

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology

Mạng truyền thông quang

Bộ môn Tín hiệu và Hệ thống

Hà Nội, 2025

1

Giới thiệu môn học

- Thời lượng môn học:
 - 4 ĐVHT (32LT + 8BT + 4TH + 1Tự học)
- Mục tiêu:
 - Kiến thức: Trang bị cho sinh viên các kiến thức về mạng truyền thông quang, các lớp khách hàng của lớp quang (NG-SDH, OTN, Ethernet, IP, MPLS), mạng truyền thông quang WDM, đồng bộ, điều khiển và quản lý mạng quang, bảo vệ mạng quang và mạng truy nhập quang.
 - Kỹ năng: Sinh viên có khả năng nắm bắt, thiết kế, tối ưu, vận hành, quản lý các hệ thống truyền thông quang, có kỹ năng phân tích, đánh giá về các công nghệ trên mạng truyền thông quang.

Cao Hồng Sơn
12/08/2025

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology

2



Giới thiệu môn học

- Nội dung:
 - Chương 1: **Giới thiệu về mạng truyền thông quang**
 - Chương 2: **Các lớp khách hàng (client) của lớp quang**
 - Chương 3: **Mạng quang WDM**
 - Chương 4: **Đồng bộ, quản lý và điều khiển mạng quang**
 - Chương 5: **Bảo vệ và phục hồi mạng quang**
 - Chương 6: **Mạng truy nhập quang**

Cao Hồng Sơn
12/08/2025

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology

3



Giới thiệu môn học

- Tài liệu học tập
 - Tài liệu chính:
 - [1] Học viện CNBCVT, *Bài giảng môn Mạng truyền thông quang*, 2022.
 - Tài liệu tham khảo:
 - [2] Rajiv Ramaswami, Kumar N. Sivarajan, Galen H. Sasaki, “*Optical Networks: A Practical Perspective*”. Third Edition, Elservier, Inc, 2010.
 - [3] Mohammad Llyas, Hussein T.Maufatah, “*The handbook of Optical Communication Networks*”, CRC Press, 2003.
 - [4] Stamatios V. Kartalopoulos, “*Next Generation Intelligent Optical Networks*”, Springer 2008.
 - [5] Víctor López, Luis Velasco, “*Elastic Optical Networks: Architectures, Technologies, and Control*”, Springer 2016.
 - Google Classroom:

4



Giới thiệu môn học

- Đánh giá:

- Tham gia học tập trên lớp: 10%
- Thực hành/Thí nghiệm: 10 %
- Kiểm tra giữa kỳ: 20%
- Bài tập/Tiểu luận/Thảo luận: 10%
- Kiểm tra cuối kỳ: 50 %

Cao Hồng Sơn
12/08/2025

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology

5



Giới thiệu môn học

- Nội dung chi tiết:

Chương 1- GIỚI THIỆU VỀ MẠNG TRUYỀN THÔNG QUANG

- Kiến trúc mạng truyền thông quang
- Các dịch vụ, chuyển mạch kênh và chuyển mạch gói
- Các mạng truyền thông quang
- Lớp quang
- Xu hướng phát triển mạng truyền tải quang
- Hiệu năng mạng quang

Cao Hồng Sơn
12/08/2025

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology

6



Giới thiệu môn học

- Nội dung chi tiết:

Chương 2- CÁC LỚP KHÁCH HÀNG (CLIENT) CỦA LỚP QUANG

- NG-SDH

- Tổng quan về NG-SDH
- Cấu trúc khung và ghép kênh
- Các lớp NG-SDH và lớp vật lý
- Các giao thức
- Các phần tử của cơ sở hạ tầng NG-SDH

- Mạng truyền tải quang (OTN)

- Giới thiệu chung
- Phân cấp
- Cấu trúc khung
- Ghép kênh

C
12



Giới thiệu môn học

- Nội dung chi tiết:

Chương 2- CÁC LỚP KHÁCH HÀNG (CLIENT) CỦA LỚP QUANG

- Ethernet

- Cấu trúc khung
- Chuyển mạch
- Lớp vật lý Ethernet
- Truyền tải sóng mang

- IP

- Định tuyến và chuyển tiếp
- Chất lượng dịch vụ

- Chuyển mạch nhãn đa giao thức

- Nhãn và chuyển tiếp
- Chất lượng dịch vụ
- Báo hiệu và định tuyến
- Truyền tải sóng mang

C
12



Giới thiệu môn học

- Nội dung chi tiết:

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

- Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)
 - Giới thiệu
 - Các cấu hình mạng quang WDM
 - Các giao diện mạng quang
 - Chuyển mạch trong mạng quang WDM
- Các thành phần cơ bản của mạng WDM
 - Thiết bị đầu cuối đường quang (TM)
 - Thiết bị khuếch đại đường quang (OA)
 - Thiết bị ghép kênh xen/rẽ quang (OADM/ROADM)
 - Thiết bị nối chéo quang (OXC)
- Truyền tải IP/WDM
 - Xu hướng tích hợp IP trên WDM
 - Các giai đoạn phát triển IP/ WDM
 - Các kiến trúc truyền tải IP/ WDM
 - Các mô hình kết nối và mô dịch vụ mạng IP/ WDM

C
12

Giới thiệu môn học

- Nội dung chi tiết:

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

- Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng WDM
 - Giới thiệu
 - Bài toán LTD và RWA
 - Định cõi mạng
- Các ứng dụng mạng quang WDM
 - Mạng truy nhập
 - Mạng Metro
 - Mạng lõi
 - Mạng Mạng quang định nghĩa bởi phần mềm (SDN)
 - quang lưới bước sóng linh hoạt

C
12



Giới thiệu môn học

- Nội dung chi tiết:

Chương 4- QUẢN LÝ VÀ ĐIỀU KHIỂN MẠNG QUANG

- Tổng quan về quản lý và điều khiển trong mạng quang
- Quản lý mạng quang
 - Các chức năng quản lý mạng
 - Quản lý hiệu năng và lỗi
 - Quản lý cấu hình
- Điều khiển mạng quang
 - Các phương pháp điều khiển trong mạng quang
 - Báo hiệu trong mạng quang
 - Các công nghệ điều khiển trong mạng quang

C
12

Giới thiệu môn học

- Nội dung chi tiết:

Chương 5- BẢO VỆ VÀ PHỤC HỒI MẠNG QUANG

- Giới thiệu
- Bảo vệ trong lớp khách hàng
 - Bảo vệ trong NG-SDH
 - Bảo vệ trong IP
 - Bảo vệ trong Ethernet
 - Bảo vệ MPLS
- Bảo vệ trong lớp quang
 - Bảo vệ đoạn ghép quang
 - Bảo vệ kênh quang
 - Bảo vệ GMPLS
- Phục hồi mạng quang

C
12



Giới thiệu môn học

- Nội dung chi tiết:

Chương 6- MẠNG TRUY NHẬP QUANG

- Tổng quan về mạng truy nhập quang (FTTx)
 - Khái niệm
 - Ưu nhược điểm của FTTx
 - Các ứng dụng của FTTx
- Cấu hình của mạng truy nhập quang FTTx
 - Cấu hình cơ bản của mạng truy nhập quang FTTx
 - Cấu hình tham chiếu của mạng truy nhập quang FTTx
 - Các khối chức năng cơ bản của mạng truy nhập quang FTTx

Cao Hồng Sơn
12/08/2025

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology

13



Giới thiệu môn học

- Nội dung chi tiết:

Chương 6- MẠNG TRUY NHẬP QUANG

- Các phương thức truy nhập quang (FTTx)
 - Phương thức FTTC
 - Phương thức FTTB
 - Phương thức FTTO/H
- Các công nghệ sử dụng trong mạng FTTx
 - Tổng quan về các công nghệ sử dụng trong mạng truy nhập quang FTTx
 - Công nghệ truy nhập quang tích cực AON
 - Công nghệ truy nhập quang thụ động PON
- Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng truy nhập quang

C
12

 **Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang**



- **Nội dung chương 1**
 - Kiến trúc mạng truyền thông quang
 - Các dịch vụ, chuyển mạch kênh và chuyển mạch gói
 - Các mạng truyền thông quang
 - Lớp quang
 - Xu hướng phát triển mạng truyền tải quang
 - Hiệu năng mạng quang
- **Yêu cầu:** Hiểu được kiến trúc mạng truyền thông quang, các dịch vụ, mô hình phân lớp mạng và hiệu năng mạng quang.

 **Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang**

1.1. Kiến trúc mạng truyền thông quang

- Mạng quang là gì?
- Kiến trúc mạng quang tổng quát?
- Mạng quang có những loại nào?

C
1



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.1. Kiến trúc mạng truyền thông quang

- Mạng quang là gì?

Cá

1:



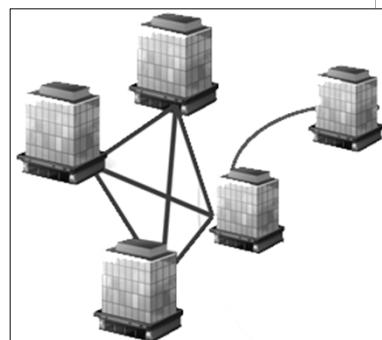
Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.1. Kiến trúc mạng truyền thông quang

- Mạng quang là gì?

Là mạng truyền thông, trong đó:

- + Các liên kết truyền dẫn được tạo thành từ các sợi quang,
- + Kiến trúc của nó được thiết kế để khai thác các lợi thế của sợi quang.



Cá

1:



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.1. Kiến trúc mạng truyền thông quang

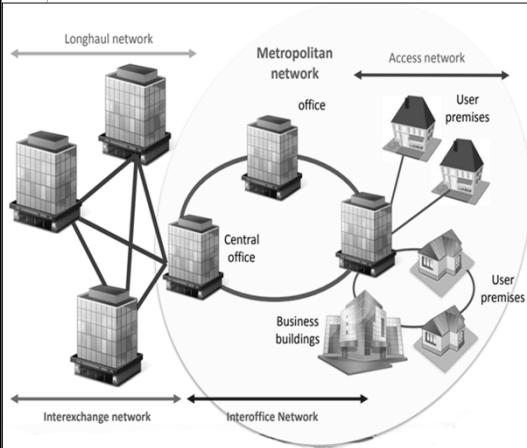
- Kiến trúc mạng quang tổng quát?

Cá
12

Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.1. Kiến trúc mạng truyền thông quang

– Kiến trúc mạng quang tổng quát:



- ✓ Các mạng quang có thể được chia thành: mạng đô thị và mạng cự ly dài.
- ✓ Các nút trong mạng là các đài trung tâm, còn được gọi:
 - + POP: *nút cỡ nhỏ*
 - + Hub: *nút cỡ lớn*
- ✓ Một mạng quang có thể được sở hữu và điều hành bởi các nhà mạng khác nhau.



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.1. Kiến trúc mạng truyền thông quang

- Mạng quang có những loại nào?

C
12

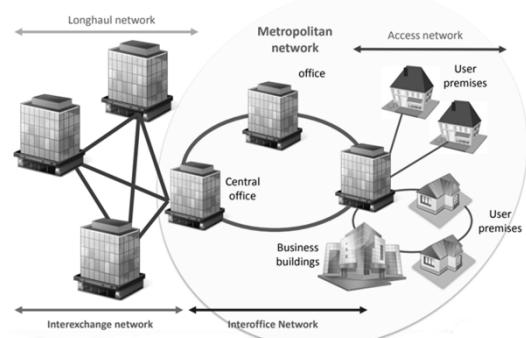
Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.1. Kiến trúc mạng truyền thông quang

- Mạng đô thị: gồm mạng truy nhập đô thị và mạng liên kết đô thị
 - + Mạng truy nhập: mở rộng từ trung tâm đến các doanh nghiệp hoặc nhà riêng.
 - + Mạng liên kết: kết nối các nhóm trung tâm (CO) trong một thành phố hoặc một vùng (giữa các CO: cự li vài km đến vài chục km).

- Mạng cự li dài:

- + Kết nối giữa các thành phố hoặc các vùng khác nhau.
- + Khoảng cách giữa các trung tâm khoảng hàng trăm đến hàng ngàn km.

C
12



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.2. Các dịch vụ, chuyển mạch kênh và chuyển mạch gói

- Trong mạng TTQ có những loại dịch vụ nào?
- Trong mạng TTQ có những kiểu ghép kênh nào?
- Trong mạng TTQ có những kiểu chuyển mạch nào?

C
1:



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.2. Các dịch vụ, chuyển mạch kênh và chuyển mạch gói

- Trong mạng TTQ có những loại dịch vụ nào?

C
1:



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.2. Các dịch vụ, chuyển mạch kênh và chuyển mạch gói

- Khái niệm:

- + Viễn thông là việc gửi, truyền, nhận và xử lý ký hiệu, tín hiệu, số liệu, chữ viết, hình ảnh, âm thanh hoặc dạng thông tin khác bằng đường cáp, sóng vô tuyến điện, phương tiện quang học và phương tiện điện tử khác.
- + Dịch vụ Viễn thông là dịch vụ gửi, truyền, nhận và xử lý thông tin giữa hai hoặc một nhóm người sử dụng dịch vụ viễn thông.

- Phân loại dịch vụ trong mạng TTQ:

- + Dịch vụ hướng kết nối: kết nối giữa hai hoặc nhiều bên (người dùng) trên một mạng cơ bản (Sự khác biệt nằm ở băng thông kết nối và loại mạng mà kết nối được hỗ trợ, có ảnh hưởng đáng kể đến các đảm bảo chất lượng dịch vụ được nhà mạng cung cấp).
- + Dịch vụ phi kết nối: Các gói thuộc một kết nối được coi là các thực thể độc lập và các gói khác nhau có thể có các tuyến truyền khác nhau qua mạng.

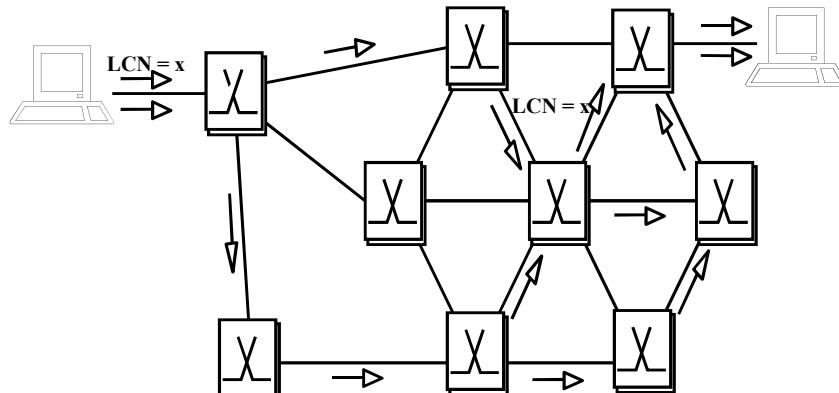
C
12

Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.2. Các dịch vụ, chuyển mạch kênh và chuyển mạch gói

- Dịch vụ hướng kết nối và phi kết nối:

Chuyển giao hướng kết nối



Chuyển giao phi kết nối

C
12



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.2. Các dịch vụ, chuyển mạch kênh và chuyển mạch gói

- Trong mạng TTQ có những kiểu ghép kênh nào?

Cá

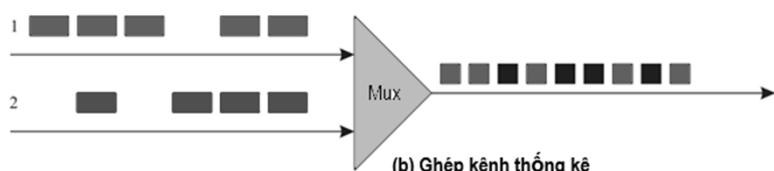
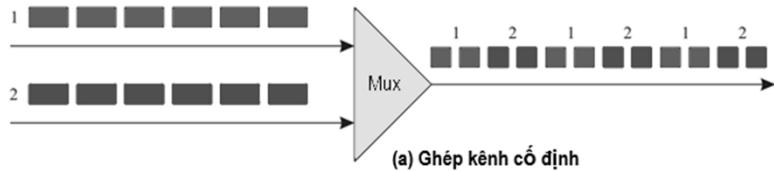
1:



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.2. Các dịch vụ, chuyển mạch kênh và chuyển mạch gói

- Ghép và chuyển mạch lưu lượng trong mạng:
 - + Các kiểu ghép kênh:



Cá

1:



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.2. Các dịch vụ, chuyển mạch kênh và chuyển mạch gói

- Mạng TTQ có những kiểu chuyển mạch nào?

Cá
12

Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.2. Các dịch vụ, chuyển mạch kênh và chuyển mạch gói

- Ghép và chuyển mạch lưu lượng trong mạng:
+ Các kiểu chuyển mạch: chuyển mạch kênh và chuyển mạch gói

Chuyển mạch kênh:

- Băng thông được bảo đảm để phân bổ cho từng kết nối và luôn có sẵn cho kết nối, khi kết nối được thiết lập.
- Tổng băng thông của tất cả các kênh hoặc các kết nối trên một liên kết phải nhỏ hơn hoặc bằng thông liên kết.
- Vấn đề đối với chuyển mạch kênh: không hiệu quả trong việc xử lý lưu lượng dữ liệu có tính bùng nổ (phải dự trữ đủ băng thông để xử lý tốc độ cao nhất và băng thông này sẽ không được sử dụng nhiều).

Chuyển mạch gói:

- Luồng dữ liệu được chia thành các gói dữ liệu nhỏ. Các gói được ghép với các gói từ các luồng dữ liệu khác trong mạng. Các gói được chuyển mạch bên trong mạng dựa trên đích đến.
- Chuyển mạch gói sử dụng kỹ thuật ghép kênh thống kê khi ghép nhiều luồng dữ liệu với nhau trên một liên kết.
- Ghép kênh thống kê cải thiện việc sử dụng băng thông.



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.2. Các dịch vụ, chuyển mạch kênh và chuyển mạch gói

- Sự thay đổi của bối cảnh dịch vụ:

- + Mô hình dịch vụ của các nhà mạng đang thay đổi nhanh chóng khi các mạng và công nghệ phát triển.
- + Do sự cạnh tranh ngày càng tăng và nhu cầu của khách hàng.
- + Sự thay đổi liên quan đến **tính khả dụng** của các kênh, được định nghĩa là phần trăm thời gian dịch vụ có sẵn cho người dùng.
- + Thông thường, các nhà mạng cung cấp 99,999% khả dụng, tương ứng với thời gian bị mất không quá 5 phút mỗi năm. Đòi hỏi mạng phải được thiết kế để cung cấp dịch vụ phục hồi rất nhanh trong trường hợp có sự cố như đứt sợi quang, hiện nay trong khoảng 50 ms.
- + Do đó, các nhà mạng mới cần triển khai các mạng có khả năng cung cấp băng thông theo yêu cầu khi cần, với các thuộc tính dịch vụ phù hợp và các nhà mạng cần dự đoán được các nhu cầu lưu lượng tương lai.

C
12

Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.3. Các thế hệ mạng truyền thông quang

- Mạng quang có bao nhiêu thế hệ?

- Có những giải pháp nào để tăng dung lượng truyền dẫn trên một sợi quang?
- Hiện nay, mạng quang thường sử dụng công nghệ ghép kênh gì?

C
12



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.3. Các thế hệ mạng truyền thông quang

- Mạng quang có bao nhiêu thế hệ?

C
1:

Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.3. Các thế hệ mạng truyền thông quang

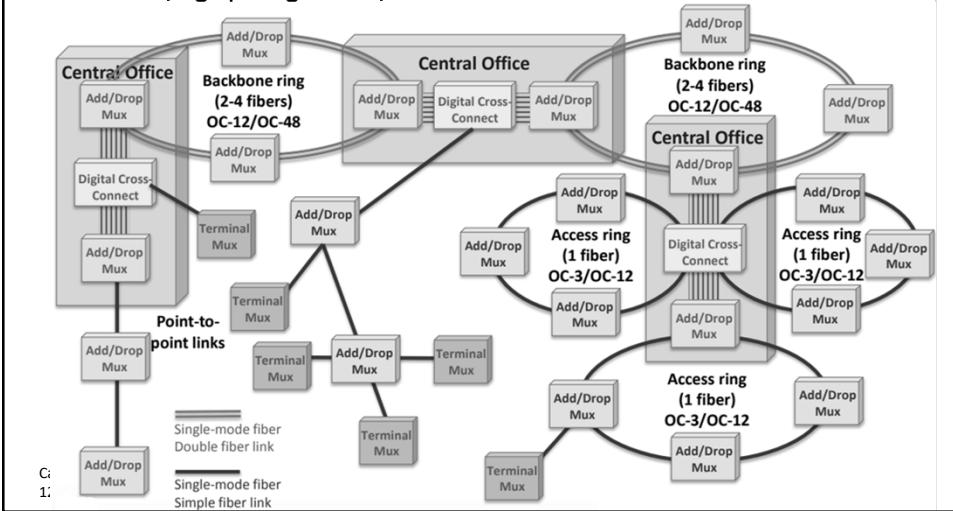
- Các thế hệ mạng quang: Khi đề cập đến mạng truyền thông quang có **hai thế hệ mạng quang**.
 - + Mạng quang thế hệ thứ nhất (Mạng quang đơn bước sóng): quang học về cơ bản được sử dụng để truyền tải và chỉ đơn giản là để cung cấp dung lượng.
 - Tất cả các chuyển mạch và các chức năng mạng thông minh khác được xử lý bằng điện tử.
 - Ví dụ về các mạng quang thế hệ đầu tiên là mạng SONET/ SDH
 - + Mạng quang thế hệ thứ hai (Mạng quang đa bước sóng):
 - Có định tuyến, chuyển mạch và tính thông minh trong lớp quang.
 - Là các mạng WDM

C
1:

Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.3. Các thế hệ mạng truyền thông quang

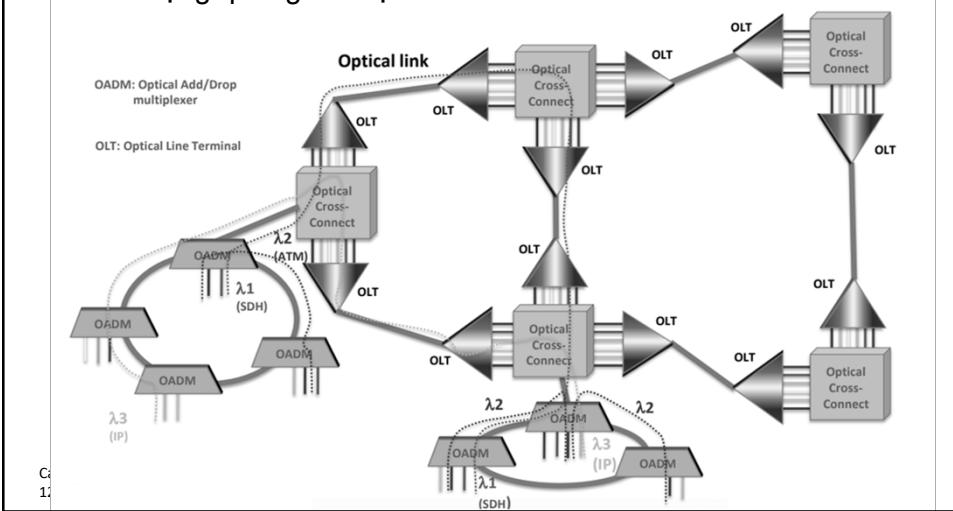
– Mạng quang thế hệ thứ nhất:



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.3. Các thế hệ mạng truyền thông quang

– Mạng quang thế hệ thứ hai:





Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.3. Các thế hệ mạng truyền thông quang

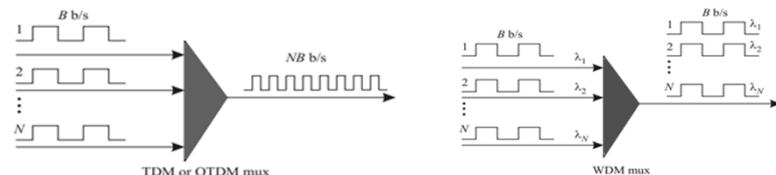
- Giải pháp nào để tăng dung lượng truyền dẫn trên một sợi quang?

C
1:

Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.3. Các thế hệ mạng truyền thông quang

- Các kỹ thuật ghép kênh sử dụng trong các thế hệ mạng quang:
 - + Về cơ bản có hai cách để tăng dung lượng truyền dẫn trên một sợi quang.
 - Đầu tiên là tăng tốc độ bit, đòi hỏi các thiết bị điện tử tốc độ cao. Nhiều luồng dữ liệu tốc độ thấp hơn được ghép thành luồng tốc độ cao hơn ở tốc độ bit truyền dẫn bằng phương pháp ghép kênh phân chia thời gian (TDM).
 - Một cách khác để tăng dung lượng là bằng kỹ thuật gọi là ghép kênh phân chia bước sóng (WDM).

C
1:



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.4. Lớp quang

- Tại sao phải thực hiện phân lớp mạng?
- Ý nghĩa của việc phân lớp là gì?
- Mạng quang được phân lớp như thế nào?

C
1:



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.4. Lớp quang

- Tại sao phải thực hiện phân lớp mạng?

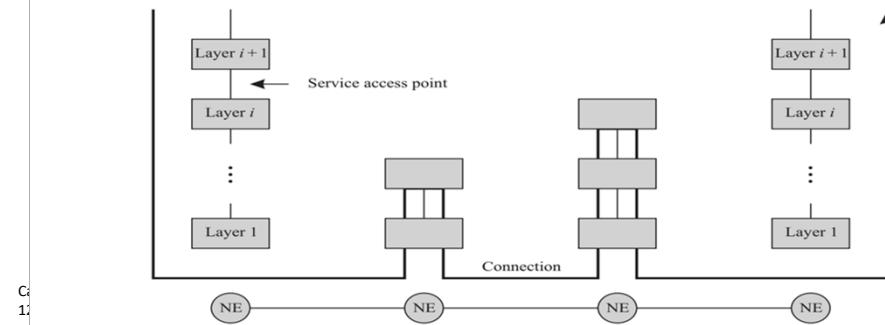
C
1:



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.4. Lớp quang

- Khái niệm về kiến trúc mạng phân lớp:
- + Mạng là các thực thể phức tạp với nhiều chức năng khác nhau được thực hiện bởi các phần tử khác nhau của mạng, với các thiết bị từ các nhà cung cấp khác nhau hoạt động cùng nhau.
- + Để đơn giản hóa quan điểm về mạng, sẽ chia các chức năng của mạng thành các lớp khác nhau.



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.4. Lớp quang

- Ý nghĩa của việc phân lớp là gì?



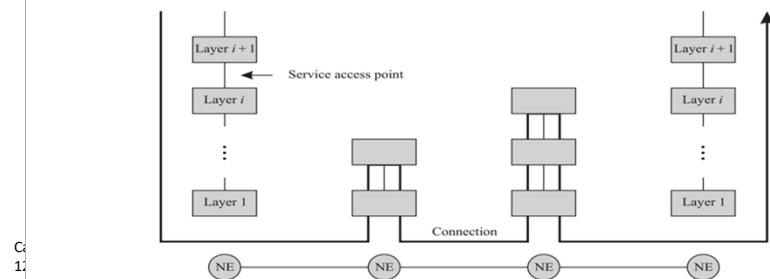
Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.4. Lớp quang

- Khái niệm về kiến trúc mạng phân lớp:

Ý nghĩa của việc phân lớp:

- Giảm độ phức tạp
- Tiêu chuẩn hóa giao diện
- Thuận tiện module hóa
- Đảm bảo kỹ thuật liên mạng
- Tăng nhanh sự phát triển (nhờ cấu trúc mở)



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.4. Lớp quang

- Khái niệm về kiến trúc mạng phân lớp:

+ Thiết kế chức năng cho các lớp:

- Chia các lớp sao cho các chức năng khác nhau được tách biệt với nhau; các lớp sử dụng các loại công nghệ khác nhau cũng được tách biệt
- Các chức năng giống nhau được đặt vào cùng một lớp; các chức năng được định vị sao cho có thể thiết kế lại lớp mà ảnh hưởng ít nhất đến các lớp kề nó
- Khi dữ liệu được xử lý một cách khác biệt thì cần phải tạo một lớp mới;
- Các thay đổi về chức năng hoặc giao thức trong một lớp không được ảnh hưởng đến các lớp khác (đảm bảo tính trong suốt giữa các lớp);
- Mỗi lớp chỉ có các ranh giới (giao diện) với các lớp kề trên và dưới nó.
- Có thể chia một lớp thành các lớp con khi cần thiết; nguyên tắc chia lớp con được áp dụng tương tự như trên; khi không cần thiết các lớp con có thể hủy bỏ.
- Giao diện dịch vụ giữa hai lớp liền kề được gọi là điểm truy cập dịch vụ (SAP-Service Access Point) và có thể có nhiều SAP giữa các lớp tương ứng với các loại dịch vụ khác nhau.

C
1:

Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.4. Lớp quang

- Mạng quang được phân lớp như thế nào?

Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.4. Lớp quang

- Mô hình phân lớp cỗ điển OSI (Open Systems Interconnection Reference Model):

<ul style="list-style-type: none"> Application, Presentation, Session: <ul style="list-style-type: none"> Data, voice encodings Authentication web/http, ftp, telnet Transport: <ul style="list-style-type: none"> Error & congestion control TCP, UDP Network: <ul style="list-style-type: none"> Routing, Call control IP internetworking Link: <ul style="list-style-type: none"> Ethernet, FDDI Circuit, ATM, FR switches Physical: <ul style="list-style-type: none"> SDH, E1, E3, E4 	<p>The diagram illustrates the OSI Reference Model with two hosts, A and B, connected by a physical layer. Host A consists of a stack of layers: Application, Presentation, Session, Transport, Network, Data link, and Physical. Host B has a similar stack. Horizontal arrows between the hosts represent the "Giao thức tầng" (Protocol layer) for each corresponding layer pair. Vertical arrows within each host's stack indicate the "Giao thức tầng" between adjacent layers. Labels for the layers include: Tầng 7 (Application), Tầng 6 (Presentation), Tầng 5 (Session), Tầng 4 (Transport), Tầng 3 (Network), Tầng 2 (Data link), and Tầng 1 (Physical). The physical layer is labeled "Vật lý". The diagram also shows "Mạng" (Network) and "Truyền tải" (Transport) layers between the Data link and Physical layers. Annotations at the bottom explain the labels: a) Giao thức tầng mạng, b) Giao thức tầng liên kết dữ liệu, and c) Giao thức tầng vật lý.</p>
--	--

Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.4. Lớp quang

– Mô hình phân lớp cổ điển OSI:

<ul style="list-style-type: none"> ❑ Application: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Giao tiếp người và môi trường mạng ❑ Presentation: ❑ Session: ❑ Transport: ❑ Network: ❑ Link: ❑ Physical: 	<p>The diagram illustrates the classic OSI reference model. It shows two hosts, A and B, connected by a network. Host A consists of a stack of layers: Application, Presentation, Session, Transport, Network, Data link, and Physical. Host B has a similar stack. Between the hosts are three horizontal dashed lines representing the physical medium. The first line is labeled 'Mạng truyền thông cấp dưới' (Layer 2). The second line is labeled 'Liên kết dữ liệu' (Layer 1). The third line is labeled 'Vật lý' (Physical layer). Arrows indicate the flow of data from one host to the other through each layer. Labels 'a)', 'b)', and 'c)' point to specific interactions between adjacent layers. A legend at the bottom defines these labels: 'a) Giao thức tầng mạng', 'b) Giao thức tầng liên kết dữ liệu', and 'c) Giao thức tầng vật lý'. The entire setup is set against a background of 'Môi trường vật lý' (Physical environment).</p>
---	--

Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.4. Lớp quang

– Mô hình phân lớp cổ điển OSI:

<ul style="list-style-type: none"> ❑ Network: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Định tuyến và điều khiển nghẽn ❑ Link: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tạo/gỡ bỏ khung thông tin, kiểm soát luồng và kiểm soát lỗi. ▪ Ethernet, FDDI, ATM, FR, Circuit, switches. ❑ Physical: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Đảm bảo các yêu cầu truyền/nhận các chuỗi bit qua các phương tiện vật lý. ▪ PDH, SDH... 	<p>The diagram illustrates the classic OSI reference model. It shows two hosts, A and B, connected by a network. Host A consists of a stack of layers: Application, Presentation, Session, Transport, Network, Data link, and Physical. Host B has a similar stack. Between the hosts are three horizontal dashed lines representing the physical medium. The first line is labeled 'Mạng truyền thông cấp dưới' (Layer 2). The second line is labeled 'Liên kết dữ liệu' (Layer 1). The third line is labeled 'Vật lý' (Physical layer). Arrows indicate the flow of data from one host to the other through each layer. Labels 'a)', 'b)', and 'c)' point to specific interactions between adjacent layers. A legend at the bottom defines these labels: 'a) Giao thức tầng mạng', 'b) Giao thức tầng liên kết dữ liệu', and 'c) Giao thức tầng vật lý'. The entire setup is set against a background of 'Môi trường vật lý' (Physical environment).</p>
---	--

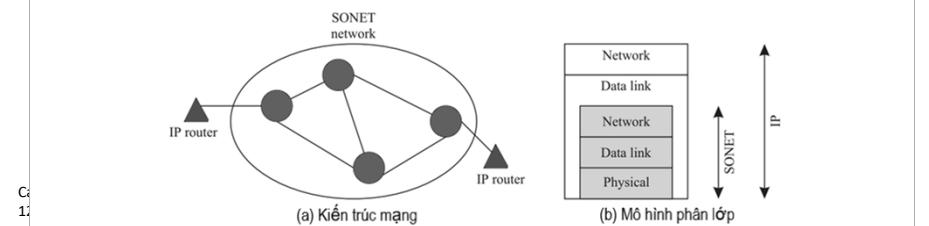


Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.4. Lớp quang

- Truyền IP qua mạng SDH:

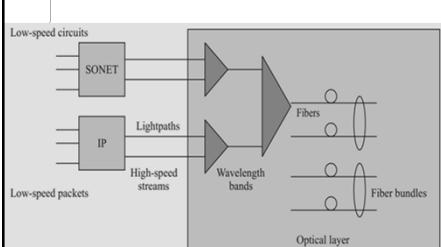
- + Quan điểm phân lớp cổ điển của các mạng cần một số điều chỉnh để xử lý sự đa dạng của các mạng và các giao thức đang gia tăng ngày nay.
- + Một mô hình phân lớp thực tế hơn cho các mạng hiện nay, sử dụng nhiều ngăn xếp giao thức nằm chồng lên nhau. Mỗi ngăn xếp tập hợp một số lớp con, có thể cung cấp các chức năng giống như các lớp vật lý, liên kết và mạng truyền thống..
- + Xem xét truyền IP qua mạng SDH:



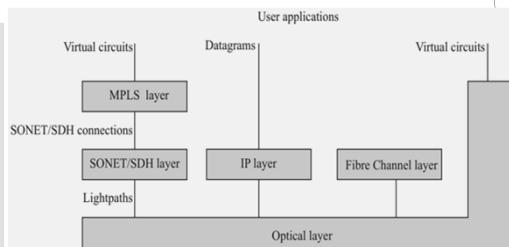
Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.4. Lớp quang

- Sự ra đời của các mạng quang thế hệ thứ hai đã thêm một lớp nữa vào phân cấp giao thức và được gọi là lớp quang.
- Lớp quang là lớp máy chủ cung cấp dịch vụ cho các lớp khách hàng khác.
- Lớp quang cung cấp các tuyến quang (*lightpath*) tới nhiều lớp khách hàng khác nhau:



Phân cấp mạng phân lớp ghép kênh điện hình



Phân lớp của mạng quang thế hệ thứ hai



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

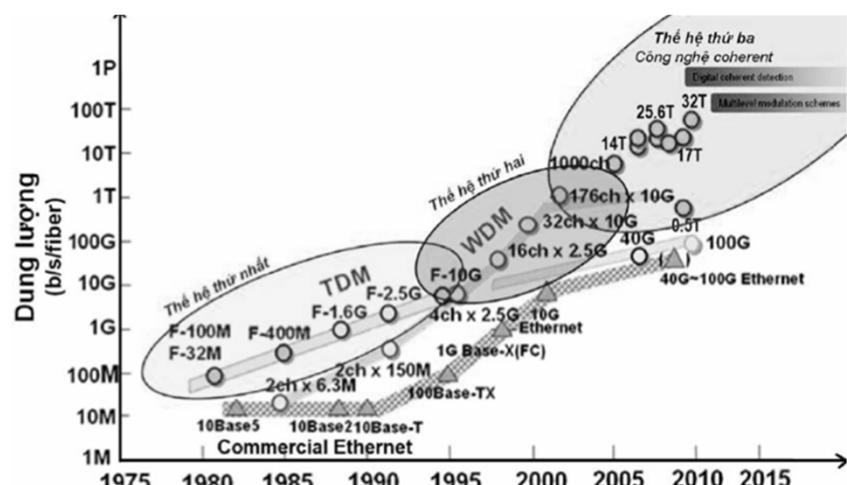
1.5. Xu hướng phát triển mạng truyền thông quang

- Sự phát triển của các mạng truyền tải quang?
- Sự phát triển của các công nghệ mạng truy nhập quang?
- Sự phát triển của công nghệ mạng quang?

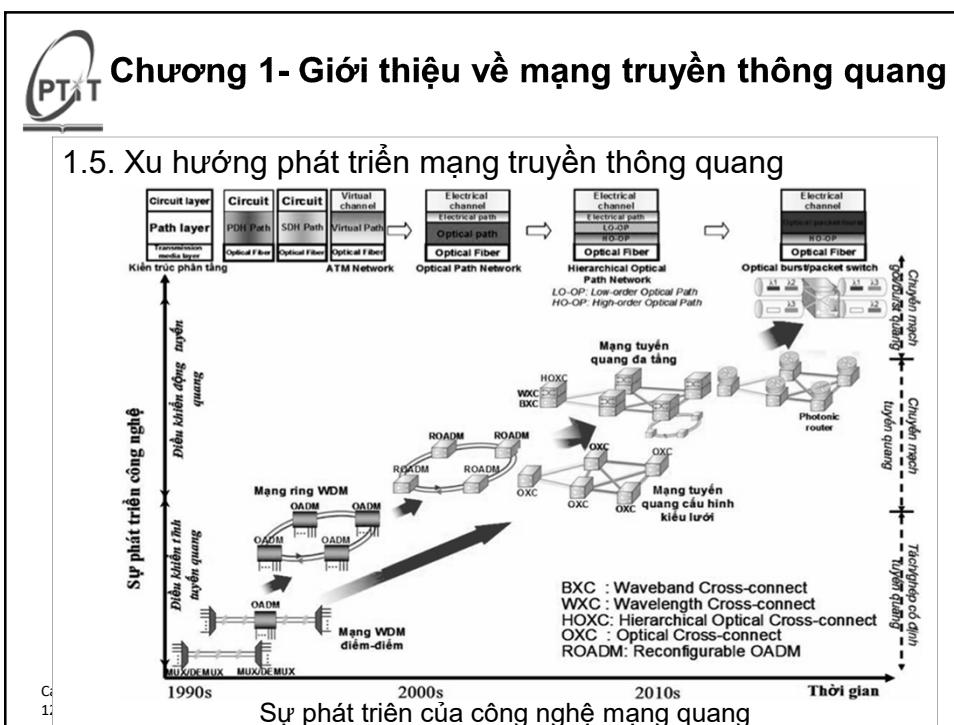
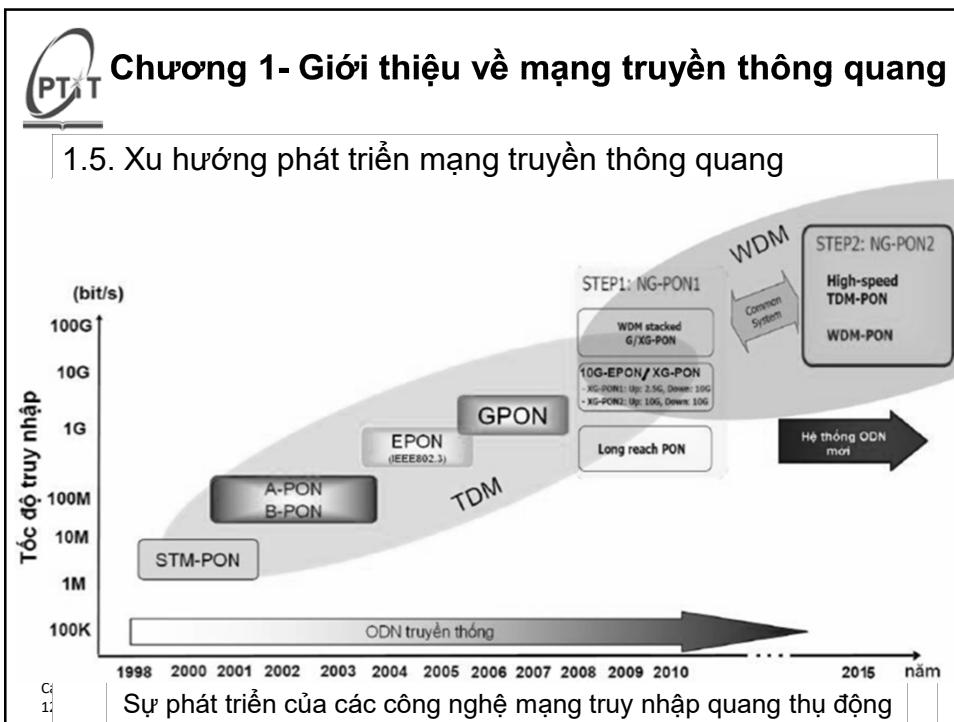
C
1:

Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.5. Xu hướng phát triển mạng truyền thông quang

C
1:

Sự phát triển về tốc độ và dung lượng của các mạng truyền tải quang





Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.6. Hiệu năng mạng quang

- Hiệu năng mạng truyền thông bao gồm những loại hiệu năng nào?
- Hiệu năng mạng quang được đánh giá qua những thông số đo hiệu năng nào?

C₁

Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.6. Hiệu năng mạng quang

- Hiệu năng mạng truyền thông bao gồm những loại hiệu năng nào?

C₁



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.6. Hiệu năng mạng quang

- Ý nghĩa của hiệu năng trong mạng truyền thông là đa nghĩa vì:
 - Liên quan đến: hiệu năng mạng, hiệu năng lưu lượng và dịch vụ, hiệu năng liên kết và tín hiệu
 - Các vấn đề cần giải quyết, các chỉ số và cách đo lường các tham số hiệu năng là khác nhau.
- Hiệu năng mạng: chủ yếu liên quan đến hiệu năng trên mạng
 - Các **lỗi** và **sự suy giảm chất lượng** các nút và liên kết;
 - **Chiến lược bảo vệ** để loại bỏ hoặc giảm thiểu các **điểm nghẽn** và **trễ lưu lượng**;
 - **Tăng** thông lượng/lưu lượng, **phát hiện suy giảm** hoặc **lỗi** và **hiệu năng** tín hiệu đầu cuối- đầu cuối.

C
12

Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.6. Hiệu năng mạng quang

- Hiệu năng lưu lượng và hiệu năng dịch vụ: liên quan đến khả năng phân phối của **tải trọng** mỗi khách hàng cũng như **tải trọng tổng** tuân thủ **QoS** mong đợi.
 - Theo thỏa thuận mức dịch vụ (**SLA**-Service Level Agreement), các tham số là **độ trễ** (delay) **đầu cuối**, **độ trễ khứ hồi**, **tỷ lệ lỗi bit/ khung/ gói** (**BER/ FER/ PER** - bit, frame, packet error rate) và **băng thông** có thể phân phối dự kiến.
 - **Hiệu năng lưu lượng** bị ảnh hưởng bởi **mào đầu khung** và **hiệu năng mạng**.

C
12



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.6. Hiệu năng mạng quang

- Hiệu năng liên kết và hiệu năng tín hiệu: chủ yếu liên quan đến **hiệu suất ở lớp liên kết**,
 - Như đáp ứng các mục tiêu hiệu năng tín hiệu mong đợi tại bộ thu liên kết, tại bộ khuếch đại và bộ cân bằng của tín hiệu WDM.
 - Ngoài ra cũng quan tâm đến các chiến lược phân nhánh giám sát, phát hiện, bảo vệ và tối ưu hóa hiệu năng của các tín hiệu WDM qua liên kết.
- **Hiệu năng liên kết và truyền** bị ảnh hưởng bởi suy hao, nhiễu và rung pha, ảnh hưởng đến xác suất thu bit 0/1 được truyền. Bởi vì các bit là các ký hiệu cơ bản trong các byte, các khung, các khối, v.v., các tham số hiệu năng lỗi được đo bằng các bit bị lỗi trong một chuỗi bit nhất định, được gọi là **một khối**.

C
1:

Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.6. Hiệu năng mạng quang

- Hiệu năng mạng quang được đánh giá qua những thông số đo hiệu năng nào?

C
1:



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.6. Hiệu năng mạng quang

- Nguồn gốc thông số đo quan trọng: *BERatio* và *BERate*
 - BERatio, được định nghĩa là số lượng bit thu bị lỗi trên một số lượng lớn các bit được truyền đi.
 - BERate được định nghĩa là tỷ số giữa các bit bị lỗi trên tổng số bit được truyền trong một khoảng thời gian.
- Ví dụ:
 - Xét 2 tốc độ dữ liệu: 1 Mbps and 10 Gbps, 10 lỗi/1s nghĩa là $10/1,000,000$ (or 10^{-5}) and $10/10,000,000,000$ (or 10^{-9}).
 - Tương tự, 10 lỗi trong 1,000,000 bits phát nghĩa là 10 lỗi/1s cho 1 Mbps và 100,000 lỗi/1s cho 10 Gbps.
 - Do đó, với 10^{-11} BERatio hoặc 1 lỗi trong 100,000,000,000 bits thu và ở 1Gbps cần 100 s để quan sát, trong khi với 10^{-11} BERatio ở 40 Gbps sẽ mất 2.5 s.
 - Khi tốc độ bit được nêu thì BERatio và BERate trở nên tương đương, và 10^{-11} có nghĩa là 1 lỗi trong 100.000.000.000 bit được truyền với tốc độ bit x Gbps và do đó gọi chung là BER.

C
12

Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.6. Hiệu năng mạng quang

- Các số đo hiệu năng:
 - Khối bị lỗi (EB- Errored block): khối có ít nhất một bit bị lỗi.
 - Giây lỗi (ES- Errored seconds): khoảng thời gian một giây với ít nhất một EB.
 - Tỷ lệ lỗi khối (BER-Block error ratio): tỷ lệ các khối có ít nhất một bit lỗi trên tổng số khối được truyền trong một khoảng thời gian nhất định.
 - Giây lỗi nghiêm trọng (SES-Severely errored second): khoảng thời gian một giây trong đó có hơn 30% khối có lỗi.
 - Khoảng thời gian lỗi nghiêm trọng (SEP-Severely errored period) của chuỗi 3-9 SES liên tiếp.
 - Cường độ khoảng thời gian lỗi nghiêm trọng (SEPI-Severely errored period intensity) hoặc số các sự kiện SEP trong thời gian không có sẵn chia cho tổng thời gian có sẵn tính bằng giây.
 - Lỗi khối nền (BBE-Background block error) hoặc EB không xảy ra như một phần của SES.

C
12



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.6. Hiệu năng mạng quang

- Các số đo hiệu năng lỗi cho một tuyến:

- Tỷ lệ giây lỗi (ESR- Error second ratio): tỷ số của ES trên tổng số giây thời gian khả dụng trong một khoảng thời gian đo cố định.
- Tỷ lệ giây bị lỗi nghiêm trọng (SESR- Severely errored second ratio): tỷ số của SES trên tổng số giây trong một khoảng thời gian đo cố định.
- Tỷ lệ lỗi khối nền (BBER-Background block error ratio): tỷ số BBE trong khoảng thời gian khả dụng trên tổng số khối của thời gian cửa sổ có sẵn trong một khoảng thời gian đo cố định.

