



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

## Kỹ thuật thông tin quang

### Optical Communications

**(TEL1406)**

Giảng viên: TS. Cao Hồng Sơn  
Tel: 0904107272- E mail: kaosonvt1@gmail.com  
Bộ môn Tín hiệu và Hệ thống

Học kì II, 2021- 2022

23/02/2022 1

---

---

---


---

---

---

---

---



## Giới thiệu môn học

- Thời lượng môn học:
  - 3TC/ 4 ĐVHT (32LT + 8BT + 4TNTH + 1TH)
- Mục tiêu:
  - Kiến thức: Môn học cung cấp cho người học những kiến thức cơ sở về thông tin quang:
    - Các thành phần cơ bản trong hệ thống thông tin quang → một số vấn đề trong thiết kế các loại hệ thống thông tin quang.
    - Sau khi học xong môn này, người học nắm được nguyên lý hoạt động của một hệ thống thông tin quang cũng như các nguyên tắc cơ bản trong thiết kế một hệ thống thông tin quang, và làm cơ sở cho các môn học chuyên sâu khác.
  - Kỹ năng: Rèn cho sinh viên có kỹ năng nghiên cứu, phân tích, đánh giá về các thành phần cơ bản và cả hệ thống thông tin quang sợi.

23/02/2022 2

---

---

---

---

---

---

---

---



## Giới thiệu môn học

- Nội dung:
  - Chương 1: **Tổng quan về thông tin quang**
  - Chương 2: **Sợi quang**
  - Chương 3: **Bộ phát quang**
  - Chương 4: **Bộ thu quang**
  - Chương 5: **Một số phần tử quang cơ bản khác**
  - Chương 6: **Các hệ thống thông tin quang**

23/02/2022 3

---

---

---

---

---

---

---

---

**PTAT**

## Giới thiệu môn học

### Chương 1: Tổng quan về thông tin quang (4t)

- ✦ **Lịch sử phát triển hệ thống thông tin quang**
- ✦ **Một số khái niệm cơ bản trong thông tin quang**
  - ✦ Băng tần phổ quang.
  - ✦ Đơn vị công suất.
  - ✦ Các tiêu chuẩn trong thông tin quang
- ✦ **Mô hình tổng quát hệ thống thông tin quang**
  - ✦ Phân loại hệ thống thông tin quang
  - ✦ Mô hình hệ thống thông tin quang.
  - ✦ Các giải pháp tăng dung lượng hệ thống thông tin quang
- ✦ **Các ứng dụng của kỹ thuật thông tin quang**

23/02/2022  
Cao Hồng Sơn

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

4

---

---

---

---

---

---

---

---

**PTAT**

## Giới thiệu môn học

### Chương 2: Sợi quang (8t)

- ✦ **Cấu tạo và phân loại sợi quang**
  - ✦ Cấu tạo sợi quang
  - ✦ Phân loại sợi quang
- ✦ **Truyền sóng ánh sáng hình học trong sợi quang**
  - ✦ Mô tả theo quang hình học
  - ✦ Lý thuyết truyền sóng
- ✦ **Suy hao trong sợi quang**
  - ✦ Hệ số suy hao sợi quang
  - ✦ Nguyên nhân gây suy hao
- ✦ **Tán sắc trong sợi quang**
  - ✦ Khái niệm và phân loại tán sắc
  - ✦ Tán sắc mode
  - ✦ Tán sắc vận tốc nhóm
  - ✦ Tán sắc bậc cao
  - ✦ Tán sắc mode phân cực
- ✦ **Các giới hạn truyền dẫn gây ra bởi tán sắc**
  - ✦ Phương trình truyền dẫn cơ bản
  - ✦ Truyền xung Gauss có chirp
  - ✦ Giới hạn về tốc độ bit
  - ✦ Độ rộng băng tần sợi quang
- ✦ **Các hiệu ứng quang phi tuyến**
  - ✦ Nguồn gốc hiệu ứng quang phi tuyến
  - ✦ Hiệu ứng tán xạ kích thích
  - ✦ Hiệu ứng điều chế pha phi tuyến
  - ✦ Trộn bốn sóng

