trạng thái (tình trạng) mạng ít thay đổi
  - Sử dụng các giải thuật off-line
  - Mục tiêu là tối ưu hóa cách sử dụng tài nguyên cho các kết nối.
- Phân loại bài toán RWA tĩnh
  - Bài toán thiết kế hình thái vật lý PTD (Physical Topology Design): tối ưu vị trí và loại tài nguyên
  - Bài toán thiết kế hình thái ảo VTD (Virtual Topology Design): cho một tập các lightpaths cần thiết lập lâu dài (long-lived), hãy thiết lập hình thái mạng ảo giữa các nút biên sao cho nó phù hợp với hình thái của một mạng vật lý đang xem xét

Bài toán thiết kế hình thái vật lý PTD

- Bài toán thiết kế hình thái vật lý PTD là nhằm thiết kế và xây dựng một hình thái mạng với các ràng buộc về
  - khả năng của các liên kết (kết nối) như số lượng các kênh bước sóng trên mỗi sợi dẫn quang, hay/và khả năng băng thông của mỗi kênh
  - số cổng chuyển mạch của mỗi OXC
  - vị trí lắp đặt của các thiết bị như bộ khuếch đại (amplifiers), bộ chuyển đổi (converters), bộ chia tín hiệu (power splitters)
  - đảm bảo tồn tại ít nhất 2 tuyến (path) tách biệt giữa 2 OXCs bất kỳ để phòng trường hợp OXC hay sợi dẫn quang hỏng
- Cách tiếp cận thông thường của bài toán thiết kế hình thái vật lý PTD là bắt đầu từ xây dựng một mạng xương sống (skeleton) và sau đó bổ sung thêm các tái nguyên khác khi cần thiết. Sự thành công của việc thiết kế hình thái mạng vật lý do đó phụ thuộc vào tính chính xác của việc dự đoán lỗi tiềm tàng đối với hình thái mạng được thiết kế.

Các ví dụ bài toán PTD

- Bài toán tìm vị trí lắp đặt các OXC [27] :
  - ***"Cho một số bộ định tuyến chuyển mạch nhãn LSRs (Label Switching Routers) và một tập các lightpaths cần được thiết lập giữa các LSRs, hãy xác định một hình thái vật lý (mà giữa mỗi cặp nút luôn tồn tại 2 liên kết) sao cho số chuyển mạch quang OXC được sử dụng là ít nhất nhưng vẫn đảm bảo thiết lập được tất cả các lightpaths đã cho."***
- Thực chất, bài toán này là kết hợp của cả bài toán thiết kế hình thái vật lý và hình thái ảo. Giải pháp được đề xuất trong [27] là sử dụng giải thuật di truyền, lặp đi lặp lại trong không gian hình thái vật lý và sử dụng giải thuật heuristics cho việc định tuyến và cấp phát bước sóng RWA. Kết quả là, với 1000 bộ định tuyến LSRs và 10.000 lightpaths, phương pháp này vẫn có thể giải được.

Các ví dụ bài toán PTD

- Bài toán tìm vị trí lắp đặt các bộ chuyển đổi WC [11,28]
  - "***Cho một số lượng vừa đủ các bộ chuyển đổi bước sóng (khoảng 30% trên tổng số bộ chuyển mạch quang OXC), hãy tìm vị trí tối ưu các bộ chuyển đổi WC được lắp đặt (thõa mãn tình trạng hiện thời của dữ liệu lưu thông)***"
- Cách tiếp cận "tăng trưởng" (incremental) có thể được sử dụng và kết quả thu được là gần tối ưu (thay vì là tối ưu).
- Bài toán thiết kế hình thái vật lý PTD thực tế là bài toán khó bởi vì phụ thuộc rất nhiều ràng buộc như khả năng và số lượng các liên kết, số lượng bộ chuyển mạch quang OXC, vị trí lắp đặt các thiết bị, ... Việc giảm bớt các ràng buộc sẽ làm cho bài toán trở nên dễ giải hơn.

Bài toán thiết kế hình thái ảo VTD

- Bài toán thiết kế hình thái ảo được phát biểu như sau:
  - *"Cho một mạng quang với các liên kết quang kết nối các bộ chuyển mạch quang OXCs (tạo thành một hình thái vật lý) và cho một tập các lightpaths cần thiết lập (sẽ tạo nên một hình thái ảo) giữa các nút biên, hãy xác định mô hình kết nối tối ưu (chẳng hạn, tối đa số lighpaths được thiết lập)."*
- Rõ ràng, hình thái ảo được tạo ra sẽ bị ràng buộc bởi hình thái vật lý bên dưới. Do vậy, khó có thể tìm được lời giải cho hình thái ảo kết nối hoàn toàn.

Bài toán VTD được xem xét dưới góc độ đồ thị [30]

- *"Cho một hình thái mạng vật lý được biểu diễn dưới dạng đồ thị Gp(V,Ep), trong đó V là tập các OXCs và Ep là các sợi dẫn quang kết nối các OXCs. Cho một tập các lightpaths cần thiết lập T = [p,psd], trong đó p biểu diễn tổng tải lưu lượng được cung cấp và psd là sự phân bố các tải lưu lượng. Mục tiêu của việc thiết kế hình thái ảo có thể là:*
  - *Tối thiểu mức tắt nghẽn tối đa của mạng, với một số ràng buộc về mặt tài nguyên mạng [9,10].*
  - *Tối thiểu số chặng (hành trình) trung bình của các ligthpath thiết lập được*
  - *Tối thiểu độ trể gói trung bình."*
- Phương pháp giải cho bài toán trên có thể là sử dụng hướng tiếp cận lập trình nguyên (ILP), hay heuristics.

Chia nhỏ bài toán RWA tĩnh

- Bài toán RWA tĩnh có thể được chia nhỏ (về mặt logic) thành 4 bài toán thành phần (giả sử không xét đến khả năng chuyển đổi bước sóng)
  - Bài toán hình thái (Topology): xác định các lightpaths giữa các cặp nút biên nguồn-đích.
  - Bài toán định tuyến bước sóng (lightpath routing): xác định liên kết vật lý để định tuyến các lightpath.
  - Bài toán cấp phát bước sóng (Wavelength Assignment) xác định bước sóng cho mỗi lightpath.
  - Bài toán định tuyến lưu lượng (Traffic Routing): định tuyến luồng các gói tin giữa các cặp nút biên nguồn-đích.

Các giải pháp cho RWA tĩnh

- Các giải thuật heuristic thông thường được chọn để giải quyết bài toán RWA tĩnh, như:
  - Các giải thuật giải quyết bài toán lập trình tuyến tính nguyên ILP (Integer Linear Programming)
  - Các giải thuật chỉ giải quyết một tập con trong 4 bài toán con
  - Các giải thuật nhằm vào bài toán thiết kế một hình thái mạng ảo lên một hình thái vật lý của một mạng hiện có

Các giải pháp cho RWA tĩnh

- Kỹ thuật LP-relaxation kết hợp với việc làm tròn (rounding) [31]
- Trong kỹ thuật này, các ràng buộc nguyên được nới lỏng để tạo ra một bài toán đơn giản hơn mà có thể giải được bằng một phương pháp lập trình nguyên nào đó. Sau đó, một giải thuật làm tròn sẽ được áp dụng để thu được giải pháp cuối cùng bao gồm cả các ràng buộc nguyên.
- Các giải thuật di truyền hay "simulated annealing" có thể được áp dụng để thu được các giải pháp tối ưu. Tuy nhiên, điều khó khăn là làm thế nào để kiểm soát được tính đúng đắn của giải pháp cuối cùng đối với các mạng có kích thước lớn, bởi vì độ phức tạp về mặt tính toán của giải pháp "simulated annealing" là tăng theo hàm mũ so với kích thước bài toán, do đó không thể áp dụng đối với không gian rộng. Hơn nữa LP-relaxation có thể dẫn đến các giải pháp mà khó có thể áp dụng các giải thuật làm tròn.

Các giải pháp cho RWA tĩnh

- Giải thuật tham ăn (greedy) [33]
- Trong giải thuật này, các lightpaths được tạo giữa các cặp nút biên nhằm để giảm các yêu cầu lưu lượng. Giải thuật sẽ bắt đầu với tình trạng mạng chưa được thiết lập lightpath và sau đó lần lược thiết lập từng lightpath sao cho không vi phạm các rằng buộc đã cho.
- Một cách làm ngược lại cũng được để xuất trong [34] trong đó một mạng với tất cả các lightpaths đã được thiết lập. Giải thuật sẽ lần lược loại bỏ các ligthpath với lưu lượng bé nhất sao cho các ràng buộc bị vi phạm giảm dần đến không.

Các giải pháp cho RWA tĩnh

- Hướng tiếp cận heuristics [34,35]
- Giải thuật bắt đầu với một hình thái mạng logic nào đó (nhằm để tránh giải bài toán con thứ 1). Sau đó sử dụng các giải thuật định tuyến lưu lượng trên một hình thái mạng thông thường để giải bài toán con về định tuyến. Cuối cùng là xác định xem nút vật lý nào sẽ chịu trách nhiệm nút logic nào và liên kết vật lý nào sẽ được sử dụng cho các lightpath nào trong hình thái mạng.

Các mô hình RWA động

- Đặc điểm của mô hình RWA động (Dynamic RWA) là:
  - Các yêu cầu kết nối đến một cách ngẫu nhiên trong suốt thời gian hoạt động của mạng.
  - Các tài nguyên khả dụng có thể đủ hoặc không để thực hiện một lightpath.
  - Trạng thái mạng thay đổi liên tục bởi sự kiện các ligthpath mới được thiết lập và các lightpath đang tồn tại được gở bỏ.

Các mô hình RWA động

- Với các đặc điểm đó, một yêu cầu thiết lập lightpath có thể được đáp ứng hoặc không. Hơn nữa, các giải thuật RWA động cũng phải thực hiện theo thời gian thực (real time). Với yêu cầu về thời gian thực hiện thời gian thực và trong môi trường lưu lượng thay đổi, các giải thuật RWA động do đó phải thật đơn giản. Thông thường, người ta chia bài toán RWA động thành hai bài toán con:
  - Bài toán định tuyến và
  - Bài toán cấp phát bước sóng

Các bước thực hiện một giải thuật RWA

- Các bước thông thường mà một giải thuật RWA thực hiện bao gồm
  1. Tính số tuyến vật lý có thể (khả dụng) và sắp xếp chúng vào một danh sách.
  2. Sắp xếp các bước sóng khả dụng thành một danh sách khác.
  3. Bắt đầu từ đầu mỗi danh sách, lần lược tìm kiếm tuyến vật lý và bước sóng phù hợp với một yêu cầu ligthpath đến.
- Với cách thực hiện như vậy, sự thành công của giải thuật RWA động phụ thuộc vào:
  - Số tuyến vật lý có thể (khả dụng) và cách xác định chúng
  - Thứ tự sắp xếp các tuyến và bước sóng trong các danh sách; và cách lấy chúng từ trong danh sách ra.

Tính toán tuyến (Route Computation)

- Trong các giải thuật tính toán tuyến tĩnh, các tuyến là được tính toán và sắp xếp độc lập với trạng thái mạng; và các tuyến đã được tính toán sẽ được lưu lại để phục vụ cho việc thiết lập các lightpath sau này. Tuy nhiên với các giải thuật tính toán tuyến động, các tuyến được tính toán và sắp xếp chuyển biến theo trạng thái hiện thời của mạng; và các giải thuật RWA động được thực hiện tại thời điểm yêu cầu lightpath đến; và do đó các nút mạng cần phải trao đổi thường xuyên thông tin trạng thái mạng.

Tính toán tuyến (Route Computation)

- Có 3 cách tiếp cận của các giải thuật định tuyến :
- Với giải thuật định tuyến tĩnh, mọi cặp nút biên nguồn-đích được cấp phát một tuyến đơn. Một kết nối được gọi là tắt nghẽn nếu không có bước sóng nào khả dụng.
- Trong giải thuật định tuyến luân phiên cố định (fixed-alternate), k tuyến (k>1) được tính toán cho mỗi cặp nút biên nguồn-đích. Khi có một yêu cầu thực hiện kết nối, các tuyến sẽ được xem xét theo một thứ tự được xác định trước nào đó và tuyến đầu tiên có bước sóng khả dụng sẽ được chọn cho việc thiết lập lightpath. Yêu cầu kết nối sẽ bị tắt nghẽn nếu không có bước sóng nào khả dụng trong cả k tuyến.
- Giải thuật định tuyến thích nghi là tương tự với giải thuật định tuyến luân phiên cố định, nhưng các tuyến được tính toán phụ thuộc vào trạng thái mạng tại thời điểm có yêu cầu kết nối đến.

Tính toán tuyến (Route Computation)

- Tiêu chuẩn để chọn tuyến có thể là độ dài tuyến (chi phí), tức là tổng các trọng số (chi phí) của các liên kết vật lý (chẳng hạn số chặng, khoảng cách). Với các giải thuật thích nghi, trọng số liên kết có thể là mức tải hay mức độ tắt nghẽn trên mỗi liên kết (chẳng hạn, số lightpath đang hoạt động (active) trên mỗi liên kết). Trong trường hợp có nhiều tuyến khả dụng đối với một cặp nút biên nguồn- đích, các tuyến có số kênh rỗi nhiều nhất sẽ được phân bố ở đầu danh sách. Cách này sẽ giúp cân bằng tải trên tất cả các liên kết. Giải thuật k tuyến ngắn nhất do đó có thể được sử dụng.

Cấp phát bước sóng

- Bài toán cấp phát bước sóng thực chất là bài toán sắp xếp các bước sóng trong danh sách. Trong trường hợp tĩnh, thứ tự sắp xếp của các bước sóng trong danh sách là dựa trên thứ tự tìm được các bước sóng khả dụng. Có 2 cách để chọn bước sóng từ danh sách:
  - Chọn ngẫu nhiên một bước sóng trong danh sách các bước sóng khả dụng đối với một tuyến được yêu cầu nào đó.
  - Chọn bước sóng khả dụng đầu tiên trong danh sách

Cấp phát bước sóng

- Trong trường hợp thích nghi, thứ tự sắp xếp của các bước sóng trong danh sách là dựa trên tần suất sử dụng, như số liên kết mà một bước sóng hiện đang được sử dụng, hay số kết nối đang hoạt động đang sử dụng một bước sóng:
  - Phương pháp most-used: các bước sóng được sử dụng nhiều nhất sẽ được chọn đầu tiên. Cách tiếp cận này làm tăng số bước sóng sử dụng lại.
  - Phương pháp least-used: các bước sóng được sử dụng ít nhất sẽ được chọn đầu tiên. Cách tiếp cận này cân bằng tải trong số tất cả các bước sóng khả dụng; tuy nhiên nó làm phân mảnh tính khả dụng của các bước sóng.

Cấp phát bước sóng

- Phương pháp **Min-Product (MP)**: phương pháp này được áp dung trong mạng đa liên kết (multi-fiber) [14]. Mục tiêu của phương pháp MP là đóng gói các bước sóng vào trong các fibers, và tối thiểu số fibers sử dụng trên mạng.
- Phương pháp **Least-Loaded (LL)**: Tương tự như MP, phương pháp LL cũng được thiết kế cho các mạng đa sợi quang (multi-fiber) [15]. Phương pháp LL chọn bước sóng có khả năng còn dư (residual) lớn nhất trên liên kết có tải cao nhất dọc theo tuyến p. Khi được áp dụng trong mạng đơn sợi quang, khả năng còn dư hoặc là 1 hay 0; do đó giải thuật chọn bước sóng có chỉ mục thấp nhất với khả năng còn dư.

Cấp phát bước sóng

- **MAX-SUM (MS)**: Phương pháp MS [12], [16] được đề xuất cho mạng đa sợi quang nhưng nó cũng có thể áp dụng cho mạng đơn sợi quang. MS xem xét tất cả các tuyến có thể (các lightpaths hoặc các tuyến được chọn trước) trong mạng và cố gắng tối đa khả năng tuyến còn lại sau khi thực hiện lightpath.

o Để có thể vận hành được, các phương pháp most-used và least-used yêu cầu thông tin toàn mạng; do đó thông tin trao đổi là tràn ngập. Với phương pháp first-fit, không cần phải có thông tin toàn mạng nên không yêu cầu trao đổi nhiều thông tin.

Cấp phát bước sóng

- Các phương pháp cấp phát bước sóng động (thích nghi) khahc như sau:
  - Xác định tập các bước sóng khả dụng và chọn ngẫu nhiên một bước sóng
  - Nếu tất cả các OXCs đều có khả năng chuyển đổi bước sóng, vấn đề cấp phát bước sóng là dễ dàng
  - Nếu mọt vài OXCs sử dụng bộ chuyển đổi, một bước sóng đối với mỗi đoạn tuyến có thể được chọn giữa các OXCs có khả năng chuyển đổi.

Hiệu năng của các giải thuật RWA động

- Hiệu năng của một giải thuật RWA thông thường được đo lường dựa trên xác suất tắt nghẽn.
- Việc tính toán xác suất tắt nghẽn trên mạng WDM luông là cực kỳ khóa khăn.
- Một khái niệm fairness được đưa vào để phản ánh tính biến đổi của xác suất tắt nghẽn của các yêu cầu lightpath giữa các cặp nút biên khác nhau, sao cho sự biến đổi ít tương ứng với mước độ cao của fairness.

Hiệu năng của các giải thuật RWA động

- Chúng ta có thể xem đại lượng unfairness như là tỉ lệ xác suất tắt nghẽn đối với tuyến dài so với tuyến ngắn của một giải thuật RWA đa cho: việc tìm kiếm tuyến dài mà thỏa mãn ràng buộc liên tục bước sóng là rất khó.
- Việc sử dụng các bộ chuyển đổi bước sóng do đó ảnh hưởng đáng kể đến tính fairness; người ta đã chứng minh được rằng, với một lượng nhỏ các OXCs có khả năng chuyển đổi bước sóng (20-30%), fairness có thể đạt đến một mức độ tốt nhất.

Hiệu năng của các giải thuật RWA động

- Định tuyến lệch hướng (Alternate routing) có thể cải thiện đáng kể hiệu năng mạng, theo nghĩa xác suất tắt nghẽn và fairness.
- Các chính sách cấp phát bước sóng cũng đóng một vài trò quan trọng đối với việc cải thiện mức độ fairness.

3.5. Kết luận

- Bài này đã trình bày các kiến thức và kỹ năng về:
  - Khái niệm về vấn đề định tuyến và cấp phát bước sóng (RWA) trên mạng WDM
  - Các mô hình RWA tĩnh (Static RWA)
    - Bài toán thiết kế hình thái vật lý (Physical Topology Design)
    - Bài toán thiết kế hình thái ảo (Virtual Topology Design)
  - Các mô hình RWA động (Dynamic RWA)
    - Định tuyến (Route Computation)
    - Cấp phát bước sóng (Wavelength Assignment)

Câu hỏi ?

Chuyên đề: **Mạng truyền dẫn quang**

Bài 4: IP Over WDM Integration Mechanisms

TS. Võ Viết Minh Nhật
Khoa Du Lịch – Đại học Huế
vominhnhat@yahoo.com

Mục tiêu

- Bài này nhằm cung cấp cho học viên các kiến thức và kỹ năng về:
  - Yêu cầu về viêc tích hợp IP over WDM
  - Tích hợp IP over WDM dựa trên quan điểm Data Plane
    - IP Over ATM Over SDH for WDM Transmission
    - IP Over ATM Directly on WDM
    - IP Over SDH; Packet Over SONET
    - IP Over SDL Directly Over WDM
    - IP Over GbE Over WDM
  - Tích hợp IP over WDM dựa trên quan điểm Control Plane
  - GMPLS trong việc tích hợp IP over WDM

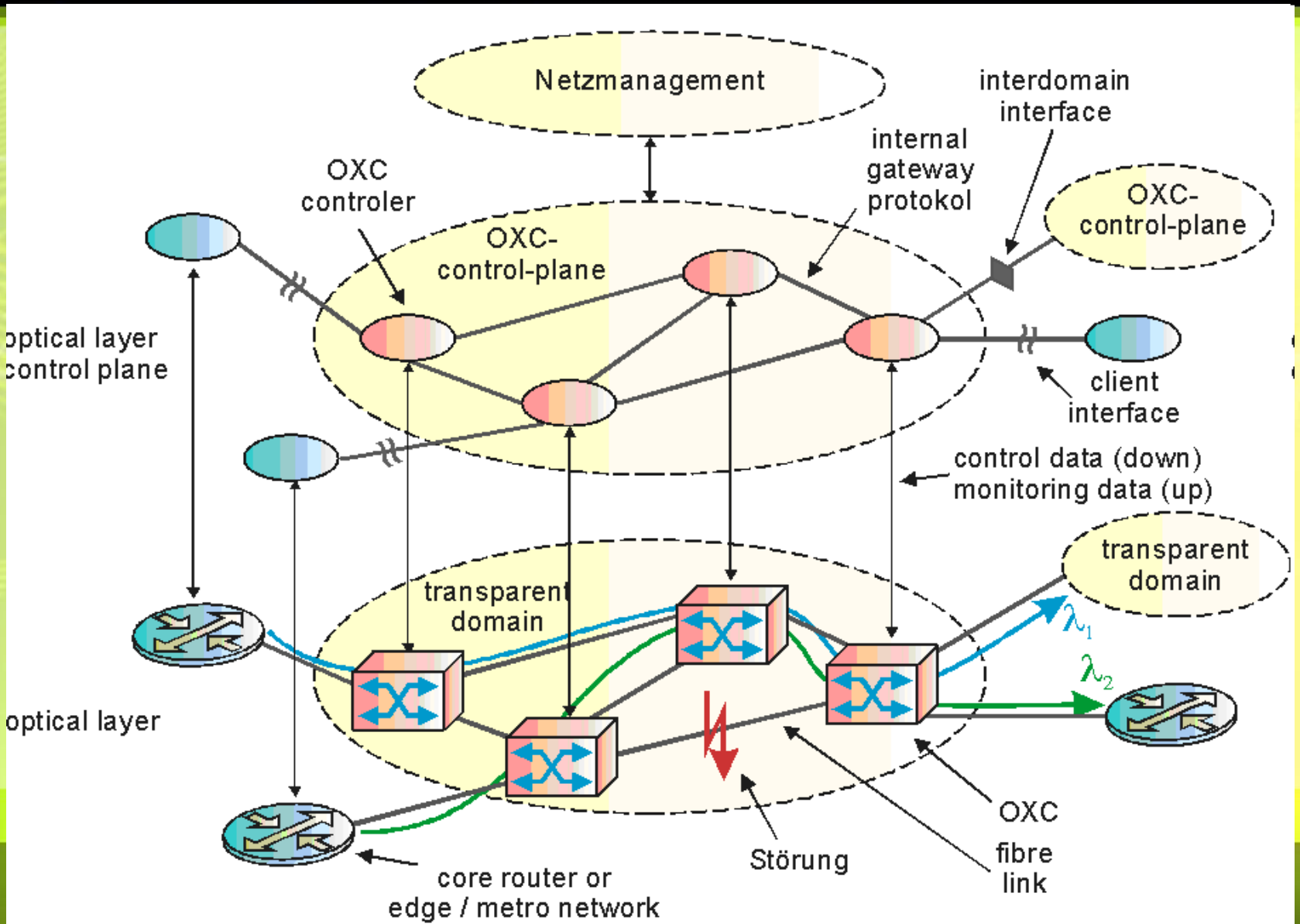
Nội dung trình bày

- 4.1. Introduction
- 4.2. IP Over WDM—The Data Plane Perspective
  - 4.2.1. IP Over ATM Over SDH for WDM Transmission
  - 4.2.2. IP Over ATM Directly on WDM
  - 4.2.3. IP Over SDH; Packet Over SONET
  - 4.2.4. IP Over SDL Directly Over WDM
  - 4.2.5. IP Over GbE Over WDM
- 4.3. Control Plane Integration
- 4.4. GMPLS

4.1. Introduction

- Different approaches have been proposed for the smooth, fast, and reliable provisioning and management of Internet services over the optical layer.
- The approaches can be categorized in three main areas:
  - ones using the control plane only,
  - ones using the management plane only, and
  - ones combing the management and control plane approaches.
- Most of the research efforts are trying to benefit from the control and signaling mechanisms of the control plane approach in the optical layer, leaving the management functions in a supportive/secondary role.

Approache of C.Plane over D.Plane



4.1. Introduction

- The basic idea adopted was to extend the control and signaling mechanisms of the Internet to the optical layer, delegating extra intelligence to the optical network elements (ONEs).
- Such efforts, driven by different standardization bodies, are among others the ITU-T: automatic switched optical network/automatic switched transport network (ASON/ASTN), the Optical Interworking Forum (OIF): optical user network interface (UNI) and network to network interface (NNI) activities, and the IETF: generalized MPLS framework and corresponding protocol extensions.

4.1. Introduction

- Another integration approach would be possible through the extension of the telecom-style network management approach to the IP layer as a result of MPLS capabilities, which are similar to the connection-oriented technologies.
- In such a case, the integration of the IP/MPLS and WDM layers is mainly performed with management means capable of performing integrated provisioning of LSPs over optical channels (lambdas), as well as integrated multilayer fault and performance management.

GMPLS enabled multilayer router

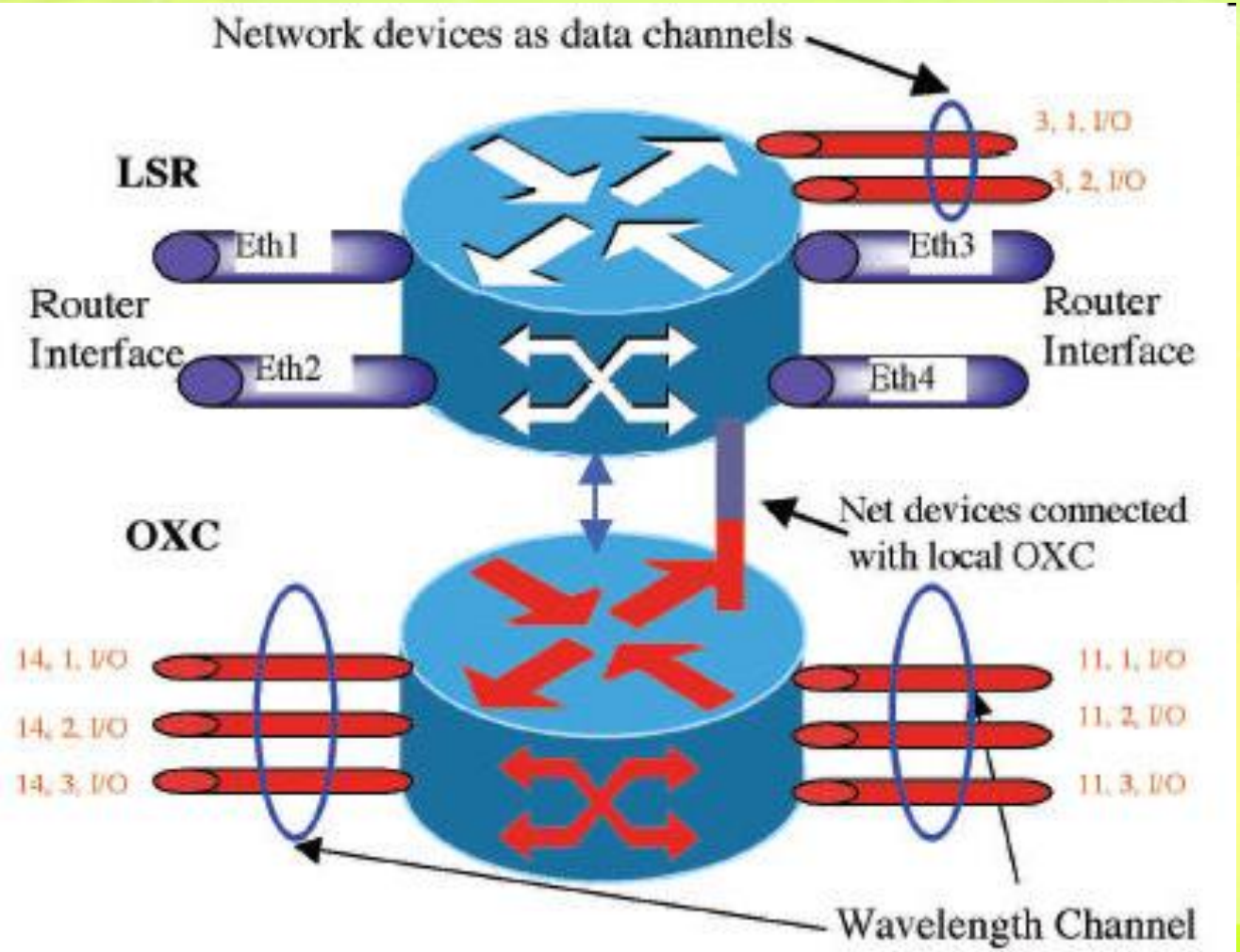


Figure 2.4: GMPLS enabled multilayer router.

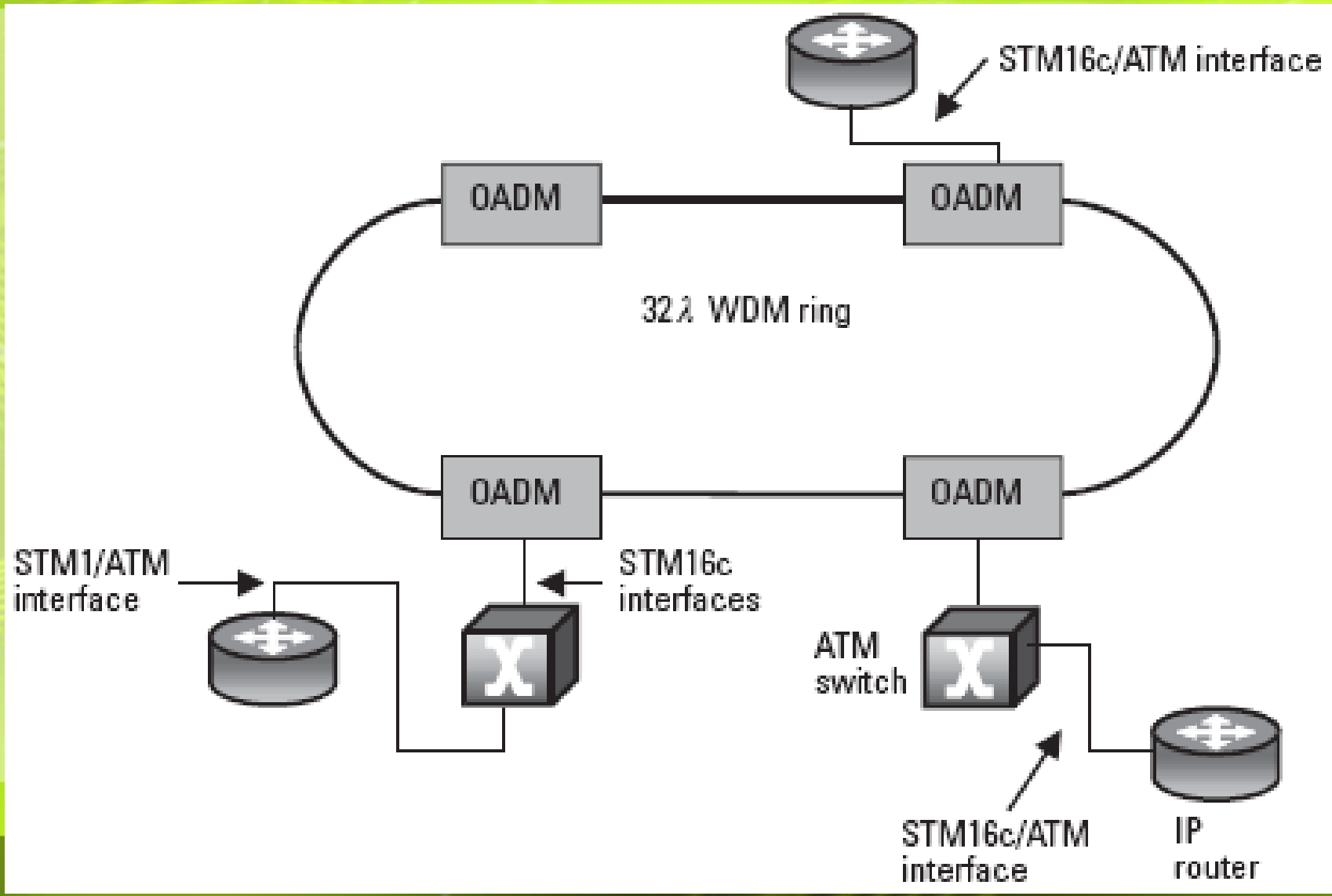
4.2. IP Over WDM—The Data Plane Perspective

- Different encapsulation methods have been proposed for the smooth integration of IP over WDM.
- The basic approaches are
  - IP over ATM over SDH over WDM
  - IP over ATM over WDM
  - IP over SDH; Packet over SONET
  - IP Over SDL Directly Over WDM
  - IP over GbE over WDM, and now IP over 10GbE over WDM.

4.2.1. IP Over ATM Over SDH for WDM Transmission

- There are many flavors of IP over ATM (e.g., classical IP over ATM, LAN emulation, and multiprotocol over ATM). For long-haul transport over WDM, the most standard transmission format currently is to use the SDH frame.
- In the scenario of IP over ATM over SDH encapsulation, IP packets are segmented into ATM cells and assigned different virtual connections by the SDH/ATM line card in the IP router. The ATM cells are then packed into an SDH frame, which can be sent either to an ATM switch or directly to a WDM transponder.

Example of IP over ATM over SDH encapsulation for transport over a WDM network



4.2.2. IP Over ATM Directly on WDM

- It is possible to have a scenario where ATM cells are transported directly on a WDM channel. From an architectural point of view, this scenario is the same as the previous one but the ATM cells are not encapsulated into SDH frames. Instead they are sent directly on the physical medium by using an ATM cell-based physical layer.
- Cell-based physical layer is a relatively new technique for ATM transport that has been developed specifically to carry the ATM protocol; this technique cannot support any other protocol except if these protocols are emulated over ATM.