C
12

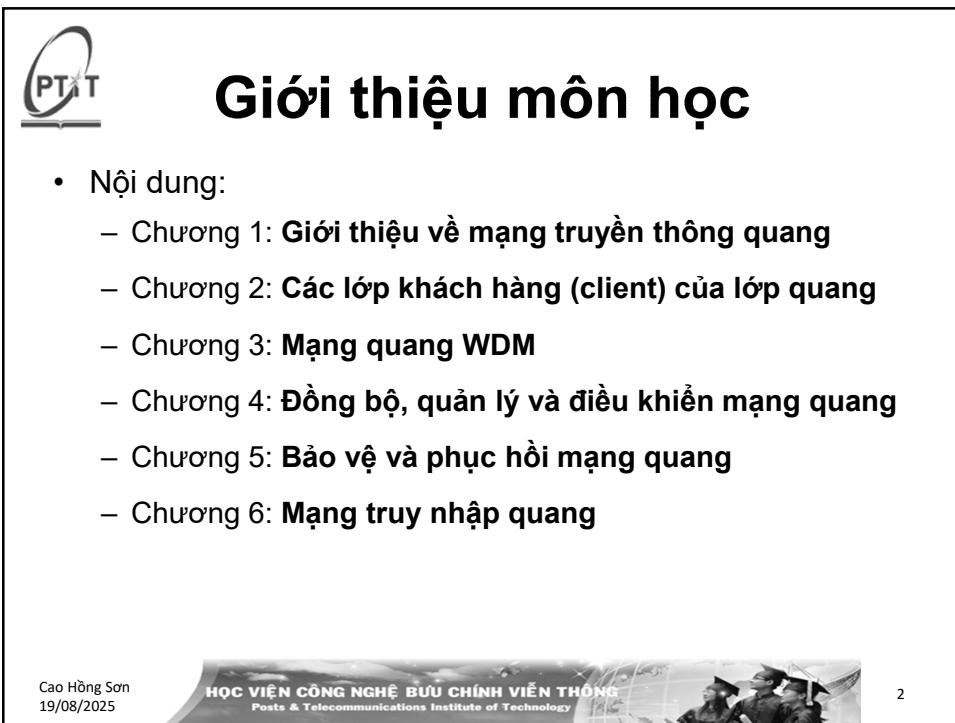


Mạng truyền thông quang

Bộ môn Tín hiệu và Hệ thống

Hà Nội, 2025

1



Giới thiệu môn học

- Nội dung:
 - Chương 1: **Giới thiệu về mạng truyền thông quang**
 - Chương 2: **Các lớp khách hàng (client) của lớp quang**
 - Chương 3: **Mạng quang WDM**
 - Chương 4: **Đồng bộ, quản lý và điều khiển mạng quang**
 - Chương 5: **Bảo vệ và phục hồi mạng quang**
 - Chương 6: **Mạng truy nhập quang**

Cao Hồng Sơn
19/08/2025

2



Giới thiệu môn học

- Nội dung chi tiết:

Chương 2- CÁC LỚP KHÁCH HÀNG (CLIENT) CỦA LỚP QUANG

- NG-SDH

- Tổng quan về NG-SDH
- Cấu trúc khung và ghép kênh
- Các lớp NG-SDH và lớp vật lý
- Các giao thức
- Các phần tử của cơ sở hạ tầng NG-SDH

- Mạng truyền tải quang (OTN)

- Giới thiệu chung
- Phân cấp
- Cấu trúc khung
- Ghép kênh

C
19

Giới thiệu môn học

- Nội dung chi tiết:

Chương 2- CÁC LỚP KHÁCH HÀNG (CLIENT) CỦA LỚP QUANG

- Ethernet

- Cấu trúc khung
- Chuyển mạch
- Lớp vật lý Ethernet
- Truyền tải sóng mang

- IP

- Định tuyến và chuyển tiếp
- Chất lượng dịch vụ

- Chuyển mạch nhãn đa giao thức (MPLS)

- Nhãn và chuyển tiếp
- Chất lượng dịch vụ
- Báo hiệu và định tuyến
- Truyền tải sóng mang

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

- Nội dung chương 2
 - NG-SDH
 - Mạng truyền tải quang (OTN)
 - Ethernet
 - IP
 - Chuyển mạch nhãn đa giao thức (MPLS)
- Yêu cầu: Hiểu được kiến trúc mạng truyền thông quang, các dịch vụ, mô hình phân lớp mạng và hiệu năng mạng quang.

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.1. Tổng quan về NG-SDH

- NG-SDH là gì?
- NG-SDH sử dụng những giao thức nào?

C
19



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.1.Tổng quan về NG-SDH

- NG-SDH là gì?

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.1.Tổng quan về NG-SDH

- Trước đây, công nghệ SONET (Synchronous Optical Network)/ SDH (Synchronous Digital Hierarchy) được thiết kế tối ưu cho truyền tải các tín hiệu ghép kênh TDM.
- Hiện nay, yêu cầu đặt ra đối với mạng đã thay đổi khi các dịch vụ truyền tải dữ liệu ngày càng tăng. Nghĩa là trong tương lai, hệ thống SDH truyền thống không thể đáp ứng được nhu cầu gia tăng của các dịch vụ dữ liệu.
- **NG-SDH** (Next Generation SDH)- SDH thế hệ tiếp theo là **một cơ chế truyền tải** cho phép tồn tại đồng thời các dịch vụ truyền thống và các dịch vụ mới trên cùng một mạng mà không làm ảnh hưởng lẫn nhau.

C
19



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.1.Tổng quan về NG-SDH

- NG-SDH sử dụng những giao thức nào?

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.1.Tổng quan về NG-SDH

- Các giao thức quan trọng được sử dụng trong NG-SDH phục vụ cho việc truyền tải dữ liệu qua mạng SDH gồm (được ITU-T tiêu chuẩn hóa):
 - + Giao thức đóng khung chung (ITU-T G.7041)
(GFP- Generic Framing Protocol)
 - + Kết chuỗi áo (ITU-T G.707)
(VCAT- Virtual Concatenation)
 - + Cơ chế điều chỉnh dung lượng tuyến (ITU-T G.7042)
(LCAS- Link Capacity Adjustment Scheme)

→ NG-SDH = classic SDH + [GFP+VCAT+LCAS]

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.1. Tổng quan về NG-SDH

- Mô hình mạng quang NG-SDH:

The diagram illustrates the NG-SDH architecture. It features two Multiservice Switching Platforms (MSSP) connected by an SDH classic cloud. Each MSSP has multiple client ports (PDH, Ethernet, VPN, DVB, SAN) and internal layers (GFC, VCAT, LCAS, SDH). The SDH layer handles Paths, Sections, and SDH frames. The diagram also shows 'Mapping in Frames' and 'Virtual Containers Transport' between the SDH layers of the two platforms.

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.2. Ghép kênh và cấu trúc khung

- Cấu trúc ghép kênh mở rộng SDH gồm có các thủ tục cơ bản nào?
- Khung SDH có cấu trúc như thế nào?

C
19



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.2. Ghép kênh và cấu trúc khung

- Cấu trúc ghép kênh mở rộng SDH gồm có các thủ tục cơ bản nào?

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

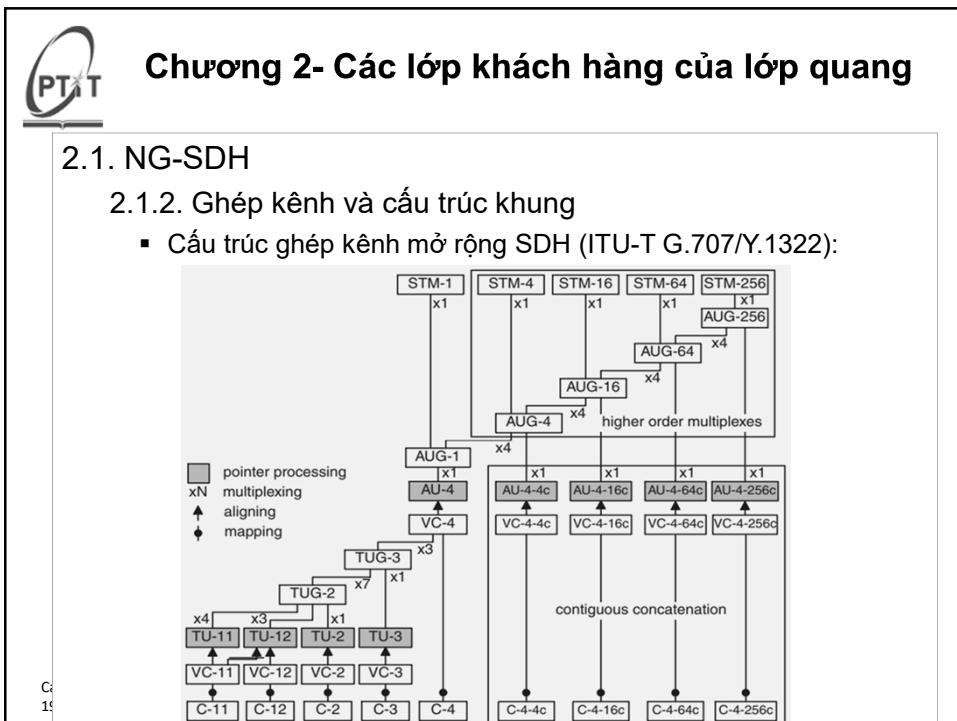
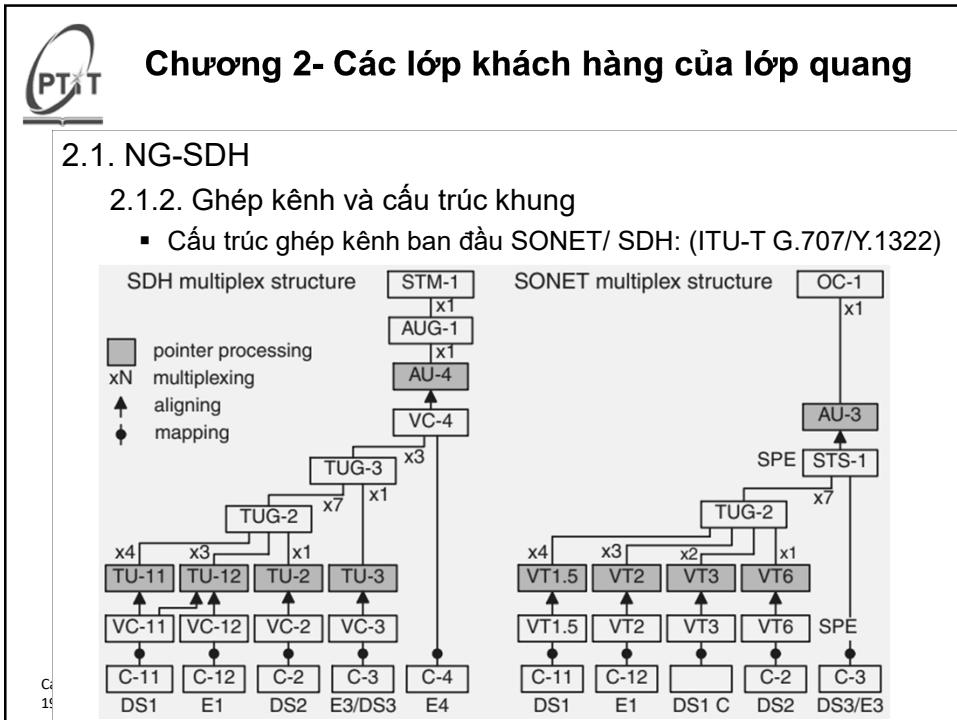
2.1. NG-SDH

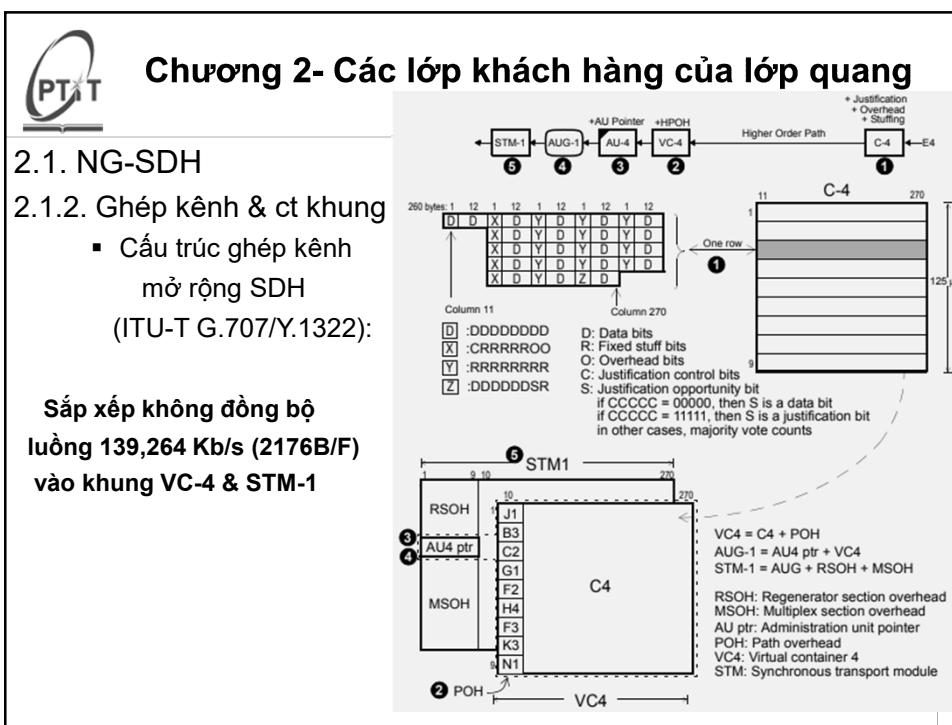
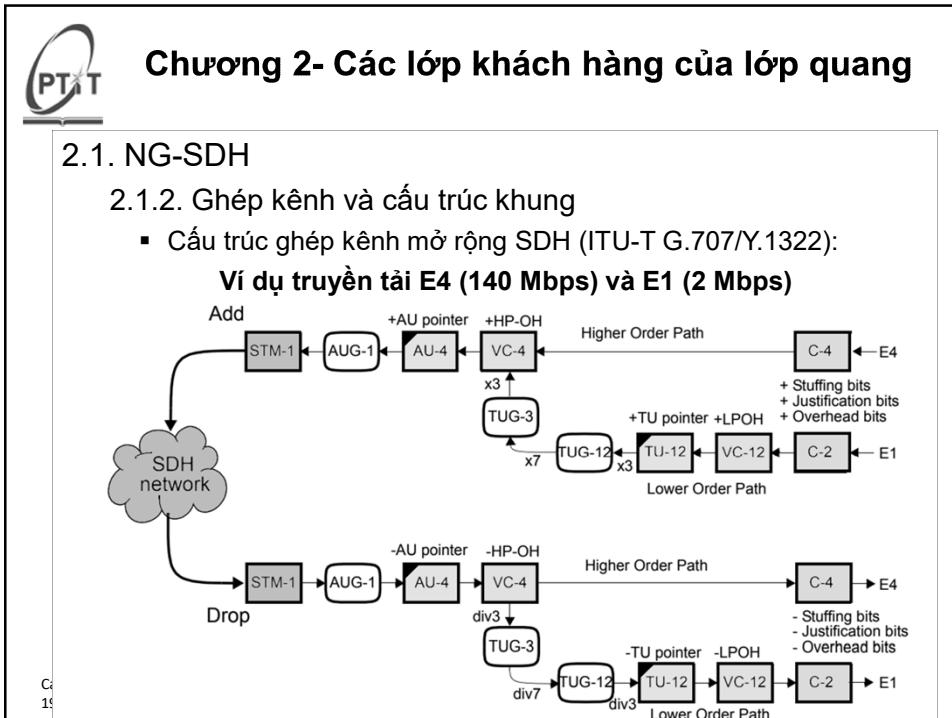
2.1.2. Ghép kênh và cấu trúc khung

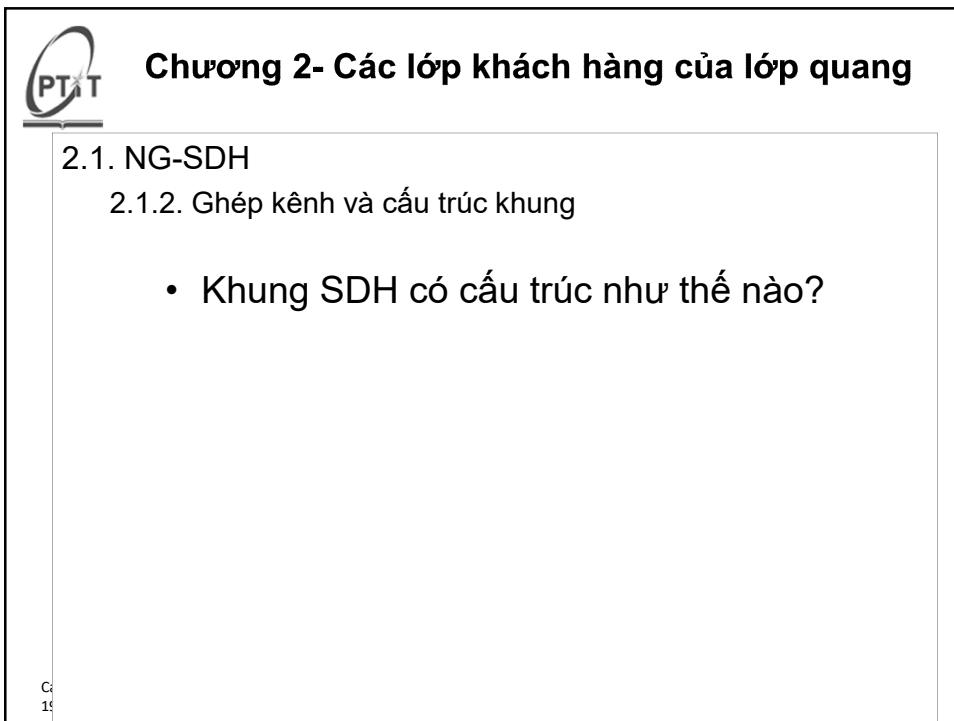
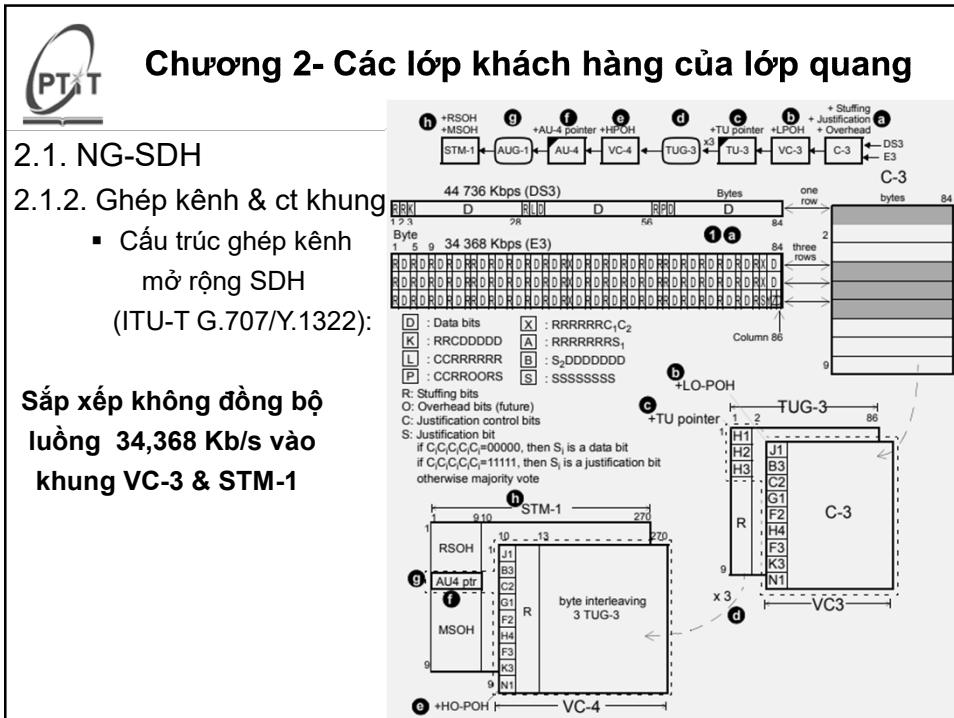
- Tốc độ truyền cho SONET/ SDH:

SONET Signal	SDH Signal	Bit Rate (Mb/s)
STS-1		51.84
STS-3	STM-1	155.52
STS-12	STM-4	622.08
STS-24		1244.16
STS-48	STM-16	2488.32
STS-192	STM-64	9953.28
STS-768	STM-256	39,814.32

C
19





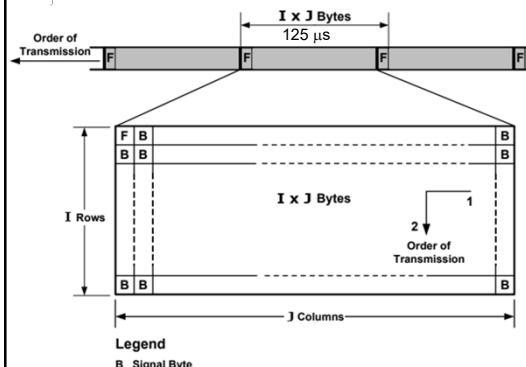


Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.2. Ghép kênh và cấu trúc khung

- Cấu trúc khung SDH:



Các khung	Số hàng (I)	Số cột (J)
STM-N	9	N×270
STM-1	9	270
VC-4	9	261
VC-3	9	85
VC-12	35	1

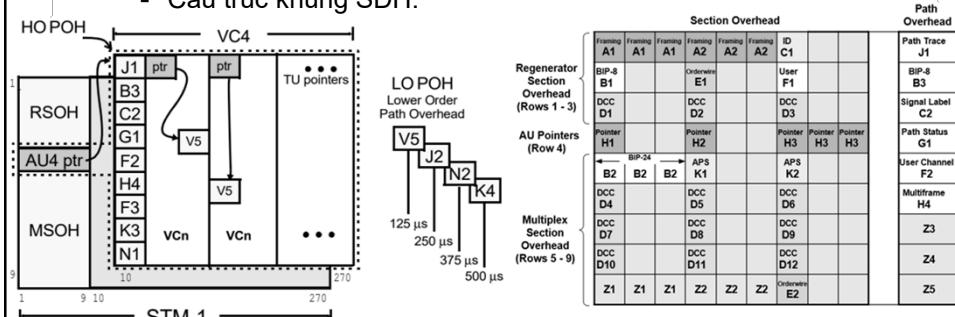
F Framing Byte

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1 NG-SDH

2.1.2. Ghép kênh và cấu trúc khung

- #### ▪ Cấu trúc khung SDH:



- STM-1 = AUG + RSOH + MSOH; STM-N=N×STM-1
 - RSOH và MSOH: quản lý lưu lượng
 - VC4 được thả nỗi bên trong STM-1: VC4 là không đồng bộ STM1 là đồng bộ
 - Con trỏ AU luôn trỏ đến vị trí mà VC4 bắt đầu và theo dõi các biến động xảy ra



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.2. Ghép kênh và cấu trúc khung

- Cấu trúc khung SDH: (Bài tập)

Bài 1: Trình bày cấu trúc khung STM-1 trong SDH. Hãy xác định tốc độ truyền của tín hiệu STM-1 khi biết chu kỳ khung là 125 μs.

Bài 2: Trình bày cấu trúc khung VC3/4 trong SDH. Hãy xác định tốc độ truyền của tín hiệu VC3/4 khi biết chu kỳ khung là 125 μs.

Bài 3: Trình bày cấu trúc đa khung VC12 trong SDH. Hãy xác định tốc độ truyền của tín hiệu khung VC12 khi biết chu kỳ khung là 125 μs.

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.3. Các lớp NG-SDH và lớp vật lý

- Lớp SONET/SDH bao gồm những lớp con nào?
- Dựa trên khoảng cách mục tiêu lớp vật lý SDH có thể phân loại thành các ứng dụng khác nhau nào?

C
19



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.3. Các lớp NG-SDH và lớp vật lý

- Lớp SONET/SDH bao gồm những lớp con nào?

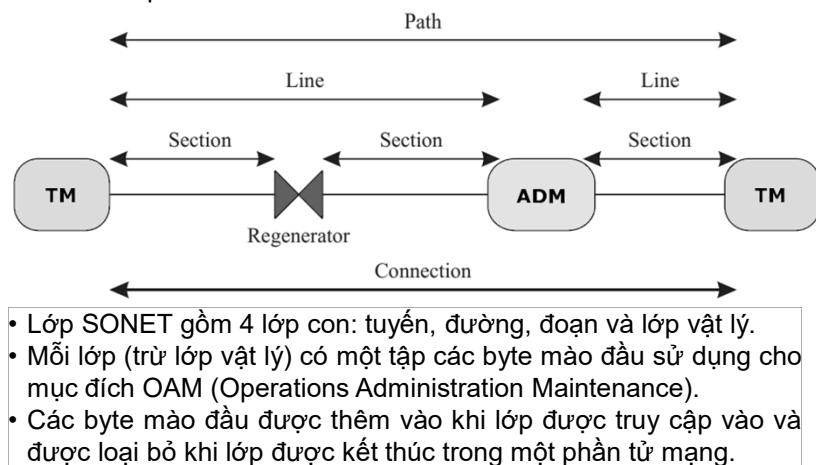
C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.3. Các lớp NG-SDH và lớp vật lý

- Các lớp NG-SDH: **SONET**

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.3. Các lớp NG-SDH và lớp vật lý

- Các lớp NG-SDH: **SDH**

• Lớp SDH gồm 4 lớp con: tuyền, đoạn ghép, đoạn lặp và lớp vật lý.
 • Mỗi lớp (trừ lớp vật lý) có một tập các byte mào đầu liên quan được sử dụng cho mục đích OAM.
 • Các byte mào đầu được thêm vào khi lớp được đưa vào và được loại bỏ khi lớp được kết thúc trong một phần tử mạng.

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.3. Các lớp NG-SDH và lớp vật lý

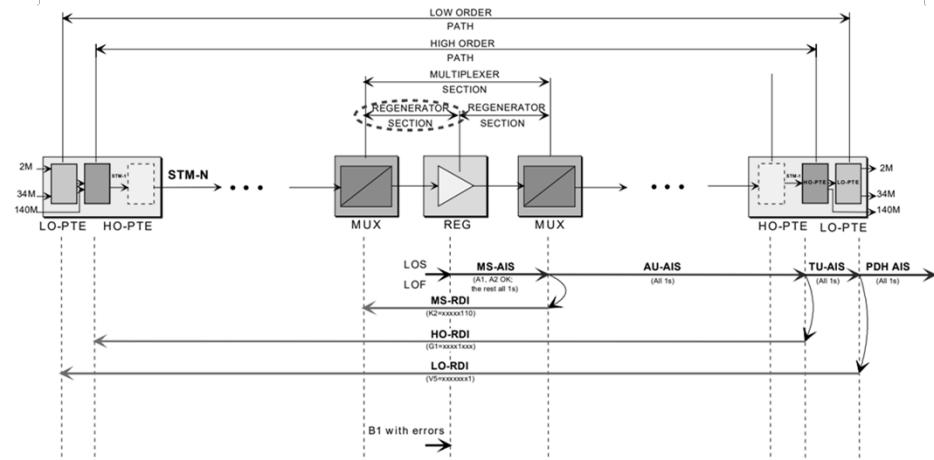
- Các lớp NG-SDH: **Cấu trúc đường truyền và các lớp mạng SONET và SDH**

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.3. Các lớp NG-SDH và lớp vật lý

- Các lớp NG-SDH: OAM- Các sự kiện được phát hiện ở RS

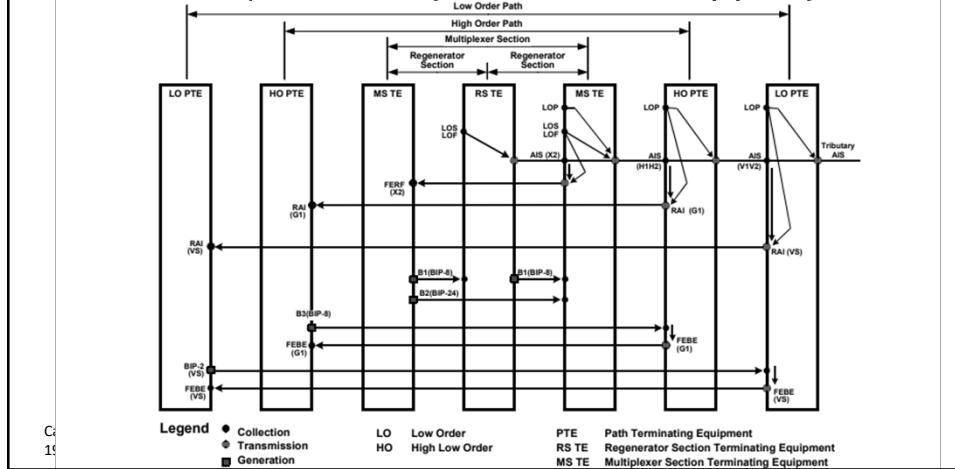


Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.3. Các lớp NG-SDH và lớp vật lý

- Các lớp NG-SDH: Truyền t/h c/báo và chỉ thị qua tuyến SDH





Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.3. Các lớp NG-SDH và lớp vật lý

- Dựa trên khoảng cách mục tiêu lớp vật lý SDH có thể phân loại thành các ứng dụng nào?

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.3. Các lớp NG-SDH và lớp vật lý

- Các lớp vật lý SDH:
 - ✓ Sự đa dạng về giao diện lớp vật lý định nghĩa cho SDH, phụ thuộc vào **tốc độ bit** và **khoảng cách** liên quan.
 - ✓ Nói chung, có thể **phân loại các ứng dụng** khác nhau dựa trên **khoảng cách mục tiêu** và **suy hao** trên liên kết giữa máy phát và máy thu. Khoảng cách bao gồm:
 - **Kết nối nội bộ (I)**: khoảng cách dưới **2 km**.
 - **Kết nối cự li ngắn (S)**: khoảng cách **~15 km** ở bước sóng 1310 nm và **40 km** ở bước sóng 1550 nm.
 - **Kết nối cự li dài (L)**: khoảng cách **~40 km** ở bước sóng 1310 nm và **80 km** ở bước sóng 1550 nm.
 - **Kết nối cự li rất dài (V)**: khoảng cách **~60 km** ở bước sóng 1310 nm và **120 km** ở bước sóng 1550 nm.
 - **Kết nối cự li cực dài (U)**: khoảng cách **~160 km**.

C
19



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.3. Các lớp NG-SDH và lớp vật lý

- Các lớp vật lý SDH:

✓ Các giao diện vật lý cho SDH: (ITU G.957 and G.691)

Bit Rate	Code	Wavelength (nm)	Fiber	Loss (dB)	Transmitter	Dispersion (ps/nm)
STM-1	I-1	1310	G.652	0-7	LED/MLM	18/25
	S-1.1	1310	G.652	0-12	MLM	96
	S-1.2	1550	G.652	0-12	MLM/SLM	296/NA
	L-1.1	1310	G.652	10-28	MLM/SLM	246/NA
	L-1.2	1550	G.652	10-28	SLM	NA
	L-1.3	1550	G.653	10-28	MLM/SLM	296/NA

C
19



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.3. Các lớp NG-SDH và lớp vật lý

- Các lớp vật lý SDH:

✓ Các giao diện vật lý cho SDH: (ITU G.957 and G.691)

Bit Rate	Code	Wavelength (nm)	Fiber	Loss (dB)	Transmitter	Dispersion (ps/nm)
STM-4	I-4	1310	G.652	0-7	LED/MLM	14/13
	S-4.1	1310	G.652	0-12	MLM	74
	S-4.2	1310	G.652	0-12	SLM	NA
	L-4.1	1310	G.652	10-24	MLM/SLM	109/NA
	L-4.2	1550	G.652	10-24	SLM	ffs
	L-4.3	1550	G.653	10-24	SLM	NA
	V-4.1	1310	G.652	22-33	SLM	200
	V-4.2	1550	G.652	22-33	SLM	2400
	V-4.3	1550	G.653	22-33	SLM	400
	U-4.2	1550	G.652	33-44	SLM	3200
	U-4.3	1550	G.653	33-44	SLM	530



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.3. Các lớp NG-SDH và lớp vật lý

- Các lớp vật lý SDH:

✓ Các giao diện vật lý cho SDH (ITU G.957 and G.691):

Bit Rate	Code	Wavelength (nm)	Fiber	Loss (dB)	Transmitter	Dispersion (ps/nm)
STM-16	I-16	1310	G.652	0-7	MLM	12
	S-16.1	1310	G.652	0-12	SLM	NA
	S-16.2	1550	G.652	0-12	SLM	ffs
	L-16.1	1310	G.652	10-24	SLM	NA
	L-16.2	1550	G.652	10-24	SLM	1600
	L-16.3	1550	G.653	10-24	SLM	ffs
	V-16.2	1550	G.652	22-33	SLM	2400
	V-16.3	1550	G.653	22-33	SLM	400
	U-4.2	1550	G.652	33-44	SLM	3200
	U-4.3	1550	G.653	33-44	SLM	530



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.3. Các lớp NG-SDH và lớp vật lý

- Các lớp vật lý SDH:

✓ Các giao diện vật lý cho SDH (ITU G.957 and G.691):

Bit Rate	Code	Wavelength (nm)	Fiber	Loss (dB)	Transmitter	Dispersion (ps/nm)
STM-64	I-64.1r	1310	G.652	0-4	MLM	3.8
	I-64.1	1310	G.652	0-4	SLM	6.6
	I-64.2r	1550	G.652	0-7	SLM	40
	I-64.2	1550	G.652	0-7	SLM	500
	I-64.3	1550	G.653	0-7	SLM	80
	I-64.5	1550	G.655	0-7	SLM	ffs
	S-64.1	1550	G.652	6-11	SLM	70
	S-64.2	1550	G.652	3/7-11	SLM	800
	S-64.3	1550	G.653	3/7-11	SLM	130
	S-64.5	1550	G.655	3/7-11	SLM	130
	L-64.1	1310	G.652	17-22	SLM	130
	L-64.2	1550	G.652	11/16-22	SLM	1600
	L-64.3	1550	G.653	16-22	SLM	260
	L-64.3	1550	G.653	0-7	SLM	ffs
	V-64.2	1550	G.652	22-33	SLM	2400
	V-64.3	1550	G.653	22-33	SLM	400



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- GFP/ VCAT / LCAS là gì?
- Các dịch vụ sắp xếp cho giao thức dữ liệu trong khung GFP?
- Khung GFP có cấu trúc như thế nào?
- Có bao nhiêu phương pháp kết chuỗi trong NG-SDH?
- Để thực hiện kết chuỗi ào, chức năng kết chuỗi chỉ cần thực hiện ở thiết bị nào của tuyến?
- Các chức năng chính của LCAS?
- Các loại con trỏ có cấu tạo như thế nào?
- Khi xảy ra chèn giá trị con trỏ thay đổi ra sao?
- Cách đánh số địa chỉ các nhóm byte của AUG là như thế nào?

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- GFP/ VCAT / LCAS là gì?

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

NG SDH/SONET

```

graph TD
    A[NG SDH/SONET] --> B[GFP-F]
    A --> C[GFP-T]
    B --> D[Contiguous Concatenation]
    C --> E[Virtual Concatenation]
    E --> F[LCAS]
  
```

- GFP (Generic Framing Protocol): ITU-T G.7041
là quy trình đóng gói được tiêu chuẩn hóa để truyền tải dữ liệu gói trên SDH.
Về cơ bản, GFP thực hiện các tính năng quản lý thích ứng tốc độ bit như ưu tiên, lựa chọn kênh truyền tải và ghép kênh con.

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

NG SDH/SONET

```

graph TD
    A[NG SDH/SONET] --> B[GFP-F]
    A --> C[GFP-T]
    B --> D[Contiguous Concatenation]
    C --> E[Virtual Concatenation]
    E --> F[LCAS]
  
```

- VCAT (Virtual Concatenation): ITU-T G.707
là một cơ chế gán kích cỡ băng thông (chi tiết hơn so với kết nối liên tục).
Do đó VCAT linh hoạt và hiệu quả hơn.

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

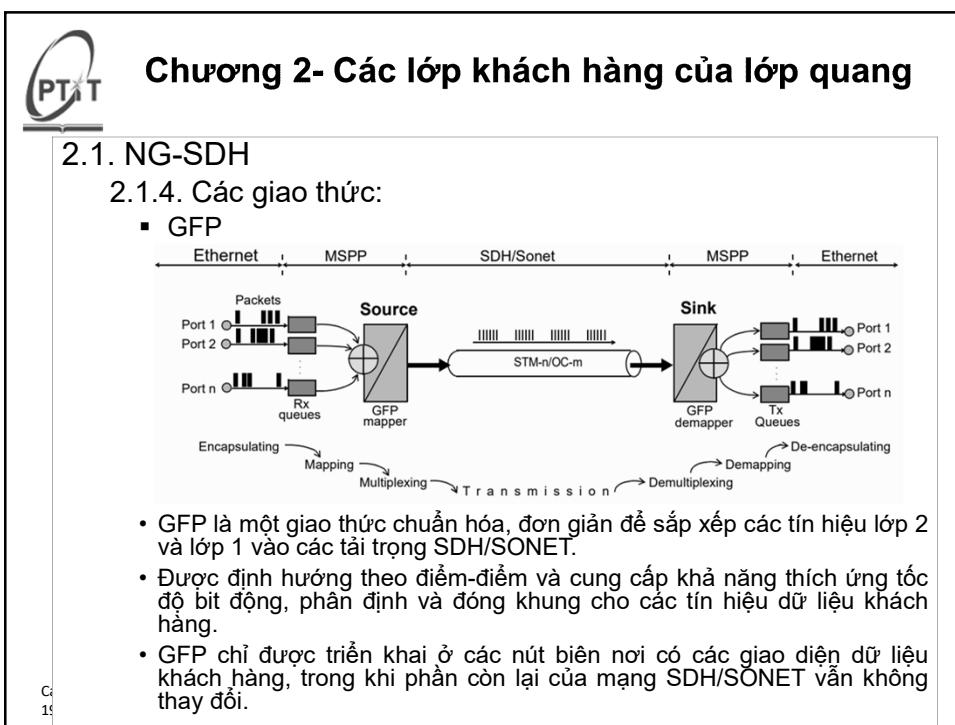
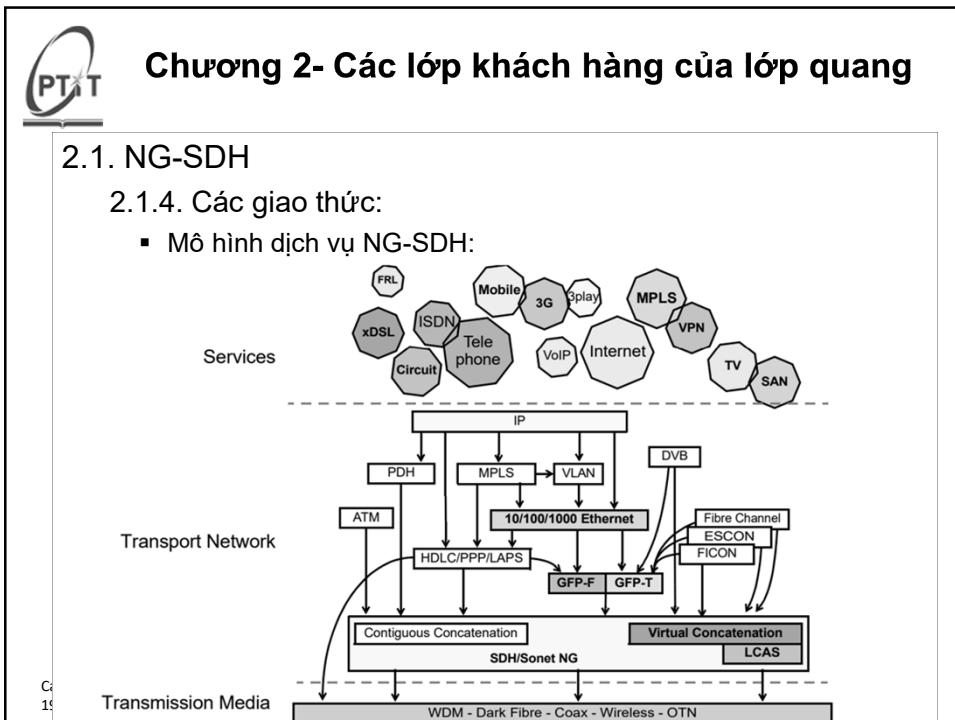
- LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme): ITU-T G.7042
 - ✓ Điều chỉnh linh hoạt băng thông VCAT được phân bổ bằng cách thêm/ bớt các thành viên của đường ống đang sử dụng.
 - ✓ Sử dụng để triển khai tính đa dạng cho khả năng phục hồi lưu lượng.

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- Các dịch vụ sắp xếp cho các giao thức dữ liệu trong khung GFP?

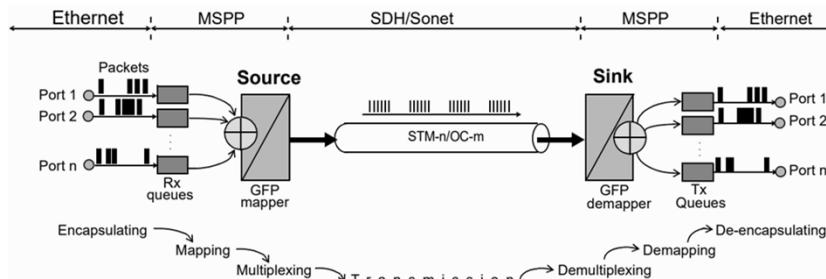


Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- GFP



- Có hai dịch vụ sắp xếp cho các giao thức dữ liệu:

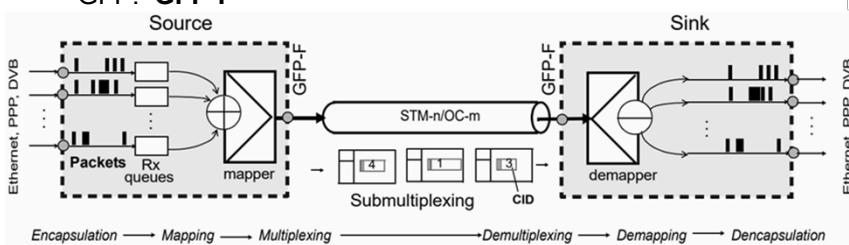
- GFP-F (Framed) là đóng gói lớp 2 trong các khung có kích thước thay đổi. Tối ưu cho các giao thức gói dữ liệu như DVB, PPP và Ethernet.
- GFP-T (Transparent) là đóng gói lớp 1 trong các khung có kích thước cố định. Tối ưu cho lưu lượng dựa trên mã hóa 8B/10B như 1000BASE-T, Fibre Channel, FICON và ESCON.

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- GFP: **GFP-F**



- Toàn bộ gói của khách hàng được đưa vào khung GFP.
- Các tín hiệu dữ liệu khách hàng như Ethernet, PPP và DVB được xếp hàng, đợi để được sắp xếp.
- Một số mã có thể được loại bỏ để giảm thiểu kích thước truyền.
- GFP-F hỗ trợ ghép kênh con trên một kênh duy nhất cho các nguồn tốc độ thấp GFP-F dẫn đến truyền tải hiệu quả hơn, tuy nhiên, các quy trình đóng gói được mô tả ở trên làm tăng độ trễ, khiến GFP-F không phù hợp với các giao thức nhạy cảm với thời gian.

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- GFP: **GFP-T**

Encapsulation → Mapping → Multiplexing → Demultiplexing → Demapping → Decapsulation

- Các tín hiệu khách hàng GFP-T được sắp xếp thành các khung GFP có độ dài cố định và được truyền ngay lập tức mà không cần đợi nhận toàn bộ gói dữ liệu khách hàng.
- GFP-T đóng gói bất kỳ giao thức nào miễn là chúng dựa trên mã đường 8B/10B.
- GFP-T rất tốt cho các giao thức ESCON/ FICON và SAN. Do không cần thiết phải xử lý các khung khách hàng hoặc đợi đến khi khung hoàn chỉnh.

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- Khung GFP có cấu trúc như thế nào?

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- GFP (Giao thức khung chung): Cấu trúc khung GFP

• Định dạng khung GFP gồm 2 phần chính:
Mào đầu chính + Vùng tải trọng.

• Mào đầu chính:

- + Có kích thước cố định: 4 byte,
- + Gồm hai thành phần: trường chỉ thị độ dài PDU (ký hiệu PLI) và trường kiểm tra lỗi mào đầu chính cHEC.

• Vùng tải trọng:

- + Kích thước: thay đổi từ $4 \div 65535$ byte.
- + Gồm hai thành phần: Trường mào đầu tải trọng và trường tải trọng, trường Chuỗi kiểm tra khung FCS (Frame Check Sequence) tải trọng chỉ là tùy chọn.

The diagram illustrates the structure of a GFP frame. It consists of a 'Core Header' and a 'Payload Area'. The 'Core Header' contains a '16-bit Payload Length Indicator' and a 'cHEC (CRC-16)'. The 'Payload Area' contains 'Payload Headers (4-64 bytes)', 'Type (4 bytes)', 'Extension (0-60 bytes)', and a 'Client Payload Field'. Below the 'Client Payload Field' is an 'Optional Payload FCS (CRC-32)'.

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

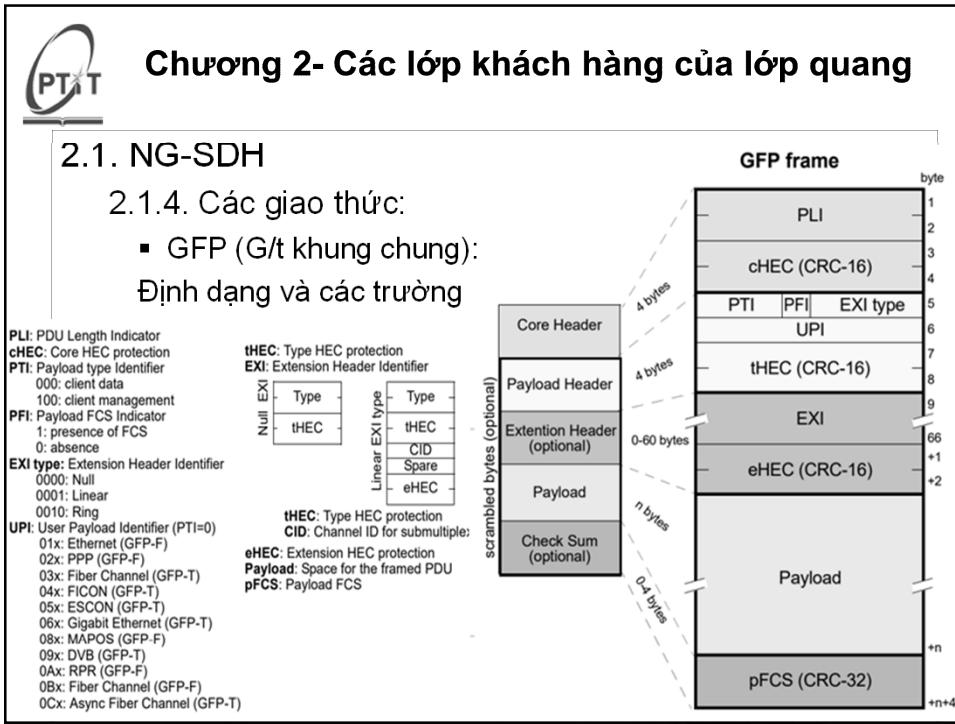
2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- GFP (Giao thức khung chung): Sắp xếp GFP các tín hiệu khách

The diagram shows the mapping of different link layer frames onto a GFP frame. On the left, there are three link layer frames: HDSL/PPPP, Fiber Channel, and Ethernet. Each has its own header and payload structure. Dotted arrows labeled 'GFP-F' map these structures into a central 'GFP' frame. The GFP frame structure is shown as: Core Header, Payload Header, Extension Header, Payload, and Check Sum. A box labeled 'thrown away transported' is shown below the GFP frame.

- Tùy thuộc vào loại GFP, chức năng sắp xếp có thể rẽ toàn bộ tín hiệu (trong trường hợp của GFP-T), hoặc có thể loại bỏ các trường phân định nhất định (GFP-F).



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- GFP (Giao thức khung chung): So sánh GFP-F và GFP-T

Feature	GFP-F	GFP-T
Protocol transparency	low	high
Efficiency	high	low
Isocronic protocols	no	yes
Encapsulation protocol level	Layer 2 (Frames)	Layer 1 (Physical)
Optimized for	Ethernet	SAN, DVB
LCAS protection	likely	poor
Statistical submultiplexing	yes	no
SAN transport	no	yes
Ethernet transport	optimum	possible



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- GFP (Giao thức khung chung): Bài tập

Bài 4: Hãy tính tốc độ trường tin PTI/PFI trong tuyến NG-SDH có tốc độ truyền tải 10Gb/s.

Bài 5: Tuyến NG-SDH hoạt động với tốc độ truyền dẫn 10Gb/s. Biết khung GFP có trường tải trọng khách hàng 2000 byte liên tục và bỏ qua trường mào đầu tải trọng mở rộng. Hãy xác định chu kỳ truyền khung (độ dài khung) GFP.

Bài 6: Xét một tuyến NG-SDH trong đó một trạm phát các khung GFP có trường tải trọng khách hàng 2000 byte liên tục và bỏ qua trường mào đầu tải trọng mở rộng. Giả sử rằng một xung điện gây hư hỏng dữ liệu dài 1 ms xảy ra trên đường truyền, hãy tính số khung bị hỏng đối với tốc độ NG-SDH là 10Gbit/s.

C₁₉

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- Có bao nhiêu phương pháp kết chuỗi trong NG-SDH?

C₁₉



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- VCAT (Kết chuỗi ảo): **Kết chuỗi**

- Kết chuỗi là quá trình kết hợp băng thông của X container (C-i) vào một container lớn hơn (lớn hơn X lần so với C-i).
- Các tải kết chuỗi trong mạng được xử lý như các tải riêng biệt và độc lập, nên các nhà khai thác có thể thực hiện chức năng kết chuỗi mà không làm ảnh hưởng đến hệ thống đang sử dụng hiện tại.
- Có hai phương pháp kết chuỗi:
 - ✓ **Kết chuỗi liên tục:** Các C-i được kết hợp lại tạo ra các C lớn mà không chia thành các phần tải nhỏ hơn trong quá trình truyền dẫn. Yêu cầu, mỗi NE phải có chức năng kết chuỗi.
 - ✓ **Kết chuỗi ảo:** truyền tải các VC riêng lẻ và tập hợp chúng tại điểm cuối của tuyến truyền dẫn. Để thực hiện, chức năng kết chuỗi chỉ cần ở thiết bị kết cuối tuyến.

