

**HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG**

---



**NGUYỄN NGỌC TÙNG**

**ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG XG-PON VÀ ỨNG DỤNG  
TRONG MẠNG TRUY NHẬP QUANG VNPT THỊ XÃ  
TỪ SƠN**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**  
**(Theo định hướng ứng dụng)**

HÀ NỘI – 2020

**HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG**

-----



**NGUYỄN NGỌC TÙNG**

**ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG XG-PON VÀ ỨNG DỤNG  
TRONG MẠNG TRUY NHẬP QUANG VNPT THỊ XÃ  
TỪ SƠN**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật viễn thông**

**Mã số: 8. 52. 02. 08**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

***(Theo định hướng ứng dụng)***

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:**

**TS. LÊ HẢI CHÂU**

**HÀ NỘI - 2020**

## **LỜI CAM ĐOAN**

Tôi cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi.

Các số liệu, kết quả nêu trong luận văn là trung thực và chưa từng được công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

*Hà Nội, tháng 05 năm 2020*

Tác giả luận văn

**Nguyễn Ngọc Tùng**

## LỜI CẢM ƠN

Tôi xin cảm ơn gia đình, người thân đã luôn bên cạnh tôi và là nguồn động lực lớn lao để tôi làm việc và học tập.

Tôi xin được gửi lời cảm ơn chân thành tới TS. Lê Hải Châu – đã luôn hướng dẫn tận tình trong quá trình làm luận văn.

Đồng thời cũng xin gửi lời cảm ơn tới bạn bè và đồng nghiệp đã động viên, hỗ trợ để tôi có thể hoàn thành luận văn này.

*Hà Nội, ngày 15 tháng 05 năm 2020*

**Nguyễn Ngọc Tùng**

## DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

<b>Chữ viết tắt</b>	<b>Tiếng Anh</b>	<b>Tiếng Việt</b>
ADM	Add Drop Multiplexer	Bộ ghép kênh xen/rẽ
APON	ATM Passive Optical Network	Mạng truy nhập quang thụ động dùng ATM
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Chế độ truyền tải không đồng bộ
AUI	Attachment Unit Interface	Giao diện đơn vị kết nối
BER	Bit Error Rate	Tỷ lệ lỗi bit
CDM	Code Division Multiplexing	Ghép kênh phân chia theo mã
CE	Customer Equipment	Thiết bị khách hàng
CO	Central Office	Tổng đài trung tâm
CRC	Cyclic Redundancy Check	Kiểm tra vòng dư
DA	Destination Address	Địa chỉ đích
DCE	Data Communications Equipment	Thiết bị thông tin số liệu
DCS	Digital Cross-connect	Bộ nối chéo số
DP	Distribution Point	Điểm phân phối quang
DFSM	Dispersion Flattened Single Mode	Sợi tán sắc phẳng
EPON	Ethernet Passive Optical Network	Mạng quang thụ động Ethernet
FSAN	Full Service Access Network group	Nhóm phát triển và chuẩn hoá mạng truy nhập quang băng rộng
FTTB	Fiber to the Building	Cáp quang nối đến tòa nhà
FTTC	Fiber to the Curb	Cáp quang nối đến cụm dân cư
FTTH	Fiber to the Home	Cáp quang nối đến nhà thuê bao
ISO	International Organization for Standardization	Tổ chức chuẩn hoá quốc tế
MAN	Metropolitan Area Network	Mạng vùng đô thị
NG-PON	Next Generation PON	Mạng quang thụ động thế hệ kế tiếp
ODN	Optical Distribution Network	Mạng phân phối cáp quang

OLT	Optical Line Terminal	Thiết bị kết cuối đường quang
ONU	Optical Network Unit	Thiết bị mạng quang
ONT	Optical Network Terminal	Thiết bị kết cuối mạng quang
PCS	Physical Coding Sublayer	Phân lớp mã hóa vật lý
PDU	Protocol Data Unit	Đơn vị dữ liệu giao thức
PMA	Physical Layer Attachment	Phương tiện truy nhập lớp vật lý
PMD	Physical Medium Dependent layer	Lớp phụ thuộc môi trường vật lý
PON	Passive Optical Network	Mạng quang thụ động
SA	Source Address	Địa chỉ nguồn
SFD	Start of Frame Delimiter	Ranh giới bắt đầu khung
SME	Station Management Entity	Thực thể quản lý trạm
SMF	Single Mode Fiber	Sợi quang đơn mode
SSM	Standard Single Mode	Sợi đơn mode chuẩn
TCP	Transport Control Protocol	Giao thức điều khiển truyền tải
TDM	Time Division Multiplexing	Ghép kênh theo thời gian
UNI	User Network Interface	Giao diện mạng người dung
UTP	Unshielded Twisted Pair	Cáp trần xoắn đôi
VLAN	Virtual Local Area Network	Mạng LAN ảo
VPN	Virtual Private Network	Mạng riêng ảo
WAN	Wide Area Network	Mạng diện rộng
WDM	Wavelength Division Multiplexing	Ghép kênh theo bước sóng

## MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN .....	i
LỜI CẢM ƠN .....	ii
DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT .....	iii
MỤC LỤC .....	v
DANH MỤC BẢNG BIỂU VÀ HÌNH VẼ .....	vii
MỞ ĐẦU .....	1
CHƯƠNG I: TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ TRUY NHẬP QUANG THỤ ĐỘNG .....	3
1.1 Giới thiệu chung về công nghệ truy nhập quang thụ động .....	3
1.2 Kiến trúc hệ thống PON và các đặc điểm tính năng .....	4
1.3 Các hệ thống truy nhập quang thụ động và ứng dụng .....	6
1.3.1 APON/BPON .....	6
1.3.2 GPON .....	7
1.3.3 EPON .....	9
1.3.4 NG-PON .....	11
1.3.5 Các mô hình ứng dụng PON .....	12
1.4 Xu hướng phát triển của mạng quang thụ động .....	16
1.5 Kết luận .....	18
CHƯƠNG II: CÔNG NGHỆ MẠNG TRUY NHẬP QUANG THỤ ĐỘNG TỐC ĐỘ 10 GIGABIT/S – XG-PON .....	19
2.1 Tổng quan về công nghệ quang thụ động thế hệ kế tiếp XG-PON .....	19
2.2 Kiến trúc và các thành phần của hệ thống truy nhập quang thụ động XG-PON .....	20
2.2.1 Tầng phụ thuộc phương tiện vật lý .....	20
2.2.2 Tầng hội tụ truyền dẫn XG-PON .....	23
2.2.3 Phương pháp đóng gói tin XG-PON (XGEM) .....	25
2.2.4 Quản lý vận hành và điều khiển XG-PON .....	27
2.2.5 Mô hình lai ghép giữa XG-PON và GPON .....	28
2.3 Các yếu tố vật lý ảnh hưởng đến hiệu năng của hệ thống .....	29

2.3.1 Ảnh hưởng của suy hao .....	29
2.3.2 Ảnh hưởng của tán sắc .....	32
2.3.5 Các yếu tố khác ảnh hưởng đến hiệu năng của hệ thống .....	40
2.4 Kết Luận.....	43
CHƯƠNG III: TRIỂN KHAI XG-PON TRONG MẠNG TRUY NHẬP QUANG VNPT THỊ XÃ TỪ SƠN .....	44
3.1 Khảo sát và đánh giá hiện trạng mạng truy nhập quang thụ động VNPT thị xã Từ sơn .....	44
3.2 Đánh giá hiệu năng hệ thống XG-PON .....	50
3.3 Ứng dụng triển khai hệ thống XG-PON cho VNPT Thị Xã Từ Sơn.....	60
3.4 Kết luận chương.....	69
KẾT LUẬN .....	70
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	70



## DANH MỤC BẢNG BIỂU VÀ HÌNH VẼ

Bảng 2.1: Bảng suy hao các thành phần .....	36
Bảng 2.2: Bảng Suy hao các loại connector.....	36
Bảng 2.3: Bảng suy hao của splitter của Kexin .....	37
Bảng 2.4: Bảng suy hao của Splitter của Visem .....	38
Bảng 3.1: Diện tích, dân số các huyện thị, tỉnh Bắc Ninh .....	44
Bảng 3.2: Kế hoạch phát triển dịch vụ đến hết năm 2020 .....	46
Bảng 3.3: Số lượng thuê bao theo khu vực Thị xã Từ Sơn.....	49
Bảng 3.4: Thông số OLT ZXA10 C320 của hãng ZTE.....	61
Bảng 3.5: Bảng thống kê chi tiết chất lượng cổng .....	67
Bảng 3.6: So sánh trước và sau khi áp dụng giải pháp mở rộng uplink cho OLT ....	67
Hình 1.1: Các thành phần cơ bản của PON .....	4
Hình 1.2: Các kiểu kiến trúc của PON.....	5
Hình 1.3: TDMA GPON .....	8
Hình 1.4: Kiến trúc FTTH - Cáp quang nối tới từng nhà .....	13
Hình 1.5: Cấu trúc mạng FTTH-GPON .....	13
Hình 1.6: Cấu hình mạng FTTB/FTTC .....	14
Hình 1.7: Các dịch vụ cung cấp trong mô hình FTTB/FTTC.....	15
Hình 1.8: Mô hình triển khai FTTO.....	16
Hình 1.9: Các giai đoạn phát triển của PON kế tiếp .....	17
Hình 2.1: Mô hình kiến trúc chung của hệ thống XGPON.....	19
Hình 2.2: Mô hình phân bổ bước sóng.....	21
Hình 2.3: Tùy chọn kiến trúc bộ chia XG-PON .....	22
Hình 2.4: Tổ chức dữ liệu đường xuống trong tầng hội tụ truyền dẫn XG-PON .....	23
Hình 2.5: Tổ chức dữ liệu đường lên trong tầng hội tụ truyền dẫn XG-PON .....	24
Hình 2.6: Dạng khung XGEM .....	26
Hình 2.7: XG-PON cộng hữu cùng công nghệ GPON .....	28

Hình 2.8: Giới hạn tốc độ bit - khoảng cách sợi quang với $n_1 = 1.5$ , $\Delta = 0.01$ và $\alpha = 2$ .....	31
Hình 2.9: Sự phụ thuộc của khoảng cách với tốc độ bit với các loại sợi quang .....	31
Hình 2.10: Hiện tượng tán sắc .....	33
Hình 2.11: Tán sắc tổng cộng $D$ phụ thuộc $D_M$ và $D_w$ .....	34
Hình 3.1: Bản đồ thị xã Từ Sơn .....	45
Hình 3.2: Mô hình các điểm truy nhập OLT Thị xã Từ Sơn .....	49
Hình 3.3: Giao diện người sử dụng của OptiSystem .....	51
Hình 3.4: Sơ đồ đường xuống hệ thống XG-PON .....	54
Hình 3.5: Sơ đồ khối bên trong máy phát .....	54
Hình 3.6: Sơ đồ khối phía máy thu .....	55
Hình 3.7: Tốc độ bit nguồn phát .....	55
Hình 3.8: Tham số kênh truyền sợi quang (L1).....	56
Hình 3.9: Phổ tín hiệu đầu ra bộ phát .....	57
Hình 3.10: Phổ tín hiệu đầu vào bộ thu (sau bộ chia cấp hai) .....	57
Hình 3.11: BER tín hiệu tại phía thu.....	58
Hình 3.12: Hiệu năng của hệ thống theo công suất nguồn phát .....	59
Hình 3.13: Hiệu năng hệ thống theo khoảng cách truyền dẫn L2.....	59
Hình 3.14: Thiết bị OLT ZX10 C320 của hãng ZTE.....	61
Hình 3.15: Sơ đồ thực tế mạng cáp khu phố Trịnh Nguyễn – Châu Khê .....	63
Hình 3.16: Nhánh 1 Mạng truy nhập Trạm Châu Khê.....	64
Hình 3.17: Cấu hình thực tế của OLT Châu Khê.....	65
Hình 3.18: Trạng thái thiết bị XG-PON Châu Khê.....	65
Hình 3.19: Lưu lượng sử dụng thực tế uplink của OLT Châu Khê .....	66
Hình 3.20: Lưu lượng sử dụng thực tế từng cổng thuê bao của OLT Châu Khê.....	68

## MỞ ĐẦU

Hiện nay, công nghệ truy nhập quang thụ động (PON) đang dần chiếm ưu thế so với các công nghệ truy nhập khác và đóng vai trò nền tảng trong việc phân phối các dịch vụ băng thông cao và siêu cao đến nhiều tầng lớp người dùng nhờ sự hiệu quả về chi phí đầu tư ban đầu (CAPEX) cũng như chi phí vận hành bảo dưỡng (OPEX). Hiện tại, Công nghệ truy nhập quang thụ động Gigabit như G-PON, E-PON,... đang được triển khai rộng khắp ở nhiều quốc gia trên thế giới và là công nghệ truy nhập nhanh nhất hiện có trên thị trường. Tuy nhiên trong tương lai, sự phát triển mạnh mẽ băng thông của các dịch vụ truyền thông hướng video, Internet vạn vật đi kèm với nhu cầu ngày càng tăng với các ứng dụng backhaul di động (5G) và thương mại có thể tạo ra một nút cổ chai trong các mạng truy nhập quang thụ động tốc độ Gigabit hiện tại. Trong số các công nghệ truy nhập quang tiên tiến hiện nay, mạng quang thụ động tốc độ 10 Gigabit (XG-PON) của ITU-T (NG-PON) có khả năng cho phép các nhà cung cấp dịch vụ chuyển hóa dễ dàng hệ thống truy cập quang GPON hiện tại lên mạng truy nhập quang thụ động tốc độ 10 Gigabit XG-PON bằng cách sử dụng chung cơ sở hạ tầng mạng cáp sợi quang ODN đã triển khai và cũng cho phép hai hệ thống này (GPON và XG-PON) hoạt động kết hợp trên cùng một cơ sở hạ tầng mạng bằng cách sử dụng kỹ thuật ghép kênh theo bước sóng. Do vậy, trong thời gian tới, để đáp ứng các nhu cầu trên cũng như hỗ trợ yêu cầu tích hợp đa dịch vụ trên một nền tảng truy nhập chung của các mạng IoT và di động thế hệ mới, công nghệ mạng truy nhập quang thụ động thế hệ kế tiếp với tốc độ 10 Gigabit/s cần được xem xét triển khai và mở rộng kết hợp với các giải pháp truy nhập băng rộng hiện có. Ngoài ra, nhằm đảm bảo khả năng cạnh tranh và lợi nhuận trong việc cung cấp dịch vụ truy nhập băng rộng và đáp ứng nhu cầu của người dùng, với tư cách là một nhà khai thác viễn thông, VNPT Thị Xã Từ Sơn mong muốn có các giải pháp công nghệ mới hiệu quả nhưng cũng không thể nâng cấp hay triển khai công nghệ mới bằng mọi giá. Trên cơ sở đó, việc nghiên cứu,

khảo sát công nghệ mạng truy nhập quang thụ động mới đối với khả năng đảm bảo các tiêu chí khắt khe trải rộng từ những yêu cầu về giá thành của quá trình đầu tư nâng cấp đến các yêu cầu về tính năng kỹ thuật và mức độ hiệu quả của hệ thống trong quá trình hoạt động là rất quan trọng và có tính cấp thiết cao.

Do vậy, với mục tiêu nghiên cứu, tìm hiểu và nắm bắt công nghệ truy nhập quang thụ động thế hệ kế tiếp 10 Gigabit/s, nội dung luận văn tập trung nghiên cứu công nghệ XG-PON, khảo sát và đánh giá hiệu năng hệ thống và khả năng ứng dụng trong mạng truy nhập quang VNPT Thị xã Từ Sơn tỉnh Bắc Ninh.

Luận văn được bố cục theo 3 chương với các nội dung mỗi chương cụ thể như sau:

**Chương 1:** Tổng quan về công nghệ quang thụ động: Giới thiệu khái quát về công nghệ truy nhập quang thụ động, kiến trúc mạng PON và một số công nghệ truy nhập quang thụ động.

**Chương 2:** Công nghệ mạng truy nhập quang thụ động tốc độ 10 Gigabit/s XG-PON: Trình bày khái niệm về công nghệ XG-PON, kiến trúc hệ thống và các thành phần trong mạng XG-PON, đồng thời khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu năng của hệ thống.

**Chương 3:** Triển khai XG-PON trong mạng truy nhập quang VNPT thị xã Từ Sơn: Khảo sát và đánh giá hiện trạng mạng truy nhập quang thụ động VNPT thị xã Từ Sơn, mô hình hóa và đánh giá hiệu năng đường xuống của hệ thống XG-PON, trên cơ sở đó, trình bày triển khai ứng dụng hệ thống tại thị xã Từ Sơn, tỉnh Bắc Ninh.

# **CHƯƠNG I: TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ TRUY NHẬP QUANG THỤ ĐỘNG**

## **1.1 Giới thiệu chung về công nghệ truy nhập quang thụ động**

Mạng viễn thông thường được cấu thành bởi ba thành phần chính là mạng đường trục, mạng phía khách hàng và mạng truy nhập. Mạng đường trục trong những năm gần đây đã có những bước phát triển nhảy vọt do sự xuất hiện của các công nghệ mới như công nghệ ghép kênh theo bước sóng WDM. Trong khi đó mạng nội hạt (LAN) cũng đã được cải tiến và nâng cấp từ tốc độ 10 Mb/s lên đến 1Gb/s, các sản phẩm Ethernet 10G/s cũng đã có mặt trên thị trường. Nó dẫn đến một sự chênh lệch lớn về băng thông giữa một bên là mạng LAN tốc độ cao và mạng đường trục và một bên là mạng truy nhập tốc độ thấp.

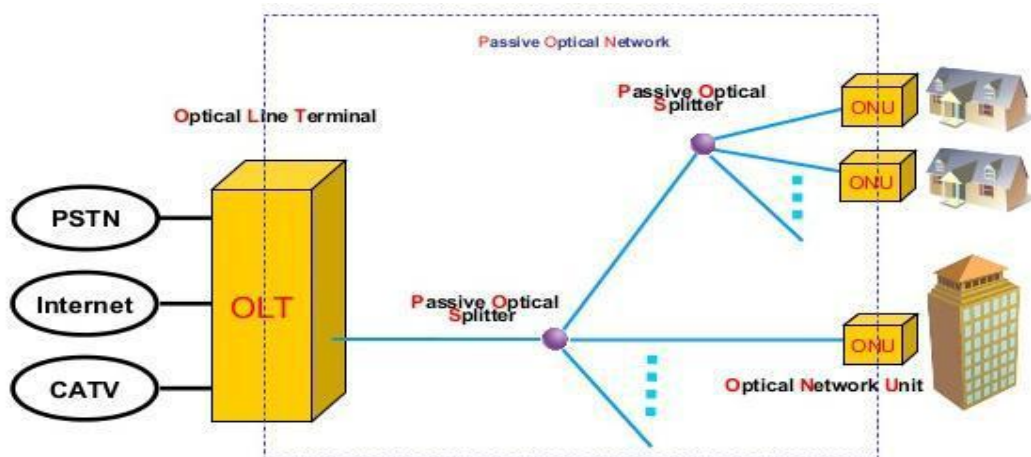
Trong những năm vừa qua, việc bùng nổ lưu lượng internet càng làm cho vấn đề băng thông trở nên cần thiết. Trước đây, các nhà cung cấp dịch vụ đã triển khai cung cấp dịch vụ Internet bằng công nghệ đường dây thuê bao số DSL. Cho dù tốc độ cũng đã tăng lên đáng kể nhưng khó có thể được coi là băng rộng do không cung cấp được các dịch vụ video, thoại, dữ liệu cho các thuê bao ở xa. Trong hoàn cảnh như vậy PON chính là giải pháp tốt nhất cho mạng truy nhập băng rộng. PON viết tắt của Passive Optical Network và được định nghĩa ngắn gọn: “PON là một mạng quang chỉ có các phần tử thụ động và không có các phần tử tích cực làm ảnh hưởng đến tốc độ truyền dẫn”. Như vậy PON sẽ chỉ bao gồm: sợi quang, các bộ chia, bộ kết hợp, bộ ghép định hướng, thấu kính, bộ lọc,.. Nó giúp cho PON có rất nhiều ưu điểm như: không cần nguồn điện cung cấp nên ko bị ảnh hưởng lỗi nguồn, có độ tin cậy cao và không cần bảo dưỡng do tín hiệu không bị suy hao nhiều.