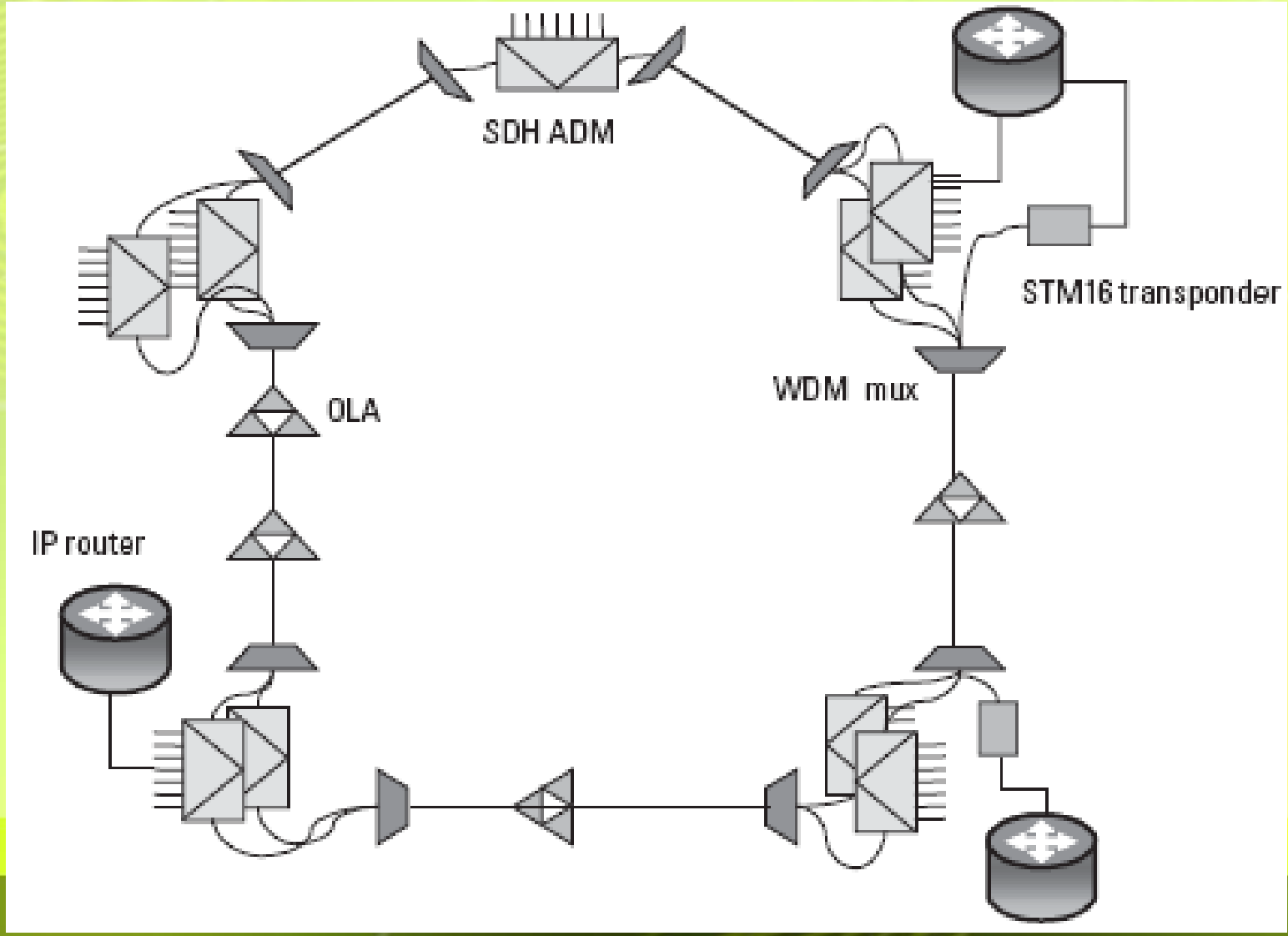
4.2.2. IP Over ATM Directly on WDM

- Some benefits of using a cell-based interface instead of SDH are:
  - Simple transmission technique for ATM cells, as cells are directly sent over the physical medium after scrambling;
  - Lower physical layer overhead (around 16 times lower than SDH);
  - As ATM is asynchronous, there is no stringent timing mechanism to be put on the network.
- However, the drawbacks are that the overhead (i.e., cell tax) is the same as for transport on SDH, the technology has not been endorsed yet by the industry, and this transmission technique can carry only ATM cells.

4.2.3. IP Over SDH; Packet Over SONET

- It is possible to simply use SDH formats to frame encapsulated IP packets for transmission over WDM, probably using a transponder (wavelength adapter). It is also possible to transport the SDH-framed IP over an SDH transport network along with other traffic, which may then use WDM links.
- SDH can currently be used to protect IP traffic links against cable breaks by automatic protection switching (APS) in a variety of guises. The line card in the IP router performs the PPP/HDLC framing. The optical signal is then suitable for transmission over optical fiber either into an SDH network element, a neighboring IP router, or a WDM transponder for further transmission.

Example of IP over SDH over WDM network



4.2.3. IP Over SDH; Packet Over SONET

- There are also different types of IP over SDH interfaces:
  - VC4 or concatenated VC4 *fat pipes*, which provide aggregate bandwidth without any partitions between different IP services that may exist within the packet stream;
  - Channelized interfaces, where an STM16 optical output may contain 16 individual VC4s, with a possible service separation for each VC4.
  - The different VC4s can then also be routed by an SDH network to different destination routers.

4.2.3. IP Over SDH; Packet Over SONET

- The version of IP over SDH examined here uses PPP encapsulation and HDLC framing. This is also known as POS or packet over SONET.
- PPP is a standardized way to encapsulate IP and other types of packets for transmission over many media from analog phone lines to SDH. It also includes functionality to set up and close links (LCP).
- HDLC is the International Organization for Standardization (ISO)–standardized version of SDLC, a protocol developed by IBM in the 1970s. The HDLC framing contains delimiting flag sequences at the start and end of the frame and also has a CRC checksum field for error control.

4.2.4. IP Over SDL Directly Over WDM

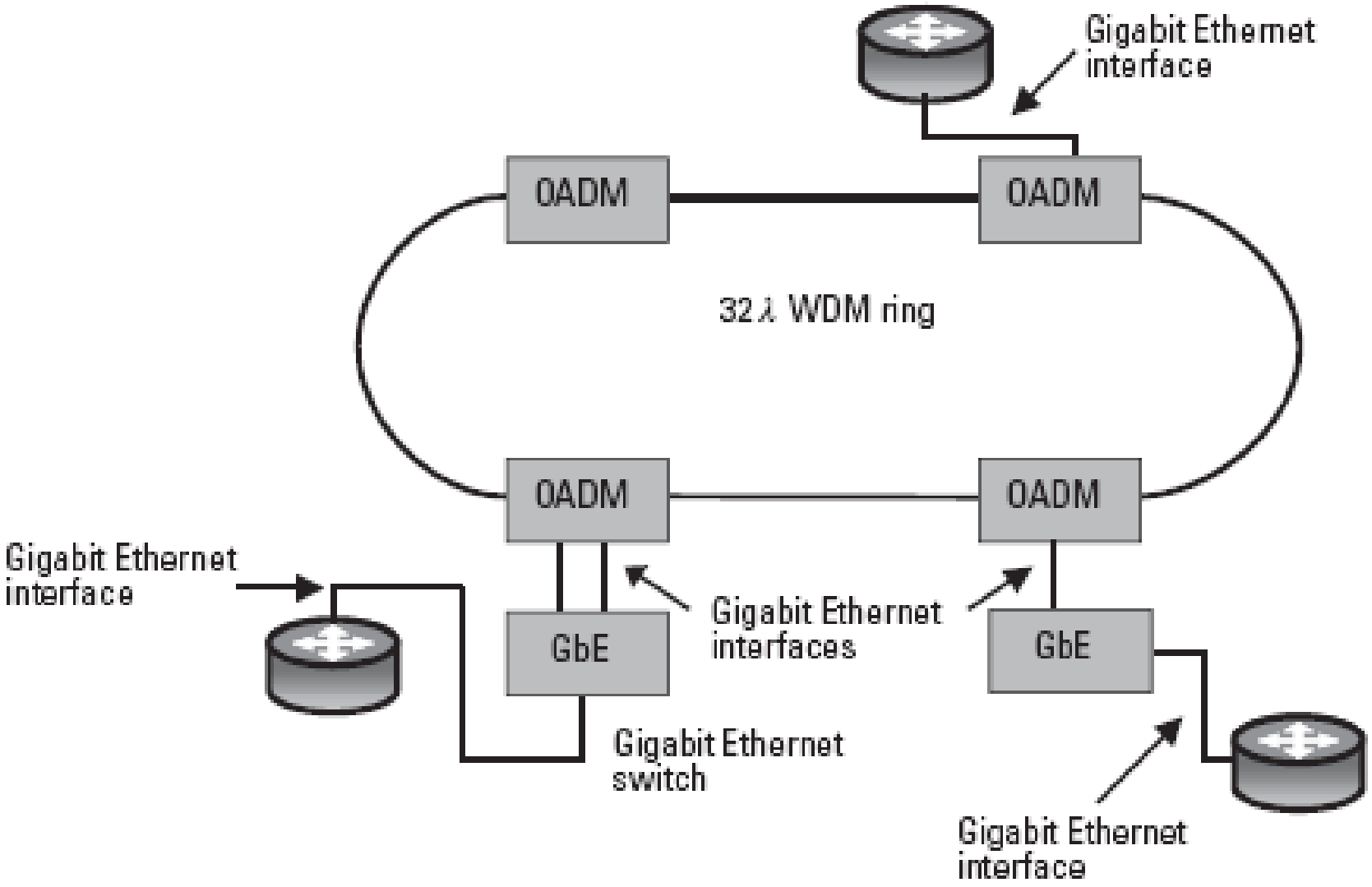
- Simple data link (SDL) is a framing method proposed by Lucent Technologies, Inc., and can replace HDLC framing for PPP-encapsulated packets. Compared with the HDLC frame, the SDL frame has no delimiting flag sequences. Instead, the SDL frame is started with a packet-length field. This is advantageous at high bit rates where synchronization with the flag sequence is difficult.
- The SDL format can be inserted into an SDH payload for transmission over WDM. The SDL format can also be encoded directly onto an optical carrier:

SDL header structure

4.2.5. IP Over GbE Over WDM

- The new GbE standard can be used to extend high-capacity LANs to MANs and maybe even WANs, using gigabit line cards on IP routers, which can cost five times less than SDH line cards with similar capacity. For this reason, GbE could be a very attractive means to transport IP over metropolitan WDM rings, for example, or even over longer WDM links. Furthermore, 10-Gbps Ethernet ports are likely to be standardized in the near future.
- The GbE line cards may be used on IP routers only, or fast layer 2 Ethernet switches may also be used to network several IP routers together.

Example of IP being transported over a WDM ring with GbE framing

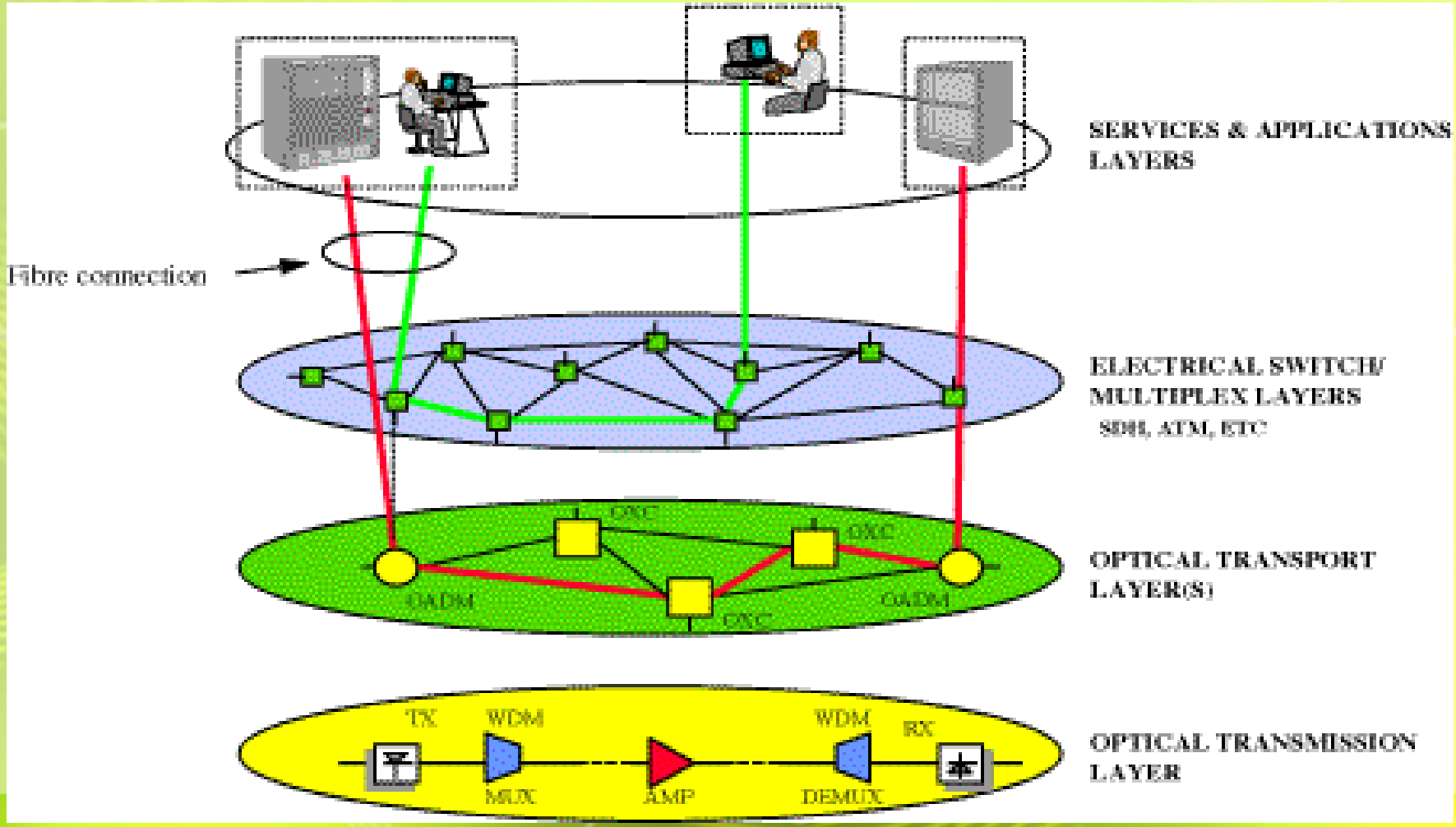


4.3. Control Plane Integration

- Control plane (CP) is used in the literature to refer to the set of real-time mechanisms and algorithms needed for call or connection control. It deals mainly with the signaling to set up, supervise, and release calls and connections [1].
- The signaling protocols for connection setup, the routing protocols supporting network discovery, and the protection/recovery mechanisms are the most significant features of the control plane.
- A significant element in the IP and optical integration is the corresponding business model proposed by each framework: *overlay, peer and augmented.*

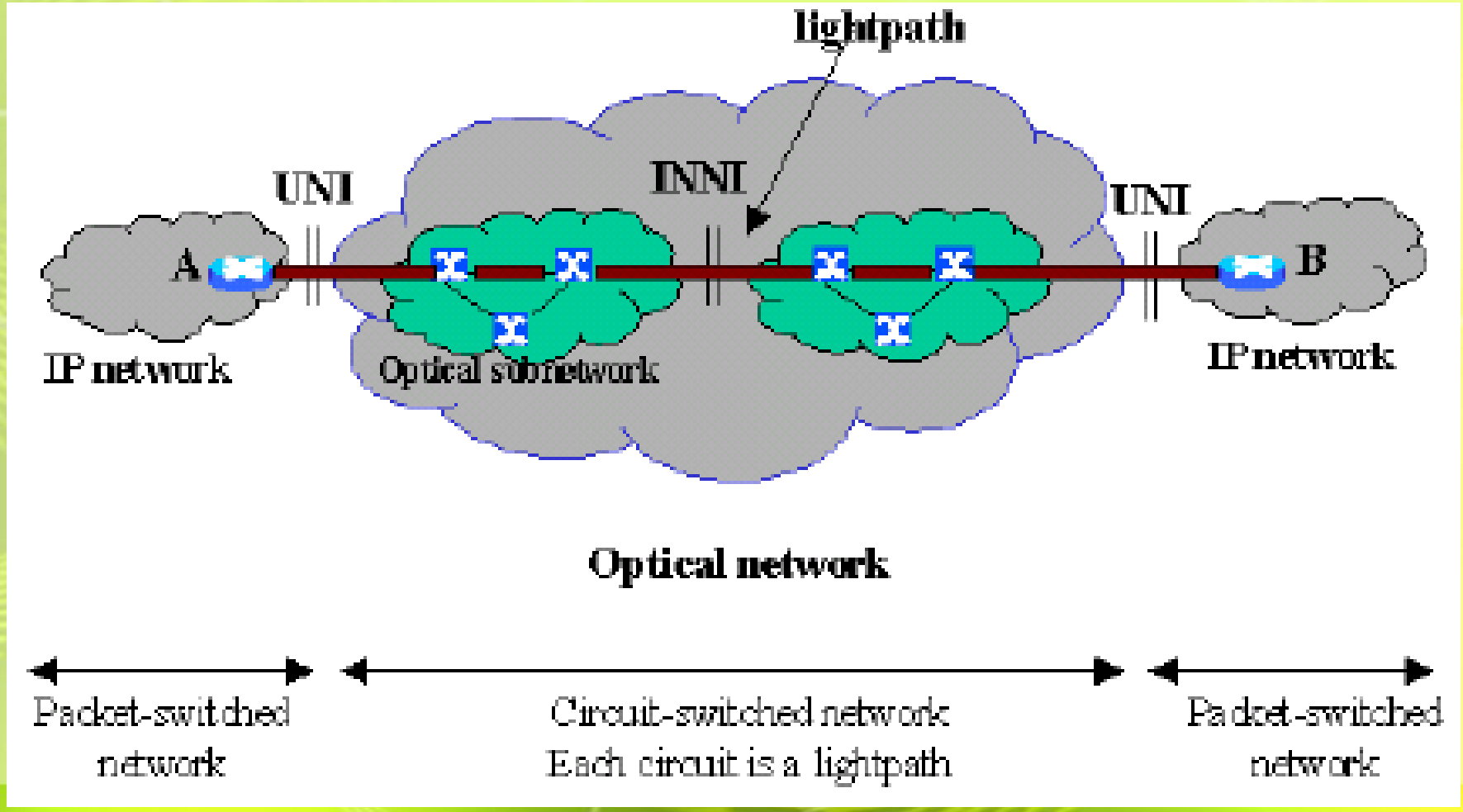
The overlay model

- The routing algorithm, topology distribution, and connection setup signaling protocols of the IP and the WDM networks are independent.
- The overlay model is the one that allows an easy migration from the existing situation to the deployment of ONEs for the transport of the IP directly over WDM.
- However, the implementation complexity of this model is a burden, and it does not promote the integration of the control plane of the IP and the WDM networks.
- Only a formal request is passed from the client layer to the server layer.


Fibre connection
SERVICES & APPLICATIONS LAYERS
ELECTRICAL SWITCH/ MULTIPLEX LAYERS
SDH, ATM, ETC
OXC
OXC
OADM
OADM
OXC
OPTICAL TRANSPORT LAYER(S)
TX
WDM
WDM
RX
MUX
AMP
DEMUX
OPTICAL TRANSMISSION LAYER

The peer model

- The IP network has full topological view of the optical network and just a single routing algorithm instance is running in both the IP and the WDM networks.
- This model promotes the integration of the control plane of the IP and the WDM networks and is simpler in implementation, but its operation is far more complex than the overlay.
- In addition, this model can work only in cases where there is a single entity operating and managing the IP and the optical administrative domains.


lightpath
UNI
INNI
UNI
A
B
IP network
Optical subnetwork
IP network
Optical network
Packet-switched network
Circuit-switched network
Each circuit is a lightpath
Packet-switched network

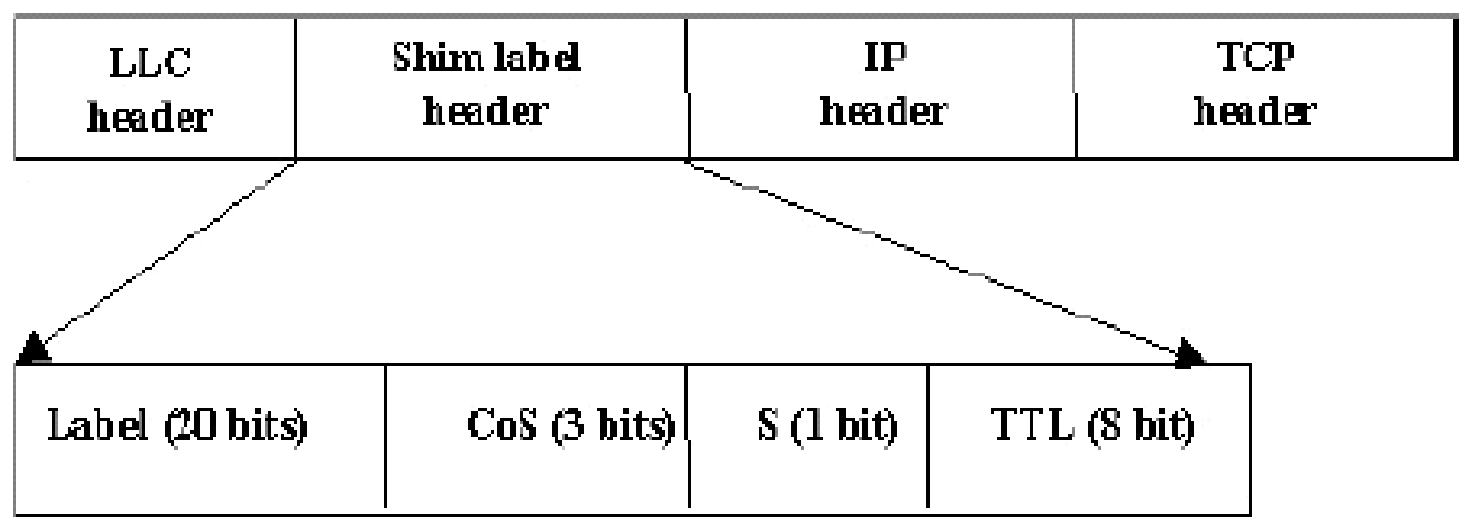
The augmented model

- This is a combination of the previous two models.
- Each layer has its own protocols; however, routing information exchange is allowed between the two layers.
- This model can be seen as the golden mean, combining the advantages of the peer and overlay model and minimizing their disadvantages at the same time.
- Some of the most significant control plane efforts on IP over optical area are reported hereafter, and although such efforts are still under development, their first results are being elaborated.

MPLS - Multiprotocol Label Switching

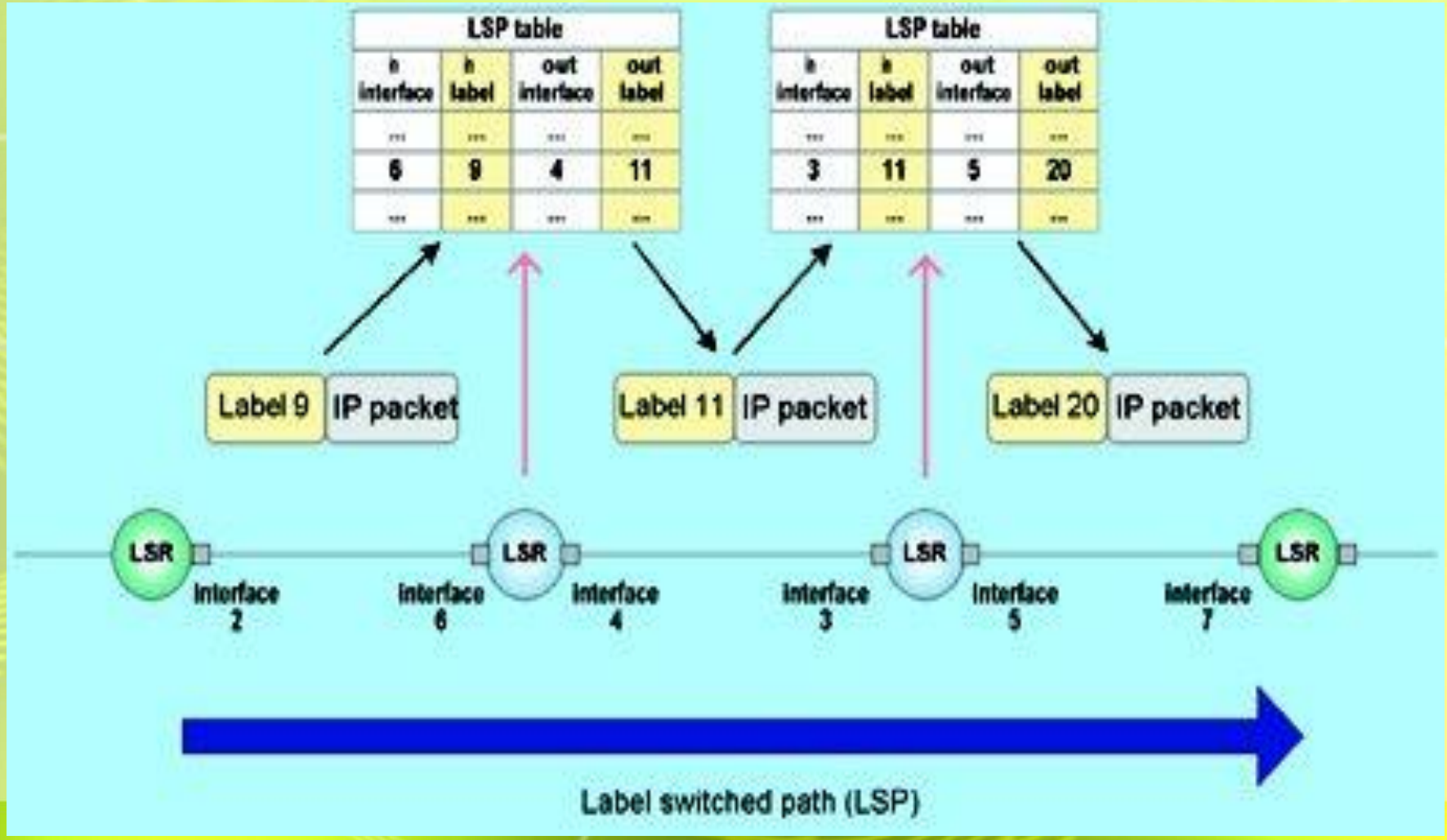
- MPLS was developed as a means of introducing connection oriented features in an IP network.
- In MPLS, a FEC is associated with a label which is used to determine the output interface of an IP packet.
  - In IPv6, the label is carried in the flow label field.
  - In IPv4-over-ATM, the label is carried in the VPI/VCI field.
  - In IPv4-over-Frame Relay, the label is carried in the DLCI field.
  - For Ethernet, token ring, and point-to-point connections running a link layer protocol, the label is carried in a special shim label header.

MPLS - Multiprotocol Label Switching

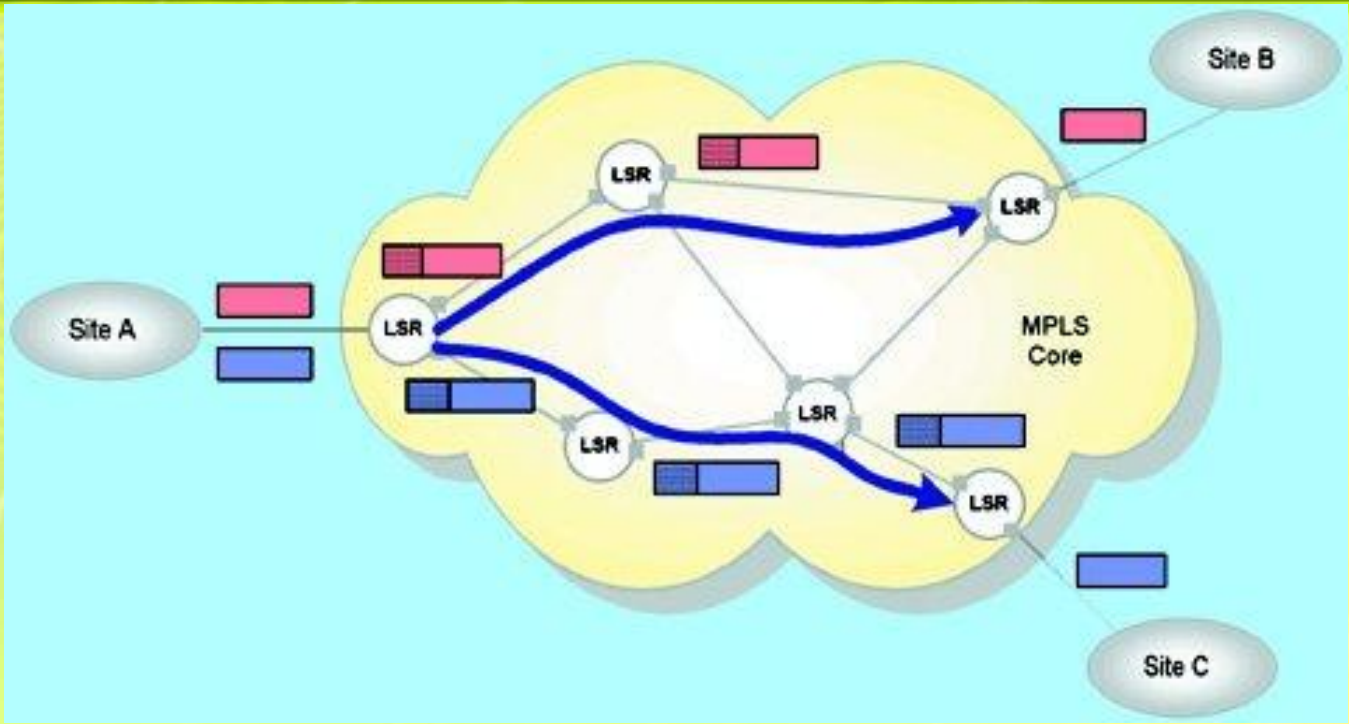


- A label switching network consists of label switching routers (LSR), which are IP routers that run MPLS
- A LSR can forward IP packets based on their labels, also carry the customary IP forwarding decision based on the prefix of an IP addresses

MPLS - Multiprotocol Label Switching



MPLS - Multiprotocol Label Switching

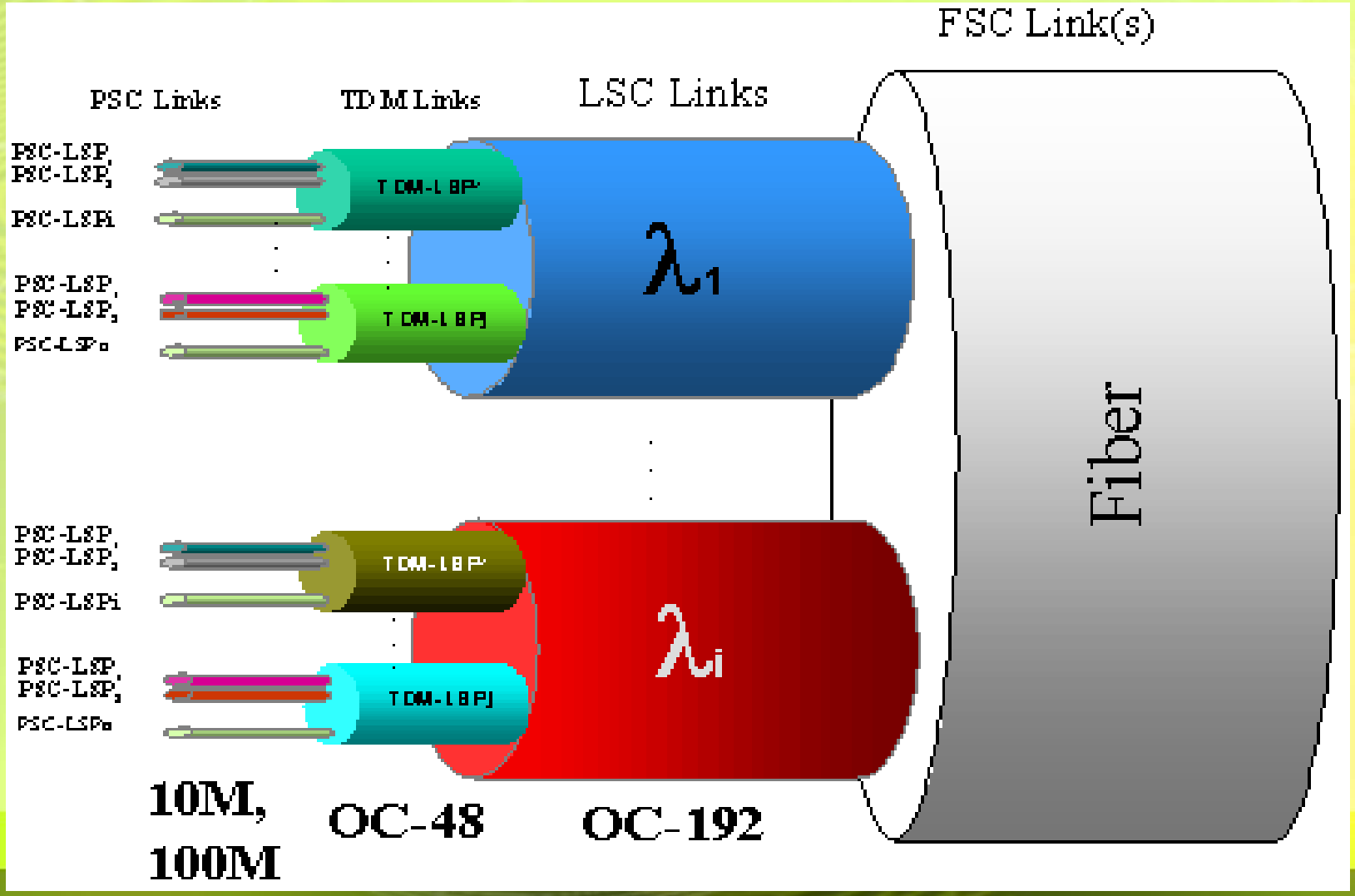


- Labeled IP packets within an LSR are served according to their priority, carried in the CoS field of the shim header
- An IP router maintains different quality-of-service queues for each output interface
- Label switching model can be used to create a dedicated route, known as an explicit route,

Generalized MPLS

- GMPLS [6] extends MPLS to other types of non-packet based networks
- The GMPLS architecture supports the following types of switching: packet switching (IP, ATM, and frame relay), wavelength switching, port or fiber switching, and time slot switching.