C
19

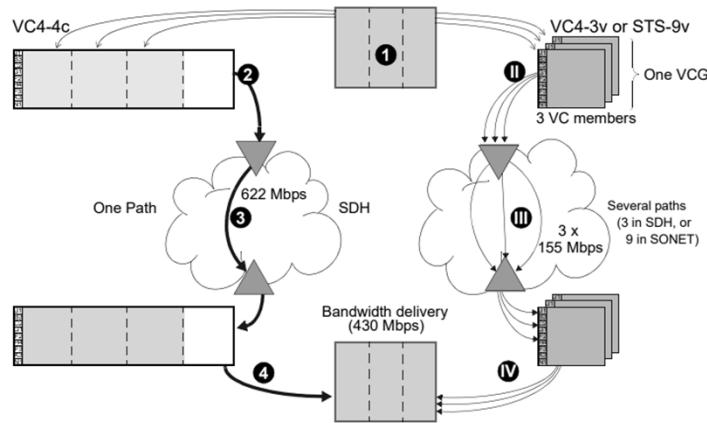
Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- VCAT (Kết chuỗi ảo): **Kết chuỗi liên tục & Kết chuỗi ảo**

Contiguous concatenation Bandwidth requirement Virtual concatenation

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- VCAT (Kết chuỗi ảo): Kết chuỗi liên tục

STM / STS pointers

AU-4 ptr	1 3 6 9	H1 Y Y H2 1 1 H3 H3 H3 (STM-1/OC-3)
AU-4-4c ptr	1 12 24 36	H1 Y Y H2 1 1 H3 H3 H3 (STM-4/OC-12)
AU-4-16c ptr	1 48 96 144	H1 Y Y H2 1 1 H3 H3 H3 (STM-16/OC-48)
AU-4-Xc ptr	1 3X 6X 9X	H1 Y Y H2 1 1 H3 H3 H3 (STM-n/OC-m)

Y: 1001SS11

1: All 1s byte Justification unit = 3 X bytes

• Các loại con trỏ và Container:

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- VCAT (Kết chuỗi ảo): Kết chuỗi liên tục

HOPOH

Regenerator Section Overhead (Rows 1 - 3)

Framing A1	Framing A1	Framing A1	Framing A2	Framing A2	Framing A2	ID C1		
BIP-8 B1			Orderwire E1			User F1		
DCC D1			DCC D2			DCC D3		

AU Pointers (Row 4)

Pointer H1		Pointer H2			Pointer H3	Pointer H3	Pointer H3	
------------	--	------------	--	--	------------	------------	------------	--

Path Overhead

Path Trace J1								
BIP-8 B3								
Signal Label C2								
Path Status G1								
User Channel F2								
Multiframe H4								
Z3								
Z4								
Z5								

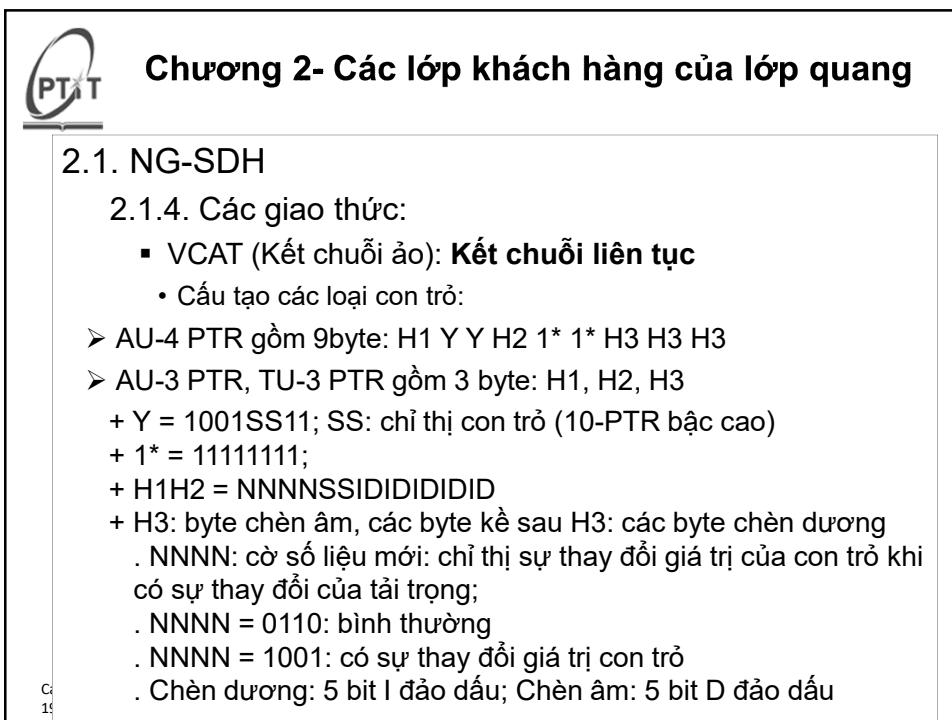
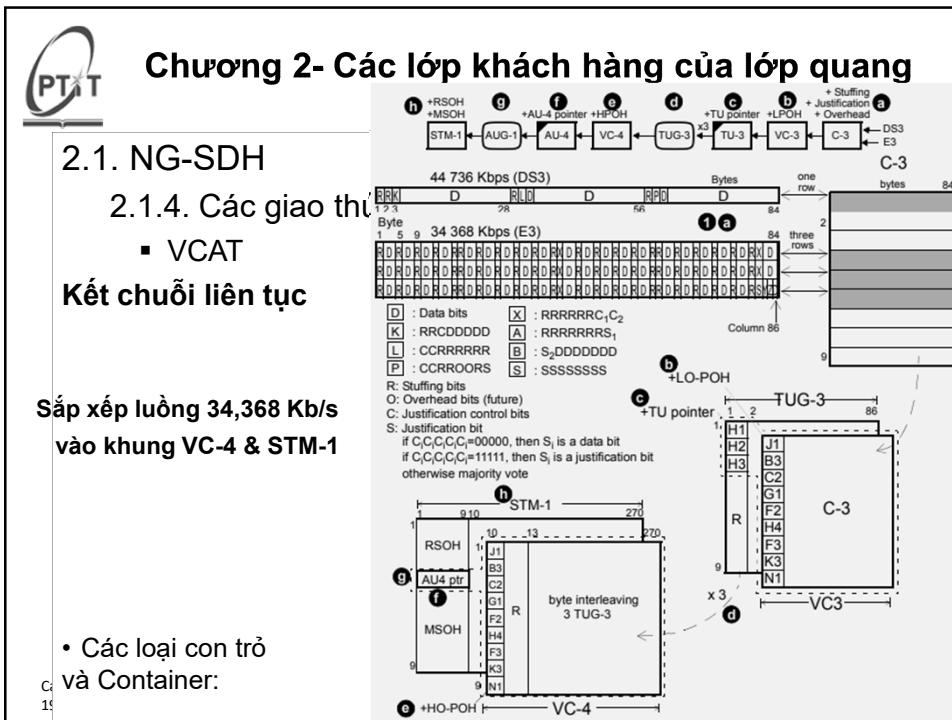
Multiplex Section Overhead (Rows 5 - 9)

BIP-24 B2	B2	B2	APS K1		APS K2			
DCC D4			DCC D5		DCC D6			
DCC D7			DCC D8		DCC D9			
DCC D10			DCC D11		DCC D12			
Z1	Z1	Z1	Z2	Z2	Z2	Orderwire E2		

Section Overhead

Bytes reserved for future use

Các loại con trỏ và Container:





Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

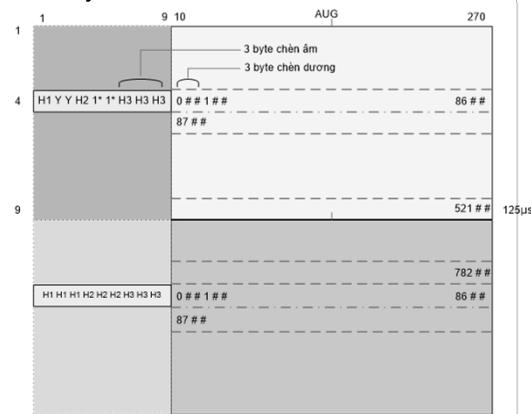
2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- VCAT (Kết chuỗi ảo): **Kết chuỗi liên tục**

- Đánh số địa chỉ các nhóm byte của AUG:

- Tổng số nhóm byte trong khung AUG cần đánh địa chỉ:
 $N_{DC} = 261 \text{ byte} \times 9 : 3 = 783$
- Nhóm 3 byte thứ nhất mang địa chỉ 0 đặt ngay sau H3
- Nhóm 3 byte cuối cùng mang địa chỉ 782 đặt cuối hàng thứ ba của khung tiếp theo.
- Phạm vi chỉ thị của AU-4
 $C PTR = 0 \div 782.$



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- VCAT (Kết chuỗi ảo): **Kết chuỗi liên tục**

- Xác định toạ độ byte đầu tiên của VC-4 trong khung AUG dựa vào giá trị con trỏ:

- Khi ghép VC-4 vào AUG thì AU-4 PTR cài đặt giá trị để chỉ thị vị trí của J1 VC-4 trong khung AUG.
- Xác định toạ độ của J1 VC-4 có nghĩa là xác định J1 thuộc hàng nào (i) và cột nào (j) của khung AUG.
- Chú ý: Giá trị con trỏ (n) của AU-4 PTR chính là khoảng cách tính theo nhóm byte kể từ J1VC-4 đến byte H3 cuối cùng của AU-4 PTR. Vì vậy i, j được xác định như sau :
 - + Địa chỉ đầu hàng $< n <$ Địa chỉ cuối hàng \rightarrow Xác định hàng: i
 - + Thứ tự cột ghép J1VC-4 được xác định theo biểu thức:

$$j = 9 + 1 + (n - \text{địa chỉ đầu hàng chứa J1}) \times 3$$



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- VCAT (Kết chuỗi ảo): **Kết chuỗi liên tục**

Bài 7.1: 10 bit giá trị con trỏ AU-4 khi không chèn là 0100111000.

Tìm cấu trúc 10 bit giá trị con trỏ trong các trường hợp sau đây:

- a) Trong khung chèn dương
- b) Trong khung chèn âm
- c) Trong khung liền sau khung chèn dương
- d) Trong khung liền sau khung chèn âm.

Bài 8.1: Trong khung AUG không chèn, giá trị của AU-4 PTR bằng 123. Tìm toạ độ (hàng, cột) byte J1 của khung VC-4 trong khung AUG này.

C
19



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- VCAT (Kết chuỗi ảo): **Kết chuỗi liên tục**

Bài 7.2: 10 bit giá trị con trỏ AU-4-4c khi không chèn là 0100111000. Tìm cấu trúc 10 bit giá trị con trỏ trong các trường hợp sau đây:

- a) Trong khung chèn dương
- b) Trong khung chèn âm
- c) Trong khung liền sau khung chèn dương
- d) Trong khung liền sau khung chèn âm.

Bài 8.2: Trong khung AUG-4 không chèn, giá trị của AU-4-4c PTR bằng 123. Tìm toạ độ (hàng, cột) byte J1 của khung VC-4-4c trong khung AUG-4 này.

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- VCAT (Kết chuỗi ảo): **Kết chuỗi liên tục**

C
19

- Cấu trúc VC-4-Xc ($X = 1, 4, 16, 64, 256$), trong đó X đại diện cho mức. Đơn vị tăng/ giảm (khi chèn) là 3X, vì nó phụ thuộc vào mức: AU-4 = 3 byte, AU-4-256c = 768 byte

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- VCAT (Kết chuỗi ảo): **Kết chuỗi ảo**

VCn-Xv

Virtual Container	VC type	Number Virtual of VCs	Virtual Concatenation
-------------------	---------	-----------------------	-----------------------

- Các công nghệ ghép kênh thông kê theo gói (IP hoặc Ethernet), không phù hợp với độ chi tiết băng thông của kết chuỗi liền kề.
- VCAT là một kỹ thuật ghép kênh linh hoạt cho phép gia tăng băng thông chi tiết trong các khối VC-n đơn.
- Tại nút nguồn, VCAT tạo ra một trọng tải liên tục tương đương với X lần VC-n.
- Tập các X VC được gọi là **Nhóm container ảo (VCG)** và mỗi VC riêng lẻ là một thành viên của VCG.
- Kết chuỗi ảo bậc thấp (LO-VCAT) sử dụng X VC12 (VC12-Xv, $X = 1 \dots 64$).
- Kết chuỗi ảo bậc cao (HO-VCAT) sử dụng X VC3 hoặc VC4 (VC3/4-Xv, $X = 1 \dots 256$), cung cấp dung lượng tải X lần 48.384 hoặc 149.760 kbit/s

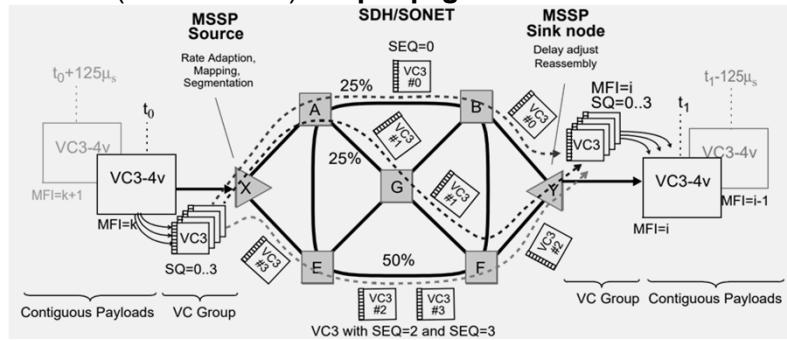
C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- VCAT (Kết chuỗi ảo): **Hoạt động kết chuỗi ảo**



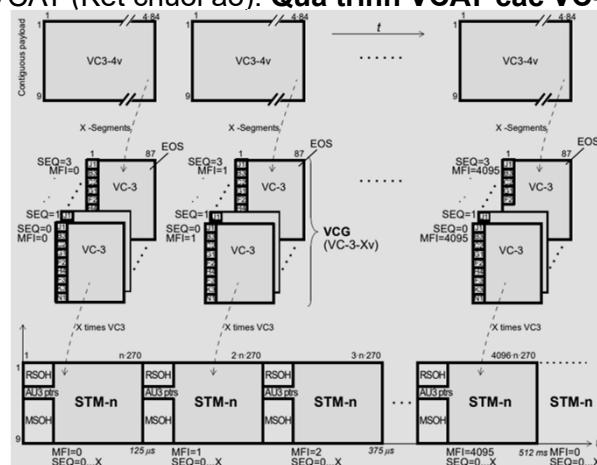
- MFI: Multiframe Indicator, VCG: Virtual Container group, SEQ: Sequence Number.
- Kết chuỗi ảo chỉ yêu các tại các nút biên.
- Nút thu phải bù trễ khác nhau (s/dụng cơ chế đa khung: byte H4, K4).

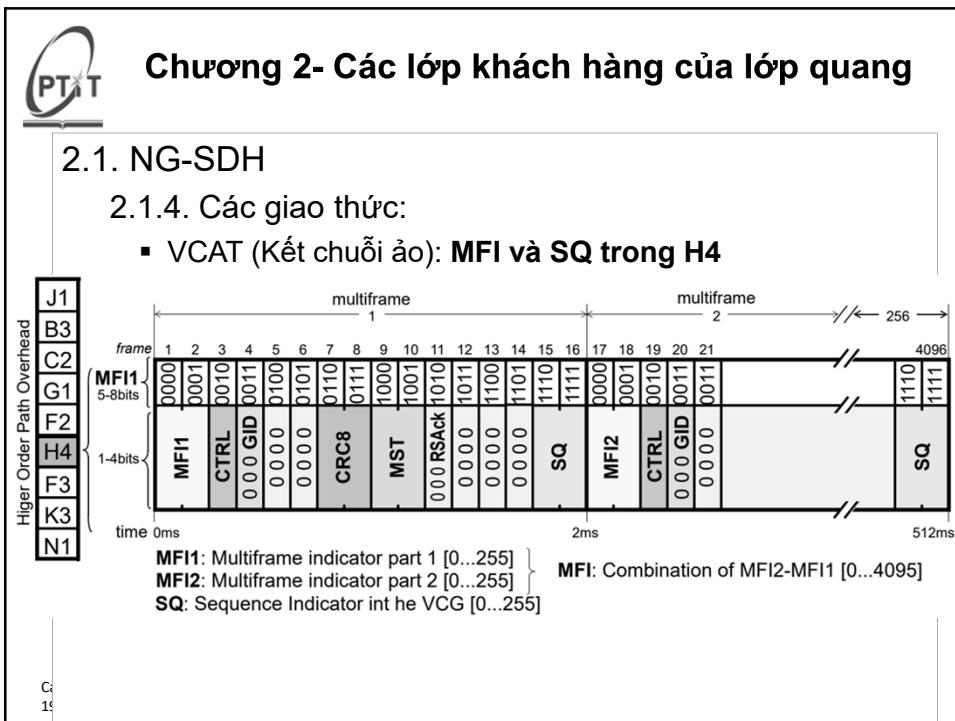
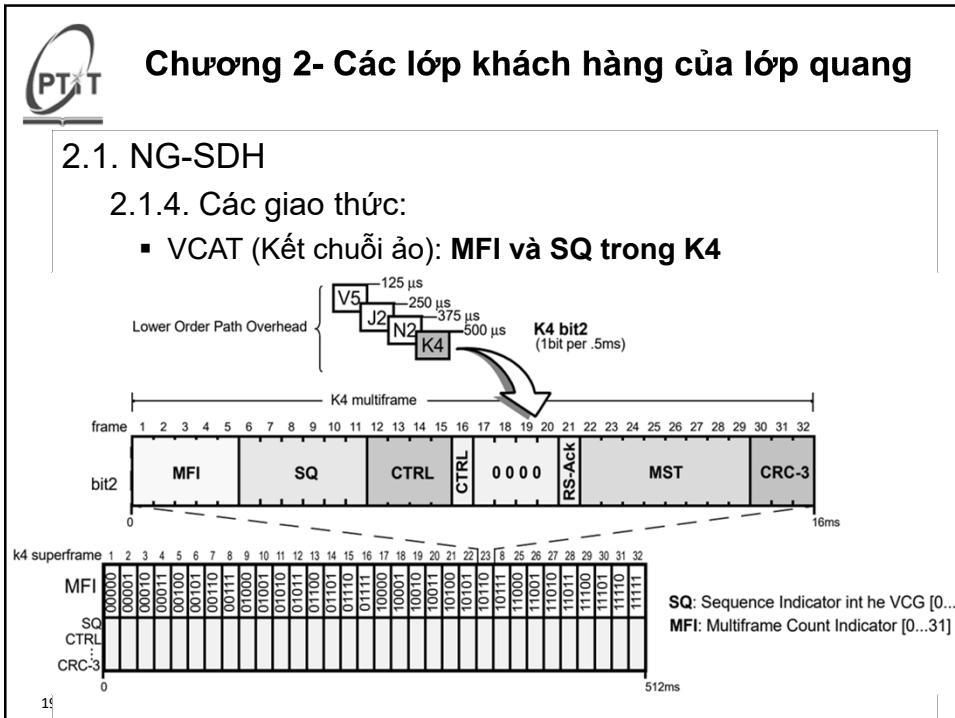
Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- VCAT (Kết chuỗi ảo): **Quá trình VCAT các VC-3-4v (X=4)**







Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- VCAT (Kết chuỗi ảo): So sánh VCAT với CCAT

SDH	SONET	X times	Capacity	Justification	Transport
VC-4	STS3c-SPE	1	149,760 Kbps	3 bytes	STM-1/OC-3
VC-4-4c	STS12c-SPE	4	599,040 Kbps	12 bytes	STM-4/OC-12
VC-4-16c	STS48c-SPE	16	2,396,160 Kbps	48 bytes	STM-16/OC-48
VC-4-64c	STS192c-SPE	64	9,584,640 Kbps	192 bytes	STM-64/OC-192
VC-4-256c	STS768c-SPE	256	38,338,560 Kbps	768 bytes	STM-256/OC-768

SDH	SONET	X times	Capacity	Virtual Capacity
VC-12-Xv	VT2-Xv	1 to 64	2,176 Kbps	2,176 to 139,264 Kbps
VC-3-Xv	STS-1-Xv	1 to 256	48,384 Kbps	48,384 to 12,386 Kbps
VC-4-Xv	STS-3c-Xv	1 to 256	149,760 Kbps	149,760 to 38,338,560 Kbps

15



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- VCAT (Kết chuỗi ảo): So sánh VCAT với CCAT

Service	Bit Rate	Contiguous Concat.	Virtual Concatenation
Ethernet	10 Mbit/s	VC-3 (20%)	VC-11-7v (89%)
Fast Ethernet	100 Mbit/s	VC-4 (67%)	VC-3-2v (99%)
Gigabit Ethernet	1000 Mbit/s	VC-4-16c (42%)	VC-4-7v (95%)
Fiber Channel	1700 Mbit/s	VC-4-16c (42%)	VC-4-12v (90%)
ATM	25 Mbit/s	VC-3 (50%)	VC-11-16c (98%)
DVB	270 Mbit/s	VC-4-4c (37%)	VC-3-6v (93%)
ESCON	160 Mbit/s	VC-4-4c (26%)	VC-3-4v (83%)

C
15



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

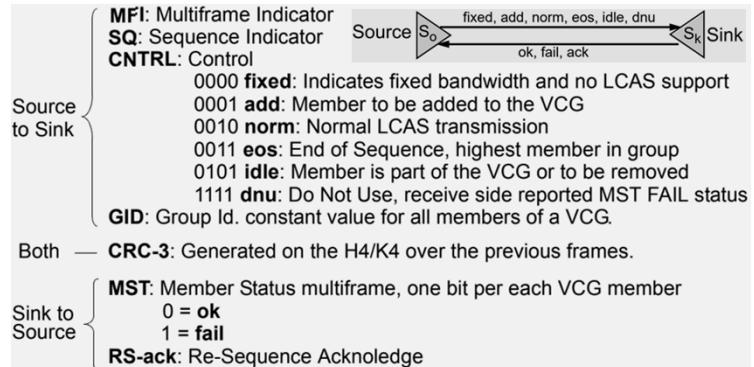
2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- LCAS (Cơ chế điều chỉnh tuyến):

- Để quản lý phân bổ băng thông của tuyến VCAT. LCAS có thể thêm và xóa các thành viên của VCG.

- Các bản tin trao đổi:

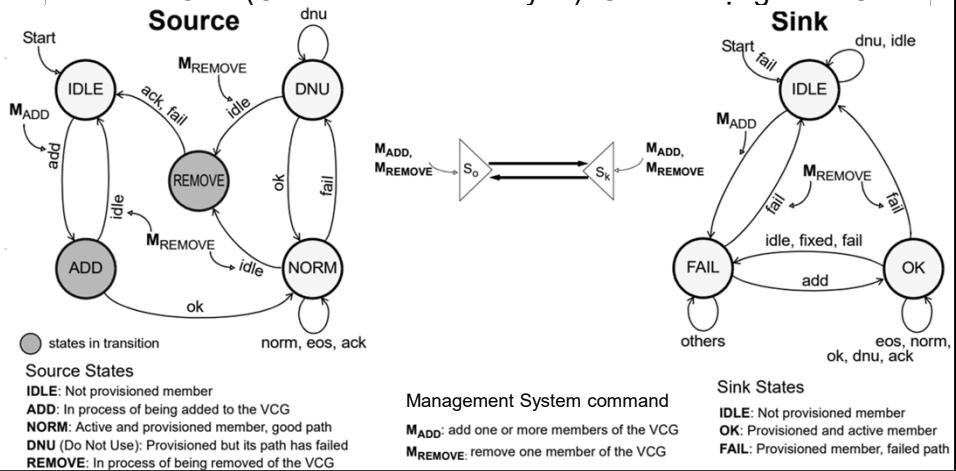
C
19

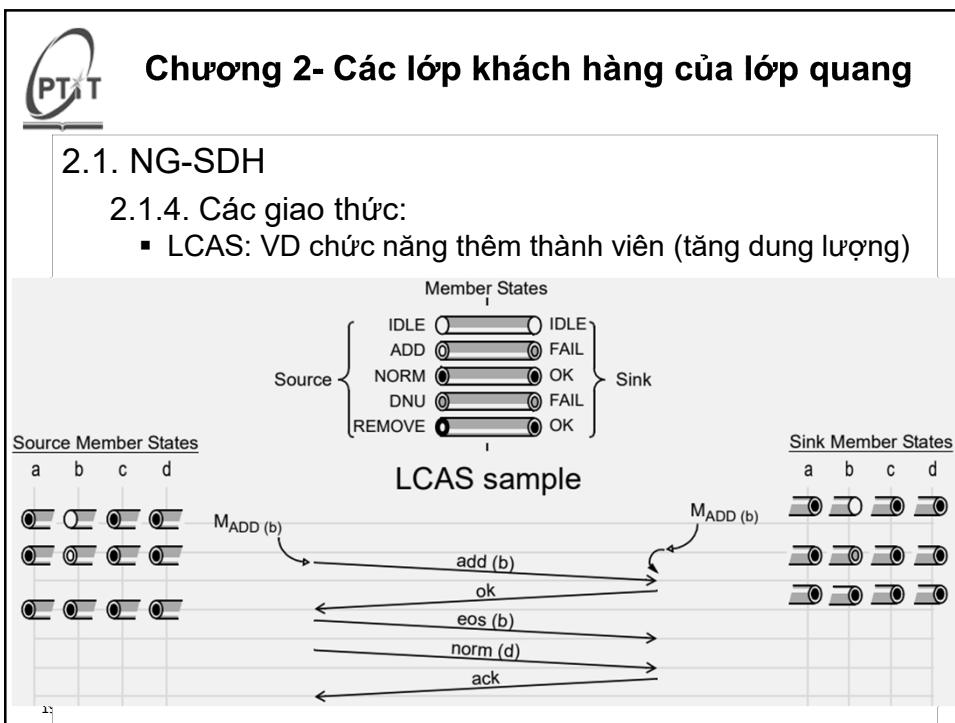
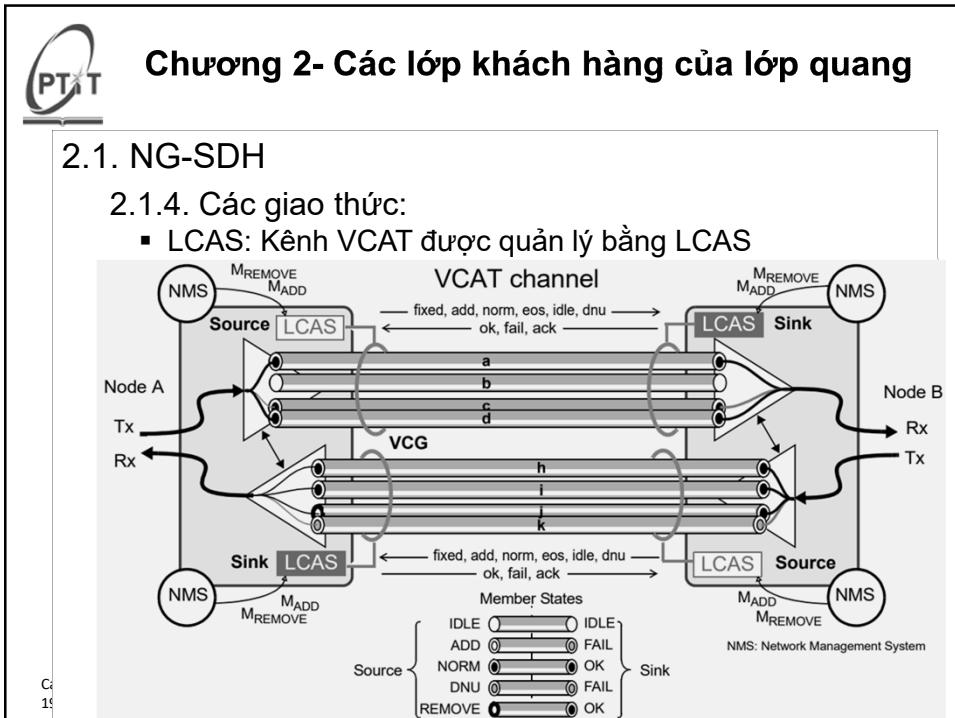
Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

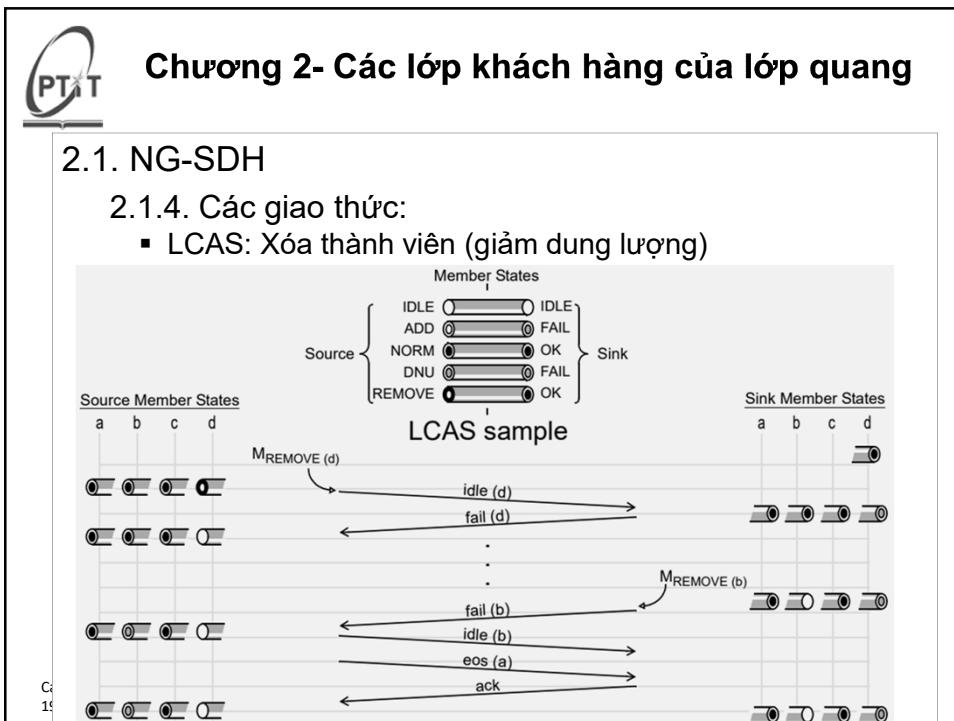
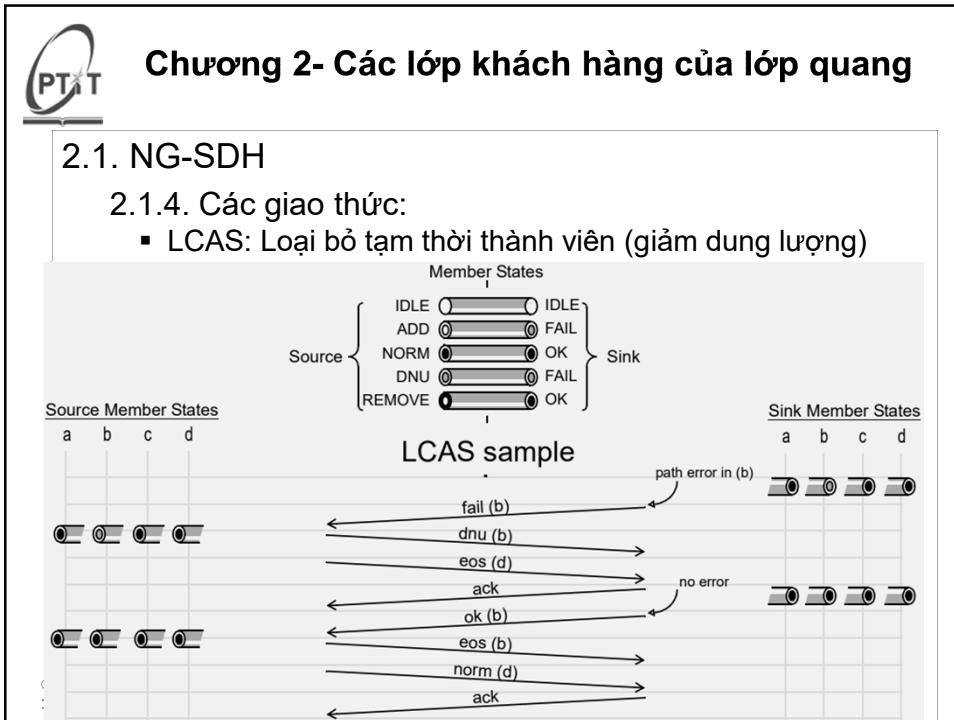
2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- LCAS (Cơ chế điều chỉnh tuyến): Cơ cấu trạng thái LCAS







Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- LCAS: Bài tập

Xét một dịch vụ Gigabit Ethernet kết nối hai điểm A (CP1) và Z (CP2), sử dụng kênh VC3/4v (VCAT). Nhóm VC gồm năm thành viên VC4 đã được thiết lập, từ A đến Z theo các tuyến khác nhau.

Tuyến 1 ÷ 3: truyền cho VC-4#1 ÷ VC-4#3, tuyến 4: truyền cho VC-4#4 và VC-4#5.

- a) Khi tuyến 1 có sự cố. Hãy trình bày hoạt động giao thức LCAS trong trường hợp này.
- b) Giả sử các tuyến từ 1 ÷ 3 đã được thiết lập sẵn để truyền cho các Thành viên VC-4 tương ứng. Hãy trình bày hoạt động giao thức LCAS thêm thành viên để truyền cho tuyến 4.
- c) Giả sử không có nhu cầu truyền dịch vụ cho thành viên VC-4 thứ 5 (xóa thành viên). Hãy trình bày hoạt động giao thức LCAS trong trường hợp này.

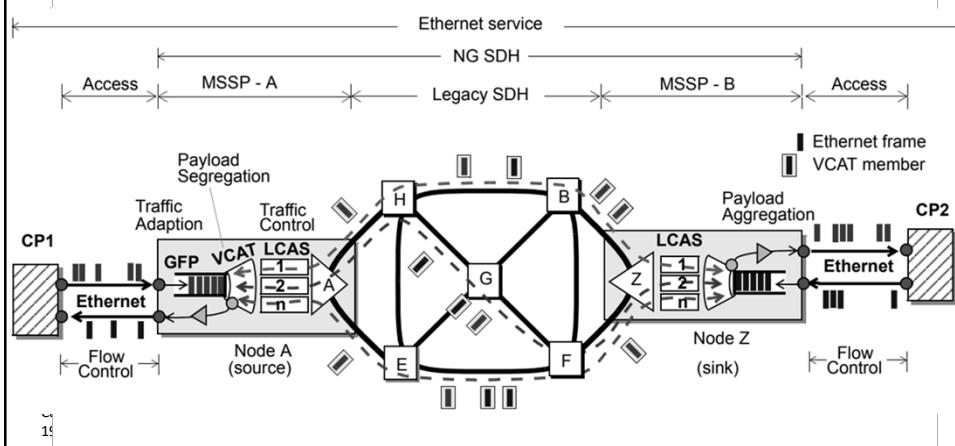
C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- LCAS: Ví dụ hoạt động LCAS

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- LCAS: Bản tin phía thu (Sink) có khả năng chịu lỗi

Bản tin Sink to Source (MST, RS-Ack) là dư, trong khi Source to Sink là dành riêng cho từng thành viên. Nghĩa là bản tin Sink được lặp lại nhiều lần với các thành viên trong nhóm. Nghĩa là nguồn gốc của các bản tin Sink là không liên quan, vì tất cả các thành viên đang gửi cùng một bản tin trong một đa khung.

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- LCAS: Chuỗi đa khung H4

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- LCAS: Các ứng dụng của LCAS

- Phân bổ băng thông VCAT: LCAS cho phép thay đổi kích cỡ đường ống VCAT đang sử dụng, khi nó nhận được lệnh từ NMS để tăng hoặc giảm kích cỡ.
- Khả năng phục hồi mạng: Trong trường hợp một tuyến bị lỗi một phần, LCAS sẽ cấu hình lại kết nối bằng cách sử dụng các thành viên vẫn hoạt động và có thể tiếp tục truyền lưu lượng.
- Cấu hình không đối xứng: LCAS là một giao thức đơn hướng cho phép cung cấp băng thông không đối xứng giữa hai nút MSSP để cấu hình các liên kết không đối xứng.
- Hoạt động xuyên miền: vì LCAS chỉ nằm ở các nút biên nên không cần thiết phải điều phối nhiều hơn một trung tâm cấu hình.

C
19

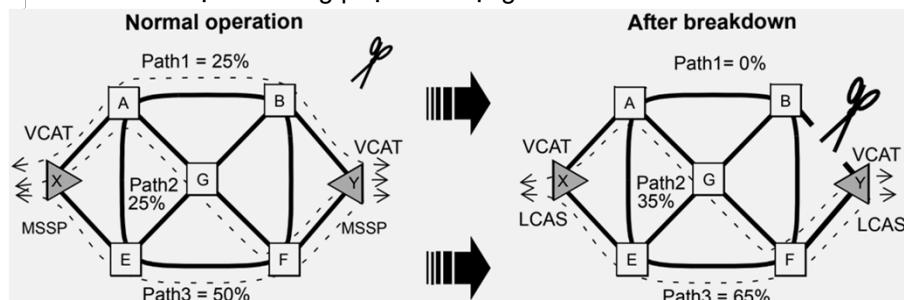
Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.4. Các giao thức:

- LCAS: Các ứng dụng của LCAS

- Ví dụ Khả năng phục hồi mạng:



✓ Khả năng phục hồi ứng dụng LCAS nhờ thực hiện chiến lược được gọi là đa dạng hóa (Diversification strategy).

✓ Chiến lược đa dạng hóa giữa các điểm X và Y sử dụng VCAT và LCAS khi xảy ra sự cố trên tuyến 1.

C
19



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.5. Các phần tử của cơ sở hạ tầng NG-SDH

- Trong mạng NG-SDH sử dụng các thiết bị mới nào?
- Đặc điểm của MSPP/ MSTP/ MSSP là gì?

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.5. Các phần tử của cơ sở hạ tầng NG-SDH

- Trong mạng NG-SDH sử dụng các thiết bị mới nào?

C
19



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.5. Các phần tử của cơ sở hạ tầng NG-SDH

- Trong mạng **SDH truyền thống** sử dụng nhiều loại thiết bị khác nhau: Bộ ghép đầu cuối (TM-Terminal Multiplexer) hay còn gọi LTE; Bộ ghép xen/rẽ (ADM- Add/Drop Multiplexer); Bộ nối chéo số (DCS-Digital Crossconnect) hay còn gọi DXC; Bộ lặp (Reg-Regenerator).
- Trong mạng **NG-SDH** sử dụng các thiết bị mới dưới tên chung là Nền tảng đa dịch vụ (MSxP- Multiservice Platforms), bao gồm: Nền tảng cung cấp đa dịch vụ (MSPP- Multiservice Provisioning Platform); Nền tảng truyền tải đa dịch vụ (MSTP- Multiservice Transport Platform); Nền tảng chuyển mạch đa dịch vụ (MSSP- Multiservice Switching Platform).
- Các thiết bị mới MSxP kết hợp với ADM, DXC và REG hiện có để cấu hình các kiến trúc mạng NG-SDH.

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.5. Các phần tử của cơ sở hạ tầng NG-SDH

- Đặc điểm của MSPP/ MSTP/ MSSP là gì?

C
19

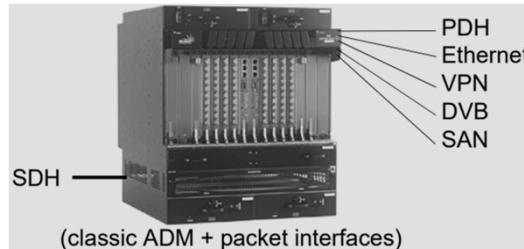


Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.5. Các phần tử của cơ sở hạ tầng NG-SDH

- Nền tảng cung cấp đa dịch vụ (MSPP):



MSPP là nút truy nhập, gồm:

- Giao diện TDM đã có
- Giao diện dữ liệu: Ethernet, GE, Fibre Channel hoặc DVB.
- Các chức năng NG SDH: GFP, VCAT và LCAS.
- Giao diện quang: STM-1 đến STM-64.

C
19

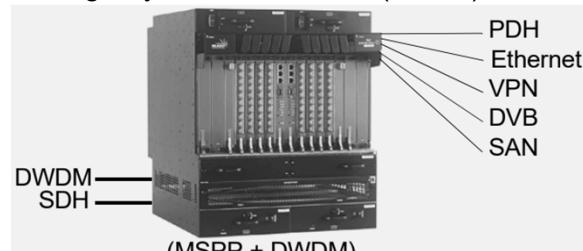


Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.5. Các phần tử của cơ sở hạ tầng NG-SDH

- Nền tảng truyền tải đa dịch vụ (MSTP):



- MSTP là một MSPP với các chức năng DWDM để xen/rẽ các bước sóng đã chọn tại một vị trí cung cấp dung lượng tổng cao hơn cho ghép kênh và truyền tải các tín hiệu khách hàng.
- MSTP cho phép tích hợp các dịch vụ SDH/SONET, TDM và dữ liệu, với truyền tải WDM và chuyển mạch bước sóng hiệu quả.
- Thông thường, MSTP được lắp đặt trong mạng lõi đô thị.

C
19

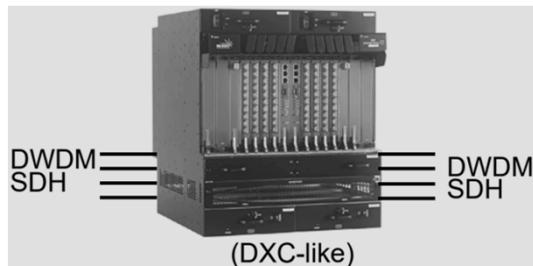


Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.1. NG-SDH

2.1.5. Các phần tử của cơ sở hạ tầng NG-SDH

- Nền tảng chuyển mạch đa dịch vụ (MSSP):



- MSSP là thế hệ tiếp theo tương đương với DXC, thực hiện việc gom và chuyển mạch lưu lượng hiệu quả ở mức STM-N cũng như ở mức VC.
- MSSP hỗ trợ việc sắp xếp dịch vụ dữ liệu, cụ thể là ghép kênh và chuyển mạch các dịch vụ dữ liệu.
- MSSP vẫn đang nổi lên như một phần tử mạng thế hệ tiếp theo, trong khi MSPP và MSTP đã khá hoàn thiện.

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

2.2.1. Giới thiệu chung

- OTN (Optical Transport Network) là gì?
- Ưu điểm OTN so với công nghệ SDH hiện tại?
- Các giao diện nút mạng trong OTN?

C
19



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

2.2.1. Giới thiệu chung

- OTN (Optical Transport Network) là gì?

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

2.2.1. Giới thiệu chung

- OTN (Optical Transport Network) là mạng hướng kết nối bao gồm một tập các phần tử mạng quang được kết nối bởi các liên kết sợi quang, cung cấp khả năng truyền tải, ghép kênh quang, định tuyến, quản lý, giám sát hiệu năng và khôi phục lõi của các kênh quang mang dữ liệu người dùng.
- Kết hợp ghép/ tách kênh quang trong cả miền điện (SDH) và miền quang (DWDM) vào một kiến trúc phân tầng chung (tầng mạng mới).

C
19



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

2.2.1. Giới thiệu chung

- **Ưu điểm OTN so với công nghệ SDH hiện tại?**

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

2.2.1. Giới thiệu chung

▪ **Ưu điểm:**

- ✓ Khả năng phát hiện và sửa lỗi hiệu quả,
- ✓ Nhiều mức giám sát kết nối Tandem,
- ✓ Tách ghép linh động và truyền tải trong suốt nhiều loại tín hiệu người dùng (như IP/MPLS, Ethernet, SONET/SDH...),
- ✓ Độc lập giữa giao thức và tốc độ bit.

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

2.2.1. Giới thiệu chung

- Các tiêu chuẩn OTN (ITU-T): được nhóm thành 9 loại chính. Trong mỗi loại, có một hoặc nhiều t/c để xác định các yêu cầu

Category (Loại tiêu chuẩn)	Standard ID Number	Description
Network architecture (1)	G.8080	Architecture for optical transport networks
	G.872	Architecture for the optically switched optical network
Physical layer requirements (2)	G.664	Safety and security requirements
	G.693	Optical interfaces for intra-office systems
	G.959.1	Physical layer ports
	G.709	Ports on an OTN network
	Structure and mapping (3)	G.7041
G.7042		Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS) for virtual concatenation signals
Equipment functions and features (4)	G.798	Features of function blocks of equipment
	G.806	Transport network equipment features; description, methods and general functions

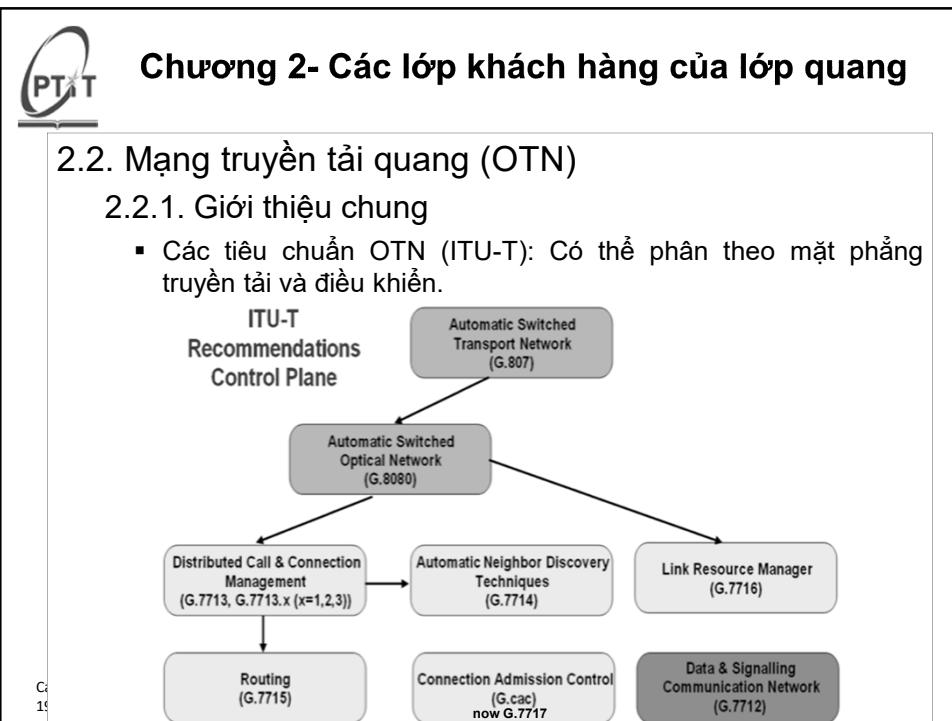
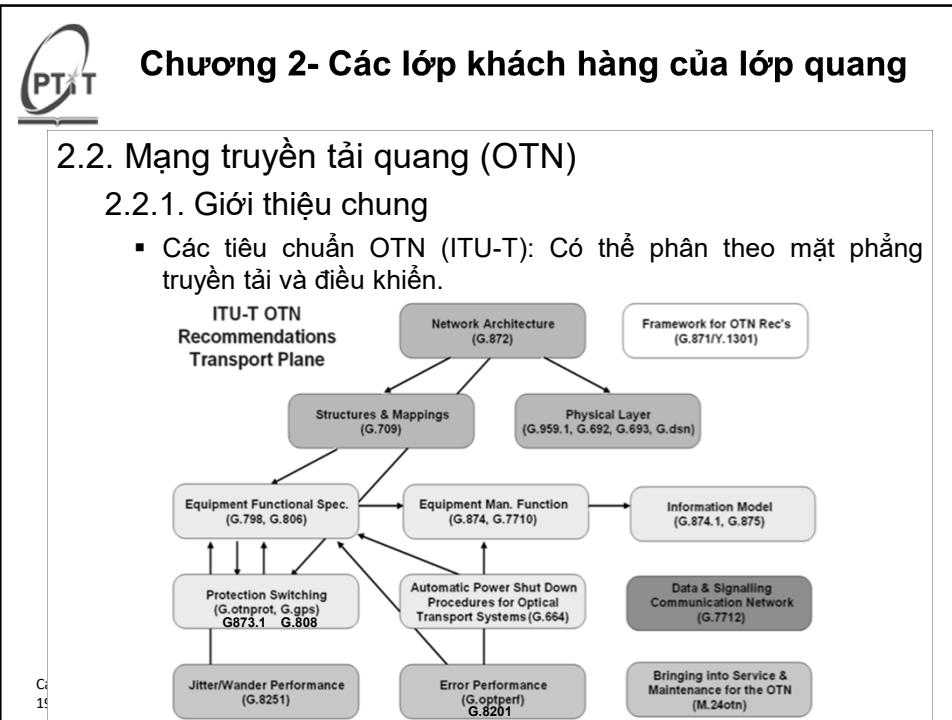
Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

2.2.1. Giới thiệu chung

- Các tiêu chuẩn OTN (ITU-T):

Category (Loại tiêu chuẩn)	Standard ID Number	Description
Network protection (5)	G.873.1	Linear protection
	G.873.2	Ring protection
Jitter and performance (6)	G.8201	Jitter and shift control
	G.8251	Bit error performance parameters and specifications on international channels of multiple carriers
	Network discovery (7)	G.7714
G.7714.1		Protocol for automatic discovery in transport networks
Routing (8)	G.7715	Architecture and requirements for routing in the automatically switched optical networks
	G.7715.1	ASON routing architecture and requirements for link state protocols
	G.7715.2	ASON routing architecture and requirements for remote route query
Equipment management (9)	G.874	Management features of network elements
	G.874.1	Protocol-neutral management information model for the network element





Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

2.2.1. Giới thiệu chung

- Các giao diện nút mạng trong OTN?