23/02/2022  
Cao Hồng Sơn

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

5

---

---

---

---

---

---

---

---

**PTAT**

## Giới thiệu môn học

### Chương 3: Bộ phát quang (8t)

- ✦ **Một số vấn đề cơ bản trong vật lý quang bán dẫn**
  - ✦ Quá trình phát xạ và hấp thụ
  - ✦ Các vật liệu bán dẫn
  - ✦ Tiếp giáp p-n
  - ✦ Tải hợp không bức xạ
- ✦ **Nguồn LED**
  - ✦ Cấu tạo và phân loại nguồn LED
  - ✦ Đặc tính của LED
- ✦ **Laser laser bán dẫn (LD)**
  - ✦ Cấu tạo cơ bản của nguồn laser bán dẫn
  - ✦ Đặc tính của LD
  - ✦ Các nguồn LD đơn mode
- ✦ **Điều biến nguồn quang**
- ✦ **Một số vấn đề trong thiết kế bộ phát quang**
  - ✦ Ghép nối nguồn - sợi quang
  - ✦ Mạch kích thích nguồn quang
  - ✦ Ổn định nguồn quang

23/02/2022  
Cao Hồng Sơn

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

6

---

---

---


---

---

---

---

---

 **Giới thiệu môn học**

**Chương 4: Bộ thu quang (8t)**

- ✦ Một số khái niệm cơ bản
  - ✦ Đáp ứng của bộ thu
  - ✦ Hiệu suất lượng tử
  - ✦ Độ rộng băng tần nguồn thu
  - ✦ Thời gian đáp ứng
- ✦ Các loại đi-ốt thu quang
  - ✦ Diode thu quang p-i-n
  - ✦ Diode thu quang thác APD
- ✦ Một số vấn đề trong thiết kế bộ thu
  - ✦ Bộ tiền khuếch đại
  - ✦ Kênh tuyến tính
  - ✦ Mạch quyết định
  - ✦ Một số kiểu mạch tiền khuếch đại bộ thu
- ✦ Nhiều trong bộ thu quang
  - ✦ Các cơ chế nhiễu
  - ✦ Nhiễu trong bộ thu p-i-n
  - ✦ Nhiễu trong bộ thu APD
- ✦ Các tham số đánh giá hiệu năng bộ thu
  - ✦ Xác suất lỗi
  - ✦ Độ nhạy thu
  - ✦ Giới hạn lượng tử của bộ thu quang

23/02/2022  
Cao Hồng Sơn

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

7

---

---

---


---

---

---

---

---

 **Giới thiệu môn học**

**Chương 5: Một số phần tử quang cơ bản (6t)**

- ✦ Các phần tử quang thụ động
  - ✦ Coupler quang
  - ✦ Bộ tách/ ghép bước sóng
- ✦ Khuếch đại quang
  - ✦ Tổng quan về khuếch đại quang
  - ✦ Khuếch đại quang bán dẫn
  - ✦ Khuếch đại quang EDFA
  - ✦ Khuếch đại quang Raman
  - ✦ Tỷ số SNR
- ✦ Bù tán sắc
  - ✦ Nguyên lý bù tán sắc
  - ✦ Bù tán sắc sử dụng sợi DCF
  - ✦ Bù tán sắc sử dụng cách tử Bragg sợi
- ✦ Bù phi tuyến
  - ✦ Nguyên lý bù phi tuyến
  - ✦ Bù phi tuyến trong miền điện
  - ✦ Bù phi tuyến trong miền quang

23/02/2022  
Cao Hồng Sơn

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

8

---

---

---


---

---

---

---

---

 **Giới thiệu môn học**

**Chương 6: Các hệ thống thông tin quang (6t)**

- ✦ Hệ thống thông tin quang tương tự
  - ✦ Tuyến quang tương tự
  - ✦ Một số hệ thống thông tin quang tương tự
  - ✦ Các ảnh hưởng lên hiệu năng hệ thống thông tin quang tương tự
- ✦ Hệ thống thông tin quang Coherent
  - ✦ Các kỹ thuật điều chế
  - ✦ Các kỹ thuật thu coherent
- ✦ Hệ thống thông tin quang số
  - ✦ Tuyến liên kết thông tin quang số điểm –điểm
  - ✦ Thiết kế tuyến liên kết thông tin quang số
  - ✦ Các loại mã
  - ✦ Các ảnh hưởng lên hiệu năng hệ thống thông tin quang số