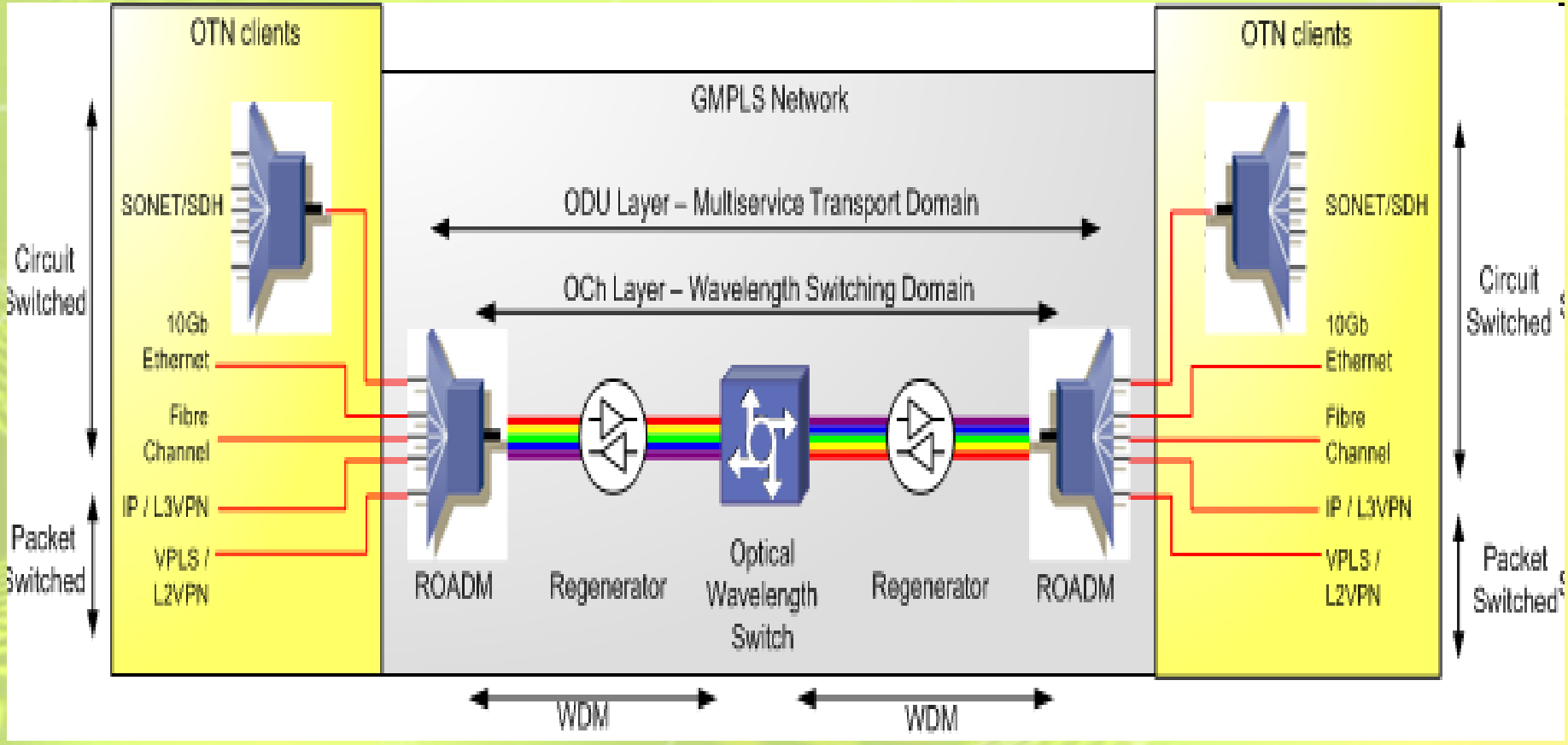
Generalized MPLS



Generalized MPLS

- A GMPLS LSR may support the following five interfaces:
  - packet switch interfaces: IP header or shim header
  - layer-2 switch interfaces: frame/cell header
  - time-division multiplex interfaces: data's time slot
  - lambda switch interfaces: lambda
  - fiber switch interfaces: port

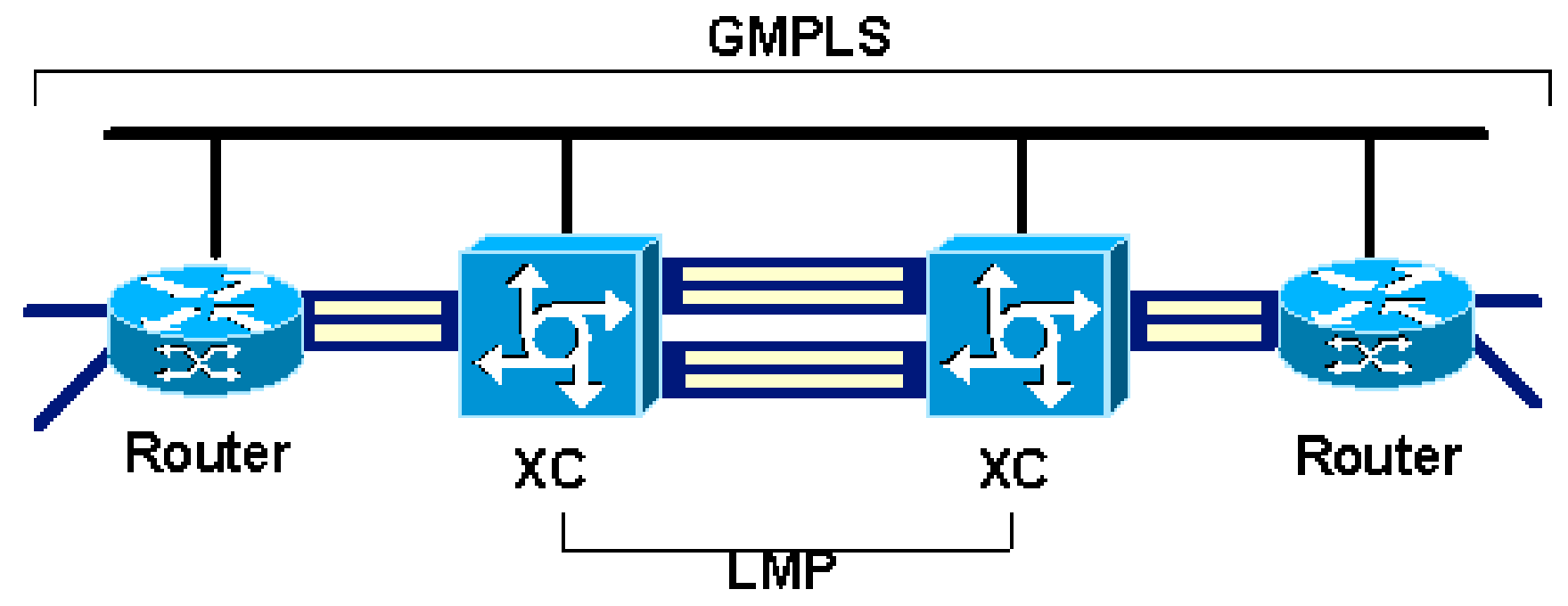
Generalized MPLS



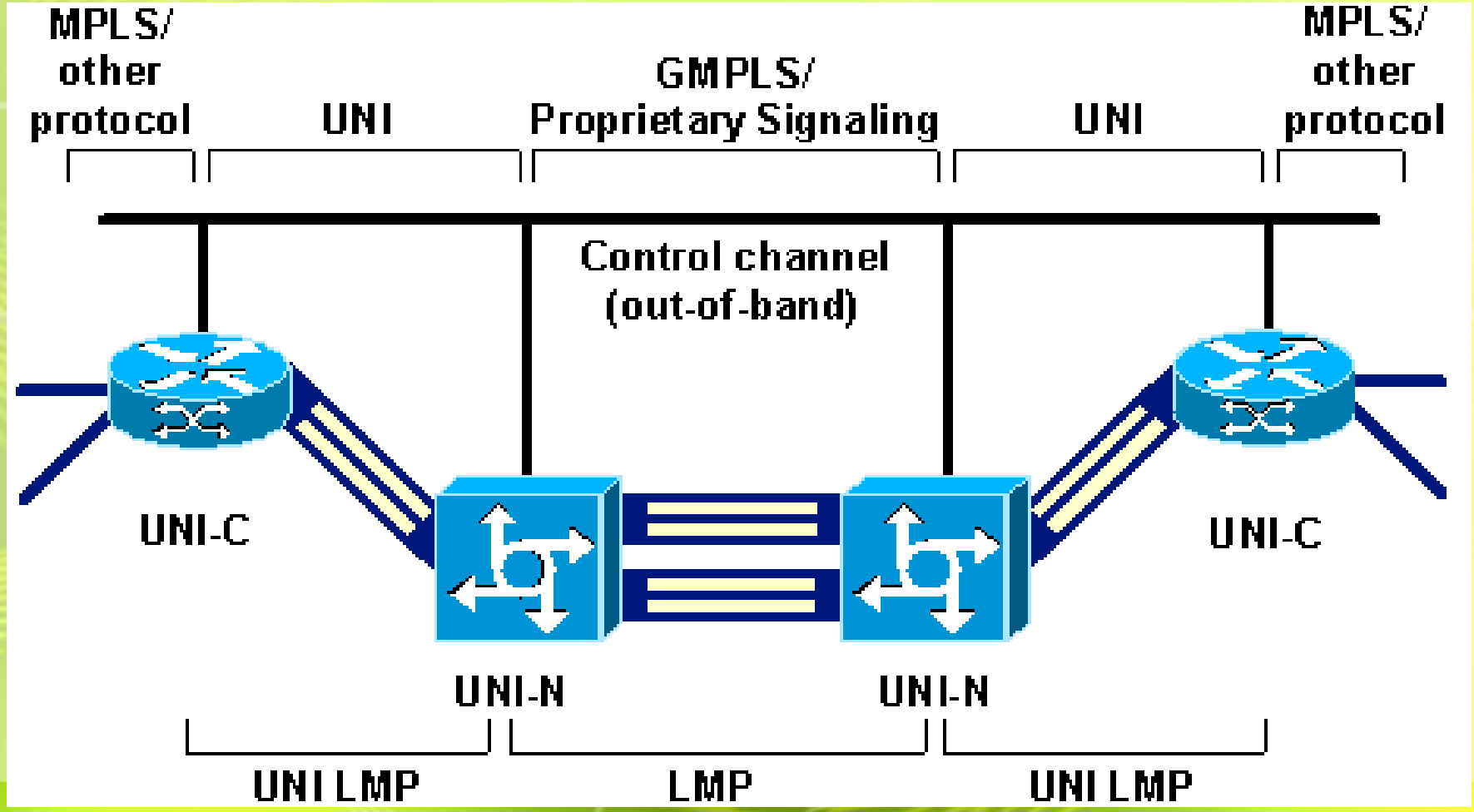
Generalized MPLS (3)

- The GMPLS supports the peer model and the overlay model
- downstream on-demand label allocation
- Explicit routing is normally used, but hop-by-hop routing can be also used.
- CR-LDP and RSVP-TE have both been extended to allow the signaling and instantiation of lightpaths.
- The interior gateway protocols IS-IS and OSPF have been extended to advertise availability of optical resources
- A new link management protocol (LMP) has been developed to address issues related to the link management in optical networks.

GMPLS peer model



GMPLS overlay model



4.5. Kết luận

- Bài này đã trình bày các kiến thức và kỹ năng về:
  - Yêu cầu về viêc tích hợp IP over WDM
  - Tích hợp IP over WDM dựa trên quan điểm Data Plane
    - IP Over ATM Over SDH for WDM Transmission
    - IP Over ATM Directly on WDM
    - IP Over SDH; Packet Over SONET
    - IP Over SDL Directly Over WDM
    - IP Over GbE Over WDM
  - Tích hợp IP over WDM dựa trên quan điểm Control Plane

Câu hỏi ?

Chuyên đề: **Mạng truyền dẫn quang**

Bài 5: Mạng chuyển mạch gói quang OPS

TS. Võ Viết Minh Nhật
Khoa Du Lịch – Đại học Huế
vominhnhat@yahoo.com

Mục tiêu

- Bài này nhằm cung cấp cho học viên các kiến thức và kỹ năng về:
  - vì sao mô hình chuyển mạch gói quang được đề xuất
  - một số mô hình chuyển mạch gói quang tiêu biểu
  - những cản trở đối với sự phát triển của mô hình chuyển mạch gói quang

Nội dung trình bày

5.1. Introduction

5.2. Optical Packet Switching Fabric

- 5.2.1. The principle of wavelength routing switch (WRS)

5.1. Tổng quan

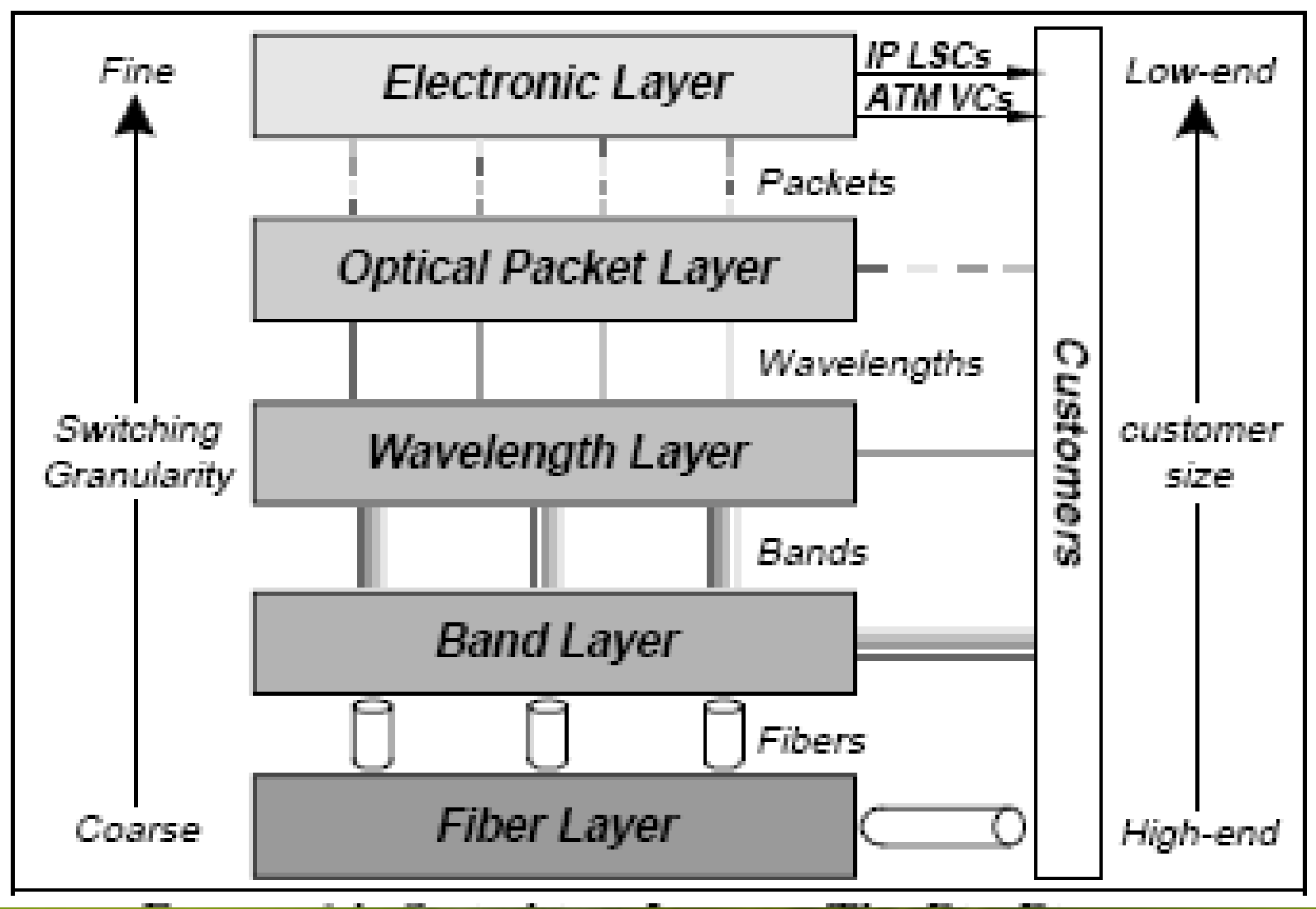
- Không giống như mạng kỹ thuật chuyển mạch kênh (circuit) WDM, chuyển mạch gói quang OPS (optical packet switching) vẫn đang giai đoạn phát triển. Mặc dù đã có các thực nghiệm được thực hiện ở một số dự án cấp đại học hay công ty [8]-[10], OPS vẫn phụ thuộc vào một số thành phần (thiết bị) mà hiện nay vẫn chưa được hoàn thiện.
- OPS có các ưu điểm không thể phủ nhận khi so sánh với chuyển mạch gói điện: Thứ nhất, nó loại bỏ hoàn toàn các giới hạn về vật lý đối với việc kết nối đa bộ xử lý với một số lượng lớn các nguồn nuôi. Thứ 2, nó loại bỏ hiện tượng xuyên nhiễu điện từ vốn có trong các hệ thống truyền thông điện tốc độ cao, mà điều này thông thường gây ra tạp âm (crosstalk) trong đương truyền.

- Có 2 sơ đồ, WDM và TDM, được đề xuất đối với OPS :
  - Với chuyển mạch gói TDM, việc cài đặt tốc độ gói cao ngầm hiểu rằng cần phải sử dụng các chuyển mạch tốc độ cao. => yêu cầu các cổng quang, thay vì các cổng điện.
  - Với chuyển mạch gói WDM, khả năng mạng thông tin của các bước sóng tại các cổng vào cũng như các cổng ra đã làm giảm nhẹ các yêu cầu chuyển mạch cao. Chuyển mạch gói WDM do đó sẵn sàng kết hợp với tầng điện (electronic-layer) mà ở đó các xử lý điện có thể thực hiện với tốc độ cao.
- Với quan điểm như vậy, chuyển mạch quang WDM dường như tốt hơn TDM, tuy nhiên nó vẫn yêu cầu một số loại thiết bị đang trong giai đoạn thử nghiệm như các bộ đệm quang (optical buffering) [8].

- Furthermore, the ability to switch optical packets rather than whole wavelengths has got a significant advantage:
  - With the help of buffering, the ability of packing wavelengths directly at the optical layer obviously improves bandwidth efficiency.
  - From a general system overview, adding a faster level of time-domain multiplexing beneath the electronic layer indeed increases aggregation efficiency.

- Actually, breaking down wavelengths into smaller controllable entities (i.e. optical packets) adds a new level of granularity between electronic networks and wavelength switched transport networks.
- WDM optical packet switching can hence be viewed as a layer where fast changing connections are managed without affecting underlying wavelength circuit pipes. In other words, as it is the case in electronic networks, optical packet and circuit switching, rather than being mutually exclusive, are complementary.

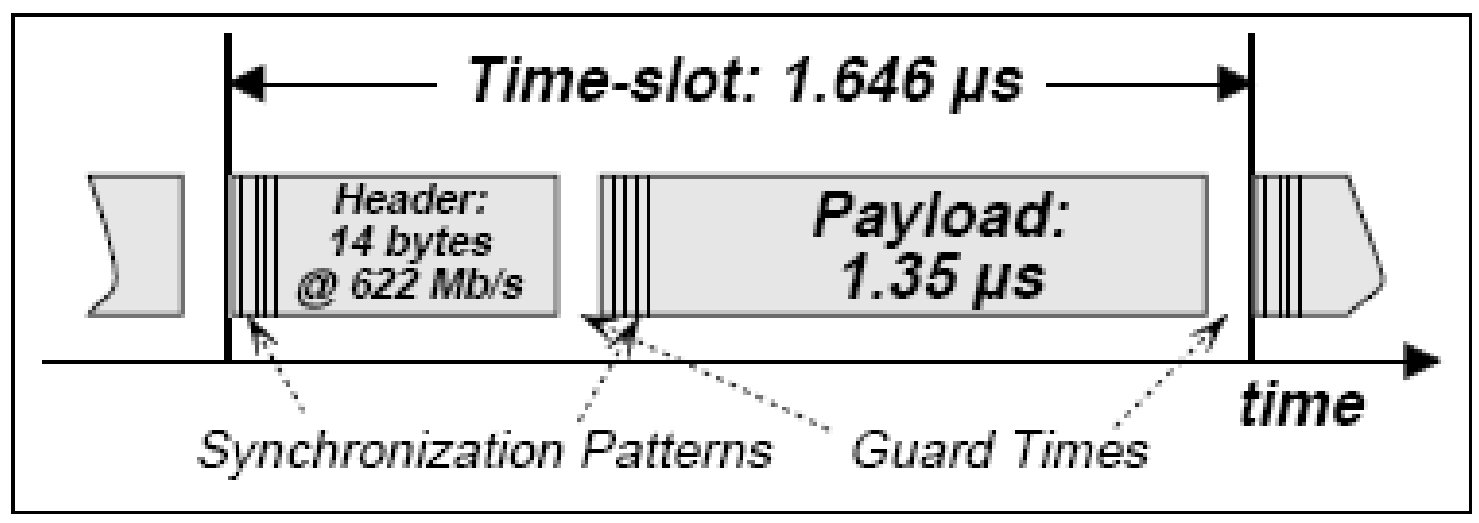
Switching Layers: The Big Picture



- As shown in Figure, each switching level corresponds to a specific granularity. Besides, the network should be able to assign different connection sizes depending on the customer needs and data processing capabilities.
- The separation of the path setting and forwarding functions in ATM, and more recently in MPLS-enabled IP, optical packet switching makes a promising candidate to support the multiple routing algorithms transparently. This implies processing labels (IP) or virtual circuit identifiers (ATM) at the optical layer, using optical label switching (OLS).

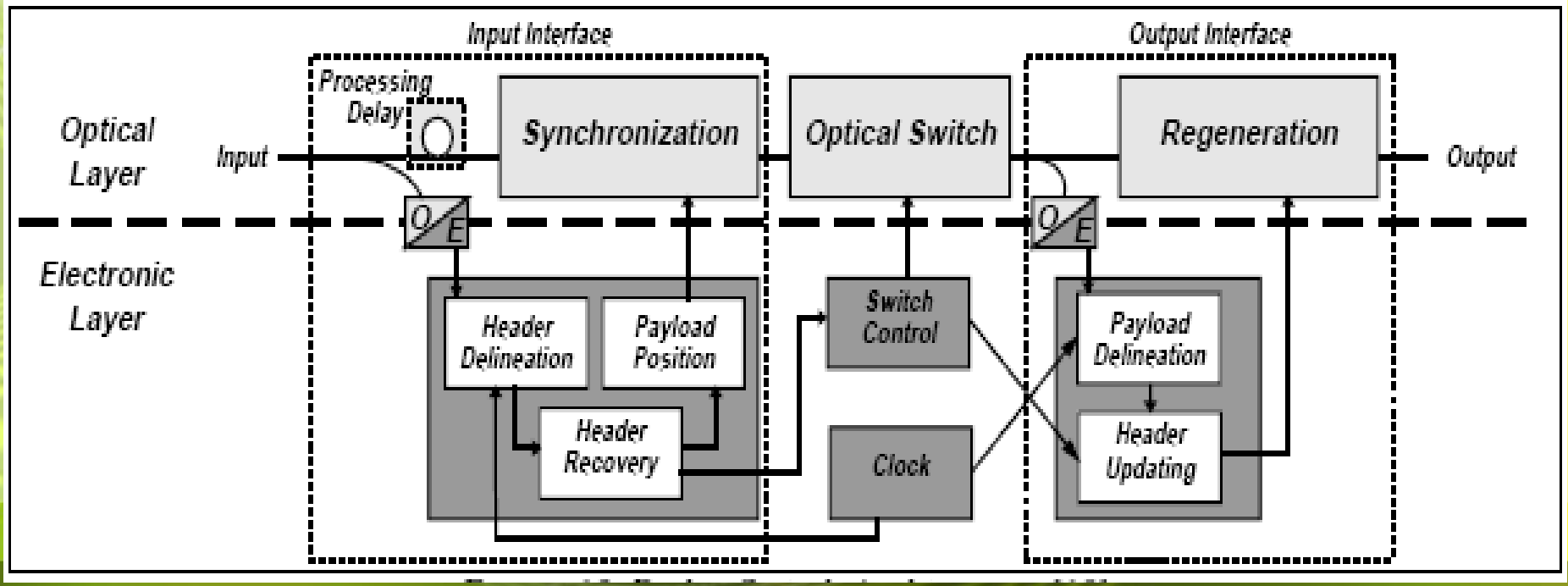
5.2. Optical Packet Switching Fabric

- Most optical packet schemes have proposed splitting large data entities into equal optical packets. All switching methods presented here deal with fixed-length packets that use the same wavelength for payload and header.



- A packet is composed of the header, containing mainly destination and control information, and the payload.
- The three key functions of a packet switch are:
  1. directing incoming packets to the appropriate outputs (actual switching)
  2. holding up packets to prevent their collision (buffering)
  3. updating the header according to the switching algorithm, if necessary.

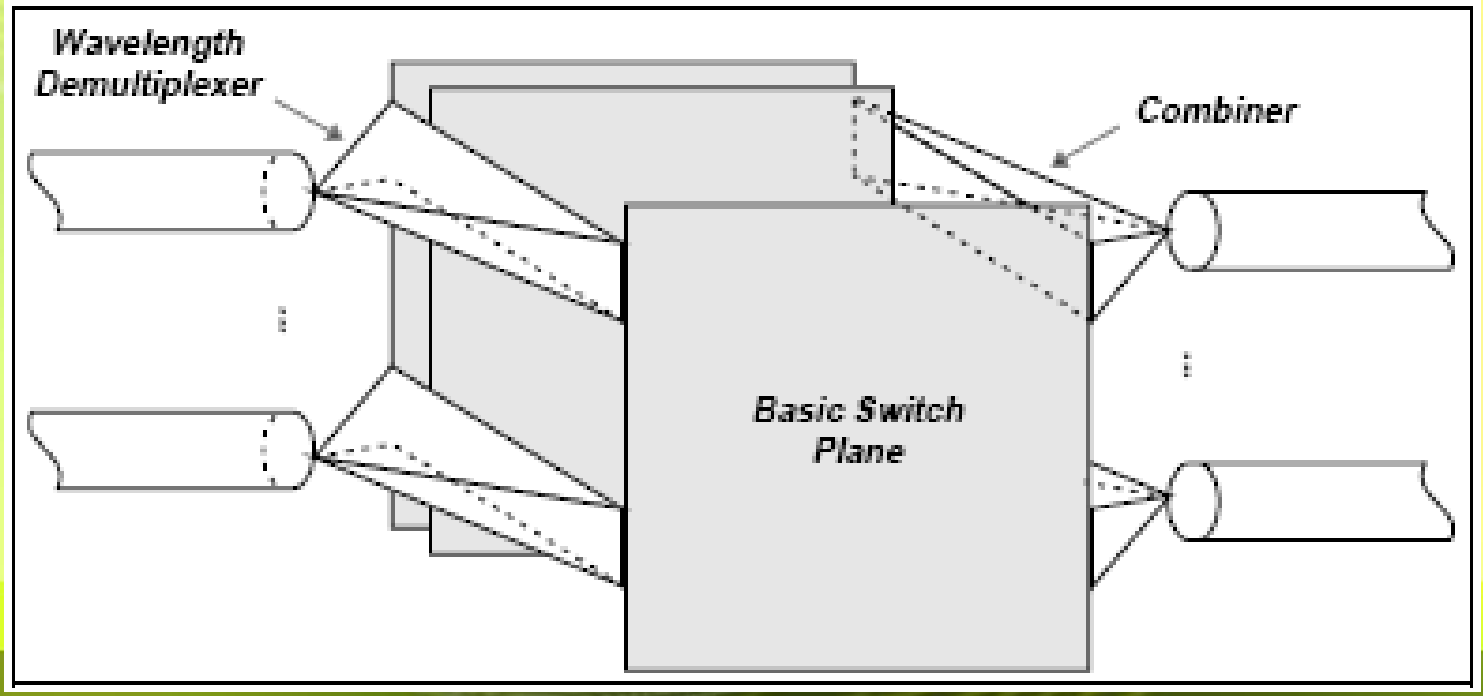
- The optical devices performing those functions are controlled electronically. It is important to mention that electronics need only operate at the packet rate.



- As shown in Figure, an optical packet switching node has generally three sections: the input and output interfaces, and the switching section itself.
- Packets entering the input interface are split among the electronic and optical sections.
- The copy entering the electronic section provides header information to the switch. That information is used to determine the packet's position in the optical section, as well as its destination.
- Meanwhile, the copy of the same packet entering the optical section is delayed by the amount of time necessary for electronic processing of the header. Packet position information from the electronic section is used by the optical synchronization module to align the packet in time, relative to the master clock.

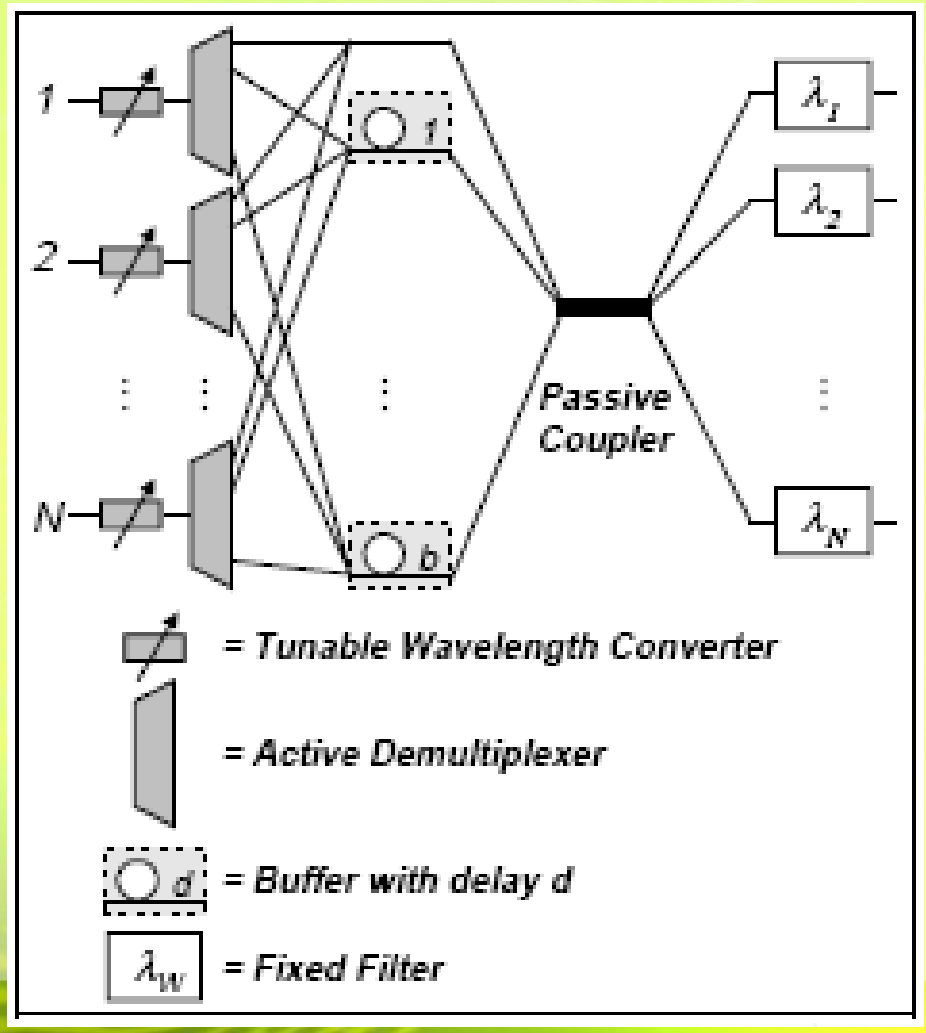
- Therefore, the input interface creates a synchronous packet flow at the input of the switching fabric and provides the electronic switching controller with necessary destination and packet position information. That information is used by the switch controller to operate the optical components in the switch fabric so as to switch and buffer the packet correctly.
- The output interface performs such functions as power level adjustment, signal shaping, header updating and insertion, and wavelength allocation, if necessary.
- Hence, at each time-slot, packets are switched from one wavelength to another. That means that packets should be somehow demultiplexed in wavelength before entering a packet switch.

- In the node configuration, the WDM optical packet traffic of each fiber enters a WDM demultiplexer [10]. Packets of the same wavelength enter the same switching plane. That architecture requires as many switches as the number of wavelengths used in the system.

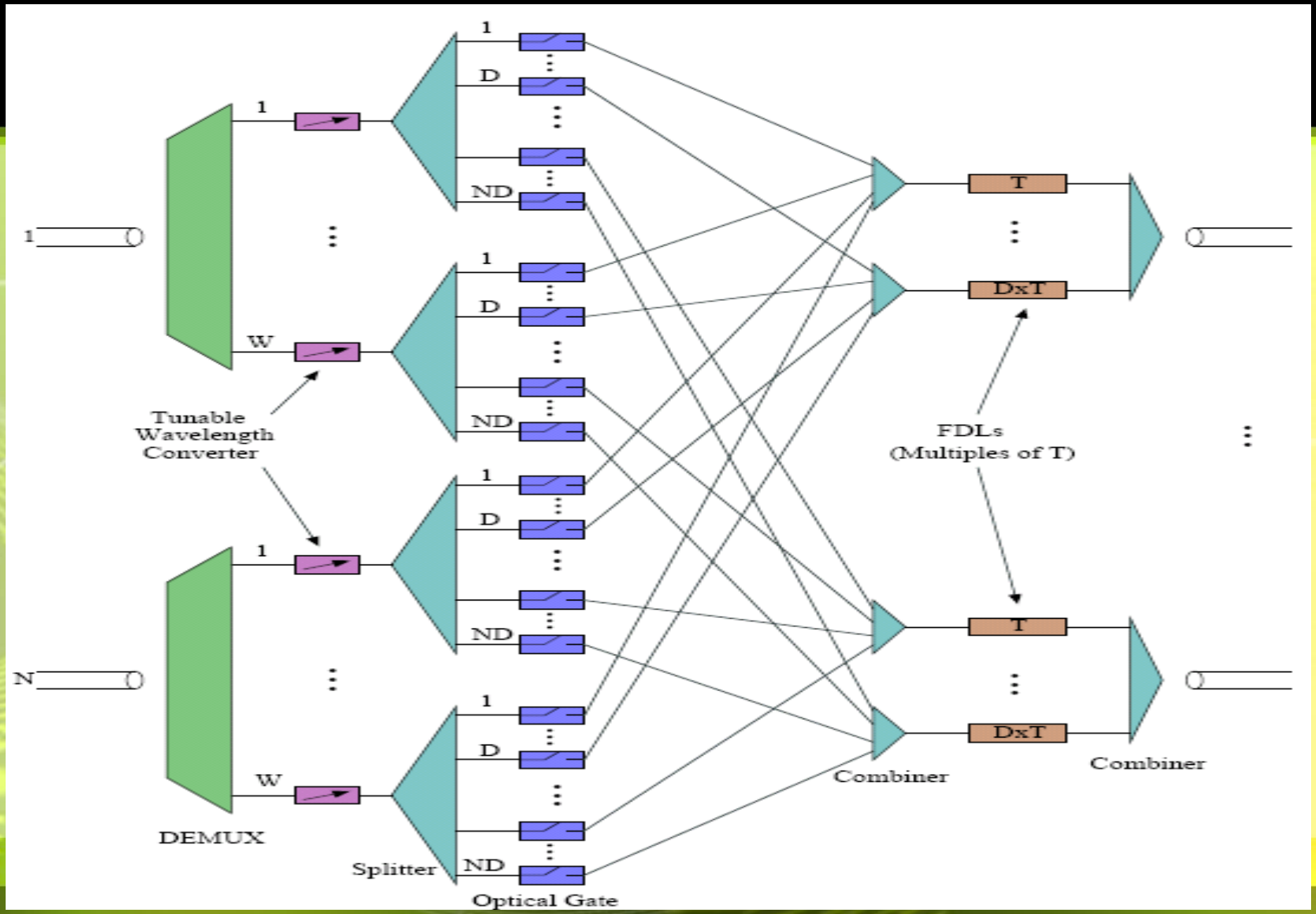


The principle of wavelength routing switch (WRS)

- The switch fabric performs the two main functions of an optical packet switch, namely switching and buffering.
- Tunable wavelength converters (TWC) convert incoming packets to wavelengths corresponding to fixed output filters, thus accomplishing the switching function.
- Then an active demultiplexer directs the packet to the corresponding delay line, representing delays from 0 to d packet durations.

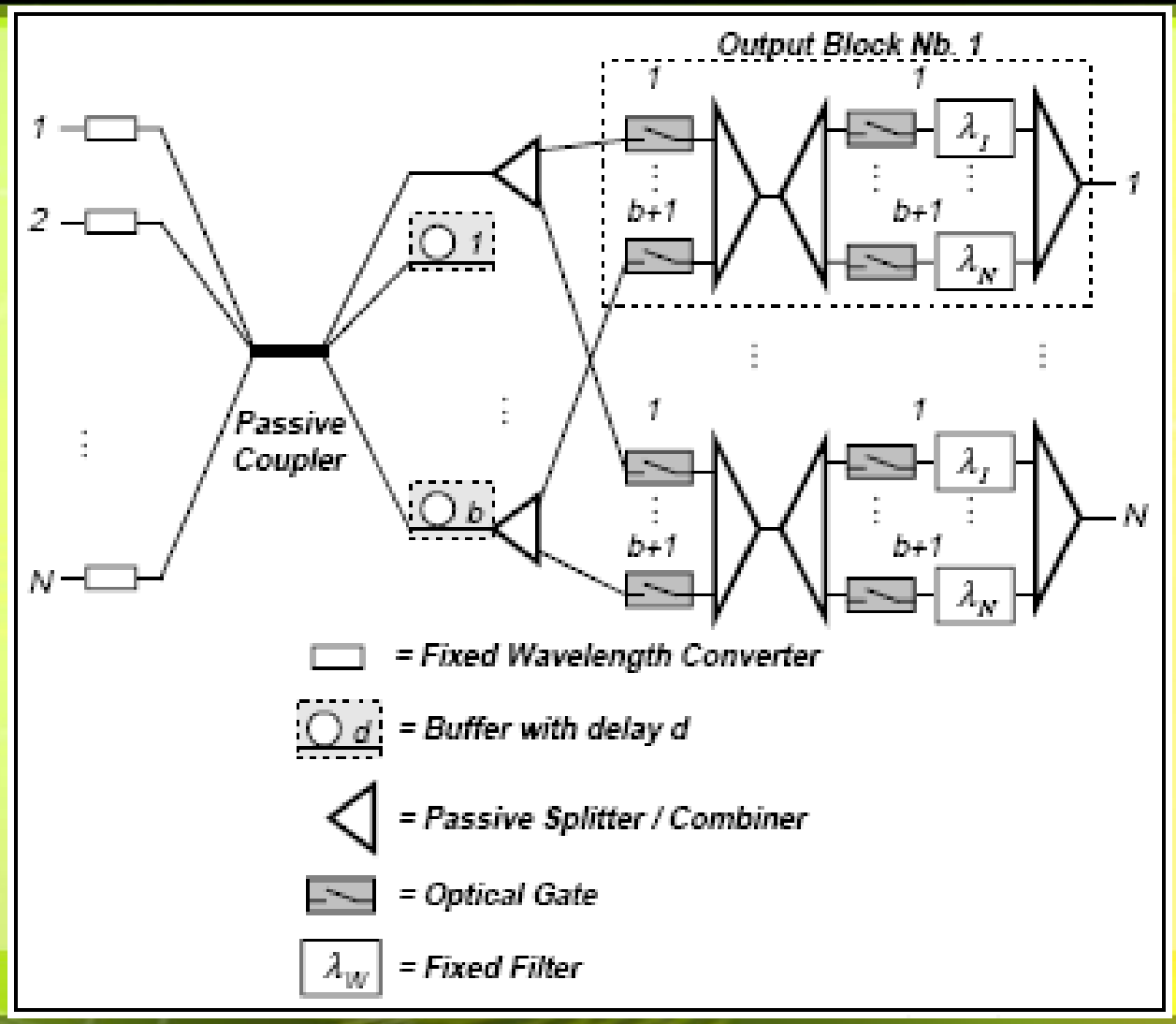


- The electronics controlling the TWCs and active demultiplexers (the shaded components) insures the arrival of a single packet per wavelength and per time-slot to the passive coupler.
- That being done, the fixed filter at each output allows only the packet destined for that particular output and time-slot to leave the switch.
- In addition, control electronics implement the system's routing algorithm and optimize switching, while insuring that no two packets of the same wavelength enter the same buffer simultaneously.
- The active demultiplexers are generally a combination of passive couplers and semiconductor optical amplifier (SOA) gates, but arrayed waveguide (AWG) devices can be used to achieve the same functionality. Buffers are either optical fiber delay-line memories or components based on silica-on-silicon technology [8], [10].