Ngoài việc giải quyết các vấn đề về băng thông mạng PON còn có ưu điểm là chi phí lắp đặt thấp do nó tận dụng được những sợi quang trong mạng đã có từ

trước. PON cũng dễ dàng và thuận tiện trong việc ghép thêm các ONU theo yêu cầu của các dịch vụ do không cần các bộ phát lại và cấp nguồn tại mỗi nút mạng. PON có thể hoạt động ở chế độ không đối xứng và như vậy sẽ giúp cho chi phí của các ONU giảm đi rất nhiều, do chỉ phải sử dụng các bộ thu phát giá thành thấp hơn. Mạng PON còn có khả năng chống lỗi cao do các nút của mạng PON nằm ở bên ngoài mạng, nên tổn hao năng lượng trên các nút này không gây ảnh hưởng gì đến các nút khác. Khả năng một nút mất năng lượng mà không làm ngắt mạng là rất quan trọng đối với mạng truy nhập, do các nhà cung cấp không thể đảm bảo được năng lượng dự phòng cho tất cả các đầu cuối ở xa.

## 1.2 Kiến trúc hệ thống PON và các đặc điểm tính năng

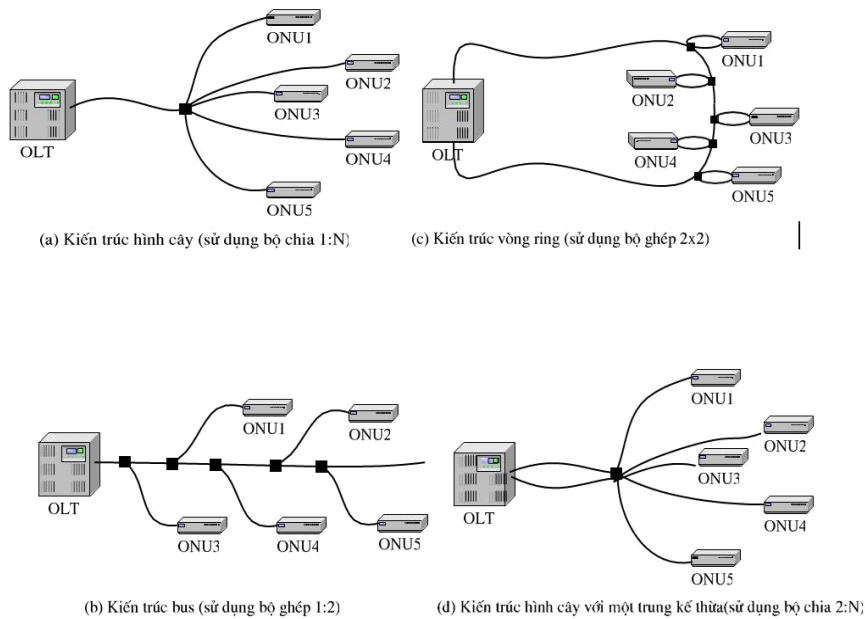
Công nghệ PON hiện đang là một trong các giải pháp phổ biến và ưu việt nhất trong mạng truy nhập băng rộng. PON cũng cho phép tương thích với các giao diện SONET/SDH và có thể được sử dụng thay thế cho các tuyến truyền dẫn ngắn trong mạng đô thị hay mạch vòng SONET/SDH đường trục. Các phần tử thụ động của PON nằm trên mạng phân bố quang bao gồm: sợi quang, các bộ tách ghép quang thụ động, các đầu nối connector, và các mối hàn quang. Hình 1.1 thể hiện kiến trúc cơ bản của một mạng PON điển hình.



**Hình 1.1: Các thành phần cơ bản của PON**

Các phần tử tích cực bao gồm OLT là thành phần chức năng chính và được đặt tại tổng đài hoặc tại các trạm. ONU là thiết bị đặt ở phía người dùng. Tín hiệu

trong PON được phân ra hoặc kết hợp lại thông qua bộ tách ghép quang thụ động splitter nằm giữa OLT và ONU tùy theo tín hiệu đó là tín hiệu hướng lên hay tín hiệu hướng xuống của PON. PON thường sử dụng sợi quang đơn mode, với hình dạng cây là phổ biến. Có thể sử dụng để cấu hình vòng ring cho các tuyến cáp trục hoặc sử dụng trong các khu trường, sở, văn phòng.



**Hình 1.2: Các kiểu kiến trúc của PON**

Mạng truy nhập quang thụ động PON là kiểu mạng điểm-đa điểm. Mỗi thuê bao sẽ được kết nối tới mạng quang thông qua bộ chia quang thụ động, không có các thiết bị điện chủ động trong mạng và băng thông được chia sẻ từ các nhánh đến người sử dụng. Tín hiệu hướng xuống được phát tới các thuê bao sẽ được mã hóa để tránh bị xem trộm. Tín hiệu hướng lên được sẽ được kết hợp bằng việc sử dụng giao thức đa truy nhập phân chia theo thời gian. OLT sẽ điều khiển các ONU sử dụng các khe thời gian cho việc truyền dữ liệu đường lên.

PON có thể triển khai bất kì cấu hình nào theo các cấu hình trên bằng cách sử dụng các bộ ghép 1:2 và bộ chia quang 1:N (Hình 1.2). Trong các cấu hình trên, cấu hình cây 1:N (a) hay cấu hình vòng (c) được sử dụng phổ biến nhất. Đây là

những cấu hình rất phù hợp với nhu cầu phát triển thuê bao, cũng như những đòi hỏi ngày càng tăng về băng thông.

### **1.3 Các hệ thống truy nhập quang thụ động và ứng dụng**

#### ***1.3.1 APON/BPON***

Các nhà mạng viễn thông trên hàng đầu trên thế giới đã họp với nhau lập ra nhóm FSAN vào năm 1995 với mục đích là thống nhất các tiêu chí cho mạng truy nhập băng rộng. Hiện nay số lượng thành viên của FSAN đã lên tới 40 thành viên trong đó có những hãng sản xuất và cung cấp thiết bị viễn thông lớn trên thế giới. Nhóm đã đề ra tiêu chí cho mạng PON sử dụng công nghệ ATM và giao thức lớp 2 của nó được gọi là APON ( ATM PON). APON sử dụng công nghệ ATM là giao thức truyền tin. Công nghệ ATM cung cấp sự mềm dẻo theo khái niệm độ trong suốt dịch vụ và phân bổ băng tần, ngoài ra còn có những tính năng rất hữu ích cho hoạt động khai thác và bảo dưỡng các kết nối từ đầu cuối đến đầu cuối nhờ đó giảm được chi phí hoạt động của mạng. Những ưu điểm của công nghệ này kết hợp với môi trường truyền dẫn sợi quang với tài nguyên băng thông gần như là vô hạn đã tạo ra mạng truy nhập băng rộng được biết tới là BPON (Broadband PON). Hệ thống này hỗ trợ tốc độ đối xứng 622Mbps hoặc không đối xứng với 155Mbps đường lên và 622Mp cho đường xuống. Hệ thống BPON có khả năng cung cấp nhiều dịch vụ băng rộng như Ethernet, video, thuê kênh riêng...vv. Năm 1997 các tiêu chuẩn ITU G. 983. x dành cho BPON được FSAN đề xuất lần lượt được thông qua. Các hệ thống BPON được sử dụng ở nhiều nơi chủ yếu tập trung ở Bắc Mỹ, Nhật Bản và một phần của Châu Âu.

Như mọi hệ thống khác APON cũng được chia thành các lớp, lớp con với các nhiệm vụ cụ thể. Các lớp này thuộc một trong hai khối:

Một là khối dữ liệu có nhiệm vụ phân phối lưu lượng đến và đi từ các thiết bị đầu cuối, trong trường hợp này là các cổng tại OLT và ONU.



Hai là khối điều khiển, hay khối OAM hay hệ thống hỗ trợ hoạt động (OSS), thực hiện các chức năng vận hành, điều khiển, quản lý. Những chức năng này có tính chất không liên tục, ví dụ như là các chức năng OAM: khởi tạo, khôi phục lỗi, báo cáo trạng thái, với trường hợp mạng quang có các chức năng riêng biệt như điều chỉnh công suất laser.

Thông tin điều khiển chứa trong các trường tiêu đề, tiêu đề con, hay các phần thông tin mào đầu trước lưu lượng người dùng. Thông tin tiêu đề thuộc về một lớp sẽ không được nhìn thấy bởi các lớp ở trên tại cả phía gửi và phía nhận. Miêu tả cấu trúc ngữ pháp các bản tin bằng cách liệt kê từng bit, từng byte trong định dạng bản tin. Thực tế, chỉ cần xem bản tin của một lớp nói gì, nghe gì ta có thể hoàn toàn biết chức năng của giao thức lớp đó.

### **1.3.2 GPON**

Do đặc tính cấu trúc BPON khó có thể nâng cấp tốc độ cao hơn 622Mbps và mạng PON cơ sở nên ATM không tối ưu với lưu lượng IP nên từ 2001 nhóm FSAN đã phát triển một hệ thống mạng PON mới với tốc độ 1Gbps hỗ trợ cả lưu lượng ATM và IP. Dựa trên các khuyến nghị của FSAN, từ năm 2003 2004 ITU đã chuẩn hóa các tiêu chuẩn cho mạng GPON (Gigabit PON) bao gồm các bộ tiêu chuẩn G. 984. 1, G. 984. 2 và G984. 3.

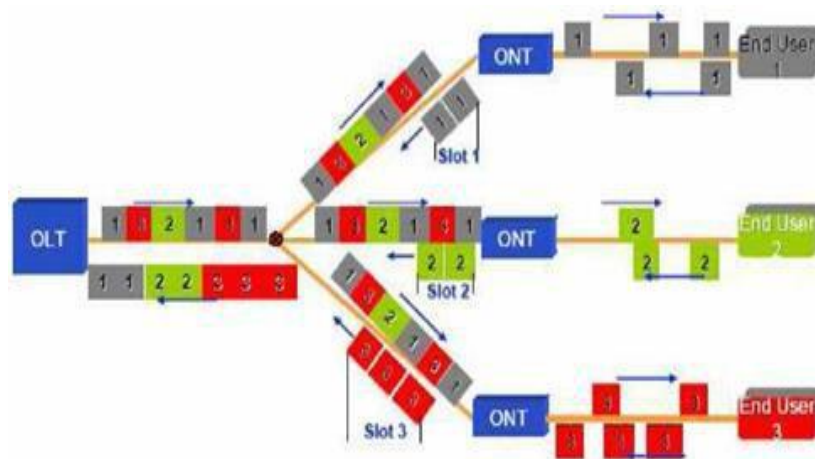
Chuẩn GPON hiện nay được định nghĩa dựa trên các giao thức cơ bản của chuẩn SONET/SDH ITU-T. Các giao thức này khá đơn giản và đòi hỏi rất ít thủ tục chính vì vậy hiệu suất băng thông nó đạt được lên đến 95%. GPON hỗ trợ tốc độ bit cao nhất từ trước đến nay với tốc độ hướng lên 1,244 Gbit/s và hướng xuống 2,488 Gbit/s. GPON cung cấp tốc độ lớn chưa từng có từ trước đến nay, nó là công nghệ tối ưu cho các ứng dụng của FTTB và FTTH. Công nghệ này phù hợp cho việc truyền thông Ethernet/IP với việc hỗ trợ truyền video, tiếng nói hiện nay và tương lai dựa trên giao thức SONET/SDH.

Trong hệ thống GPON, tài nguyên được chia sẻ chính là băng tần truyền dẫn. Người sử dụng cùng chia sẻ tài nguyên này bao gồm thuê bao, nhà cung cấp dịch

vụ, nhà khai thác và những thành phần mạng khác. Các kỹ thuật truy nhập không còn là một lĩnh vực mới mẻ trong ngành viễn thông trên thế giới nhưng cũng là một trong những công nghệ đòi hỏi những yêu cầu ngày càng cao để hệ thống thoả mãn được các yêu cầu về độ ổn định cao, thời gian xử lý thông tin và trễ thấp, tính bảo mật và an toàn dữ liệu cao.

Phương thức truy nhập được sử dụng phổ biến trong các hệ thống GPON hiện nay là đa truy nhập phân chia theo thời gian (TDMA). TDMA là kỹ thuật phân chia băng tần truyền dẫn thành những khe thời gian kế tiếp nhau. Những khe thời gian này có thể được ấn định trước cho mỗi khách hàng hoặc có thể phân theo yêu cầu tùy thuộc vào phương thức chuyển giao đang sử dụng.

Hình 1.3 trên là một ví dụ về việc sử dụng TDMA trên GPON hình cây. Mỗi thuê bao được phép gửi số liệu đường lên trong khe thời gian riêng biệt. Bộ tách kênh sắp xếp số liệu đến theo vị trí khe thời gian của nó hoặc thông tin được gửi trong bản thân khe thời gian. Số liệu đường xuống cũng được gửi trong những khe thời gian xác định. Bước sóng được dùng cho hướng lên  $\lambda_1=1310\text{nm}$  và hướng xuống  $\lambda_2=1490\text{nm}$ .



**Hình 1.3: TDMA GPON**

GPON sử dụng kỹ thuật TDMA có ưu điểm rất lớn đó là các ONU có thể hoạt động trên cùng một bước sóng, và OLT hoàn toàn có khả năng phân biệt được

lưu lượng của từng ONU. OLT cũng chỉ cần một bộ thu, điều này sẽ dễ dàng cho việc triển khai thiết bị, giảm được chi phí cho các quá trình thiết kế, hoạt động và bảo dưỡng. Ngoài ra, việc sử dụng kỹ thuật này còn có một ưu điểm là có thể dễ dàng lắp đặt thêm các ONU khi nhu cầu nâng cấp mở rộng.

Một đặc tính quan trọng của GPON sử dụng TDMA là yêu cầu bắt buộc về đồng bộ của lưu lượng đường lên để tránh xung đột số liệu. Xung đột này xảy ra nếu hai hay nhiều gói dữ liệu từ những thuê bao khác nhau đến bộ ghép tại cùng một thời điểm. Tín hiệu này đè lên tín hiệu kia và tạo thành tín hiệu ghép. Phía đầu xa không thể nhận dạng được chính xác tín hiệu tới, kết quả là sinh ra một loạt lỗi bit và suy giảm thông tin đường lên, ảnh hưởng đến chất lượng của mạng.

Phương thức ghép kênh trong GPON là ghép kênh song hướng. Các hệ thống GPON hiện nay sử dụng phương thức ghép kênh phân chia không gian. Đây là giải pháp đơn giản nhất đối với truyền dẫn song hướng. Nó được thực hiện nhờ sử dụng những sợi riêng biệt cho truyền dẫn đường lên và xuống. Sự phân cách vật lý của các hướng truyền dẫn tránh được ảnh hưởng phản xạ quang trong mạng và cũng loại bỏ vấn đề kết hợp và phân tách hai hướng truyền dẫn. Điều này cho phép tăng được quỹ công suất trong mạng. Việc sử dụng hai sợi quang làm cho việc thiết kế mạng mềm dẻo hơn và làm tăng độ khả dụng bởi vì chúng ta có thể mở rộng mạng bằng cách sử dụng những bộ ghép kênh theo bước sóng trên một hoặc hai sợi. Khả năng mở rộng này cho phép phát triển dần dần những dịch vụ mới trong tương lai. Hệ thống này sẽ sử dụng cùng bước sóng, cùng bộ phát và bộ thu như nhau cho hai hướng nên chi phí cho những phần tử quang-điện sẽ giảm.

Phương thức này có nhược điểm là cần gấp đôi số lượng sợi, môi hàn và connector. Trong GPON hình cây thì số lượng bộ ghép quang cũng cần gấp đôi. Tuy nhiên chi phí về sợi quang, phần tử thụ động và kỹ thuật hàn nối vẫn đang giảm dần trong tương lai nó chỉ chiếm tỷ lệ nhỏ trong toàn bộ chi phí hệ thống.

### **1.3.3 EPON**

Ethernet PON bắt đầu được nghiên cứu từ năm 2001 với mục tiêu mở rộng công nghệ Ethernet hiện tại sang mạng truy nhập vùng, hướng tới các mạng các mạng đến nhà thuê bao hoặc các doanh nghiệp với yêu cầu vẫn giữ các tính chất của Ethernet truyền thống. Ethernet PON là mạng trên cơ sở mạng PON mang lưu lượng dữ liệu gói trong các khung Ethernet được chuẩn hóa theo IEEE 802.3, sử dụng mã đường truyền 8B/10B và hoạt động với tốc độ 1 Gbps.

Trong EPON dữ liệu hướng xuống được đóng khung theo khuôn dạng Ethernet. Các khung EPON có cấu trúc tương tự như các liên kết Gigabit Ethernet điểm tới điểm ngoại trừ từ mào đầu và thông tin xác định điểm bắt đầu của khung được thay đổi để mang trường nhận dạng kênh logic (LLID) nhằm xác định duy nhất một ONU MAC. Trong hướng lên, các ONU phát các khung Ethernet trong các khe thời gian đã được phân bổ. ONU sử dụng giao thức điều khiển đa điểm PDU để gửi các bản tin "Report" yêu cầu băng thông, trong khi đó OLT gửi bản tin "Gate" cấp phát băng thông cho các ONU. Các bản tin "Gate" bao gồm thông tin về thời gian bắt đầu và khoảng thời gian cho phép truyền dữ liệu đối với ONU. OLT cũng định kỳ gửi các bản tin "Gate" tới các ONU hỏi xem chúng có yêu cầu băng thông hay không. Các ONU cũng có thể gửi "Report" cùng với dữ liệu được phát trong hướng lên. Ngoài ra, giao thức DBA cũng có thể được sử dụng trong EPON để thực hiện cơ chế điều khiển phân bổ băng thông.

Trong mạng EPON, do không có cấu trúc khung thống nhất đối với hướng xuống và hướng lên, các khe thời gian và giao thức xác định cự ly là khác so với B-PON và G-PON. OLT và các ONU duy trì các bộ đếm cục bộ riêng và tăng thêm 1 sau mỗi 16ns. Mỗi một đơn vị giao thức điều khiển điểm đa điểm MPCPDU mang theo một thời gian mẫu, mẫu này là giá trị của bộ đếm cục bộ của ONU tương ứng. Tốc độ truyền dữ liệu EPON có thể đạt tới 1 Gbit/s.