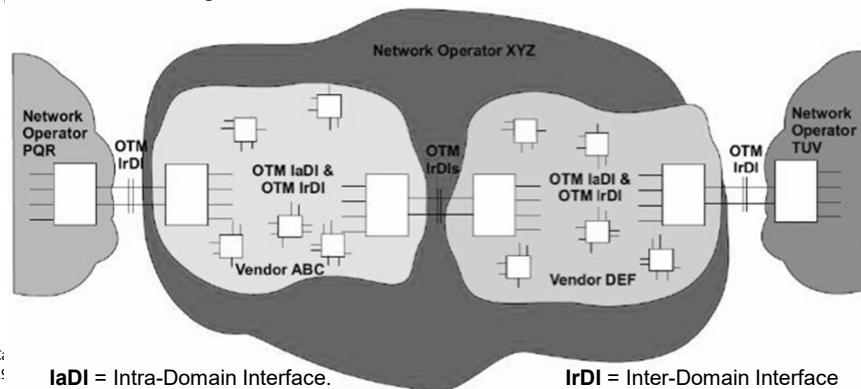
C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

2.2.1. Giới thiệu chung

- Giao diện nút mạng trong OTN:
 - IrDI: giao diện liên miền, thực hiện xử lý tái tạo t/h quang (3R)
 - IaDI: giao diện nội miền

C
19



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

2.2.2. Phân cấp OTN

- Phân cấp OTN bao gồm những lớp nào?
- Mỗi lớp có chức năng gì?

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

2.2.2. Phân cấp OTN

- Phân cấp OTN bao gồm những lớp nào?

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

2.2.2. Phân cấp OTN

- Các lớp của phân cấp OTN gồm:
 - ✓ Miền quang:
 - Lớp đoạn truyền dẫn quang (OTS),
 - Lớp đoạn ghép kênh quang (OMS),
 - Lớp kênh quang (OCh).
 - ✓ Miền điện:
 - Lớp khói truyền dẫn kênh quang (OTU),
 - Lớp khói dữ liệu kênh quang (ODU), (Lớp con khói tải trọng kênh quang (OPU)).

The diagram illustrates the hierarchy of OTN layers. It shows a vertical stack of layers from top to bottom:

- Client** (e.g., IP, Ethernet, SONET/SDH, and Fibre Channel)
- Optical Channel Payload Unit (OPU)** (represented by a dashed box)
- Optical Channel Data Unit (ODU)**
- Optical Channel Transport Unit (OTU)**
- Optical Channel (OCh)**
- Optical Multiplexed Section (OMS)**
- Optical Transmission Section (OTS)**

Vertical arrows on the left indicate the transition between layers, labeled "Electronic" above the arrow pointing up and "Optical" below the arrow pointing down.

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

2.2.2. Phân cấp OTN

- Mỗi lớp có chức năng gì?



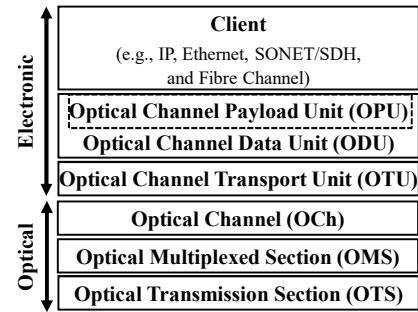
Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

2.2.2. Phân cấp OTN (miền quang)

- Chức năng các lớp:

- Lớp OTS: quản lý các phân đoạn liên kết sợi quang giữa các phần tử quang như giữa các bộ khuếch đại quang, hoặc các bộ khuếch đại quang và các bộ ghép kênh WDM.
- Lớp OMS: quản lý các liên kết sợi quang giữa các bộ ghép kênh và bộ chuyển mạch quang.
- Lớp Och: quản lý các kết nối quang giữa các bộ lặp 3R (ví dụ: các tuyến quang).

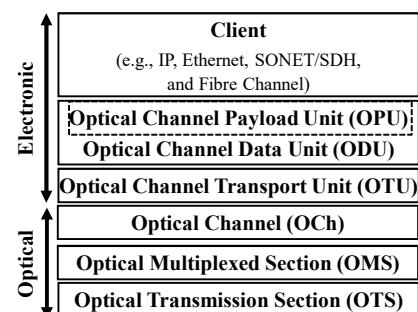


Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

2.2.2. Phân cấp OTN (miền điện)

- Lớp OTU: (chức năng tương tự lớp đoạn lặp của SDH) nằm trong OTN OCh cung cấp các kết nối quang giữa các bộ lặp 3R. Nó có mào đầu để phân định các khung OTN, cung cấp nhận dạng kết nối quang, giám sát hiệu năng BER, truyền các chỉ thị cảnh báo về các lỗi tín hiệu và cung cấp kênh truyền thông giữa các điểm kết cuối của kết nối quang.
- Lớp ODU: có các chức năng tương tự như các lớp đoạn ghép và lớp tuyến của SDH. ODU hỗ trợ giám sát kết nối cung cấp nhận dạng, giám sát hiệu năng BER, truyền các chỉ thị báo cảnh và cung cấp các kênh truyền thông đến các điểm kết cuối. Lớp ODU có lớp con OPU điều chỉnh các tín hiệu khách hàng với các khung OTN.



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

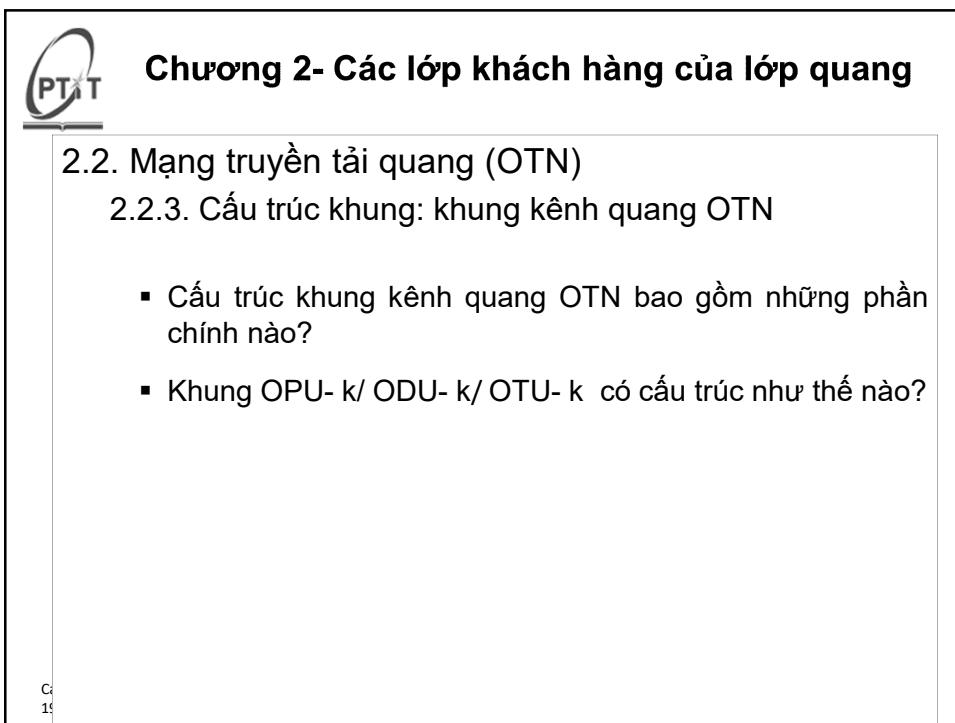
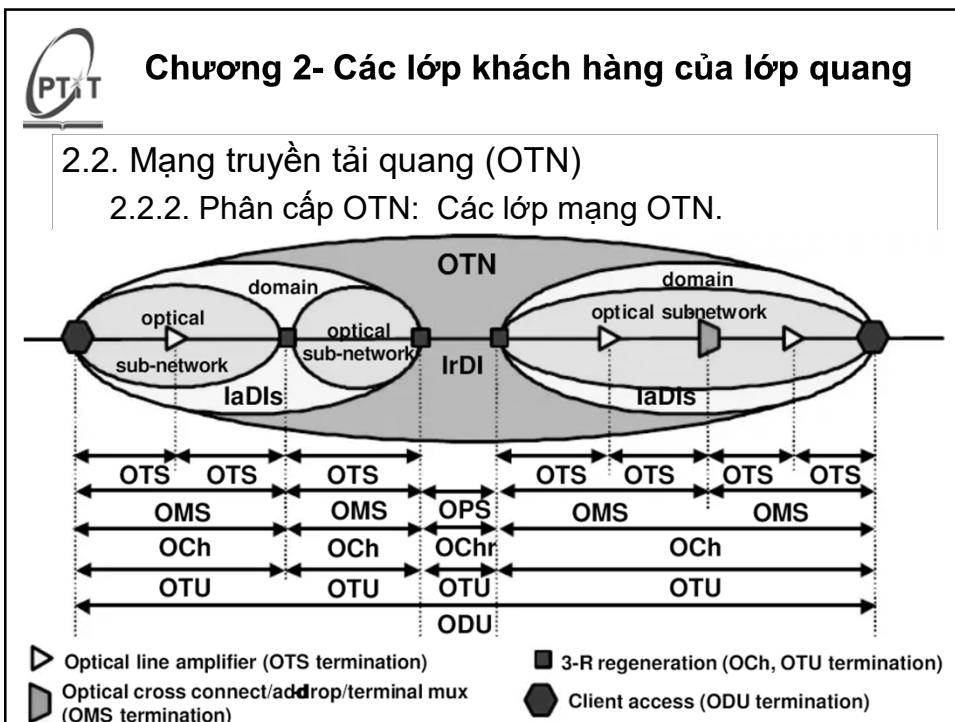
2.2.2. Phân cấp OTN: đầy đủ theo G.709 ITU-T

- OPUk: optical channel payload unit-k
- ODUk: optical channel data unit-k
- OTUk: completely standardized optical channel transport unit-k
- OTUKV: functionally standardized optical channel transport unit-k
- OCh: optical channel with full functionality
- OChr: optical channel with reduced functionality
- OMS: optical multiplex section
- OTS: optical transmission section
- OPS: optical physical section
- OTM: optical transport module
- ✓ Giao diện OTN với chức năng rút gọn: OTM-0.m, OTM-nr.m
- ✓ Giao diện OTN với đầy đủ chức năng: OTM-n.m

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

2.2.2. Phân cấp OTN: Các lớp OTN theo quan điểm kết nối đầu cuối- đầu cuối.



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

2.2.3. Cấu trúc khung: khung kênh quang OTN

- Cấu trúc khung kênh quang OTN bao gồm những phần chính nào?

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

2.2.3. Cấu trúc khung: khung kênh quang OTN

	1	7	8	14	15	16	17	3824	3825	4080
1	FAS	OTU								
2			ODU	OPU				Client		
3										FEC
4										

- Để bổ sung các khả năng OAM vào mạng WDM, bắt buộc phải tạo cấu trúc khung để “đóng gói” tải trọng, đây là cơ sở của tiêu chuẩn ITU-T G.709 OTN, và thường được gọi là G709 Digital Wrapper.
- Khung kênh quang OTN rất giống với khung SONET/SDH về cấu trúc và định dạng, bao gồm 3 phần chính: Mào đầu kênh quang (OCh OH), Tải trọng khách hàng (Client) và Sửa lỗi hướng thuận FEC.

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

2.2.3. Cấu trúc khung: kênh quang OTN

	1	7	8	14	15	16	17		3824	3825	4080
1	FAS	OTU						Client			
2			ODU	OPU							
3											
4								FEC			

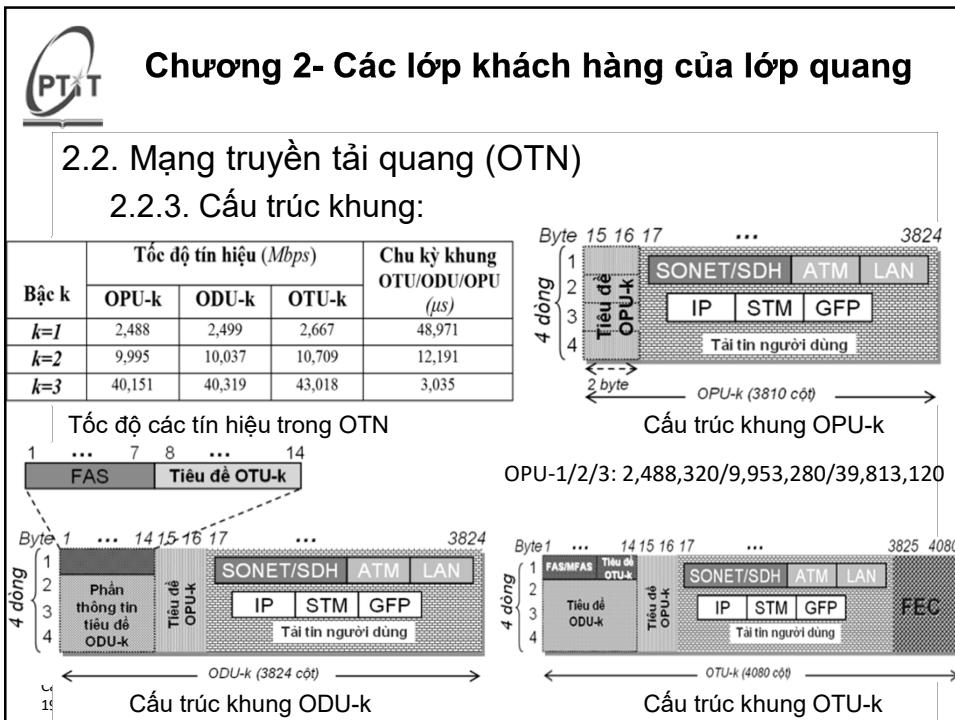
- Mào đầu kênh quang (OCh OH) gồm 4 trường:
 - ✓ Mào đầu đồng bộ khung FA OH nằm ở vị trí hàng 1, cột 1÷7
 - ✓ Mào đầu Đơn vị truyền tải quang (OUT OH): hàng 1, cột 8÷14.
 - ✓ Mào đầu Đơn vị dữ liệu quang (ODU OH): hàng 2÷4, cột 1÷14.
 - ✓ Mào đầu Đơn vị tải trọng quang (OPU OH): hàng 1÷4, cột 15,16.
- Tải trọng Khách hàng (Client): nằm ở vị trí hàng 1÷4, cột 17÷3824.
- Sửa lỗi hướng thuận (FEC): nằm ở vị trí hàng 1÷4, cột 3825÷4080.

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

2.2.3. Cấu trúc khung: khung kênh quang OTN

- Khung OPU- k/ ODU- k/ OTU- k có cấu trúc như thế nào?



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

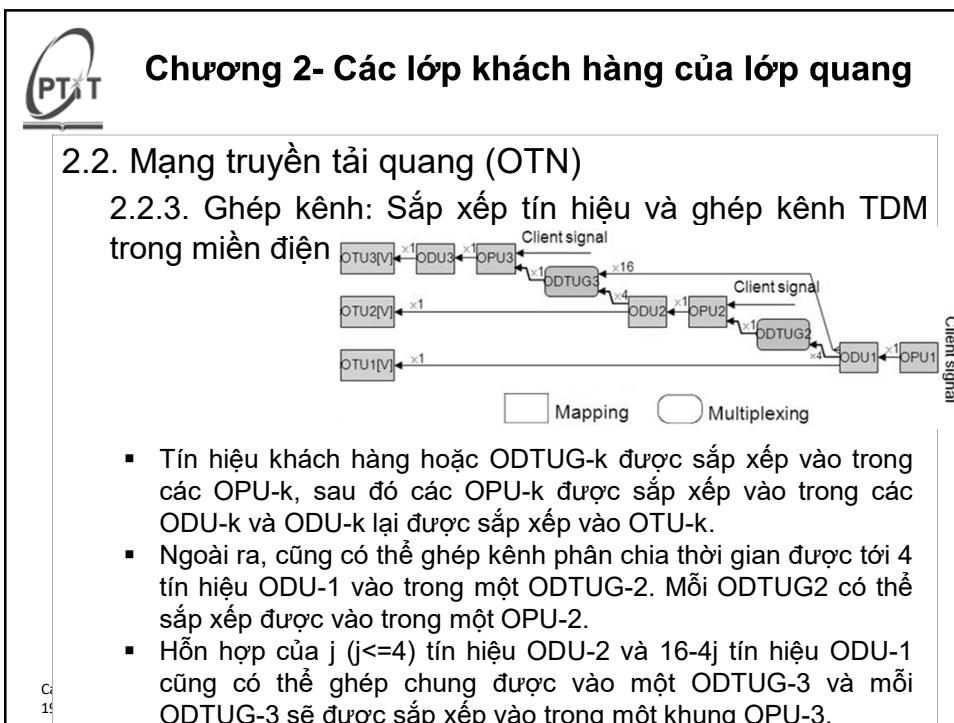
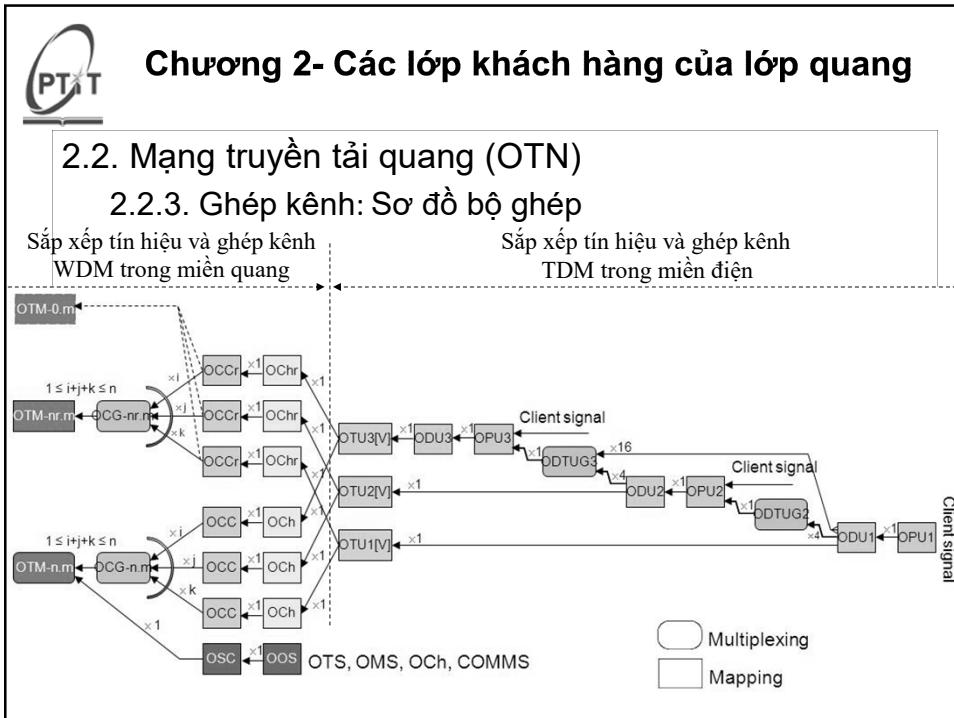
2.2.3. Cấu trúc khung: (Bài tập)

Bài 9: Trình bày cấu trúc khung OPU-k trong OTN. Hãy xác định tốc độ truyền của khung tín hiệu OPU-3 và tải tin người dùng khi biết chu kỳ khung là 3,035 μs .

Bài 10: Trình bày cấu trúc khung ODU-k trong OTN. Hãy xác định tốc độ truyền của khung tín hiệu ODU-2 và tải tin người dùng khi biết chu kỳ khung là 12,191 μs .

Bài 11: Trình bày cấu trúc khung OTU-k trong OTN. Hãy xác định tốc độ truyền của khung tín hiệu OTU-1 và tải tin người dùng khi biết chu kỳ khung là 48,971 μs .

C₁
19

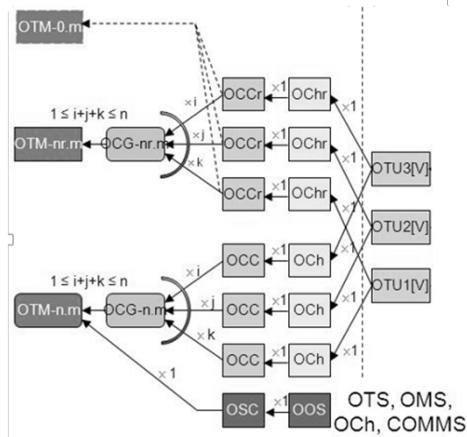


Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

2.2.3. Ghép kênh: Sắp xếp tín hiệu và ghép kênh WDM trong miền quang.

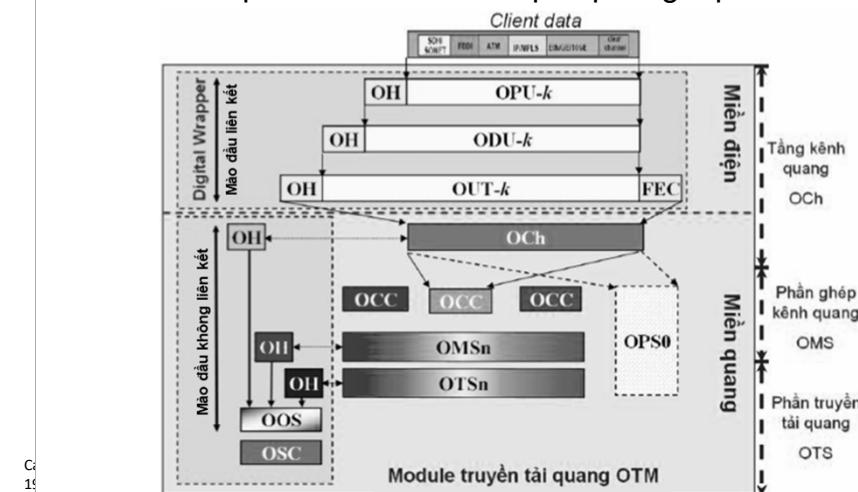
- Tín hiệu điện OTU-k được sắp xếp vào một kênh quang OCh[r], sau đó kênh này được điều chế lên 1 sóng mang kênh quang OCC[r].
- Bằng kỹ thuật WDM, n tín hiệu OCC[r] có thể ghép vào trong một OCG-n[r].m. Các khe thời gian của OCC[r] trong OCG-n[r].m có thể có kích thước khác nhau. Sau đó, OCG-n[r].m sẽ được truyền tải thông qua OTM-n[r].m.
- Trong trường hợp giao diện với đầy đủ chức năng OTM-n.m, một kênh giám sát quang OSC sẽ được ghép vào trong OTM-n.m bằng kỹ thuật WDM.



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.2. Mạng truyền tải quang (OTN)

2.2.3. Ghép kênh: Quá trình sắp xếp và ghép kênh





Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.3. Ethernet

2.3.1. Cấu trúc khung: Giới thiệu Ethernet

- Khung Ethernet có cấu trúc như thế nào?

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.3. Ethernet

2.3.1. Cấu trúc khung: Giới thiệu Ethernet

- Một giao thức mạng cục bộ (LAN) do công ty Xerox hợp tác với DEC và Intel phát triển vào năm 1976.
- Ethernet sử dụng cấu trúc liên kết điểm điêm, hình sao, bus hoặc hình lưới và hỗ trợ tốc độ truyền dữ liệu 10/100/1000/10000 Mbps.
- Ethernet thích nghi với nhiều loại môi trường truyền thông vật lý, bao gồm cáp đồng trực, cáp đồng xoắn đôi, không dây và cáp quang.
- Đặc điểm kỹ thuật Ethernet được dùng làm cơ sở cho tiêu chuẩn IEEE 802.3, chỉ định lớp vật lý và lớp phần mềm thấp hơn.
- Ethernet sử dụng phương pháp truy cập CSMA/CD để xử lý các yêu cầu đồng thời.
- Ethernet xác định hai lớp dưới của Mô hình tham chiếu OSI.

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.3. Ethernet

2.3.1. Cấu trúc khung: Khung cơ bản (IEEE802.3)

IEEE 802.3 MAC frame							
7 bytes	1	6	6	2	46 - 1500	4	
Preamble	SFD	Destination address	Source address	Length field	Protocol data unit (PDU)	Pad	FCS

Các khung IEEE 802.3 MAC frame:

- Preamble: 7 byte với mẫu 8 bit 10101010 lặp lại 7 lần, chỉ thị bắt đầu khung và đồng bộ.
- Bộ phân chia bắt đầu khung (SFD- Start-of-frame delimiter): 1 byte gồm chuỗi 10101011, báo hiệu sự bắt đầu 1 khung.
- Địa chỉ đích (DA): trường 6 byte chứa địa chỉ vật lý của đích đến tiếp theo của gói tin.
- Địa chỉ nguồn (SA): trường 6 byte chứa địa chỉ vật lý của thiết bị cuối cùng chuyền tiếp gói tin.
- Độ dài và kiểu PDU (Length/Type): 2 byte chỉ ra số byte trong PDU- trường dữ liệu của khung. Vì khung Ethernet dài nhất cho phép là 1526 byte nên PDU có thể dài lên tới 1500 byte.

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.3. Ethernet

2.3.1. Cấu trúc khung: Khung cơ bản (IEEE802.3)

IEEE 802.3 MAC frame							
7 bytes	1	6	6	2	46 - 1500	4	
Preamble	SFD	Destination address	Source address	Length field	Protocol data unit (PDU)	Pad	FCS

Các khung IEEE 802.3 MAC frame:

- Đơn vị dữ liệu giao thức (PDU): chứa dữ liệu điều khiển tuyến logic (LLC-Logical Link Control) và trường thông tin có độ dài biến đổi. Chức năng của LLC là để cung cấp địa chỉ và các cơ chế điều khiển để cho phép trao đổi dữ liệu giữa người sử dụng cuối.
- Pad: chứa các byte thêm vào, đảm bảo kích thước khung dài ít nhất là 64 byte (cho hoạt động phát hiện xung đột)..
- Chuỗi kiểm tra khung (FCS-Frame check sequence): chứa các thông tin phát hiện lỗi của khung. Nó dựa trên CRC-32 để phát hiện lỗi trong khung.

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.3. Ethernet

2.3.1. Cấu trúc khung: Bài tập

Bài 12: Xét một tuyến Ethernet trong đó một trạm phát các khung có trường thông tin 1500 byte liên tục. Giả sử rằng một xung điện gây hư hỏng dữ liệu dài 3 ms xảy ra trên đường truyền, hãy tính số khung bị hỏng đối với tốc độ Ethernet là 100Mbit/s (10/1000/10000 Mbit/s).

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.3. Ethernet

2.3.2. Chuyển mạch:

- Ethernet sử dụng các cấu trúc liên kết nào?

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.3. Ethernet

2.3.2. Chuyển mạch:

The diagram illustrates four common network topologies:

- Point-to-point:** Two nodes connected by a single line.
- Bus:** A central backbone line to which multiple nodes are connected.
- Star:** A central node (hub) connected to multiple peripheral nodes.
- Mesh:** A network where every node is connected to every other node.

- Kiến trúc mạng chuyển mạch Ethernet cơ bản là kiến trúc hình sao (Hình vẽ).
- Trung tâm là một bộ chuyển mạch Ethernet (hoặc cầu đa cổng), có các bộ đệm, xử lý và bảng chuyển tiếp cho các khung.
- Bảng chuyển tiếp có danh sách các địa chỉ Ethernet trong mạng và cùng với mỗi địa chỉ là số cổng chuyển mạch của địa chỉ đó đến từ đâu.
- Chuyển mạch tìm hiểu vị trí của các nút khác từ các khung mà nó nhận được và cập nhật bảng chuyển tiếp của nó cho phù hợp.

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.3. Ethernet

2.3.3. Lớp vật lý Ethernet: Lớp vật lý Ethernet Gigabit

- Xem xét lớp vật lý nhưng giới hạn ở Gigabit Ethernet và 10-Gigabit Ethernet vì đây là các loại Ethernet cho các mạng diện rộng và đô thị.
- Lớp vật lý Ethernet Gigabit: gồm loại thứ nhất là cáp quang, cáp đồng có lớp bọc bảo vệ và loại thứ hai là cáp đồng không có lớp bọc bảo vệ.
- Loại thứ nhất: có lớp con mã hóa vật lý (PCS- Physical Coded Sublayer) thực hiện mã đường 8B10B. Dưới lớp con PCS là lớp con PMA (physical media attachment) được phát ở tốc độ 1.25 Gb/s mã NRZ. Dưới lớp con PMA là lớp con PMD (Physical Media Dependent). Có 3 loại PMD: cáp quang cự li ngắn (220-550m, MM, 850nm), cáp quang cự li dài (550m, MM, 1310nm/5Km, SM, 1310nm/ Giiao diện không tiêu chuẩn: 70Km, SM, 1550nm) và cáp đồng (25 m).
- Loại thứ hai: cự li khoảng 100m.



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.3. Ethernet

2.3.3. Lớp vật lý Ethernet: Lớp vật lý Ethernet 10-Gigabit

- Lớp vật lý 10-Gigabit Ethernet cũng có 3 lớp con: PCS (Physical Coded Sublayer), PMA (physical media attachment) và PMD (Physical Media Dependent).
- PMD: cáp quang và cáp đồng.
- Với cáp quang: có 3 lựa chọn PCS (LAN PHY, WAN PHY, và WWAN PHY)
 - ✓ LAN PHY và WAN PHY sử dụng mã 64B66B, cự li hoạt động trên các PMD: SR- short range (82-300m, MM, 850nm), LR- long range (10Km, SM, 1310nm/ 260m, MM, 1310nm), ER- extended-range (40Km, SM, 1550nm, and LRM-long reach multimode (260m, MM, 1310nm).
 - ✓ WWAN PHY sử dụng mã 8B10B, cự li hoạt động trên các PMD: 300m, MM/ 10Km, SM.
- Với cáp đồng: các cự li ngắn (short ranges)
 - ✓ PMD cho cáp xoắn đôi: 100m.
 - ✓ PMD10GBASE-CX4: 15m/ CX-1:10m

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.3. Ethernet

2.3.4. Truyền tải sóng mang:

- Các nhà mạng cung cấp dịch vụ kết nối Ethernet: E-Line, là kết nối Ethernet điểm-điểm; E-LAN, là một kết nối đa điểm hoạt động như một mạng Ethernet chuyển mạch ảo; và E-TREE, là kết nối Ethernet điểm-đa điểm.
- Ngoài ra, Ethernet đang nổi lên như một cơ chế truyền tải sóng mang trong chính các mạng của nhà cung cấp dịch vụ.
- Các tùy chọn Ethernet hỗ trợ truyền tải sóng mang là Cầu nhà cung cấp và Cầu đường trực nhà cung cấp (PBB- Provider Backbone Bridges).

C
19



Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.4. IP

2.4.1. Định tuyến và chuyển tiếp:

- IP (Internet Protocol) cho đến nay vẫn là công nghệ mạng diện rộng được sử dụng rộng rãi nhất hiện nay. IP là giao thức mạng cơ bản được sử dụng trong tất cả các mạng Internet phổ biến và cũng quan trọng không kém trong hầu hết các mạng nội bộ riêng để liên kết các máy tính. IP là một công nghệ mạng, hoặc giao thức, được thiết kế để hoạt động trên nhiều lớp thấp hơn, được gọi là các lớp liên kết dữ liệu trong chế độ xem phân lớp cổ điển của mạng. Đây là một trong những lý do quan trọng cho sự thành công rộng rãi của nó.

C
19

Chương 2- Các lớp khách hàng của lớp quang

2.4. IP

- IP (Internet Protocol) là công nghệ mạng diện rộng được sử dụng rộng rãi nhất hiện nay.
- IP là giao thức mạng cơ bản được sử dụng trong tất cả các mạng Internet phổ biến và cũng như trong hầu hết các mạng nội bộ để liên kết các máy tính.
- IP là một công nghệ mạng (hoặc giao thức) được thiết kế để hoạt động trên nhiều lớp thấp hơn là các lớp liên kết dữ liệu trong mô hình OSI cổ điển.
- IP trong kiến trúc phân lớp:

Các lớp liên kết dữ liệu:

- Truyền thống là Ethernet và PPP (point-to-point protocol)
- Các đường nối tiếp tốc độ thấp, các đường cáp quang tốc độ cao sử dụng giao thức HDLC (high-level data link Control)

FTP HTTP SSH SMTP NFS SNMP	Applications
TCP UDP	Transport layer
IP	Network layer
Ethernet PPP HDLC GFP RPR MAC	Data link layer
Ethernet PHY Coaxial/twisted pair cable Optical layer OTN layer SONET layer	Physical layer



Mạng truyền thông quang

Bộ môn Tín hiệu và Hệ thống

Hà Nội, 2025

1



Giới thiệu môn học

- Nội dung:
 - Chương 1: **Giới thiệu về mạng truyền thông quang**
 - Chương 2: **Các lớp khách hàng (client) của lớp quang**
 - Chương 3: **Mạng quang WDM**
 - Chương 4: **Đồng bộ, quản lý và điều khiển mạng quang**
 - Chương 5: **Bảo vệ và phục hồi mạng quang**
 - Chương 6: **Mạng truy nhập quang**



Giới thiệu môn học

- Nội dung chi tiết:

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

- Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)
 - Giới thiệu
 - Các cấu hình mạng quang WDM
 - Các giao diện mạng quang
 - Chuyển mạch trong mạng quang WDM
- Các thành phần cơ bản của mạng WDM
 - Thiết bị đầu cuối đường quang (TM)
 - Thiết bị khuếch đại đường quang (OA)
 - Thiết bị ghép kênh xen/rẽ quang (OADM/ROADM)
 - Thiết bị nối chéo quang (OXC)
- Truyền tải IP/WDM
 - Xu hướng tích hợp IP trên WDM
 - Các giai đoạn phát triển IP/ WDM
 - Các kiến trúc truyền tải IP/ WDM
 - Các mô hình kết nối và mô dịch vụ mạng IP/ WDM

C
19

Giới thiệu môn học

- Nội dung chi tiết:

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

- Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng WDM
 - Giới thiệu
 - Bài toán LTD và RWA
 - Định cõi mạng
- Các ứng dụng mạng quang WDM
 - Mạng truy nhập
 - Mạng Metro
 - Mạng lõi
 - Mạng Mạng quang định nghĩa bởi phần mềm (SDN)
 - quang lưới bước sóng linh hoạt

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM



- Nội dung chương 3
 - Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)
 - Các thành phần cơ bản của mạng WDM
 - Truyền tải IP/WDM
 - Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng WDM
 - Các ứng dụng mạng quang WDM
- Yêu cầu: Hiểu được kiến trúc mạng truyền thông quang, các dịch vụ, mô hình phân lớp mạng và hiệu năng mạng quang.

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.1. Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)

- Trong quá trình phát triển mạng quang WDM có bao nhiêu thế hệ mạng?
- Mạng quang WDM có những loại cấu hình (kiến trúc mạng) nào? Đặc điểm chính của mỗi cấu hình là gì? Trong mạng sử dụng những loại thiết bị gì?
- Mạng quang WDM có những loại giao diện chính nào? Đặc điểm chính của mỗi giao diện là gì?
- Trong các mạng hình lưới WDM (tổn quang), phương pháp chuyển mạch phô biến là gì?

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.1. Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)

- Trong quá trình phát triển mạng quang WDM có bao nhiêu thế hệ mạng?

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

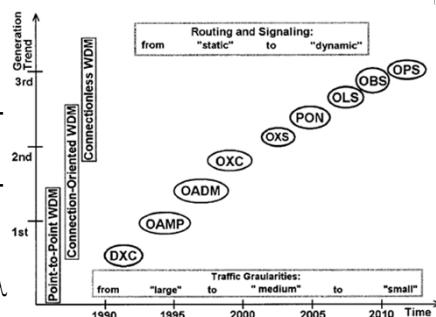
3.1. Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)

- Giới thiệu

- Mạng quang WDM sử dụng các bước sóng quang theo lối tiêu chuẩn bước sóng của ITU-T.
- Trong mạng có nhiều bước sóng được truyền tải với tốc độ ánh sáng trong một sợi, hỗ trợ linh hoạt các giao thức (SDH, ATM, IP, Ethernet, dữ liệu tốc độ cao, video, v.v.), với nhiều loại dịch vụ và băng thông rất lớn (Gb/s).

- Quá trình phát triển mạng:

- Thế hệ 1: Hệ thống WDM điểm-điểm với các MUX/DEMUX
- Thế hệ 2: Hệ thống WDM điểm-đa điểm với OADM và OXC
- Thế hệ 3: Mạng quang WDM với chuyển mạch & định tuyến λ

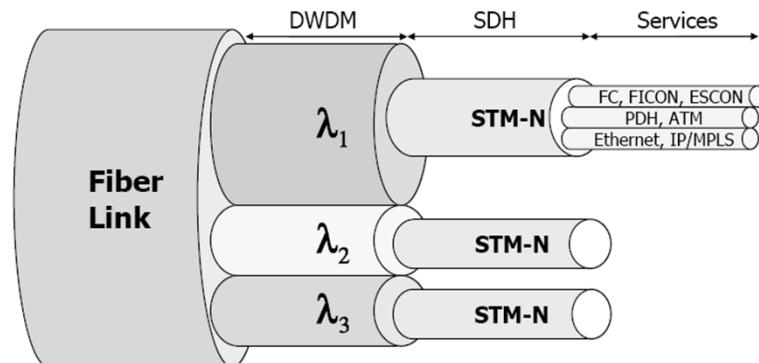
C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.1. Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)

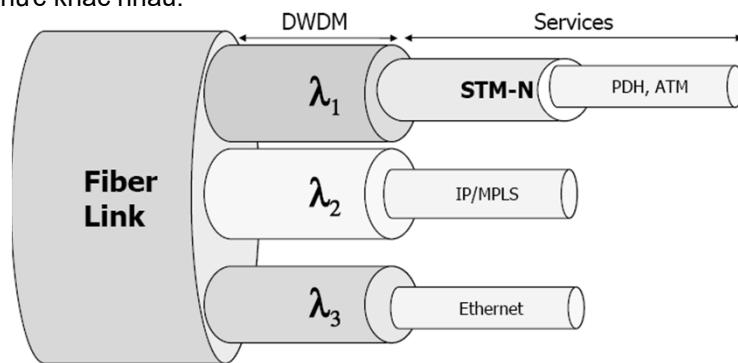
- Vai trò của WDM trong quá trình phát triển mạng
- ✓ Lớp quang WDM cung cấp các “sợi quang ảo” trong 1 sợi quang
- ✓ Cho phép đáp ứng sự bùng nổ nhu cầu DV sử dụng sợi quang

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.1. Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)

- Vai trò của WDM trong quá trình phát triển mạng
- ✓ Có thể cho phép giảm dần sự phụ thuộc vào SDH
- ✓ Mạng quang WDM với các giao diện mở đơn giản hóa việc truy nhập trực tiếp tới tài nguyên dung lượng sợi quang bởi các giao thức khác nhau.

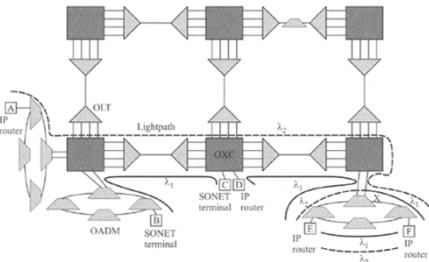
C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.1. Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)

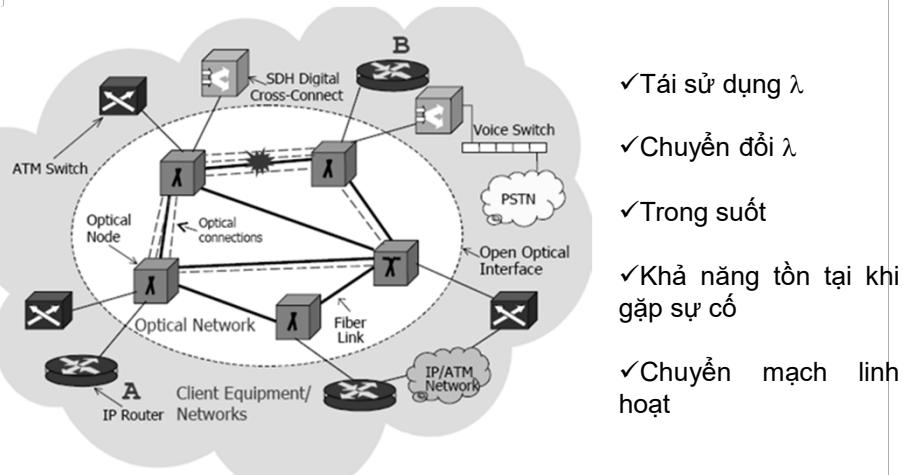
- Vai trò của WDM trong quá trình phát triển mạng
- ✓ WDM thực hiện thiết lập mạng quang thông minh dựa trên các bước sóng cho phép các nhà vận hành mạng thực hiện:
 - Định tuyến bước sóng
 - Tái định tuyến bước sóng để tránh sự cố, nghẽn, ...
 - Giám sát và quản lý bước sóng
 - Các dịch vụ cho thuê kênh bước sóng
 - Các mạng riêng ảo quang
- ✓ Mạng WDM định tuyến λ :

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.1. Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)

- Yêu cầu kiến trúc mạng:





Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.1. Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)

- Cấu hình (kiến trúc mạng)/ Đặc điểm chính của mỗi cấu hình/ Thiết bị sử dụng trong mạng WDM?

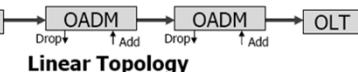
C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.1. Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)

- Các cấu hình mạng quang WDM:

✓ Điểm – điểm (Point to point)

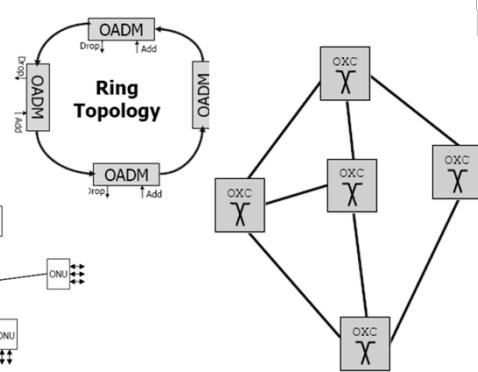


✓ Đường thẳng (Linear)

✓ Vòng (ring)

✓ Lưới (Mesh)

✓ Sao (star)

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.1. Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)

- Mạng quang WDM có những loại giao diện chính nào? Đặc điểm chính của mỗi giao diện là gì?

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.1. Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)

- Các giao diện mạng quang:
 - ✓ Định nghĩa giao diện và t/c hóa giao diện theo các t/c quốc tế là cho mục đích kết nối, để các sản phẩm từ các nhà sản xuất khác nhau tương thích và hoạt động cùng nhau
 - ✓ Trong các mạng truyền thông: Khả năng kết nối và tương thích là một vấn đề rất quan trọng và tồn kém
 - ✓ Một giao diện giữa hai điểm trong mạng xác định khả năng: kết nối vật lý, giao thức và các chức năng
 - ✓ Các loại giao diện:
 - Giao diện người dùng với mạng (UNI- User to Network Interface),
 - Giao diện nút với nút (NNI- Node to Node Interface),
 - Giao diện liên mạng (INI- Inter-Network Interface)

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.1. Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)

- Các giao diện mạng quang:
 - ✓ UNI (User to Network Interface):
 - Giao diện vật lý giữa thiết bị đầu cuối người dùng và mạng,
 - Tùy thuộc vào giao thức và loại mạng, UNI xác định các khía cạnh vật lý của mạng người dùng: tốc độ dữ liệu, mức năng lượng, loại tải trọng, các thỏa thuận mức dịch vụ, bắt đầu và kết thúc kết nối, xác minh đầu cuối và xác thực người dùng, bảo mật liên kết UNI, v.v.
 - UNI cũng xác định điểm ranh giới giữa trách nhiệm người dùng và trách nhiệm mạng.

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.1. Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)

- Các giao diện mạng quang:
 - ✓ NNI (Node to Node Interface):
 - Giao diện giữa một nút và một nút khác trong cùng một mạng,
 - Tùy thuộc vào giao thức và loại mạng, NNI xác định các khía cạnh vật lý từ nút đến nút: tốc độ dữ liệu, mức năng lượng, loại tải trọng, kênh và quản lý lưu lượng, quản lý định tuyến và giao thức, chiến lược tránh tắc nghẽn, bảo vệ dịch vụ và liên kết, quản lý lỗi, khôi phục dịch vụ, tính khả dụng của dịch vụ, bảo mật liên kết NNI, xác minh và xác thực nút, v.v.

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.1. Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)

- Các giao diện mạng quang:
- ✓ INI (Inter-Network Interface):
 - Giao diện vật lý giữa một mạng và một mạng khác,
 - INI tương tự như NNI, nhưng vì một mạng có thể được vận hành bởi một nhà mạng và mạng kia có thể được vận hành bởi một nhà mạng khác,
 - INI cũng bao gồm các khía cạnh mạng bổ sung phụ thuộc vào thỏa thuận trách nhiệm giữa hai nhà mạng như bảo vệ tuyến, chất lượng dịch vụ, khôi phục tuyến, quản lý lỗi INI, bảo mật liên kết INI, thanh toán v.v.

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.1. Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)

- Các giao diện mạng quang:
- ✓ Ngoài ra, mạng truyền thông dữ liệu xác định các giao diện và trách nhiệm giữa các lớp khi dữ liệu di chuyển từ lớp ứng dụng sang lớp vật lý (bộ thu phát).
- ✓ Các giao diện này ban đầu được xác định bởi mô hình OSI
- ✓ Mỗi lớp xác định một tập hợp các chức năng và trách nhiệm trong một nút và ranh giới (giao diện) giữa các lớp xác định giao thức và định dạng tương thích giao diện.

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.1. Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)

- Trong các mạng hình lưới WDM (tổn quang), phương pháp chuyển mạch phổ biến là gì?

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.1. Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)

- Chuyển mạch trong mạng quang WDM:
 - ✓ Hiệu năng định tuyến trong mạng quang phụ thuộc vào các yếu tố:
 - Cấu trúc mạng,
 - Số lượng nút trong mạng,
 - Khả năng chuyển mạch của mỗi nút,
 - Phương thức chuyển đổi,
 - Tốc độ chuyển mạch,
 - Trễ chuyển mạch
 - Khả năng không nghẽn của cơ cấu chuyển mạch,
 - ✓ Với các mạng hình lưới WDM (tổn quang) thuận tiện, có hai phương pháp chuyển mạch phổ biến: **chuyển mạch bước sóng** và **chuyển mạch gói quang**

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.1. Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)

– Chuyển mạch trong mạng quang WDM:

✓ Chuyển mạch bước sóng:

- Hiểu theo nghĩa đơn giản là một bước sóng được kết nối hai điểm trên mạng. Phương pháp này còn được gọi là “gán bước sóng” (WA).
- Với mạng được giám sát trước để cung cấp kết nối với cùng bước sóng trong một thời gian dài, được gọi là WA tĩnh: cung cấp hiệu quả bước sóng nhưng phụ thuộc số bước sóng trên mỗi sợi và số sợi vào ra mỗi nút. Việc giám sát nút tương đối dễ dàng với điều khiển (quản lý) tập trung/ phân tán.
- Với mạng khi một tuyến được xác định và cùng một bước sóng được gán trên cơ sở mỗi yêu cầu kết nối, được gọi là WA động.
- WA tĩnh và động không đảm bảo luôn có cùng một λ trên toàn mạng. Tuy nhiên, việc WA được cải thiện nếu sử dụng các WC trong mỗi nút. Khi đó, một tuyến được thiết lập sử dụng các bước sóng có sẵn khác nhau \rightarrow WA có hiệu suất cao nhất.
- Tuy nhiên, điều quan trọng là hiệu quả của khả năng phân phối lưu lượng, phụ thuộc vào việc sử dụng lưu lượng của từng bước sóng.