23/02/2022  
Cao Hồng Sơn

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

9

---

---

---


---

---

---


---

---



## Giới thiệu môn học

- Tài liệu tham khảo:
- A. Học liệu bắt buộc:**
  - Bài giảng môn: Kỹ thuật thông tin sợi quang, Học viện CNBCVT.
- B. Học liệu tham khảo:**
  - Bài giảng môn: Cơ sở kỹ thuật thông tin sợi quang, Học viện CNBCVT.
  - **G. Keiser**, *Optical Fibre Communications*, 4<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill, 2010.
  - **G. P. Agrawal**, *Fiber-optics Communication Systems*, 4<sup>th</sup> edition, Wiley, 2010.
- C. Công cụ phần mềm sử dụng:**
  - OptiWave Software: OptiSystem

23/02/2022


---

---

---

---

---


---

---

---


---

---



## Giới thiệu môn học

- Mô tả về cách đánh giá:
- Bài tập cá nhân (Individual assignments): bài làm cá nhân, thực hiện tại lớp, 15 phút, được sử dụng tài liệu. Câu hỏi lý thuyết ngắn, nội dung bài tập tương ứng với các kiến thức được học trong mỗi chương.
- Bài tập cài đặt (Matlab): bài làm cá nhân, thực hiện tại nhà. Mô phỏng các thành phần chính trong hệ thống TTQ cơ bản được học trong mỗi chương.
- Bài tập về nhà (Homeworks): bài làm cá nhân, thực hiện tại nhà. Câu hỏi lý thuyết, bài tập tương ứng với các kiến thức được học trong mỗi chương kết hợp mô phỏng OptiSystem.
- Kiểm tra giữa kỳ (Mid-term exam): 1 bài, bài làm cá nhân, thực hiện tại lớp, được sử dụng tài liệu. Câu hỏi lý thuyết có độ phức tạp vừa và khó, về nội dung về bài tập tương ứng với các kiến thức đã học.
- Kiểm tra cuối kỳ (Final exam): 1 bài, bài làm cá nhân, thực hiện tại lớp, được sử dụng tài liệu. Câu hỏi lý thuyết có độ phức tạp vừa và khó, về toàn bộ nội dung môn học.
- Thực hành môn học (Big Project): 1 bài, bài làm cá nhân. Thực hiện cài đặt và báo cáo kết quả thực hành theo nội dung yêu cầu.

23/02/2022


---

---

---

---

---


---

---

---

---

---




## Giới thiệu môn học

- Đánh giá:
 

– Chuyên cần:	10 %
– Bài tập/ Thảo luận:	10%
– Thực hành:	10%
– Kiểm tra giữa kì:	10%
– Thi kết thúc học phần:	60%

Thiếu một đầu điểm thành phần bất kì  
→ không đủ điều kiện dự thi

23/02/2022



12

---

---

---

---

---


---

---

---

---

---



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

# Chương 1

## Tổng quan về thông tin quang

23/02/2022 13

---

---

---


---

---

---

---

---



# Nội dung chương 1

**Chương 1: Tổng quan về thông tin quang (4t)**

- ✦ Lịch sử phát triển hệ thống thông tin quang
- ✦ Một số khái niệm cơ bản trong thông tin quang
  - ✗ Băng tần phổ quang.
  - ✗ Đơn vị công suất.
  - ✗ Các tiêu chuẩn trong thông tin quang
- ✦ Mô hình tổng quát hệ thống thông tin quang
  - ✗ Phân loại hệ thống thông tin quang
  - ✗ Mô hình hệ thống thông tin quang.
- ✦ Các giải pháp tăng dung lượng hệ thống thông tin quang
- ✦ Các ứng dụng của kỹ thuật thông tin quang

23/02/2022 Cao Hồng Sơn 14

---

---

---


---

---

---

---

---



# Chương 1- Tổng quan về thông tin quang

- ✦ Thông tin quang ?
- ✦ Hệ thống thông tin quang ?
- ✦ Tốc độ truyền hệ thống thông tin quang ?