Một chuẩn khác cũng cùng họ với E-PON là chuẩn Gbit/s Ethernet PON (IEEE 802.3av-Gbit/s PON). Chuẩn này là phát triển của E-PON tốc độ 10 Gbit/s và được ứng dụng chủ yếu trong các mạng quảng bá hình ảnh số. Gbit/s PON cho

phép phân phối nhiều dịch vụ đòi hỏi băng thông lớn, độ phân giải cao, đóng gói IP các luồng dữ liệu hình ảnh, ngay cả khi tỷ lệ chia OLT/ONT là 1:64 hoặc lớn hơn.

Những vùng đa truy nhập có thể được nối liền với nhau bằng một thiết bị được gọi là cầu nối. Những cầu nối lựa chọn chuyển tiếp những gói tin để tạo ra một cấu trúc của mạng LAN bao gồm toàn bộ các vùng truy nhập. Việc lựa chọn chuyển tiếp sẽ ngăn chặn việc truyền dẫn một gói tin trong những vùng mà không chứa bất cứ một trạm đích của gói tin này. Cầu nối của nhiều LAN được sử dụng mở rộng để cung cấp khả năng quản lý độc lập của những vùng truy nhập, để tăng số trạm hoặc phạm vi vật lý của một mạng xa hơn giới hạn của những phần LAN riêng biệt, và để cải thiện số lượng đầu vào. Trong trường hợp ở xa, một vùng truy nhập có thể bao gồm một trạm. Nhiều vùng trạm đơn được kết nối bằng liên kết điểm - điểm tới một cầu nối, cấu hình của một LAN chuyển mạch. Những cầu nối không bao giờ chuyển tiếp một khung trở lại cổng lối vào của nó. Trong trường hợp vùng truy nhập bao gồm nhiều trạm, toàn bộ các trạm đã kết nối tới cổng giống nhau trên cầu nối có thể liên lạc với một trạm khác không thông qua cầu nối. Trong trường hợp LAN chuyển mạch, không thể có sự dễ dàng tiếp nhận trong vùng truy nhập của nơi gửi, vì không có khung nào được chuyển tiếp trở lại.

Trong phương thức hoạt động cầu nối này khi người dùng đã kết nối tới những ONU khác trong cùng một PON không thể thuộc cùng LAN và không có khả năng liên lạc với một người dùng khác ở lớp 2 (lớp liên kết dữ liệu). Nguyên nhân là phương tiện PON không cho phép các ONU liên lạc theo một hướng khác, bởi tính định hướng của những bộ tách/ghép thụ động. OLT chỉ có một cổng đơn kết nối tới tất cả các ONU, và một cầu nối được đặt vào trong OLT sẽ không bao giờ chuyển tiếp một khung dữ liệu trở lại cổng mà nó đi vào.

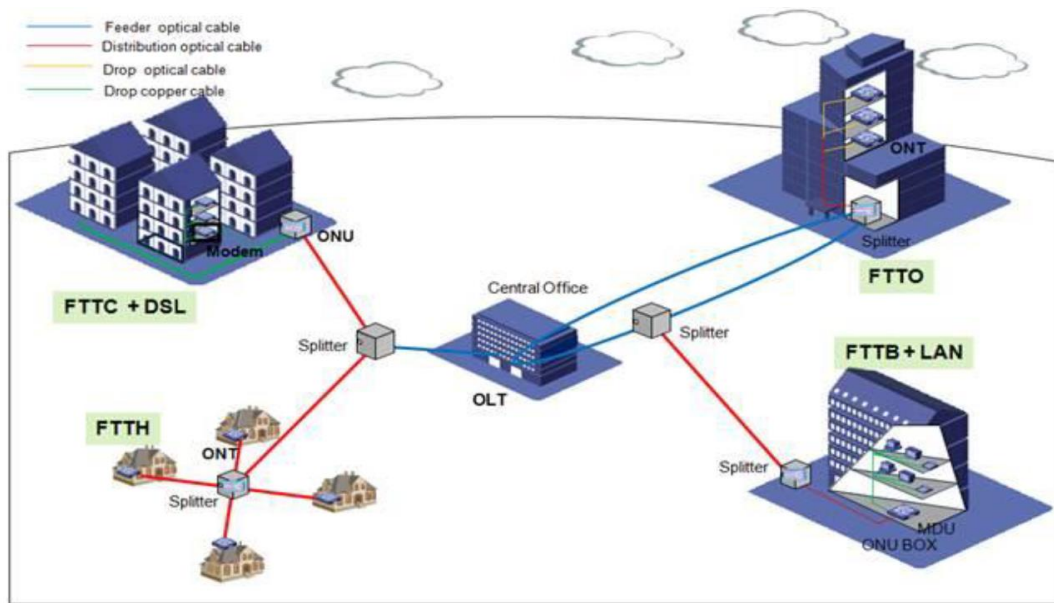
### **1.3.4 NG-PON**

NG-PON, mạng quang thụ động thế hệ kế tiếp theo ra đời nhằm đáp ứng nhu cầu ngày càng cao về tốc độ và băng thông truy nhập. Theo quan điểm của FSAN và ITU-T, thế hệ tiếp theo PON được chia thành hai giai đoạn: NG-PON1 và

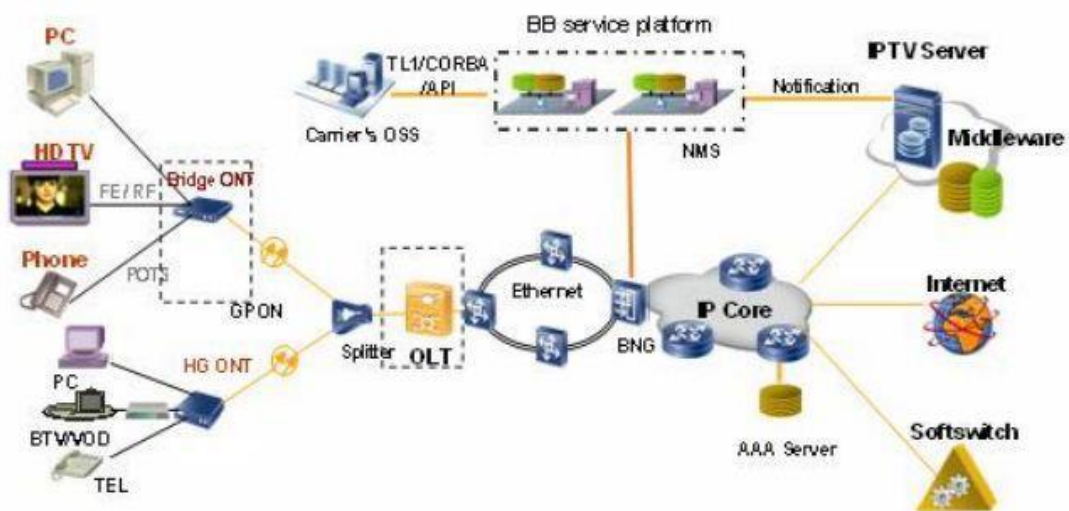
TWDM-PON. Giai đoạn nâng cấp trong thời kỳ đầu của mạng PON được định nghĩa là NG-PON1, TWDM-PON là một giải pháp lâu dài cho thế hệ PON kế tiếp. Yêu cầu chính của NG-PON1 là sự cùng tồn tại với các hệ thống GPON triển khai và tái sử dụng thiết lập bên ngoài. Mạng phân phối quang (ODN) chiếm 70% tổng vốn đầu tư trong việc triển khai PON. Vì vậy mạng phân phối quang rất quan trọng cho sự phát triển NG-PON để tương thích với các mạng đã triển khai. Với đặc điểm kỹ thuật cùng tồn tại và tái sử dụng ODN, thì việc chuyển tiếp từ GPON sang NG-PON1 là sự phát triển của các dây chuyền công nghiệp. Trong khi đó, công nghệ TWDM-PON phải làm tốt hơn công nghệ NG-PON1 về tính tương thích ODN, băng thông, năng lực và hiệu quả chi phí. Sự lựa chọn của NG-PON1 trong FSAN là sự cân bằng giữa công nghệ và giá thành. Các nhà mạng yêu cầu về hệ thống NG-PON1 có hiệu suất cao hơn, khoảng cách xa hơn, băng tần rộng hơn, và nhiều người dùng hơn. Ngoài ra, với xu thế dịch vụ thì yêu cầu băng thông đường xuống sẽ phải nhanh hơn yêu cầu băng thông đường lên. Vì vậy FSAN quyết định xác định NG-PON1 là 1 hệ thống 10G không đối xứng với tốc độ 10 Gbps cho đường xuống và 2,5 Gbps cho đường lên và được gọi là XG-PON1, còn hệ thống với tốc độ đối xứng 10 Gbps được gọi là XG-PON2. Có thể thấy, băng thông đường xuống của XG-PON1 gấp 4 lần của GPON, băng thông đường lên gấp 2 lần của GPON.

### ***1.3.5 Các mô hình ứng dụng PON***

Căn cứ vào độ vươn xa của cáp quang từ OLT tới ONT/ONU mà chia thành 4 mô hình triển khai FTTx điển hình: FTTH, FTTB, FTTO và FTTC.



Hình 1.4: Kiến trúc FTTH - Cáp quang nối tới từng nhà



Hình 1.5: Cấu trúc mạng FTTH-GPON

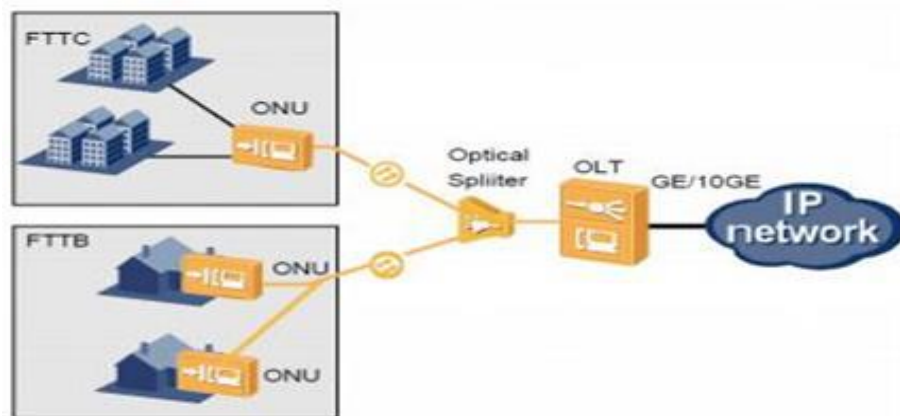
#### **Mô hình triển khai FTTH:**

Hình 1.4 và 1.5 thể hiện kiến trúc và triển khai thực tế mạng FTTH. Đối tượng khách hàng và các dịch vụ triển khai của mô hình này bao gồm các giải pháp FTTx cung cấp truy nhập mở các dịch vụ truyền hình, thoại và truy nhập Internet tốc độ cao từ ONT đến OLT đến khách hàng là các hộ dân cư. Khách hàng có thể lựa chọn RSPs tùy theo nhu cầu thực tế để cung cấp các dịch vụ tương ứng như sau:

- ✓ HDTV
- ✓ Dịch vụ thoại
- ✓ Dịch vụ dữ liệu, ...

**Mô hình triển khai FTTB/FTTC:**

Hình 1.6 mô tả cấu hình tiêu biểu mạng FTTB/FTTC. Giải pháp FTTB được ứng dụng cho các tòa nhà doanh nghiệp hoặc những căn hộ mà có mật độ vừa những người sinh sống. Trong một giải pháp FTTB, OLT được kết nối bằng các sợi quang đến các ONU được lắp đặt trong hành lang tòa nhà và các ONU được kết nối với tất cả các thiết bị đầu cuối của người dùng bởi các đôi cáp xoắn, để cung cấp các dịch vụ thoại, dữ liệu và video cho người sử dụng trong tòa nhà. Giải pháp FTTC được áp dụng cho các khu công nghiệp, hoặc các căn hộ nằm rải rác. Trong một giải pháp FTTC, OLT được kết nối bằng các sợi quang học đến các ONU được lắp đặt trong các hộp phân phối cáp ở lề đường, các ONU được kết nối với tất cả các thiết bị đầu cuối của người dùng bằng cáp xoắn đôi, để cung cấp các dịch vụ thoại, dữ liệu và các dịch vụ video cho người sử dụng trong căn hộ/công viên.

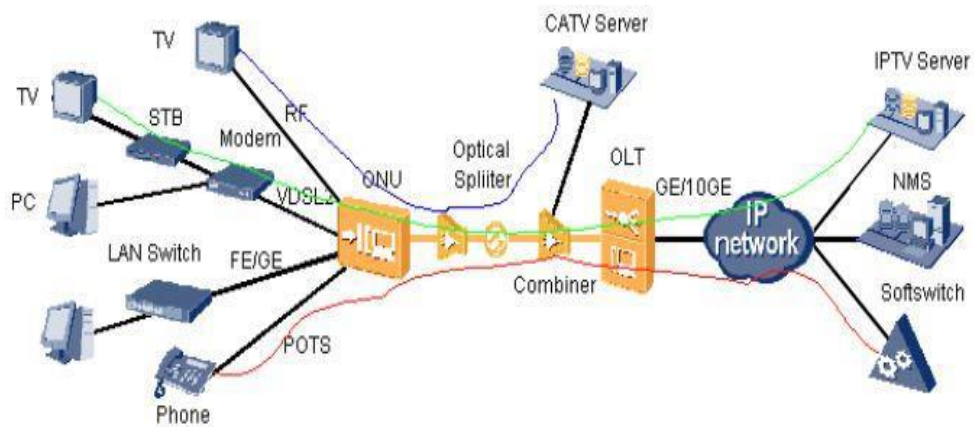


**Hình 1.6: Cấu hình mạng FTTB/FTTC**

Đối tượng khách hàng và các dịch vụ triển khai của giải pháp FTTB được ứng dụng cho các tòa nhà doanh nghiệp hoặc những căn hộ mà có mật độ vừa những người sinh sống, còn giải pháp FTTC được ứng dụng cho các khu công nghiệp hoặc các căn hộ nằm rải rác. Giải pháp FTTB / FTTC có thể cung cấp dịch



vụ truy cập Internet VDSL2 tốc độ cao, dịch vụ thoại và dịch vụ truyền hình độ nét cao 50 Mbit /s cho người dùng. Hình 1.7 minh họa ứng dụng dịch vụ cho người dùng gia đình.



**Hình 1.7: Các dịch vụ cung cấp trong mô hình FTTB/FTTC**

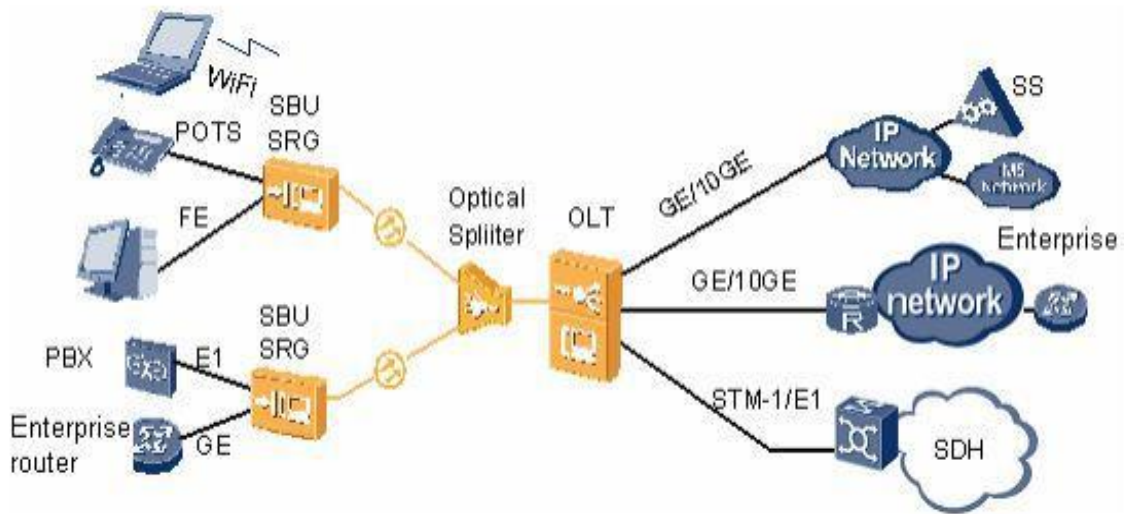
Một số dịch vụ cơ bản triển khai trên các hệ thống FTTB/FTTC bao gồm:

- ✓ Dịch vụ thoại
- ✓ Dịch vụ dữ liệu
- ✓ Dịch vụ truyền hình (IPTV, CATV), ...

#### ***Mô hình triển khai FTTO:***

Hình 1.8 thể hiện cấu hình mạng FTTO với SBU và OLT là hai thiết bị chính. Các tính năng của mạng FTTO bao gồm:

- Sử dụng công nghệ PON để hỗ trợ các dịch vụ với khoảng cách xa mà công nghệ truy nhập cáp đôi không thể đáp ứng.
- Cung cấp giao diện E1 để đáp ứng yêu cầu dịch vụ truy nhập TDM cung cấp bởi các thiết bị có sẵn như PBX.
- Hỗ trợ các giao diện FE/GE để cung cấp dịch vụ dữ liệu cho các doanh nghiệp và thực hiện liên kết nối giữa các doanh nghiệp. □ Đối tượng khách hàng và triển khai dịch vụ doanh nghiệp.



**Hình 1.8: Mô hình triển khai FTTO**

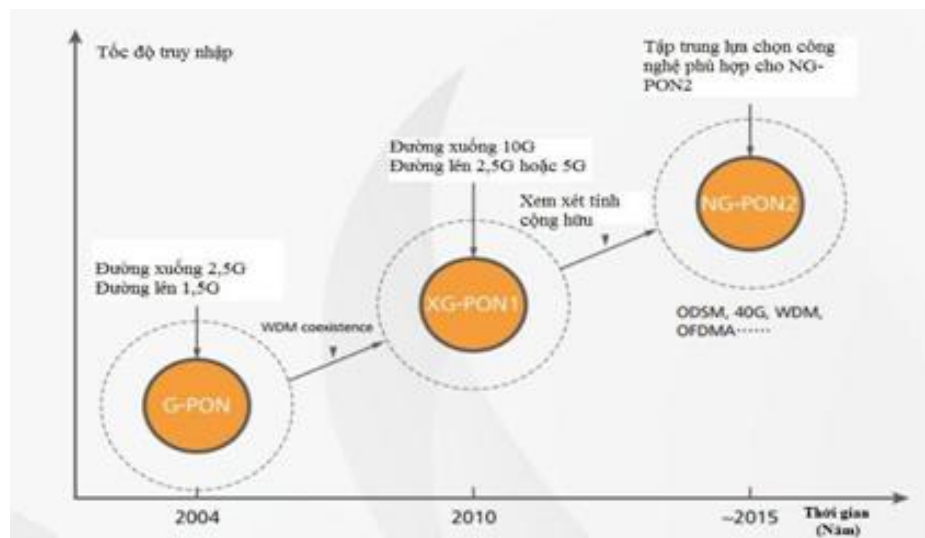
Mô hình FTTO được áp dụng chủ yếu cho các cơ quan, doanh nghiệp với các dịch vụ cơ bản như: dịch vụ thoại, dịch vụ dữ liệu, Internet, ...