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.1. Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)

– Chuyển mạch trong mạng quang WDM:

✓ Chuyển mạch gói quang:

- Hiểu theo nghĩa đơn giản là một bước sóng được kết nối hai điểm trên mạng. Phương pháp này còn được gọi là “gán bước sóng” (WA).
- Với mạng được giám sát trước để cung cấp kết nối với cùng bước sóng trong một thời gian dài, được gọi là WA tĩnh: cung cấp hiệu quả bước sóng nhưng phụ thuộc số bước sóng trên mỗi sợi và số sợi vào ra mỗi nút. Việc giám sát nút tương đối dễ dàng với điều khiển (quản lý) tập trung/ phân tán.
- Với mạng khi một tuyến được xác định và cùng một bước sóng được gán trên cơ sở mỗi yêu cầu kết nối, được gọi là WA động.
- WA tĩnh và động không đảm bảo luôn có cùng một λ trên toàn mạng. Tuy nhiên, việc WA được cải thiện nếu sử dụng các WC trong mỗi nút. Khi đó, một tuyến được thiết lập sử dụng các bước sóng có sẵn khác nhau \rightarrow WA có hiệu suất cao nhất.
- Tuy nhiên, điều quan trọng là hiệu quả của khả năng phân phối lưu lượng, phụ thuộc vào việc sử dụng lưu lượng của từng bước sóng.

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Mạng quang WDM có những loại thiết bị gì?
- Cấu trúc của thiết bị như thế nào?
- Đặc điểm chính của mỗi cấu hình thiết bị là gì?

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Mạng quang WDM có những loại thiết bị gì?

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

Mạng quang WDM gồm các thiết bị cơ bản sau:

- Thiết bị đầu cuối đường quang (OLT)
- Thiết bị xen/rẽ quang (OADM)
- Thiết bị kết nối chéo quang (OXC)
- Thiết bị khuỷch đại đường quang (OA) và tái sinh (Reg)

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Cấu trúc và Đặc điểm chính của thiết bị?

C
19



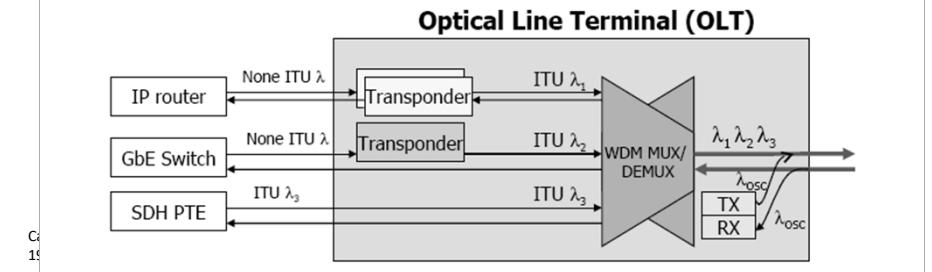
Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Thiết bị đầu cuối đường quang (OLT)

✓ Cấu trúc: Gồm 3 khối chức năng:

- Bộ chuyển phát quang (Transponder)
- Bộ tách/ghép bước sóng (Mux/Demux)
- Bộ phát/thu kênh giám sát (TX/RX)
- Khuyếch đại quang (OA): tùy chọn



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Thiết bị đầu cuối đường quang (OLT)

✓ Đặc điểm chính:

- Các bộ chuyển phát trong OLT dùng để thích ứng các tín hiệu giao thức khách hàng với tiêu chuẩn mạng WDM (các lối bước sóng)
- Bộ thu phát gửi và thu nhận tín hiệu kênh giám sát quang (OSC)
- OLT được sử dụng trong cấu hình mạng WDM điểm – điểm/ đường thẳng.

C
19



Linear Topology



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Thiết bị xen/rẽ quang (OADM)
 - ✓ Cấu trúc:
 - OADM cố định (fixed)
 - Cấu trúc OADM cấu hình lại (ROADM)

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Thiết bị xen/rẽ quang (OADM)
 - ✓ Cấu trúc OADM cố định (fixed):
 - Xen hoặc rẽ cố định một số kênh λ cụ thể
 - Nhà vận hành mạng cần quy hoạch trước (VD: có các cổng xen/rẽ dự phòng) và sử dụng thiết bị một cách thích hợp.
 - ✓ Các kiểu cấu trúc OADM cố định:
 - Song song hoặc nối tiếp
 - Xen/rẽ theo kênh đơn hoặc theo băng

C
19

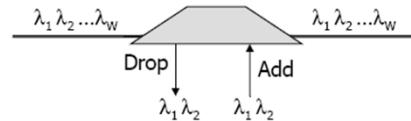
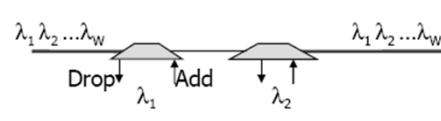
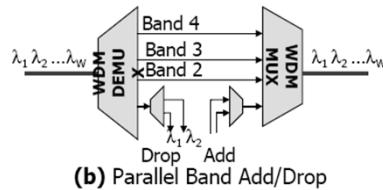
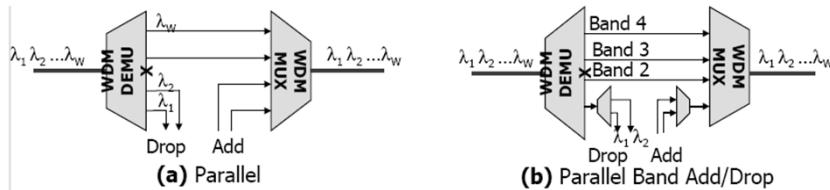


Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Thiết bị xen/rẽ quang (OADM)

✓ Các kiểu cấu trúc OADM cố định:

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

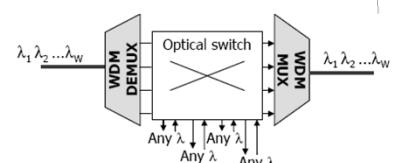
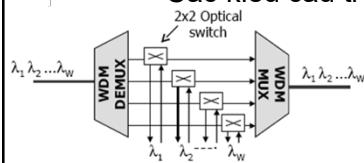
3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Thiết bị xen/rẽ quang (OADM)

✓ Cấu trúc OADM cấu hình lại (ROADM):

- Các bước sóng mong muốn được xen/rẽ động
- Độ linh hoạt tăng lên cho nhà vận hành trong việc thiết lập hoặc xóa bỏ kết nối.

✓ Các kiểu cấu trúc ROADM:



(c) Fully tunable serial OADM using tunable single channel OADMs in series

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Thiết bị xen/rẽ quang (OADM)

✓ Đặc điểm chính:

- OADM được sử dụng để tách hoặc xen một số kênh bước sóng tại các node trung gian
- Cho phép triển khai các cấu hình đường thẳng và cấu hình vòng

The diagram illustrates two network topologies using Optical Add-Drop Multiplexers (OADM) to manage wavelength channels ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_W$):

- Linear Topology:** Shows a straight line of nodes connected by fiber. An OADM at each site performs "Drop" (removal of specific wavelengths) and "Add" (insertion of specific wavelengths). The total number of wavelengths remains constant along the path.
- Ring Topology:** Shows a closed loop of nodes. An OADM at each site also performs "Drop" and "Add". In this topology, wavelengths can be added or dropped at any point without disrupting the others, allowing for more complex network configurations.

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Thiết bị xen/rẽ quang (OADM)

✓ OADM cung cấp giải pháp hiệu quả chi phí cho việc điều khiển lưu lượng chủ yếu chuyển tiếp (pass-through) → giảm thiểu số lượng các bộ chuyển phát quang yêu cầu.

(a) Three node point-to-point WDM systems (before OADMs became available):

Site A: OLT connected to a WDM DEMUX, which then connects to four Transponders. Fiber connects Site A to Site B.

Site B: OLT connected to a WDM DEMUX, which then connects to four Transponders. Fiber connects Site B to Site C.

Site C: OLT connected to a WDM DEMUX, which then connects to four Transponders. Fiber connects Site C back to Site A.

Drop/Add arrows indicate that each site has its own WDM demultiplexer and multiplexer, requiring four transponders per site.

(b) Three node linear network using OADM at Site B:

Site A: OLT connected to a WDM DEMUX, which then connects to four Transponders. Fiber connects Site A to Site B.

Site B: OLT connected to a WDM DEMUX, which then connects to an OADM. The OADM performs optical pass-through for four transponders. It also has a "Drop" port connected to a transponder and an "Add" port connected from another transponder. Fiber connects Site B to Site C.

Site C: OLT connected to a WDM DEMUX, which then connects to four Transponders. Fiber connects Site C back to Site A.

This configuration reduces the number of transponders required at each site to two, as the OADM handles the wavelength conversion and distribution.



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Thiết bị xen/rẽ quang (OADM)

- ✓ Các thuộc tính trong việc lựa chọn OADM
 - Kích cỡ OADM: tổng số bước sóng được hỗ trợ
 - Hoạt động xen/rẽ không ảnh hưởng đến các kênh khác
 - Cấu trúc module: cho phép định cỡ OADM theo sự tăng dần lưu lượng (số lượng kênh λ)
 - Các suy giảm lớp vật lý quang (suy hao, lọc không hoàn hảo,...)
 - Có phụ thuộc vào số lượng kênh xe/rẽ ?
 - Bao nhiêu OADM có thể kết nối với nhau trước khi cần transponder?
 - Khả năng cấu hình lại:
 - Cấu hình xen/rẽ thay đổi bởi điều khiển phần mềm từ xa
 - Quy hoạch mạng và thiết lập kết nối một cách linh hoạt
 - Chi phí
 - Tiêu thụ nguồn, chi phí trên mỗi kênh λ

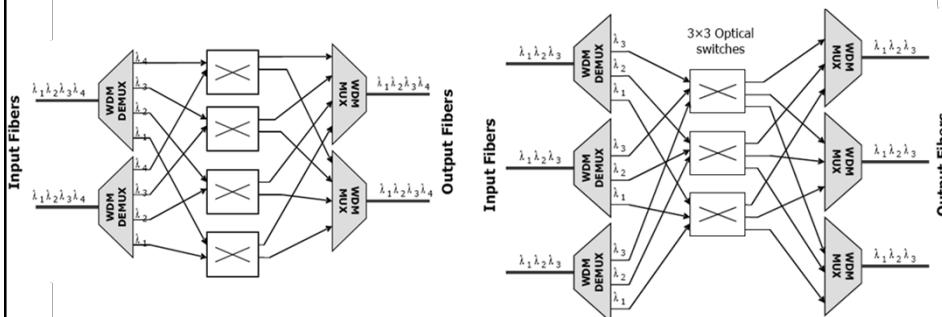
C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Thiết bị kết nối chéo quang (OXC)

- ✓ Cấu trúc:

C
19



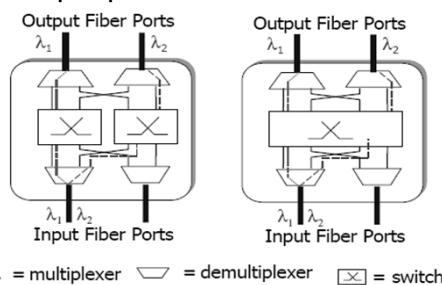
Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Thiết bị kết nối chéo quang (OXC)

✓ Đặc điểm chính:

- Thực hiện chuyển trực tiếp 1 kênh λ từ 1 cổng sợi quang đầu vào tới một trong các cổng sợi quang đầu ra
- Xen hoặc rẽ cục bộ các kênh λ



Một ví dụ OXC với 2 sợi đầu vào và 2 sợi đầu ra được thực hiện bằng việc sử dụng 2 chuyển mạch 2×2 hoặc 1 chuyển mạch 4×4 . Mỗi sợi mang 2 kênh bước sóng.



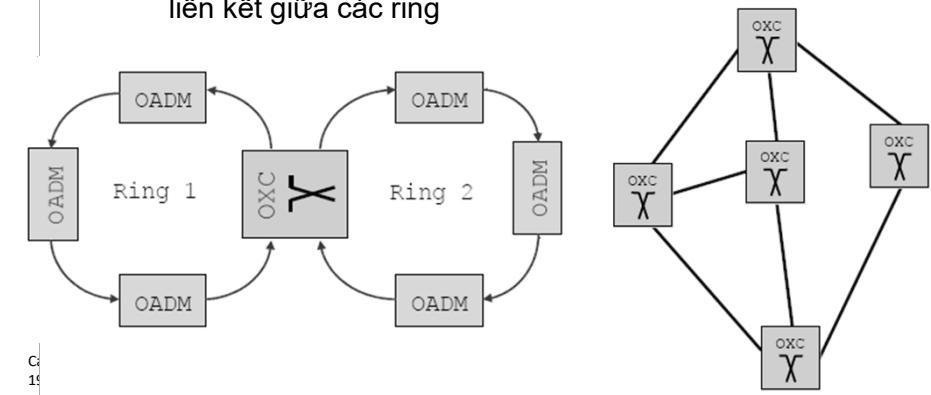
Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Thiết bị kết nối chéo quang (OXC)

✓ Đặc điểm chính:

- Các OXC cho phép triển khai các cấu hình mạng lưới và liên kết giữa các ring



C
19

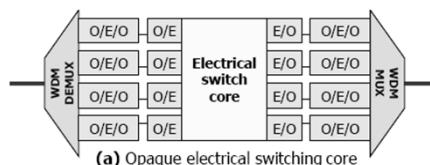


Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Thiết bị kết nối chéo quang (OXC)

- ✓ Có thể sử dụng các chuyển mạch điện hoặc toàn quang
- ✓ Đối với chuyển mạch điện và các bộ chuyển phát quang (OEO)
 - Công nghệ hoàn thiện
 - Khả năng giám sát (VD: BER, Q-factor) và tái sinh 3R
 - Dung lượng chuyển mạch bị giới hạn \square quá phức tạp và chi phí cao cho chuyển mạch hàng chục Gbit/s
 - Phụ thuộc vào tốc độ bit và tín hiệu khách hàng
 - Kích thước cồng kềnh và tiêu thụ nhiều điện

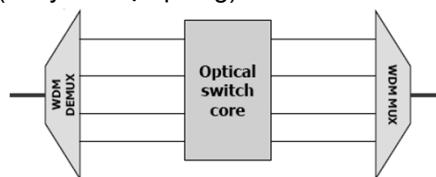
C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Thiết bị kết nối chéo quang (OXC)

- ✓ Đối với chuyển mạch toàn quang (All-Optical)
 - Không phụ thuộc vào tốc độ bit và tín hiệu khách hàng
 - Khả năng định cỡ về dung lượng tốt hơn, VD: chuyển mạch từ 2.5 Gbit/s tới 40 Gbit/s có cùng chi phí/mỗi cổng
 - Kích thước nhỏ gọn và tiêu thụ tiết kiệm điện hơn
 - Công nghệ mới, không có giám sát miền số, hiện tại chỉ có tái sinh 1R (khuyếch đại quang)

C
19

(b) All-optical optical switch connected directly to WDM MUX/DEMUX

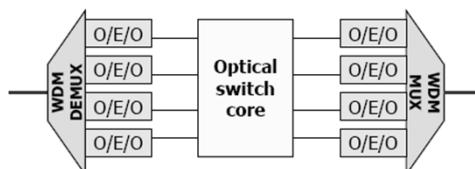


Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Thiết bị kết nối chéo quang (OXC)

- ✓ Đổi với chuyển mạch quang với OEO
 - Kết hợp các ưu điểm của chuyển mạch quang với giám sát miền số và khả năng tái sinh của các bộ chuyển phát quang
 - Vẫn tồn tại các vấn đề về giám tính trong suốt, kích cỡ cồng kềnh và tiêu thụ nhiều điện năng.



(c) Opaque optical switching core
connected directly to transponders

C
19

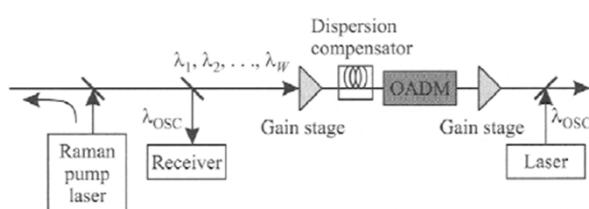


Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Thiết bị khuyếch đại đường quang và tái sinh

- ✓ Bộ khuyếch đại đường quang → Tái sinh 1R (tái phát quang):
 - Các bộ EDFA được sử dụng một cách tuần hoàn đọc tuyền sợi quang (khoảng cách 80-120 km)
 - Đôi khi các bộ khuyếch đại Raman được sử dụng.
 - Tại mỗi node có thể có nhiều tầng khuyếch đại EDFA
 - Cấu hình tương tự theo hướng ngược lại



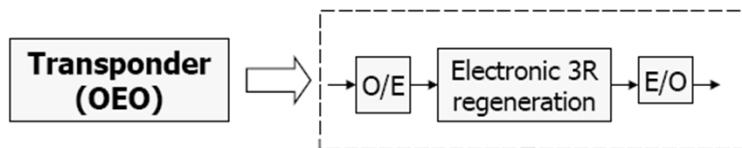
C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

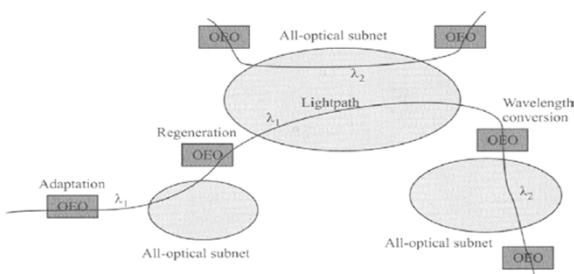
- Thiết bị khuyếch đại đường quang và tái sinh
 - ✓ Tái sinh 3R quang chưa hoàn thiện để thương mại hóa:
 - Tiếp tục dựa vào các bộ tái sinh điện tử
 - ✓ Bộ chuyển phát quang có khối tái sinh điện tử giữa các bộ chuyển đổi O/E và E/O:
 - Đơn giản được xem như OEO
 - Cũng được sử dụng cho chuyển đổi bước sóng và giám sát tín hiệu

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Thiết bị khuyếch đại đường quang và tái sinh
 - ✓ Một cách lý tưởng, các bộ chuyển phát quang không nên sử dụng trong các mạng quang:
 - Đảm bảo một mạng toàn quang trong suốt
 - Nhưng các suy giảm tín hiệu tích lũy sẽ giới hạn phạm vi của mạng

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Thiết bị khuỷuett đại đường quang và tái sinh
- ✓ Các bộ chuyển phát làm tăng chi phí mạng WDM:

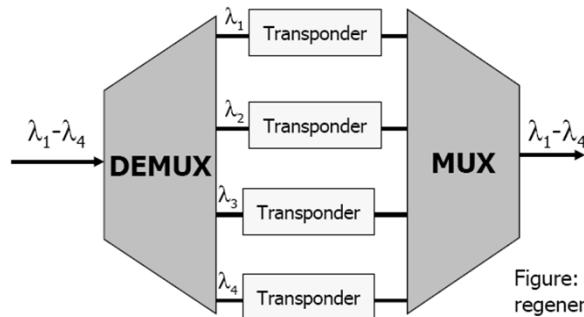


Figure: Equipment at regeneration site (in one direction)

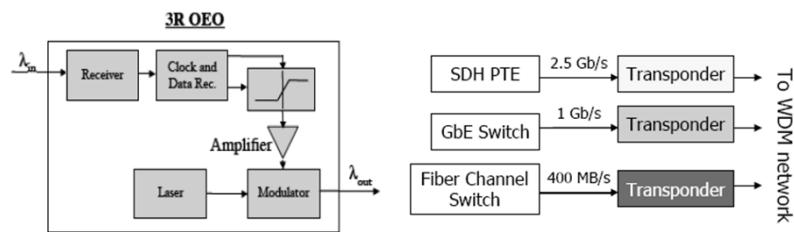
C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Thiết bị khuỷuett đại đường quang và tái sinh
- ✓ Các bộ chuyển phát 3R đơn giản chỉ hoạt động cố định cho một tốc độ bit và giao thức khách hàng cụ thể:
 - Chức năng định thời (khôi phục đồng hồ) khó thực hiện cho các tốc độ bit khác nhau
 - Các bộ chuyển phát khác nhau cần cho các tốc độ bit và các giao thức khác nhau



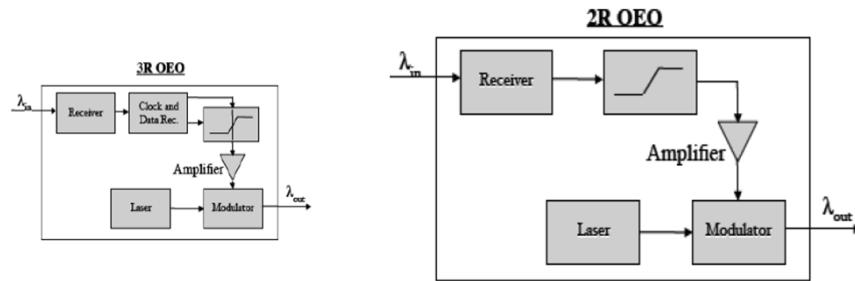
C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

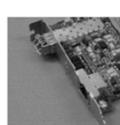
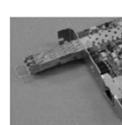
- Thiết bị khuỷu đại đường quang và tái sinh
- ✓ Các bộ chuyển phát đơn giản hóa với chỉ chức năng 2R có thể sử dụng cho các tốc độ bit khác nhau:

C
19

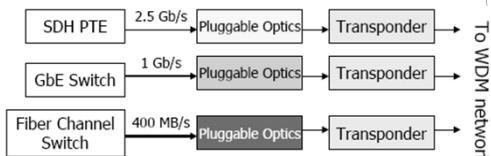
Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Thiết bị khuỷu đại đường quang và tái sinh
- ✓ Gần đây có những phát triển đáng kể tăng khả năng sẵn có trên thị trường các bộ chuyển phát linh hoạt:
 - Thiết kế cho phép định thời khả lập trình trong các bộ chuyển phát đa tốc độ
 - Hỗ trợ nhanh và rẻ các giao thức khách hàng khác nhau chỉ bằng việc hoán đổi các bộ thu phát quang có thể tháo rời trong các bộ chuyên phát



Source: Endace

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

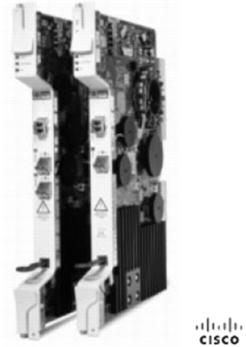
3.2. Các thành phần cơ bản của mạng quang WDM

- Thiết bị khuyếch đại đường quang và tái sinh

✓ Ví dụ: Card chuyển phát đa tốc độ 2.5 Gbit/s của Cisco:

Cisco ONS 15454 SONET/SDH
MSTP 2.5-Gbps Multirate
Transponder Cards

- Hỗ trợ các tốc độ bit từ 155 Mbit/s-2.5 Gbit/s
- Hỗ trợ nhiều giao diện khách hàng
 - SAN (ESCON, Fiber Channel, FICON)
 - SDH (STM-1, STM-4 và STM-16)
 - Gigabit Ethernet
 - Video (HDTV, D1/SDI video, DV6000)
- Đầu ra phù hợp với lưới DWDM
- Làm việc trong cả hai chế độ 2R và 3R
- Có thẻ thêm chức năng OTN G.709 FEC để tăng khoảng cách truyền dẫn.



C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Mục đích triển khai IP/WDM là gì?
- IP/WDM có chức năng chính nào?
- Quá trình phát triển IP/ WDM được chia ra làm mấy giai đoạn chính? Đặc điểm của từng giai đoạn?
- Kiến trúc truyền tải IP/ WDM gồm có mấy nhóm?
- Trong kiến trúc IP/ WDM, chức năng của mỗi tầng là gì?
- Mô hình kết nối mạng IP/ WDM gồm mấy loại chính? Đặc điểm của từng mô hình?
- Một mạng IP/WDM có thể hỗ trợ mấy mô hình dịch vụ chính? Đặc điểm của từng mô hình?

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Xu hướng tích hợp IP trên WDM

✓ Ưu điểm của IP:

- Khả năng kết nối đơn giản, dễ dàng và linh hoạt
- Phát triển bùng nổ của lưu lượng IP ,
- Phát triển mạnh mẽ của Internet và intranet diện rộng
- Hội tụ nhanh chóng của các dịch vụ IP tiên tiến
- Sự phát triển mạnh mẽ công nghệ truyền tải IP (IPv6) với khả năng truyền tải tốc độ cao và có đủ khả năng truyền tải tất cả các dịch vụ viễn thông, dữ liệu và quảng bá.

=> IP đang trở thành giao thức truyền tải chính trên tất cả các cơ sở hạ tầng truyền tải thông tin hiện nay cũng như trong tương lai.

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

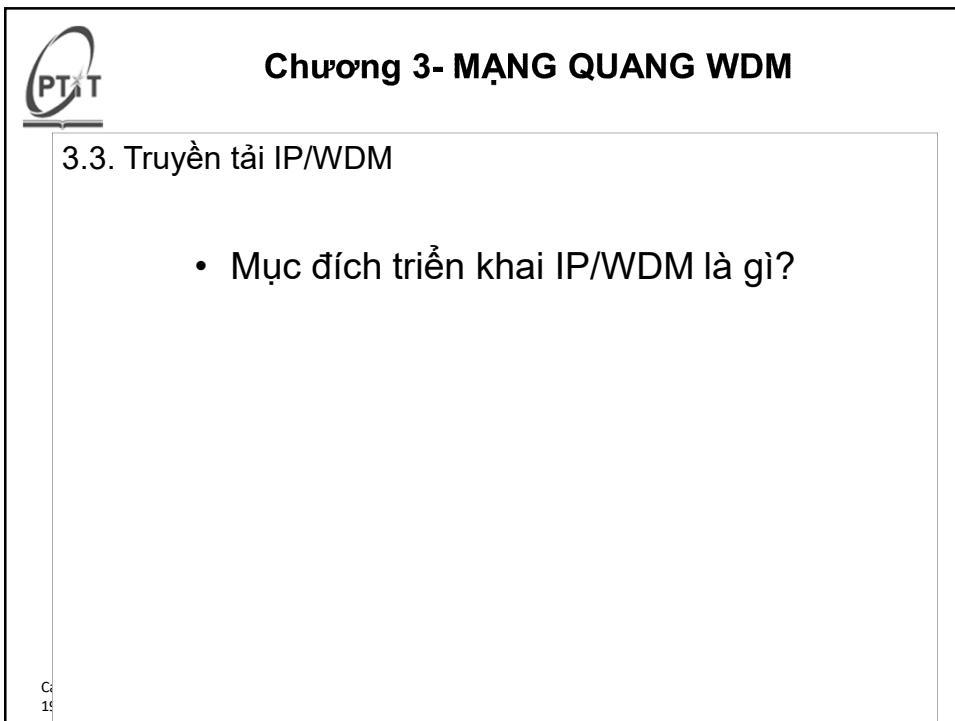
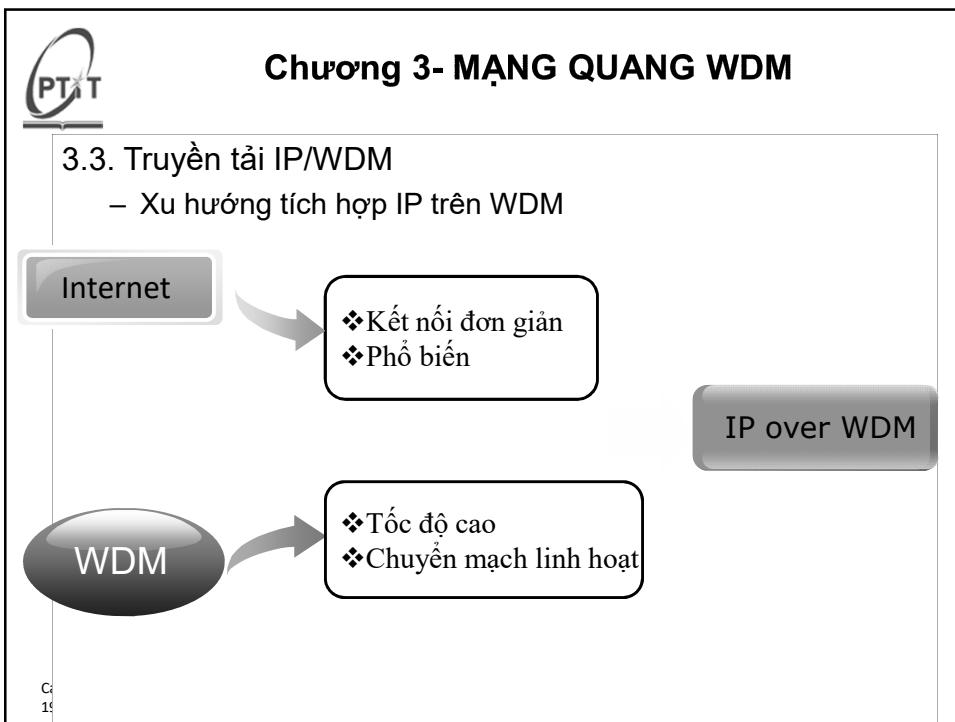
- Xu hướng tích hợp IP/WDM

✓ Ưu điểm của WDM: khả năng truyền tải tốc độ cao, dung lượng truyền dẫn lớn và linh hoạt trong chuyền mạch

C-Band Capacity (Tb/s)	0.8	1.6	3.2	6.4	12.8
Spectral Efficiency (b/s/Hz)	0.2	0.4	0.8	1.6	3.2
Bit-Rate per λ (Gb/s)	10	10	40	10	40
Inter-λ Spacing (GHz)	50	25	100	12.5	50
No. of λ's in C-Band	80	160	40	320	80
Example of Modulation Format	Binary OOK		DPSK or Duobinary	4-Level (DQPSK)	16-Level

=> WDM trở thành công nghệ nền tảng cho tất cả các cơ sở hạ tầng mạng truyền tải.

C
19





Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Xu hướng tích hợp IP/WDM

✓ Mục đích triển khai IP/WDM:

Tích hợp công nghệ IP và công nghệ WDM trên cùng một cơ sở hạ tầng mạng: tạo thành một giải pháp truyền tải IP/quang để xây dựng các mạng truyền tải hiện tại và tương lai.

✓ Chức năng chính IP/WDM:

Cung cấp khả năng truyền dẫn trực tiếp gói số liệu IP trên kênh quang

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Quá trình phát triển IP/ WDM được chia ra làm mấy giai đoạn chính? Đặc điểm của từng giai đoạn?

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Các giai đoạn phát triển IP/ WDM: 3 giai đoạn
 - ✓ Giai đoạn IP/ATM/SDH /WDM:
 - Giai đoạn đầu tiên trong công nghệ truyền tải IP/ quang.
 - Các IP datagram phải thực hiện chia thành các tế bào ATM để chuyển từ nguồn tới đích
 - Tại chuyển mạch ATM cuối cùng, các IP datagram mới được khôi phục lại từ các tế bào.
 - Là giai đoạn có đầy đủ các tầng IP, ATM và SDH: chi phí lắp đặt, vận hành và bảo dưỡng tối kén nhất. Tuy nhiên, khi công nghệ các router còn nhiều hạn chế về mặt tốc độ, dung lượng thì việc xử lý truyền dẫn IP trên quang thông qua ATM và SDH vẫn có lợi về mặt kinh tế.

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Các giai đoạn phát triển IP/ WDM
 - ✓ Giai đoạn IP/SDH /WDM:
 - Tầng ATM đã được loại bỏ và các IP datagram được chuyển trực tiếp xuống tầng SDH. Thay vào đó, sử dụng công nghệ router IP với những ưu điểm vượt trội so với chuyển mạch ATM về mặt tính năng, dung lượng.
 - Bổ sung kỹ thuật MPLS vào tầng IP sẽ tạo ra 2 khả năng mới:
 - Thứ nhất, cho phép thực hiện kỹ thuật lưu lượng nhờ vào khả năng thiết lập kênh ảo VC.
 - Thứ hai, MPLS tách riêng mặt điều khiển ra khỏi mặt định hướng nên cho phép giao thức điều khiển IP quản lý trạng thái thiết bị mà không yêu cầu xác định rõ biên giới của các IP datagram.

Như vậy, có thể dễ dàng xử lý đối với các IP datagram có độ dài thay đổi.

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Các giai đoạn phát triển IP/ WDM

- ✓ Giai đoạn IP/WDM:

- Tầng SDH cũng được loại bỏ và IP datagram được chuyển trực tiếp xuống tầng quang. Việc loại bỏ tầng ATM và tầng SDH đồng nghĩa với việc có ít phần tử mạng phải quản lý hơn và việc xử lý cũng ít hơn
 - Các bước sóng khác nhau có thể xen/rẽ hoặc chuyển đổi bước sóng ở các nút khác nhau nhờ các thiết bị như: OXC, OADM, bộ định tuyến bước sóng quang.
 - Sự kết hợp IP phiên bản mới với khả năng khôi phục của tầng quang, các thiết bị OAM&P và chức năng định tuyến phân bố đã tạo ra khả năng phục hồi, phát hiện lỗi và giám sát nhanh.

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Kiến trúc truyền tải IP/ WDM gồm có mấy nhóm?

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Các kiến trúc truyền tải IP/ WDM

- ✓ Cho đến nay đã tạo ra nhiều giải pháp truyền tải IP qua quang.
 - ✓ Nội dung của các giải pháp phụ thuộc vào quá trình phát triển các công nghệ truyền tải hoặc phụ thuộc vào hiện trạng các công nghệ đang sử dụng.
 - ✓ Tuy nhiên, các giải pháp này đều tập trung vào việc (mục đích):
 - Giảm tính năng dư thừa (*lớp SDH, ATM*)
 - Giảm mào đầu giao thức (*lắp chức năng*)
 - Đơn giản hóa công việc quản lý (*Giảm chi phí*)
- trong khi vẫn phải đảm bảo khả năng cung cấp dịch vụ chất lượng khác biệt (nhiều mức dịch vụ), độ khả dụng và bảo mật cao.

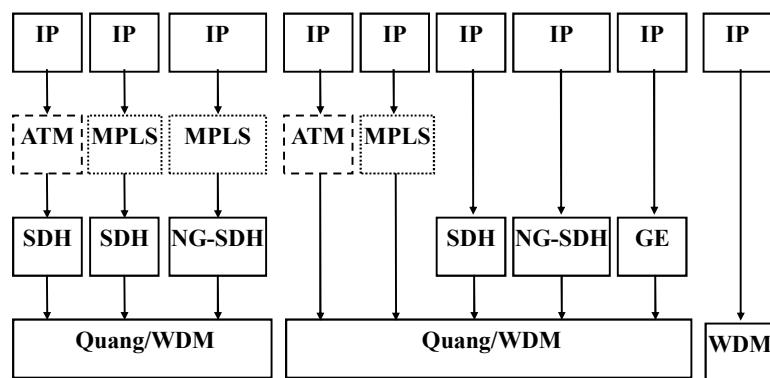
C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Các kiến trúc truyền tải IP/ WDM

- ✓ 3 nhóm:

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Trong kiến trúc IP/ WDM, chức năng của mỗi tầng là gì?

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Các kiến trúc truyền tải IP/ WDM

✓ Chức năng của một số tầng cơ bản trong kiến trúc IP/ WDM:

▪ Tầng IP:

- Cung cấp dịch vụ cho các tầng dưới.
- Giao thức sử dụng là IP: thực hiện đóng gói dữ liệu, thoại và video thành các IP datagram, sau đó định hướng truyền qua mạng.
- Cung cấp các liên kết phi kết nối và có khả năng tự sửa lỗi (các gói IP có thể được định tuyến động khi mạng, node hay liên kết xảy ra lỗi).

▪ Tầng ATM:

- Kết nối định hướng, yêu cầu thiết lập một kênh ảo VC giữa nguồn và đích trước khi thông tin được trao đổi.
- Có lớp đa dịch vụ cho phép nhà cung cấp thực hiện ghép kênh và truyền tải lưu lượng dữ liệu, thoại và video với tính năng có thể dự đoán trước lưu lượng để thực hiện ghép kênh thống kê.
- Thực hiện chức năng chuyển mạch gói theo từng tế bào ATM. Đây là xử lý chuyển mạch gói tại miền điện.

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Các kiến trúc truyền tải IP/ WDM
 - ✓ Chức năng của một số tầng cơ bản trong kiến trúc IP/ WDM:
 - **Tầng SDH:**
 - Sắp xếp dữ liệu tốc độ thấp, các kênh TDM vào các khung đồng bộ để truyền tải qua mạng truyền tải tốc độ cao.
 - Một số thiết bị điển hình là MUX/DEMUX, ADM và DXC.
 - Mạng SDH cung cấp tất cả các chức năng OAM&P để thiết lập và quản lý các kết nối qua mạng.
 - Để bảo vệ mạng khi sợi quang bị đứt hay các sự cố khác, mạng SDH có chức năng APS: cho phép thiết lập và chuyển mạch sang các đường dự phòng khi lỗi xảy ra trên đường hoạt động.
 - Dịch vụ được khôi phục nhanh chóng (khoảng 50 ms), nhưng phải có băng thông rộng hơn và phải có chi phí thêm cho các thiết bị được lắp đặt trên đường truyền dự phòng.

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Các kiến trúc truyền tải IP/ WDM
 - ✓ Chức năng của một số tầng cơ bản trong kiến trúc IP/ WDM:
 - **Tầng WDM:** bao gồm
 - Lớp kênh quang (Och):
 - ✓ Kết nối quang giữa 2 thực thể *client* quang (truyền trong suốt d/vụ).
 - ✓ Định tuyến, phân phối bước sóng, sắp xếp kênh quang để mạng kết nối linh hoạt, xử lý các thông tin mào đầu của kênh quang, đo kiểm lớp kênh quang và thực hiện chức năng quản lý.
 - ✓ Khi có sự cố, thực hiện chuyển mạch bảo vệ và khôi phục mạng.

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Các kiến trúc truyền tải IP/ WDM
 - ✓ Chức năng của một số tầng cơ bản trong kiến trúc IP/ WDM:
 - **Tầng WDM:** bao gồm
 - Lớp đoạn ghép kênh quang (OMS):
 - ✓ Kết nối, xử lý trong nội bộ một nhóm các kết nối quang ở mức Och.
 - ✓ Đảm bảo truyền tín hiệu quang nhiều bước sóng.
 - ✓ Cấu hình lại OMS để mạng định tuyến nhiều bước sóng linh hoạt, cung cấp chức năng đo kiểm và quản lý của OMS để vận hành và bảo dưỡng mạng.

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Các kiến trúc truyền tải IP/ WDM
 - ✓ Chức năng của một số tầng cơ bản trong kiến trúc IP/ WDM:
 - **Tầng WDM:** bao gồm
 - Lớp đoạn truyền dẫn quang (OTS):
 - ✓ Truyền tín hiệu quang trên các sợi quang đồng thời thực hiện tính năng đo kiểm và điều khiển đối với bộ khuếch đại quang và bộ lặp.
 - ✓ Lớp này thực hiện các vấn đề sau: cân bằng công suất, điều khiển hệ số KĐ của các bộ khuếch đại quang và bù tán sắc.

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Mô hình kết nối mạng IP/ WDM gồm mấy loại chính? Đặc điểm của từng mô hình?

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Các mô hình kết nối và mô dịch vụ mạng IP/ WDM
 - ✓ Các mô hình kết nối mạng IP/ WDM:
 - Truyền tải IP/WDM, là giải pháp hiệu quả để truyền lưu lượng IP trên mạng WDM.
 - Mạng WDM có 3 loại cấu trúc: cấu trúc WDM điểm-điểm (cấu hình cố định); cấu trúc WDM tái cấu hình (cấu hình chuyển mạch kênh) và cấu trúc WDM chuyển mạch (cấu hình chuyển mạch gói).
 - Do đó, tương ứng với các cấu trúc của mạng WDM cấu trúc mạng IP/WDM cũng có 3 loại sau:
 - IP/ WDM điểm - điểm.
 - IP/WDM tái cấu hình.
 - IP/WDM chuyển mạch.

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Các mô hình kết nối và mô dịch vụ mạng IP/ WDM
- ✓ Các mô hình kết nối mạng IP/ WDM:
 - IP/ WDM điểm - điểm

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Các mô hình kết nối và mô dịch vụ mạng IP/ WDM
- ✓ Các mô hình kết nối mạng IP/ WDM:
 - IP/WDM tái cấu hình

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Các mô hình kết nối và mô dịch vụ mạng IP/ WDM
 - ✓ Các mô hình kết nối mạng IP/ WDM:
 - IP/WDM chuyển mạch

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Một mạng IP/WDM có thể hỗ trợ mấy mô hình dịch vụ chính? Đặc điểm của từng mô hình?

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Các mô hình kết nối và mô dịch vụ mạng IP/ WDM
 - ✓ Các mô dịch vụ mạng IP/ WDM: hai mô hình
 - Mô hình dịch vụ miền

Mô hình dịch vụ miền

Đường truyền quang

Đám mây quang

UNI

Mạng IP

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.3. Truyền tải IP/WDM

- Các mô hình kết nối và mô dịch vụ mạng IP/ WDM
 - ✓ Các mô dịch vụ mạng IP/ WDM: hai mô hình
 - Mô hình dịch vụ hợp nhất

Mô hình dịch vụ hợp nhất

Mạng quang

OS: Chuyển mạch quang

Mạng IP

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

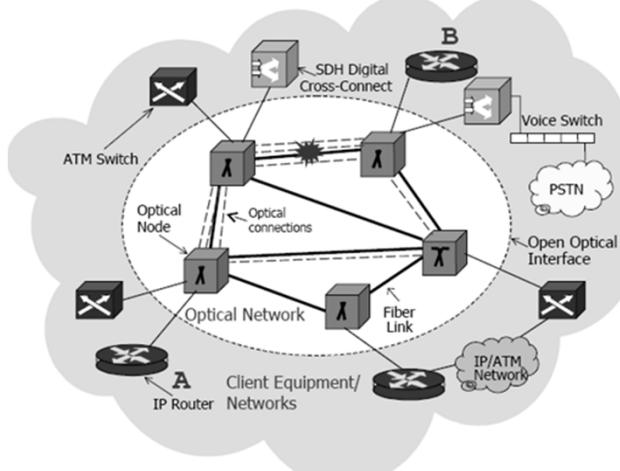
- Bài toán LTD là gì? Mục tiêu của bài toán LTD?
- Bài toán RWA là gì? Bài toán RWA có mấy loại? Mục tiêu của từng loại bài toán RWA?
- Các thuật giải (thuật toán) sử dụng trong bài toán RWA?
- Định cõi mạng quang gồm có mấy mô hình chính? Đặc điểm của từng mô hình?

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD là gì?

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Giới thiệu

- ✓ Trong mạng quang WDM ***lớp quang*** cung cấp **các kết nối chuyển mạch kênh tốc độ cao** hoặc các tuyến quang, giữa các cặp thiết bị lớp trên (khách hàng) như Bộ ghép SDH, bộ định tuyến IP và bộ chuyển mạch Ethernet.
- ✓ Các mạng quang WDM có ***Lớp quang*** tạo ra các tuyến quang qua sợi quang nhờ sử dụng các phần tử như thiết bị OLT, OADM và OXC được gọi là **mạng định tuyến bước sóng**.
- ✓ Khi thiết kế mạng định tuyến bước sóng: Không chỉ quan tâm thiết kế ***lớp quang*** mà còn cả thiết kế mạng ***lớp trên*** vì thiết kế của hai lớp liên quan chặt chẽ với nhau.
- ✓ Có thể xem **bài toán tổng quát về thiết kế mạng** định tuyến bước sóng bao gồm: Cấu trúc liên kết sợi (vật lý) và Các yêu cầu về lưu lượng (ma trận lưu lượng) được chỉ định.

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Giới thiệu

- ✓ Bài toán đầu tiên được gọi là **bài toán thiết kế kiến trúc tuyến quang (logic/ảo)** (LTD- Lightpath Topology Design).
- ✓ Bài toán thực hiện kiến trúc tuyến quang trong ***lớp quang*** được gọi là **bài toán định tuyến và gán bước sóng** (RWA- Routing and Wavelength Assignment)
- ✓ Bài toán RWA rất đơn giản để giải quyết cho kiến trúc sợi, giữa mỗi cặp nút chỉ có một tuyến. Tuy nhiên, trong kiến trúc chung, vấn đề RWA có thể khá phức tạp.
- ✓ Một vấn đề khác cần phải lưu ý trong việc thiết kế mạng định tuyến bước sóng là việc điều chỉnh lưu lượng lớp cao hơn.

C
19



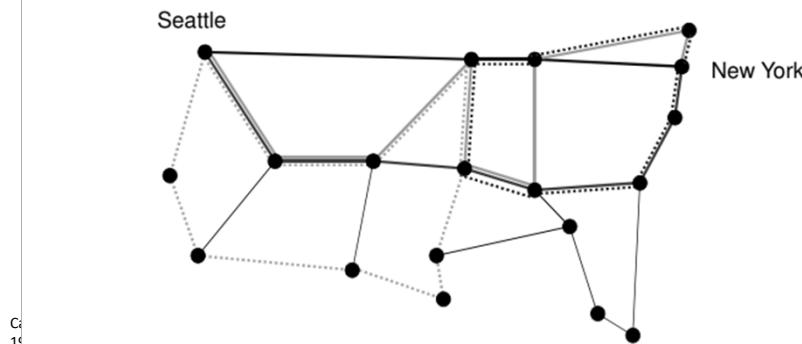
Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Giới thiệu

- ✓ Mục tiêu thiết kế:

Cho một ma trận lưu lượng (dự báo) và cấu trúc liên kết sợi (vật lý): thiết kế mạng hỗ trợ (dự báo) lưu lượng.



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

- ✓ Định nghĩa bài toán:

- Mạng WDM truyền tải lưu lượng dữ liệu từ lớp khách hàng
- Mạng WDM thiết lập các tuyến quang để hỗ trợ các nhu cầu lưu lượng của khách hàng:
 - Với kiến trúc sợi (vật lý) và nhu cầu lưu lượng (dự báo)
 - Xác định kiến trúc tuyến quang (ảo/logic) (Thiết kế kiến trúc tuyến quang: LTD)
 - Định tuyến và gán bước sóng (RWA)
- Nhu cầu lưu lượng được thể hiện trong ma trận lưu lượng $T=[\lambda^{sd}]$
 - λ^{sd} là yêu cầu gói/s giữa nút nguồn s và nút đích d
 - Ma trận lưu lượng nhận được bằng cách dự báo



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Lời giải Heuristic (Dự báo):

- Khó để xác định cấu trúc liên tuyến quang cùng với việc định tuyến và gán bước sóng.
- Chia thành các bài toán LTD và RWA riêng biệt:
 - Giải quyết bài toán LTD
 - Tiếp theo, thực hiện LTD nhận được trong lớp quang (tức là với LTD nhận được để giải bài toán RWA).

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Mục tiêu của bài toán LTD?

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán LTD (Lightpath Topology Design):

- Cho:

- Nhu cầu lưu lượng.

- Số cổng tối đa trên mỗi nút khách hàng, Δ .

- Các tuyến quang kết nối các nút khách hàng theo hai chiều.

- Xác định kiến trúc và định tuyến các gói

- Mục tiêu: Tối thiểu hóa tải tối đa mà bất kỳ tuyến quang nào phải mang

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ LTD (Lightpath Topology Design): Phương trình toán

- Giả sử có n nút nguồn và nút đích:

- Lên đến $(n-1)n$ tuyến quang ($\lambda^{ij} = 0, \forall i=j$)

- Lưu lượng giữa s và d có thể sử dụng một số tuyến quang:

- Bảo toàn luồng $s-d$: tốc độ λ^{sd} tại nguồn, $-\lambda^{sd}$ tại đích và 0 tại tất cả các nút trung gian.

- Mỗi tuyến quang bắt đầu và kết thúc tại các cổng trong các nút khách hàng:

- Biến $b_{ij} = 1$ nếu các nút i và j được kết nối với nhau bằng một tuyến quang, $b_{ij} = 0$ nếu ngược lại.

- Mục đích: Tìm biến b_{ij} theo mục tiêu

$$\min \lambda_{\max}, \lambda_{\max} = \max_{i,j} \sum_{s,d} a_{ij}^{sd} \lambda^{sd}, 0 \leq a_{ij}^{sd} \leq 1$$

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

- ✓ LTD (Lightpath Topology Design): Tính toán
 - Đây là một chương trình toán
 - Tuyến tính nếu không bị giới hạn (*LP- Linear Program*)
 - Chương trình tuyến tính số nguyên hỗn hợp (*MILP- Mixed Integer Linear Program*) khi:
 - Các λ là thực và dương.
 - b_{ij} là số nguyên $\{0, 1\}$.
 - Vấn đề tính toán phức tạp.

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán RWA là gì? Bài toán RWA có mấy loại?
Mục tiêu của từng loại bài toán RWA?

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

– Bài toán LTD và RWA

- ✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):
 - Cách ánh xạ LT với cấu trúc liên kết sợi:
 - Nhu cầu lưu lượng.
 - Các tuyến quang không thể chia sẻ các kênh bước sóng trên một liên kết sợi quang.
 - Chuyển đổi bước sóng:
 - Cho phép: tuyến quang sử dụng các bước sóng khác nhau
 - Không chuyển đổi: Một bước sóng cho toàn bộ tuyến
 - Chuyển đổi hạn chế:
 - Từ tập đầu vào hạn chế thành tập đầu ra hạn chế
 - Trong một số nhưng không phải tất cả các nút
 - Các ràng buộc khác: Chất lượng tín hiệu (tái tạo), khả năng sống sót, v.v.