1
N
1
W
Tunable
Wavelength
Converter
DEMUX
1
D
ND
Splitter
Optical Gate
T
DxT
FDLs
(Multiples of T)
Combiner
Combiner

Broadcast and Select Switch (BSS)

Figure depicts a broadcast and select packet switch (BSS), where fixed wavelength converters encode incoming packets, and each packet is assigned a wavelength specific to its input port.



- All the packets are then combined and split over all the b+1 delay-lines. Hence, each output block receives a copy of all incoming packets with all possible delays.
- Packets then go through a first gate bank that selects the right time-window, or the right packet delay, thus accomplishing the buffering function. At this point, output ports have selected a time-slot containing at most one packet at each wavelength.
- Those packets go through a second bank of gates with fixed filters. By controlling the gates so as to select a unique wavelength, the electronic layer effectively maps the output port to a specific input packet, thus achieving the switching function.

Broadcast and Select Switch (BSS)

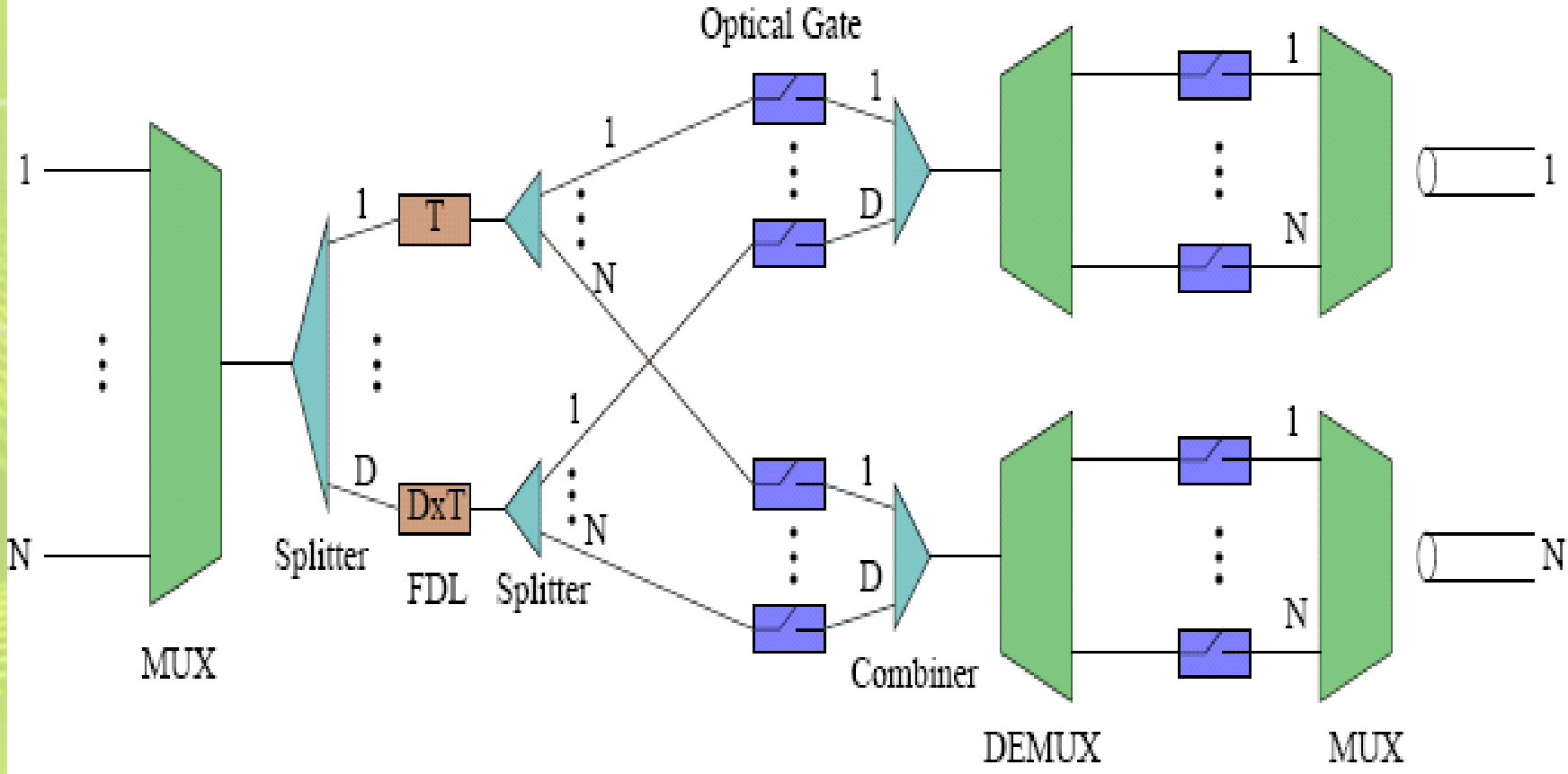
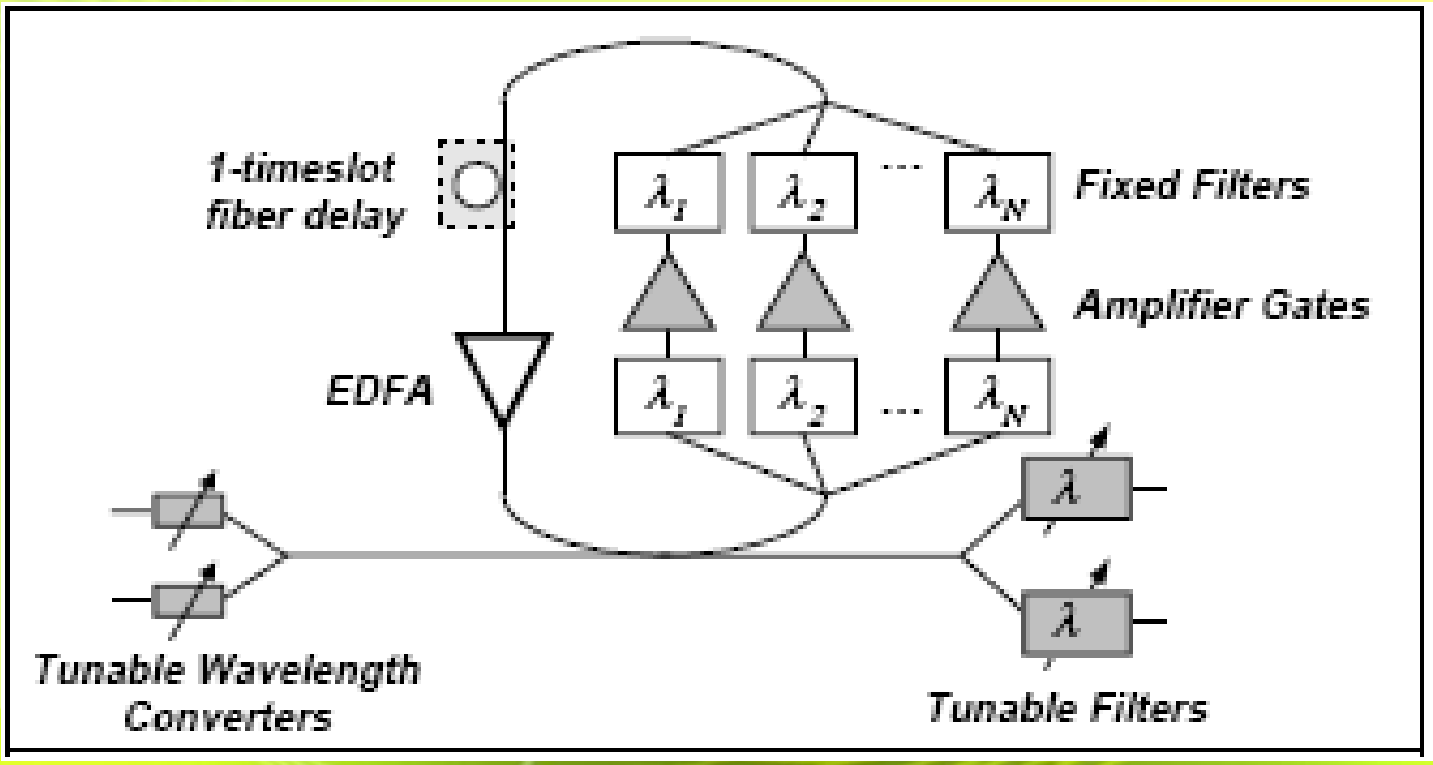


Figure 1.3 Broadcast-and-select switch with N ports, N wavelengths, and D FDLs

Multiwavelength Loop Switch (MLS)

- The last switching fabric example presented here is the multiwavelength loop switch (MLS), described in Figure.



- In an MLS, multiple packets are stored in a single fiber loop on different wavelengths. Electronics control the input TWCs, the output tunable filters, and the amplifier gates inside the loop.
- Before entering the loop, TWCs convert every incoming packet to a wavelength different from the wavelengths already present in the loop.
- At each rotation, packets split into two: one copy remains in the loop while the second copy is split among the output tunable filters.
- If those filters are not tuned to that specific packet wavelength, the exiting packet copy is lost.

- The copy remaining in the loop is further split and can only pass through the fixed loop filter corresponding to its wavelength, then through the amplifier gate following it.
- At this stage, the gate should theoretically allow the packet to loop indefinitely.
- All the splitting the packets undergo is compensated by an EDFA at each loop rotation.
- If one of the output filters is tuned to a given packet's wavelength, that packet would leave the switch at that output.
- The copy of the packet remaining inside loop should simultaneously be blocked by the amplifier gate, hence freeing the packet's wavelength for a new incoming packet.

- In the MLS architecture, mapping input to output ports (the switching function) is done in coordination between TWCs and tunable filters, whereas the delay for each packet (the buffering function) is determined by the action of the tunable filters and the amplifier gates.
- WDM is crucial for both functions. The resulting architecture is flexible, for it allows multicast connections. However, repeated packet splitting and amplification are the sources of physical limitations.

5.5. Kết luận

- Bài này đã trình bày các kiến thức và kỹ năng về:
  - vì sao mô hình chuyển mạch gói quang được đề xuất
  - một số mô hình chuyển mạch gói quang tiêu biểu
  - những cản trở đối với sự phát triển của mô hình chuyển mạch gói quang

Câu hỏi ?

Chuyên đề: **Mạng truyền dẫn quang**

Bài 6: Giới thiệu mạng chuyển mạch chùm quang OBS

TS. Võ Viết Minh Nhật
Khoa Du Lịch – Đại học Huế
vominhnhat@yahoo.com

Mục tiêu

- Bài này nhằm cung cấp cho học viên các kiến thức và kỹ năng về:
  - Tổng quan về mạng chuyển mạch chùm quang
  - Kiến trúc và nguyên tắc hoạt động của mạng chuyển mạch chùm quang
    - Bộ định tuyến biên
    - Bộ định tuyến lõi
    - Các hoạt động trên mạng OBS
  - Các vấn đề khác của mạng OBS

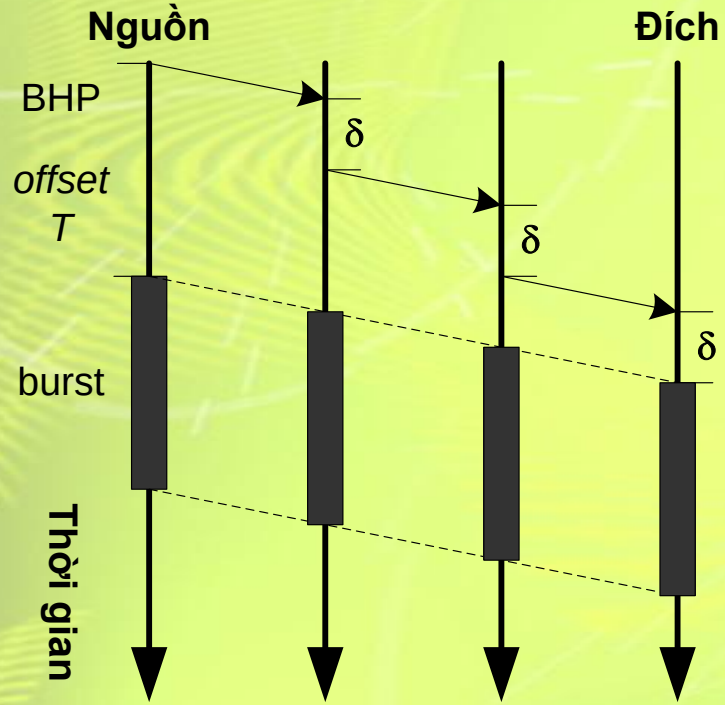
Nội dung trình bày

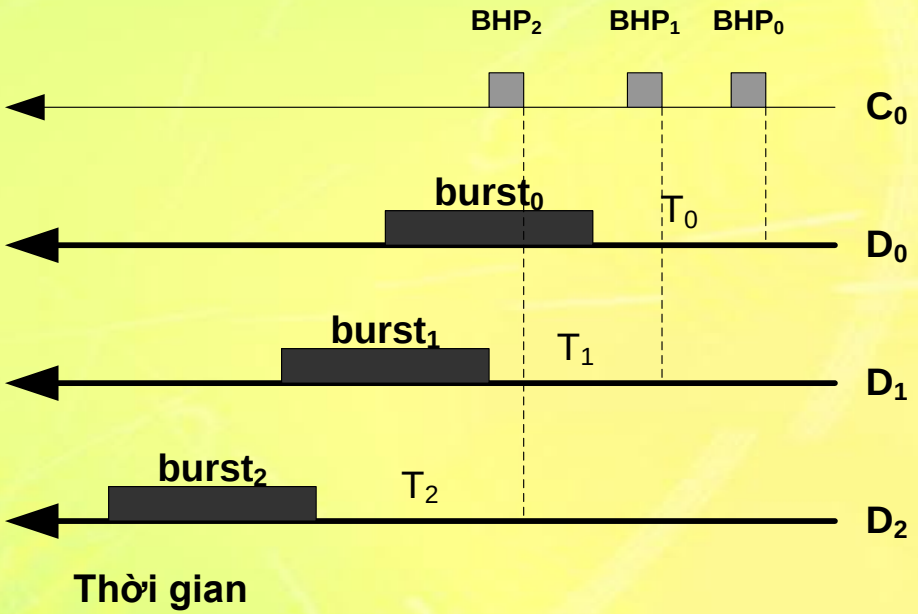
- Tổng quan về mạng chuyển mạch chùm quang
- Kiến trúc và nguyên tắc hoạt động mạng chuyển mạch chùm quang
  - Bộ định tuyến biên
  - Bộ định tuyến lõi
  - Các hoạt động trên mạng OBS
- Các vấn đề khác của mạng OBS

6.1. Tổng quan

- Mạng chuyển mạch chùm quang OBS [15] được thiết kế để đạt được cân bằng (thỏa hiệp) giữa mạng chuyển mạch kênh quang WR và mạng chuyển mạch gói quang OPS.
- Trong mạng chuyển mạch chùm quang, các *burst* dữ liệu, bao gồm nhiều gói tin *IP*, được truyền toàn quang qua mạng.
- Một gói tin điều khiển BHP (*burst header packet*) được truyền đi trước một khoảng thời gian *offset* (hình vẽ) để cấu hình các nút dọc theo đường đi từ nguồn đến đích. Khoảng thời gian *offset* này đủ cho phép gói tin điều khiển có thể xử lý và thiết lập các chuyển mạch trước khi *burst* dữ liệu đến. Vì vậy mạng chuyển mạch chùm quang không cần đến các bộ đệm điện tử hay bộ đệm quang.

Mô hình truyền dữ liệu của mạng chuyển mạch chùm quang





- Bằng việc dành trước tài nguyên trong một khoảng thời gian nhất định hơn là dành trước tài nguyên trong khoảng thời gian không giới hạn, tài nguyên có thể được phân bố một cách hiệu quả hơn. Vì vậy chuyển mạch chùm quang khắc phục được một vài hạn chế trong cách phân bố tài nguyên tĩnh diễn ra trong mạng chuyển mạch kênh.
- Hơn thế nữa, vì dữ liệu được truyền trong từng chùm (*burst*) lớn, chuyển mạch chùm quang giảm được những yêu cầu về công nghệ đối với các bộ chuyển mạch quang nhanh cần thiết đối với chuyển mạch gói quang.

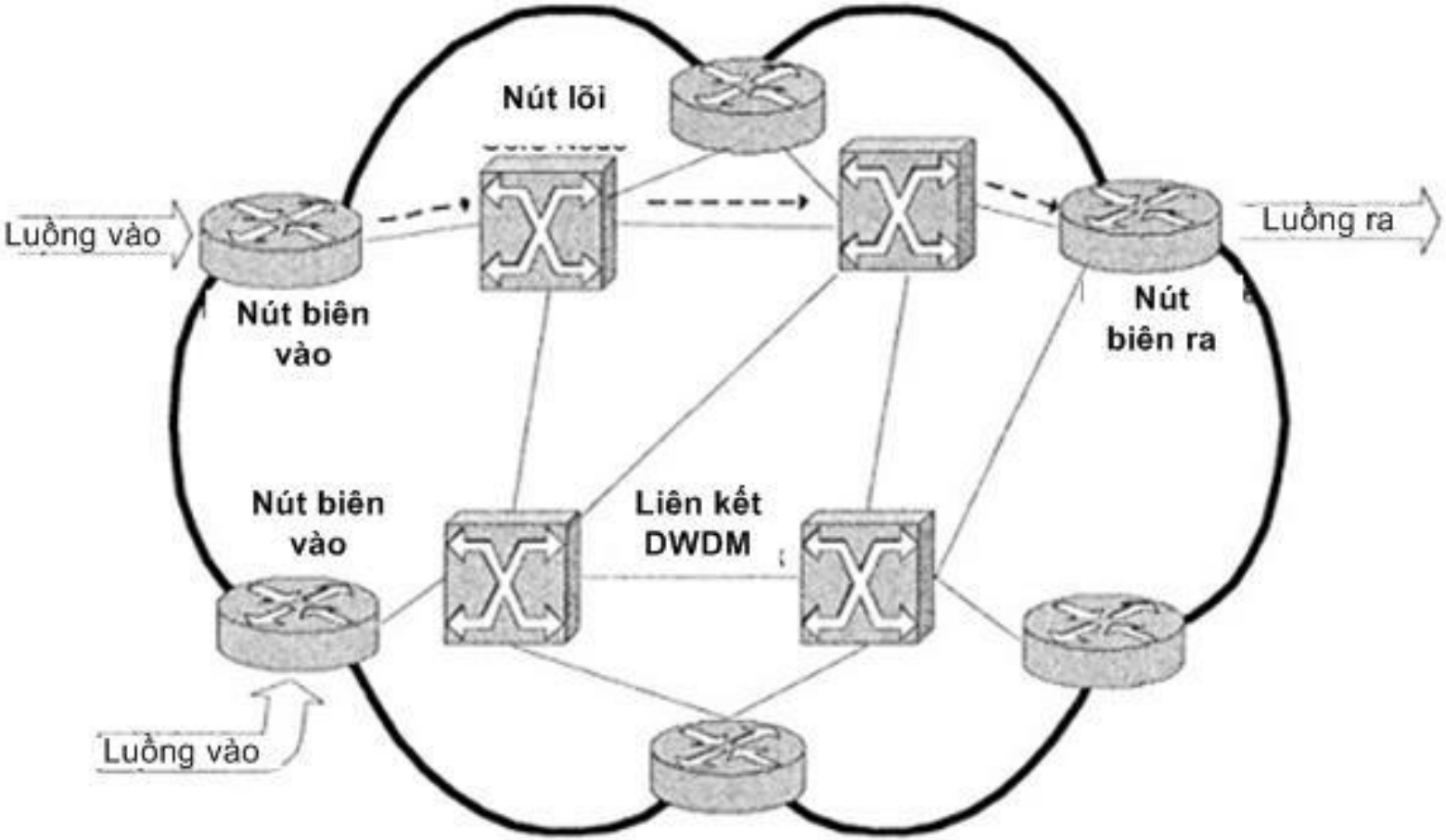
So sánh giữa các công nghệ chuyển mạch toàn quang

Công nghệ chuyển mạch quang	Tận dụng băng thông	Mức trễ trong cài đặt	Yêu cầu tốc độ chuyển mạch	Chi phí xử lý /đồng bộ hóa	Khả năng thích nghi với lưu lượng mạng
Chuyển mạch kênh	Thấp	Cao	Chậm	Thấp	Thấp
Chuyển mạch gói	cao	Thấp	Nhanh	Cao	Cao
Chuyển mạch chùm	cao	Thấp	T. Bình	Thấp	Cao

6.2. Kiến trúc và nguyên tắc hoạt động của mạng chuyển mạch chùm quang

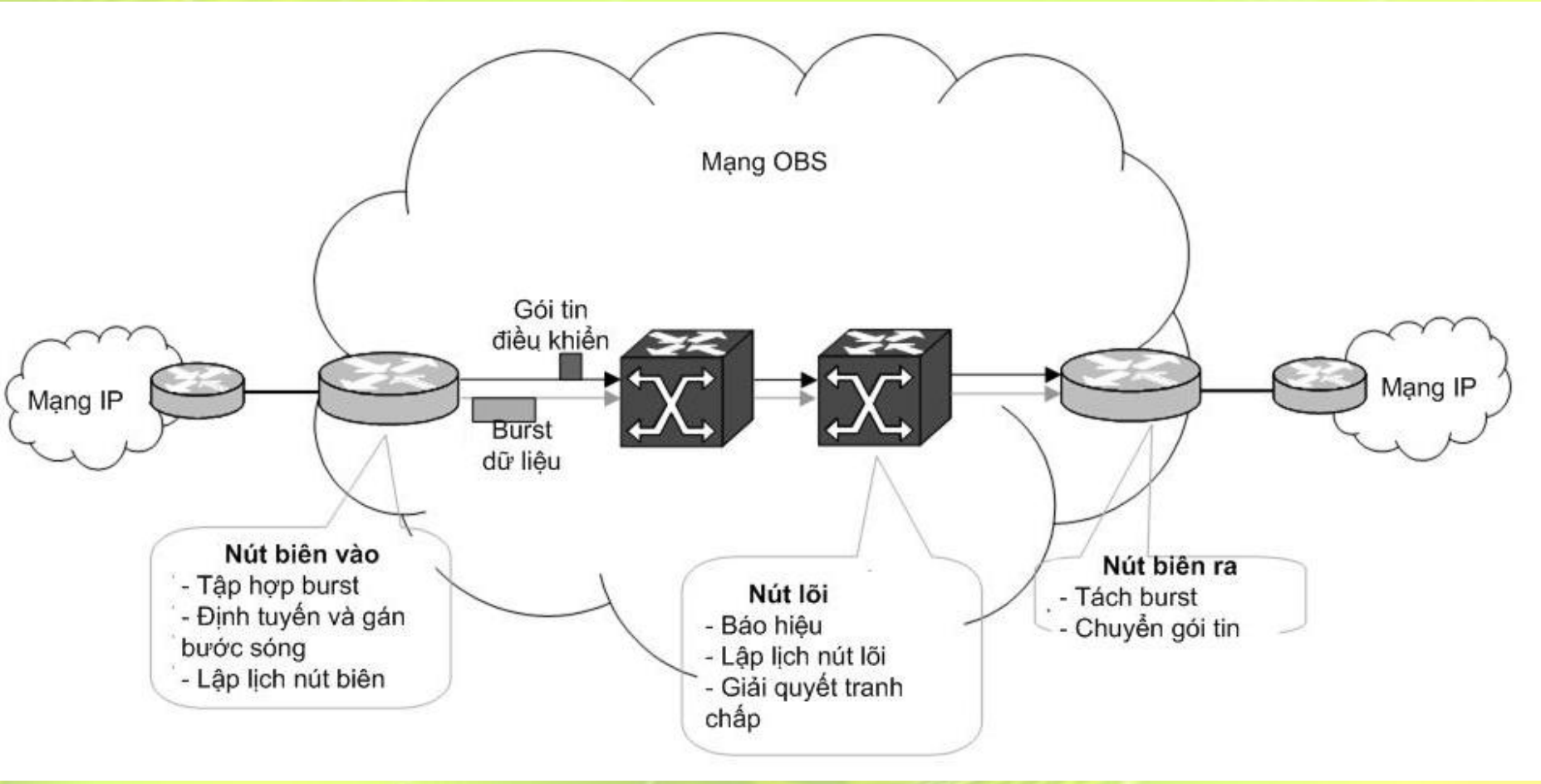
- Một mạng chuyển mạch chùm quang OBS bao gồm những nút chuyển mạch chùm quang liên kết với nhau qua các sợi quang.
- Mỗi sợi quang có khả năng chuyên chở nhiều (kênh) bước sóng.
- Một nút trong mạng OBS có thể là nút biên hoặc nút lõi .

Kiến trúc mạng chuyển mạch chùm quang OBS



- Nút biên chịu trách nhiệm kết hợp những gói tin thành *burst*, và lập lịch cho *burst* để truyền tải trên các kênh bước sóng ở cổng ra.
- Những nút lõi chịu trách nhiệm chuyển mạch các *burst* từ cổng vào tới cổng ra dựa trên những gói tin điều khiển và xử lý các tranh chấp burst.
- Nút biên vào có thể kết hợp những gói tin đến từ nhiều nguồn khác nhau trong một *burst*.
- *Burst* đã tập hợp được truyền trong môi trường toàn quang qua những bộ định tuyến lõi (*OBS router*) mà không cần bất kỳ lưu trữ nào tại các nút trung gian.
- Nút biên ra nhận *burst*, tách *burst* thành những gói tin ban đầu và chuyển chúng tới đích.

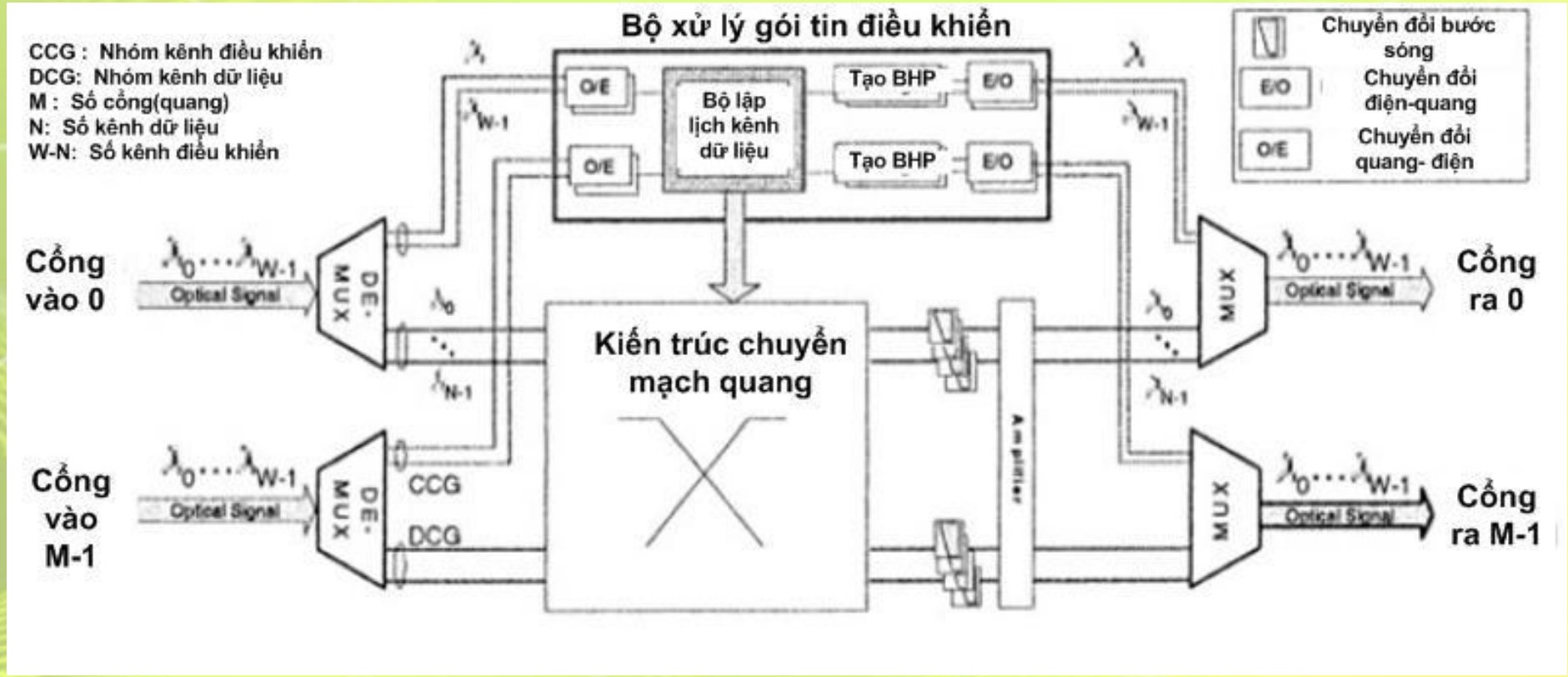
Sơ đồ chức năng OBS



6.2.1. Bộ định tuyến lõi

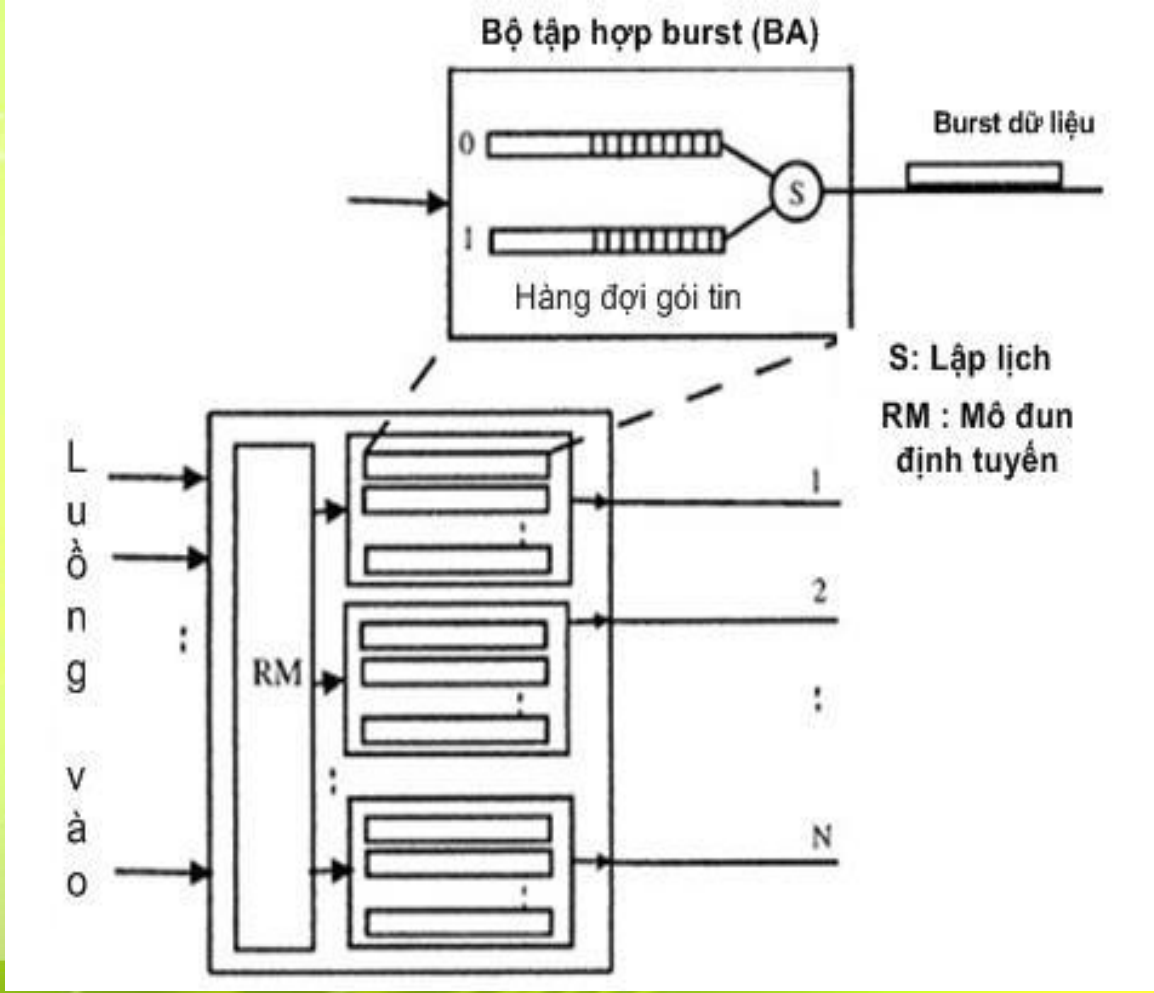
- Mỗi nút lõi có một bộ định tuyến lõi. Bộ định tuyến lõi (bao gồm một chuyển mạch quang OXC (*Optical Cross-Connect*) và một đơn vị điều khiển chuyển mạch SCU (*Switch control unit*).
- SCU tạo và duy trì bảng thông tin chuyển tiếp và chịu trách nhiệm cấu hình OXC. Khi SCU nhận một gói tin điều khiển, nó xác định đích dự định và kết hợp với bộ xử lý báo hiệu của bộ định tuyến (*router*) để tìm cổng ra.
- Nếu cổng ra có sẵn khi *burst* dữ liệu đến, SCU sẽ cấu hình OXC để cho phép burst dữ liệu chuyển qua. Nếu cổng ra không sẵn sàng, thì OXC sẽ được cấu hình phụ thuộc vào chính sách xử lý tắc nghẽn đã thiết lập.
- Trong trường hợp burst dữ liệu đến OXC trước gói điều khiển, burst đó sẽ bị rớt.

Bộ định tuyến lõi OBS



6.2.2. Bộ định tuyến biên

- Các nút biên được trang bị các bộ định tuyến biên.
- Bộ định tuyến biên thực hiện các chức năng như phân loại trước gói tin, đưa gói tin vào bộ đệm, tập hợp gói tin thành burst và tách *burst* thành các gói tin riêng.



6.2.2. Bộ định tuyến biên

- Những chính sách tập hợp *burst* khác nhau như chính sách dựa trên ngưỡng kích thước *burst* (*length-based*) hay dựa trên ngưỡng thời gian (*timer-based*) được sử dụng để tập hợp gói tin dữ liệu thành burst để gởi đi trong mạng quang.
- Kiến trúc của bộ định tuyến biên bao gồm một bộ định tuyến (*Routing Module*), một bộ tập hợp burst (*Burst Assembler*), và một bộ lập lịch (*Sheduler*). Bộ định tuyến lựa chọn cổng ra thích hợp cho mỗi gói tin và gởi mỗi gói tin tới bộ tập hợp *burst* tương ứng.
- Mỗi bộ tập hợp *burst* kết hợp các gói tin cùng hướng tới bộ định tuyến biên ra cụ thể thành một *burst*. Trong bộ tập hợp *burst*, có một hàng đợi gói tin cho mỗi lớp lưu lượng mạng. Bộ lập lịch phát burst đi dựa trên kỹ thuật tập hợp *burst* và truyền *burst* qua cổng ra dự định.