23/02/2022 Cao Hồng Sơn 15

---

---

---

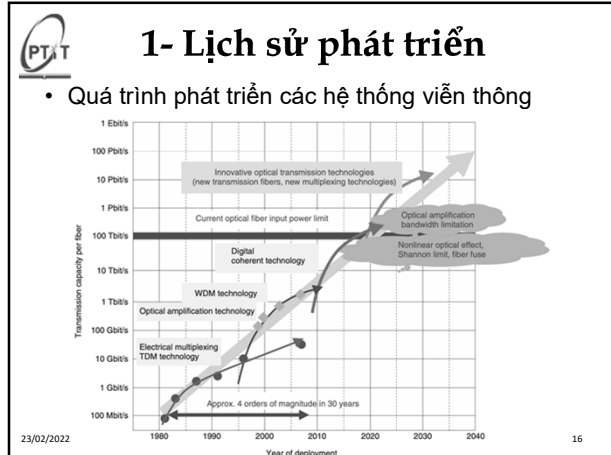
---

---

---

---

---




---

---

---

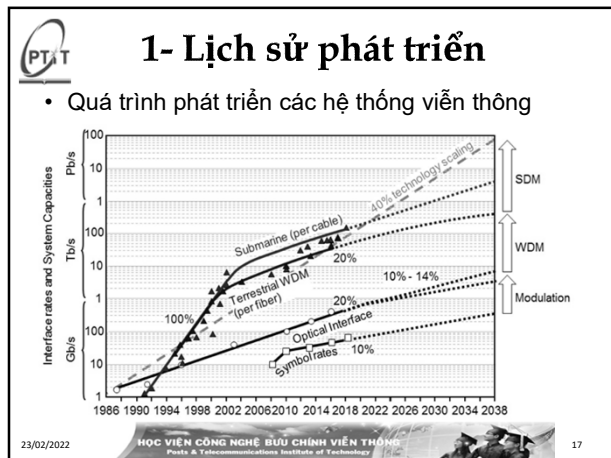
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---



## 1- Lịch sử phát triển

- Cuộc cách mạng thông tin
  - Cuộc cách mạng công nghiệp của thế kỉ 19 nhường chỗ cho cuộc cách mạng thông tin trong thập kỉ 90.
  - Cuộc cách mạng sợi quang là kết quả tự nhiên của sự phát triển Internet.



23/02/2022

19

---

---

---


---

---

---


---

---



## 2- Một số khái niệm cơ bản

- Bảng tần phổ quang: ?
  - Ánh sáng có mấy loại ?
  - Thông tin quang hoạt động ở băng tần phổ quang nào?



23/02/2022

20

---

---

---


---

---

---

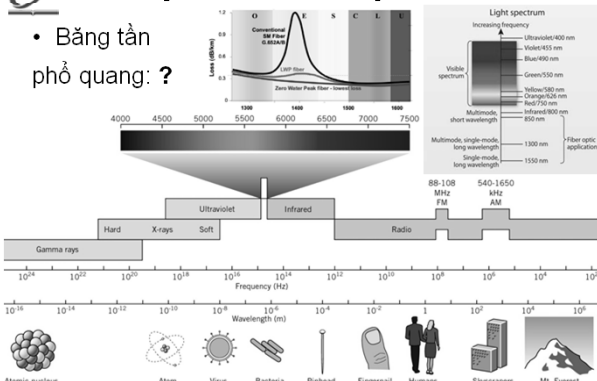
---

---



## 2- Một số khái niệm cơ bản

- Bảng tần phổ quang: ?