#### **1.4 Xu hướng phát triển của mạng quang thụ động**

Công nghệ APON (ATM - PON) đã được áp dụng để truyền tải dữ liệu và tiếng nói. Tiếp theo là công nghệ BPON, nó sử dụng cấu trúc chuyển đổi ATM ở các đường biên mạng. Tuy nhiên hiện nay mạng APON/BPON không được quan tâm phát triển do chỉ hỗ trợ dịch vụ ATM và tốc độ truy nhập thấp hơn nhiều so với các công nghệ hiện hữu khác như GPON hay EPON.

Hiện nay GPON và EPON/GPON đã và đang được triển khai rộng rãi trong mạng truy nhập băng rộng do các đặc điểm vượt trội của chúng so với các công nghệ khác. Trong khi EPON chỉ cung cấp tốc độ truyền là 1,25 Gbit/s thì GPON lại cho phép đạt tới tốc độ 2.448 Gbit/s. Với hiệu suất từ 50% - 70%, băng thông của EPON bị giới hạn trong khoảng 600Mbps đến 900Mbps, trong khi đó GPON với việc tận dụng băng thông tối đa nó có thể cho phép các nhà cung cấp dịch vụ phân phối với băng thông lên đến 2300 Mbps. Hiệu suất hệ thống mạng GPON có thể đạt tới 93%.

Tuy nhiên, với sự phát triển mạnh mẽ băng thông của các dịch vụ truyền thông hướng video, Internet vạn vật đi kèm với nhu cầu ngày càng tăng có thể tạo ra một nút cổ chai trong các mạng truy nhập quang ngay cả với GPON. Công nghệ mạng quang thụ động tốc độ 10 Gigabit XG-PON của ITU-T có khả năng đáp ứng và cho phép các nhà cung cấp dịch vụ chuyển hóa dễ dàng hệ thống truy cập quang GPON hiện tại lên mạng truy nhập quang thụ động tốc độ 10 Gigabit XG-PON bằng cách sử dụng chung cơ sở hạ tầng mạng cáp sợi quang ODN đã triển khai và cũng cho phép hai hệ thống này hoạt động đồng kết hợp trên cùng một cơ sở hạ tầng mạng bằng cách sử dụng kỹ thuật ghép kênh theo bước sóng.



**Hình 1.9: Các giai đoạn phát triển của PON kế tiếp**

Hình 1.9 thể hiện các giai đoạn phát triển của hệ thống truy nhập quang thụ động trong tương lai gần. Hệ thống NG-PON1 hiện tại về bản chất là TDM PON nâng cao từ GPON. XG-PON1 thừa hưởng khung và cơ chế quản lý từ GPON. XG-PON1 cung cấp các hoạt động dịch vụ đầy đủ thông qua tốc độ cao và phân chia lớn hơn để hỗ trợ một cấu trúc mạng PON phẳng. XG-PON1 thừa hưởng kiến trúc điểm-đa điểm của GPON và có thể hỗ trợ các kịch bản truy cập khác nhau, chẳng hạn như FTTH, FTTB.

Sự đòi hỏi băng thông truy nhập tốc độ cao ngày càng tăng với các ứng dụng như Youtube, Netflix... Băng thông sẽ tiếp tục tăng lên theo cấp số nhân đòi hỏi sự

đáp ứng kịp thời của mạng truy nhập quang. Giới hạn dung lượng theo lý thuyết là rất cao, những sự hạn chế chủ yếu phát sinh từ sự kết hợp của Laser, bộ khuếch đại và các thiết bị khác sử dụng để truyền và nhận tín hiệu quang. Hệ thống truyền dẫn quang long-haul trong thương mại hiện nay với tổng dung lượng lên tới 8 Tbps. Mặc dù có những khó khăn trong phát triển công nghệ, lộ trình cho sự phát triển lâu dài của mạng PON chỉ ra rằng công nghệ này dự kiến có thể sẽ giải quyết được tốc độ dữ liệu 100 Gbps trên khoảng cách vượt quá 100 km vào năm 2025.

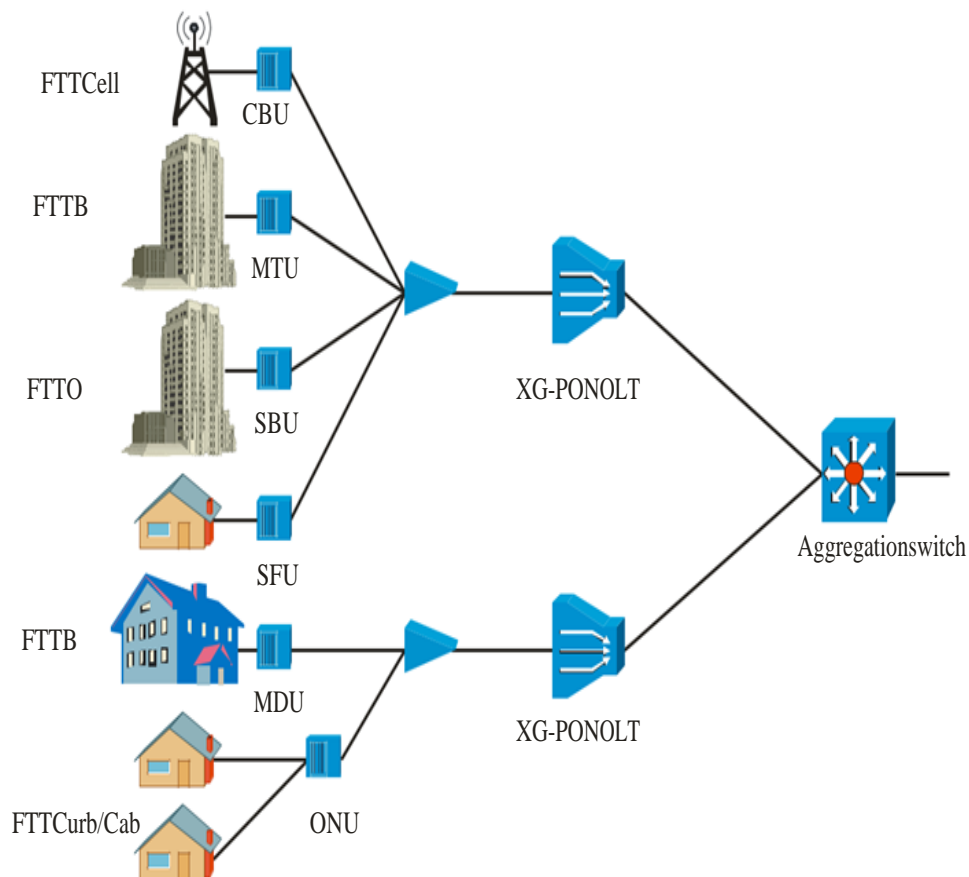
## 1.5 Kết luận

Chương 1 trình bày khái quát về công nghệ mạng truy nhập quang thụ động cùng các công nghệ PON tiêu biểu như APON/BPON, GPON, EPON và các công nghệ mạng PON thế hệ kế tiếp. Trong thời gian tới, công nghệ truy nhập quang thụ động sẽ được tăng cường với hai chuẩn công nghệ PON thế hệ mới là XG-PON của ITU-T và 10G-EPON của IEEE. Với mục tiêu đáp ứng nhu cầu băng thông lớn hơn trong khi vẫn đảm bảo tính kế thừa của hệ thống công trình ngoại vi cũng như hỗ trợ quá trình nâng cấp không gây trở ngại đến tính liên tục của các dịch vụ được cung cấp, cả XG-PON và 10G-EPON đều hỗ trợ đường xuống 10 Gbit/s trong khi đường lên là 2,5 Gbit/s đối với XG-PON và 1Gbit/s (hoặc 10Gbit/s cho cấu hình đồng bộ) đối với 10G-EPON. Năm 2012, XG-PON được chuẩn hóa tại tiêu chuẩn ITU-T G.987 và được xác định dựa trên kiến trúc TDM PON.

## CHƯƠNG II: CÔNG NGHỆ MẠNG TRUY NHẬP QUANG THỤ ĐỘNG TỐC ĐỘ 10 GIGABIT/S – XG-PON

### 2.1 Tổng quan về công nghệ quang thụ động thế hệ kế tiếp XG-PON

Tiếp nối quá trình chuẩn hóa cho các hệ thống mạng truy nhập quang thụ động băng rộng BPON (họ khuyến nghị ITU-T G. 983) và mạng quang thụ động tốc độ Gigabit G-PON (họ khuyến nghị ITU-T G. 984) với tốc độ đường lên và đường xuống tương ứng là 1,25 và 2,5 Gbit/s, ITU-T Q2/15 cũng đã thực hiện quá trình chuẩn hóa các mạng quang thụ động tốc độ Gigabit thế hệ kế tiếp (NG-PON) trong họ các khuyến nghị ITU-T G. 987 với tên gọi là mạng quang thụ động tốc độ 10 Gigabit (XGPON - trong đó X đại diện cho số 10 trong hệ thống số La mã) [3-6].



**Hình 2.1: Mô hình kiến trúc chung của hệ thống XGPON**

Hệ thống mạng quang thụ động tốc độ 10 Gigabit XG-PON bao gồm 3 thành phần chính là OLT, ONU với nhiều loại ONU khác nhau như MTU, SBU, CBU,... và mạng phân phối quang ODN. Các tính năng, tiêu chuẩn công nghệ XG-PON có khả năng cho phép các nhà cung cấp dịch vụ dễ dàng chuyển hóa hệ thống truy nhập quang GPON hiện tại lên mạng truy nhập quang thụ động tốc độ 10 Gigabit bằng cách sử dụng chung cơ sở hạ tầng và đồng thời cũng cho phép hai hệ thống GPON và XG PON hoạt động kết hợp trên cùng một cơ sở hạ tầng bằng cách sử dụng kỹ thuật ghép kênh theo bước sóng. Mạng quang thụ động tốc độ 10 Gigabit cũng bao gồm hai hệ thống chuẩn hóa: XG-PON không đối xứng với tốc độ đường xuống là 10 Gbit/s và tốc độ đường lên là 2,5 Gbit/s (XG-PON1) và XG-PON đối xứng với tốc độ đường lên và xuống đều là 10 Gbit/s (XG-PON2).

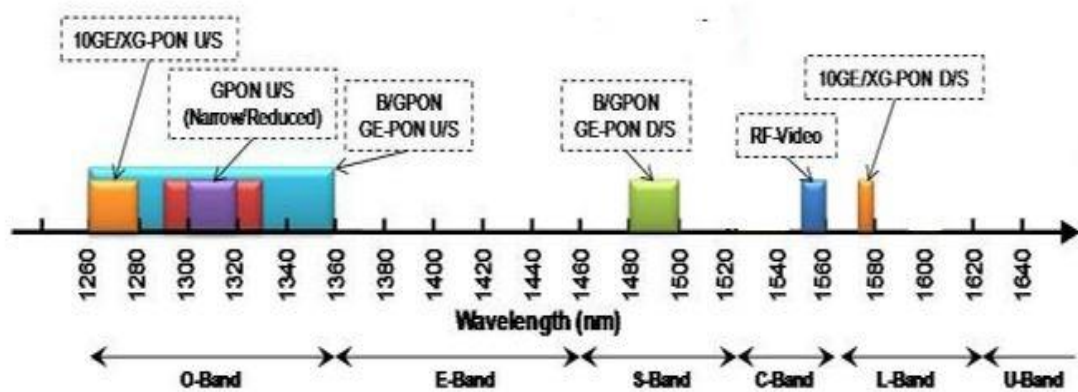
## **2.2 Kiến trúc và các thành phần của hệ thống truy nhập quang thụ động XG-PON**

Mô hình tham chiếu giao thức của XG-PON được chia thành hai tầng: Tầng phụ thuộc phương tiện vật lý (PMD) và tầng hội tụ truyền dẫn (XGTC).

### **2.2.1 Tầng phụ thuộc phương tiện vật lý**

#### **a. Kế hoạch phân bổ bước sóng**

Công nghệ XG-PON sử dụng cơ chế ghép kênh theo bước sóng WDM cho đường lên và đường xuống. Dựa vào các yếu tố kỹ thuật quang và các yêu cầu cần thiết khác để XG-PON có thể cùng tồn tại với GPON hiện tại trên cùng một mạng truy nhập quang [7, 8]. Dải bước sóng đường lên được dùng cho XG-PON là dải bước sóng từ dao động từ 1260 đến 1280nm, với dải bước sóng đường xuống là dải 1575 -1580 nm. Đó cũng là dải bước sóng duy nhất còn lại trong hệ thống ghép với hệ thống truyền tải tần số vô tuyến RF. Việc lựa chọn dải bước sóng này còn có thuận lợi là nó cũng phù hợp với lựa chọn bước sóng đường xuống được chuẩn hóa trong tiêu chuẩn IEEE 802.3av cho các hệ thống 10G-EPON.



**Hình 2.2: Mô hình phân bổ bước sóng**

#### b. Tốc độ và đường mã

Tín hiệu quang đường lên và đường xuống trong XG-PON được truyền trên cùng một sợi quang bằng cách sử dụng kỹ thuật ghép kênh theo bước sóng WDM. XG-PON hỗ trợ 2 loại tốc độ truyền dẫn: XG-PON1: không đối xứng với tốc độ đường lên 2.5Gbit/s, đường xuống 10Gbit/s. XG-PON2 đối xứng với tốc độ đường lên và xuống đều là 10Gbit/s. Trong tiêu chuẩn XG-PON1 hiện tại, loại mã hóa sử dụng cho cả đường lên và đường xuống được khuyến nghị sử dụng là loại mã đường NRZ. Ngoài ra XG-PON1 hỗ trợ hai mã sửa lỗi trước FEC bắt buộc RS (25a, 22b, 32) cho đường xuống và RS(25c, 23d, 16) cho đường lên.

Do những thách thức về công nghệ cũng như chi phí nên hiện tại các khuyến nghị hiện tập trung vào tốc độ bit XG-PON1, XG-PON2 sẽ được chỉ định trong các giai đoạn tiếp theo.

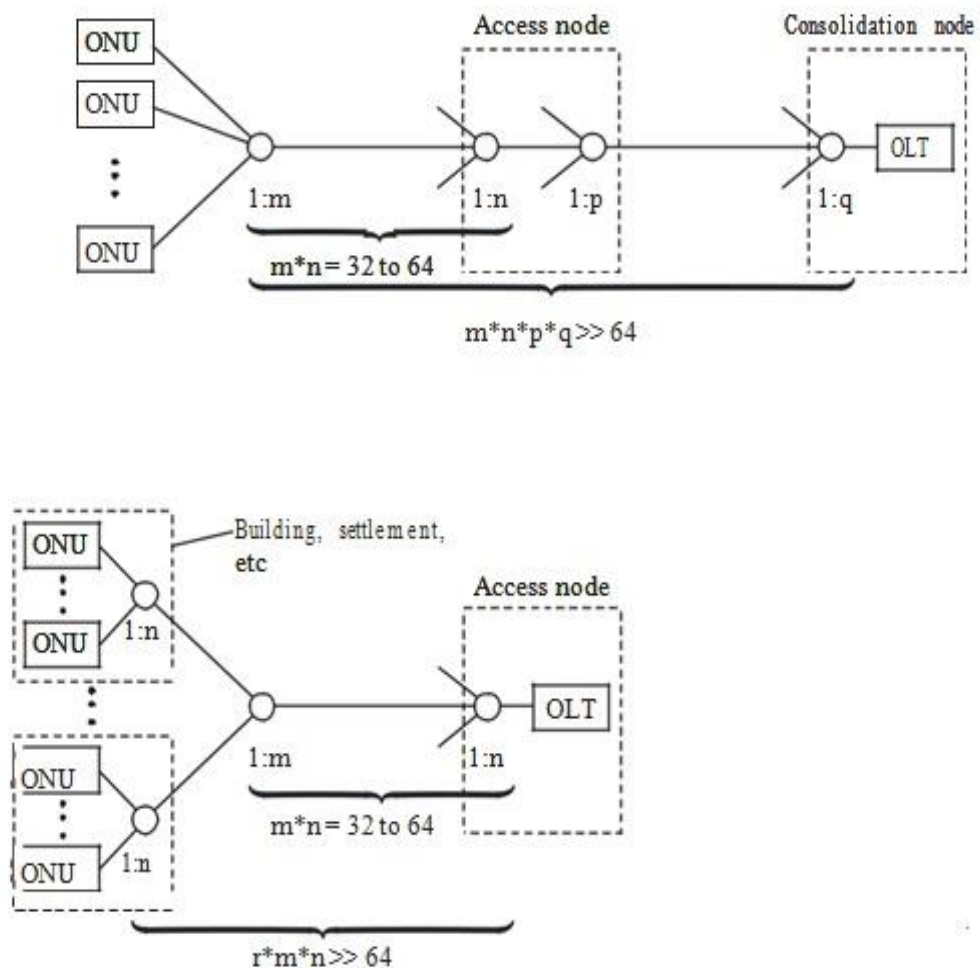
#### c. Các quỹ công suất

Hiện nay mới chỉ có hai loại quỹ công suất được định nghĩa cho XG-PON1 là: Quỹ Nominal1 (N1) với suy hao từ 14 dB đến 29 dB cho phép XG-PON hoạt động kết hợp với các hệ thống PON tốc độ Gigabit hiện tại như GPON và EPON.

trên cùng một mạng phân phối quang. Quỹ Nominal2 (N2) suy hao cho phép từ 16 dB đến 31dB. Các quỹ công suất khác hiện tại đang trong quá trình nghiên cứu chuẩn hóa thêm.

d. Chia tỷ lệ và khoảng cách sợi quang

XG-PON1 cho phép chia tỷ lệ tối thiểu là 1:64. Tùy thuộc vào nhu cầu các nhà khai thác mạng có thể áp dụng các tỷ lệ chia lớn hơn 1:128 đến 1:256 để tăng hiệu quả kinh tế. Đối với khoảng cách quang, XG-PON1 phải hỗ trợ khoảng cách sợi tối đa ít nhất 20km và tầng hội tụ truyền dẫn của XG-PON1 có thể hỗ trợ khoảng cách quang tối đa là 60 km.