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

– Bài toán LTD và RWA

- ✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):
 - Phát biểu bài toán RWA:
 - Cho:
 - Tập các tuyến quang (lightpath) cần được thiết lập trong mạng
 - Cấu trúc liên kết vật lý
 - Số sợi và số bước sóng trên sợi
 - Các ràng buộc khác: tính liên tục của bước sóng, suy giảm vật lý, khả năng sống sót, v.v.
 - Xác định:
 - Các tuyến đường (rout) mà các tuyến quang (lightpath) sẽ được thiết lập
 - Các bước sóng được gán cho các tuyến quang (lightpath) này
 - Đáp ứng mọi ràng buộc
 - lightpath bị chặn (nghẽn) khi không thiết lập được do thiếu tài nguyên (tuyến đường/bước sóng) hoặc do các ràng buộc khác.
 - Tương ứng vấn đề tối ưu hóa mạng là giảm thiểu xác suất nghẽn.

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Lập kế hoạch mạng WDM: Đầu vào
 - Tham số đầu vào, đã cho trước
 - Kiến trúc vật lý (các nút OXC và các chặng WDM)
 - Dự báo nhu cầu lưu lượng (cấu trúc liên kết ảo = cấu trúc liên kết tuyến quang)
 - Kết nối có thể là đơn hướng hoặc song hướng
 - Mỗi kết nối tương ứng với một tuyến quang (lightpath) được thiết lập giữa các nút
 - Mỗi kết nối yêu cầu toàn bộ dung lượng của một kênh bước sóng.

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Lập kế hoạch mạng WDM: Tài nguyên
 - Tài nguyên mạng: hai trường hợp
 - Ràng buộc bởi sợi quang: số sợi quang trên mỗi liên kết là tham số toàn cục được xác định trước trong khi số bước sóng trên mỗi sợi quang yêu cầu để thiết lập tất cả các lightpath phải được xác định.
 - Ràng buộc về bước sóng: số bước sóng trên mỗi sợi quang là tham số toàn cục được xác định trước và số sợi quang trên mỗi liên kết yêu cầu để thiết lập tất cả các lightpath phải được xác định.

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Lập kế hoạch mạng WDM: Các ràng buộc vật lý
 - Khả năng chuyển đổi bước sóng
 - Không có (wavelength path, WP).
 - Đầy đủ (virtual wavelength path, VWP)
 - Một phần (partial virtual wavelength path, PVWP)
 - Suy giảm truyền dẫn
 - Chiều dài của các lightpath và # của các nút là bị ràng buộc bởi những suy giảm vật lý (ràng buộc về chiều dài vật lý).

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Tối ưu mạng WDM:
 - Định tuyến:
 - Ràng buộc: chỉ một số tuyến quang (path) có thể có giữa nguồn và đích (ví dụ: K đường ngắn nhất) được chấp nhận.
 - Đơn giản hóa bài toán rất nhiều
 - Không ràng buộc: tất cả các đường quang được chấp nhận
 - Việc sử dụng tài nguyên mạng hiệu quả cao hơn
 - Hàm chi phí được tối ưu hóa (tối ưu hóa mục tiêu):
 - Định tuyến tất cả các lightpath bằng cách sử dụng số bước sóng tối thiểu.
 - Định tuyến tất cả các lightpath bằng cách sử dụng số sợi quang tối thiểu.
 - Định tuyến tất cả các lightpath giảm thiểu tổng chi phí mạng, có tính đến cả các hệ thống chuyển mạch

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Mục tiêu của từng loại bài toán RWA?

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Mục tiêu: (Nhận ra cấu trúc liên kết lightpath, đáp ứng mọi ràng buộc)
 - Ngoại tuyến (Offline)- RWA tĩnh: Đối với tất cả các lightpath được xác định bởi LTD
 - Tối thiểu số bước sóng được sử dụng trên mỗi liên kết
 - Hoặc: Tối đa số kết nối có thể thiết lập ứng với một số lượng bước sóng và một tập kết nối cho trước.
 - Trực tuyến (Online)- RWA động: Đối với các nhu cầu đến trong quá trình hoạt động
 - Tối thiểu số yêu cầu bị nghẽn.
 - Hoặc: Tận dụng hiệu quả tài nguyên mạng để cung cấp suất thiết lập thành công tuyến quang.

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Các phương pháp tiếp cận RWA:
 - Công thức ILP (Integer Linear Program)
 - Heuristic (Phỏng đoán)
 - Bài toán con định tuyến.
 - Bài toán con gán bước sóng.

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Các phương pháp tiếp cận RWA:

➢ Biểu thức ILP

Tối thiểu hóa: F_{max}

$$\text{Sao cho: } F_{\max} \geq \sum_{s,d} F_{ij}^{sd} \quad \forall i, j$$

$$\sum_i F_{ij}^{sd} - \sum_k F_{jk}^{sd} = \begin{cases} \lambda_{sd} & (s = j) \\ -\lambda_{sd} & (d = j) \\ 0 & (s \neq j \wedge d \neq j) \end{cases}$$

λ_{sd} : lưu lượng (số y/c kết nối) từ nút nguồn s đến nút đích d

F_{ij}^{sd} : lưu lượng (số y/c kết nối) từ nút nguồn s đến nút đích d đi qua tuyến ij

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Ràng buộc liên tục bước sóng:

➢ Không có chức năng chuyển đổi bước sóng nào trong mạng
→ các lightpath hoạt động trên cùng một bước sóng qua tất cả các liên kết sợi quang.

➢ Ràng buộc về tính liên tục của bước sóng được giảm bớt nhờ chức năng chuyển đổi bước sóng ở tất cả/ một số nút được chọn.

▪ Lightpath có thể chuyển đổi giữa các bước sóng khác nhau trên tuyến đường của nó từ điểm đầu đến điểm cuối.

▪ Đánh đổi: chi phí so với hiệu năng.

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Ràng buộc các suy giảm vật lý:

➢ Liên quan trực tiếp đến bản chất của môi trường vật lý (sợi quang) và truyền dẫn quang trong suốt.

➢ Các suy giảm tín hiệu quang ảnh hưởng đến chất lượng của lightpath → Giới hạn phạm vi lightpath.

➢ Các suy giảm vật lý có thể được giảm thiểu bằng cách tái tạo tín hiệu:

▪ Tái tạo 3R: Khuếch đại lại, định dạng lại và định thời lại

▪ Đánh đổi: chi phí so với hiệu năng.

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Ràng buộc về khả năng sống sót:
 - Liên quan đến khả năng mạng để đảm bảo cung cấp dịch vụ khi có lỗi.
 - Bảo vệ liên kết và tuyến.
 - Mỗi lightpath hoạt động được gán tài nguyên bước sóng dự phòng để sống sót trong trường hợp liên kết hoặc nút bị lỗi.
 - Ảnh hưởng đến giải pháp RWA do có thêm các ràng buộc không kết nối:
 - Không kết nối liên kết
 - Không kết nối nút.
 - Không kết nối SRNG (Shared Risk Link Group).

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Các thuật giải (thuật toán) sử dụng trong bài toán RWA?

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

- ✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Bài toán con định tuyến:

- Định tuyến cố định (*Fixed Routing*)

- Định tuyến thay thế cố định

- Định tuyến thích ứng

- Định tuyến chịu lỗi

- Thuật toán định tuyến:

- Shortest Path → chọn tuyến nguồn-đích ngắn nhất (số liên kết/ nút)

- Least Loaded Routing → tránh các liên kết bận nhất

- Least Loaded Node → tránh các node bận nhất

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

- ✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Bài toán con định tuyến:

- Định tuyến cố định

- + Luôn chọn cùng một tuyến cố định cho một cặp nút **s,d** cho trước

- + VD: sử dụng thuật toán định tuyến tìm đường đi ngắn nhất cố định (Fixed Shortest-Path Routing), thường là Dijkstra hay Bellman-Ford (tính off-line).

- + Ưu điểm: rất đơn giản

- + Nhược điểm:

- Nếu nguồn tài nguyên (λ) trên đường đi đã sử dụng hết, dẫn đến:

- Xác suất tắc nghẽn cao trong trường hợp lưu lượng động,

- Số lượng λ sử dụng rất lớn trong trường hợp lưu lượng tĩnh.

- Không thể xử lý các lỗi khi một/nhiều liên kết trong mạng bị hỏng. Để xử lý: cần xét đến các đường đi thay thế/ tìm ra một tuyến mới một cách linh động.

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Bài toán con định tuyến:

➢ Định tuyến cố định

+ Trong thuật toán tìm đường ngắn nhất, quan tâm nhiều đến chi phí (cost) hay gọi là **trọng số (weight)** của liên kết giữa các nút.

+ **Cách tính trọng số:**

Dựa trên **hàm trọng số** w_{ij} (trọng số của liên kết trực tiếp giữa hai nút i và j), $w_{ij} = \infty$ nếu giữa i và j không có liên kết trực tiếp.

λ_{ij}^a - số λ rỗi trên liên kết;

λ_{ij}^T - tổng số λ có trên liên kết.

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Bài toán con định tuyến:

➢ Định tuyến cố định

➢ *Hàm trọng số dựa trên chặng (HW– Hop-based Weight):* $w_{ij} = 1$

➢ *Hàm trọng số dựa trên khoảng cách (DW – Distance-based Weight):* $w_{ij} = d_{ij}$ với d_{ij} là khoảng cách vật lý giữa hai nút i và j.

➢ *Hàm trọng số dựa trên bước sóng sẵn có (AW – Available wavelengths-based Weight):*

$$w_{ij} = \begin{cases} -\log(1 - \frac{1}{\lambda_{ij}^a}) & \lambda_{ij}^a > 1 \\ 1 & \lambda_{ij}^a = 1 \end{cases} \quad (3.1)$$

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Bài toán con định tuyến:

➢ Định tuyến cố định

➢ *Hàm trọng số dựa trên số bước sóng sẵn có và số chặng (HAW – Hop count and Available wavelengths-based Weight):*

$$w_{ij} = \begin{cases} \alpha - \beta \log(1 - \frac{1}{\lambda_{ij}^a}) & \lambda_{ij}^a > 1 \\ \alpha + \beta & \lambda_{ij}^a = 1 \end{cases} \quad (\alpha, \beta > 0) \quad (3.2)$$

α và β : các trọng số liên quan đến số chặng và số bước sóng sẵn có.

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Bài toán con định tuyến:

➢ Định tuyến cố định

➢ *Hàm dựa trên tổng số bước sóng và số bước sóng sẵn có (TAW – Total wavelengths and Available wavelength-based Weight):*

$$w_{ij} = \begin{cases} -\log(1 - (1 - \frac{\lambda_{ij}^a}{\lambda_{ij}^T})^{\lambda_{ij}^a}) & \lambda_{ij}^a < \lambda_{ij}^T \\ 1 & \lambda_{ij}^a = \lambda_{ij}^T \end{cases} \quad (3.3)$$

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Bài toán con định tuyến:

➢ Định tuyến cố định

➢ *Hàm trọng số dựa trên số chặng, tổng số bước sóng và số bước sóng sẵn có (HTAW – Hop count and Total wavelengths and Available wavelengths-based Weight):*

$$w_{ij} = \begin{cases} \alpha - \beta \log(1 - (1 - \frac{\lambda_{ij}^a}{\lambda_{ij}^T})^{j_{ij}^a}) & \lambda_{ij}^a < \lambda_{ij}^T \\ \alpha + \beta & \lambda_{ij}^a = \lambda_{ij}^T \end{cases} \quad (3.1)$$

α và β : các trọng số liên quan đến số chặng và số bước sóng sẵn có.

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

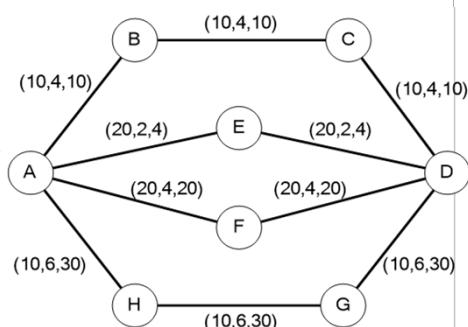
- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Bài toán con định tuyến:

➢ Định tuyến cố định

Bài tập 3.1: Cho kiến trúc mạng WDM như hình vẽ. Giả sử mỗi liên kết giữa 2 nút liền kề được gán một nhãn gồm ba tham số (d_{ij} , λ_{ij}^a , λ_{ij}^T). Xác định chi phí đường đi từ nút A đến nút D theo các hàm trọng số khác nhau, nếu giá trị α và β được giả sử bằng 1.



19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Bài toán con gán bước sóng (WA):

➢ Bài toán con WA tĩnh (offline-ngoại tuyến)

- Tô màu đồ thị

➢ Bài toán con WA tĩnh/động (on/offline- trực tuyến/ngoại tuyến)

- Random (R)
- First-Fit (FF)
- Least-Used (LU)
- Most-Used (MU)
- Least Loaded (LL)
- V.V

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Bài toán con gán bước sóng (WA):

➢ Bài toán con WA tĩnh (offline-ngoại tuyến): Tô màu đồ thị

❖ Xây dựng một đồ thị $G(V, E)$: mỗi lightpath thể hiện bằng một đỉnh V trong đồ thị G và tồn tại một cạnh vô hướng giữa hai đỉnh trong đồ thị G nếu các lightpath tương ứng cùng đi qua một liên kết sợi quang.

❖ Tô màu cho các đỉnh $V(G) = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ của đồ thị G sao cho không có hai đỉnh kề cận nào có màu giống nhau và số màu sử dụng là ít nhất.

- Các bước cơ bản của thuật toán tô màu đồ thị: gồm ba bước
 1. Sắp xếp các đỉnh.
 2. Chọn đỉnh để tô màu.
 3. Chọn màu.

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

- ✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Bài toán con gán bước sóng (WA):

- Bài toán con WA tĩnh (offline-ngoại tuyến): Tô màu đồ thị

- Các thuật toán tô màu đồ thị:

- o *Thuật toán Longest-First*: (tuyến dài nhất trước)

- Sắp xếp các lightpath theo thứ tự từ tuyến dài nhất đến ngắn nhất.

- Một λ sẽ được gán cho các tuyến theo thứ tự này sao cho thỏa mãn điều kiện về xung đột λ . Sau đó chuyển sang gán λ kế tiếp.

- Quá trình tiếp tục cho đến khi hết số lightpath.

- o *Thuật toán Largest-First*: (*Bậc lớn nhất trước*)

- Các đỉnh của đồ thị được gán nhãn lại là v_1, v_2, \dots, v_n sao cho $\deg(v_i) \geq \deg(v_{i+1})$ với $i = 1, 2, \dots, n-1$ (n là số nút của đồ thị G).

- Tại mỗi bước, nút có bậc lớn nhất được gán một màu và xóa đi những đường nối tới nó → làm giảm bậc các nút kề nó (số màu để tô là ít nhất).

- Quá trình tiếp tục cho đến khi tất cả các nút đều được tô màu (gán λ)

C
19

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

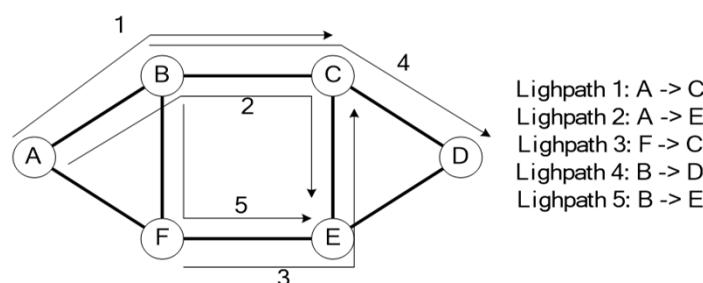
- Bài toán LTD và RWA

- ✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Bài toán con gán bước sóng (WA):

- Bài toán con WA tĩnh (offline-ngoại tuyến): Tô màu đồ thị

Bài tập 3.2: Thực hiện gán bước sóng bằng **thuật toán Largest-First** cho mạng với yêu cầu kết nối như trong hình vẽ.

Cao H
19/01



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Bài toán con gán bước sóng (WA):

➢ Bài toán con WA tĩnh (offline-ngoại tuyến): Tô màu đồ thị

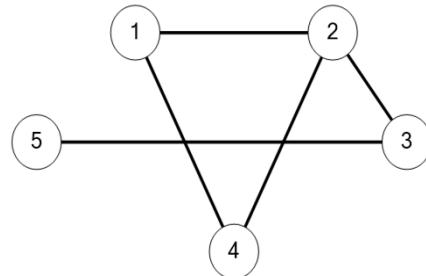
HD Bài tập 3.2:

Phần 1: Xây dựng đồ thị **G**

Chuyển đổi tập y/c kết nối thành **G**

Phần 2: Tô màu đồ thị bằng

thuật toán Largest-First



Cao H
19/01



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Bài toán con gán bước sóng (WA):

➢ Bài toán con WA tĩnh (offline-ngoại tuyến)

▪ Tô màu đồ thị

➢ Bài toán con WA tĩnh/động (on/offline- trực tuyến/ngoại tuyến)

▪ Random (R)

▪ First-Fit (FF)

▪ Least-Used (LU)

▪ Most-Used (MU)

▪ Least Loaded (LL)

▪ V.V

Cao H
19/01



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Bài toán con gán bước sóng (WA):

➢ Bài toán con WA động (online-trực tuyến): Random (R)

- Nút nguồn tìm kiếm tất cả các bước sóng để xác định tập bước sóng rồi trên đường đi đã được xác định.
- Sau đó, một bước sóng sẽ được chọn ngẫu nhiên để gán bước sóng cho lightpath đó.
- Trong trường hợp thiếu thông tin về tình trạng bước sóng trong mạng thì phương pháp này sẽ dẫn đến kết quả cân bằng được số lượng các bước sóng được sử dụng.

Cao H
19/01



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Bài toán con gán bước sóng (WA):

➢ Bài toán con WA động (online-trực tuyến): First-Fit

- Tất cả các bước sóng đều được đánh số thứ tự.
- Trong tất cả các bước sóng rồi, bước sóng có chỉ số thấp hơn sẽ được xem xét trước các bước sóng có chỉ số cao hơn.
- Như vậy, bước sóng rồi đầu tiên sẽ được chọn. Thuật toán này không cần thông tin tổng thể.

Cao H
19/01



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Bài toán con gán bước sóng (WA):

➢ Bài toán con WA động (online-trực tuyến): First-Fit

Bài tập 3.3: Giả sử mạng có 5 nút với 4 liên kết. Mỗi liên kết có thể có 3 bước sóng. (1 ----- 2 ----- 3 ----- 4 ----- 5)

Giả sử các yêu cầu lightpath là như sau:

a:{1,3}, b:{1,2}, c:{4,5}, d:{3,5}, e:{2,5}

Thực hiện gán bước sóng bằng thuật toán First-Fit

Cao H
19/01



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Bài toán con gán bước sóng (WA):

➢ Bài toán con WA động (online-trực tuyến): Least-Used (LU)

- Giải thuật này chọn ra bước sóng ít được sử dụng nhất trong mạng nhằm cố gắng cân bằng tải giữa các bước sóng.

Cao H
19/01



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

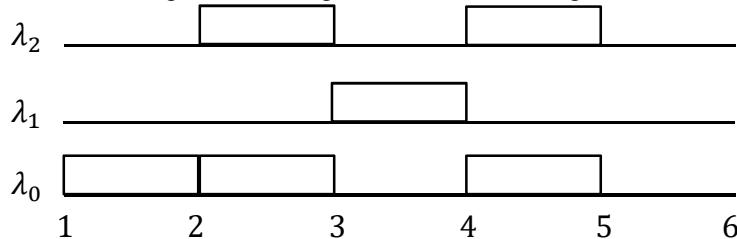
- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Bài toán con gán bước sóng (WA):

➢ Bài toán con WA động (online-trực tuyến): Least-Used (LU)

Bài tập 3.4: Cho trạng thái sử dụng hiện thời của đường đi như sau:



Giả sử ta cần cấp phát bước sóng cho yêu cầu kết nối {5,6}. Thực hiện gán bước sóng bằng thuật toán Least-Used (LU)

Cao H
19/01



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Bài toán con gán bước sóng (WA):

➢ Bài toán con WA động (online-trực tuyến): Most-Used (MU)

- Giải thuật này ngược lại với LU.
- Cố gắng chọn ra bước sóng được sử dụng nhiều nhất trong mạng tại thời điểm đó nhằm tạo nhiều bước sóng rồi cho các yêu cầu về sau.



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

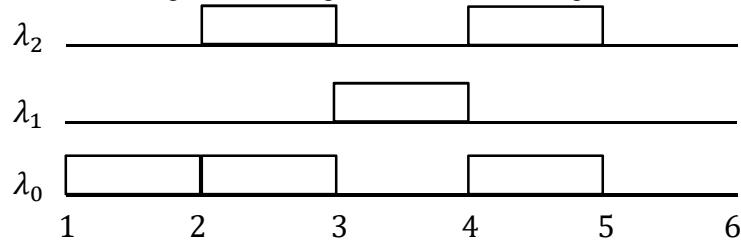
- Bài toán LTD và RWA

✓ Bài toán RWA (Routing and Wavelength Assignment):

- Bài toán con gán bước sóng (WA):

➢ Bài toán con WA động (online-trực tuyến): Most-Used (MU)

Bài tập 3.5: Cho trạng thái sử dụng hiện thời của đường đi như sau:



Giả sử ta cần cấp phát bước sóng cho yêu cầu kết nối {5,6}. Thực hiện gán bước sóng bằng thuật toán Most-Used (MU)

Cao H
19/01



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

- Định cõi mạng quang gồm có mấy mô hình chính? Đặc điểm của từng mô hình?

Cao H
19/01



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

– Định cõi mạng (thực tế phổ biến)

✓ Định cõi tất định so với thống kê:

• Định cõi mạng tất định:

➢ Dự báo nhu cầu lưu lượng

➢ Giải quyết LTD

➢ Giải quyết RWA (bài toán định cõi mạng WDM)

➢ Lặp lại 6 đến 12 tháng một lần

▪ Nâng cấp mạng để đáp ứng mọi nhu cầu

▪ Ràng buộc RWA không chỉ phối các lightpath đã thiết lập

➢ Thiết lập tất định

• Định cõi mạng thống kê sử dụng các mô hình thống kê:

➢ Mô hình First-passage

➢ Mô hình Blocking

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

– Định cõi mạng (thực tế phổ biến)

✓ Định cõi thống kê:

• Mô hình First-passage:

Trạng thái mạng tạm thời

➢ Mạng bắt đầu mà không có bất kỳ lightpath nào

➢ Nhu cầu đến ngẫu nhiên và các lightpath được thiết lập từng lightpath một:

▪ Các lightpath có thể bị kết thúc

▪ Tốc độ kết thúc hoàn toàn nhỏ hơn tốc độ xuất hiện yêu cầu.

▪ Số lượng lightpath tăng lên

▪ Cuối cùng, một nhu cầu không thể được đáp ứng

Định cõi mạng WDM

➢ Việc chặn không nên xảy ra trước một thời gian nhất định

➢ Thời gian được chọn đủ lâu để nâng cấp mạng

➢ Mục tiêu có tính xác suất

➢ Vấn đề với khả năng kiểm soát

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.4. Vấn đề thiết kế cơ bản của mạng quang WDM

– Định cỡ mạng (thực tế phổ biến)

✓ Định cỡ thông kê:

- Mô hình Blocking: Giả sử cân bằng ngẫu nhiên
 - Tốc độ đến nhỏ hơn tốc độ đi
 - Xác định lưu lượng cung cấp tối đa (tải cung cấp)
 - Đưa ra giới hạn trên về xác suất chặn
 - Thông thường giả sử đến là quá trình Poisson, các lightpath với các chu kỳ phân bố theo cấp số nhân và phân bố lưu lượng đều
 - Hệ số tái sử dụng: tải cung cấp trên mỗi bước sóng ở xác suất chặn đã cho. Phụ thuộc:
 - Cấu trúc mạng; Phân phối lưu lượng
 - Thuật toán RWA thực tế
 - Số bước sóng có sẵn
 - Thường được đánh giá bằng mô phỏng

C
19



Chương 3- MẠNG QUANG WDM

3.5. Các ứng dụng mạng quang WDM

- ✓ Mạng truy nhập: (Hình sao hoặc vòng)
- ✓ Mạng Metro: (Đường thẳng hoặc vòng)
- ✓ Mạng lõi: (Hình lưỡi)
- ✓ Mạng quang lưới bước sóng linh hoạt
- ✓ Mạng quang định nghĩa bởi phần mềm (SDN)

C
19

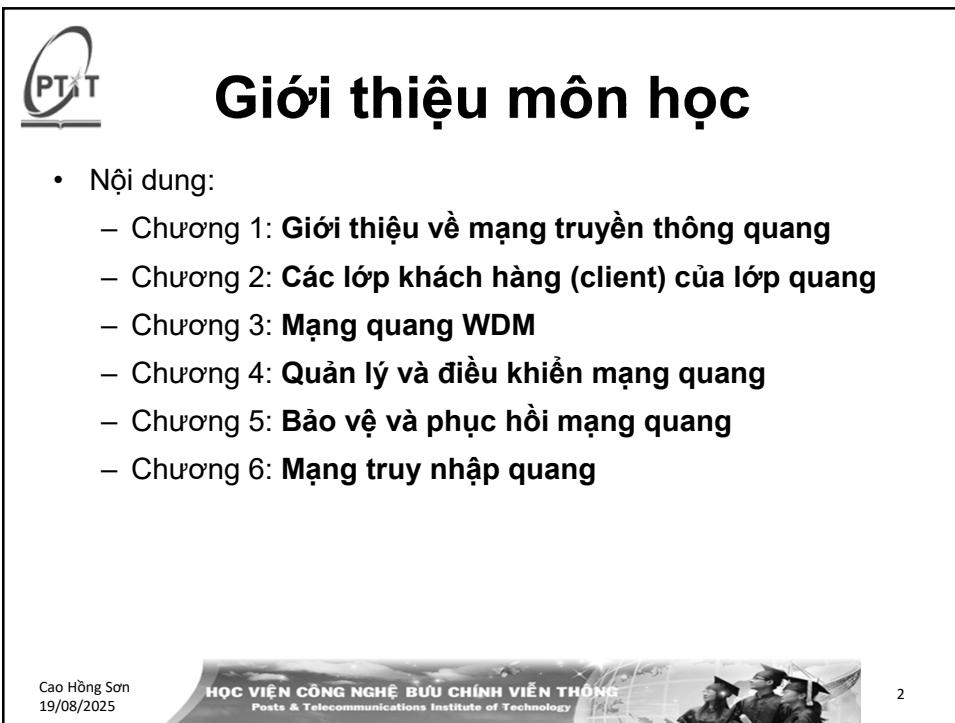


Mạng truyền thông quang

Bộ môn Tín hiệu và Hệ thống

Hà Nội, 2025

1



Giới thiệu môn học

- Nội dung:
 - Chương 1: **Giới thiệu về mạng truyền thông quang**
 - Chương 2: **Các lớp khách hàng (client) của lớp quang**
 - Chương 3: **Mạng quang WDM**
 - Chương 4: **Quản lý và điều khiển mạng quang**
 - Chương 5: **Bảo vệ và phục hồi mạng quang**
 - Chương 6: **Mạng truy nhập quang**

Cao Hồng Sơn
19/08/2025

2



Giới thiệu môn học

- Nội dung chi tiết:

Chương 4- QUẢN LÝ VÀ ĐIỀU KHIỂN MẠNG QUANG

- Tổng quan về quản lý và điều khiển trong mạng quang
- Quản lý mạng quang
 - Các chức năng quản lý mạng
 - Quản lý hiệu năng và lỗi
 - Quản lý cấu hình
- Điều khiển mạng quang
 - Các phương pháp điều khiển trong mạng quang
 - Báo hiệu trong mạng quang
 - Các công nghệ điều khiển trong mạng quang

C
19

Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang



- Nội dung chương 4**
 - Tổng quan
 - Quản lý mạng quang
 - Điều khiển mạng quang
- Yêu cầu:** Hiểu được kiến trúc mạng truyền thông quang, các dịch vụ, mô hình phân lớp mạng và hiệu năng mạng quang.



Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.1. Tổng quan về quản lý và điều khiển

- Xét về mặt chức năng, mạng quang bao gồm những mặt phẳng nào?
- Chức năng chính của các mặt phẳng là gì?

C
19



Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.1. Tổng quan về quản lý và điều khiển

- Xét về mặt chức năng, mạng quang bao gồm những mặt phẳng nào?

C
19



Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.1. Tổng quan về quản lý và điều khiển

- QL & ĐK mạng là một phần không thể thiếu trong bất kỳ hoạt động nào của mạng quang.
- Các chức năng của quản lý và điều khiển:
- Việc sử dụng các tài nguyên và thiết bị, mạng quang hoạt động như thế nào?
- Các kết nối được thực hiện ra sao để các tín hiệu dữ liệu được truyền qua chúng, được giám sát và giải phóng thế nào, để mạng luôn sẵn sàng cho các kết nối trong tương lai?
- Làm thế nào để tăng khả năng sống sót hoặc mạng hoạt động hiệu quả hơn?
- Xét về mặt chức năng, một mạng có thể được xem như bao gồm mặt phẳng dữ liệu, mặt phẳng điều khiển và mặt phẳng quản lý.

C
19

Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.1. Tổng quan về quản lý và điều khiển

- Chức năng chính của các mặt phẳng là gì?

C
19



Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.1. Tổng quan về quản lý và điều khiển

- *Mặt phẳng dữ liệu* chịu trách nhiệm trực tiếp về việc truyền tải dữ liệu qua mạng.
- *Mặt phẳng quản lý và mặt phẳng điều khiển* chịu trách nhiệm quản lý kết nối, giám sát hiệu năng và các hoạt động quản lý mạng khác.
- Mặt phẳng quản lý thường ít tự động hơn và hoạt động trên quy mô thời gian dài hơn mà không thay đổi: giờ, tuần hoặc tháng.
- Mặt phẳng điều khiển năng động hơn, hoạt động trong thời gian thực và trong khoảng thời gian ngắn hơn.
- Các tiêu chuẩn giao thức mặt phẳng điều khiển:
 - . ASON (ITU-T: The International Telecommunication Union)
 - . GMPLS (IETF: International Engineering Task Force)
 - . (OIF: Optical Inter-networking Forum)

C
19

Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.2. Quản lý mạng quang

- Chức năng quản lý mạng quang là gì?
- Phân cấp quản lý mạng quang như thế nào?

C
19



Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.2. Quản lý mạng quang

- Chức năng quản lý mạng quang là gì?

C
19

Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.2. Quản lý mạng quang

- Các chức năng quản lý mạng
 - Quản lý hiệu năng: giám sát và quản lý các tham số hiệu năng mạng.
 - Quản lý lỗi: phát hiện lỗi (sự cố) và cô lập thành phần lỗi
 - Quản lý cấu hình: quản lý sự thay đổi mạng (thiết bị, kết nối, thích ứng)
 - Quản lý an ninh: xác thực người dùng, điều khiển truy nhập tới các NE, bảo vệ dữ liệu người dùng, ...
 - Quản lý kế toán: tính cước và lưu giữ các lịch sử thời gian sống của thành phần
 - Quản lý độ an toàn: đảm bảo rằng bức xạ quang phù hợp các yêu cầu an toàn mắt

C
19



Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.2. Quản lý mạng quang

- Phân cấp quản lý mạng quang như thế nào?

C
19

Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.2. Quản lý mạng quang

- Các chức năng quản lý mạng: Phân cấp quản lý mạng
 - Các phần tử mạng (NE) → thành phần được quản lý riêng biệt, VD: OLT, OADM, OXC và các bộ khuếch đại đường truyền.
 - Hệ thống quản lý phần tử (EMS) → quản lý một hoặc nhiều NE thường từ cùng nhà mạng
 - Sử dụng mạng truyền dữ liệu (DCN) và kênh báo hiệu nhanh giữa các phần tử
 - Các EMS lần lượt giao tiếp với một NMS
 - Hệ thống quản lý mạng (NMS) → quản lý các phần tử mạng khác nhau từ các nhà mạng khác nhau
 - Cũng được biết như hệ thống hỗ trợ điều hành (OSS)
 - Có cái nhìn tổng thể mạng

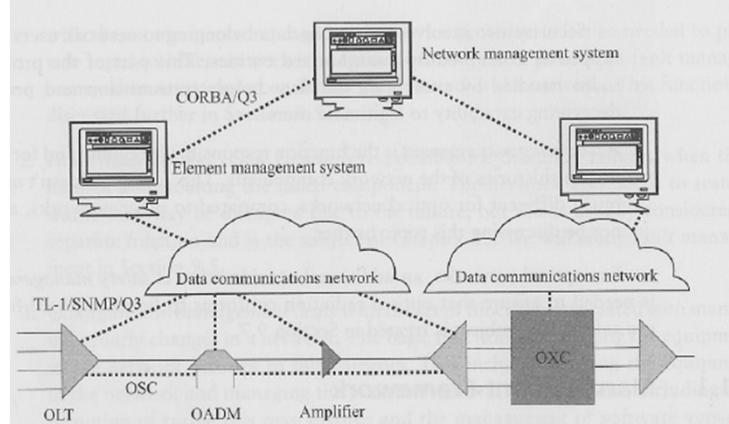
C
19



Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.2. Quản lý mạng quang

- Các chức năng quản lý mạng: Phân cấp quản lý mạng



- DCN cho hệ thống quản lý được hình thành qua các kênh OSC



Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.2. Quản lý mạng quang

- Quản lý hiệu năng và lỗi

- Đo BER: nhờ tính toán các byte kiểm tra chẵn lẻ trong phần mào đầu (SDH, OTN...)

- Truy vết quang:

- Cho phép hệ thống quản lý xác định, xác minh và quản lý kết nối của một lightpath.

- Cung cấp khả năng thực hiện cách ly lỗi trong trường hợp thực hiện kết nối không đúng

- Quản lý cảnh báo:

- Trong một mạng, một sự kiện lỗi có thể khiến nhiều cảnh báo được tạo ra trên toàn bộ mạng và các hành động không chính xác được thực hiện để đối phó với điều kiện không thành công.

- Nhiệm vụ của hệ thống quản lý là báo cáo một cảnh báo nguyên nhân chính duy nhất



Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

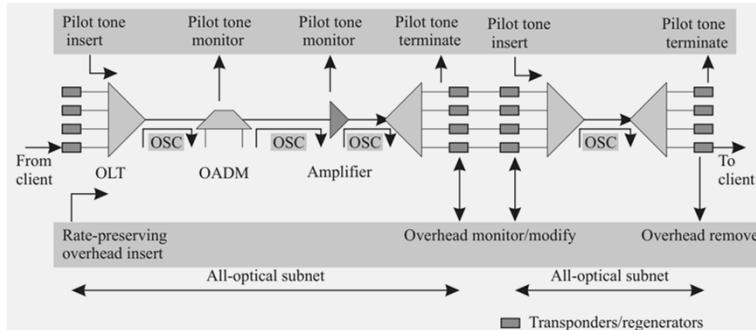
4.2. Quản lý mạng quang

- Quản lý hiệu năng và lỗi

 - Mào đầu lớp quang:

➢ Hỗ trợ: truy vết đường quang, các chỉ thị không hoàn hảo và đo BER.

➢ Các phương pháp truyền mào đầu lớp quang trong mạng:

C
19

Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.2. Quản lý mạng quang

- Quản lý cấu hình

 - Quản lý thiết bị: theo dõi các thiết bị thực tế trong hệ thống (số lượng và vị trí của OLA) cũng như từng phần tử mạng (kênh bước sóng) và khả năng của chúng.

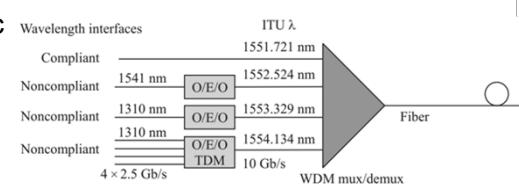
 - Quản lý kết nối: đề cập đến việc thiết lập kết nối, giữ theo dõi kết nối và hủy khi chúng không sử dụng.

 - Quản lý thích ứng:

➢ Là *chức năng* lấy tín hiệu của khách hàng và chuyển đổi chúng ở dạng được sử dụng bên trong lớp quang.

➢ Các giao diện được

mạng WDM hỗ trợ:

C
19



Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.3. Điều khiển mạng quang

- Chức năng điều khiển mạng quang là gì?
- Có bao nhiêu mô hình điều khiển?
- Trong mạng quang có những công nghệ điều khiển nào?

C
19



Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.3. Điều khiển mạng quang

- Chức năng điều khiển mạng quang là gì?

C
19



Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.3. Điều khiển mạng quang

- Các chức năng điều khiển mạng
 - Báo hiệu
 - Khám phá cấu hình tự động
 - Định tuyến

C
19



Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.3. Điều khiển mạng quang

- Có bao nhiêu mô hình điều khiển?

C
19



Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.3. Điều khiển mạng quang

- Các phương pháp điều khiển trong mạng quang
 - Báo hiệu trong mạng quang:
 - Tại lớp vật lý: Liên quan đến truyền dẫn tín hiệu quang trên một sợi.
 - Tại lớp điều khiển mạng: Thực hiện một loạt các quá trình để hoàn thành một số nhiệm vụ, ví dụ như thiết lập mạch qua mạng
 - Hoạt động báo hiệu trong mạng IP/WDM: dựa trên RSVP và mở rộng RSVP cho các mạng quang

C
19

Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.3. Điều khiển mạng quang

- Các phương pháp điều khiển trong mạng quang
 - Các mô hình điều khiển:
 - Điều khiển truy nhập WDM chịu trách nhiệm sắp xếp các gói IP vào các kênh bước sóng
 - Trong mặt điều khiển có ba mô hình liên kết cho IP/WDM cấu hình lại:
 - ✓ Mô hình điều khiển xếp chồng: các mạng điều khiển không phải IP
 - ✓ Mô hình điều khiển tăng cường
 - ✓ Mô hình điều khiển ngang hàng: mặt phẳng điều khiển trung tâm IP thống nhất

C
19

Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.3. Điều khiển mạng quang

- Các phương pháp điều khiển trong mạng quang
 - Các mô hình điều khiển:
 - Mô hình điều khiển xếp chồng:

+ Mạng IP: lớp khách hàng

+ Mạng WDM: nhà cung cấp dịch vụ mạng truyền tải vật lý

+ Việc định tuyến, phát hiện, phân phối topo và các giao thức báo hiệu trong mạng IP và mạng WDM là độc lập

+ Truyền tải IP/WDM: một số thành phần mạng WDM phải có địa chỉ IP và địa chỉ WDM IP chỉ nhìn thấy cục bộ trong mạng WDM

+ Hai giải pháp lựa chọn giao diện giữa mạng IP và mạng WDM:

- . Hệ thống quản lý mạng WDM (NMS)
- . Giao diện người sử dụng – mạng (UNI)

Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.3. Điều khiển mạng quang

- Các phương pháp điều khiển trong mạng quang
 - Các mô hình điều khiển:
 - Mô hình điều khiển tăng cường:

+ Các phần tử mạng WDM được định địa chỉ IP và địa chỉ WDM IP thống nhất toàn cầu

+ Cả mạng IP và WDM có thể sử dụng IGP như nhau, nhưng định tuyến riêng biệt trong miền IP và WDM → Mô hình tăng cường là một mô hình liên miền IP

+ Tương tác giữa IP và WDM có thể bám theo một EGP

+ Báo hiệu giữa các mạng IP và WDM cũng bám theo một mô hình liên miền.



Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.3. Điều khiển mạng quang

- Các phương pháp điều khiển trong mạng quang

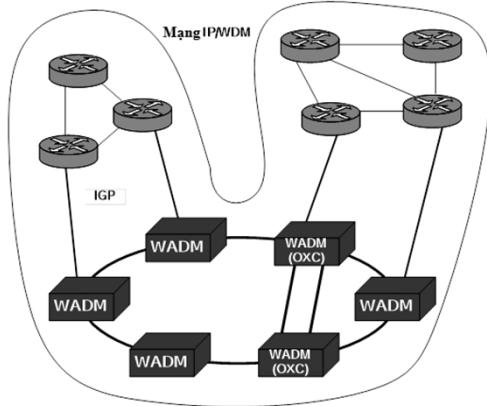
- Các mô hình điều khiển:

➢ Mô hình điều khiển ngang hàng:

+ Trong mô hình mạng ngang hàng, thông tin tiếp cận được sẽ chia sẻ cho các mạng IP và WDM và mẫu giao thức định tuyến đơn chạy trên cả mạng IP và WDM.

+ Trong mặt bằng điều khiển, các chuyển mạch WDM được cung cấp như các bộ định tuyến IP có mối liên hệ đồng đẳng - đồng đẳng (ngang hàng).

→ Các mạng IP và WDM được liên kết như một mạng đơn, được điều khiển, quản lý và thiết kế lưu lượng theo cách thức như nhau.



19



Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.3. Điều khiển mạng quang

- Trong mạng quang có những công nghệ điều khiển nào?

C
19

Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.3. Điều khiển mạng quang

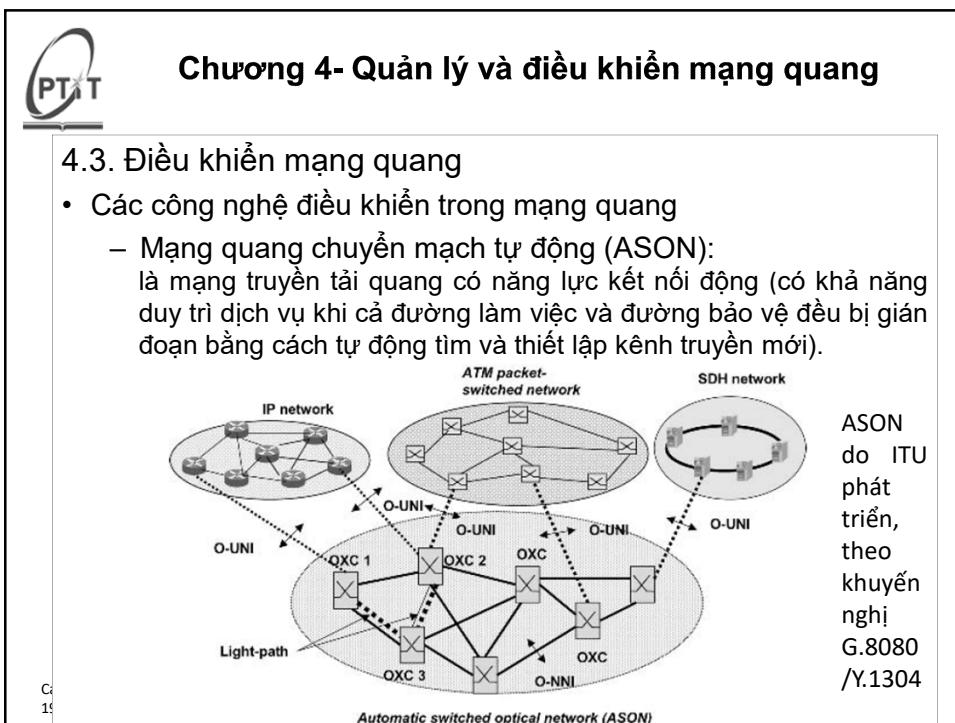
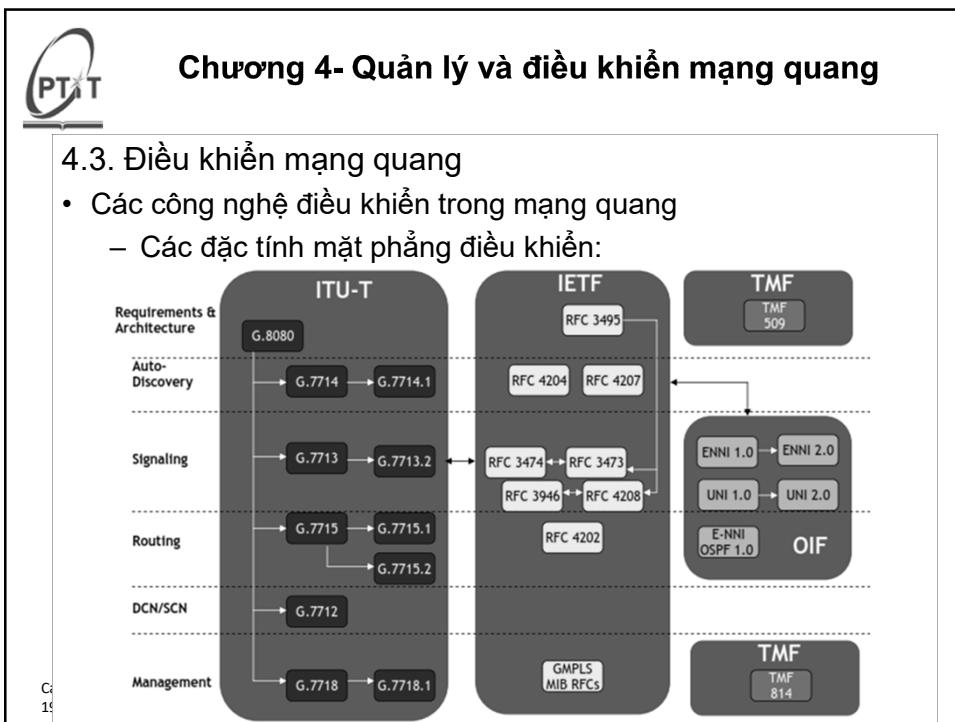
- Các công nghệ điều khiển trong mạng quang
 - Mục tiêu của mặt phẳng điều khiển quang:
 - Cung cấp nhiều nhà cung cấp và nhà mạng làm việc với nhau.
 - Tăng cường cung cấp dịch vụ với ethernet và IP/ quang
 - Cung cấp kích hoạt dịch vụ đầu cuối- đầu cuối.
 - Giám sát xuyên miền tích hợp các dịch vụ kết nối chuyển mạch
 - Cung cấp quản lý kiểm tra chính xác

Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.3. Điều khiển mạng quang

- Các công nghệ điều khiển trong mạng quang
 - Các tổ chức phát triển các chuẩn:
 - ITU-T: Recommendations (e.g., ASON Architecture & Requirements)
 - IETF: RFCs (e.g., GMPLS Protocols)
 - OIF: Implementation Agreements (e.g., Interop ASON/GMPLS Results, E-NNI, UNI)
 - TMF: Solution Sets (e.g., Control Plane Mgmt.)
 - MEF: Technical Specifications (e.g., Signalling for Ethernet Services)
 - Ethernet Services

ITU-T: International Telecommunication Union
 IETF: Internet Engineering Task Force
 OIF: Open Internet Interface Forum
 TMF: Telecommunications Management Forum
 MEF: Metro Ethernet Forum



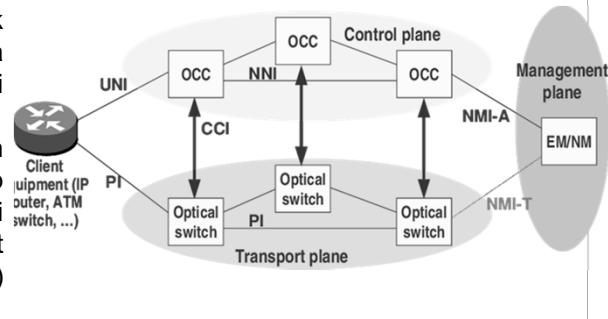


Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.3. Điều khiển mạng quang

- Báo hiệu trong mạng quang
 - Mạng quang chuyển mạch tự động (ASON):
 - Mô hình kiến trúc ASON

+ Mặt phẳng điều khiển bao gồm các bộ OCC, đ/k các nút chuyển mạch và tuyến, tạo nên các kết nối quang.
 + Các kết nối đầu cuối đến đầu cuối được thiết lập trong mặt phẳng truyền tải theo sự điều khiển của mặt phẳng điều khiển (CP) ASON.