6.2.3. Các hoạt động trên mạng OBS

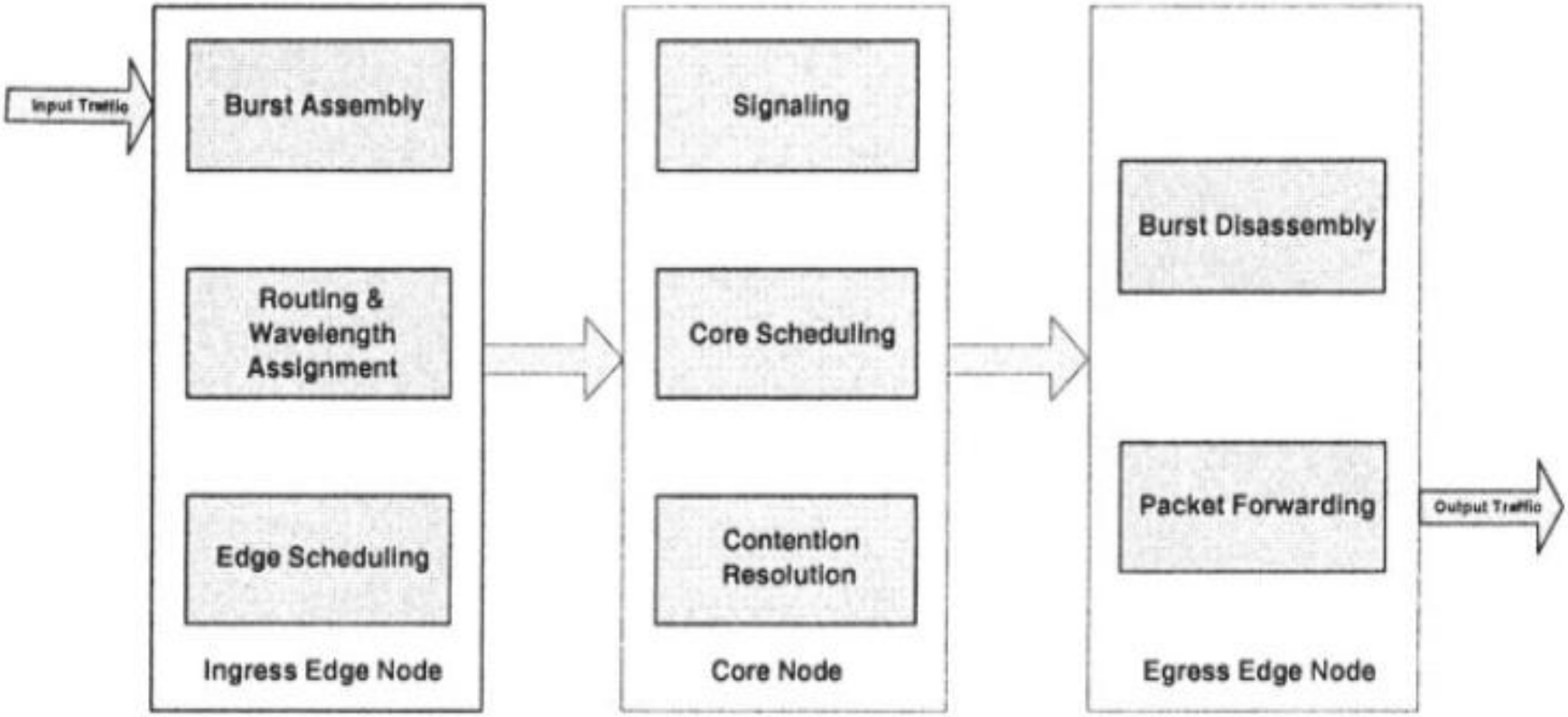


Figure 2.2. OBS functional diagram.

6.3. Các vấn đề khác của mạng chuyển mạch chùm quang

- Labeled OBS
- Multicasting in OBS
- TCP over OBS

Labeled OBS

- How an optical burst-switched network will interact with the IP layer:
  - two layers can be implemented independently
  - a common control plane is shared by the two layers
- In order to reduce management costs, it is possible to implement OBS within the framework of GMPLS
  - label-switched paths (LSPs)
  - label-switched router (LSR)

Labeled OBS

- The establishment of an LSP requires the maintenance and distribution of topology and state information:
  - open shortest path first (OSPF): sending hello messages and flooding link-state advertisements
- Routing in GMPLS can be :
  - hop-by-hop routing: each node only knowing the next hop node in the path
  - explicit routing: routes for LSPs are determined by a centralized entity

Labeled OBS

- The signaling for establishing LSPs in GMPLS can be done through protocols CR-LDP or RSVP-TE to reserve resources and to configure the label forwarding tables
  - In packet-switched networks, each packet is assigned a label at the ingress node, and is routed through the network along a pre-determined label-switched path.
  - In circuit-switched WDM optical networks, labels correspond to wavelengths, and LSPs correspond to lightpaths
  - In optical burst-switched networks, labels are applied to the burst header packets.

Multicasting in OBS

- In optical networks, multicasting can either be supported through the optical splitting of a signal or through electronic duplication of data.
  - In optical burst-switched networks requires the use of optical splitters at nodes.

Multicasting in OBS

- In an optical burst-switched network, multicasting can be implemented by sending
  - multiple unicast bursts: a separate copy of a given burst is sent to each of the multicast destinations.
    - simple and not require optical splitters at each node
    - not efficient in terms of bandwidth utilization
  - a burst along a multicast tree: each multicast session can either have its own specific multicast tree, or multicast sessions may share a set of multicast trees
    - a minimum-cost tree is should be found in order to minimize the resources
    - the bursts that are transmitted over the multicast tree can be small, resulting in high overhead

TCP over OBS

- When TCP is implemented over an optical burst-switched network, a burst loss may result in the loss of several TCP segments.
- However, the loss of a single burst does not necessarily indicate congestion in the optical burst-switched network.
- A false timeout (FTO): the timeout event of if the loss of a single burst in the optical burst switched network leads to a timeout event at the TCP source, and if the optical burst-switched network is not congested.

TCP over OBS

- Several mechanisms for detecting FTOs and avoiding slow start:
  - In the first method, the TCP source must estimate how many of its segments will be included in the same burst.
    - If the congestion window size is less than the estimated burst size, then a timeout event is treated as a false timeout.
  - In the second approach, the OBS ingress node informs the TCP source of which TCP segments are included in each burst.
    - When a timeout event occurs, the TCP source can immediately determine whether all segments were in the same burst or not. If all segments were in the same burst, then the timeout is treated as a false timeout event.

TCP over OBS

- In a third approach, each burst header packet contains information on the TCP segments contained within the burst.
  - When the burst is dropped, the dropping node will examine the header and send a negative acknowledgement (NAK) to the TCP source, indicating which TCP segments were lost. If the TCP source determines that all segments in a congestion window were contained within the same lost burst, then it will interpret a timeout event as a false timeout.

TCP over OBS

- The advantage of detecting a false timeout is that the TCP source can avoid entering the slow start phase if a timeout event is caused by a single burst loss rather than by network congestion.
- A disadvantage of the second and third approaches is that the OBS layer needs to know about TCP segments, and the TCP layer needs to be aware of bursts.

1.5. Kết luận

- Bài này đã trình bày các kiến thức và kỹ năng về:
  - Tổng quan về mạng chuyển mạch chùm quang
  - Kiến trúc và nguyên tắc hoạt động của mạng chuyển mạch chùm quang
    - Bộ định tuyến biên
    - Bộ định tuyến lõi
  - Các vấn đề khác của mạng OBS

Câu hỏi ?

Chuyên đề: **Mạng truyền dẫn quang**

Bài 7: Kỹ thuật tập hợp chùm trên mạng OBS

TS. Võ Viết Minh Nhật
Khoa Du Lịch – Đại học Huế
vominhnhat@yahoo.com

Mục tiêu

- Bài này nhằm cung cấp cho học viên các kiến thức và kỹ năng về:
  - Khái niệm về tập hợp burst
  - Phân loại các giải thuật tập hợp burst
  - Mô tả chi tiết các giải thuật tập hợp burst
    - Tập hợp burst dựa trên ngưỡng độ dài burst
    - Tập hợp burst dựa trên ngưỡng thời gian
    - Tập hợp burst lai
  - Vấn đề chọn ngưỡng
  - Giải thuật tập hợp burst thích nghi

Nội dung trình bày

7.1. Giới thiệu

7.2. Kỹ thuật tập hợp chùm dựa trên ngưỡng độ dài

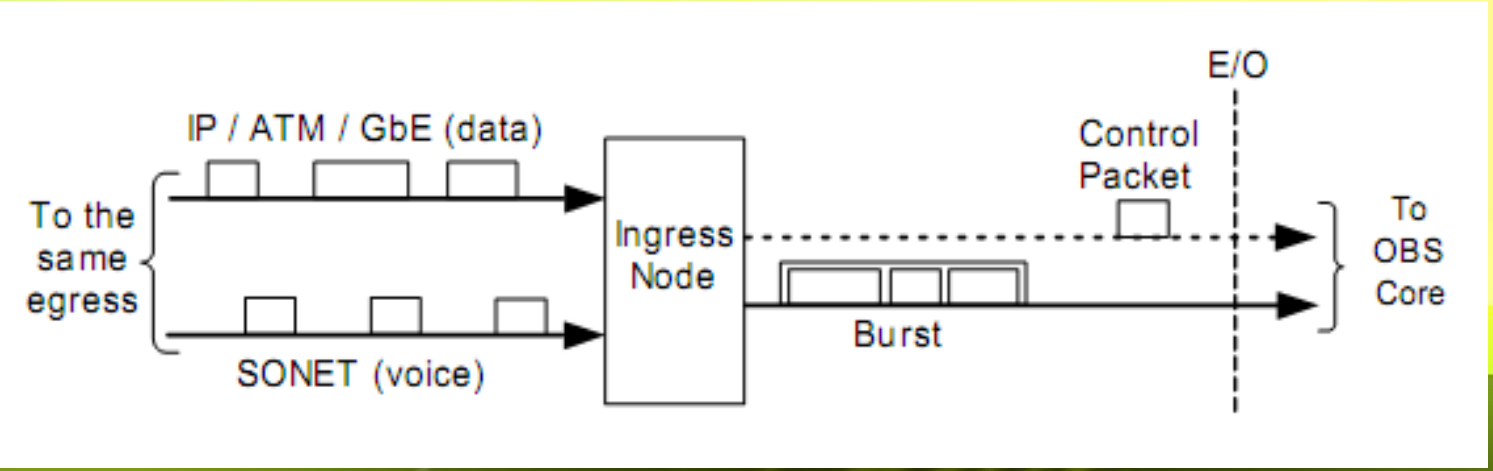
7.3. Kỹ thuật tập hợp chùm dựa trên ngưỡng thời gian

7.4. Kỹ thuật tập hợp chùm lai

7.5. Kỹ thuật tập hợp chùm thích nghi

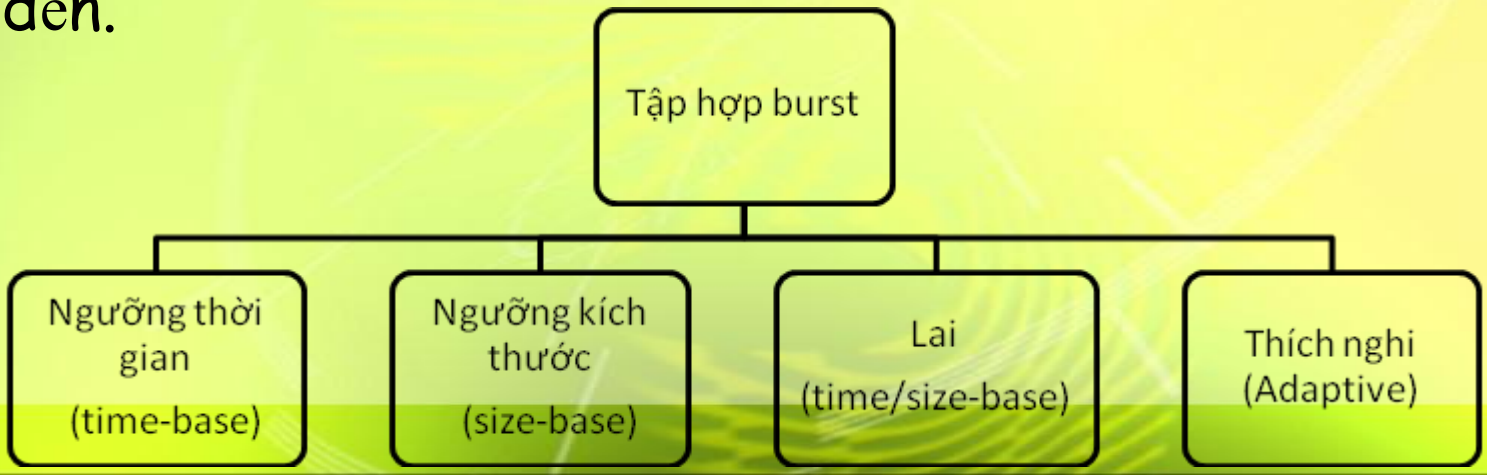
7.1. Giới thiệu

- Tập hợp burst là quá trình tập hợp dữ liệu đến từ lớp mạng trên thành các *burst* tại nút biên vào của mạng OBS.
- Khi gói tin đến từ lớp trên, chúng được lưu tại bộ đệm điện dựa trên đích và lớp dịch vụ của chúng.
- Kỹ thuật tập hợp *burst* thực hiện dựa trên một vài chính sách tập hợp.



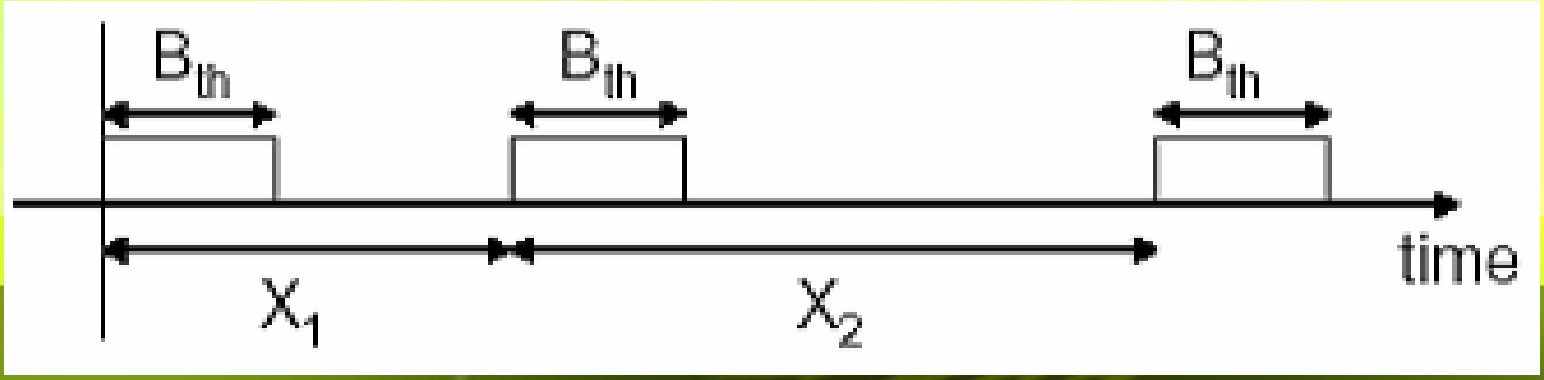
- Hai kỹ thuật tập hợp *burst* phổ biến dựa trên ngưỡng kích thước *burst* (length-based) và dựa trên ngưỡng thời gian (timer-based).
  - Trong kỹ thuật tập hợp *burst* dựa trên ngưỡng thời gian, một *burst* được tạo và gởi vào mạng OBS sau từng khoảng thời gian đều đặn (timer).
  - Trong kỹ thuật tập hợp *burst* dựa trên giá trị ngưỡng kích thước, một giới hạn (lenght) dựa trên số lượng tối đa gói tin chứa trong mỗi burst được định trước. Do đó, những burst có kích thước cố định sẽ được tạo tại nút biên của mạng.

- Các thuật toán tập hợp *burst* có thể được phân loại như sau:
  - Dựa trên ngưỡng thời gian (*timer-based*).
  - Dựa trên ngưỡng độ dài burst (*size-based*).
  - Dựa trên cả ngưỡng thời gian và độ dài burst (*hybrid*).
  - Thích nghi (*adaptive*) với những thay đổi luồng thông tin đến.



7.2. Kỹ thuật tập hợp chùm dựa trên ngưỡng độ dài burst

- Thuật toán tập hợp *burst* dựa trên ngưỡng độ dài *burst* yêu cầu một tham số giá trị ngưỡng độ dài *burst* được xác định trước cho mỗi hàng đợi. Giá trị ngưỡng chỉ định số lượng gói tin được kết hợp trong một *burst*.
- Những gói tin đến sẽ được lưu trữ trong hàng đợi tại nút biên. Khi ngưỡng đạt đến, một *burst* được tạo ra và được gởi qua mạng.



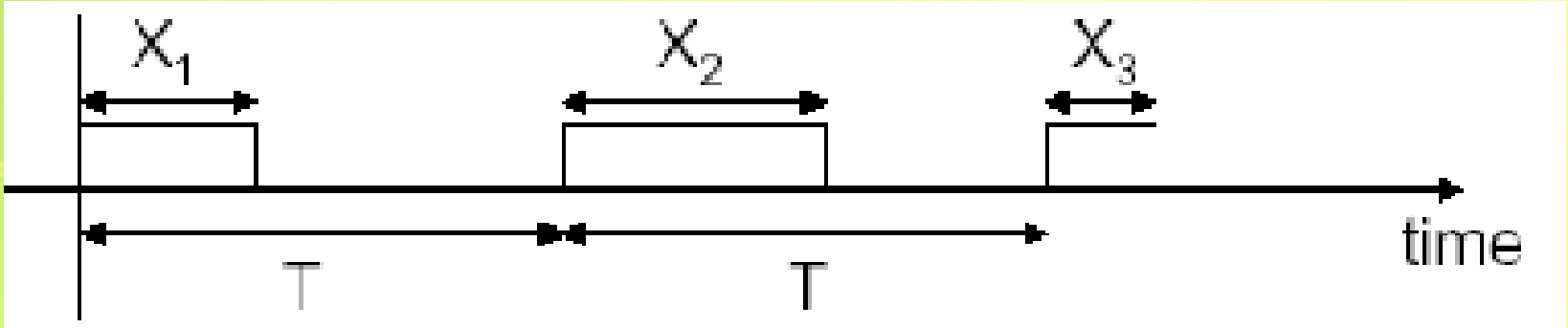
- Thuật toán này không đảm bảo về mặt độ trễ. Nếu lưu lượng đầu vào thấp phải mất khoảng thời gian dài để giá trị ngưỡng đạt được; Tuy nhiên nếu lưu lượng đầu vào cao, giá trị ngưỡng nhanh chóng đạt được và sẽ tối thiểu được độ trễ.
- Với phương pháp tập hợp burst dựa trên ngưỡng, tất cả các burst sẽ có cùng độ dài khi đi vào trong mạng. Tuy nhiên, khi một burst được chuyển qua mạng lõi OBS, chiều dài của burst có thể thay đổi dựa trên những chính sách về giải quyết tranh chấp, như phân đoạn burst, xảy ra tại lớp lõi.

- Chiều dài burst ảnh hưởng đến tổng số lượng tranh chấp và số lượng mất gói trung bình trên tranh chấp.
  - Đối với những ngưỡng cao, burst sẽ dài và sẽ có ít tranh chấp burst diễn ra. Tuy nhiên khi có tranh chấp xảy ra, số lượng gói tin trung bình mất trên mỗi tranh chấp sẽ cao hơn.
  - Trong trường hợp burst nhỏ, số lượng burst đi vào mạng sẽ lớn và kết quả số lượng tranh chấp có thể diễn ra sẽ lớn; tuy nhiên số lượng gói tin bị mất trên tranh chấp ít.
- Vì vậy, cần có sự cân bằng giữa số lượng tranh chấp và số lượng gói tin trung bình mất trên chấp tranh, => cần xác định phạm vi gồm những giá trị ngưỡng tốt nhất sẽ làm tối thiểu xác suất mất gói tin.

- Đối với trường hợp mà có nhiều lớp gói tin đến (CoS), một ngưỡng đơn có thể được áp dụng với tất cả gói tin mà không cần quan tâm lớp gói tin, hoặc các ngưỡng khác nhau áp dụng cho các lớp gói tin.
- Có thể cần nhiều giá trị ngưỡng khác nhau để thỏa mãn độ trễ về chất lượng dịch vụ (QoS delay) và đảm bảo việc mất mát trên mỗi lớp. Trong trường hợp này, mục tiêu là tìm ngưỡng tối ưu cho mỗi lớp gói tin như là yêu cầu chất lượng dịch vụ được đáp ứng.

7.3. Kỹ thuật tập hợp chùm dựa trên ngưỡng thời gian

- Kỹ thuật này sử dụng một tham số cho mỗi hàng đợi là một ngưỡng thời gian T_i , tương ứng với hàng đợi thứ i. Bộ đếm thời gian sẽ được bắt đầu lúc khởi tạo hệ thống và ngay sau khi burst trước đó được lập lịch gởi đi.



- Kỹ thuật này đảm bảo về mặt độ trễ, với lượng tải thấp, ở mức tối thiểu. Tuy nhiên, đối với lượng tải vào cao, thuật toán có thể tạo ra những burst rất lớn.
- Tóm lại kỹ thuật *tập hợp chùm dựa trên ngưỡng thời gian* cung cấp những burst có kích thước ngẫu nhiên với những khoảng thời gian cố định. Thông thường giá trị bộ đếm thời gian là hằng số đối với tất cả những hàng đợi.

FAP (Fixed-Assembly-Period) [2]

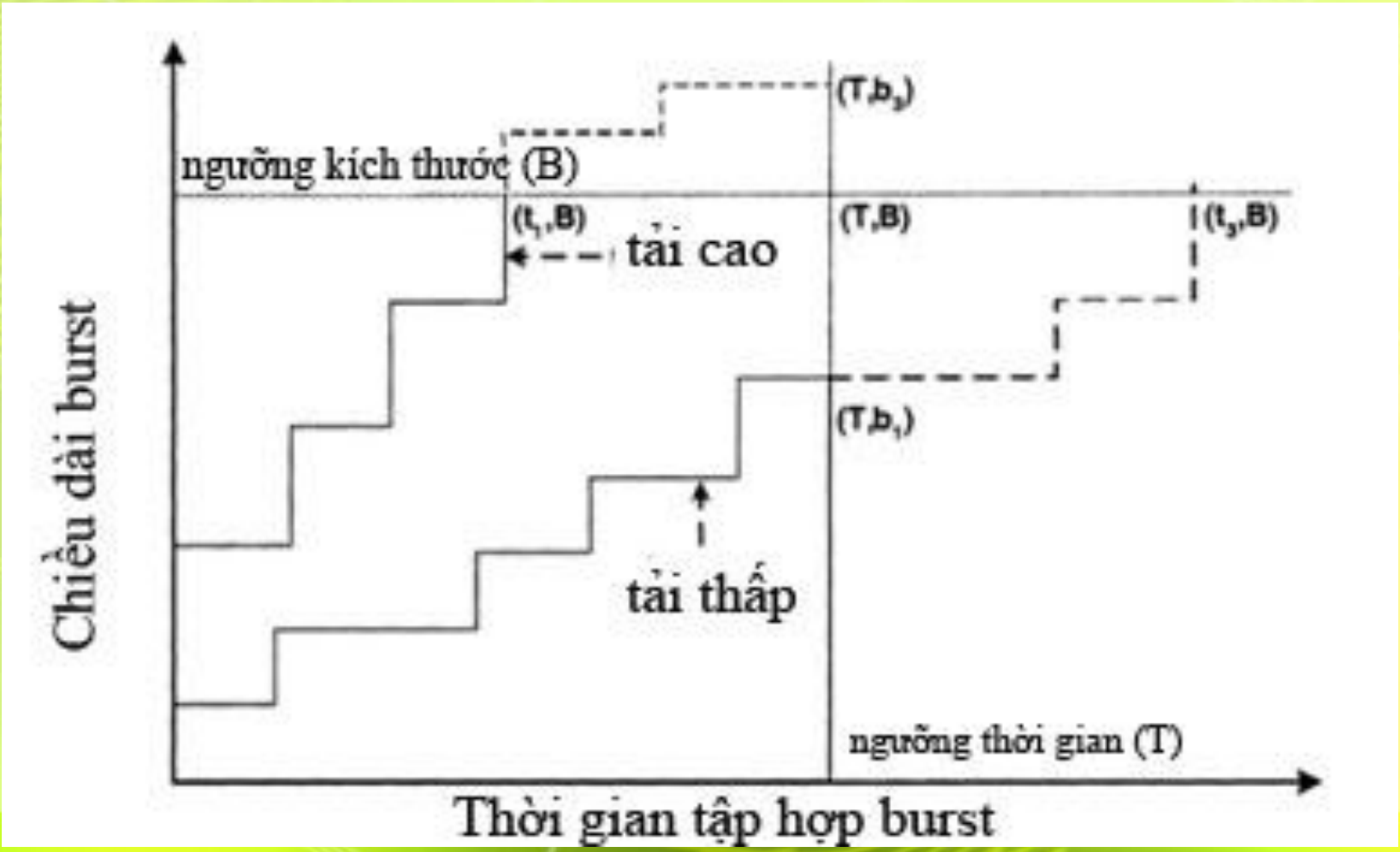
- Nút OBS biên tập hợp các gói IP có đích đến giống nhau vào một burst
  - B1. Nếu thời gian timer chưa hoạt động thì kích hoạt timer;
  - B2. Sắp xếp gói tin đến vào burst;
  - B3. Nếu timer đạt đến ngưỡng, thì một burst được hình thành và ngừng timer; nếu không chuyển sang bước b2.

7.3. Kỹ thuật tập hợp chùm dựa trên ngưỡng độ dài burst và ngưỡng thời gian

- Một vấn đề trong việc tập hợp burst là làm cách nào để chọn những giá trị ngưỡng thời gian hay giá trị ngưỡng kích thước thích hợp khi tạo burst nhằm để tối thiểu khả năng mất gói tin trong mạng OBS.
- Việc chọn lựa một giá trị ngưỡng là một vấn đề mở. Nếu ngưỡng kích thước quá thấp, burst sẽ ngắn và tăng số lượng burst sinh ra trong mạng. Hơn nữa, số lượng burst cao sẽ dẫn đến số tranh chấp cao, nhưng số lượng gói tin bị mất trung bình trên một tranh chấp là ít.

- Nếu thời gian cấu hình lại việc chuyển mạch là đáng kể thì việc tạo ra các burst ngắn sẽ dẫn đến việc khai thác mạng thấp vì chi phí thời gian cho chuyển mạch cao đối với mỗi burst được chuyển mạch (được sắp xếp).
- Ngược lại, nếu ngưỡng kích thước cao, burst sẽ dài và tổng số burst đi vào trong mạng sẽ giảm. Do đó, số lượng tranh chấp trong mạng giảm so với trường hợp burst ngắn. Tuy nhiên, số gói tin mất trung bình trên mỗi tranh chấp sẽ tăng.
- Tóm lại, cần có một sự cân bằng giữa số lượng tranh chấp và số lượng trung bình gói tin mất trên tranh chấp.

Hiệu quả của lượng tải trên những kỹ thuật kết hợp bộ đếm và ngưỡng



- Đối với trường hợp các gói tin có các ràng buộc QoS, như là ràng buộc độ trễ, giải pháp tốt nhất là giải thuật tập hợp burst dựa trên ngưỡng thời gian.
- Việc sử dụng đồng thời giá trị ngưỡng thời gian và ngưỡng kích thước sẽ mang lại hiệu quả tốt cho hệ thống và tạo ra burst linh động hơn là chỉ dựa trên một trong hai giá trị ngưỡng trên.
- Bằng việc tính toán giá trị ngưỡng tối ưu, dựa trên tính toán chiều dài burst tối thiểu và dựa trên sai số độ trễ của gói tin, chúng ta sẽ giảm thiểu được sự mất mát gói tin trong khi thỏa mãn yêu cầu độ trễ.

Fixed-Time-Min-Length Burst Assembly [9].

- Giải thuật tập hợp burst dựa trên độ dài burst tối thiểu và giới hạn thời gian cố định:
  - sử dụng một tham số thời gian cố định làm chuẩn chính và yêu cầu mỗi burst phải có kích thước lớn hơn một độ dài tối thiểu.
  - B1. Nếu thời gian timer chưa hoạt động thì kích hoạt timer;
  - B2. Sắp xếp gói tin đến vào burst;
  - B3. Nếu timer đạt đến ngưỡng,
    - B3.1: nếu độ dài burst < độ dài tối thiểu, bổ sung thêm các dữ liệu độn; chuyển sang bước B3.2.
    - B3.2: hình thành burst và ngừng timer;
  - B4. Nếu timer chưa đạt đến ngưỡng; chuyển sang bước b2.

Fixed-Time-Min-Max-Length Burst Assembly [9]

- Giải thuật tập hợp burst dựa trên khoảng độ dài burst [min, max] và giới hạn thời gian cố định
  - sử dụng một tham số thời gian cố định làm chuẩn chính và yêu cầu mỗi burst phải có kích thước trong khoảng [min, max].
  - B1. Nếu thời gian timer chưa hoạt động thì kích hoạt timer;
  - B2. Sắp xếp gói tin đến vào burst;
  - B3. Nếu timer đạt đến ngưỡng,
    - B3.1: nếu độ dài burst < độ dài tối thiểu(min), bổ sung thêm các dữ liệu độn; chuyển sang bước B3.2;
    - B3.2: hình thành burst và ngừng timer;
  - B4. Nếu đạt đến ngưỡng độ dài burst tối đa (max), hình thành burst và ngừng timer;
  - B5. Nếu chưa đạt đến ngưỡng timer hay ngưỡng độ dài burst tối đa (max), chuyển sang bước b2.

7.5. Kỹ thuật tập hợp chùm thích nghi

- Nhược điểm chính của những thuật toán tập hợp burst tĩnh là chúng độc lập với những thay đổi của lưu lượng mạng đến và vì vậy chúng không hề có một phản ứng nào khi có những thay đổi của lưu lượng mạng.
- Vì vậy cần xem xét những thuật toán tập hợp burst có khả năng thích nghi để giải quyết tình trạng này.

- Giải thuật thay đổi ngưỡng thời gian và độ dài burst thích nghi với những thay đổi của lưu lượng mạng [2]

$$Time_Threshold_i = \propto \times \frac{\mathrm{AvgBL}_i \times N}{Bandwidth}$$

$$Size_threhold_i = \begin{cases} \mathrm{AvgBL}_i & if\ \ \mathrm{AvgBL}_i \geq \beta \times E[L_p] \\ \beta \times E[L_p] & ngược\ lại \end{cases}$$

  - AvgBLi là chiều dài burst trung bình trong hàng đợi i,
  - N là số lượng hàng đợi
  - Bandwidth là băng thông của liên kết.
  - β,α là những hệ số tập hợp burst
  - $E[L_p]$là chiều dài gói tin mong muốn.

- Giải thuật tập hợp burst thích nghi AAP (The Adaptive-Assembly-Period) [2]

$$\frac{AvgBL_{q_{sd}}}{BandWidth \times Channel} \leq AP_{q_{sd}} \leq \min_{f}(RTO - RTT)$$

  - AP_{qsd} là thời gian tập hợp burst của hàng đợi qsd
  - $AvgBL_{qsd}$ là chiều dài burst trung bình cua hàng đợi qsd
  - Channel : là số lượng bước sóng trên liên kết.
  - Bandwidth : là băng thông của một kênh
  - RTO: là thời gian giới hạn để burst tới đích.
  - RTT : là thời gian hành trình của gói tin.
  - f : luồng TCP.

1.5. Kết luận

- Bài này đã trình bày các kiến thức và kỹ năng về:
  - Khái niệm về tập hợp burst
  - Phân loại các giải thuật tập hợp burst
  - Mô tả chi tiết các giải thuật tập hợp burst
    - Tập hợp burst dựa trên ngưỡng độ dài burst
    - Tập hợp burst dựa trên ngưỡng thời gian
    - Tập hợp burst lai
  - Vấn đề chọn ngưỡng
  - Giải thuật tập hợp burst thích nghi

Câu hỏi ?

Chuyên đề: **Mạng truyền dẫn quang**

Bài 6: Kỹ thuật báo hiệu trên mạng OBS

TS. Võ Viết Minh Nhật
Khoa Du Lịch – Đại học Huế
vominhnhat@yahoo.com

Mục tiêu

- Bài này nhằm cung cấp cho học viên các kiến thức và kỹ năng về:
  - các giải thuật báo hiệu
    - one-way, two-way, or hybrid reservation
    - source-initiated, destination-initiated, or intermediate-node-initiated reservation
    - persistent or non-persistent reservation
    - immediate or delayed reservation
    - explicit or implicit release of resources
    - centralized or distributed signaling

Nội dung trình bày

- Introduction
- one-way, two-way, or hybrid reservation
- source-initiated, destination-initiated, or intermediate-node-initiated reservation
- persistent or non-persistent reservation
- immediate or delayed reservation
- explicit or implicit release of resources
- centralized or distributed signaling

Introduction

- A signaling scheme is implemented in order to allocate resources and to configure optical switches for the burst at each node.
- The signaling scheme in an OBS network is typically implemented using out-of-band burst header packets.

Classification of Signaling Schemes

- one-way, two-way, or hybrid reservation
- source-initiated, destination-initiated, or intermediate-node-initiated reservation
- persistent or non-persistent reservation
- immediate or delayed reservation
- explicit or implicit release of resources
- centralized or distributed signaling

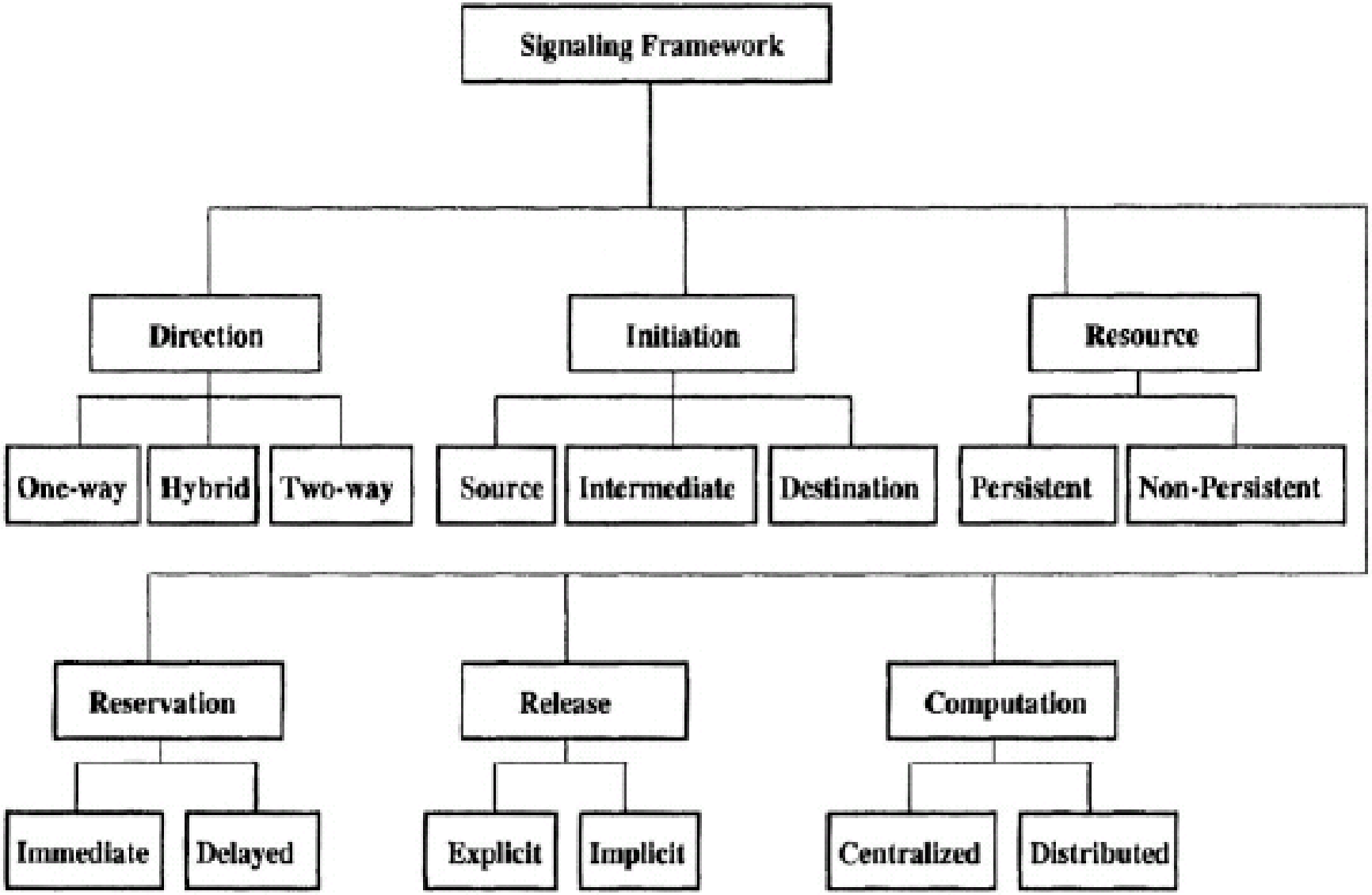


Figure 4.1. Signaling Classification.