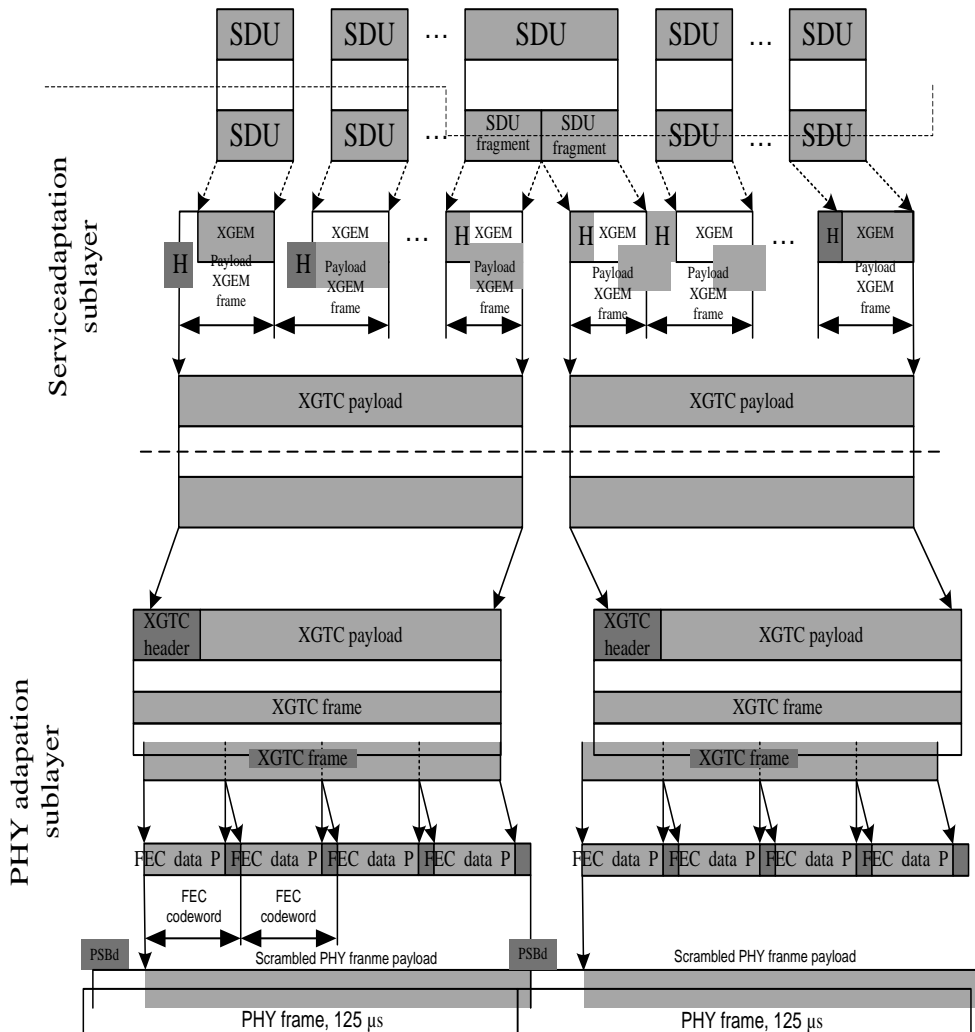


**Hình 2.3: Tùy chọn kiến trúc bộ chia XG-PON**

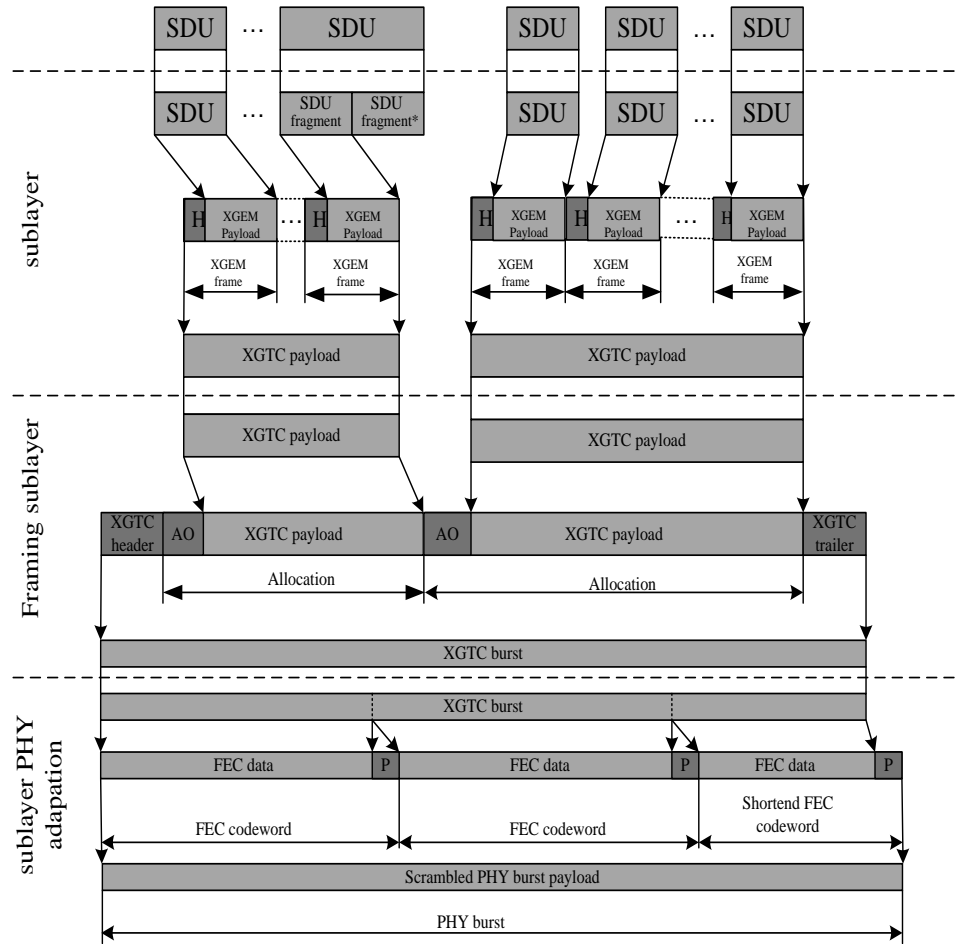


### 2.2.2 Tầng hội tụ truyền dẫn XG-PON

Tầng hội tụ truyền dẫn XG-PON đặc tả khuôn dạng tín hiệu và các thủ tục để tách, ghép dữ liệu giữa các đơn vị dữ liệu dịch vụ (SDU) tầng trên và tạo, tách luồng bit tương ứng thích hợp để điều chế nên sóng mang. Ở hướng đường xuống, giao diện giữa tầng XGTC và tầng PMD được đại diện bằng một bit liên tục với tốc độ chuẩn hóa 10Gbit/s và được phân thành các khung 125 micro giây. Ở đường hướng lên, giao diện giữa tầng XGTC và tầng PMD là các chuỗi burst quang theo thời gian. Quá trình tách, ghép và xử lý chuyển đổi các đơn vị dữ liệu dịch vụ (SDU) tầng trên vào luồng bit tầng vật lý cho hướng đường lên và đường xuống được mô tả như hình. 2.4 và 2.5.



**Hình 2.4:** Tổ chức dữ liệu đường xuống trong tầng hội tụ truyền dẫn XG-PON



**Hình 2.5: Tổ chức dữ liệu đường lên trong tầng hội tụ truyền dẫn XG-PON**

**a. Phân tầng thích ứng dịch vụ XGTC**

Phân tầng thích ứng dịch vụ XGTC chịu trách nhiệm đóng gói, ghép kênh và phân định các đơn vị dữ liệu dịch vụ tầng trên trong quá trình truyền dẫn quan PON. Ở phía phát, phân tầng thích ứng dịch vụ XGTC chấp nhận các dữ liệu dịch vụ tầng trên dưới dạng các khung dữ liệu người dùng hoặc lưu lượng OMCI thực hiện việc phân tách nếu cần thiết, gán XGEM Port-ID vào SDU hoặc phân mảnh SDU và sử dụng phương pháp đóng gói dữ liệu XG-PON để tạo thành các khung XGEM. Phần tải tin của các khung XGEM có thể tùy chọn mật mã hóa, và chuỗi các khung XGEM tạo thành tải tin của khung XGTC truyền ở hướng đường xuống hoặc trong các burst XGTC ở hướng đường lên. Ở phía thu, phân tầng thích ứng dịch vụ XGTC nhận tải tin từ các burst và khung XGTC, thực hiện việc phân tách, lọc các

khung XGEM dựa vào các XGEM Port-ID, giải mã nếu trước đó nó được mã hóa bởi phía phát, tái tạo lại các đơn vị dữ liệu dịch vụ SDU và phân phối chúng đến các client tương ứng theo yêu cầu.

#### b. Phân tầng định khung XGTC

Phân tầng định khung XGTC thực hiện việc tạo, phân tích và tách, ghép các trường tiêu đề của khung XGTC để hỗ trợ các chức năng quản lý PON cần thiết. Ở phía phát, phân tầng định khung nhận các khung XGEM được tạo thành từ các tải tin XGTC từ phân tầng thích ứng dịch vụ XGTC, và tạo ra các khung XGTC đường xuống hoặc burst XGTC đường lên bằng cách cung cấp các trường tiêu đề bao gồm các thông tin quản lý việc ghép khung TDMA, thông tin quản lý bằng thông cũng như các thông tin điều khiển, vận hành và quản lý khác. Ở phía thu, phân tầng định khung XGTC thực hiện phân tách thông tin trường tiêu đề của các khung XGTC đường xuống hoặc burst XGTC đường lên nhận được. Dựa vào đó để tách các tải tin XGTC đưa lên phân tầng thích ứng dịch vụ và xử lý các thông tin quản lý, báo hiệu.

#### c. Phân tầng thích ứng tầng vật lý

Phân tầng này thực hiện mã hóa, giải mã mức thấp nhất cho các khung XGTC trên kênh vật lý. Phân tầng này cũng cung cấp các chức năng đồng bộ vật lý, đồng chỉnh định thời cho việc ghép, tách khung. Ngoài ra, một trong các chức năng rất quan trọng của phân tầng thích ứng vật lý là chức năng sửa lỗi trước FEC bao gồm việc phân chia thành các khối dữ liệu FEC, tính toán trường chẵn lẻ FEC cũng như thực hiện sửa lỗi dựa trên các mã FEC.

### **2.2.3 Phương pháp đóng gói tin XG-PON (XGEM)**

XG-PON sử dụng phương pháp đóng gói tương tự như G-PON GEM, nhưng được tối ưu cho các tốc độ của XG-PON và lớp XGTC. Cũng giống như GEM, XGEM được sử dụng cho cả đường lên và đường xuống để sắp xếp các đơn vị dữ

liệu dịch vụ (SDU) vào các khung XGTC. XGEM cũng hỗ trợ việc phân mảnh và tập hợp SDU.

	PLI (Payload Length Indicator)	Key Ind.	XGEM Port ID	Options	L F	HEC - BCH(63, 12, 2) + P	Payload
# bits	14	2	16	18 (For Further Study)	1	13	$P = L + \text{pad (bytes)}$

**Hình 2.6: Dạng khung XGEM**

Khung XGEM gồm có phần mào đầu và phần tải tin. Trên hình 2.6 minh họa mào đầu 64 bit của XGEM. Các trường trong đó được định nghĩa như sau:

- Trường PLI cung cấp thông tin về chiều dài L (tính theo byte) của SDU chứa bên trong phần tải tin của khung XGEM
- Trường Key Index (2 bit) chỉ ra khóa mã hóa nào được sử dụng cho dữ liệu nằm trong phần tải tin của XGEM, cùng với XGEM Port-ID chỉ ra rằng kiểu khóa mã hóa đó là broadcast hay unicast.
  - Key Index bằng 00: không dùng mã hóa
  - Key Index bằng 01: dùng khóa mã hóa kiểu thứ nhất
  - Key Index bằng 10: dùng khóa mã hóa kiểu thứ hai
  - Giá trị 11: sử dụng cho tương lai

Khung sẽ bị hủy nếu Key Index bằng 11 hoặc bằng một giá trị nào đó không hợp lệ.

Vì XG-PON có băng thông lớn hơn GPON nên XGEM Port-ID được mở rộng thành 16 bit.

- Trường Options hiện tại không được định nghĩa và được dành để sử dụng cho tương lai.

Khi SDU được phân mảnh, cần phải có chỉ thị để biết khung XGEM chứa phần cuối của SDU hay phần đầu của phân mảnh. Bit LF (Last Fragment) được thiết lập về 1 khi khung XGEM chứa hoặc SDU hoàn chỉnh, hoặc phân mảnh cuối của SDU bị phân mảnh. Trong các trường hợp khác, bit này được thiết lập về 0.

XGEM sử dụng kiểm tra lỗi mào đầu (HEC) 13 bit cùng kiểu với GEM. Điểm khác biệt là ở đây HEC được tính trên 63 bit thay vì 39 bit của GEM vì phần mào đầu của XGEM dài hơn GEM.

Phân mảnh SDU trong XGEM cũng tương tự như trong GEM, bị ràng buộc bởi kích cỡ của tải tin là  $N \times 32$  bit và các qui tắc padding của XGEM. Điểm khác biệt là trong XGEM, các phân mảnh của SDU trong truyền dẫn hướng xuống phải được truyền một cách lần lượt và các SDU khác không được truyền chèn xen vào giữa các phân mảnh.

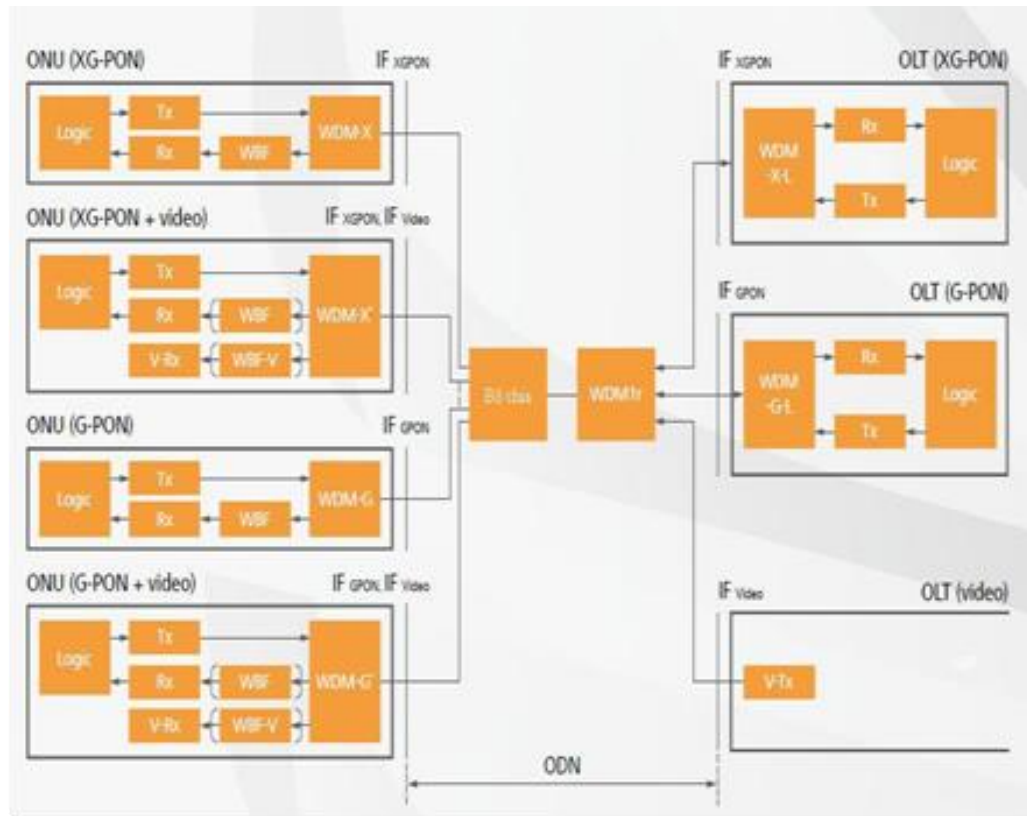
Trong trường hợp không có dữ liệu (SDU hoặc các phân mảnh SDU) được truyền trong khung XGEM, các khung XGEM Idle sẽ được chèn vào trong phần tải tin của XGTC để lấp đầy các phần không gian không sử dụng. Nguyên tắc này cũng được áp dụng trong trường hợp SDU quá dài so với không gian còn trống trong một khung XGTC và không thể thực hiện được phân mảnh SDU. Không giống như các khung GEM Idle (các khung này có toàn bộ phần tải tin mang giá trị zero), khung XGEM Idle có chiều dài tải là  $4k$  (với  $k$  nằm trong phạm vi từ 0 đến kích cỡ cực đại mà SDU có thể hỗ trợ tính theo từ 4 byte), được chỉ ra bởi PLI. Giá trị 0xFFFF của XGEM Port-ID được sử dụng để thông báo cho bộ thu rằng đó là khung Idle. Phần tải tin của khung XGEM Idle được định nghĩa bởi thiết bị phát. Việc mã hóa không được sử dụng trong các khung Idle. Ngoài khung XGEM Idle còn có khung Short Idle. Khung Short Idle có chiều dài 4 byte, tất cả đều có giá trị zero. Khung Short Idle được gửi khi khoảng trống trong phần tải tin của XGTC là quá nhỏ để có thể tải được một khung Idle thông thường (tức là khoảng trống nhỏ hơn kích cỡ của mào đầu XGEM)

#### **2.2.4 Quản lý vận hành và điều khiển XG-PON**

Thông tin quản lý, vận hành và điều khiển trong các hệ thống XG-PON được truyền tải thông qua ba kênh: kênh OAM nhúng (Embedded OAM), PLOAM và OMCI. Kênh OAM nhúng và kênh PLOAM quản lý các chức năng của tầng XGTC và PMD, kênh OMCI cung cấp hệ thống đồng nhất để quản lý các tầng cao hơn. Kênh OAM nhúng được cung cấp bởi các trường tiêu đề và cấu trúc định sẵn nằm

trong các khung XGTC đường xuống và các burst XGTC đường lên. Kênh PLOAM là kênh dạng bản tin được truyền tải trong các khoảng trống dành riêng trên các khung đường xuống hoặc burst đường lên. Tương tự như GPON, quản lý OMCI là cơ chế quản lý trong đó các dữ liệu OMCI được truyền tải qua một kết nối GEM đặc biệt. Kết nối GEM đặc biệt này cũng được gọi là một kênh OMCI. Trong hệ thống XG-PON, OLT quản lý và thực hiện cấu hình các ONU thông qua kênh OMCI. Quá trình quản lý và cấu hình OMCI bao gồm cả quản lý cấu hình, quản lý lỗi, quản lý hiệu năng và quản lý bảo mật trong các ONU.

### 2.2.5 Mô hình lai ghép giữa XG-PON và GPON



**Hình 2.7: Mô hình lai ghép giữa XG-PON và GPON**

Khả năng tương thích là tính năng ấn tượng nhất của XG-PON. XG-PON cùng tồn tại với GPON trên cùng ODN, do đó việc đầu tư của các nhà khai thác trên GPON được đảm bảo [7]. Trong thông số kỹ thuật lớp vật lý XG-PON, đường lên/đường xuống của bước sóng XG-PON là khác nhau so với của GPON. Khả

năng tương thích giữa XG-PON và GPON đạt được bằng cách thực hiện WDM ở đường xuống và WDMA ở đường lên. Sự cùng tồn tại của GPON và XG-PON được thể hiện trong hình 2.7.

Chi tiết kỹ thuật lớp vật lý của XG-PON đã được hoàn thành trong tháng 10 năm 2009 và được xuất bản bởi ITU-T tháng 3 năm 2010. Thông số kỹ thuật cơ bản của XG-PON [9]:

- ✓ Bước sóng: Đường lên từ 1260 nm đến 1280 nm, đường xuống từ 1575 nm đến 1580 nm.

- ✓ Quỹ công suất:

Lớp N1: 14 dB đến 29 dB (cho các ứng dụng không cùng tồn tại).

Lớp N2: 16 dB đến 31 dB (sử dụng cho các ứng dụng cùng tồn tại).

Quỹ mở rộng : Nhỏ nhất 33 dB, (khả năng mở rộng tới 35dB).

- ✓ Tốc độ đường truyền: Đường lên 2,48832 Gbps, đường xuống 9,95328 Gbps.

- ✓ Tỷ lệ chia: Tối thiểu 1:64, có khả năng mở rộng tới 1:128 và 1:256.

- ✓ Phạm vi truyền dẫn vật lý tối đa: Tối thiểu 20 km.

