

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

Mạng truyền thông quang

Bộ môn Tín hiệu và Hệ thống

Hà Nội, 2022

1



Giới thiệu môn học

- Thời lượng môn học:
 - 4 ĐVHT (32LT + 8BT + 4TH + 1Tự học)
- · Muc 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.

HOC VIỆN CÔNG NGHỆ BỰU CHÍNH VIỀN THỐNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology

2



- · 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



3



Giới thiệu môn học

- Tài liệu tham khảo:
 - [1] Học viện CNBCVT, Bài giảng môn Công nghệ truyền tải quang, 2016.
 - [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.



4



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 %

Học VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỀN THỐNG
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



6



- 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



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



Nội dung chi tiết:

Chương 3- MẠNG QUANG WDM

- Cấu hình mạng quang ghép theo bước sóng (WDM)
 - · Giới thiêu
 - · 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



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 cỡ mạng
- Các ứng dụng mạng quang WDM
 - · Mạng truy nhập
 - · Mang Metro
 - · Mang lõi
 - Mạng Mạng quang định nghĩa bởi phần mềm (SDN)
 - · quang lưới bước sóng linh hoạt



- Nội dung chi tiết:
 - Chương 4- ĐỒNG BỘ, QUẨN LÝ VÀ ĐIỀU KHIỂN MANG QUANG
 - Tổng quan về đồng bộ, quản lý và điều khiển trong mạng quang
 - Đồng bộ mạng quang
 - Đồng bộ và tín hiệu định thời
 - · Chất lượng tín hiệu đồng bộ
 - Rung pha (Jitter) và trôi pha (Wander)
 - 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



Giới thiệu môn học

- Nội dung chi tiết:
 - Chương 5- BẢO VỆ VÀ PHỤC HỒI MẠNG QUANG
 - Giới thiêu
 - Bảo vệ trong lớp khách hàng
 - · Bảo vệ trong NG-SDH
 - Bảo vệ trong IP
 - Bảo vệ trong Ethernet
 - Bảo vê MPLS
 - Bảo vệ trong lớp quang
 - · Bảo vệ đoạn ghép quang
 - · Bảo vệ kênh quang
 - Bảo vê GMPLS
 - Phục hồi mạng quang



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



13



Giới thiệu môn học

• Nội dung chi tiết:

Chương 6- MANG 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 quanvề 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

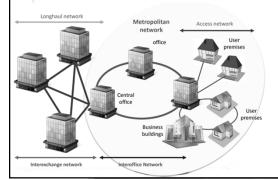


1.1. Kiến trúc mạng truyền thông quang

– Mạng quang là gì?

là mạng truyền thông trong đó các liên kết truyền dẫn là các sợi quang và kiến trúc của nó được thiết kế để khai thác các lợi thế của sơi quang.

- Kiến trúc mạng quang tổng quát:



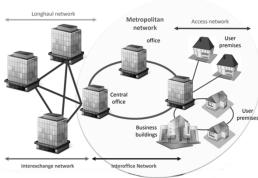
- Một mạng quang có thể được sở hữu và điều hành bởi các nhà mạng khác nhau.
- Các nút trong mạng là các đài trung tâm, còn được gọi:
 - + POP:nút kích cỡ nhỏ
 - + Hub: nút kích cỡ lớn
- Các mạng quang có thể được chia thành: mạng đô thị và mạng cự li dài.



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

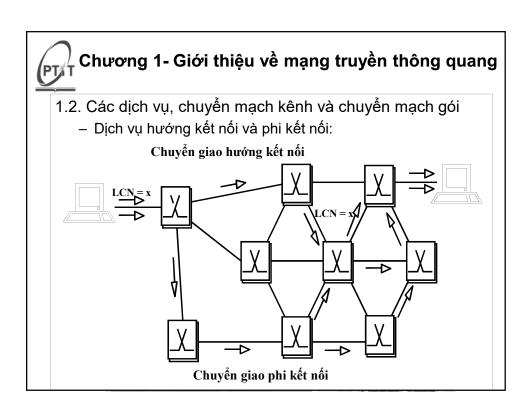
1.1. Kiến trúc mạng truyền thông quang

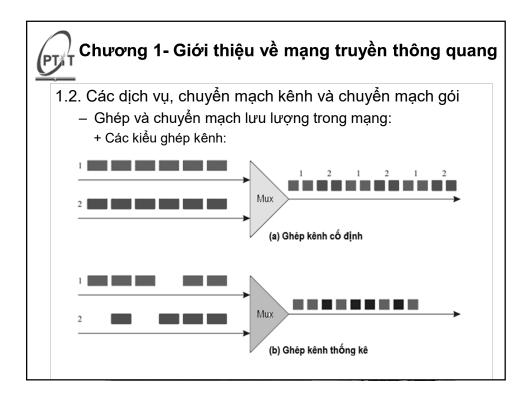
- Mạng đô thị: gồm mạng truy nhập đô thị và mạng liên kết đô thị
 - + Mạng truy nhập: mở rộng từ trung tâm đến các doanh nghiệp hoặc nhà riêng.
 - + Mạng liên kết: kết nối các nhóm trung tâm trong một thành phố hoặc một vùng.
- Mạng cự li dài:
 - + Kết nối giữa các thành phố hoặc các vùng khác nhau.
 - + Khoảng cách giữa các trung tâm khoảng hàng trăm đến hàng ngàn km.