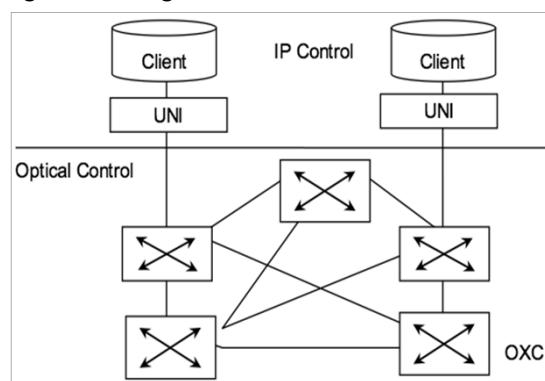
C
19

Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.3. Điều khiển mạng quang

- Báo hiệu trong mạng quang
 - Mạng quang chuyển mạch tự động (ASON):
 - Mô hình xếp chồng của mạng ASON

+ Kiến trúc ASON là mô hình client (khách hàng)-server (nhà cung cấp) hoặc mô hình xếp chồng.
 + Giao diện Người sử dụng-Mạng (UNI): hoạt động giữa lớp client quang và mạng.
 + Mô hình giả thiết có sự phân biệt và độc lập quản lý và sở hữu của các dịch vụ lớp 1 và 3.

v
19



Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.3. Điều khiển mạng quang

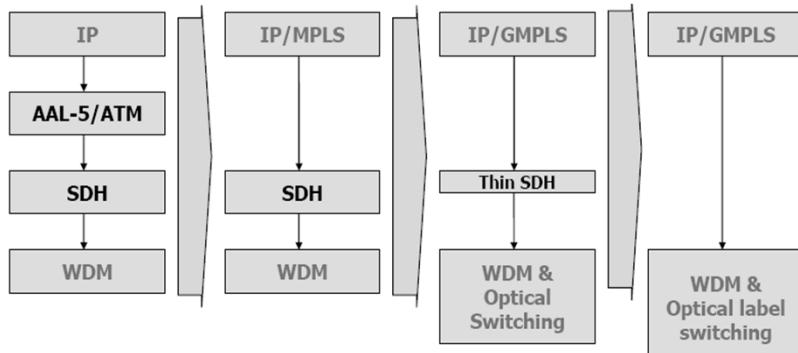
- Các công nghệ điều khiển trong mạng quang
 - Chuyển mạch nhãn đa giao thức tổng quát (GMPLS):
 - Là sự mở rộng chức năng điều khiển của mạng MPLS,
 - Cho phép kiến tạo mặt phẳng điều khiển quản lý thống nhất không chỉ ở lớp mạng mà còn với các lớp ứng dụng, truyền dẫn và lớp vật lý.
 - Tạo ra một mạng đơn giản về điều hành và quản lý,
 - Cho phép cung cấp các kết nối đầu cuối-đầu cuối với các mức QoS khác nhau, quản lý tài nguyên mạng hoàn toàn tự động.
 - Mở rộng chức năng hỗ trợ giao thức IP để điều khiển thiết lập hoặc giải phóng các LSP cho mạng hỗn hợp bao gồm cả chuyển mạch gói và chuyển mạch kinh.

C
19

Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.3. Điều khiển mạng quang

- Các công nghệ điều khiển trong mạng quang
 - Chuyển mạch nhãn đa giao thức tổng quát (GMPLS):
 - Xu hướng tiến triển của các ngăn xếp giao thức cho IP/ WDM

C
19



Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.3. Điều khiển mạng quang

- Các công nghệ điều khiển trong mạng quang
 - Chuyển mạch nhãn đa giao thức tổng quát (GMPLS):
 - Các giao thức trong GMPLS
 - ✓ GMPLS xác định một phân cấp 5 lớp với các khả năng:
 - + Chuyển mạch gói (PSC)
 - + Chuyển mạch lớp 2 (L2SC)
 - + Chuyển mạch TDM
 - + Chuyển mạch bước sóng (LSC)
 - + Chuyển mạch sợi quang (FSC)
 - ✓ Các giao thức mở rộng (chuyển đổi từ MPLS sang GMPLS) cho các chức năng:
 - + Báo hiệu: RSVP-TE và CR-LDP
 - + Định tuyến: OSPF-TE và IS-IS-TE
 - ✓ Giao thức mới: LMP – Link Management Protocol

C
19

Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.3. Điều khiển mạng quang

- Các công nghệ điều khiển trong mạng quang
 - Chuyển mạch nhãn đa giao thức tổng quát (GMPLS):
 - Quá trình sắp xếp giữa các mô hình GMPLS/ ASON

ASON	GMPLS
Single layer SNPP Link	Multi-layer TE link
SNP Link Connection	Generalized (multilayer) Label
OCh Layer Network	LSC LSP Region
Digital Path (SDH/OTN) Layer Networks	TDM LSP Region
SNP Network Connection	Label Switched Path
SNP Sub-net. Connection	Label swap

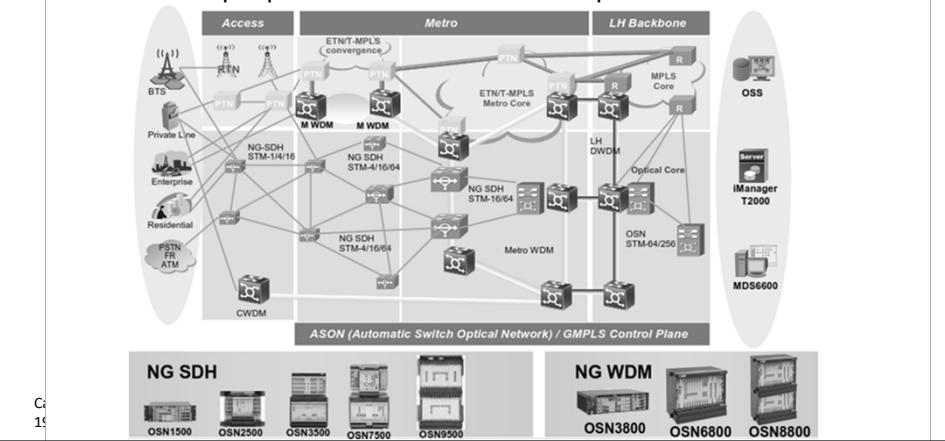
C
19



Chương 4- Quản lý và điều khiển mạng quang

4.3. Điều khiển mạng quang

- Các công nghệ điều khiển trong mạng quang
 - Chuyển mạch nhãm đa giao thức tổng quát (GMPLS):
 - Giải pháp GMPLS/ ASON Huawei OptiX GCP

C
19



Mạng truyền thông quang

Bộ môn Tín hiệu và Hệ thống

Hà Nội, 2025

1



Giới thiệu môn học

- Nội dung:
 - Chương 1: **Giới thiệu về mạng truyền thông quang**
 - Chương 2: **Các lớp khách hàng (client) của lớp quang**
 - Chương 3: **Mạng quang WDM**
 - Chương 4: **Đồng bộ, quản lý và điều khiển mạng quang**
 - Chương 5: **Bảo vệ và phục hồi mạng quang**
 - Chương 6: **Mạng truy nhập quang**



Giới thiệu môn học

- Nội dung chi tiết:

Chương 5- BẢO VỆ VÀ PHỤC HỒI MẠNG QUANG

- Giới thiệu
- Bảo vệ trong lớp khách hàng
 - Bảo vệ trong NG-SDH
 - Bảo vệ trong IP
 - Bảo vệ trong Ethernet
 - Bảo vệ MPLS
- Bảo vệ trong lớp quang
 - Bảo vệ đoạn ghép quang
 - Bảo vệ kênh quang
 - Bảo vệ GMPLS
- Phục hồi mạng quang

C
19

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang



- Nội dung chương 1
 - Kiến trúc mạng truyền thông quang
 - Các dịch vụ, chuyển mạch kênh và chuyển mạch gói
 - Các mạng truyền thông quang
 - Lớp quang
 - Xu hướng phát triển mạng truyền tải quang
 - Hiệu năng mạng quang
- Yêu cầu: Hiểu được kiến trúc mạng truyền thông quang, các dịch vụ, mô hình phân lớp mạng và hiệu năng mạng quang.



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.1. Giới thiệu

- Thuật ngữ duy trì mạng quang là gì? Để việc duy trì mạng đạt được hiệu quả tốt nhất, thì nó được quan tâm từ giai đoạn nào?
- Nếu các cơ chế duy trì mạng?
- Để bảo vệ mạng trước các sự cố, có những cơ chế bảo vệ nào ?
- Bảo vệ tại lớp vật lý/ lớp liên kết/ lớp mạng trong mạng quang được thực hiện ở đâu?

Cá
19

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.1. Giới thiệu

- Thuật ngữ duy trì mạng quang là gì? Để việc duy trì mạng đạt được hiệu quả tốt nhất, thì nó được quan tâm từ giai đoạn nào?

Cá
19



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.1. Giới thiệu

- Thuật ngữ duy trì mạng (bảo vệ & hồi phục): là khả năng bảo đảm an toàn của một mạng với một mức độ truy cập dịch vụ cho phép khi mạng bị sự cố.
- Để việc duy trì mạng đạt được hiệu quả tốt nhất, cần phải được quan tâm từ giai đoạn: Khi thiết kế mạng.
Bao gồm: khả năng tồn tại mạng hiện tại và tương lai để bảo đảm nhu cầu trao đổi thông tin cũng như bảo đảm an toàn mạng trước các sự cố.
(Điều này đặc biệt quan trọng khi tính toán thiết kế mở rộng các mạng quang).

C
19



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.1. Giới thiệu

- Một vấn đề quan trọng của duy trì mạng: đảm bảo chất lượng dịch vụ theo yêu cầu (khả năng cung cấp một tài nguyên mạng đủ lớn và có khả năng điều khiển linh hoạt).
- Đối với các mạng quang, hậu quả của sự cố là rất lớn: Tổn thất lợi nhuận; Gây khó chịu cho người dùng; Chịu trách nhiệm pháp lý hoặc chịu các khoản phạt; Mất uy tín thương hiệu.

Hậu quả = Thời gian bị sự cố x Lưu lượng truyền tải

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.1. Giới thiệu

- Nêu các cơ chế duy trì mạng?

C
19

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.1. Giới thiệu

- Các cơ chế duy trì mạng (bảo vệ & hồi phục):
 - Duy trì Đầu cuối-Đầu cuối, là một cơ chế duy trì đơn được sử dụng cho kiểu kết nối đầu cuối- đầu cuối.
 - Duy trì tại Cascade (tầng/đoạn/khu vực), có đa cơ chế. Một cơ chế được sử dụng sau cơ chế khác để xử lý lỗi trong bất kỳ khu vực nào.
 - Xếp chồng các khả năng tồn tại: nhiều cơ chế tồn tại được được sử dụng cho một khu vực. Cơ chế này có thể là khu vực/đoạn/tầng hay đầu cuối - đầu cuối.

The diagram illustrates three types of protection mechanisms:

- End - to - End**: Shows two routers connected by a link with a shaded box labeled "Cơ chế duy trì đơn" (Single protection mechanism) underneath.
- Cascaded**: Shows two routers connected by a link with a shaded box labeled "Cơ chế duy trì đơn" (Single protection mechanism) underneath. Below it, another shaded box labeled "Duy trì khu vực" (Area protection) is shown, indicating a nested protection structure.
- Nested**: Shows two routers connected by a link with a shaded box labeled "Cơ chế duy trì 2 lớp" (Two-layer protection) underneath. This indicates a more complex nested protection structure involving multiple layers of protection mechanisms.

C
19



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.1. Giới thiệu

- Để bảo vệ mạng trước các sự cố, có những cơ chế bảo vệ nào?

C
19

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.1. Giới thiệu

- Khái niệm bảo vệ mạng:
 - Là giải pháp kỹ thuật đặc biệt để khôi phục nhanh hoạt động cung cấp dịch vụ của mạng trong quá trình khai thác.
 - Để thực hiện bảo vệ mạng cần cung cấp mức thấp nhất để đề phòng những sự cố thường xuyên xảy ra, ví dụ như là đứt cáp,....
 - Bảo vệ có thể thực hiện ở nhiều cấp độ khác nhau, như bảo vệ tuyến, bảo vệ đoạn, bảo vệ luồng, bảo vệ các phần tử của thiết bị (các phần tử quan trọng của thiết bị).



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.1. Giới thiệu

– Khái niệm bảo vệ mạng:

- Để bảo vệ mạng trước các sự cố: sử dụng hai chế bảo vệ dành riêng (dedicated Protection) và chia sẻ (shared Protection).
- Khi bảo vệ dành riêng được áp dụng: 50% (phương thức 1+1) dung lượng trong mạng được dự trữ cho mục đích bảo vệ. Hiển nhiên là bảo vệ đưa ra mức bảo vệ cao nhất nhưng hiệu quả khai thác kém nhất.
- Khi sử dụng chế độ bảo vệ chia sẻ thì có một phần dung lượng của mạng được dành cho mục đích bảo vệ. Như vậy, tài nguyên của mạng phải phân chia để dành cho bảo vệ.

C
19

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.1. Giới thiệu

- Bảo vệ tại lớp vật lý/ lớp liên kết/ lớp mạng trong mạng quang được thực hiện ở đâu?

C
19



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.1. Giới thiệu

- Bảo vệ các lớp trong mạng:
 - Lớp vật lý (lớp 1): NG-SDH, Mạng truyền tải quang (OTN) và các lớp quang.
 - Lớp liên kết (lớp 2): MPLS, Ethernet.
 - Lớp mạng (lớp 3): lớp IP.
- Mỗi lớp có thể bảo vệ khỏi một số loại sự cố nhất định nhưng có thể không bảo vệ chống lại tất cả các loại sự cố một cách hiệu quả.

C
19

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.2. Bảo vệ trong lớp khách hàng

- Giao thức APS được kích hoạt khi nào trong NG-SDH?
- Các cơ chế bảo vệ sử dụng ở liên kết điểm-điểm trong NG-SDH?
- Hoạt động bảo vệ xảy ra như thế nào nếu có sự cố đứt cáp giữa hai nút/ hỏng nút trong mạng vòng Ring NG-SDH?
- Giải pháp chủ yếu bảo vệ trong lớp IP là gì?
- Giải pháp bảo vệ chủ yếu trong lớp liên kết Ethernet là gì?
- Giải pháp bảo vệ chủ yếu trong lớp liên kết MPLS là gì?

C
19



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.2. Bảo vệ trong lớp khách hàng

- Giao thức APS được kích hoạt khi nào trong NG-SDH?

C
19

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.2. Bảo vệ trong lớp khách hàng

– Bảo vệ trong NG-SDH:

- NG-SDH sử dụng chuyển mạch bảo vệ tự động (APS) để thực hiện các cơ chế bảo vệ
- APS cho phép dịch chuyển lưu lượng từ sợi làm việc sang sợi dự phòng.
- APS được kích hoạt khi:
 - Phản ứng với các cảnh báo khác nhau sinh ra từ sự cố mạng: LOS, LOF, LOP
 - Các lỗi vượt ngưỡng thu được bởi mã BIP trong mào đầu đoạn
 - Phản ứng với các lệnh từ thiết bị đầu cuối vận hành cục bộ hoặc từ nhà quản lý mạng từ xa.

C
19



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.2. Bảo vệ trong lớp khách hàng

- Bảo vệ trong NG-SDH:

 - Các sơ đồ bảo vệ trong NG-SDH:

 - Hoạt động trong lớp tuyến hoặc trong lớp đoạn ghép kênh NG-SDH (MS): 1+1 hoặc 1:N..
 - Sơ đồ mạng vòng lớp tuyến:
 - ✓ Bảo vệ kết nối mạng con 1 + 1 (SNCP).
 - Sơ đồ mạng vòng lớp đoạn:
 - ✓ MS-SPRing.

SDH Term	Protection Scheme			
	1 + 1	1:N	SNCP	MS-SPRing
Type	Dedicated	Shared	Dedicated	Shared
Topology	Point-point	Point-point	Ring/mesh	Ring
Layer	MS	MS	-/path	MS

C
19

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.2. Bảo vệ trong lớp khách hàng

- Các cơ chế bảo vệ sử dụng ở liên kết điểm-điểm trong NG-SDH?

C
19

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.2. Bảo vệ trong lớp khách hàng

- Bảo vệ trong NG-SDH:
 - Liên kết điểm-điểm: 2 cơ chế bảo vệ được sử dụng

The diagram illustrates three protection mechanisms for point-to-point optical links:

- (a) 1+1 Protection: A single fiber path from Source to Destination. It branches into two parallel paths at a Splitter. One path goes through a Switch to the Destination. The other path is terminated at a switch. If one path fails, the switch will reroute traffic to the working path.
- (b) 1:1 Protection: Two separate fibers: a Working fiber and a Protection fiber. Both fibers originate from a Source and terminate at a Destination via a Switch. If the Working fiber fails, the Destination can switch to the Protection fiber.
- (c) 1:N Protection: Multiple fiber paths originating from a Source (labeled 1, 2, ..., N) and terminating at a Destination via a Switch. A single Protection fiber connects the Source to the Destination. If any individual path fails, traffic is rerouted via the protection fiber.

- Bảo vệ 1+1 (Hình (a))
- Bảo vệ 1:1 (Hình (b))
- hoặc bảo vệ 1:N (Hình (c)).

Lưu ý:

- Bảo vệ 1+1: không cần giao thức báo hiệu giữa hai đầu
- Bảo vệ 1:1: yêu cầu giao thức APS.

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.2. Bảo vệ trong lớp khách hàng

- Hoạt động bảo vệ xảy ra như thế nào nếu có sự cố đứt cáp giữa hai nút/ hỏng nút trong mạng vòng Ring?

C
19



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.2. Bảo vệ trong lớp khách hàng

- Bảo vệ trong NG-SDH:

- Mạng vòng Ring: Có ba kiến trúc vòng được sử dụng
 - Vòng bảo vệ kết nối mạng con 1+1/ 2 sợi (SNCP/2) hay còn gọi vòng chuyển mạch tuyến đơn hướng/ 2 sợi (UPSR/2)
 - Vòng bảo vệ chia sẻ đoạn ghép kênh/ 2 sợi (MS-SPRing/2)
 - Vòng bảo vệ chia sẻ đoạn ghép kênh/ 4 sợi (MS-SPRing/4)

Trong SDH, bảo vệ tuyến 1+1 được định nghĩa cho hoạt động trong kiến trúc lưới tổng quát và được gọi là bảo vệ kết nối mạng con (SNCP).

C
19

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.2. Bảo vệ trong lớp khách hàng

- Bảo vệ trong NG-SDH:

- Mạng vòng Ring: So sánh

Parameter	UPSR SNCP	MS-SPRing/4	MS-SPRing/2
Fiber pairs	1	2	1
TX/RX pairs/node	2	4	2
Protection type	Dedicated	Shared	Shared
Protection capacity	= Working capacity	= Working capacity	= Working capacity
Link failure	Path switch	Span/ring switch	Ring switch
Node failure	Path switch	Ring switch	Ring switch
Restoration speed	Faster	Slower	Slower
Implementation	Simple	Complex	Complex

C
19

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.2. Bảo vệ trong lớp khách hàng

- Bảo vệ trong NG-SDH:
 - Mạng vòng Ring:
 - Vòng bảo vệ kết nối mạng con 1+1/ 2 sợi (SNCP/2)

Chuyển mạch bảo vệ trong UPSR/2

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.2. Bảo vệ trong lớp khách hàng

- Bảo vệ trong NG-SDH:
 - Mạng vòng Ring:
 - Vòng bảo vệ chia sẻ đoạn ghép/ 2 sợi (MS-SPRing/2)

Chuyển mạch bảo vệ trong MS-SPRing/2

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.2. Bảo vệ trong lớp khách hàng

- Bảo vệ trong NG-SDH:
 - Mạng vòng Ring:
 - Vòng bảo vệ chia sẻ đoạn ghép/ 4 sợi (MS-SPRing/4)

Diagram illustrating the MS-SPRing/4 protection mechanism. It shows two configurations of a ring network with five nodes (A-E) and two fiber rings. Configuration (a) shows a primary ring (solid lines) and a backup ring (dashed lines). Configuration (b) shows a primary ring (solid lines) and a backup ring (dashed lines), with specific labels for "Đầu vòng" (Ring Head) and "Đứt cáp" (Break point). Arrows indicate clockwise direction of traffic flow.

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.2. Bảo vệ trong lớp khách hàng

- Bảo vệ trong NG-SDH:
 - Mạng vòng Ring:
 - Liên kết các mạng vòng

Diagram illustrating interconnection between SDH rings. It shows two configurations: "Back-to-back interconnection of SDH rings" where two rings share a single hub node, and "Dual homing" where two rings each have their own hub node. Both configurations show ADM (Add-Drop Multiplexer) boxes connected to the rings.



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.2. Bảo vệ trong lớp khách hàng

- Giải pháp chủ yếu bảo vệ trong lớp IP là gì?

C
19

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.2. Bảo vệ trong lớp khách hàng

- Bảo vệ trong IP:

- IP sử dụng định tuyến gói động, từng chặng:
 - Mỗi bộ định tuyến có một bảng định tuyến và các gói đến được định tuyến dựa trên bảng này.
- Nếu có sự cố trong mạng:
 - Giao thức định tuyến nội miền (OSPF hoặc IS-IS) hoạt động và cập nhật các bảng định tuyến tại mỗi bộ định tuyến.
 - Thực tế, mất vài giây sau khi lỗi được phát hiện trước khi các bảng định tuyến ở tất cả các bộ định tuyến hội tụ và có thông tin định tuyến nhất quán.
- Trong quá trình này:
 - Các gói tiếp tục được định tuyến, điều này có thể không nhất quán và không chính xác
 - làm cho các gói được định tuyến không chính xác và có thể lặp lại trong mạng (nên việc phục hồi bị chậm)

C
19



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.2. Bảo vệ trong lớp khách hàng

- Bảo vệ trong IP:

➤ Để tránh khôi phục chậm:

- Có thể tránh hoàn toàn các lỗi liên kết bằng cách bảo vệ mọi liên kết IP bằng các giao thức ở các lớp thấp hơn.
- Nếu xảy ra lỗi, liên kết IP sẽ tự phục hồi và không yêu cầu định tuyến IP thay đổi.
- Yêu cầu thời gian khôi phục của một liên kết IP riêng phải nhanh hơn mạng IP.

➤ Cách triển khai điển hình được sử dụng trong các giao thức định tuyến nội bộ:

- Các bộ định tuyến liền kề trao đổi các gói “hello” định kỳ giữa chúng (sau mỗi 10 giây).
- Nếu một bộ định tuyến bỏ lỡ ba gói “hello” liên tiếp, nó sẽ thông báo liên kết bị lỗi và bắt đầu định tuyến lại.

C
19

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.2. Bảo vệ trong lớp khách hàng

- Giải pháp bảo vệ chủ yếu trong lớp liên kết MPLS là gì?

C
19



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.2. Bảo vệ trong lớp khách hàng

– Bảo vệ trong Ethernet:

- Trong mạng Ethernet chuyển mạch, giao thức cây mở rộng (STP-Spanning Tree Protocol) có một cơ chế bảo vệ tích hợp sẵn:
 - STP ban đầu chặn các liên kết để các liên kết hoạt động còn lại tạo thành một cây mở rộng.
 - Nếu một liên kết cây không thành công, thì STP sẽ cấu hình một cây mở rộng khác: việc cấu hình lại có thể mất hàng chục giây.
- Sử dụng giao thức cây mở rộng nhanh (RSTP-Rapid STP) để tăng tốc thời gian cấu hình lại.
- Để hỗ trợ các dịch vụ với thời gian chuyển mạch bảo vệ 60 ms, Ethernet có chuyển mạch bảo vệ tuyến (bảo vệ tuyến tính) và chuyển mạch bảo vệ cho các mạng vòng.

C
19

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.2. Bảo vệ trong lớp khách hàng

– Bảo vệ trong Ethernet:

- Tiêu chuẩn ITU G.8031 có chuyển mạch bảo vệ tuyến cho các kết nối đơn hướng và song hướng: 1+1 đơn hướng, 1+1 song hướng và 1:1 song hướng:
 - Với chuyển mạch bảo vệ 1+1: lưu lượng được truyền trên cả đường làm việc và đường bảo vệ, và bộ thu sẽ chuyển sang đường bảo vệ nếu nó phát hiện ra lỗi tín hiệu.
 - Với chuyển mạch bảo vệ 1+1 song hướng: sử dụng giao thức APS.
- Ethernet được triển khai trong các cấu hình vòng với ITU G.8032 Ethernet Ring Protection (ERP).
 - ERP thay thế giao thức cây bao mở rộng bằng một giao thức chuyển mạch bảo vệ tự động (R-APS)

C
19



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.2. Bảo vệ trong lớp khách hàng

- Giải pháp bảo vệ chủ yếu trong lớp liên kết MPLS là gì?

C
19

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.2. Bảo vệ trong lớp khách hàng

- Bảo vệ trong MPLS:

- Các tuyến chuyển mạch nhãn MPLS (LSP) được bảo vệ nhờ chuyển mạch bảo vệ định tuyến nhanh, có thời gian chuyển mạch bảo vệ là 60 ms:
 - Trong định tuyến nhanh MPLS, một nút dọc theo LSP được bảo vệ có thể có một đường hầm MPLS dự phòng.
 - Nếu đường hầm dự phòng là một chặng, gọi là *next hop*: bảo vệ LSP khỏi các lỗi liên kết
 - Nếu đường hầm dự phòng là hai chặng, gọi là *next-next hop*: bảo vệ LSP khỏi các lỗi nút và liên kết
 - Điểm bắt đầu của đường hầm dự phòng gọi là điểm sửa chữa cục bộ (PLR) và điểm cuối của nó gọi là điểm hợp nhất (MP).
- Cách triển khai định tuyến nhanh MPLS: Dự phòng 1-1 và Dự phòng chức năng (bộ phận).

C
19



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.2. Bảo vệ trong lớp khách hàng

- Bảo vệ trong MPLS:

- Dự phòng 1-1: mỗi đường hầm bảo vệ được thực hiện bằng cách thiết lập một LSP.
 - Dự phòng chức năng (bộ phận): Một đường hầm bảo vệ lại được thực hiện bởi một LSP, nhưng nó được sử dụng bởi nhiều LSP
 - Sơ đồ bảo vệ MPLS truyền tải (T-MPLS) được thiết kế cho các mạng sóng mang: 2 loại
 - Chuyển mạch bảo vệ tuyến (cấu trúc mạng đường thẳng): đơn hướng 1+1 và song hướng 1:1
 - Chuyển mạch bảo vệ cho các cấu trúc liên kết mạng vòng: wrapping (bao phủ) và steering (định hướng).
- Đối với mỗi LSP hoạt động có một đường hầm bảo vệ đi theo hướng ngược lại xung quanh vòng

C
19

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.3. Bảo vệ trong lớp quang

- Các cơ chế bảo vệ sử dụng trong lớp quang?
- Các cấu hình sử dụng cho bảo vệ lớp quang là gì?
- Các giải pháp bảo vệ đoạn ghép quang (OMS)?
- Các giải pháp bảo vệ kênh quang (OCh)?

C
19



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.3. Bảo vệ trong lớp quang

- Các cơ chế bảo vệ sử dụng trong lớp quang?

C
19

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.3. Bảo vệ trong lớp quang

- Các cơ chế bảo vệ đa dạng sẵn có ở các lớp khách hàng:
 - Luôn được thiết kế để làm việc độc lập nhau - các chế độ bảo vệ khách hàng được khởi tạo để phản ứng với cùng sự cố
- Lớp quang cung cấp các tuyến quang cho các lớp khách hàng (NG-SDH, IP, ...)
- Bảo vệ lớp quang đảm bảo hiệu quả chi phí và hiệu năng:
 - Các thực thể được bảo vệ là các kênh bước sóng hoặc kênh quang
 - Bảo vệ được cấp đồng thời cho tất cả các khách hàng
 - Các tài nguyên băng tần được yêu cầu ít hơn

C
19



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.3. Bảo vệ trong lớp quang

- Các cơ chế bảo vệ: bảo vệ đoạn ghép quang (OMS) hoặc bảo vệ kênh quang (OCh)
 - Bảo vệ Och: phục hồi 1 tuyến quang tại một thời điểm
 - Bảo vệ OMS: phục hồi toàn bộ nhóm tuyến quang trên một tuyến sợi



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.3. Bảo vệ trong lớp quang

- Các cấu hình sử dụng cho bảo vệ lớp quang là gì?



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.3. Bảo vệ trong lớp quang

- Các cấu hình (topologies) sử dụng cho bảo vệ lớp quang:
 - Điểm – điểm
 - Ring bảo vệ dung lượng dành riêng (DPRing)
 - Ring bảo vệ dung lượng chia sẻ (SPRing)
 - Mesh

Attribute	OMS Protection Schemes				OCh Protection Schemes		
	1+1	1:1	OMS-DPRing	OMS-SPRing	1+1	OCh-SPRing	OCh-Mesh
Protection Type	Dedicated	Shared	Dedicated	Shared	Dedicated	Shared	Shared
Topology	Point-point	Point-point	Ring	Ring	Mesh	Ring	Mesh

C
19



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.3. Bảo vệ trong lớp quang

- Các giải pháp bảo vệ đoạn ghép quang (OMS)?

C
19

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

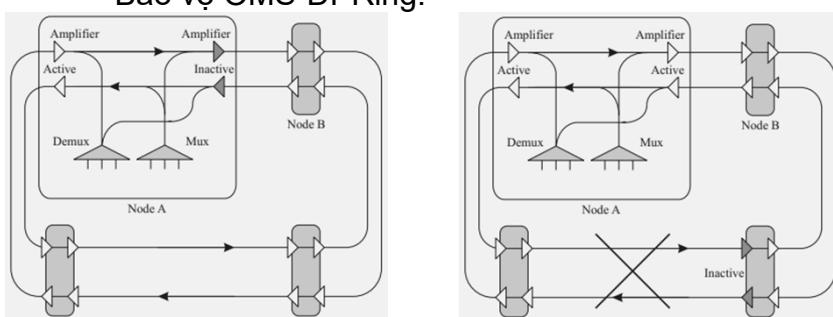
5.3. Bảo vệ trong lớp quang

- Bảo vệ đoạn ghép quang (OMS):
 - 1+1
 - 1:1
 - OMS-DPRing
 - OMS-SPRing
- Bảo vệ 1+1:
 

1+1 OMS protection.
Cost of scheme independent on number of protected channels
- Bảo vệ 1:1: So với 1+1, cách triển khai phía phát sử dụng một chuyển mạch thay cho bộ chia và sử dụng giao thức APS

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.3. Bảo vệ trong lớp quang

- Bảo vệ đoạn ghép quang (OMS):
 - Bảo vệ OMS-DPRing:
 
 - (a) Hoạt động bình thường: Một cặp bộ khuếch đại không hoạt động (bị tắt) và những cặp khác được bật, tạo ra một bus.
 - (b) Sự cố đứt cáp: các bộ khuếch đại không hoạt động được bật và một cặp bộ khuếch đại liền kề với sự cố sẽ bị tắt để đưa đến tuyến thay thế và khôi phục lưu lượng.

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.3. Bảo vệ trong lớp quang

- Bảo vệ đoạn ghép quang (OMS):
 - Bảo vệ OMS-SPRing:

+ Hoạt động bình thường: Hai sợi có thiết bị WDM sẽ hoạt động, hai sợi còn lại để bảo vệ và không có thiết bị WDM đi kèm.

+ Một phiên bản hai sợi quang OMS-SPRing: được thực hiện bằng cách dành một nửa bước sóng trên mỗi sợi quang cho mục đích bảo vệ.

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.3. Bảo vệ trong lớp quang

- Bảo vệ đoạn ghép quang (OMS):
 - Bảo vệ OMS-SPRing:

Sự cố đứt cáp: tín hiệu được chuyển mạch vào các sợi bảo vệ.

(a) Chuyển mạch chặng
(b) Chuyển mạch vòng



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.3. Bảo vệ trong lớp quang

- Các giải pháp bảo vệ kênh quang (OCh)?

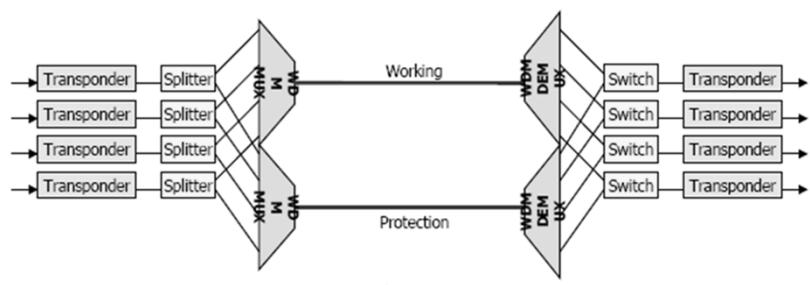
C
19

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.3. Bảo vệ trong lớp quang

- Bảo vệ kênh quang (OCh):

- Bảo vệ 1+1:



Equipment number increases linearly with protected channel number. Cost lower if not all channels need to be protected.

C
19

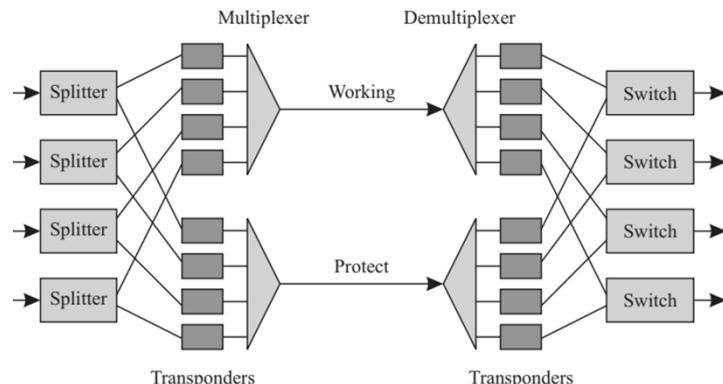


Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.3. Bảo vệ trong lớp quang

- Bảo vệ kênh quang (OCh):

- Bảo vệ 1+1: (khi Transponder bị hỏng)

C
19

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.3. Bảo vệ trong lớp quang

- Bảo vệ kênh quang (OCh):

- Bảo vệ Och SPRing:

Tương tự SDH MS-SPRing/4. Tuy nhiên, MS-SPRing hoạt động ở lớp đường truyền (phần ghép kênh), trong khi Bảo vệ Och SPRing hoạt động ở lớp kênh quang chứ không phải lớp ghép kênh quang.

- Bảo vệ Och Mesh:

Có thể linh hoạt sử dụng:

- + Bảo vệ tuyến quang sử dụng bảo vệ 1 + 1.
- + Bảo vệ tuyến quang sử dụng bảo vệ OCh SPRing.
- + Bảo vệ các tuyến quang sử dụng bảo vệ OCh-mesh.

C
19



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

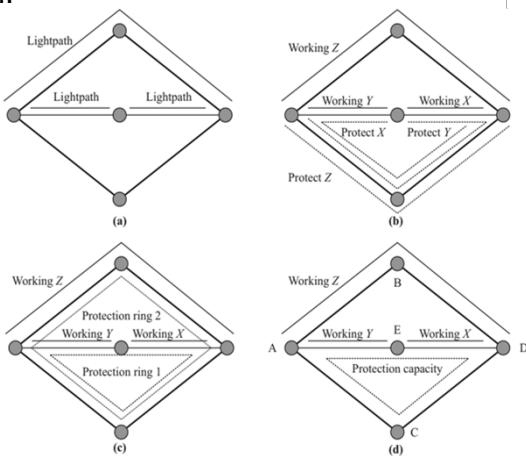
5.3. Bảo vệ trong lớp quang

- Bảo vệ kênh quang (OCh):

 - Bảo vệ Och Mesh:

Ví dụ minh họa:

- (a) Xét 1 mạng có 3 tuyến kết nối: giả thiết cả 3 tuyến cần được bảo vệ. Mỗi tuyến sử dụng 1 đơn vị dung lượng trên mỗi liên kết mà nó đi qua.
- (b) Bảo vệ tuyến quang sử dụng bảo vệ 1 + 1 (y/c: 8 đơn vị DL).
- (c) Bảo vệ tuyến quang sử dụng bảo vệ OCh SPRing (y/c: 8 đơn vị DL, có thể giảm xuống 6 đơn vị DL).
- (d) Bảo vệ các tuyến quang sử dụng bảo vệ OCh-mesh (tương tự 1+1, nhưng các tuyến bảo vệ không được thiết lập trước, chỉ thiết lập khi có sự cố).



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.4. Phục hồi mạng quang

- Thuật ngữ phục hồi mạng quang là gì?
- Thời gian phục hồi mạng được tính như thế nào?



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.4. Phục hồi mạng quang

- Thuật ngữ phục hồi mạng quang là gì?

C
19



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.4. Phục hồi mạng quang

- Khái niệm: Phục hồi là sự khắc phục lại các sự cố để mạng trở về trạng thái ban đầu
 - Có thể xem như một cơ chế đặc biệt cung cấp bảo vệ để phòng sự cố mạng trong một thời gian cực ngắn (khoảng một giây).
 - Phục hồi có thể xử lý không chỉ lỗi ở liên kết mà có thể lỗi xảy ra ở cả các nút với nhiều sự cố.
 - Phục hồi được sử dụng ở cả trung tâm hay các nhánh (phục hồi phân tán). Trong cả 2 trường hợp, khi một mạng bị sự cố thì sự cố sẽ được xác định, sau đó truyền thông tin tới phần tử điều khiển để thực hiện thủ tục phục hồi.



Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.4. Phục hồi mạng quang

- Thời gian phục hồi mạng được tính như thế nào?

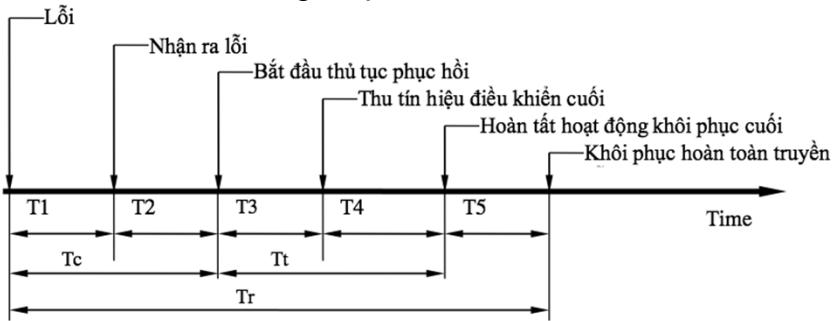
C
19

Chương 5- Bảo vệ và hồi phục mạng quang

5.4. Phục hồi mạng quang

- Thời gian phục hồi: là một tham số quan trọng

➤ Xác định thời gian phục hồi: Theo k/n ITU-T M.95

C
19

T1 : Thời gian phát hiện lỗi

T2 : Thời gian chờ

T3 : Thời gian cho thủ tục khôi phục

T4 : Thời gian chuyển khôi phục

T5 : Thời gian hồi phục lại

Tc: Thời gian xác nhận

Tt : Thời gian chuyển

Tr : Thời gian khôi phục



Mạng truyền thông quang

Bộ môn Tín hiệu và Hệ thống

Hà Nội, 2025

1



Giới thiệu môn học

- Nội dung:
 - Chương 1: **Giới thiệu về mạng truyền thông quang**
 - Chương 2: **Các lớp khách hàng (client) của lớp quang**
 - Chương 3: **Mạng quang WDM**
 - Chương 4: **Đồng bộ, quản lý và điều khiển mạng quang**
 - Chương 5: **Bảo vệ và phục hồi mạng quang**
 - Chương 6: **Mạng truy nhập quang**



Giới thiệu môn học

- Nội dung chi tiết:

Chương 6- MẠNG TRUY NHẬP QUANG

- Tổng quan về mạng truy nhập quang (FTTx)
 - Khái niệm
 - Ưu nhược điểm của FTTx
 - Các ứng dụng của FTTx
- Cấu hình của mạng truy nhập quang FTTx
 - Cấu hình cơ bản của mạng truy nhập quang FTTx
 - Cấu hình tham chiếu của mạng truy nhập quang FTTx
 - Các khối chức năng cơ bản của mạng truy nhập quang FTTx

Cao Hồng Sơn
19/08/2025

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology

3



Giới thiệu môn học

- Nội dung chi tiết:

Chương 6- MẠNG TRUY NHẬP QUANG

- Các phương thức truy nhập quang (FTTx)
 - Phương thức FTTC
 - Phương thức FTTB
 - Phương thức FTTO/H
- Các công nghệ sử dụng trong mạng FTTx
 - Tổng quan về các công nghệ sử dụng trong mạng truy nhập quang FTTx
 - Công nghệ truy nhập quang tích cực AON
 - Công nghệ truy nhập quang thụ động PON
- Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng truy nhập quang

Cao
Hồng
Sơn
19/08/2025

Chương 6- Mạng truy nhập quang



- Nội dung chương 6
 - Tổng quan về mạng truy nhập quang (FTTx)
 - Cấu hình của mạng truy nhập quang FTTx
 - Các phương thức truy nhập quang (FTTx)
 - Các công nghệ sử dụng trong mạng FTTx
 - Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng truy nhập quang
- Yêu cầu: Hiểu được kiến trúc mạng truyền thông quang, các dịch vụ, mô hình phân lớp mạng và hiệu năng mạng quang.

Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.1. Tổng quan về mạng truy nhập quang (FTTx)

- ✓ FTTx là gì? FTTx bao gồm những hệ thống truy nhập nào?
- ✓ Ưu nhược điểm của FTTx?
- ✓ Các ứng dụng của FTTx?

C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.1. Tổng quan về mạng truy nhập quang (FTTx)

- Khái niệm FTTx & FTTx bao gồm những hệ thống truy nhập nào?

C
19

Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.1. Tổng quan về mạng truy nhập quang (FTTx)

– Khái niệm

✓ Là một hình thức truy nhập trong mạng sợi quang, để đưa dịch vụ tới khách hàng.

✓ FTTx bao gồm các hệ thống truy nhập:

➤ Sợi quang tới vỉa hè/ vùng dân cư (FTTC- fiber-to-the-curb).

➤ Sợi quang tới tòa nhà (FTTB- fiber-to-the-building/business).

➤ Sợi quang tới cơ quan (FTTO- fiber-to-the-office).

➤ Sợi quang tới hộ gia đình (FTTH- fiber-to-the-home)



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.1. Tổng quan về mạng truy nhập quang (FTTx)

– Khái niệm

✓ Một số thuật ngữ mạng FTTx:

- MDU (multiple dwelling unit): Khối cho nhiều gia đình/căn hộ.
- MTU (multiple tenant unit): Khối cho nhiều người thuê.
- MHU (multiple hospitality unit): Khối cho nhiều khách hàng.
- SDU (single dwelling unit): Khối cho một căn hộ.
- SFU (single family unit): Khối cho một gia đình
- SOHO (small office/home office): Khối cho văn phòng nhỏ



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.1. Tổng quan về mạng truy nhập quang (FTTx)

- Ưu nhược điểm của FTTx?



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.1. Tổng quan về mạng truy nhập quang (FTTx)

- Ưu nhược điểm của FTTx
- ✓ Ưu điểm:
 - Dung lượng lớn
 - Cự ly đoạn lắp dài
 - Tính cách điện tốt
 - Tính bảo mật cao
 - Độ tin cậy cao và dễ bảo dưỡng
 - Tính linh hoạt lớn
 - Tính mở rộng cao

C
19

Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.1. Tổng quan về mạng truy nhập quang (FTTx)

- Ưu nhược điểm của FTTx
- ✓ Nhược điểm:
 - Mặc dù sợi quang rất rẻ nhưng chi phí cho lắp đặt, bảo dưỡng, thiết bị đầu cuối là rất lớn.
 - Do thiết bị đầu cuối còn khá đắt nên không phải lúc nào hệ thống mạng FTTx cũng phù hợp.
 - Đối với những ứng dụng thông thường, không đòi hỏi băng thông lớn như lướt Web, Check mail... thì cáp đồng vẫn được tin dùng. Do đó càng ngày người ta càng cần phải đầu tư nghiên cứu để giảm các chi phí đó.



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.1. Tổng quan về mạng truy nhập quang (FTTx)

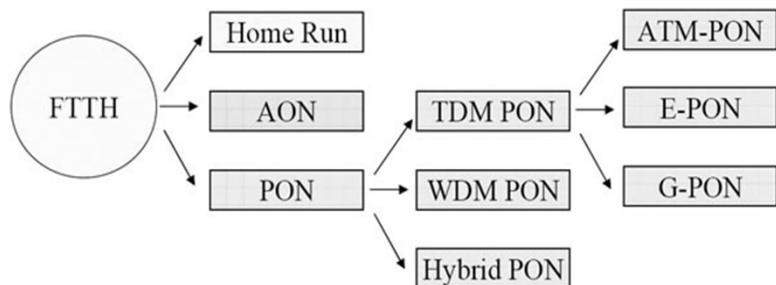
- Các ứng dụng của FTTx?

C
19

Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.1. Tổng quan về mạng truy nhập quang (FTTx)

- Các ứng dụng của FTTx
- ✓ Các hướng chính triển khai FTTx (cụ thể với FTTH):

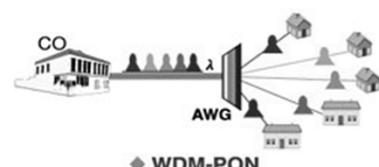
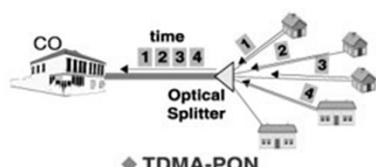
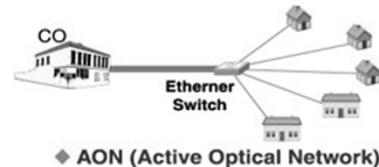
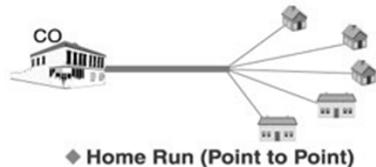
C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.1. Tổng quan về mạng truy nhập quang (FTTx)

- Các ứng dụng của FTTx
- ✓ Các hướng chính triển khai FTTx (cụ thể với FTTH):

C
19

Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.2. Cấu hình của mạng truy nhập quang FTTx

- ✓ Cấu hình tham chiếu của mạng truy nhập quang FTTx?
- ✓ Đặc điểm và cấu trúc khối chức năng OLT?
- ✓ Đặc điểm và cấu trúc khối chức năng ONU?

C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.2. Cấu hình của mạng truy nhập quang FTTx

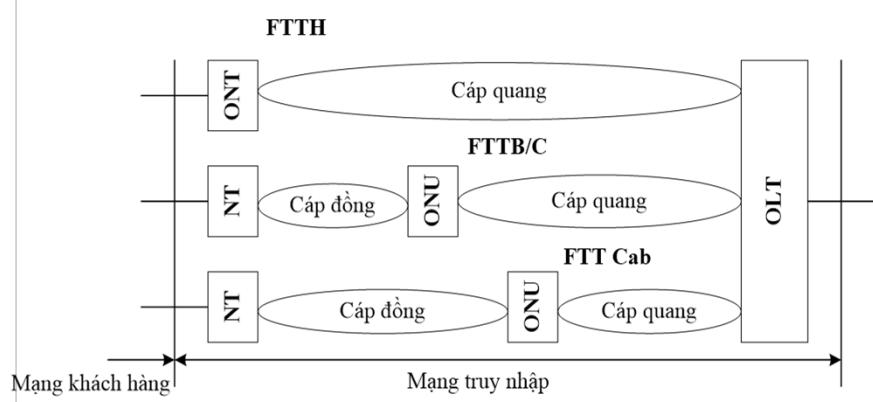
- Cấu hình tham chiếu của mạng truy nhập quang FTTx?

C
19

Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.2. Cấu hình của mạng truy nhập quang FTTx

- Cấu hình cơ bản của mạng truy nhập quang FTTx

C
19C
19

Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.2. Cấu hình của mạng truy nhập quang FTTx

- Cấu hình tham chiếu của mạng truy nhập quang FTTx:

The diagram illustrates the reference configuration for an FTTx network. At the top, a box labeled "Các chức năng quản lý hệ thống mạng truy nhập" (Management functions of the optical access network system) contains a Q3 interface. Below it, an ONU (Optical Network Unit) is connected to an ODN (Optical Distribution Network) via an S/R (Splitter/Router) interface. The ODN is then connected to an OLT (Optical Line Terminal) via an R/S (Router/Splitter) interface. The OLT is connected to a "Các chức năng nút dịch vụ" (Service node functions) box. On the left, an AF (Access Function) is connected to one of the ONUs. The ONUs are also connected to a "Điểm tham chiếu UNI" (UNI reference point) and a "Điểm tham chiếu SNI" (SNI reference point). The entire network is divided into two main sections: "Phía thuê bao" (Customer side) and "Phía mạng" (Network side), indicated by arrows at the bottom.

ONU: Đơn vị mạng quang
ONT: Kết cuối mạng quang
OLT: Đầu cuối mạng quang
ODN: Mang phân phối quang
S: Điểm truy nhập quang về phía mạng
R: Điểm truy nhập quang về phía thiết bị
AF: Chức năng tương thích
UNI: Giao tiếp mạng người dùng
SNI: Giao tiếp nút dịch vụ
Q: Điểm tham chiếu mạng của mạng quản lý

Các
19

Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.2. Cấu hình của mạng truy nhập quang FTTx

- Đặc điểm và cấu trúc khói chức năng OLT?

C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.2. Cấu hình của mạng truy nhập quang FTTx

- Các khối chức năng cơ bản của mạng FTTx:

- ✓ Khối chức năng OLT:

- Khối đầu cuối đường quang OLT cung cấp giao diện quang phía mạng với ODN, đồng thời cũng cung cấp ít nhất một giao diện phía mạng dịch vụ.
- OLT có thể chia thành dịch vụ chuyển mạch và dịch vụ không chuyển mạch.
- OLT cũng quản lý báo hiệu và thông tin giám sát điều khiển đến từ ONU, từ đó cung cấp chức năng bảo dưỡng cho ONU. OLT có thể lắp đặt ở tổng đài nội hạt hoặc một vị trí phân phối đầu xa.