- ✓ Phạm vi truyền dẫn logic tối đa: Tối thiểu 60 km.

## 2.3 Các yếu tố vật lý ảnh hưởng đến hiệu năng của hệ thống

### 2.3.1 Ảnh hưởng của suy hao

Ngoại trừ các tuyến cự ly ngắn, suy hao sợi quang có vai trò quan trọng trong thiết kế và đánh giá hiệu năng của hệ thống. Xét một máy phát quang là có khả năng phát một công suất trung bình  $P_t$ . Nếu máy thu có khả năng phát hiện tín hiệu với công suất trung bình nhỏ nhất tại tốc độ bit  $B_T$  là  $P_r$ , khoảng cách truyền dẫn lớn nhất được giới hạn bởi:

$$L = \frac{10}{\alpha_f} \log_{10} \left( \frac{P_t}{P_r} \right) [km] \quad (2.1)$$

Trong đó  $\alpha_f$  là hệ số suy hao trung bình của sợi quang tính theo đơn vị dB/Km bao gồm cả suy hao đường truyền quang, suy hao tại các mối hàn và tại các bộ ghép nối quang. Sự phụ thuộc của chiều dài  $L$  vào tốc độ bit là do sự phụ thuộc tuyến tính của  $P_r$  theo tốc độ bit  $B_T$ . Với:

$$P_r = N_p B_T h f \quad (2.2)$$

Trong đó  $hf$  là năng lượng photon,  $N_p$  là số lượng photon trung bình/bit đòi hỏi bởi máy thu.

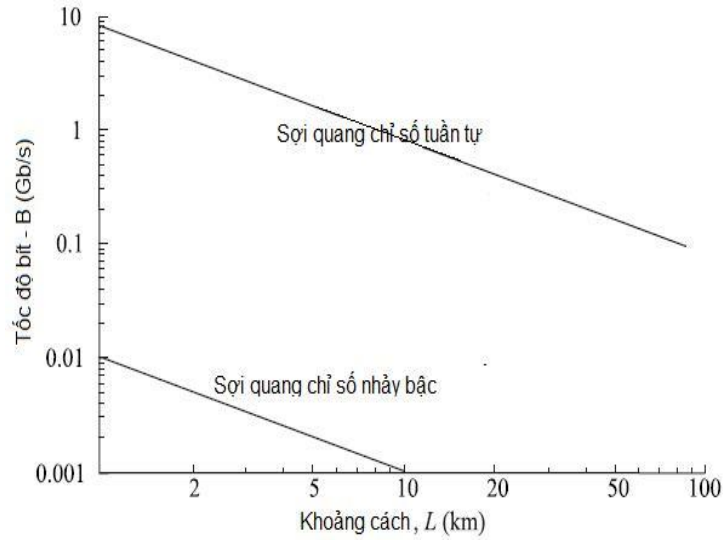
Tích của khoảng cách truyền dẫn và tốc độ bit theo lý thuyết có giá trị được giới hạn xác định bởi biểu thức (2.2).

$$B.L < \frac{8c}{n_1 \Delta^2} \quad (2.3)$$

Trong đó  $c = 3.10^8$  m/s là tốc độ truyền ánh sáng trong chân không,  $n_1$  là chiết suất lõi sợi quang còn  $\Delta$  là độ lệch chiết suất tỷ đối giữa lõi và vỏ. Đặc trưng của tích  $B.L$  với các sợi quang đa mode và đơn mode được thể hiện tại hình 2.8.

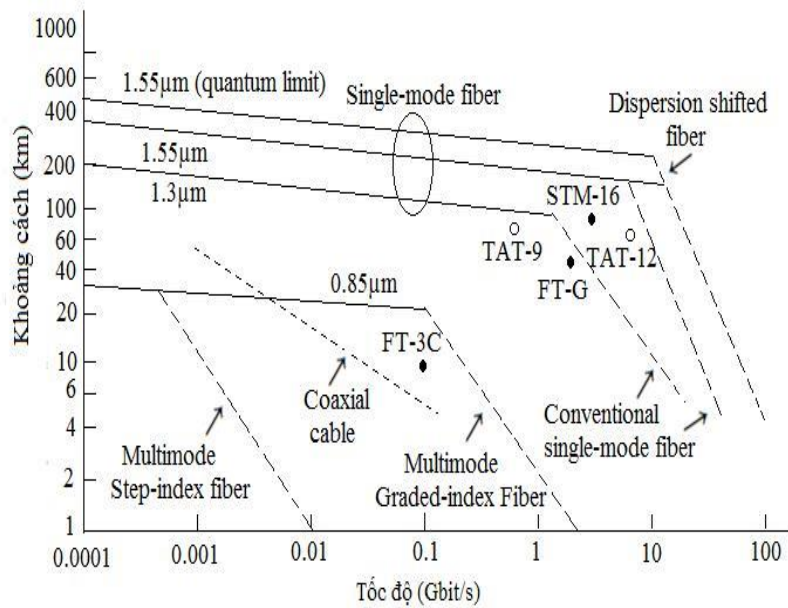
Trong giới hạn của hệ số suy hao thực tế, khoảng cách  $L$  giữa máy phát và máy thu giảm đi theo hàm lôgarit khi  $B_T$  tăng tại một bước sóng hoạt động cho trước. Các đường liền trên hình 2.8 chỉ ra sự phụ thuộc của  $L$  theo  $B_T$ . Giá trị  $L$  là nhỏ nhất đối với các hệ thống thế hệ thứ nhất hoạt động ở bước sóng  $\lambda = 0,85 \mu\text{m}$  do suy hao sợi quang tương đối lớn xung quanh bước sóng này. Khoảng cách trạm lặp của các hệ thống này giới hạn từ 10 đến 25 km, phụ thuộc vào tốc độ truyền dẫn và giá trị chính xác của suy hao. Ngược lại, khoảng cách trạm lặp có thể hơn 100km đối với hệ thống hoạt động ở vùng cửa sổ  $\lambda = 1,55 \mu\text{m}$ .





**Hình 2.8:** Giới hạn tốc độ bit - khoảng cách sợi quang với  $n_1 = 1.5$ ,  $\Delta = 0.01$  và  $\alpha = 2$

Hình 2.8 còn so sánh giới hạn suy hao hệ thống thông tin quang hoạt động ở bước sóng  $\lambda = 0.85 \mu\text{m}$  với hệ thống thông tin dựa trên cáp đồng trục.



**Hình 2.9:** Sự phụ thuộc của khoảng cách với tốc độ bit với các loại sợi quang

Đường chấm trong hình 2.9 chỉ ra sự phụ thuộc của khoảng cách  $L$  giữa máy phát và máy thu với tốc độ bit cho cáp đồng trục khi suy hao tăng tỉ lệ với  $B_T$ . Khoảng cách truyền dẫn đối với cáp đồng trục là tốt hơn ở tốc độ bit nhỏ ( $B_T < 5 \text{ Mb/s}$ ), nhưng hệ thống cáp quang lại vượt trội khi tốc độ bit lớn 5 Mb/s.

### 2.3.2 Ảnh hưởng của tán sắc

Trong một sợi quang, những tần số ánh sáng khác nhau và những mode khác nhau cần thời gian khác nhau để truyền một đoạn từ A đến B. Đây là hiện tượng tán sắc và gây ra nhiều ảnh hưởng khác nhau. Tán sắc dẫn đến sự giãn xung trong truyền dẫn quang, gây ra giao thoa giữa các ký tự, tăng lỗi bit ở máy thu và dẫn đến giảm khoảng cách truyền dẫn. Tán sắc trong sợi quang đơn mode hay đa mode có thể bao gồm nhiều loại tán sắc bậc một khác nhau như tán sắc vật liệu, tán sắc ống dẫn sóng, và các thành phần tán sắc khác.

Tán sắc tổng cộng trong sợi quang đơn mode  $D_T$  được tính bằng biểu thức:

$$D_T = D_M + D_W + D_p \quad (2.4)$$

Trong đó:  $D_M$  là tán sắc vật liệu,  $D_W$  là tán sắc ống dẫn sóng,  $D_p$  là các thành phần tán sắc khác.

Tán sắc gây giãn xung trong sợi quang chủ yếu do hai nguyên nhân:

- Giãn xung do tán sắc vật liệu (hay tán sắc màu) xảy ra khi vận tốc pha của mặt phẳng truyền sóng trong môi trường điện môi thay đổi tuyến tính bước sóng hay chiết suất của vật liệu silica sử dụng chế tạo sợi quang thay đổi với các tần số quang khác nhau tức là  $d^2n/d\lambda^2 \neq 0$  Xét độ trễ nhóm  $\tau_g$ .

Trong sợi quang gây ra bởi vận tốc nhóm  $v_g$  được định nghĩa tại biểu thức:

$$\tau_g = \frac{d\beta}{d\omega} = \frac{1}{c} \left( n_1 - \lambda \frac{dn_1}{d\lambda} \right) \quad (2.5)$$

Trong đó  $n_1$  là chiết suất vật liệu lõi.

Độ trễ xung do tán sắc vật liệu  $\tau_m$  trong sợi quang có chiều dài L là:

$$\tau_m = \frac{L}{c} \left( n_1 - \lambda \frac{dn_1}{d\lambda} \right) \quad (2.6)$$

Đối với nguồn sáng có độ rộng phổ là  $\sigma_\lambda$  và bước sóng trung bình  $\lambda$  thì độ giãn xung do tán sắc vật liệu  $\sigma_m$  có thể thu được:

$$\sigma_m \approx \sigma_\lambda \frac{d\tau_m}{d\lambda} = \sigma_\lambda \frac{L}{c} \left[ \lambda \frac{d^2 n_1}{d\lambda^2} \right] = \sigma_\lambda L D_M \quad (2.7)$$

Trong đó hệ số tán sắc vật liệu  $D_M = \frac{\lambda}{c} \left[ \frac{d^2 n_1}{d\lambda^2} \right] \quad (2.8)$



**Hình 2.10: Hiện tượng tán sắc**

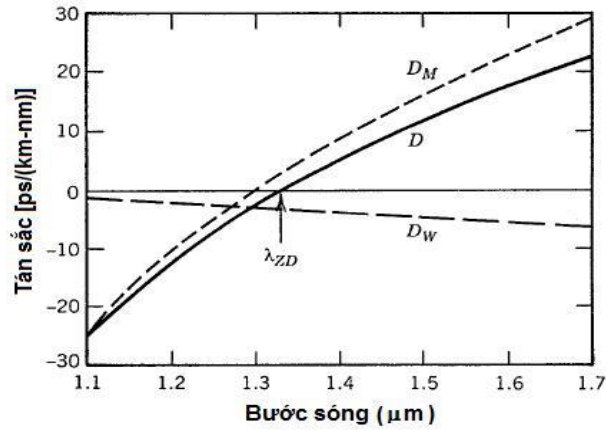
- Giãn xung do tán sắc ống dẫn sóng

Hệ số tán sắc ống dẫn sóng có thể được xác định bởi biểu thức:

$$D_w = -\frac{2\pi\Delta}{\lambda^2} \left[ \frac{n_{2g}^2}{n_2 \omega} \frac{V d^2(Vb)}{dV^2} + \frac{dn_{2g}}{d\omega} \frac{d(Vb)}{dV} \right] \quad (2.9)$$

Trong đó  $n_{2g}$  là chiết suất nhóm của lớp vỏ sợi quang. Tán sắc ống dẫn sóng cũng có thể tạo nên tán sắc màu do có sự thay đổi vận tốc nhóm với bước sóng tại mode khi  $d^2\beta / d\lambda^2 \neq 0$ . Tham số tán sắc ống dẫn sóng phụ thuộc vào các tham số  $V$  của sợi. Do cả hai đạo hàm bậc một và bậc hai theo  $V$  đều là dương, biểu thức (2.9) cho  $D_w$  âm trong toàn vùng bước sóng truyền thông.

Hình 2.11 biểu diễn đồ thị của hệ số tán sắc vật liệu  $D_M$  và hệ số tán sắc ống dẫn sóng  $D_w$  trên toàn bộ vùng cửa sổ bước sóng truyền thông. Hệ số tán sắc tổng cộng của sợi quang  $D = D_M + D_w$  [ps/(nm-km)] của sợi đơn mode.



**Hình 2.11:** Tán sắc tổng cộng  $D$  phụ thuộc  $D_M$  và  $D_W$

Hệ số tán sắc vật liệu  $D_M$  âm khi  $\lambda < \lambda_{ZD} = 1.276 \text{ mm}$  và dương khi  $\lambda > \lambda_{ZD}$ . Như vậy, tán sắc ống dẫn sóng đã dịch  $\lambda_{ZD}$  một khoảng 30-40 nm sao cho  $\lambda_{ZD} \sim 1,31 \text{ mm}$ . Nó cũng làm giảm giá trị tán sắc tổng cộng  $D$  do  $D = D_M + D_W$  trong khoảng bước sóng 1,3-1,6 mm được quan tâm bởi các hệ thống truyền thông quang. Giá trị tiêu biểu của  $D$  trong khoảng 15-18 ps/(km-nm) gần bước sóng 1,55 mm. Tán sắc ống dẫn sóng  $D_W$  phụ thuộc vào thông số của sợi quang như bán kính lõi  $a$  và độ lệch chiết suất lõi vỏ  $\Delta$ , do vậy người ta có thể thiết kế các sợi quang mà  $\lambda_{ZD} \sim 1,55 \text{ mm}$ , sợi quang loại này gọi là sợi dịch tán sắc. Người ta cũng có thể điều chỉnh sự đóng góp của ống dẫn sóng như vậy mà hệ số tán sắc tổng cộng  $D$  là tương đối nhỏ trên một dải bước sóng rộng kéo dài từ 1,3-1,6 mm và sợi quang loại này gọi là sợi tán sắc phẳng.

Hình 2.11 cho thấy sự phụ thuộc của  $D$  vào bước sóng và tán sắc tổng cộng  $D$  liên quan đến  $D_M$  và  $D_W$ . Tán sắc ống dẫn sóng  $D_W$  có thể được sử dụng để tạo ra sợi quang giảm tán sắc trong đó GVD giảm dọc theo chiều dài sợi. Một loại sợi quang được gọi là sợi bù trừ tán sắc sao cho bước sóng truyền thông tại  $\lambda < \lambda_{ZD}$  có hệ số tán sắc âm. Thường người ta chỉ quan tâm đến độ trải rộng xung trên một km, và có đơn vị là [ns/Km], hoặc [ps/Km]. Ngoài ra có đơn vị [ps/nm-km] để đánh giá độ tán sắc chất liệu.

### 2.3.3 Ảnh hưởng của quỹ công suất

Quỹ công suất có mục đích là đảm bảo công suất dự phòng của máy phát sao cho khi đến máy thu đủ lớn để duy trì hoạt động tin cậy trong suốt thời gian sống của hệ thống. Công suất trung bình nhỏ nhất đòi hỏi bởi máy thu được gọi là độ nhạy của máy thu, ký hiệu là  $P_r$ . Quỹ công suất thường được tính theo đơn vị decibel (dB), còn công suất quang được biểu thị theo đơn vị dBm. Thường ta luôn biết được công suất phát trung bình  $P_t$  của máy phát.

$$P_t = P_r + A_L + M_s \quad (2.10)$$

Trong đó  $A_L$  suy hao kênh tổng cộng;  $M_s$  là độ dự phòng hệ thống.

Mục đích của độ dự phòng hệ thống là để dành một lượng công suất nhất định cho trường hợp các nguồn suy giảm công suất có thể phát sinh trong thời gian hoạt động của hệ thống do sự xuống cấp của linh kiện hoặc các sự kiện không biết trước. Khi thiết kế người ta thường cho độ dự phòng khoảng 4-6 dB. Suy hao kênh  $A_L$  tính đến tất cả các nguồn suy hao có thể có, bao gồm cả suy hao các connector và suy hao các mối hàn.

$$A_L = \alpha_f L + \alpha_{con} + \alpha_{spline} \quad (2.11)$$

$\alpha_f$  là suy hao trung bình của sợi quang (dB/km)

Với  $\alpha_{con}$  và  $\alpha_{spline}$  là suy hao các tại các bộ ghép quang (connector) và suy hao các mối hàn dọc theo tuyến sợi quang. Sử dụng các công thức (2.9) và (2.10) có thể tính toán được khoảng cách truyền lớn nhất tương ứng với các linh kiện thiết bị cho trước.

Tổng suy hao trên tuyến được hợp thành từ các yếu tố sau:





- ✓ Suy hao trên sợi quang phụ thuộc vào chiều dài cáp
- ✓ Suy hao khi qua bộ chia quang Splitter
- ✓ Suy hao mối hàn phụ thuộc chất lượng và số lượng mối hàn
- ✓ Suy hao đầu nối Adapter






Các tham số suy hao:

**Bảng 2.1: Bảng suy hao các thành phần**

STT	Mô tả	Suy hao (dB)
1	Suy hao sợi quang	0.35 dB/km
2	Suy hao mỗi hàn (cơ nhiệt)	0.1 dB/mỗi hàn
3	Suy hao mỗi hàn (cơ khí)	0.3 dB/mỗi hàn
4	Suy hao Connector	0.3 dB/mỗi hàn
5	Dự phòng	4-6 dB

**Bảng 2.2: Bảng Suy hao các loại connector**

STT	Loại Connector	Suy hao (dB)	Chủng loại	Kiểu kết nối
1	ST	0.3 dB		Vặn khớp
2	MPO	0.35 dB		Cắm – Rút
3	FDDI	0.5 dB		Cắm – Rút kiểu RJ45
4	MTRJ	0.7 dB		Cắm – Rút kiểu RJ45

5	SC/UPC	0.3 dB		Cắm – Rút
6	SC/APC	0.3 dB		Cắm – Rút
7	LC	0.2 dB		Cắm – Rút kiểu RJ45
8	FC/APC	0.3 dB		Vặn xoắn
9	FC/UPC	0.3 dB		Vặn xoắn

**Bảng 2.3: Bảng suy hao của splitter của Kexin**

STT	Tỷ lệ chia của Splitter	Suy hao (dB)
1	1:02	$\leq 3.5$
2	1:04	$\leq 7.5$
3	1:08	$\leq 10.5$
4	1:16	$\leq 13.5$
5	1:32	$\leq 17.5$
6	1:64	$\leq 20.5$

**Bảng 2.4: Bảng suy hao của Splitter của Visem**

STT	Tỷ lệ chia của Splitter	Suy hao (dB)
1	1:02	$\leq 4$
2	1:04	$\leq 7.4$
3	1:08	$\leq 10.7$
4	1:16	$\leq 14$
5	1:32	$\leq 17.2$
6	1:64	$\leq 21.5$

Khi đặt một bộ chia quang vào hệ thống cho dù chưa dùng hết số cổng của bộ chia quang nhưng giá trị suy hao vẫn tính bằng giá trị suy hao tổng của bộ chia quang đó.

*Công thức tính suy hao toàn tuyến:*

Tổng suy hao (dB) = [Suy hao sợi quang x (chiều dài cáp quang)] + Suy hao bộ chia + [Suy hao mỗi hàn x (tổng số mỗi hàn)] + [Suy hao connector x (tổng số connector)] + Suy hao vượt + Dự phòng (4-6dB).