- 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 từ 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:
 - + Dịch vụ hướng kết nối: kết nối giữa hai hoặc nhiều bên trên một mạng cơ bản (Sự khác biệt nằm ở băng thông kết nối và loại mạng cơ bản 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.







- 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 hơn băng 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.

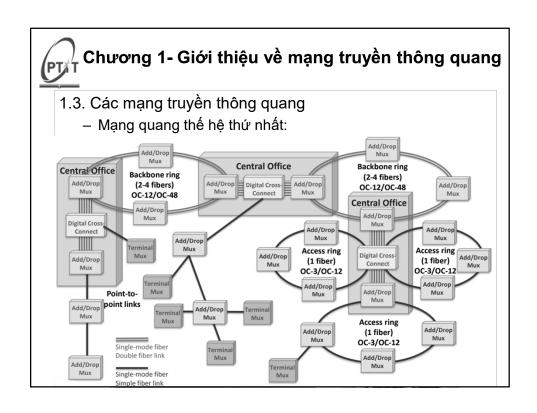


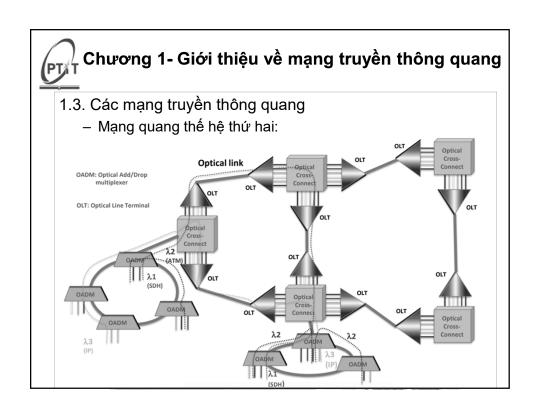
- 1.2. Các dịch vụ, chuyển mạch kênh và chuyển mạch gói
 - Sự thay đổi của bối cảnh dịch vụ:
 - + Mô hình dịch vụ của các nhà mạng đang thay đổi nhanh chóng khi các mạng và công nghệ phát triển.
 - + Do sự cạnh tranh ngày càng tăng và nhu cầu của khách hàng.
 - + Sự thay đổi liên quan đến **tính khả 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.



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

- 1.3. Các 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.

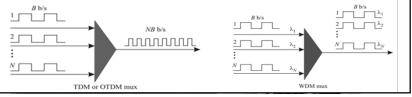






1.3. Các mạng truyền thông quang

- 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 luông 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 lương là bằng kỹ thuật gọi là ghép kênh phân chia bước sóng (WDM)





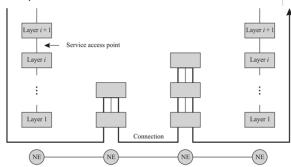
, Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

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.

Ý nghĩa của việc phân lớp

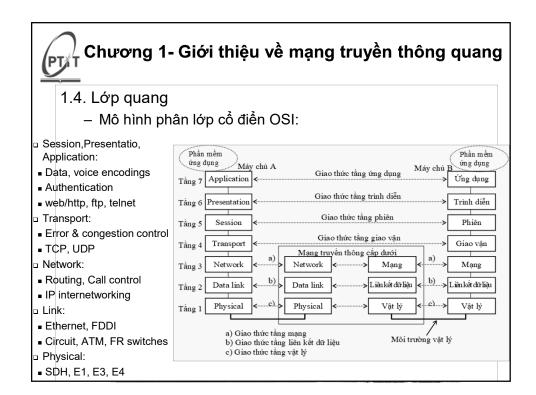
- Giảm độ phức tạp
- Tiêu chuẩn hóa giao diện
- Thuận tiện module hóa
- Đảm bảo kỹ thuật liên mạng
- Tăng nhanh sự phát triển (nhờ cấu trúc mở)





1.4. Lớp quang

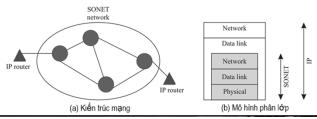
- Khái niệm về kiến trúc mạng phân lớp:
 - + Thiết kế chức năng cho các lớp:
 - Chia các lớp sao cho các chức năng khác nhau được tách biệt với nhau; các lớp sử dụng các loại công nghệ khác nhau cũng được tách biệt
 - Các chức năng giống nhau được đặt vào cùng một lớp; các chức năng được định vị sao cho có thể thiết kế lại lớp mà ảnh hưởng ít nhất đến các lớp kề nó
 - Khi dữ liệu được xử lí 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.