---

---

---

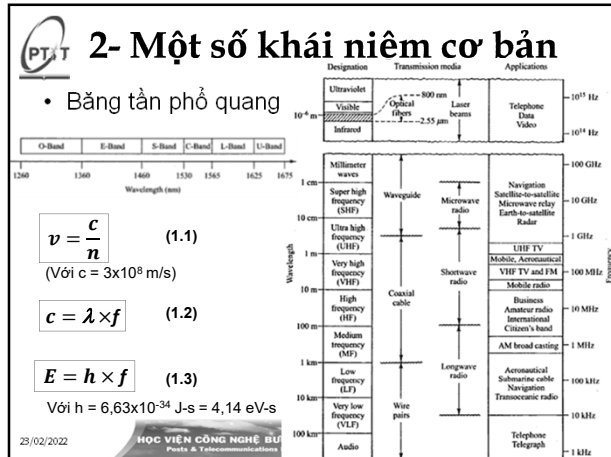
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**PTT 2- Một số khái niệm cơ bản**

• Bài tập

1.1- Tính tần số ánh sáng và năng lượng photon tương ứng với bước sóng 1300nm. Cho biết hằng số Plank  $h=6,625.10^{-34}$  J.s và vận tốc ánh sáng trong chân không  $c=3.10^8$  m/s.

23

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**PTT 2- Một số khái niệm cơ bản**

• Đơn vị công suất:

- Đơn vị công suất có thể được biểu diễn theo:
  - Thang tuyến tính: W, mW
  - Thang logarithm: dBW, dBm

$$P(\text{dBm}) = 10 \times \log_{10}(P(\text{mW}))$$

- Trong kỹ thuật thường sử dụng thang đo logarith:
  - Biểu diễn công suất trong một dải rộng giá trị
  - Đơn giản hóa việc tính toán mức công suất
- Ví dụ:  $1 \text{ mW} \leftrightarrow 0 \text{ dBm}$   
 $2 \text{ mW} \leftrightarrow 3 \text{ dBm}$

23/02/2022

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

24

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



**PTAT 2- Một số khái niệm cơ bản**

- Đơn vị công suất:
  - Trong kỹ thuật sử dụng thang đo logarith: Đề-xi-ben

• dB ?

• dBm ?

23/02/2022 HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG  
Post & Telecommunications Institute of Technology 25

---

---

---

---

---

---

---

---

**PTAT 2- Một số khái niệm cơ bản**

- Đơn vị công suất:
  - Trong kỹ thuật sử dụng thang đo logarith: Đề-xi-ben

• P(dBm)- Công suất Đề-xi-ben tuyệt đối:

$$P[dBm] = 10 \lg \frac{P_m [mW]}{1 [mW]} \quad (1.4)$$

• P(dB) – Công suất Đề-xi-ben tương đối:

$$P[dB] = 10 \lg \frac{P_m [mW]}{P_{ref} [mW]} \quad (1.5)$$

23/02/2022 HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG  
Post & Telecommunications Institute of Technology 26

---

---

---

---

---

---

---

---

**PTAT 2- Một số khái niệm cơ bản**

- Các tiêu chuẩn trong thông tin quang:

Mục đích	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tạo sự công bằng, thống nhất giữa các nhà sản xuất, đơn vị thiết kế, phát triển hệ thống và người dùng: đảm bảo kết nối tin cậy, an toàn giữa những người dùng và phân xử các tranh chấp giữa nhà cung cấp và khách hàng trong hoạt động của sản phẩm</li> </ul>
Vai trò	<ul style="list-style-type: none"> <li>Các TC đưa ra sự đảm bảo về chất lượng và hiệu suất nhất định cho sản phẩm, thiết bị: tất cả sản phẩm được chứng nhận sẽ đáp ứng các tiêu chí đã đặt ra</li> <li>Các TC về sợi quang giúp xác định các tham số môi trường truyền dẫn vật lý: cho phép xây dựng các giải pháp cho hệ thống độc lập với môi trường truyền dẫn</li> <li>Các TC được sử dụng để so sánh các tham số và hiệu năng của các cáp quang khác nhau trong cùng một điều kiện hệ thống, làm cơ sở cho các giải pháp cải thiện hệ thống</li> </ul>