#### **2.3.4 Ảnh hưởng của quỹ thời gian lên**

Mục đích của quỹ của thời gian lên là bảo đảm rằng hệ thống có khả năng hoạt động đúng ở tốc độ bit mong muốn. Thậm chí nếu dải thông của các thành phần riêng lẻ của hệ thống vượt quá tốc độ bit, có thể xảy ra trường hợp toàn hệ thống có thể không hoạt động được ở tốc độ bit đó. Khái niệm thời gian “tăng sườn xung” (thời gian lên) được sử dụng để phân bổ dải thông giữa các thành phần khác nhau. Thời gian lên  $T_r$  của một hệ thống tuyến tính được định nghĩa là thời gian trong khoảng đó xung đáp ứng tăng từ 10 đến 90% của giá trị ngõ ra cuối cùng khi ngõ vào bị thay đổi đột ngột.



Thời gian lên tổng cộng được tính như sau:

$$T = \sqrt{T_{tran}^2 + T_{fib}^2 + T_{ter}^2} \quad (2.12)$$

Trong đó  $T_{tran}$ ,  $T_{fib}$ , và  $T_{ter}$  là thời gian lên của các thiết bị phát, sợi quang và thiết bị thu quang. Thời gian lên của thiết bị phát  $T_{tran}$  và thời gian lên của thiết bị thu  $T_{ter}$  thường biết trước nhờ xác định các thành phần mạch điện tử trong hệ thống và có giá trị thông thường khoảng 0,1nsec. Thời gian thu được xác định thông qua mối quan hệ giữa băng tần và  $T_{ter}$  bởi biểu thức:

$$T_{ter} = \frac{2.2}{2\pi B_t} = \frac{0.35}{B_t} \quad (2.13)$$

Thời gian lên của sợi quang  $T_{fib}$  do tán sắc mode và tán sắc vận tốc nhóm được xác định bởi biểu thức:

$$T_{fib} = \sqrt{T_{mod}^2 + T_{GVD}^2} \quad (2.14)$$

Tán sắc mode trong sợi quang đa mode làm tăng thời gian lên được xác định:

$$\lambda_1 \lambda_2 \quad (2.15)$$

Trong đó  $L$  là chiều dài sợi quang,  $n_1$  và  $n_2$  là chiết suất lõi và vỏ sợi,  $\Delta$  là độ lệch chiết suất tỉ đối giữa lõi và vỏ,  $D_M$  hệ số tán sắc mode. Tán sắc vận tốc nhóm gây giãn xung quang, làm tăng thời gian lên sợi quang có thể được xác định bởi biểu thức:

$$T_{GVD} = L \frac{d^2 \beta}{d^2 \omega} \Delta \omega = L \beta_2 \Delta \omega = D_{GVD} L \Delta \lambda \quad (2.16)$$

Trong đó  $\beta$  là hằng số lan truyền sóng ánh sáng trong sợi quang,  $\beta_2$  là đạo hàm bậc hai của  $\beta$  theo tần số sóng ánh sáng và  $D_{GVD}$  được gọi là hệ số tán sắc vận tốc nhóm (GVD). Đối với sợi quang đơn mode  $T_{mod} = 0$  do đó  $T_{fib} = T_{GVD}$

Như vậy thời gian lên của sợi quang  $T_{fib}$  phụ thuộc chủ yếu vào độ dài sợi quang và độ rộng phổ nguồn sáng trong sợi quang. Xét hệ thống hoạt động tại vùng bước sóng  $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ , khi khoảng cách truyền là  $L = 50\text{km}$ , độ rộng phổ nguồn sáng  $\Delta\lambda = 2 \text{ nm}$  và  $D_{GVD} = 3 \frac{\text{ps}}{\text{km}}$  thì  $T_{GVD} = 0.3 \text{ nsec}$ . Như vậy  $T_{GVD}$  làm ảnh hưởng đến tốc độ truyền của sợi quang và làm cho sợi quang không thể truyền dẫn với tốc độ 1 Gb/s trong điều kiện này.

### 2.3.5 Các yếu tố khác ảnh hưởng đến hiệu năng của hệ thống

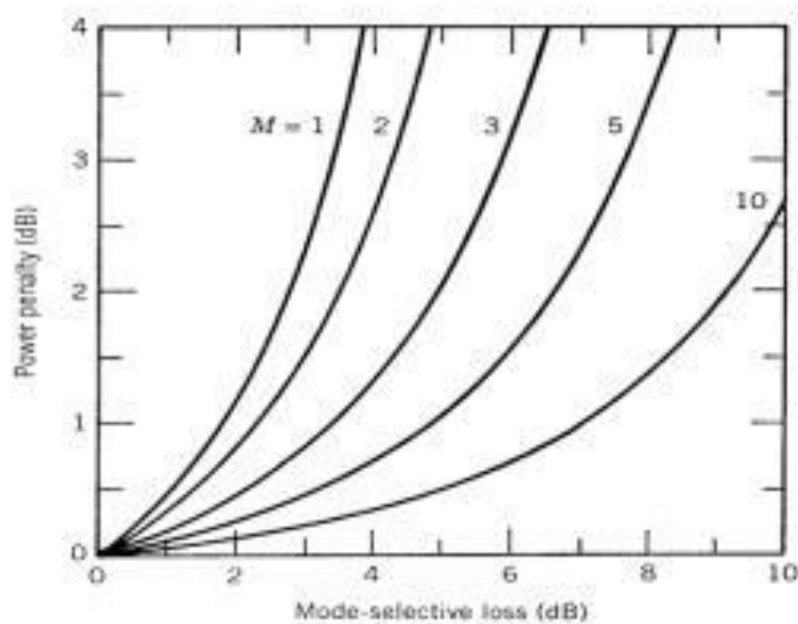
#### a. Nhiều mode

Nhiều mode liên quan tới sợi đa mode, nguồn gốc của nó có thể được hiểu như sau: Giao thoa giữa các mode lan truyền khác nhau trong sợi quang đa mode tạo ra một mẫu đốm tại bộ tách quang. Sự phân bố cường độ không đều liên quan tới mẫu đốm này sẽ vô hại cho chính nó bởi vì chất lượng của máy thu được quyết định bởi công suất tổng cộng lấy trên toàn bộ vùng tách quang. Tuy nhiên, nếu mẫu đốm đó dao động theo thời gian, nó sẽ dẫn đến sự dao động trong công suất thu vì thế làm giảm SNR.

Sự dao động công suất thu được xem như là nhiễu mode. Chúng luôn xảy ra trong sợi quang đa mode do các rối loạn cơ học khi sợi quang dao động và uốn cong nhỏ. Hơn nữa, các mối hàn và connector quang hoạt động như các bộ lọc không gian. Bất kỳ sự thay đổi theo thời gian nào trong bộ lọc không gian được chuyển thành các dao động đốm và làm tăng lên nhiễu mode. Nhiễu mode bị ảnh hưởng mạnh bởi độ rộng phổ nguồn quang  $f$  kể bởi vì độ giao thoa mode chỉ xuất hiện chỉ khi nếu thời gian kết hợp ( $T_c \approx 1/\Delta f$ ) lớn hơn thời gian trễ giữa các mode  $T_{mod}$  được cho bởi phương trình (2.14). Đối với các máy phát sử dụng LED khi mà  $f$  đủ lớn ( $\Delta f \approx 5\text{THz}$ ) thì điều kiện này không được thỏa mãn. Phần lớn các hệ thống thông tin quang sử dụng sợi đa mode cũng sử dụng LED để tránh các vấn đề nhiễu mode.

Mặt khác nhiều giữa các mode trong sợi đa mode trở nên nghiêm trọng khi các laser bán dẫn được sử dụng đòi hỏi giảm trừ công suất ứng với  $BER = 10^{-12}$  được tính cho hệ thống thông tin quang với  $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ , tốc độ 140 Mb/s. Sợi quang chiết suất tuần tự có đường kính lõi 50  $\mu\text{m}$  và hỗ trợ 146 mode. Độ giảm trừ công suất phụ thuộc vào suy hao ghép chọn lựa mode xảy ra tại các vị trí mối hàn và các đầu connector. Nó cũng phụ thuộc phổ mode dọc của laser bán dẫn. Sự giảm trừ công suất giảm khi số lượng mode dọc tăng thời gian kết hợp (time coherence) của ánh sáng phát ra giảm.

Nhiều mode cũng có thể xuất hiện trong các hệ thống đơn mode nếu có các đoạn nhỏ sợi quang giữa hai connector hay mối hàn có khi quá trình sửa chữa hoặc bảo dưỡng thông thường. Một mode bậc cao có thể được kích thích tại điểm gián đoạn sợi cáp xuất hiện tại mối hàn đầu tiên và sau đó được chuyển đổi trở lại mode cơ bản tại connector hay mối hàn thứ hai.



**Hình 2.11: Sự giảm trừ công suất do nhiều mode**

Một mode bậc cao không thể truyền đi xa từ điểm kích thích, nên vấn đề này có thể khắc phục bằng cách bảo đảm khoảng cách giữa hai bộ ghép connector hay hai mối hàn phải lớn hơn 2m.

### b. Nhiều phân chia mode (MNP)

Các mode dọc khác nhau dao động theo cách các mode riêng biệt tạo ra dao động về cường độ lớn mặc dù tổng cường độ là không thay đổi. MPN là vô hại khi không tán sắc trong sợi quang, bởi vì tất cả các mode vẫn được duy trì đồng bộ trong suốt quá trình truyền dẫn và tách sóng. Trong thực tế, các mode khác nhau sẽ không đồng bộ khi chúng di chuyển nhẹ ở các tốc độ khác nhau bên trong sợi cáp do tán sắc vận tốc nhóm. Do kết quả của sự tái đồng bộ hóa này, cường độ bộ chứa tạo thêm dao động, và SNR quyết định ở mạch thu trở nên tồi tệ hơn khi không có nhiều chế độ từng phần. Một công suất phạt (thêm) cần phải cung cấp để cải thiện SNR đạt được cùng giá trị mà cần thiết để đạt được BER như yêu cầu. Ảnh hưởng của MPN đến quá trình hoạt động của hệ thống đã được nghiên cứu rộng rãi cho cả lade bán dẫn đa chế độ lẫn lase bán dẫn đơn mode.

### c. Nhiều phản xạ

Trong các hệ thống thông tin quang, một vài tia sáng được uốn ngược trở lại bởi hiện tượng khúc xạ. Hiệu ứng của các hiện tượng này có thể làm giảm hiệu năng của hệ thống. Thậm chí một lượng tương đối nhỏ của hiệu ứng có thể ảnh hưởng đến hoạt động của hệ thống laser bán dẫn và sẽ gây gia tăng nhiễu trong tín hiệu ở đầu phát. Thậm chí khi ta phân cách giữa bộ phận phát và sợi quang, hiệu ứng đa khúc xạ sẽ xảy ra mặt cắt và các mối nối, gây ra nhiễu nội và hạn chế quá trình nhận tín hiệu. Hầu hết mọi hiện tượng phản xạ trong sợi quang đều có nguồn gốc từ bề mặt giao diện giữa thủy tinh và không khí, sự thay đổi chiết suất làm khúc xạ ánh sáng, hệ số khúc xạ của các môi trường này được tính theo công thức:

$$R_f = \frac{(n_f - n_0)^2}{(n_f + n_0)^2} = \frac{(n_f - 1)^2}{(n_f + 1)^2} \quad (2.17)$$

Trong đó  $n_f$  là chiết suất của vật liệu làm nên sợi quang.

Với sợi quang vật liệu silicat,  $R_f = 3.6\%$  (-14.4 dB) khi  $n_f = 1.47$ . Giá trị này có thể tăng lên 5.3% đối với sợi có đáy trơn vì độ trơn có thể tạo ra bề mặt móng

hơn với chiết suất khoảng 1.6. Trường hợp phản xạ xảy ra giữa hai mặt cắt và mỗi nối, hồi tiếp phản xạ tăng sẽ lên vì hai bề mặt phẳng hoạt động như một cái gương giao thoa Fabry-Perot. Khi đó hiện tượng cộng hưởng xảy ra, sự phản xạ tăng lên đến 14% đối với bề mặt không trơ láng và trên 22% với bề mặt trơ láng. Như vậy một phần nhỏ tín hiệu truyền có thể được phản xạ trở lại do đó phải cân nhắc trong việc làm giảm hồi đáp quang.

Một kỹ thuật phổ biến dùng để làm suy giảm hồi đáp phản xạ là sử dụng dầu hay gel có chiết suất tuyệt đối gần với chiết suất tuyệt đối của thủy tinh -không khí. Thỉnh thoảng đỉnh của sợi quang được uốn cong hoặc cắt ở một góc để sự phản xạ ánh sáng lệch khỏi trục quang. Sử dụng kỹ thuật này có thể làm hồi đáp phản xạ giảm còn 0.1%. Bán dẫn laser đặc biệt nhạy cảm với hồi tiếp quang. Công suất hoạt động của nó có thể bị ảnh hưởng bởi hồi tiếp cỡ khoảng 80dB. Yếu tố ảnh hưởng nghiêm trọng nhất trong việc phản xạ hồi đáp là bề rộng của đường truyền laser, nó có thể thu hẹp hoặc mở rộng bởi các yếu tố được sắp đặt trước, nó phụ thuộc vào độ chính xác của vị trí bề mặt, nguồn gốc của sự phản hồi tín hiệu. Lí do gián tiếp có thể là sự liên quan giữa độ nhạy và pha phản xạ của ánh sáng có thể làm đảo lộn hoàn toàn phase của tia laser mặc dù mức hồi đáp yếu. Những thay đổi của pha phản xạ bất lợi cho các hệ thống truyền thông tin có kết nối chặt chẽ với nhau. Hệ thống sóng ánh sáng thường bị ảnh hưởng của nhiễu nội hơn là nhiễu phase.

## 2.4 Kết Luận

Nội dung chương 2 đã trình bày về tổng quan về công nghệ XG-PON, kiến trúc cũng như các thành phần của hệ thống truy nhập quang thụ động XG-PON. Bên cạnh đó, chương 2 cũng tập trung giới thiệu mô hình cộng hữu của hệ thống XG-PON và GPON hiện tại trên cùng mạng phân phối quang ODN. Ngoài ra, các yếu tố vật lý ảnh hưởng đến hiệu năng của hệ thống như suy hao, tán sắc, quỹ thời gian lên, quỹ công suất và các yếu tố khác cũng được trình bày trong chương này.

## CHƯƠNG III: TRIỂN KHAI XG-PON TRONG MẠNG TRUY NHẬP QUANG VNPT THỊ XÃ TỪ SƠN

### 3.1 Khảo sát và đánh giá hiện trạng mạng truy nhập quang thụ động VNPT Thị xã Từ Sơn

#### 3.1.1 Khảo sát nhu cầu [2]

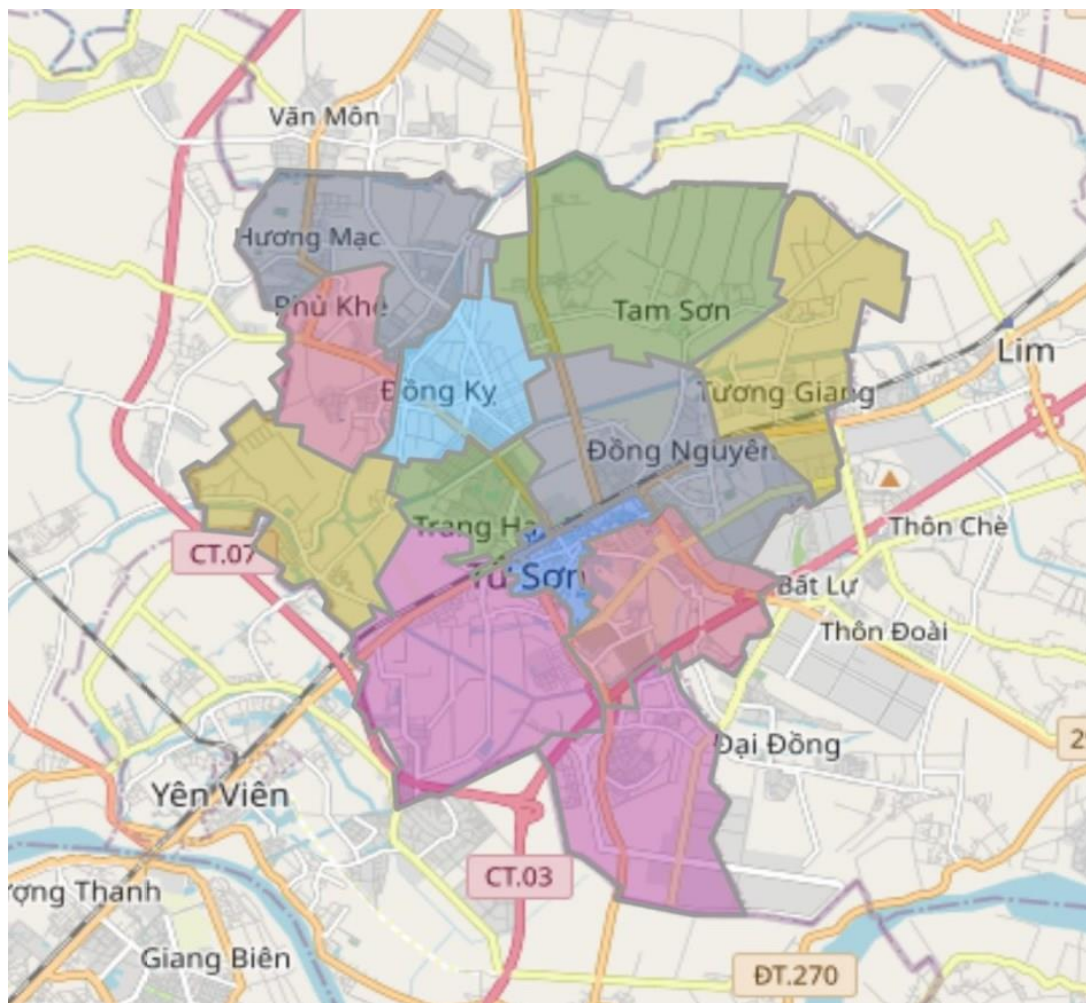
a) Tình hình kinh tế, xã hội của tỉnh Bắc Ninh và khu vực đầu tư

Bắc Ninh là một trong 13 tỉnh được Vua Minh Mạng thành lập đầu tiên ở Bắc kỳ vào năm 1831, nguyên là xứ Kinh Bắc năm Hồng Đức 21 (1490), đổi thành Kinh Bắc thời vua Gia Long (1802-1819), trở thành Bắc Ninh trấn năm 1822. Tỉnh Bắc Ninh ngày nay có diện tích tự nhiên 82,271 km<sup>2</sup>, dân số 1. 038. 299 người. Tỉnh có 8 đơn vị hành chính cấp huyện, gồm: 1 thành phố, 1 thị xã và 6 huyện; 125 đơn vị hành chính cấp xã, gồm: 17 phường, 6 thị trấn, 102 xã.