One-way, Two-way, or Hybrid

- In one-way reservation
  - the source node sends out a control packet requesting each node in the route to allocate the necessary resources and to configure their cross-connects
  - the data burst is then sent out without waiting for an acknowledgement
  - it is possible that the reservations were not successful and the burst is dropped.
  - But, the data burst can be sent out sooner, thereby reducing the end-to-end data transfer latency

One-way, Two-way, or Hybrid

- In two-way reservation
  - Signaling techniques are acknowledgment based
  - The data burst is transmitted only after the acknowledgement is received
  - These signaling techniques can eliminate the loss of bursts in the OBS core, but will also lead to higher end-to-end delay for each burst

One-way, Two-way, or Hybrid

- In hybrid reservation
  - a trade-off between one-way and two-way reservations is to provide partial confirmation of reservations.

Source-, Destination-, Intermediate-Node-Initiated Reservation

- Source-initiated reservation (SIR)
  - the resources for the burst are reserved in the forward path as the burst header travels from the source to the destination.
  - a confirmed reservation technique is used in which an acknowledgment message indicating the reserved wavelengths is sent back to the source
  - it may cause of blocking (or data loss) because of the lack of free resources

Source-, Destination-, Intermediate-Node-Initiated Reservation

- Destination initiated reservation (DIR)
  - the source transmits a resource request to the destination node to collect wavelength availability information
  - the destination node then will choose an available wavelength (if such exists) for the appropriate time interval, and send a reservation request back to the source.
  - The reservation request will traverse the intermediate nodes, reserving the chosen wavelength for the appropriate period of time
  - it may cause of blocking (or data loss) because of outdated information

Source-, Destination-, Intermediate-Node-Initiated Reservation

- intermediate node initiated reservation (INI)
  - the resources are reserved similar to DIR from the source to some intermediate node, and similar to SIR from the intermediate node to the destination node.
- to reduce the loss
  - SIR techniques may reserve more than one (or all available) wavelengths => lower performance due to lack of resources.
  - In DIR techniques, because the individual state information received are not up-to-date the selected wavelength may be taken by some other request

Persistent or Non-persistent

- When a resource blocking emerges,
  - Persistent: waiting for blocked resource => buffering
  - Non-persistent: a bound on the delay (minimize round trip delay) is defined => deflection or re-transmission.

Immediate or Delayed Reservation

- Immediate reservation
  - The channel is reserved immediately from the instant that the setup message (BHP) reaches the node.
  - It is simple and practical to implement, but incurs higher blocking due to inefficient bandwidth allocation.
- Delayed reservation
  - The channel is reserved from the actual arrival instant of the data burst at that node.
  - It is more involved, but leads to higher bandwidth utilization.
  - It also leads to the generation of idle voids between the scheduled bursts on the data channels

Explicit or Implicit Release

- Explicit release
  - a separate control message is sent following the data burst in order to release or terminate an existing reservation.
  - lower bandwidth utilization and increased message complexity
- Implicit release
  - the control message has to carry additional information about the burst length and the offset time.
  - better loss performance

Combinations

- four categories of signaling techniques
  - Immediate Reservation with Explicit Release,
  - Immediate Reservation with Implicit Release,
  - Delayed Reservation with Explicit Release, and
  - Delayed Reservation with Implicit Release

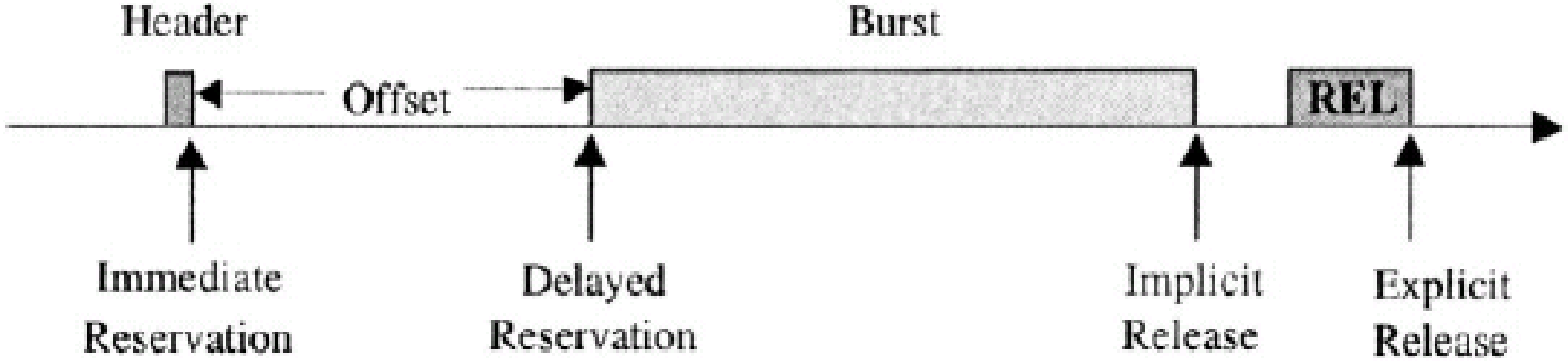


Figure 4.2. Reservation and Release Mechanisms in OBS.

Centralized or Distributed

- Centralized
  - a dedicated centralized request server is responsible for setting up the route and assigning the wavelength
  - more efficiently when the network is small and the traffic is non-bursty
- Distributed
  - each node has a burst scheduler that assigns an outgoing channel for each arriving BHP in a distributed manner
  - suitable of large optical networks and for bursty data traffic

1.5. Kết luận

- Bài này đã trình bày các kiến thức và kỹ năng về:
  - các giải thuật báo hiệu
    - one-way, two-way, or hybrid reservation
    - source-initiated, destination-initiated, or intermediate-node-initiated reservation
    - persistent or non-persistent reservation
    - immediate or delayed reservation
    - explicit or implicit release of resources
    - centralized or distributed signaling

Câu hỏi ?

Chuyên đề: **Mạng truyền dẫn quang**

Bài 8: Kỹ thuật lập lịch chùm trên mạng OBS

TS. Võ Viết Minh Nhật
Khoa Du Lịch – Đại học Huế
vominhnhat@yahoo.com

Mục tiêu

- Bài này nhằm cung cấp cho học viên các kiến thức và kỹ năng về:
  - Tổng quan về kỹ thuật lập lịch chùm
  - Các kỹ thuật lập lịch chùm khác nhau:
    - Lập lịch không lấp đầy khoảng trống
      - First Fit Unscheduled Channel (FFUC)
      - Latest Available Unscheduled Channel (LAUC)
    - Lập lịch có lấp đầy khoảng trống
      - First Fit Unscheduled Channel with Void Filling (FFUC-VF)
      - Latest Available Unscheduled Channel with Void Filling (LAUC-VF)

Nội dung trình bày

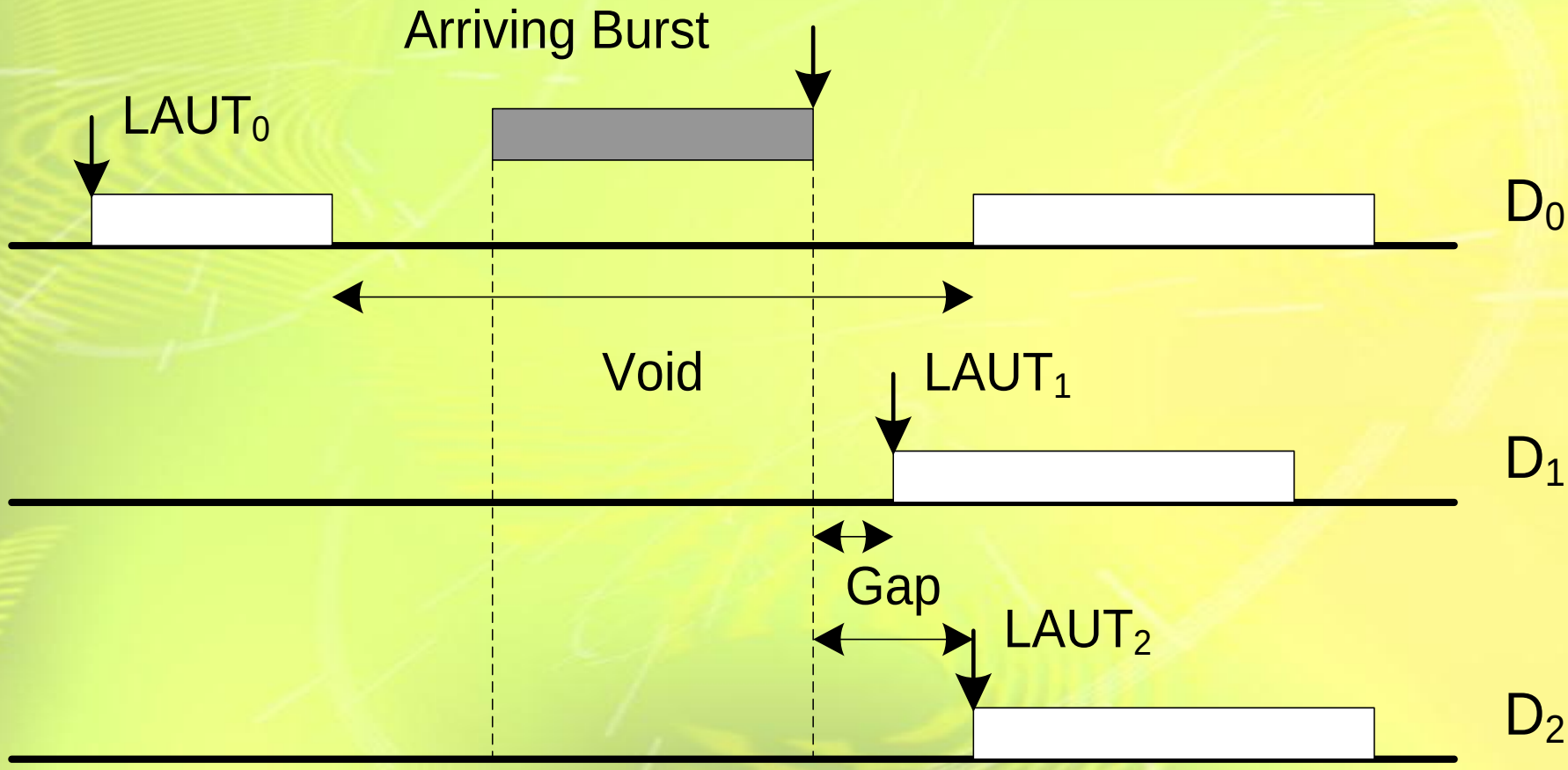
- Tổng quan về kỹ thuật lập lịch chùm
- Các kỹ thuật lập lịch chùm khác nhau:
  - Lập lịch không lấp đầy khoảng trống
    - First Fit Unscheduled Channel (FFUC)
    - Latest Available Unscheduled Channel (LAUC)
  - Lập lịch có lấp đầy khoảng trống
    - First Fit Unscheduled Channel with Void Filling (FFUC-VF)
    - Latest Available Unscheduled Channel with Void Filling (LAUC-VF)

8.1. Giới thiệu

- Khi một burst đến một nút, nó phải được cấp phát một bước sóng thích hợp trên kênh ra. Mục đích của việc lập lịch, ngoài nhằm đáp ứng yêu cầu băng thông, còn để tối ưu hóa băng thông sử dụng.
- Lập lịch kênh trên mạng OBS khác với trên mạng IP truyền thống. Trong mạng IP, mỗi nút trung tâm lưu trữ các gói tin đến trong các bộ đệm điện tử và lập lịch chúng trên cổng ra mong muốn. Trong OBS, mỗi khi burst đến tại một nút lõi, nó phải được gửi tới nút tiếp theo mà không có một lưu trữ nào tương tự như các bộ đệm điện tử.

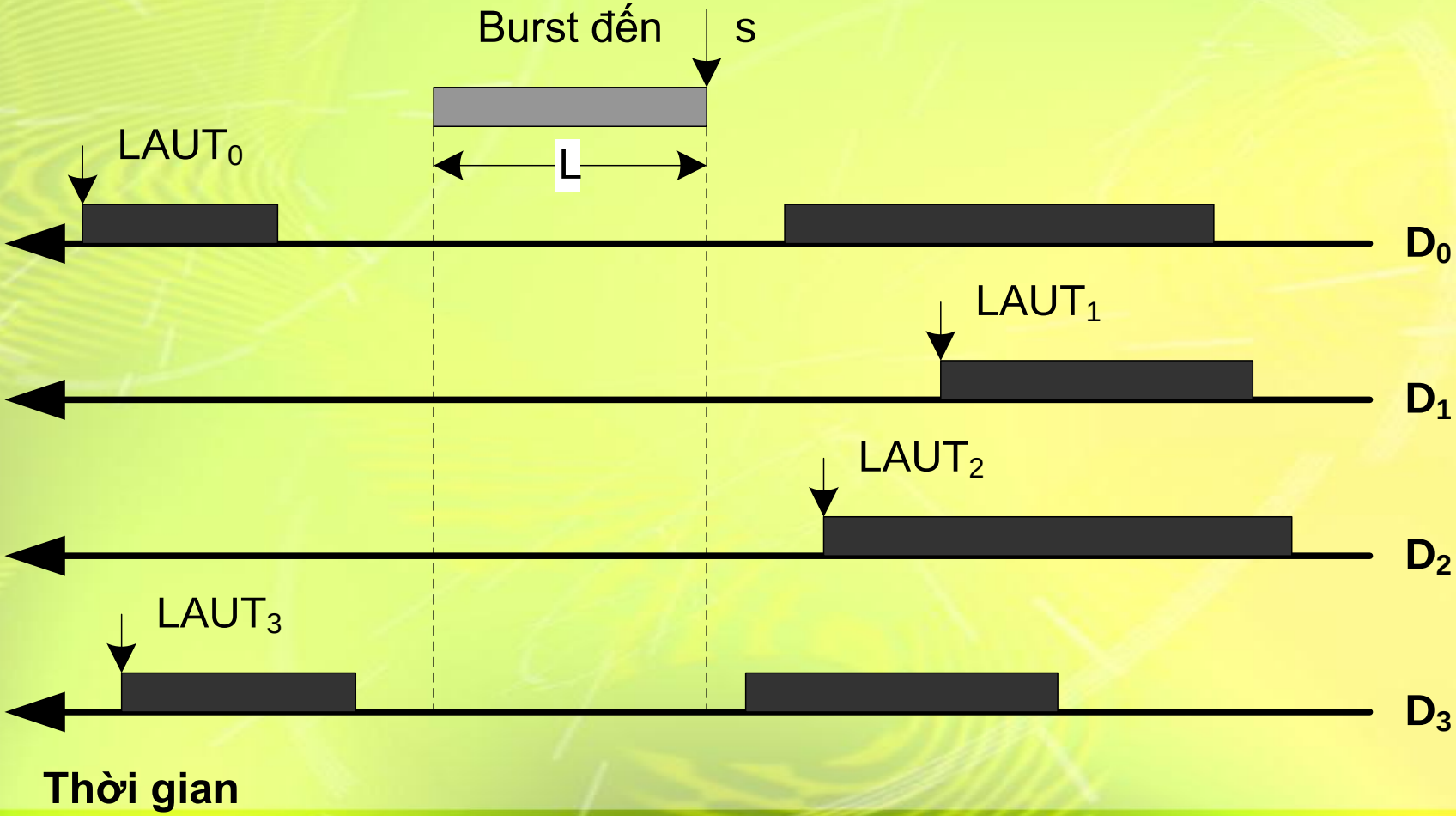
- The objective of scheduling is to minimize:
  - The latest available unscheduled time (LAUT) or the horizon: the earliest time at which the data channel is available for an unscheduled data burst to be scheduled
  - Gaps: the time difference between the arrival of the unscheduled burst and ending time of the previously scheduled burst
  - Voids: the unscheduled duration (idle period) between two scheduled bursts on a data channel

Ex. of LAUT, Gap and Void



- Các giải thuật lập lịch được phân loại dựa trên ý tưởng chủ đạo là có hay không lấp đầy khoảng trống (void fill).
- Như mô tả ở hình vẽ, nếu chúng ta chỉ xem xét việc lập lịch của burst đến đối với các kênh D1 và D2, giải thuật lập lịch được xem xét là không xét đến việc lấp đầy khoảng trống. Ngược lại, nếu có xét đến cả kênh D0 và D3 thì giải thuật lập lịch được xem xét là có xét đến việc lấp đầy khoảng trống.
- Thực tế, các khoảng trống này được sinh ra khi có những biến thiên quan trọng về mật độ luồng dữ liệu IP đến tại một nút biên vào OBS, cũng như là mật độ các burst đến tại các nút lõi.

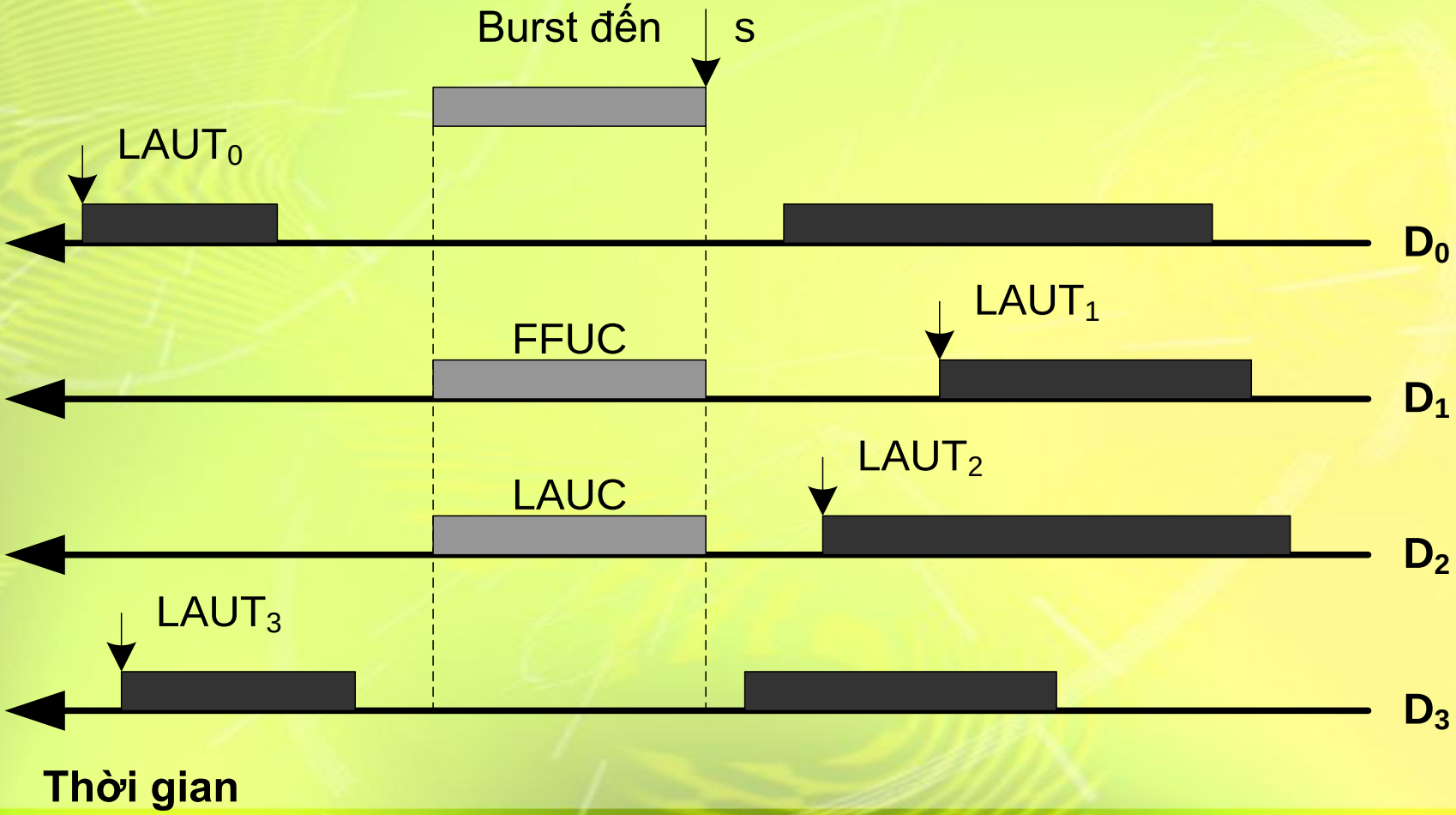
Việc lập lịch có thể xét đến có hay không lấp đầy khoảng trống



Các giải thuật lập lịch không xét đến lấp đầy khoảng trống

- Có hai giải thuật lập lịch không xét đến lấp đầy khoảng trống:
  - FFUC (First Fit Unscheduled Channel) [2,3,4,5] và
  - LAUC (Lastest Available Unused Channel) [5,6].
- Đối với loại giải thuật này, chúng ta cần lưu ý đến 2 tham số: thời điểm đến s của burst so với thời điểm kết thúc của burst sau cùng nhất LAUTi trên kênh dữ liệu khả dụng thứ i. Nếu $LAUT_i > s$, kênh thứ i mới được xem xét cho việc lập lịch burst đến.
- Như mô tả ở hình vẽ, rõ ràng chỉ có kênh D0 và D3 là được xem xét vì thỏa mãn điều kiện $LAUT_1 > s$ và $LAUT_2 > s$.

Việc lập lịch có thể xét đến có hay không lấp đầy khoảng trống



Giải thuật FFUC

- **Vào:**
  - Thời điểm đến s của burst đến
  - Số kênh khả dụng n cho việc lập lịch
  - Thời điểm kết thúc của burst sau cùng nhất LAUTi , i=0..n-1
- **Giải thuật:**
  1. i=0;
  2. Nếu vẫn còn kênh khả dụng i vẫn chưa được thử lập lịch (i<n), chuyển sang bước 3; nếu không, thông báo không thể lập lịch được và kết thúc
  3. Thử lập lịch burst đến cho kênh khả dụng i (kiểm tra LAUTi > s): Nếu thành công, chọn kênh i cho việc lập lịch burst đến và kết thúc. Nếu không, quay lại bước 2 thử đối với kênh i=i+1.
- Với giải thuật FFUC, kênh D1 sẽ được chọn vì đó là kênh đầu tiên được tìm thấy thỏa mãn điều kiện $LAUT_1 > s$.

Giải thuật LAUC

- **Vào:**
  - Thời điểm đến s của burst đến
  - Số kênh khả dụng n cho việc lập lịch
  - Thời điểm kết thúc của burst sau cùng nhất LAUTi , i=0..n-1
  - Chỉ số kênh được chọn sc;
  - khoảng cách tối thiểu gap_{min} giữa burst đến và burst đã được lập lịch sau cùng nhất trên một kênh nào đó;
- **Giải thuật:**
  1. i=0; sc=-1; gapmin=-1;
  2. Nếu vẫn còn kênh khả dụng i vẫn chưa được thử lập lịch (i<n), chuyển sang bước 3; nếu không, chuyển sang bước 5.
  3. Thử lập lịch burst đến cho kênh khả dụng i (kiểm tra LAUTi > s): Nếu thành công, chuyển sang bước 4. Nếu không, quay lại bước 2 và thử đối với kênh i=i+1.

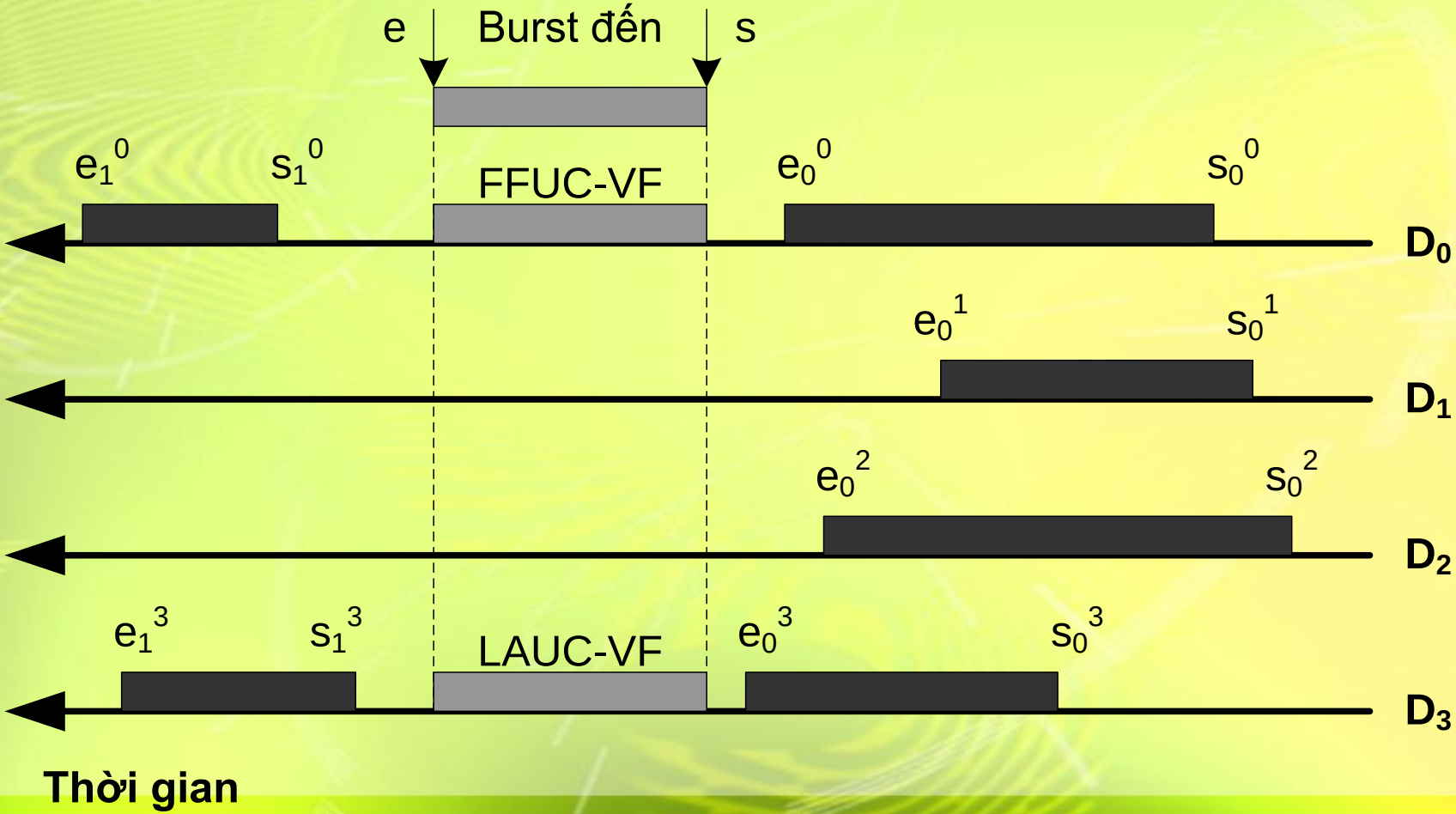
4. Kiểm tra nếu khoảng cách gap_{min} lớn hơn khoảng cách giữa burst đến và burst đã được lập lịch sau cùng nhất trên một kênh i (gapmin>s-LAUTi): nếu đúng thì gán lại gapmin=s-LAUTi, sc=i và quay lại bước 2 thử đối với kênh i=i+1; nếu không quay lại bước 2 thử đối với kênh i=i+1
5. Nếu không tìm được kênh khả dụng nào để lập lịch burst đến (sc=-1), thông báo không thể lập lịch được và kết thúc; nếu không, kênh sc là được chọn cho việc lập lịch burst đến và kết thúc.

- Với giải thuật LAUC, kênh D2 sẽ được chọn vì đó là kênh thỏa mãn điều kiện $LAUT_3 > s$ với hiệu $s - LAUT_3$ là nhỏ nhất.
- Mục đích của giải thuật này là nhằm tối thiểu khoảng trống được tạo ra từ thời điểm đến của burst đến với thời điểm kết thúc của burst liền kề đã được lập lịch trước đó.

Các giải thuật lập lịch có xét đến lấp đầy khoảng trống

- Trên cở sở 2 giải thuật không xét đến lấp đầy khoảng trống, 2 giải thuật tương tự có xét đến lấp đầy khoảng trống (Void-Filling) là:
  - First Fit Unscheduled Channel with Void-Filling (FFUC-VF) và
  - Latest Available Unscheduled Time with Void-Filling (LAUC-VF).
- Đối với loại giải thuật này, chúng ta cần lưu ý đến thời điểm bắt đầu và kết thúc của các burst: (s,e) của burst mới đến cần xem xét để lập lịch và (s_k^i, e_k^i) của các burst đã lập lịch trên tất cả các kênh.
- Như mô tả ở hình vẽ, rõ ràng kênh D0 và D3 là được xem xét vì thỏa mãn điều kiện $e_k^i < s$ và $s_{k+1}^i > e$, i=0,3.

Việc lập lịch có thể xét đến có hay không lấp đầy khoảng trống



Giải thuật FFUC-VF

- ***Vào:***
  - Thời điểm đến s và thời điểm kết thúc e của burst đến;như vậy độ dài burst sẽ là (e-s)
  - Số kênh khả dụng n cho việc lập lịch
  - Thời điểm bắt đầu ski và kết thúc e_k^i của burst k trên kênh khả dụng i, i=0..n-1
- ***Giải thuật:***
  1. i=0;
  2. Nếu vẫn còn kênh khả dụng i vẫn chưa được thử lập lịch (i<n), chuyển sang bước 3; nếu không, thông báo không thể lập lịch được và kết thúc
  3. Thử lập lịch burst đến cho kênh khả dụng i (kiểm tra $s > e_k^i$ và $s_{k+1}^i > e$): Nếu thành công, chọn kênh i cho việc lập lịch burst đến và kết thúc. Nếu không, quay lại bước 2 và thử đối với kênh i=i+1.
- Với giải thuật FFUC-VF, kênh D_0 sẽ được chọn vì đó là kênh đầu tiên được tìm thấy thỏa mãn điều kiện $e_k^2 < s$ và $s_{k+1}^2 > e$ (khoảng trống từ s_{k+1}^i đến e_k^i).

Giải thuật LAUC-VF (Min-SV)

- ***Vào:***
  - Thời điểm đến s và thời điểm kết thúc e của burst đến; như vậy độ dài burst sẽ là (e-s)
  - Số kênh khả dụng n cho việc lập lịch
  - Thời điểm bắt đầu s_k^i và kết thúc e_k^i của burst k trên kênh khả dụng i, i=0..n-1
  - Chỉ số kênh được chọn sc; khoảng cách tối thiểu s_gap_{min} giữa burst đến và burst đã được lập lịch sau cùng nhất trên một kênh nào đó;
- ***Giải thuật:***
  - i=0; sc=-1; s_gap_{min}=-1;
  - Nếu vẫn còn kênh khả dụng i vẫn chưa được thử lập lịch (i<n), chuyển sang bước 3; nếu không, chuyển sang bước 5.
  - Thử lập lịch burst đến cho kênh khả dụng i (kiểm tra s > eki và s_{k+1}^i > e): Nếu thành công, chuyển sang bước 4. Nếu không, quay lại bước 2 và thử đối với kênh i=i+1.

- Kiểm tra nếu khoảng cách gap_{min} lớn hơn khoảng cách giữa burst đến và burst đã được lập lịch sau cùng nhất trên một kênh i ($s_gap_{min} > s - e_k^i$): nếu đúng thì gán lại $s_gap_{min} = s - e_k^i$, sc=i; và quay lại bước 2 thử đối với kênh i=i+1; nếu không quay lại bước 2 thử đối với kênh i=i+1
- Nếu không tìm được kênh khả dụng nào để lập lịch burst đến (sc=-1), thông báo không thể lập lịch được và kết thúc; Nếu không, chọn kênh sc cho việc lập lịch burst đến và kết thúc.

o Với giải thuật LAUC, kênh D_3 sẽ được chọn vì đó là kênh thỏa mãn điều kiện $e_k^3 < s_j$ và $s_{k+1}^3 > e_j$ và hiệu $s_j - e_k^3$ là nhỏ nhất (khoảng trống mà khoảng cách từ thời điểm đến của burst đến và thời điểm kết thúc của burst liền kề đã được lập lịch trước đó trên kênh tương ứng là nhỏ nhất).

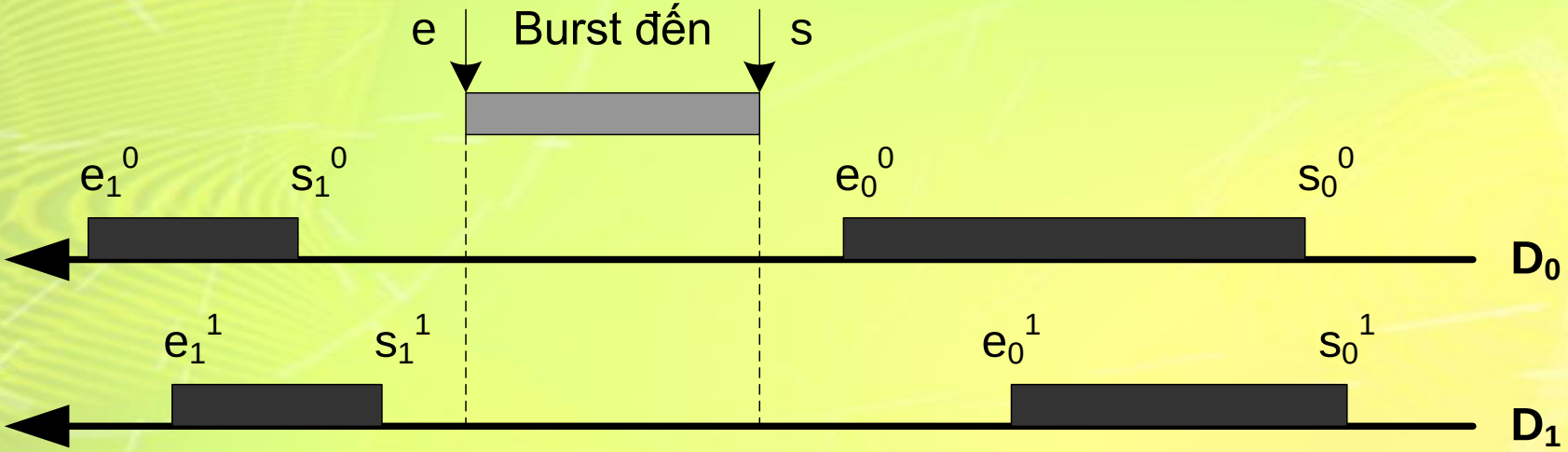
o Giải thuật LAUC-VF còn có một tên khác là giải thuật Min-SV (minimum starting void) [8]

Giải thuật Min-EV

- Tương tự giải thuật Min-SV, giải thuật Min-EV (minimum ending void) [8] chú ý đến việc tối ưu là khoảng cách từ thời điểm kết thúc của burst đến và thời điểm bắt đầu của burst đã được lập lịch trước đó trên một kênh khả dụng là nhỏ nhất.
- Nói một cách khác, mô tả giải thuật Min-EV là hoàn toàn tương tự với giải thuật LAUC-VF, chỉ khác với điều kiện chọn kênh sc sao cho $e_gap_{min} = Min(e - s_{k+1}^{i}), \forall i$.