23/02/2022 HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG  
Post & Telecommunications Institute of Technology 27

---

---

---

---

---

---

---

---



## 2- Một số khái niệm cơ bản

- Các tiêu chuẩn trong thông tin quang:
  - Các tổ chức tiêu chuẩn quốc tế
    - ISO/IEC – International Organization for Standardization/ International Electrotechnical Commission: tập trung nhiều hơn vào tham số kỹ thuật của sản phẩm, thiết bị
    - ITU-T – International Telecommunications Union: tập trung nhiều vào đưa ra khuyến nghị về mạng, giao thức kết nối và tín hiệu cho hệ thống viễn thông
  - Các tổ chức tiêu chuẩn quốc gia
    - Mỗi quốc gia cũng có bộ tiêu chuẩn riêng (thường dựa trên các tiêu chuẩn quốc tế) được hiệu chỉnh phù hợp với đặc thù quốc gia mình. Một số tổ chức chuẩn hóa quốc gia:
      - ETSI – European Telecommunications Standards Institute
      - TTA/EIA – Telecommunication Industries Association/ Electronic Industries Alliance
      - TCVN: TCVN/JTC1 – Công nghệ thông tin; TCVN/TC/E6 – Phát thanh truyền hình; TCVN/TC/E7 – Cáp quang

23/02/2022



## 3- Mô hình tổng quát hệ thống

- Phân loại hệ thống thông tin quang:
 

Phân loại hệ thống thông tin quang phụ thuộc vào tiêu chí phân loại

  - Theo số lượng kênh bước sóng
    - Hệ thống thông tin quang đơn kênh: sử dụng một bước sóng
    - Hệ thống thông tin quang đa kênh: sử dụng nhiều bước sóng
  - Theo môi trường truyền dẫn
    - Hệ thống thông tin quang sợi: sử dụng sợi quang
    - Hệ thống thông tin quang không dây: sử dụng không gian tự do
  - Theo phương pháp điều chế – tách sóng
    - Hệ thống điều biến cường độ – tách sóng trực tiếp (IM-DD)
    - Hệ thống điều biến trường – tách sóng coherent
  - ...

23/02/2022

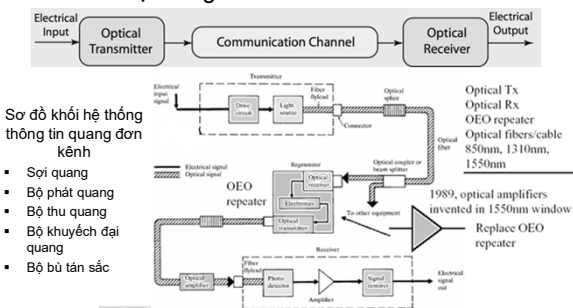
 HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG  
 Posts & Telecommunications Institute of Technology

29



## 3- Mô hình tổng quát hệ thống


- Mô hình hệ thống:



23/02/2022

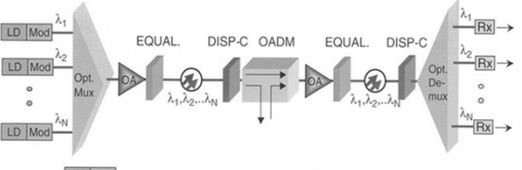
 HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG  
 Posts & Telecommunications Institute of Technology

30



### 3- Mô hình tổng quát hệ thống

- Sơ đồ khối hệ thống truyền dẫn sợi quang đa kênh:



$\text{LD Mod} = \text{Laser Diode} + \text{Modulator}$      $\text{Rx} = \text{Receiver}$   
 $\text{OA} = \text{WDM Optical amplifier}$   
 $\text{Disp-C} = \text{WDM Dispersion compensation}$   
 $\text{EQUAL} = \text{WDM Equalization}$   
 $\text{OADM} = \text{Optical Add-Drop Multiplexer}$