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:

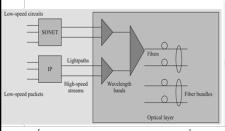


PTAT

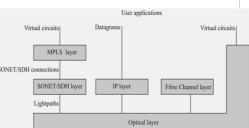
Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.4. Lớp quang

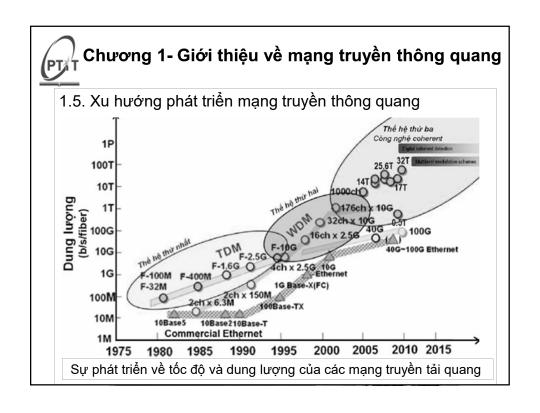
- Sự ra đời của các mạng quang thế hệ thứ hai đã thêm một lớp nữa vào phân cấp giao thức và được gọi là lớp quang.
- Lớp quang là lớp máy chủ cung cấp dịch vụ cho các lớp khách hàng khác.
- Lớp quang cung cấp các tuyến quang (lightpath) tới nhiều lớp khách hàng khác nhau:

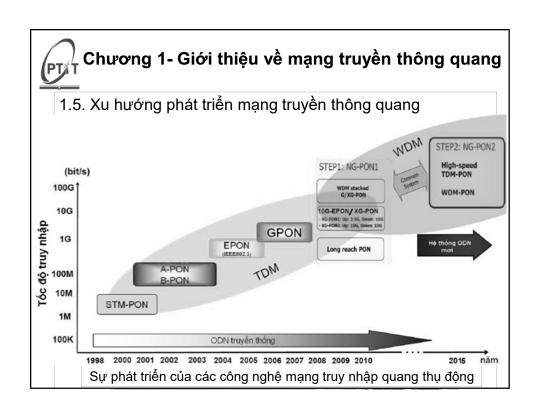


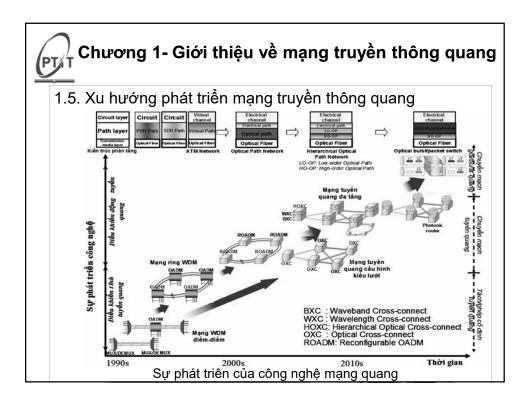
Phân cấp mạng phân lớp ghép kênh điển hình



Phân lớp của mạng quang thế hệ thứ hai









1.6. Hiệu năng mạng quang

- Bản thân ý nghĩa của hiệu năng trong mạng truyền thông là đa nghĩa vì nó liên quan đến hiệu năng mạng, lưu lượng và hiệu năng dịch vụ, hiệu năng liên kết và tín hiệu, trong đó 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 lớp mạng, như các lỗi và sự suy giảm 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.
- Hiệu năng lưu lượng và hiệu năng dịch vụ: liên quan đến khả năng phân phối của tải trọng khách hàng cá nhân cũng như tải trọng tổng tuân thủ QoS mong đợi. Theo thỏa thuận mức dịch vụ (SLA), các tham số là độ trễ đầu cuối, độ trễ khứ hồi, tỷ lệ lỗi bit hoặc khung hoặc gói (BER, FER, PER) và băng thông có thể phân phối dự kiến. Hiệu năng lưu lượng bị ảnh hưởng bởi mào đầu khung và hiệu năng mạng.



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, chẳng hạn 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 tuyến 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.
- Nguồn gốc 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.



Chương 1- Giới thiệu về mạng truyền thông quang

1.6. Hiệu năng mạng quang

- Các số đo hiệu năng:
 - Khối bị lỗi (EB) là khối có ít nhất một bịt bị lỗi.
 - Giây lỗi (ES) hoặc khoảng thời gian một giây với ít nhất một EB.
 - Tỷ lệ lỗi khối (BER) là 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) là khoảng thời gian một giây trong đó có hơn 30% khối có lỗi.
 - Khoảng thời gian lỗi nghiêm trọng (SEP) của chuỗi 3-9 SES liên tiếp.
 - Cường độ khoảng thời gian lỗi nghiêm trọng (SEPI) 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) hoặc EB không xảy ra như một phần của SES.



1.6. Hiệu năng mạng quang

- Các số đo hiệu năng lỗi cho một tuyến:
 - Tỷ lệ giây lỗi (ESR) là 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) là tỷ số của SES trên tổng số giây trong một khoảng thời gian đo cố định.
 - Tỷ lệ lỗi khối nền (BBER) là 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.