Giải thuật kết hợp Min-SV và Min-EV

- Việc kết hợp cả hai điều kiện chọn kênh của Min-SV, $s_gap_{min} = Min(s - e_k^i), \forall i$, và Min-EV, $e_gap_{min} = Min(e - s_{k+1}^i), \forall i$, sẽ đưa đến một giải pháp tối ưu hơn khi chọn kênh để lập lịch [8].
- Tuy nhiên, việc kết hợp cả hai điều kiện này sẽ tạo nên khó khăn trong việc chọn kênh, như mô tả trong hình vẽ sau, trong đó nếu chọn kênh D_0 cho burst đến thì thỏa mãn được s_gap_{min} là nhỏ nhất nhưng không thỏa mãn được e_gap_{min} là nhỏ nhất. Ngược lại nếu chọn D_1 cho burst đến thì thỏa mãn được e_gap_{min} là nhỏ nhất nhưng không đúng đối với s_gap_{min} là nhỏ nhất.



- Giải pháp cho vấn đề này là xét tổng nhỏ nhất của 2 khoảng cách: $gap_{min} = Min((s- e_k^i) + (e- s_{k+1}^i))$. Mô tả giải thuật kết hợp Min-SV và Min-EV do đó hoàn toàn tương tự giải thuật LAUC-VF, chỉ khác ở điều kiện chọn kênh sc sao cho $gap_{min} = Min((s- e_k^i) + (e- s_{k+1}^i))$, $\forall i$.

Giải thuật BFUC-VF

- Giải thuật BFUC-VF (Best Fit Unscheduled Channel - Void-Filling) [9] đề xuất một tham số "hiệu quả (tỉ lệ) sử dụng băng thông khoảng trống" (utilization) khi một burst được lập lịch lên một kênh:

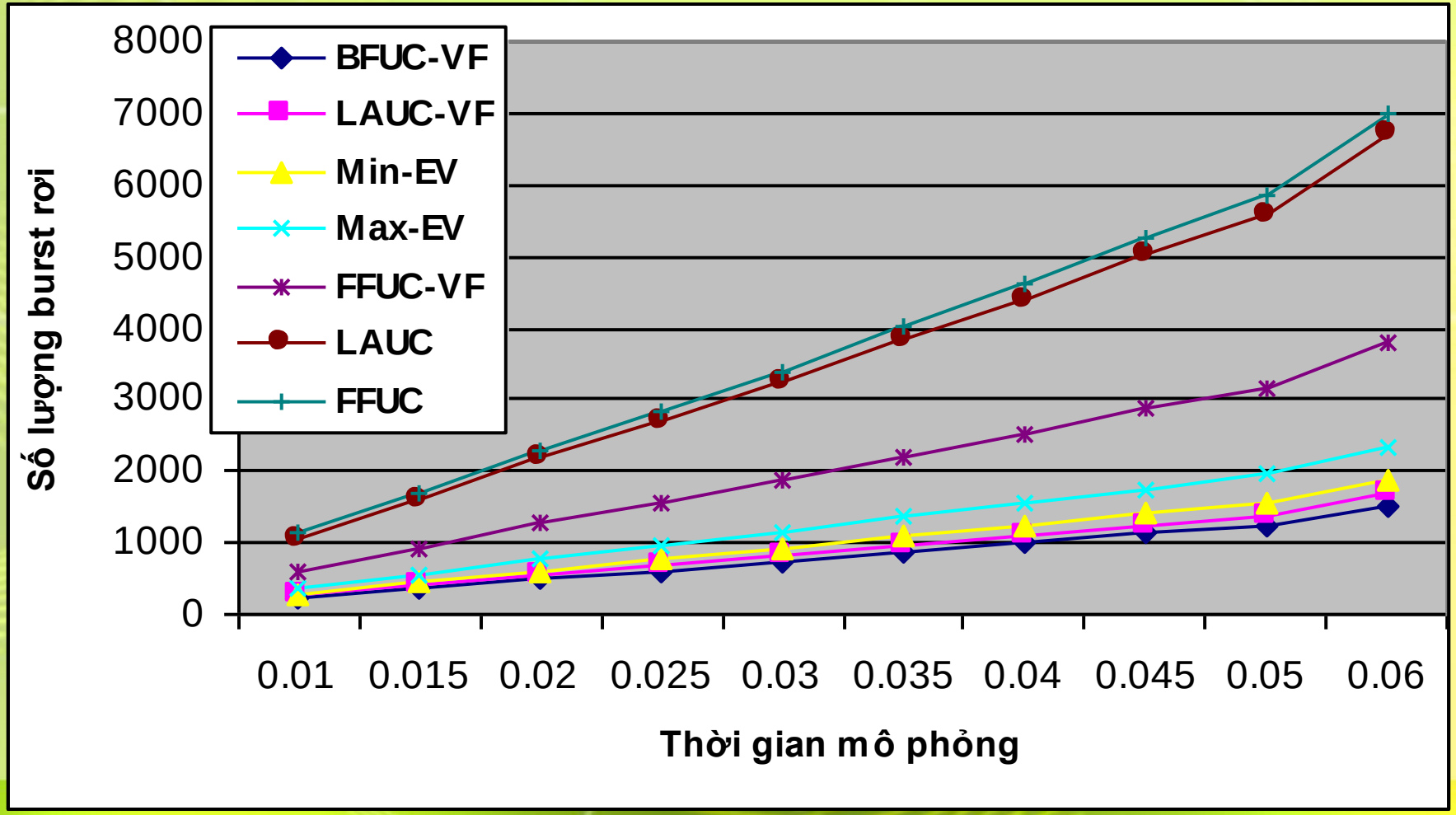
$$\text{utilization} = (e-s)*100/(e_k^i - s_{k+1}^i), \forall i.$$

- Kênh nào có giá trị hiệu quả băng thông lớn nhất sẽ được chọn.
- Như vậy, giải thuật BFUC-VF về bản chất là tương tự với giải thuật kết hợp Min-SV và Min-EV. Mô tả giải thuật BFUC-VF do đó là hoàn toàn tương tự giải thuật LAUC-VF, chỉ khác ở điều kiện chọn kênh sc sao cho utilization = $\text{Max}((e-s)*100/(e_k^i - s_{k+1}^i)), \forall i$.

Giải thuật Max-EV

- Ngược với giải thuật Min-SV, tác giả trong [8] cho rằng việc tối đa khoảng trống sinh ra tại thời điểm kết thúc của burst đến đến thời điểm bắt đầu của một burst khác đã được lập lịch trên một kênh khả dụng nào có là cần thiết, bởi vì các burst đến sau đó sẽ có xu hướng có thời điểm đến s_{j+1} lớn hơn thời điểm kết thúc của burst đến hiện thời e_j. Việc tối đa khoảng trống tạo ra này sẽ tạo cơ hội cho một burst đến khác được lập lịch và do đó khai thác hiệu quả hơn việc sử dụng băng thông. Dĩ nhiên khoảng trống tạo ra này phải có độ dài lớn hơn độ dài tối thiểu của một burst được phép sinh ra, nếu không khoảng trống sinh ra không có giá trị sử dụng.
- Mô tả giải thuật Max-EV như vậy sẽ hoàn toàn tương tự với giải thuật LAUC-VF, chỉ khác với điều kiện chọn kênh sc sao cho $e_gap_{max} = Max(e - s_{k+1}^i), \forall i$ và $e - s_{k+1}^i > burst_{min}$.

So sánh các giải thuật lập lịch



Segmentation-Based Channel Scheduling

- the contention resolution techniques drop the burst completely if they fail to resolve the contention.
- Instead of dropping the burst in its entirety, it is possible to drop only the overlapping parts of a burst using the burst segmentation technique.

Segmentation-Based Channel Scheduling

- The segmentation-based channel scheduling algorithms can be either *non-preemptive* or *preemptive.*
  - In the non-preemptive approach, existing channel assignments are not altered,
  - In preemptive scheduling algorithms, an arriving unscheduled burst may preempt existing data channel assignments, and the preempted bursts (or burst segments) may be rescheduled or dropped.

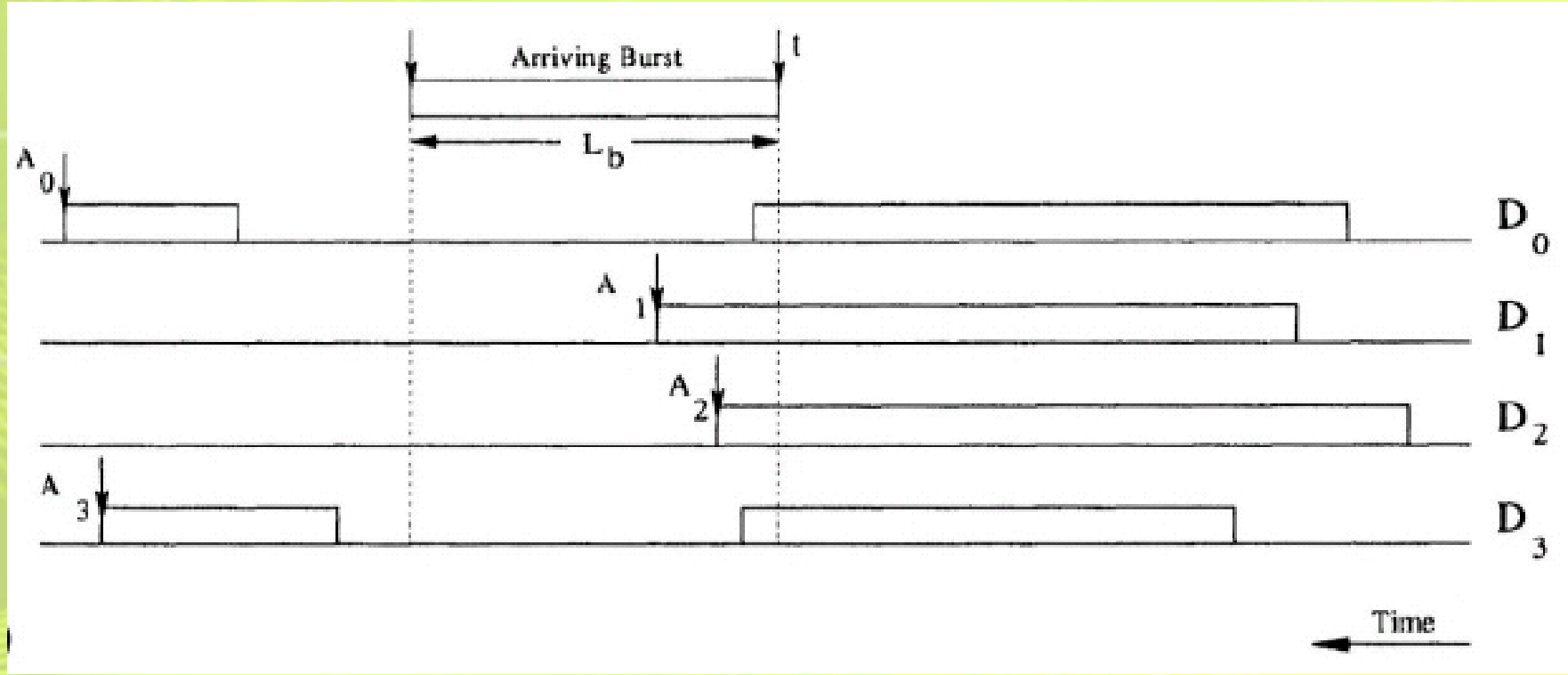
Segmentation-Based Channel Scheduling

- Advantages of the non-preemptive approach
  - the BHP of the segmented unscheduled burst can be immediately updated with the corresponding change in the burst length and arrival time (offset time).
  - Also, once a burst is scheduled on the output port, it is guaranteed to be transmitted without being further segmented.
- Advantage of the preemptive approach
  - In the case of QoS, a higher priority unscheduled burst can preempt an already scheduled lower priority data burst.

Non-preemptive Minimum Overlap Channel (NP-MOC)

- NP-MOC algorithm is an improvement of the existing LAUC scheduling algorithm.
- For a given unscheduled burst, the scheduling algorithm considers all outgoing data channels and calculates the overlap on every channel and chooses the data channel with minimum overlap.

Non-preemptive Minimum Overlap Channel (NP-MOC)

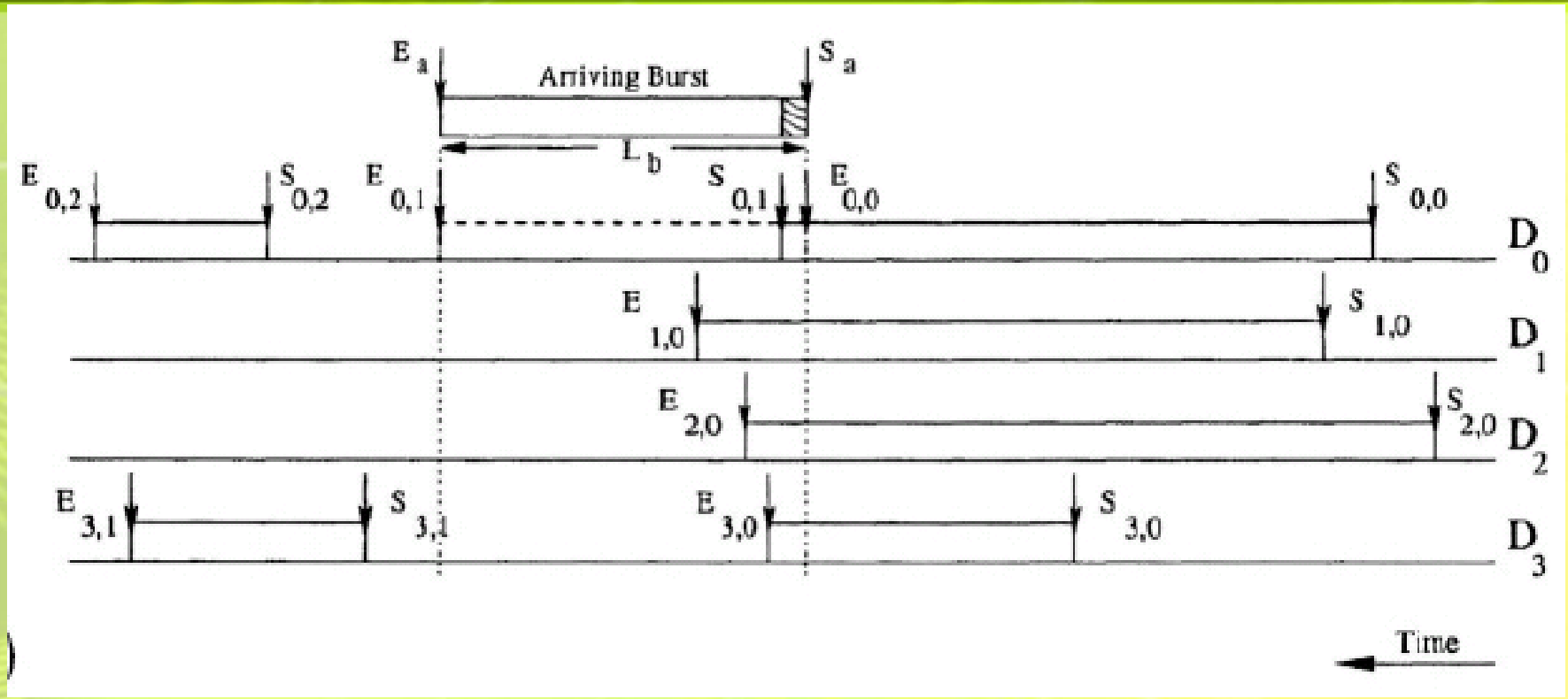


- The time complexity of the NP-MOC algorithm is $O(\log W)$

Non-preemptive Minimum Overlap Channel with Void Filling

- The data channel with a void that minimizes the Gap_i is chosen in case of more than one available channel. If no channel is free, the channel with minimum loss is assigned to the unscheduled burst.

Non-preemptive Minimum Overlap Channel with Void Filling



- The time complexity of the NP-MOC algorithm is $O(\log WN_b)$

1.5. Kết luận

- Bài này đã trình bày các kiến thức và kỹ năng về:
  - Tổng quan về kỹ thuật lập lịch chùm
  - Các kỹ thuật lập lịch chùm khác nhau:
    - Lập lịch không lấp đầy khoảng trống
      - First Fit Unscheduled Channel (FFUC)
      - Latest Available Unscheduled Channel (LAUC)
    - Lập lịch có lấp đầy khoảng trống
      - First Fit Unscheduled Channel with Void Filling (FFUC-VF)
      - Latest Available Unscheduled Channel with Void Filling (LAUC-VF)

Câu hỏi ?

Chuyên đề: **Mạng truyền dẫn quang**

Bài 10: Kỹ thuật xử lý tranh chấp trên mạng OBS

TS. Võ Viết Minh Nhật
Khoa Du Lịch – Đại học Huế
vominhnhat@yahoo.com

Mục tiêu

- Bài này nhằm cung cấp cho học viên các kiến thức và kỹ năng về:
  - Các phương pháp xử lý tranh chấp
    - Sử dụng đường trễ quang (FDL)
    - Sử dụng bộ chuyển đổi bước sóng (wavelength converter)
    - Định tuyến lệch hướng
    - kết hợp các giải pháp trên

Nội dung trình bày

- Tổng quan
- Xử lý tranh chấp bằng đường trể quang (FDL)
- Xử lý tranh chấp bằng bộ chuyển đổi bước sóng (wavelength converter)
- Xử lý tranh chấp bằng định tuyến lệch hướng
- kết hợp các giải pháp trên

10.1. Giới thiệu

- Bởi vì mạng chuyển mạch burst cung cấp phương thức truyền tải không kết nối, khả năng một burst có thể tranh chấp với một burst khác tại những nút trung gian là luôn có thể xảy ra.
- Tranh chấp sẽ xảy ra nếu nhiều burst từ các cổng vào khác nhau đến cùng cổng ra tại cùng thời điểm.
- Việc tranh chấp xảy ra trong những mạng chuyển mạch gói điện truyền thống thường được điều khiển bằng những bộ đệm, tuy nhiên trong mạng quang khó có thể cài đặt bộ đệm, vì hiện vẫn không có bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên tương ứng cho mạng quang.

- Để xử lý vấn đề tranh chấp trên mạng quang, người ta đề xuất 3 giải pháp cơ bản sau:
  - Sử dụng đường trễ quang (FDL)
  - Sử dụng bộ chuyển đổi bước sóng (wavelength converter)
  - Định tuyến lệch hướng
- Việc kết hợp các giải pháp cơ bản trên sẽ xử lý hiệu quả hơn vấn đề tranh chấp

10.2. Dùng đường trể quang FDL

- Trong các mạng quang, các đường trễ quang (FDLs) có thể được sử dụng để làm trễ các gói tin một lượng thời gian xác định trước.
- Bằng cách cài đặt nhiều đường cáp trễ theo kiểu nhiều tầng hoặc song song, một bộ đệm được tạo có thể giữ burst trong những khoảng thời gian khác nhau.
- Đa số các nghiên cứu tập trung vào phương pháp thiết kế bộ đệm lớn mà không phải trang bị một số lượng lớn các đường trễ hoặc kích thước bộ đệm được tăng lên bằng cách xếp chồng nhiều tầng của các đường trễ.
- Kích thước của các bộ đệm thường bị giới hạn rất nghiêm ngặt: Để làm trễ một burst đơn cho 1ms cần đến hơn 200km cáp quang (fiber).

- Đường trễ quang có thể được phân loại vào các kỹ thuật truyền thẳng (feed-forward), truyền ngược (feedback) và kỹ thuật lai.
  - Trong kỹ thuật truyền thẳng, mỗi đường trễ kết nối một cổng ra của một phần tử chuyển mạch tại một tầng cho trước với một cổng vào của một phần tử chuyển mạch khác trong tầng kế tiếp.
  - Trong kỹ thuật truyền ngược, mỗi đường trễ kết nối một cổng ra của một phần tử chuyển mạch tại một tầng cho trước với một cổng ra của một phần tử chuyển mạch trong cùng tầng đó hoặc ở tầng trước.
  - Trong kỹ thuật lai, các đường trễ truyền thẳng và truyền ngược được kết hợp với nhau.

- Theo vị trí của các đường trễ, chúng ta phân biệt 3 loại: bộ đệm vào (input buffering), bộ đệm ra (output buffering), và bộ đệm chia sẻ (shared buffering).
  - Bộ đệm vào: một tập các đường trễ được dành cho mỗi cổng vào.
  - Bộ đệm ra: một tập các bộ đệm được dành cho mỗi cổng ra.
  - Bộ đệm chia sẻ: một tập các bộ đệm có thể được chia sẻ bởi tất cả các cổng chuyển mạch.
- Bộ đệm vào có hiệu quả kém, bộ đệm ra và bộ đệm chia sẻ đều đạt được hiệu quả tốt. Tuy nhiên, bộ đệm ra yêu cầu một số lượng các FDL đáng kể cũng như những kích thước chuyển mạch lớn hơn.
- Với bộ đệm chia sẻ, tất cả các cổng ra có thể truy cập trên cùng các bộ đệm. Vì vậy, nó có thể được sử dụng để làm giảm tổng số lượng các bộ đệm trong một chuyển mạch trong khi đạt được mức độ mất gói tin mong muốn.

10.3. Dùng bộ chuyển đổi bước sóng

- Với công nghệ WDM, một liên kết cáp quang có thể mang nhiều bước sóng. Các bước sóng do đó có thể được khai thác để cực tiểu hóa các tranh chấp.
  - Giả sử rằng hai burst cùng hướng đi ra trên cùng cổng ra tại cùng thời điểm. Cả hai burst có thể vẫn được truyền, nhưng trên hai bước sóng khác nhau.
- Phương pháp này có tiềm năng trong việc cực tiểu hóa các sự tranh chấp burst, đặc biệt là khi số lượng các bước sóng có thể truyền trên cùng một sợi quang đơn tiếp tục tăng lên.

- Quá trình chuyển đổi bước sóng là quá trình chuyển đổi bước sóng của một kênh vào thành một bước sóng khác tại một kênh ra.
- Các bộ chuyển đổi bước sóng là các thiết bị mà chúng chuyển đổi một bước sóng của tín hiệu vào thành một bước sóng ra khác, vì vậy tăng mức độ sử dụng lại bước song
- Các bộ chuyển đổi bước sóng có thể mang lại giá trị sử dụng lại tăng từ 10% đến 40% khi có ít bước sóng khả dụng.

Các cấp độ chuyển đổi bước sóng

- Chuyển đổi hoàn toàn (full conversion): Bất kỳ bước sóng vào nào cũng có thể được chuyển thành bất kỳ bước sóng ra; do đó không có sự ràng buộc bước sóng liên tục trên các yêu cầu kết nối đầu cuối (end-to-end).
- Chuyển đổi có giới hạn (limited conversion): chỉ chuyển được một số hạn chế các bước sóng vào sang các bước sóng ra; giảm chi phí của mạch chuyển.
- Chuyển đổi cố định (fixed conversion) : là một hình thức của chuyển đổi có giới hạn, với mỗi bước sóng vào có thể được chuyển đổi đến một hay nhiều bước sóng ra định trước.
- Chuyển đổi thưa thớt (spares conversion): Tất cả hoặc một sô (phân bó thưa thới) các nút trên mạng mạng được trang bị các bộ chuyển đổi đầy đủ, bị giới hạn, cố định hay không có bộ chuyển đổi bước sóng.

10.4. Kỹ thuật định tuyến lệch hướng

- Trong định tuyến lệch hướng, sự tranh chấp được giải quyết bởi định tuyến burst dữ liệu vào đến một cổng ra khác hơn so với cổng ra đã dự định.
- Định tuyến lệch hướng thường không được ưu tiên trong các mạng chuyển mạch gói điện tử vì khả năng lặp lại và truyền gói không theo thứ tự. Tuy nhiên, phương pháp này là cần thiết trong mạng chuyển mạch burst, do khả năng bộ đệm quang rất giới hạn.

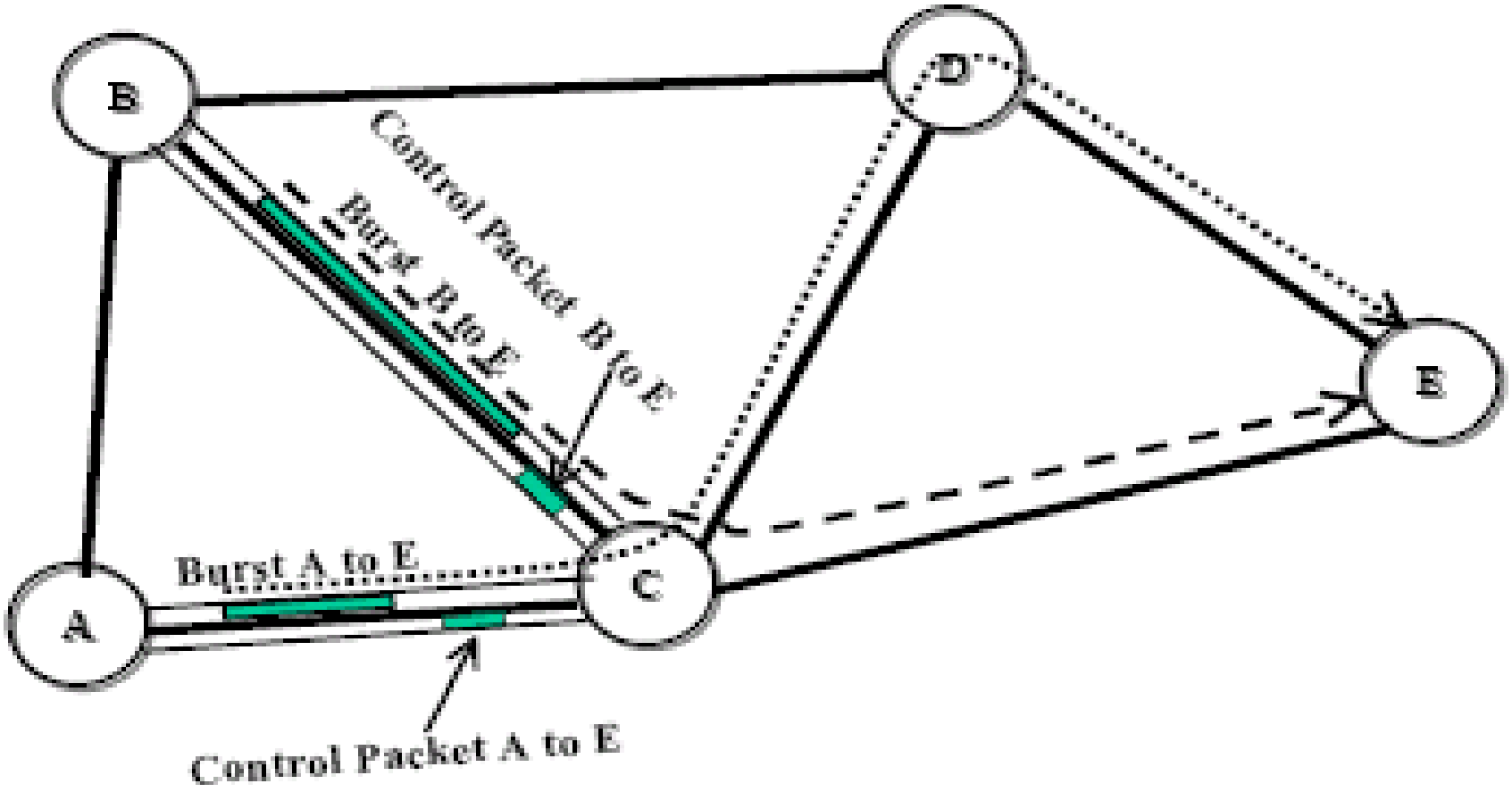


Figure 1. A conceptual view of deflection routing for optical bursts.

- Trong định tuyến lệch hướng, một burst chuyển hướng sẽ đi con đường dài hơn để tới đích, dẫn tới làm tăng độ trễ và giảm chất lượng tín hiệu.
- Hơn nữa, có khả năng burst bị lặp vô hạn trong mạng và có thể dẫn tới tắt nghẽn.
- Các cơ chế khác nhau phải được thực hiện để ngăn chặn độ dài đường lệch hướng quá mức: bộ đếm số nút đi qua (hop) hay một tập ràng buộc khi thực hiện chuyển hướng.

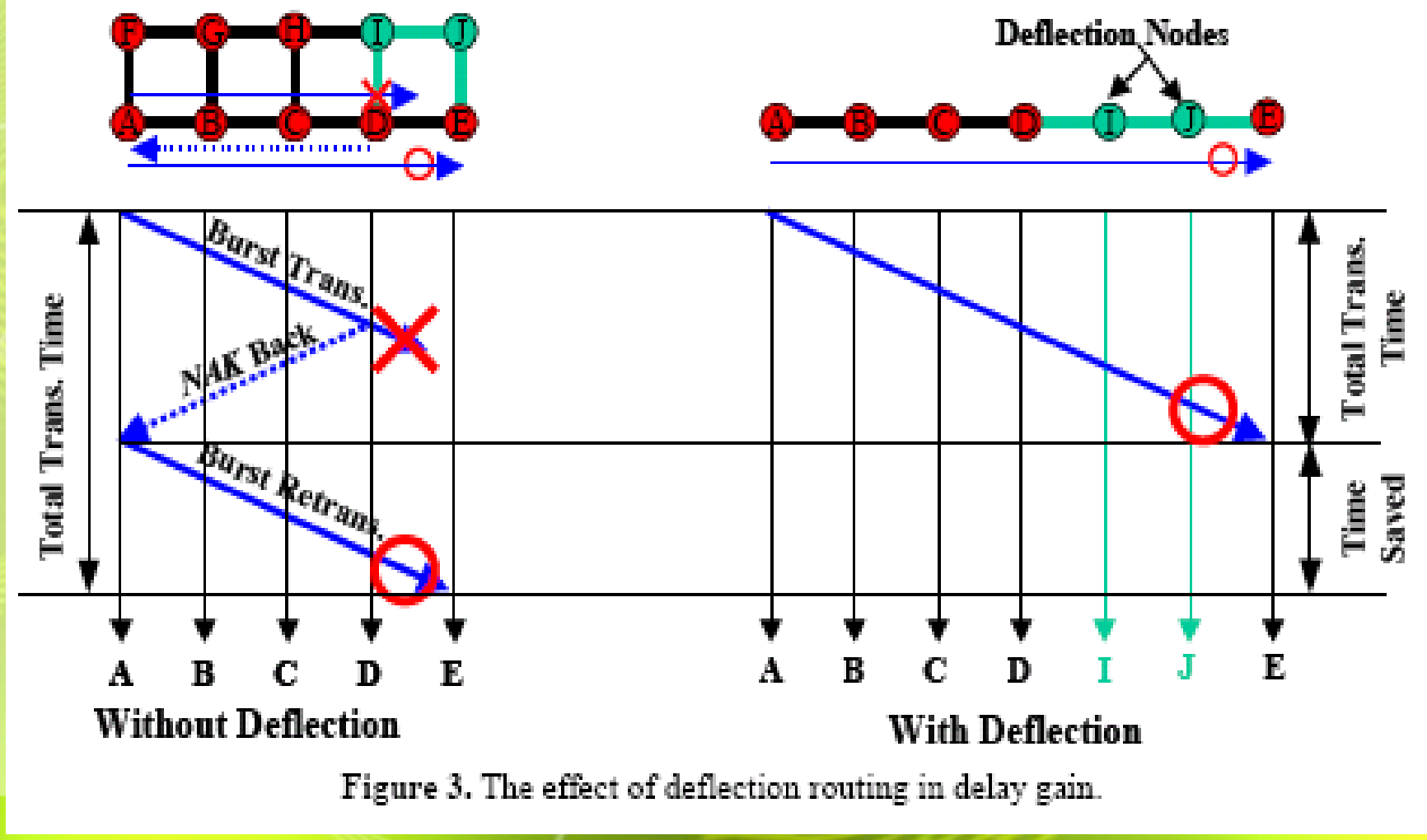
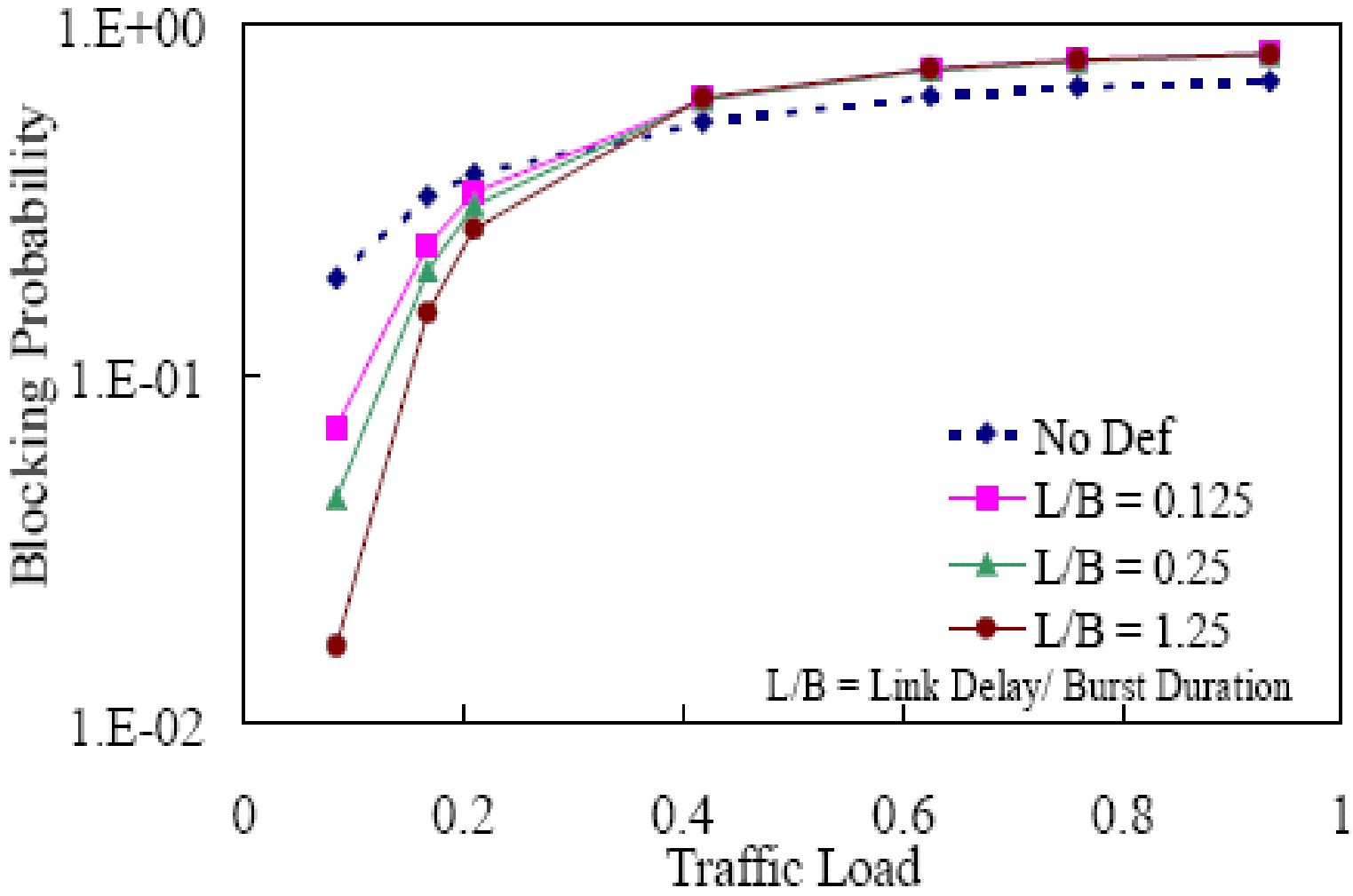


Figure 3. The effect of deflection routing in delay gain.