23/02 Ref.: S. Kartalopoulos, WDM Networks, Devices and Technology 11

---

---

---

---

---


---

---

---

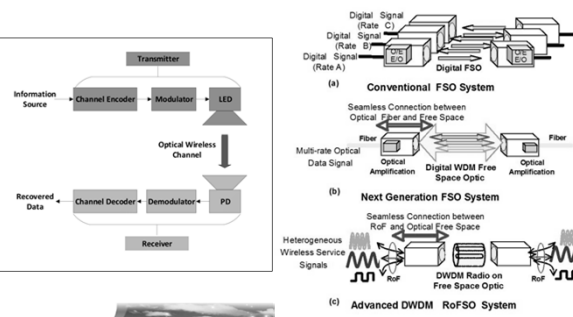
---

---



### 3- Mô hình tổng quát hệ thống

- Sơ đồ khối hệ thống quang không dây (trong nhà + ngoài trời):



**(a) Conventional FSO System**  
 Seamless Connection between Optical Fiber and Free Space  
**(b) Next Generation FSO System**  
 Seamless Connection between RoF and Optical Free Space  
**(c) Advanced DWDM RoFSO System**  
 Heterogeneous Wireless Service Signals

23/02/2022 **HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG** 32

---

---

---

---

---


---

---

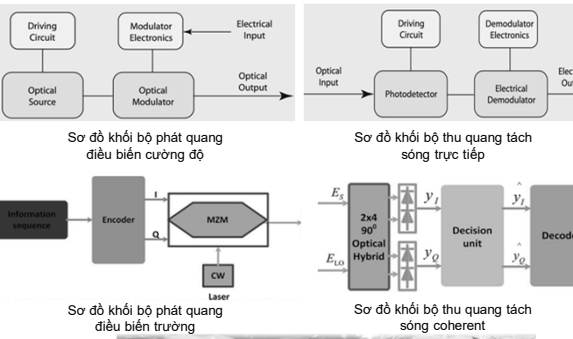
---

---

---



### 3- Mô hình tổng quát hệ thống



**Sơ đồ khối bộ phát quang điều biến cường độ**  
**Sơ đồ khối bộ thu quang tách sóng trực tiếp**  
**Sơ đồ khối bộ phát quang điều biến trường**  
**Sơ đồ khối bộ thu quang tách sóng coherent**