C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.2. Cấu hình của mạng truy nhập quang FTTx

- Các khối chức năng cơ bản của mạng FTTx:

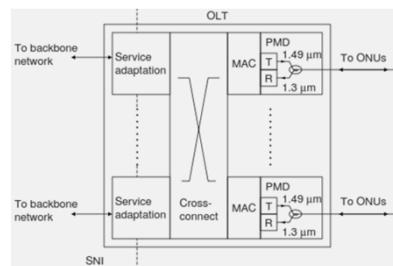
- ✓ Khối chức năng OLT:

Khối thích ứng dịch vụ: Service adaptation

Khối kết nối chéo: Cross-connect

Lớp MAC: Medium Access Control

Lớp PMD: Physical Medium Dependent



+ Lớp thích ứng dịch vụ: cung cấp sự chuyển đổi giữa các tín hiệu định dạng từ mạng trực và các tín hiệu trên mạng PON. Giao diện từ một OLT tới mạng lõi được gọi là giao diện SNI.

+ Khối kết nối chéo: cung cấp chức năng kết nối chéo và chuyển mạch giữa các hệ thống PON, các ONU khác nhau và mạng lõi.

+ Lớp MAC: lập lịch cho phép sử dụng môi trường vật lý đảm bảo tránh nghẽn (xung đột) xảy ra trên tuyến sợi quang chia sẻ giữa các ONU khác nhau.

+ Lớp PMD: bao gồm bộ thu phát quang và bộ ghép WDM song công.



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.2. Cấu hình của mạng truy nhập quang FTTx

- Đặc điểm và cấu trúc khối chức năng ONU?

C
19

Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.2. Cấu hình của mạng truy nhập quang FTTx

- Các khối chức năng cơ bản của mạng FTTx:
- ✓ Khối chức năng ONU:
 - Khối mạng quang ONU/ONT đặt ở giữa ODN và thuê bao.
 - Phía mạng của ONU có giao diện quang, còn phía thuê bao là giao diện điện.
 - Do đó, ONU có chức năng biến đổi quang/điện. Đồng thời có thể thực hiện chức năng xử lý và quản lý bảo dưỡng các loại tín hiệu điện.
 - ONU có thể đặt ở phía khách hàng (FTTH/B) hoặc ngoài trời (FTTC).
 - Do ONU thường được đặt ngoài trời nên các tủ bảo vệ cần đảm bảo để ONU hoạt động trong các điều kiện môi trường thay đổi khác nhau.

C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.2. Cấu hình của mạng truy nhập quang FTTx

- Các khối chức năng cơ bản của mạng FTTx:

- ✓ Khối chức năng ONU:

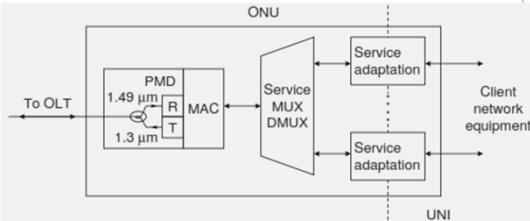
Khối thích ứng dịch vụ: Service adaptation

Khối MUX/DEMUX: Ghép kênh

Lớp MAC: Medium Access Control

Lớp PMD: Physical Medium Dependent

UNI: Giao tiếp mạng – người dùng



- Cấu trúc và chức năng cơ bản như OLT (đặt trực tiếp tại cơ sở của khách hàng).
- Phụ thuộc vào yêu cầu của khách hàng hoặc nhóm người dùng, ONT thường hỗ trợ một hỗn hợp các dịch vụ khác nhau gồm các tốc độ Ethernet hay tốc độ số khác nhau.
- Nhiều kiểu thiết kế và cấu hình giá máy thiết bị ONT đáp ứng các nhu cầu khác nhau. Kích thước một ONT: một khối đơn giản gắn bên ngoài nhà tới khối thiết bị phức tạp lắp trong một khung giá tiêu chuẩn sử dụng trong các tòa nhà hay văn phòng.
- Một ONT có thể tập hợp, gom và truyền tải các kiểu lưu lượng thông tin khác nhau từ phía người dùng và gửi nó theo hướng lên trên một sợi quang.



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.2. Cấu hình của mạng truy nhập quang FTTx

- Các khối chức năng cơ bản của mạng FTTx:

- ✓ Khối chức năng ODN:

➤ Khối mạng phân phối quang ODN đặt giữa ONU với OLT.

➤ Chức năng của nó là phân phối công suất tín hiệu quang.

➤ ODN chủ yếu là linh kiện quang không nguồn và sợi quang tạo thành mạng phân phối quang thụ động.

➤ Nếu ODN được thay thế bằng bộ ghép kênh quang thì trở thành mạng phân phối quang hình sao tích cực.



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.3. Các phương thức truy nhập quang (FTTx)

- ✓ Đặc điểm phương thức FTTC?
- ✓ Đặc điểm phương thức FTTB?
- ✓ Đặc điểm phương thức FTTO/FTTH?

C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.3. Các phương thức truy nhập quang (FTTx)

- Đặc điểm phương thức FTTC?

C
19

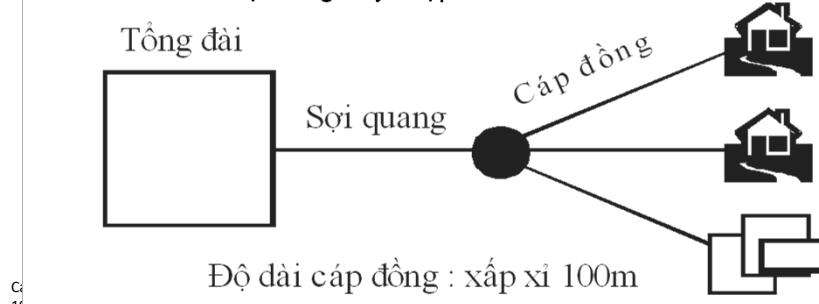


Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.3. Các phương thức truy nhập quang (FTTx)

- Phương thức FTTC:

- ✓ Với phương thức FTTC, sợi được kéo tới ONU đặt ở vỉa hè (5 km – 10km).
- ✓ Một hoặc nhiều tòa nhà kết nối đến ONU bằng cáp đồng, khoảng cách từ ONU tới thuê bao khoảng 100m.
- ✓ Cấu hình hệ thống truy nhập FTTC:



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.3. Các phương thức truy nhập quang (FTTx)

- Phương thức FTTC (2):

- ✓ Phương thức FTTC được khuyến nghị sử dụng cho các vùng dân cư có mật độ dân tương đối cao, đặc biệt là ở những nơi có thể sử dụng lại mạng cáp đồng, hoặc những nơi khó lắp đặt cáp quang.
- ✓ Đây cũng là một phương thức truy nhập phù hợp cho các khách hàng có nhu cầu đối với các dịch vụ VoIP, truy nhập internet tốc độ cao.



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.3. Các phương thức truy nhập quang (FTTx)

- Đặc điểm phương thức FTTB?

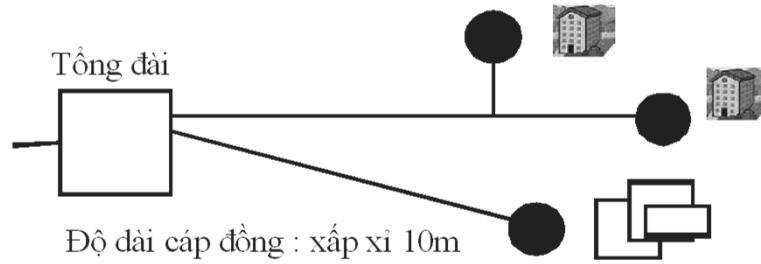
C
19

Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.3. Các phương thức truy nhập quang (FTTx)

- Phương thức FTTB:

- ✓ Trong phương án này, sợi được kéo tới một ONU đặt trong tòa nhà (< 20 km).
- ✓ Các khách hàng có thể truy nhập internet theo các kết nối đến ONU thông qua LAN.
- ✓ Chiều dài của phần cáp đồng thường không lớn hơn 10m.
- ✓ Cấu hình hệ thống truy nhập FTTB:

C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.3. Các phương thức truy nhập quang (FTTx)

- Phương thức FTTB (2):

- ✓ Để tận dụng hiệu quả các nguồn tài nguyên cũ thì phương thức FTTB+LAN được xem là có thể tiết kiệm tối đa chi phí xây dựng mạng.
- ✓ Hơn nữa, khoảng cách ngắn giữa ONU và thiết bị đầu cuối thuê bao cũng cho phép phát triển từng bước từ FTTB+LAN sang FTTH/FTTO.
- ✓ Mô hình FTTB phù hợp với các tòa nhà có mật độ lớn các khách hàng là doanh nghiệp vì họ có nhu cầu đặc biệt lớn về băng tần, đặc biệt các tòa nhà này đều có LAN.

C
19

Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.3. Các phương thức truy nhập quang (FTTx)

- Đặc điểm phương thức FTTO/FTTH?

C
19

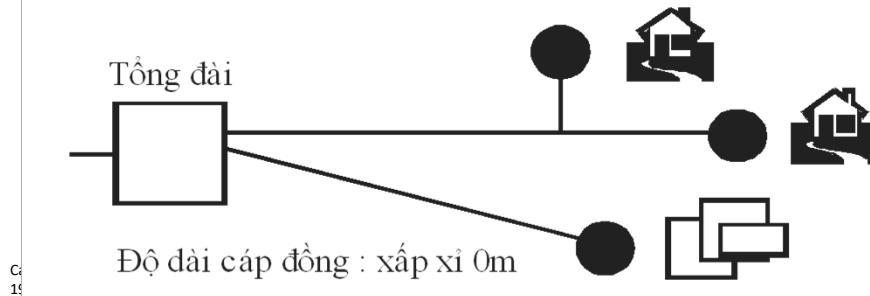


Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.3. Các phương thức truy nhập quang (FTTx)

- Phương thức FTTO/ FTTH:

- ✓ Trong kiến trúc FTTO/H, sợi quang được kéo tới cơ quan hoặc hộ gia đình, trong đó mộtONT được đặt tại thuê bao (< 20 km).
- ✓ ONT là điểm phân phát dịch vụ cho phép các nhà khai thác cung cấp các dịch vụ số liệu, thoại và hình ảnh trên cùng một sợi.
- ✓ Cấu hình hệ thống truy nhập FTTO/H:



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.3. Các phương thức truy nhập quang (FTTx)

- Phương thức FTTO/ FTTH:

- ✓ FTTO/H có khả năng cung cấp băng tần rất lớn, tuy nhiên chi phí cho việc xây dựng mạng lại rất cao, cần phải xem xét cụ thể khi thiết kế.
- ✓ Nhìn chung, để triển khai phương án FTTO/H cần có chiến lược phát triển mạng và kế hoạch triển khai cụ thể để có được các bước thực hiện và đầu tư hợp lý.
- ✓ Phương thức này đặc biệt phù hợp khi cần phải lắp đặt các mạng cáp mới hoặc phải thay thế mạng cáp cũ.



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.4. Các công nghệ sử dụng trong mạng FTTx

- ✓ Công nghệ truy nhập quang tích cực AON?
- ✓ Các cấu hình triển khai AON?
- ✓ Công nghệ truy nhập quang thụ động PON?
- ✓ Các cấu hình triển khai PON?
- ✓ Các chuẩn về PON?

C
19

Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.4. Các công nghệ sử dụng trong mạng FTTx

– Tổng quan:

- ✓ Kiến trúc FTTx có thể sử dụng mạng quang tích cực (AON) hoặc mạng quang thụ động (PON).
- ✓ Việc triển khai theo AON hay PON tùy thuộc vào vị trí, đặc thù của mạng truy nhập khu vực đó.
- ✓ Hiện nay trên mạng truy nhập quang tới nhà thuê bao đang triển khai theo mạng quang chủ động, vì tận dụng sợi cáp quang hiện có, số thuê bao sử dụng truy nhập băng rộng chưa nhiều, hơn nữa đầu tư cơ sở hạ tầng cho triển khai PON trước mắt rất tốn kém. Tuy nhiên do những ưu điểm nổi bật của PON thì xu hướng trong tương lai sẽ triển khai mạng FTTx theo PON là một điều tất yếu.

C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.4. Các công nghệ sử dụng trong mạng FTTx

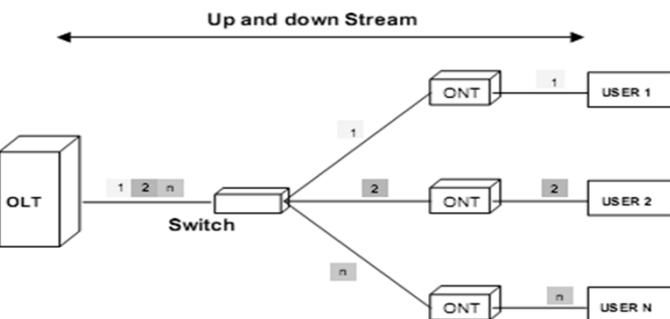
- Công nghệ truy nhập quang tích cực AON?

C
19

Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.4. Các công nghệ sử dụng trong mạng FTTx

- Công nghệ truy nhập quang tích cực (AON):
 - ✓ Là mạng truy nhập quang để phân phối tín hiệu sử dụng các thiết bị cần nguồn cung cấp.
 - ✓ Dữ liệu từ phía nhà cung cấp của khách hàng nào sẽ chỉ được chuyển đến khách hàng đó → dữ liệu của khách hàng sẽ tránh được xung đột khi truyền trên đường vật lý chung.

C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.4. Các công nghệ sử dụng trong mạng FTTx

- Các cấu hình triển khai AON?

C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.4. Các công nghệ sử dụng trong mạng FTTx

- Công nghệ truy nhập quang tích cực (AON):
 - ✓ Các cấu hình: Mạng AON được hiểu là kiểu kết nối điểm - điểm (P2P). Có hai cấu hình chính được triển khai đó là:
 - Kiến trúc “Home Run”,
 - Kiến trúc “Active Star Ethernet”.

C
19



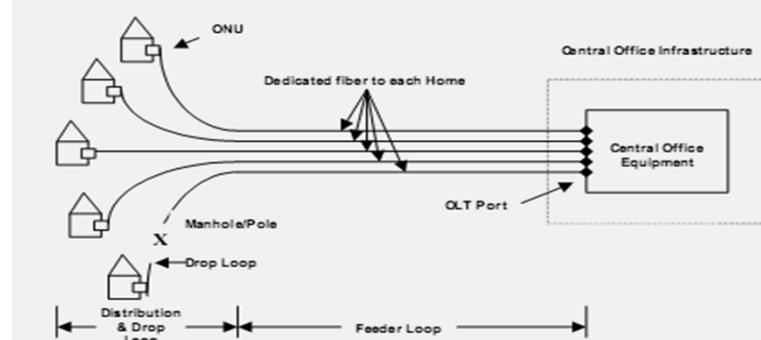
Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.4. Các công nghệ sử dụng trong mạng FTTx

- Công nghệ truy nhập quang tích cực (AON):

- ✓ Kiến trúc "Home Run":

- Có cáp dành riêng để nối từ CO đến từng nhà thuê bao.
- Yêu cầu nhiều sợi quang, nhiều OLT vì mỗi nhà thuê bao cần một cổng OLT. Kiến trúc sợi quang chạy tới tận nhà thuê bao.

C
19

Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.4. Các công nghệ sử dụng trong mạng FTTx

- Công nghệ truy nhập quang tích cực (AON):

- ✓ Kiến trúc "Active Star Ethernet":

- Kiến trúc ASE được biết đến như kiến trúc sao kép, ASE sẽ giảm được số lượng cáp quang và giảm giá thành bằng cách chia sẻ cáp đầu ra.
- Kiến trúc sao tích cực, node đầu xa sẽ được triển khai giữa CO và nhà thuê bao.
- Mỗi cổng OLT và cáp đầu ra giữa CO và node đầu xa được chia sẻ bởi nhiều nhà thuê bao. Node đầu xa trong mạng sao tích cực có thể là bộ ghép kênh hoặc là bộ chuyển mạch. Node đầu xa chuyển mạch tín hiệu ở trong miền điện vì thế cần thiết phải chuyển đổi quang sang điện, điện sang quang.
- Do băng tần của cáp đầu ra CO bị chia sẻ giữa nhiều điểm đầu cuối, nên dung lượng dư tối đa sẵn có cho mỗi ngôi nhà ở đường lên và đường xuống đều ít hơn so với cáp đến tận nhà, đây chính là nhược điểm của cấu trúc so với cấu trúc "home run" ở trên.

C
19

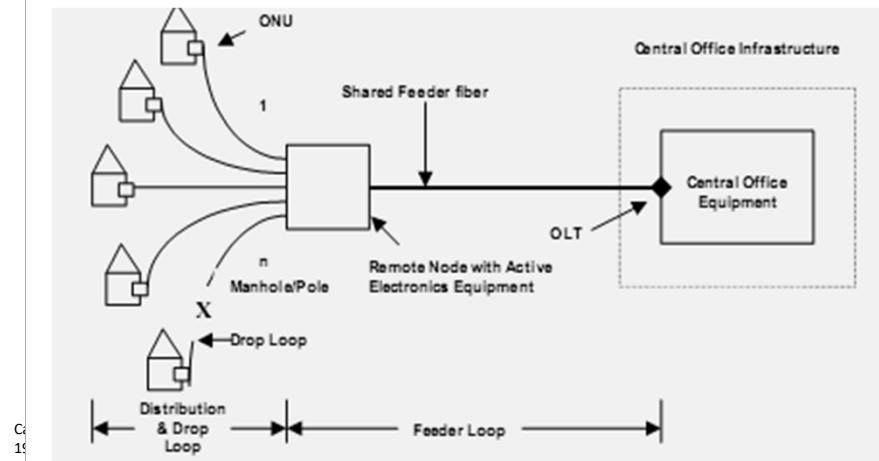


Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.4. Các công nghệ sử dụng trong mạng FTTx

– Công nghệ truy nhập quang tích cực (AON):

✓ Kiến trúc “Active Star Ethernet”:



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.4. Các công nghệ sử dụng trong mạng FTTx

- Công nghệ truy nhập quang thụ động PON?



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.4. Các công nghệ sử dụng trong mạng FTTx

- Công nghệ truy nhập quang thu động (PON):

- ✓ Khái niệm về PON:

➤ Mạng quang thu động (PON) là một kiến trúc mạng điểm-đa điểm, sử dụng các bộ chia quang thu động (không có nguồn cung cấp) để chia công suất quang từ một sợi quang tới các sợi quang cung cấp cho nhiều khách hàng.

➤ Một mạng PON bao gồm một OLT đặt tại tổng đài của nhà cung cấp dịch vụ và các ONU đặt tại phía khách hàng.

➤ Ưu điểm của PON là không cần nguồn cung cấp nên không bị ảnh hưởng bởi nhiều nguồn, có độ tin cậy cao và không cần phải bảo dưỡng như đối với các phần tử tích cực.

- ✓ Các công nghệ và các chuẩn về PON:

➤ Trong các khuyến nghị về mạng và các hệ thống truyền dẫn, ITU-T đã đưa ra một tập hợp các định nghĩa và kiến trúc làm cơ sở cho việc xây dựng PON.

C
19

Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.4. Các công nghệ sử dụng trong mạng FTTx

- Các chuẩn về PON?

C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.4. Các công nghệ sử dụng trong mạng FTTx

– Công nghệ truy nhập quang thụ động (PON):

✓ Các công nghệ và các chuẩn về PON: (Triển khai hiện nay)

Type	Broadband PON (BPON)		GPON (Gigabit-Capable PON)				EPON (Ethernet PON)		
			GPON		GPON-ERG				
Standard	ITU-T G.983 series		G.984 series				G.984.6		
Protocol	ATM		Ethernet, TDM, TDMA				Ethernet		
Services	Voice, data, video		<ul style="list-style-type: none"> - Voice, data - Triple-play - File exchange, remote learning, tele-medecine, IPTV, video-on-demand 				Triple-play		
Maximum physical distance (OLT to ONU)	km	20		20		Up to 60 [ODN distance]		1000BASE-PX10: 10 1000BASE-PX20: 20	
Split ratio		up to 32		up to 64		16, 32 or 64 (restricted by path loss)		1x16 1x32 (with FEC or DFB / APD)	
Nominal bit rate	Mbit/s	Downstream OLT Tx	Upstream ONU Tx	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream
		155.52 622.08	1244.16 622.08	155.52 1244.16 / 2488.32	622.08 1244.16	155.52/622.08/ 1244.16	2488.32	1244.16	1000
Operating wavelength band	nm	1260-1360 [MLM1, SLA] 1280-1350 [MLM2]	1260-1360 [MLM1, SLA] 1280-1350 [MLM2]	-1480-1500 -1550-1560 [Enhancement band for video]	1260-1360 Possibility of using shorter C-band wavelengths downstream and 1550 nm upstream	1480-1500 [Basic band]	OEO [ONU EXT]: 1260-1360 OEO [OLT EXT]: 1290-1330 OA: 1300-1320 (OBF)	100BASE-PX10: Downstream: 1490 nm + PIN Rx Upstream: 1300 nm (low-cost FP optics + PIN Rx) 100BASE-PX20: Downstream: 1490 nm + APD Rx Upstream: 1300 nm (DFB optics + PIN Rx)	100BASE-PX10: Downstream: 1490 nm + PIN Rx Upstream: 1300 nm (DFB optics + PIN Rx)
ORL _{MAX}	dB	>32		>32		15			



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.4. Các công nghệ sử dụng trong mạng FTTx

– Công nghệ truy nhập quang thụ động (PON):

✓ Các công nghệ và các chuẩn về PON: (Thể hệ tiếp theo- NG PON)

Type	Gigabit-Capable PON (GPON)			Ethernet PON (EPON)			WDM PON	
	10G-PON		10G-EPON	WDM PON		WDM PON		WDM PON
Standard	Units	G.987			802.3av™		None at the moment	
Protocol		Ethernet, TDM, TDMA			Ethernet		TBC	
Services		<ul style="list-style-type: none"> - Voice, data - Triple-play - File exchange, distance learning, tele-medecine, IPTV, video-on-demand 			<ul style="list-style-type: none"> - Voice, data - Triple-play - File exchange, distance learning, tele-medecine, IPTV, video-on-demand 		<ul style="list-style-type: none"> - Voice, data - Triple-play - File exchange, distance learning, tele-medecine, IPTV, video-on-demand 	
Maximum physical distance (OLT to ONU)	km	20			PRX10-PR10: 10 PRX20-PR20-PRX30-PR30: 20		TBC	
Split ratio		up to 1x64			up to 1x32		TBC up to 1x32	
Nominal bit rate	Gbit/s	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	
Asymmetric	Gbit/s	10	2,5	10	1,25	Virtually no limits e.g., 1 Gbit/s per user	Virtually no limits e.g., 1 Gbit/s per user	
Symmetric	Gbit/s	10	10	10	10			
Operating wavelength band	nm	1577 -2, +3	1270 ± 10	1577 -2, +3	1270 ± 10	TBC e.g., DWDM in C Band		
ORL _{MAX}	dB	>32		>20		TBC		



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.4. Các công nghệ sử dụng trong mạng FTTx

- Các cấu hình triển khai PON?

C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.4. Các công nghệ sử dụng trong mạng FTTx

- Công nghệ truy nhập quang thụ động (PON):

- ✓ Các cấu hình PON cơ bản:

➤ Mạng quang thụ động có ba cấu hình cơ bản:

- Cấu hình Ring.
- Cấu hình Tree.
- Cấu hình bus

C
19



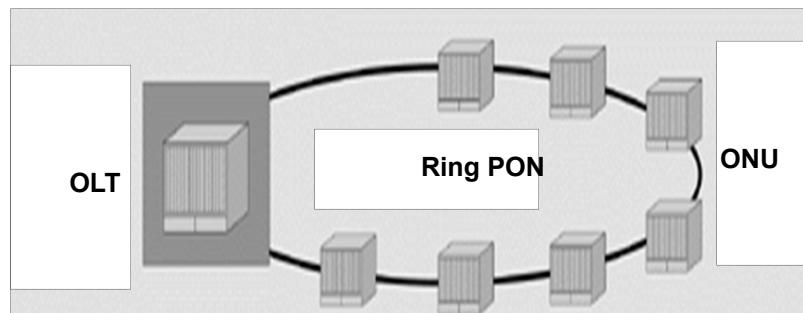
Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.4. Các công nghệ sử dụng trong mạng FTTx

- Công nghệ truy nhập quang thụ động (PON):

- ✓ Các cấu hình PON cơ bản:

➤ Cấu hình Ring:



C
19



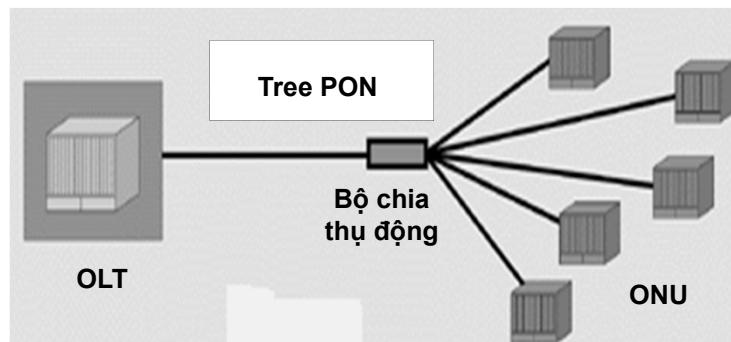
Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.4. Các công nghệ sử dụng trong mạng FTTx

- Công nghệ truy nhập quang thụ động (PON):

- ✓ Các cấu hình PON cơ bản:

➤ Cấu hình Tree:



C
19



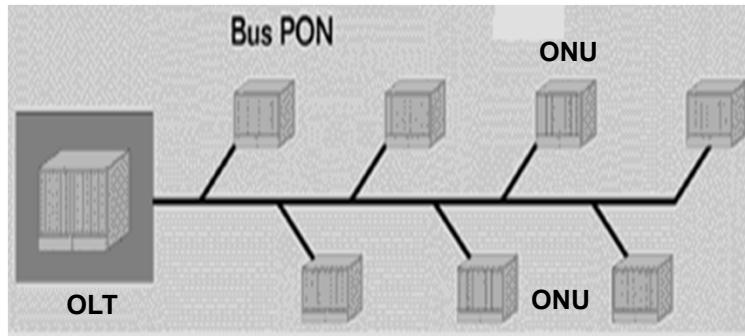
Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.4. Các công nghệ sử dụng trong mạng FTTx

- Công nghệ truy nhập quang thu động (PON):

- ✓ Các cấu hình PON cơ bản:

➤ Cấu hình bus:



C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

- ✓ Các yêu cầu quan trọng cần cho việc phân tích thiết kế tuyến FTTx là gì?
- ✓ Trong thiết kế tuyến FTTx dự trữ hệ thống là gì?
- ✓ Cách tính quỹ công suất tuyến FTTx?

C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

- Các yêu cầu quan trọng cần cho việc phân tích thiết kế tuyến FTTx là gì?

C
19

Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

- Các tiêu chuẩn thiết kế:
- ✓ Các yêu cầu cơ bản:
 - Các yêu cầu quan trọng cần cho việc phân tích tuyến:
 - Khoảng cách truyền dẫn
 - Số lượng và kiểu bộ chia quang
 - Tốc độ dữ liệu hoặc băng thông kênh truyền
 - Tỉ lệ lỗi bit (BER)
 - Số lượng kênh bước sóng
 - Quỹ suy hao quang
 - Mức độ *dự phòng công suất quang* mong muốn
 - Các mức *bù công suất* do các yếu tố suy giảm hệ thống khác nhau
 - Nhà thiết kế mạng cần lựa chọn các thành phần tích cực và thụ động thích hợp để đáp ứng được các yêu cầu đặt ra.

C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

- Các tiêu chuẩn thiết kế:
- ✓ Các yêu cầu cơ bản:

Thành phần	Kiểu loại	Đặc tính hoặc việc sử dụng
Sợi quang	SM hoặc MM	Suy hao, tán sắc, dung sai SBS
Cáp quang	Treo, chôn, hoặc ống dẫn ngầm	Số sợi, các thành phần gia cường
Nguồn quang	LED, laser DFB hoặc FP	Tốc độ điều biến, công suất đầu ra, bước sóng, độ rộng phổ, chi phí
Nguồn thu quang	PIN hoặc APD	Độ nhạy, độ đáp ứng
Các connector	Đơn hoặc nhiều kênh	Suy hao, kích thước và kiểu lắp
Bộ chia công suất	Dựa trên sợi hoặc PLC	Kích cỡ (1xN), suy hao xen, đóng gói
Các thành phần thu động	Bộ lọc quang, bộ cách ly, và bộ ghép công suất	Đáp ứng phổ, suy hao, kích thước, chi phí, độ tin cậy
Bộ thu phát (OLT, ONU hoặc ONT)	Trong nhà hay ngoài trời	Độ bền môi trường, kích cỡ, chi phí, độ tin cậy, công suất tiêu thụ

C
15

Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

- Trong thiết kế tuyến FTTx dự trữ hệ thống là gì?

C
15



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

– Các tiêu chuẩn thiết kế:

✓ Dụ trữ hệ thống:

- Dụ trữ hệ thống hay mức dự phòng suy hao là một yếu tố an toàn mức công suất quang trong thiết kế tuyến.
- Mức dự phòng liên quan đến sự bù sung thêm lượng công suất so với yêu cầu để bù cho những suy giảm tuyến có thể được dự đoán trước.
- Khuyến nghị G.957 xác định độ dự phòng hệ thống từ 3 đến 4,8 dB để bù cho sự suy giảm thiết bị.
 - Sự suy giảm nguồn quang và nguồn thu quang theo thời gian
 - Sự già hóa các thành phần trên tuyến cáp sợi quang
- Các cải thiện các kỹ thuật thiết kế → giảm đáng kể độ dự phòng hệ thống.
- Hiện tại, mức dự phòng quỹ suy hao không lớn hơn 3 dB.
- Hệ thống PON: khoảng cách ngắn, ít phần tử tích cực - mức dự phòng chỉ vài dB.

C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

– Các tiêu chuẩn thiết kế:

✓ Các mức bù công suất:

- Một số yếu tố gây suy yếu tín hiệu → giảm SNR của hệ thống so với trường hợp lý tưởng → mức giảm SNR được xem là mức bù công suất.
- Các yếu tố gây suy giảm:
 - Tán sắc: Tán sắc sặc thề, PMD
 - Tỉ lệ phân biệt
 - Chirp tần
 - Tán xạ kích thích: SRS và SBS
- Tán sắc sặc thề: không phải là yếu tố quan tâm trong PON ở tốc độ nhỏ hơn 2,5G nhưng cần xem xét cẩn thận trong NG-PON.
- Tỉ lệ phân biệt (ER): yêu cầu có ER cỡ 18 để mức bù nhỏ hơn 0,5 dB. Chú ý: laser phải có ER thích hợp để tránh méo tín hiệu
- Chirp tần: do laser được điều biến trực tiếp mức bù kết hợp với sự suy giảm ER thường nhỏ hơn 2 dB.

C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

- Cách tính quỹ công suất tuyến FTTx?

C
19

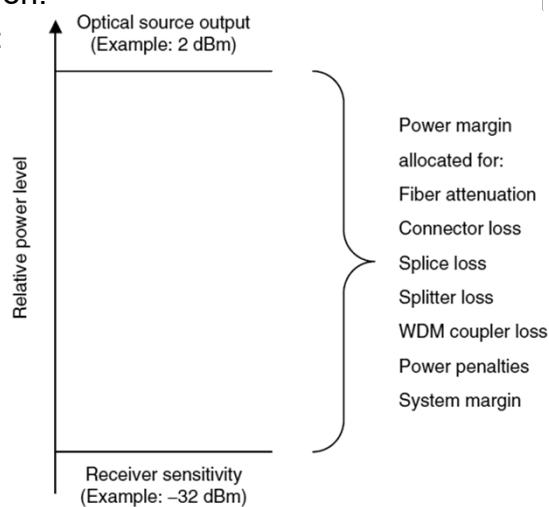
Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

- Quỹ công suất tuyến:

✓ Tính quỹ công suất:

- Xác định bước sóng truyền dẫn
- Lựa chọn các thành phần và các đặc tính
- Tính toán quỹ công suất

C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

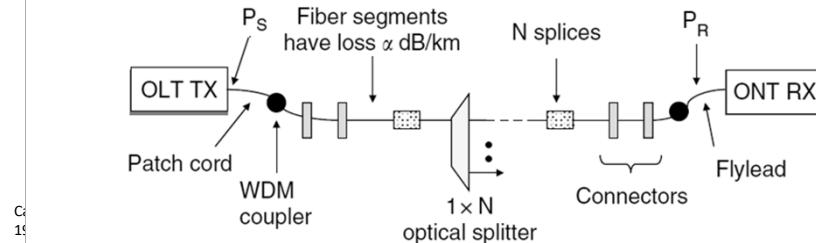
– Quỹ công suất tuyến:

✓ Tính quỹ công suất (Quỹ suy hao): suy hao tổng cho phép

$$P_T = P_S - P_R = 4 \times \text{suy hao connector} + \alpha L + N \times \text{suy hao môi hàn} + \text{suy hao splitter}$$

+ suy hao coupler WDM + M + (P)

P_T – Tổng suy hao cho phép; P_S – Công suất phát quang; P_R – độ nhạy bộ thu quang; α - suy hao sợi quang; L – chiều dài tuyến; N – số mối hàn; M – độ dự phòng hệ thống; P - mức bù công suất cho bộ thu.

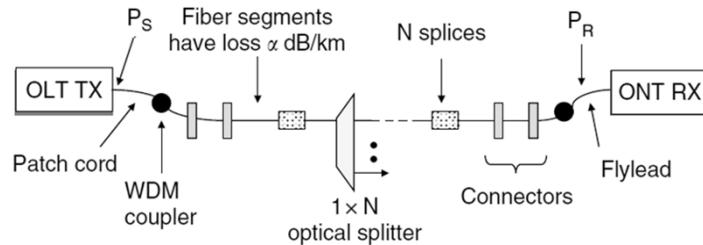


Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

– Quỹ công suất tuyến:

✓ Tính quỹ công suất (Quỹ suy hao): suy hao tổng cho phép



Suy hao xen:

$$IL = 10 \log \frac{P_i}{P_j} = 10 \log \frac{P_0}{p}$$

Suy hao vượt:

$$EL = 10 \log \frac{P_0}{P_1 + P_2 + \dots + P_N} = 10 \log \frac{P_0}{N \times p} = IL - 10 \log N$$

C
19

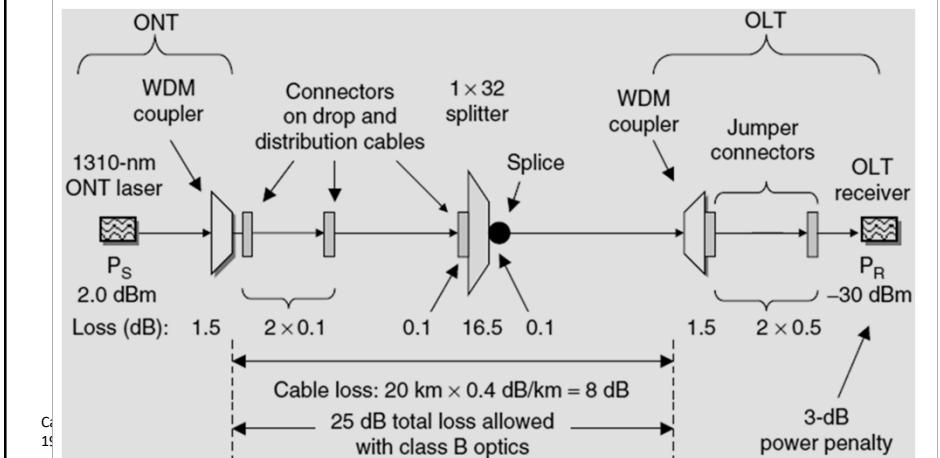


Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

– Quỹ công suất tuyến:

✓ Quỹ công suất cửa sổ 1310 nm:



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

– Quỹ công suất tuyến:

✓ Quỹ công suất cửa sổ 1310 nm:

Tham số	Giá trị	Quỹ công suất (dB)
Đầu ra laser ONT	2 dBm	
Độ nhạy thu OLT tại 622 Mbit/s	-30 dBm	
Suy hao cho phép [2 - (-30)]		32
Suy hao coupler WDM (2 x 1,5 dB)	-3 dB	29
Suy hao dây nhảy tại CO	-1 dB	28
Mức bù công suất bộ thu OLT	-3 dB	25
Công suất sẵn có cho tuyến lớp B		25
Suy hao bộ chia công suất (1x32)	-16,5 dB	8,5
Suy hao mối hàn (1x0,1 dB)	-0,1 dB	8,4
Suy hao connector (3x0,1 dB)	-0,3 dB	8,1
Suy hao cáp (20 km x 0,4 dB/km)	-8 dB	0,1 (dự phòng hệ thống)

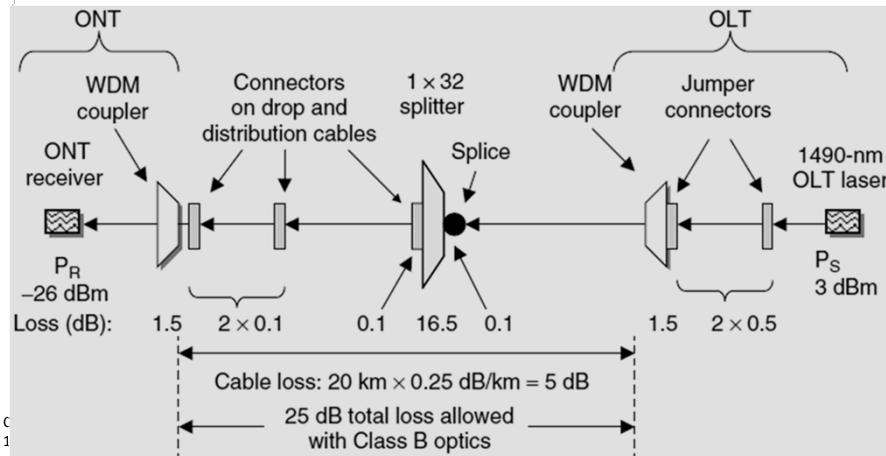


Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

– Quỹ công suất tuyến:

✓ Quỹ công suất cửa sổ 1490 nm:



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

– Quỹ công suất tuyến:

✓ Quỹ công suất cửa sổ 1490 nm:

Tham số	Giá trị	Quỹ công suất (dB)
Đầu ra laser OLT	3 dBm	
Độ nhạy thu ONT tại 622 Mbit/s	-26 dBm	
Suy hao cho phép $[3 - (-26)]$		29
Suy hao coupler WDM ($2 \times 1.5 \text{ dB}$)	-3 dB	26
Suy hao dây nhảy tại CO	-1 dB	25
Công suất sẵn có cho tuyến lớp B		25
Suy hao bộ chia công suất (1x32)	-16,5 dB	8,5
Suy hao mối hàn ($1 \times 0,1 \text{ dB}$)	-0,1 dB	8,4
Suy hao connector ($3 \times 0,1 \text{ dB}$)	-0,3 dB	8,1
Suy hao cáp ($20 \text{ km} \times 0,25 \text{ dB/km}$)	-5 dB	3,1 (dự phòng hệ thống)



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

- Ước tính dung lượng tuyến:

✓ Công thức cơ bản:

➤ Xác định dung lượng tuyến qua phân tích quỹ thời gian lén.

➤ Thời gian lén tổng cộng (t_{sys}) của tuyến:

$$t_{sys} = \left(\sum_{i=1}^N t_i^2 \right)^{1/2}$$

t_i – Thời gian lén của mỗi đóng góp đến sự suy giảm thời gian lén của xung.

➤ Trong hệ thống sợi quang: $t_{sys} = (t_{TX}^2 + t_{mod}^2 + t_{CD}^2 + t_{PMD}^2 + t_{RX}^2)^{1/2}$

$$t_{RX} = \frac{350}{B_{RX}} \quad t_{CD} \approx |D_{CD}|L\Delta\lambda \quad t_{mod} = \frac{440L}{B_{mod}} \quad t_{PMD} = D_{PMD} \times \sqrt{\text{fiber length}}$$

t_{TX} – Thời gian lén của bộ phát; t_{mod} – thời gian lén do tán sắc mode (ns); t_{CD} – thời gian lén do tán sắc sắc thể; t_{PMD} – thời gian lén do tán sắc mode phân cực; t_{RX} – thời gian lén bộ thu (ns); B_{RX} – độ rộng băng tần điện bộ thu (MHz); B_{mod} – băng thông tán sắc mode (MHz.km); L – chiều dài sợi (km).

C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

- Ước tính dung lượng tuyến:

✓ Thời gian lén của tuyến FTTH:

➤ Tổng thời gian lén của tuyến không được vượt quá 70% chu kì bit đối với mã NRZ hoặc 35% chu kì bit đối với mã RZ.

➤ Ví dụ 1 tuyến FTTH:

- Bộ phát laser có thời gian lén 0,1 ns và độ rộng phồng 1 nm.
- Bộ thu PIN có độ rộng băng tần $B_{RX} = 1250$ MHz
- Sợi đơn mode có $D_{CD} = 4\text{ps}/(\text{nm}.\text{km})$ và $D_{PMD} = 0,1 \text{ ps}/\text{km}^{1/2}$ tại 1490 nm.

Thành phần	Thời gian lén	Quỹ thời gian lén
Quỹ thời gian lén cho phép		$T_s = 0,7/B_{NRZ} = 0,56$ ns
Thời gian lén bộ phát laser	0,1 ns	
Tán sắc trong sợi đơn mode	80 ps	
Thời gian lén bộ thu	0,28 ns	
Thời gian lén hệ thống		0,1 ns

C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

- Ước tính dung lượng tuyến:

✓ Bài tập 6.1:

Cho một mạng truy nhập quang thu động BPON sử dụng bộ splitter 1:32 có tổn hao vượt là 0,5 dB. Biết mức phát tại OLT là 2 dBm, có 2 connector được sử dụng, suy hao mỗi connector sử dụng kết nối là 0,5 dB, suy hao mỗi bộ ghép WDM là 1,5 dB.

a- Hãy vẽ sơ đồ cấu hình mạng

b- Tính độ nhạy thu tại ONU để đảm bảo khoảng cách truyền dẫn tối đa. Giả sử hệ thống cần quỹ dự phòng 3 dB và sử dụng sợi có hệ số suy hao trung bình 0,25 dB/km.

C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

- Ước tính dung lượng tuyến:

✓ Bài tập 6.2:

Cho một mạng truy nhập quang thu động PON sử dụng bộ splitter 1:64 có tổn hao vượt là 1 dB. Trên mạng phân phối quang kết nối sử dụng 4 kết nối connector, suy hao mỗi connector sử dụng kết nối là 0,55 dB, sợi truyền dẫn có hệ số suy hao trung bình 0,25 dB/km tại 1490 nm, suy hao mỗi bộ ghép WDM là 1,5 dB. Biết hệ thống hoạt động ở khoảng cách truyền dẫn 5 km và có độ nhạy thu tại ONU là -26 dBm.

a- Hãy vẽ sơ đồ cấu hình mạng

b- Tính mức công suất phát tại OLT để đảm bảo mức dự phòng hệ thống là 3 dB.

C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

- Ước tính dung lượng tuyến:

✓ HD Bài tập chung:

+ B1: Vẽ sơ đồ tuyến

+ B2: Nêu công thức tính quỹ suy hao

$$P_T = P_S - P_R = 4 \times \text{suy hao connector} + \alpha L + N \times (\text{suy hao môi hàn} + \text{suy hao splitter} + \text{suy hao coupler WDM} + M + P)$$

+ B3: Tính suy hao splitter $1:n$ (Giả thiết bộ splitter lý tưởng)

$$\text{.Suy hao vượt (dB): } EL = 10 \log \frac{P_0}{P_1 + P_2 + \dots + P_N} = 10 \log \frac{P_0}{N \times p} \rightarrow \frac{P_0}{p} = N \times 10^{\frac{EL}{10}}$$

$$\text{.Suy hao xen (db): } IL = 10 \log \frac{P_i}{P_j} = 10 \log \frac{P_0}{p} = 10 \log \left(N \times 10^{\frac{EL}{10}} \right) = 10 \log N + EL$$

+ B4: Thay số tính tham số yêu cầu

C
19

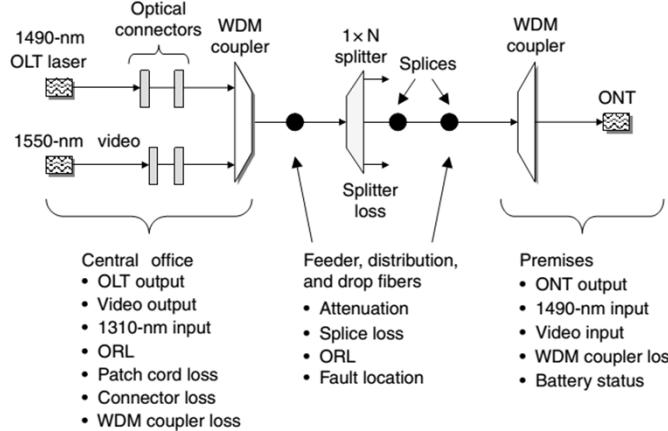


Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

- Đo kiểm mạng FTTx:

✓ Các tham số chính: Mức công suất quang; Suy hao; Suy hao phản hồi.



C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

– Đo kiểm mạng FTTx:

✓ Các thiết bị đo:

- Máy đo công suất quang/ Nguồn quang (1310,1490 và 1550nm).
- Bộ chỉ thị lỗi bằng mắt (VFI- visual fault indicator)
- Máy đo phản xạ miền thời gian (OTDR- Optical timedomain reflectometer)
- Bộ kiểm tra suy hao đặc biệt:

Test Instrument	Function
Multifunction optical test system	Factory or field instruments with exchangeable modules for performing a variety of measurements
Optical return loss tester	Measures total reverse power in relation to total forward power at a particular point
Optical spectrum analyzer (OSA) BER test equipment	Measures optical power as a function of wavelength Uses standard eye-pattern masks to evaluate the data-handling ability of an optical link

C
19



Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

– Đo kiểm mạng FTTx:

✓ Các chuẩn đo quốc tế:

Organization	Internet Address	PON-Related Activities
IEEE	www.ieee.org	Establish and publish measurement procedures for links and networks <ul style="list-style-type: none"> • Define physical-layer test methods • IEEE 802.3ah Ethernet in First Mile (EFM)
ITU-T	www.itu.int/ITU-T	Create and publish standards in all areas of telecommunications <ul style="list-style-type: none"> • Series G for telecommunications • Series L for outside plant elements • ITU-T Recommendation G.983 (BPON) • ITU-T Recommendation G.984 (GPON) • ITU-T Recommendation G.985 (EPON)
Telcordia	www.telcordia.com	Provide generic requirements for network elements <ul style="list-style-type: none"> • Fiber optic connectors • Indoor and outdoor cabinets • Underground, aboveground enclosures • Field-deployed products
TIA/EIA	www.tiaonline.org www.eia.org	Created over 120 test specifications under the designation "Fiber Optic Test Procedures" <ul style="list-style-type: none"> • Define physical layer test methods • TIA/EIA-455-XX or FOTP-XX documents

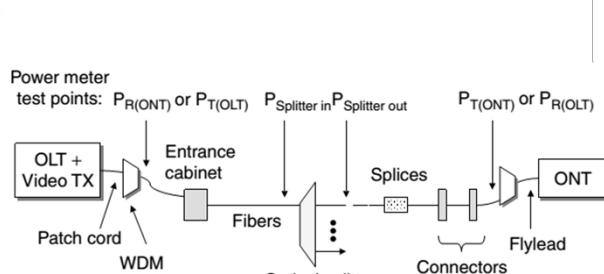
C
19

Chương 6- Mạng truy nhập quang



6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

- Đo kiểm mạng FTTx:
- ✓ Đo công suất quang:
- Máy đo công suất và ứng dụng đo

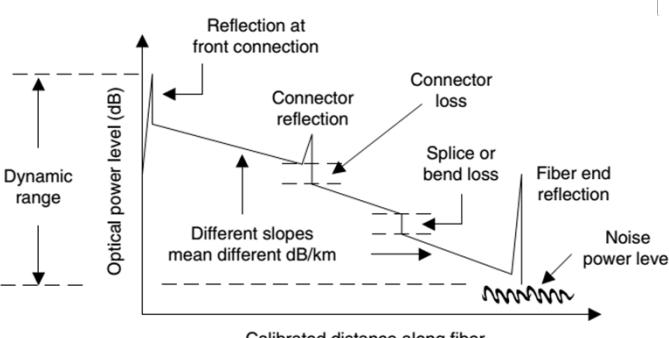


Chương 6- Mạng truy nhập quang



6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

- Đo kiểm mạng FTTx:
- ✓ Máy đo phản xạ miền thời gian quang (OTDR):
- Đo các tham số: suy hao (sợi, mối hàn và mối nối), chiều dài và các mức phản xạ quang





Chương 6- Mạng truy nhập quang

6.5. Một số vấn đề thiết kế và đo kiểm mạng FTTx

– Đo kiểm mạng FTTx:

- ✓ Suy hao phản hồi quang (ORL):
- Công suất phản xạ ngược tại: các bộ nối, cuối sợi, giao diện các bộ chia quang, trong sợi do tán xạ Rayleigh.

$$ORL = 10 \log \frac{P_{ref}}{P_{inc}}$$

C
19