Giới hạn của định tuyến rẽ nhánh



- Một vấn đề khác trong định tuyến lệch hướng là điều chỉnh khoảng thời gian offset sao cho phù hợp đường lệch hướng:
  - Khi burst bị chuyển hướng, nó phải đi qua nhiều nút trung gian lớn hơn là đường không bị chuyển hướng. Thời gian offset ban đầu do dó có thể không đủ cho gói tin điều khiển thực hiện xử lý chuyển mạch và cấu hình lại tại các nút trung gian trước khi burst dữ liệu đến

- Giải pháp:
  - Cách tiếp cận đơn giản là loại bỏ burst nếu thời gian offset không đủ.
  - Sử dụng bộ đếm và bộ đo thời gian để phát hiện và giới hạn số các nút trung gian mà một burst phải đi qua.
  - Sử dụng các đường trễ FDL cũng có thể được áp dụng; tuy nhiên các cách tiếp cận như vậy làm tăng độ phức tạp của lớp quang.

Ví dụ về điều chỉnh thời gian offset

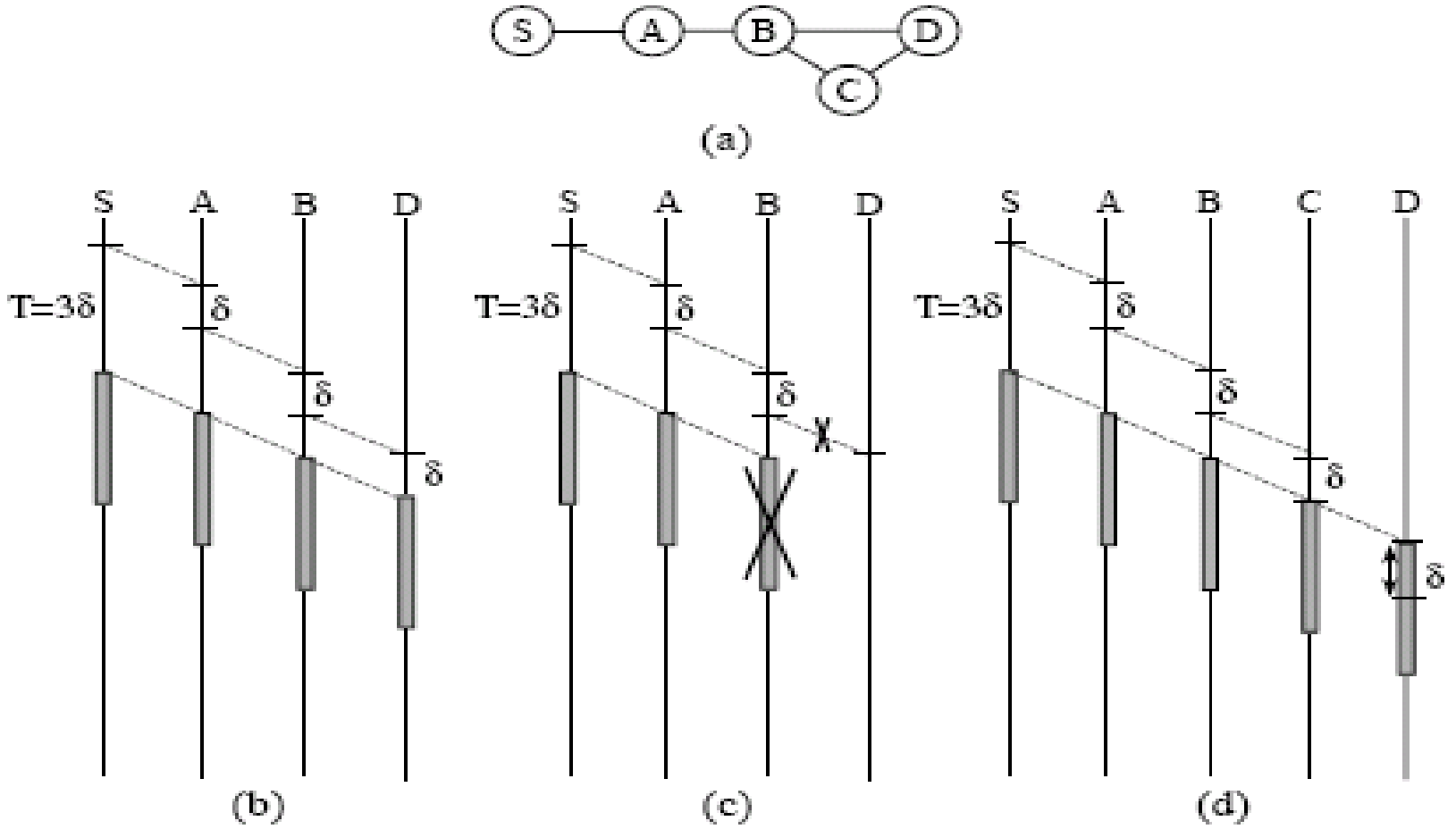
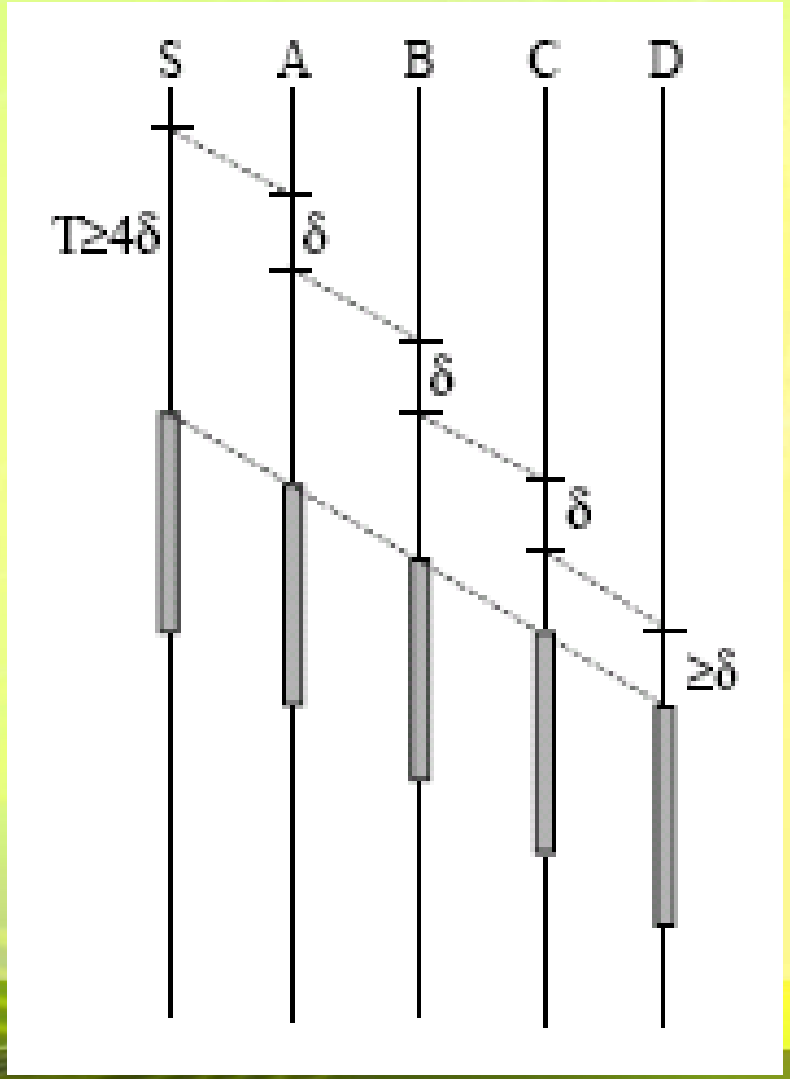


Figure 3. Possible cases of a burst from *S* to *D*: (a) a sample network, (b) successful transmission on path *S-A-B-D*, (c) FDL reservation failure at *B*, and (d) deflection routing is triggered at *B*

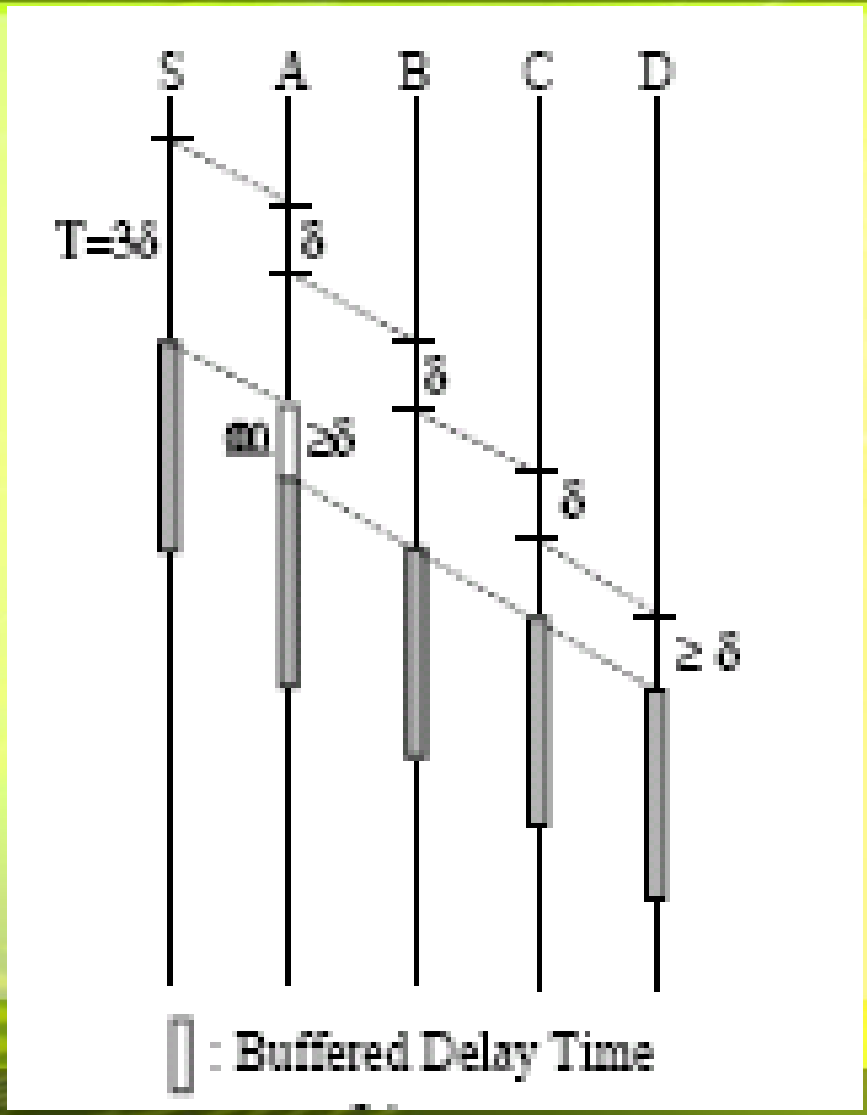
Thêm thời gian offset ngay từ đầu

- Nếu ta cung cấp đủ thời gian offset, $T \geq \delta$ x (H+h), burst có thể gởi một lần nữa một cách thành công đến định tuyến rẽ nhánh.
- Tuy nhiên, khó để xác định thời gian offset thêm vào tại thời điểm ban đầu là bao nhiêu.

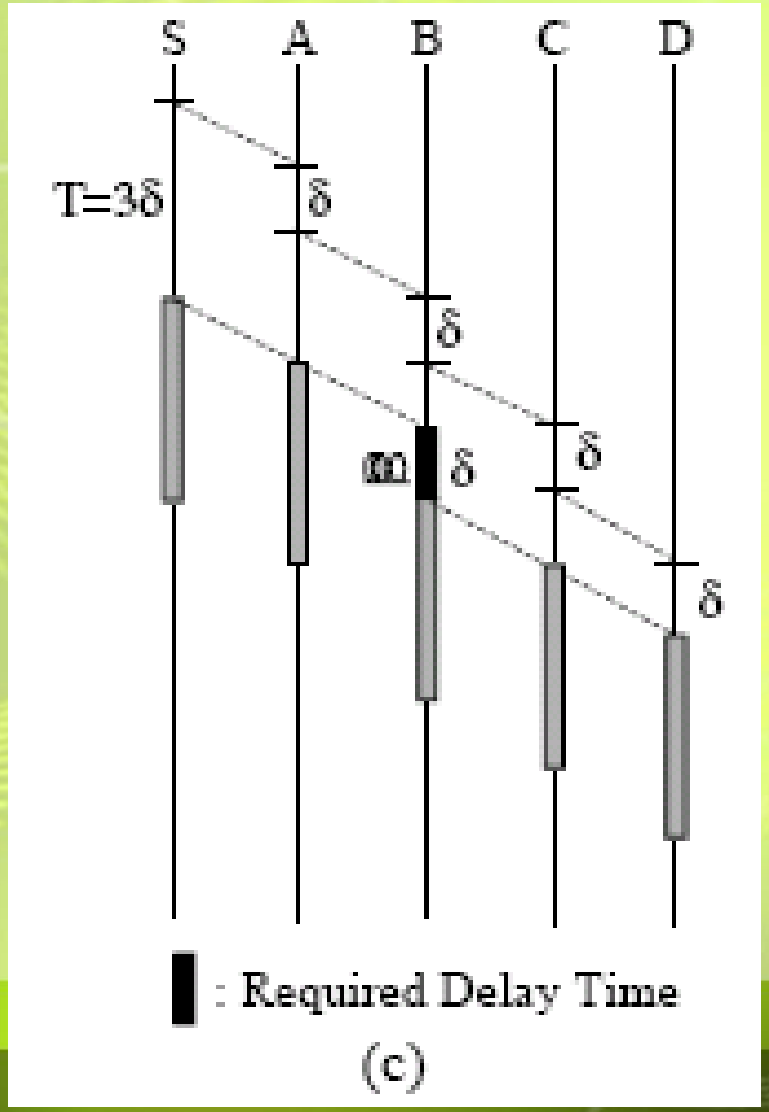


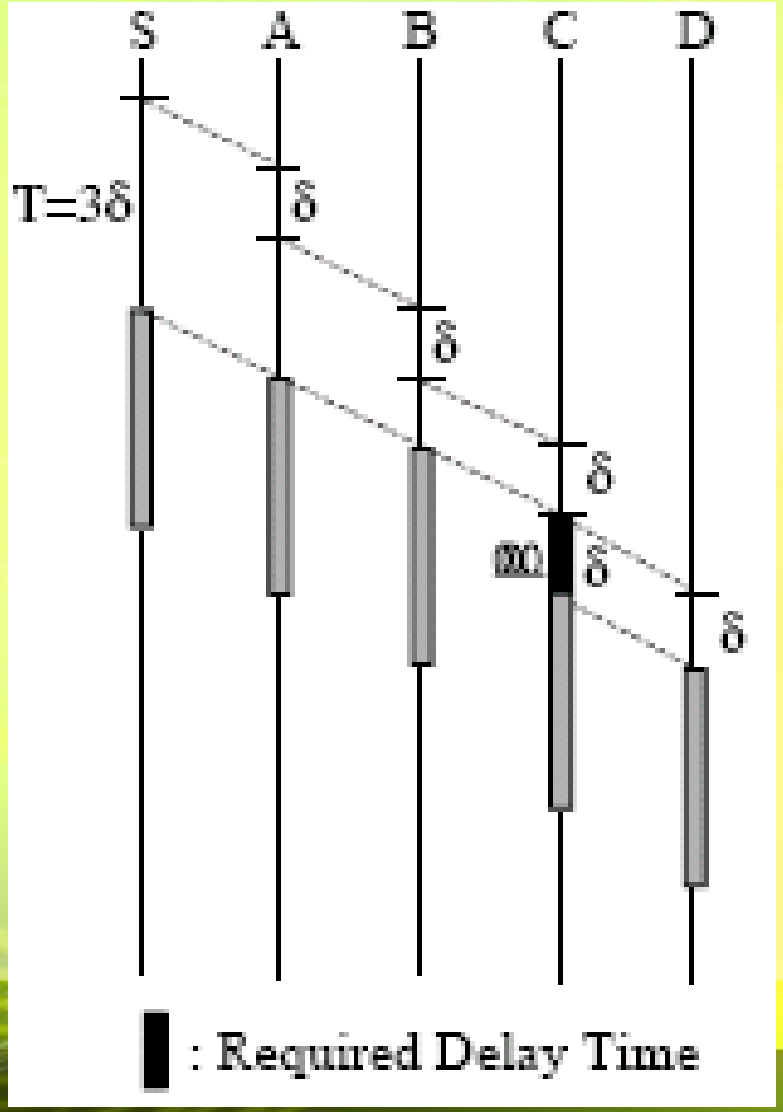
Delay tại các hop trước đó

- Có thể làm trễ burst tại nút trước nút bị tắc nghẽn sao cho tổng thời gian delay lớn hơn $\delta \times h$.



Delay tại node tắc nghẽn hoặc nút kế tiếp





Phân đoạn burst

- Vấn đề tồn tại trong chuyển mạch mạng sợi quang đã trình bày là khi có sự tranh chấp xảy ra giữa hai burst mà không thể giải quyết được thì một trong hai burst sẽ bị rớt hoàn toàn.
- Giải pháp cho sự tồn tại này là phân chia burst thành nhiều đoạn (segment) và tổ chức truyền theo từng segment.

Phân đoạn burst

- Cấu trúc của burst segment gồm: header và payload.
  - Header: chứa các trường cho các bit đồng bộ, thông tin sửa lỗi, thông tin nguồn và đích, chiều dài của đoạn trong trường hợp độ dài các đoạn khác nhau.
  - Payload: có thể mang bất cứ loại dữ liệu nào như các gói IP, các cell ATM, hay các khung Ethernet

Phân đoạn burst

Burst Segmentation

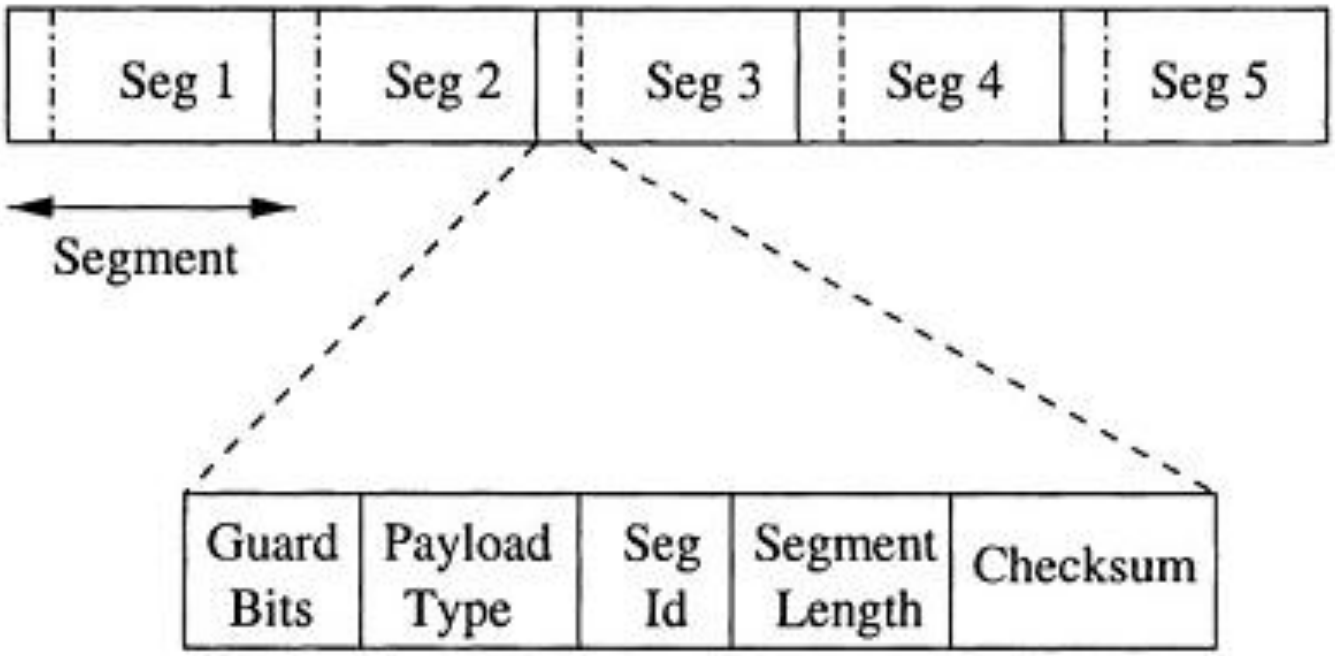


Figure 5.1. Segments header details.

Phân đoạn burst

- Khi một burst cạnh tranh với một burst khác trong mạng, chỉ những đoạn của một burst mà chồng lên một burst khác sẽ bị rơi.
- Nếu thời gian chuyển mạch đáng kể, thì các đoạn có thể sẽ bị mất khi mạch chuyển đổi đang được cấu hình lại.
- Burst đến đầu tiên sẽ được xem như là burst chính (original burst) và burst đến sau sẽ được xem là burst tranh chấp (contending burst)

Phân đoạn burst

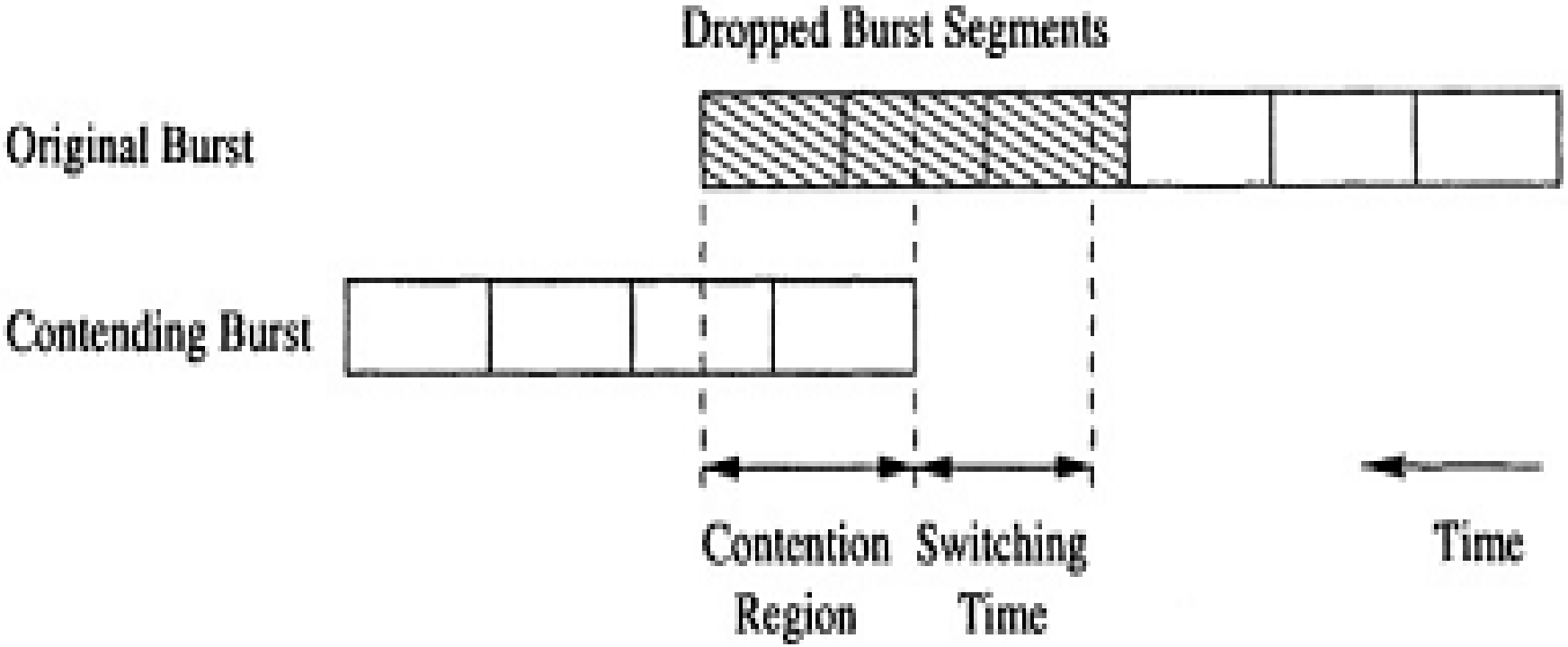


Figure 5.2. Selective segment dropping for two contending bursts.

Xử lý tranh chấp burst

- Có hai hướng tiếp cận xử lý tranh chấp burst:
  - tail-dropping, các đoạn đuôi gối chồng của burst chính bị rớt, và
  - head-dropping, các đoạn đầu gối chồng của burst tranh chấp bị rớt.
- Lưu ý, với tail-dropping, overlapping tail của original burst chỉ bị rớt nếu số các segment trong overlapping tail ít hơn tổng số các segment trong contending burst. Ngược lại, toàn bộ contending burst bị rớt.
  - Phương pháp này làm giảm khả năng một burst ngắn tranh chấp với burst dài hơn và cũng nhằm cực tiểu hóa số các gói tin bị mất trong suốt quá trình tranh chấp.

Xử lý tranh chấp burst

- Để cập nhật lại thông tin độ dài burst, một trailer được sinh ra và được gởi đến các nút tiếp đó.

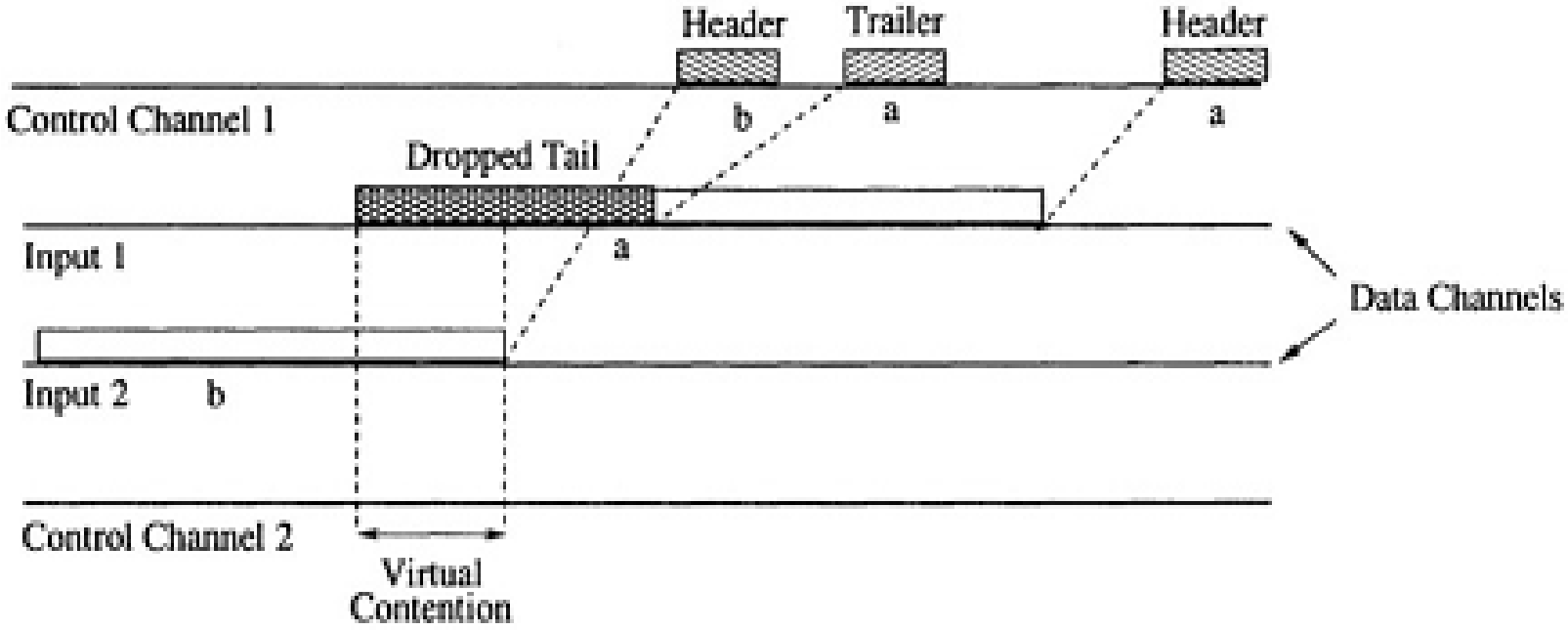


Figure 5.3. Trailer packet effective.

Xử lý tranh chấp burst

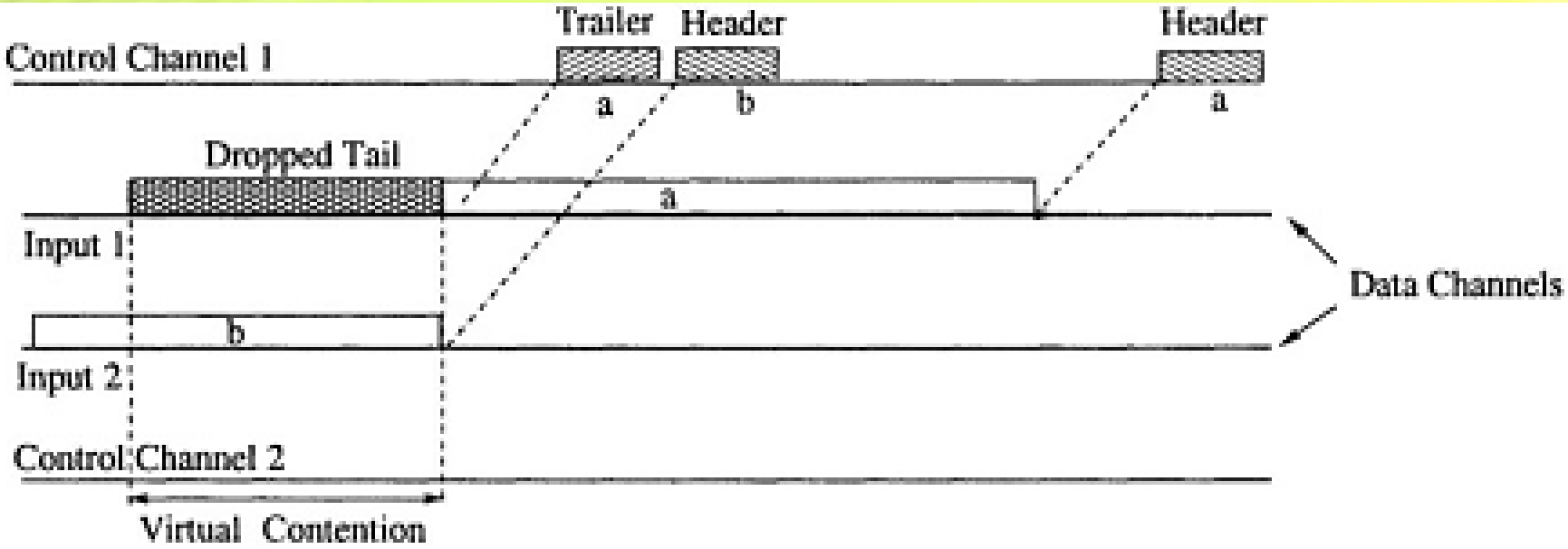


Figure 5.4. Trailer packet ineffective.

Phân đoạn burst và định tuyến lệch hướng

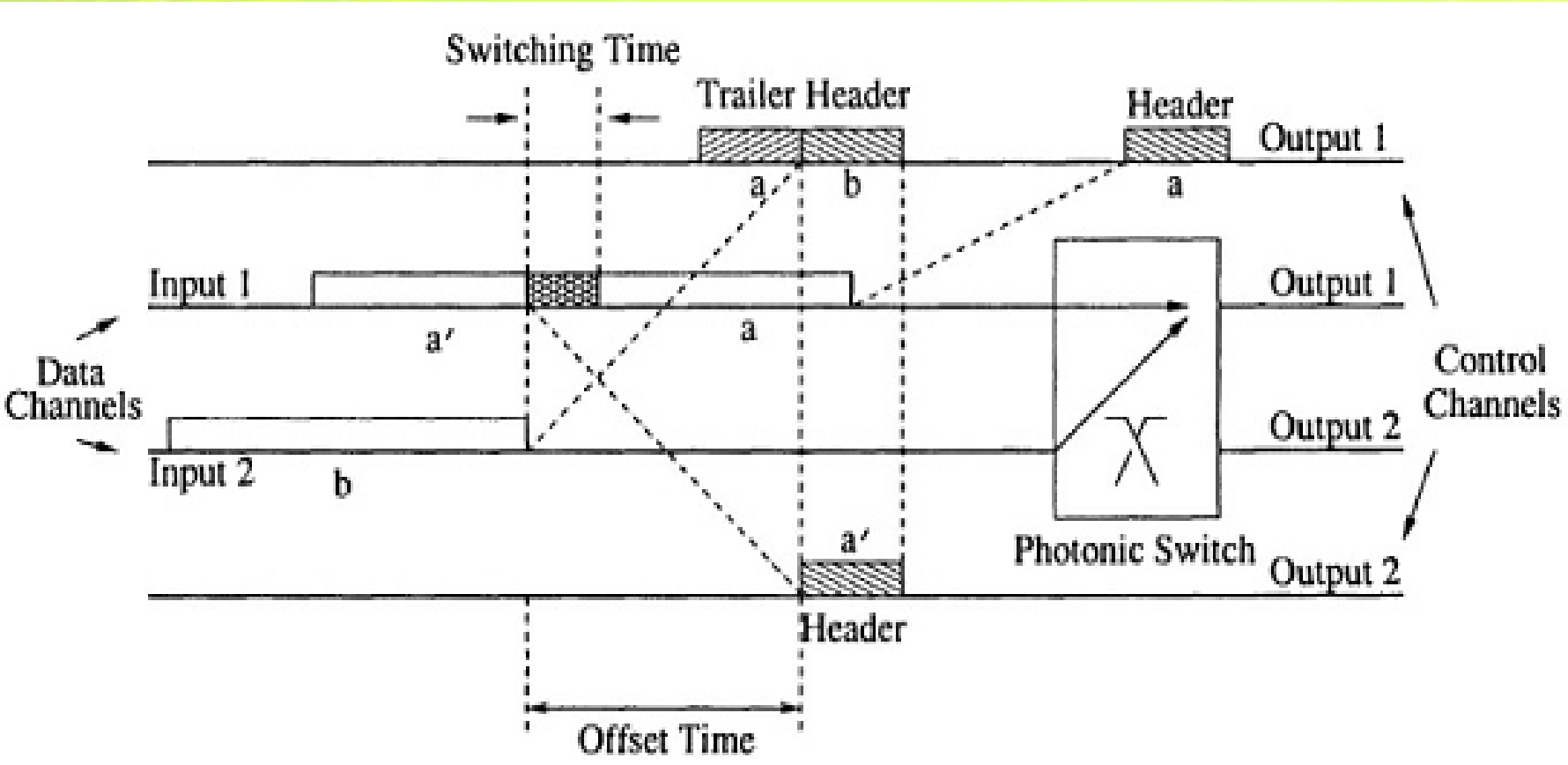


Figure 5.5. Segmentation with deflection policy for two contending bursts.

Kết luận

- Bài này đã trình bày các kiến thức và kỹ năng về:
  - Các phương pháp xử lý tranh chấp
    - Sử dụng đường trễ quang (FDL)
    - Sử dụng bộ chuyển đổi bước sóng (wavelength converter)
    - Định tuyến lệch hướng
    - kết hợp các giải pháp trên

Câu hỏi ?