23/02/2022 **HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG** 33

---

---

---

---

---

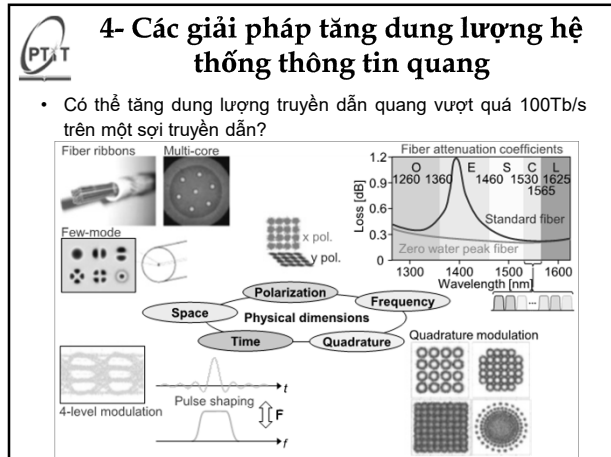
---

---

---

---

---




---

---

---

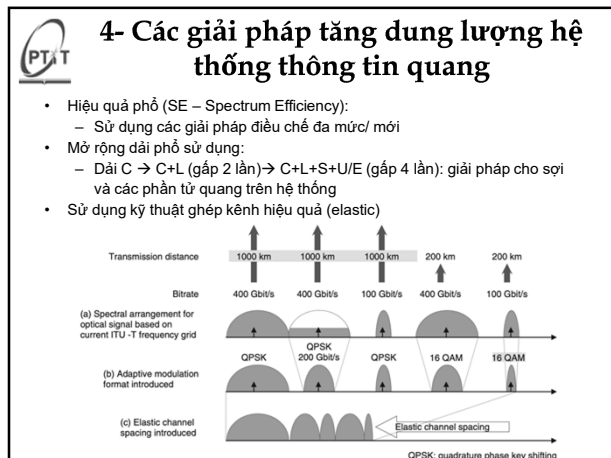
---

---

---

---

---




---

---

---

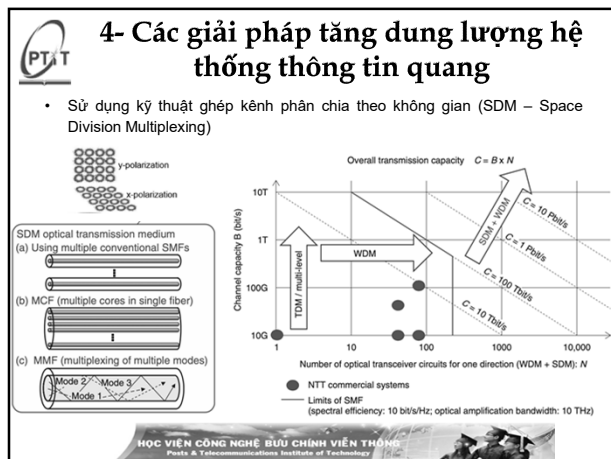
---

---

---

---

---




---

---

---

---

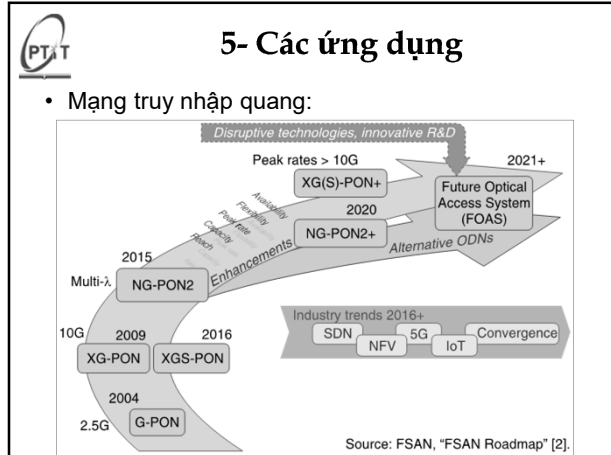
---

---

---

---






---

---

---

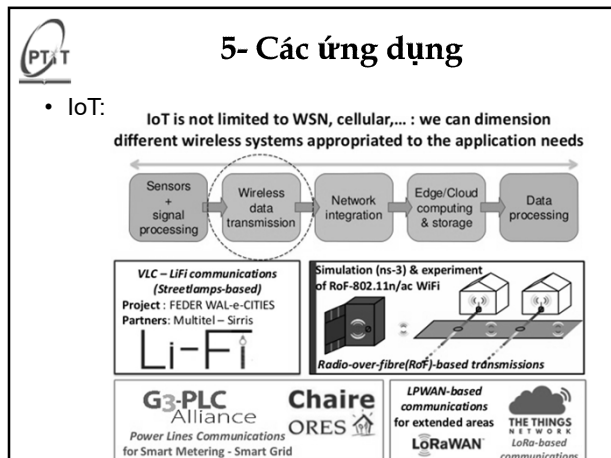
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

**PTAT**

## Câu hỏi/Bài tập chương 1

- Hệ thống thông tin quang sợi có những ưu điểm cơ bản gì so với hệ thống cáp kim loại ?
- Trong mô hình tổng quát hệ thống thông tin quang có những thành phần cơ bản nào và làm chức năng gì ?
- Tính tần số ánh sáng và năng lượng photon tương ứng với bước sóng 1300nm. Cho biết hằng số Plank  $h=6,625 \cdot 10^{-34}$  J.s và vận tốc ánh sáng trong chân không  $c=3 \cdot 10^8$  m/s.
- Tại sao trong kỹ thuật thông tin quang thường sử dụng đơn vị công suất là dBm. Hãy chuyển đổi công suất 0,25 mW thành đơn vị dBm ?

**5- Thuyết trình nhóm: Tìm hiểu mạng quang quốc tế/ trong nước của các nhà mạng VNPT/ Viettel/FPT,CMC**

42

---

---

---

---

---

---

---

---