**Bảng 3.1: Diện tích, dân số các huyện thị, tỉnh Bắc Ninh**

Đơn vị hành chính cấp Huyện	Thành phố Bắc Ninh	Thị xã Từ Sơn	Huyện Yên Phong	Huyện Quế Võ	Huyện Tiên Du	Huyện Thuận Thành	Huyện Lương Tài	Huyện Gia Bình
Diện tích (km <sup>2</sup> )	82,6	81,3	96,9	154,8	95,7	117,9	107,8	105,7
Dân số (người)	168. 236	163. 093	128. 603	136. 578	126. 326	146. 563	92. 238	96. 580
Mật độ dân số (người/km <sup>2</sup> )	2. 036	2. 631	1. 327	882	1. 320	1. 243	855	913
Số đơn vị	19 xã, phường	12 xã, phường	14 xã, thị trấn	21 xã, thị trấn	14 xã, thị trấn	18 xã, thị trấn	14 xã, thị trấn	14 xã, thị trấn

Trong số các đơn vị hành chính của tỉnh Bắc Ninh, Thị xã Từ Sơn là địa bàn nằm ở cửa ngõ phía bắc của thủ đô Hà Nội, có tuyến quốc lộ 1A, 1B, đường sắt huyết mạch giao thông từ Hà Nội lên biên giới Lạng Sơn chạy qua. Từ trung tâm Thị xã còn có nhiều đường bộ nối liền các vùng kinh tế trong và ngoài tỉnh. Thị xã Từ Sơn với 12 đơn vị hành chính: 7 phường gồm Đông Ngàn, Đồng Nguyên, Tân Hồng, Đình Bảng, Châu Khê, Đồng Kỵ, Trang Hạ và 5 xã là Hương Mạc, Phù Khê, Tương Giang, Tam Sơn, Phù Chẩn. Tổng dân số Từ Sơn là 163.093 người (tính đến 30 tháng 10 năm 2016). Mật độ dân số là 2.631 người/km<sup>2</sup>, là nơi có mật độ dân số cao nhất tỉnh, gấp 2 lần mật độ dân số bình quân vùng đồng bằng sông Hồng, gấp 1,8 lần mật độ dân số của Hải Phòng, gấp 1,2 lần mật độ dân số của Hà Nội mới và là một trong những thị xã đông dân nhất Việt Nam.



**Hình 3.1: Bản đồ Thị xã Từ Sơn**

b) Sự cần thiết phải đầu tư nâng cấp hạ tầng thông tin truyền thông

Để đáp ứng được mục tiêu phát triển của VNPT Thị xã Từ Sơn nói riêng và VNPT Bắc Ninh nói chung VNPT Thị xã Từ Sơn tập trung nâng cao chất lượng mạng lưới, chất lượng dịch vụ di động và mạng băng rộng. Phát triển các điểm bán hàng tại xã, phường, điểm bán hàng lưu động; xây dựng chính sách hợp lý về giá cước dịch vụ viễn thông, CNTT theo từng địa bàn, nhóm khách hàng; đẩy mạnh gói 3G và tăng cường sử dụng sim đa năng phục vụ công tác bán hàng.

Để phát triển dịch vụ, mở rộng thị phần Internet, điện thoại cố định, VNPT Thị xã Từ Sơn cần phải tiếp tục mở rộng hạ tầng viễn thông. Tập trung đầu tư mạng cáp quang đường trục, cáp quang thuê bao, cập nhật và ứng dụng các công nghệ mới nhằm phục vụ kịp thời nhu cầu của khách hàng.

**Bảng 3.2: Kế hoạch phát triển dịch vụ đến hết năm 2020**

STT	Xã/ Phường	Số thuê bao AD SL hiện có	Thuê bao Fiber VNN hiện có	Số hộ dân	Kế hoạch phát triển dịch vụ FiberVNN trong thời gian tới						
					Giai đoạn: Năm 2020						
					Thuê bao chuyển đổi	Thuê bao phát triển mới	Số thuê bao băng rộng	Dung lượng thị trường	Công Pon cần đáp ứng (bằng 70% dung lượng )	công Pon đã sử dụng đến 5/2020	công Pon chưa dùng đến 05/2020
1	Xã Phù Chấn	4	1169	2549	4	300	204	8.00%	204	894	898
2	Phường Đồng Nguyên	11	1088	4074	11	300	211	5.18%	211	810	1086
3	Phường Đồng Ngàn	48	1125	2671	48	280	228	8.54%	228	1106	1032
4	Phường Đồng Kỵ	18	449	3428	18	300	218	6.36%	218	195	1458
5	Xã Hương Mạc	5	567	3583	5	300	205	5.72%	205	862	1160
6	Xã Phù Khê	7	568	2456	7	250	157	6.39%	157	427	965
7	Phường Trang Hạ	8	800	1892	8	250	158	8.35%	158	574	354
8	Phường Đình Bảng	21	1626	5243	21	300	221	4.22%	221	1297	1183
9	Xã Tam Sơn	12	633	3774	12	300	212	5.62%	212	530	686
10	Xã Tương Giang	28	669	3778	28	300	228	6.03%	228	592	660
11	Phường Châu Khê	68	2092	4588	68	300	268	5.84%	268	1483	597
12	Phường Tân Hồng	12	423	2910	12	300	212	7.29%	212	210	690
	<b>Tổng cộng</b>	<b>242</b>	<b>11209</b>	<b>40946</b>	<b>242</b>	<b>3480</b>	<b>2522</b>	<b>6.16%</b>	<b>2522</b>	<b>8980</b>	<b>10769</b>



### ***3.1.2 Đánh giá hiện trạng mạng lưới viễn thông [10]***

#### **a. Về chuyển mạch**

Mạng lưới viễn thông của tỉnh Bắc Ninh qua các năm không ngừng được đầu tư nâng cấp mở rộng và hiện đại hóa. Số lượng thuê bao Internet phát triển rất nhanh, các loại hình dịch vụ ngày càng đa dạng.

Mạng chuyển mạch tỉnh Bắc Ninh gồm có 2 trạm Host, các trạm vệ tinh và tổng đài độc lập, bao gồm:

Host 1- Đặt tại Thành phố Bắc Ninh và các trạm vệ tinh.

Host 2- Đặt tại huyện Thuận Thành và các trạm vệ tinh.

#### **b. Về truyền dẫn**

Các đài, trạm viễn thông toàn tỉnh đã được cáp quang hóa. Liên kết truyền dẫn giữa các trung tâm viễn thông phần lớn là liên kết kín. Các vòng RING cáp quang liên kết các toàn tỉnh Bắc Ninh và giữa các trạm trong Thị Xã.

Các thiết bị truyền dẫn chủ yếu là FUJITSU, HUAWEI, LUCENT, ALCATEL.

#### **c. Về các hạ tầng khác**

Các tuyến cáp ngầm, cáp treo các loại đã và đang được đầu tư mở rộng hàng năm, tuy nhiên điều kiện hạ tầng (các tuyến cống bể, tuyến cột.. ) có sẵn vẫn chưa đủ năng lực cho việc kéo cáp phát triển thuê bao trong thời gian tới do đó cần phải được đầu tư mở rộng, phát triển thêm.

### ***3.1.3 Đánh giá hiện trạng mạng truy nhập quang VNPT Thị xã Từ sơn***

Mạng truy nhập quang VNPT Thị xã Từ Sơn được đầu tư và phát triển từ năm 2014 cùng với sự chuyển dịch sang công nghệ GPON. Mạng truy nhập được đầu tư và phát triển dựa trên các phương án kinh doanh cũng như kế hoạch phát triển thuê bao theo yêu cầu của Viễn thông Bắc Ninh và Trung tâm kinh doanh VNPT Bắc Ninh.

Tuy nhiên việc đầu tư không đồng bộ từ OLT, cáp quang và các Splitter và thiết bị cuối ONU luôn thiếu so với nhu cầu thị trường do đó việc quy hoạch các OLT, đặc biệt là các Splitter sơ cấp và Splitter thứ cấp gặp rất nhiều khó khăn, gây ra suy hao toàn tuyến lớn.

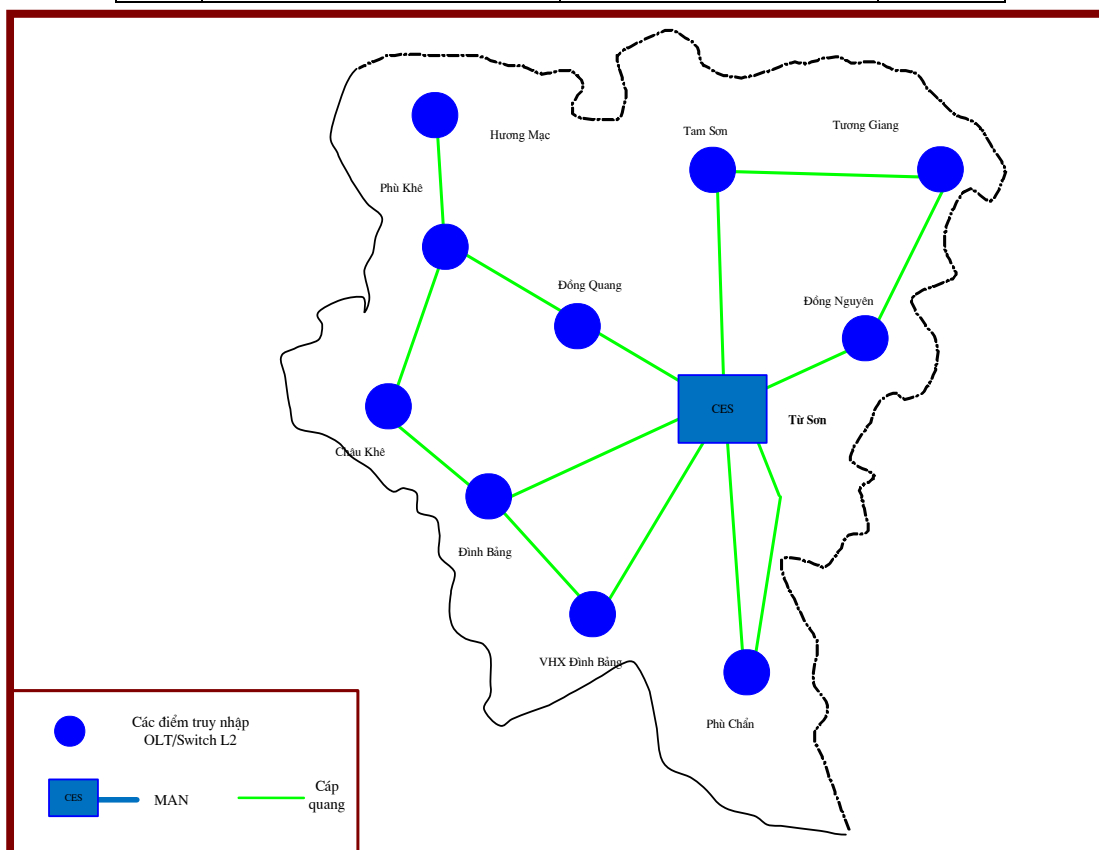
Mạng quang truy nhập một phần được triển khai dựa trên mạng cáp quang ODN được xây dựng từ năm 2009. Do cáp quang ODN được triển khai từ năm 2009 đã kém chất lượng và được hàn qua nhiều măng sông, ODF nên suy hao tại các điểm đầu nối lớn dẫn đến suy hao toàn tuyến lớn.

Tài nguyên cáp quang tồn kém vì một bộ Splitter sơ cấp phải đấu cho các Splitter thứ cấp ở nhiều khu vực khác nhau, bán kính cách xa nhau, đấu chéo. Nhiều Splitter sơ cấp, và thứ cấp đặt trong các trạm viễn thông không đảm bảo các tiêu chí kỹ thuật và gây mất mỹ quan.

Hiện nay hầu hết các khu vực của Thị xã Từ Sơn đã có hạ tầng cáp quang và được cung cấp các dịch vụ viễn thông của VNPT và các nhà mạng khác như Viettel, FPT, VOV... Với mật độ dân số đông, trình độ dân trí cao nhu cầu sử dụng mạng internet tốc độ cao, chia sẻ dữ liệu, dịch vụ giải trí của tổ chức, công ty, người dân,... đang ngày càng lớn là địa bàn rất tiềm năng trong việc phát triển và cung cấp các dịch vụ. Hiện nay với hơn 11000 thuê bao, VNPT Thị xã Từ Sơn là một trong 3 nhà cung cấp các dịch vụ viễn thông lớn nhất tại địa bàn. Cùng với sự cạnh tranh của các nhà mạng khác, việc đầu tư nâng cấp mở rộng mạng truy nhập để tìm kiếm khách hàng mới và việc duy trì nâng cấp chất lượng dịch vụ, băng thông để phát triển thêm cũng như giữ chân khách hàng là điều rất cần thiết. Bảng 3.3 thể hiện quy hoạch số lượng thuê bao tại các khu vực thuộc Thị xã Từ Sơn.

**Bảng 3.3: Số lượng thuê bao theo khu vực Thị xã Từ Sơn**

STT	Khu Vực	Số lượng thuê bao	Ghi chú
1	Châu Khê	2092	
2	Đình Bảng	803	
3	Đồng Nguyên	1088	
4	Đồng Quang	1249	
5	Hương Mạc	567	
6	Phù Chấn	1169	
7	Phù Khê	568	
8	Tam Sơn	633	
9	Từ Sơn	1548	
10	Tương Giang	669	
11	VHX Đình Bảng	823	
	<b>Tổng cộng</b>	<b>11209</b>	

**Hình 3.2: Mô hình các điểm truy nhập OLT Thị xã Từ Sơn**

Dựa theo số lượng thuê bao và tiềm năng của khu vực, số lượng OLT đặt tại các trạm bao gồm 15 OLT:

Trạm Châu Khê (CKE) 2 OLT gồm 3 card 16 cổng và 1 card 8 cổng.

Trạm Đình Bảng (DBG) 1 OLT gồm 1 card 16 cổng, 1 card 8 cổng

Trạm Đồng Nguyên (DNN) 2 OLT gồm 2 card 16 cổng, 1 card 8 cổng

Trạm Đồng Quang (DQN) 1 OLT gồm 2 card 16 cổng

Trạm Hương Mạc (HMN) 1 OLT gồm 1 card 16 cổng và 1 card 8 cổng

Trạm Phù chân (PCN) 1 OLT gồm 2 card 16 cổng

Trạm Phù Khê (PHU) 1 OLT gồm 1 card 16 cổng, 1 card 8 cổng

Trạm Tam Sơn (TAS) 1 OLT gồm 1 card 16 cổng, 1 card 8 cổng

Trạm Từ Sơn (TSN) 2 OLT gồm 2 card 16 cổng, 1 card 8 cổng

Trạm Tương Giang (TGG) gồm 1 card 16 cổng, 1 card 8 cổng

Trạm VHX Đình Bảng (DBG2) gồm 2 card 16 cổng

Do các phường Tân Hồng, Trang Hạ và Đồng Kỵ không có trạm viễn thông nên khu vực phường Tân Hồng sẽ dùng chung OLT với khu vực Đông Ngàn được đặt tại trạm Từ Sơn. Khu vực phường Trang Hạ và Đồng Kỵ dùng chung OLT đặt tại trạm Đồng Quang nằm giữa hai phường. Riêng khu vực Đình Bảng khá rộng, có 2 trạm lẻ đều được đặt OLT là Đình Bảng và VHX Đình Bảng. Các trạm như Từ Sơn, Châu Khê, Đồng Nguyên số lượng thuê bao lớn và hiệu suất băng thông sử dụng cao sẽ được lắp thêm OLT.

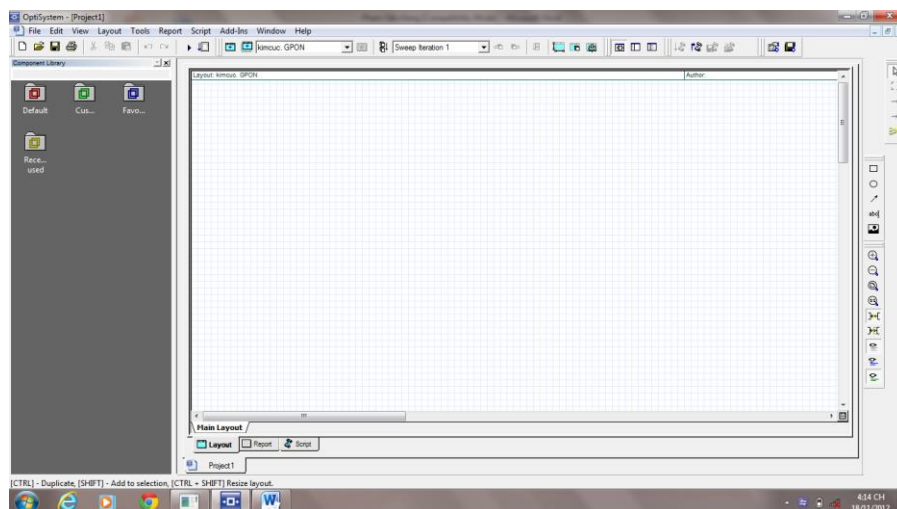
### **3.2 Đánh giá hiệu năng hệ thống XG-PON**

Với mục tiêu khảo sát khả năng ứng dụng công nghệ XG-PON tại Thị xã Từ Sơn, tỉnh Bắc Ninh, trong nội dung này, học viên khảo sát và đánh giá hiệu năng của hệ thống XG-PON theo các tham số cơ bản của hệ thống là khoảng cách kết nối (giữa ONU và OLT) và công suất phát theo kịch bản mô hình ứng dụng tại thị xã

Từ Sơn. Công cụ mô phỏng được sử dụng để mô hình hóa và đánh giá hiệu năng của hệ thống là Optisystem. Hiệu năng của hệ thống được đánh giá theo các tham số khai thác thực tiễn của hệ thống bao gồm tầm với quang (khoảng cách từ OLT đến ONU) và công suất phát. Ngoài ra, do kỳ vọng XG-PON sẽ được triển khai cộng hữu (chia sẻ chung môi trường truyền dẫn) với hệ thống GPON, hệ thống phân phối quang được sử dụng giống các hệ thống hiện thời đối với mạng GPON.

### 3.2.1 Giới thiệu về phần mềm Optisystem

Optisystem là một phần mềm mô phỏng hệ thống thông tin quang (Hình 3.3). Đây là phần mềm có khả năng thiết kế, đo kiểm và thực hiện tối ưu hóa nhiều loại tuyến thông tin quang dựa trên khả năng mô hình hóa các hệ thống thông tin quang trong thực tế nhằm giảm thiểu các yêu cầu về thời gian và giảm chi phí liên quan đến thiết kế của các hệ thống quang học, liên kết, và các thành phần. Đây là phần mềm mạnh mẽ cho phép người dùng lập kế hoạch, kiểm tra, và mô phỏng gần như tất cả các loại liên kết quang học trong lớp truyền dẫn của một phổ rộng của các mạng quang học từ mạng LAN, SAN, MAN siêu đường dài. Nó cung cấp các lớp truyền dẫn thiết kế và quy hoạch hệ thống giao tiếp quang học từ các thành phần hệ thống cấp, và trực quan trình bày phân tích và kịch bản, hội nhập của nó với các sản phẩm Optiwave và công cụ thiết kế hàng đầu của ngành công nghiệp điện tử phần mềm, thiết kế tự động hóa.



**Hình 3.3: Giao diện người sử dụng của OptiSystem**

Optisystem cho phép thiết kế tự động hầu hết các loại tuyến thông tin quang ở lớp vật lý, từ hệ thống đường trục cho đến các mạng LAN, MAN quang. Các ứng dụng cụ thể bao gồm:

- Thiết kế hệ thống thông tin quang từ mức phần tử đến mức hệ thống ở lớp vật lý.
- Thiết kế mạng TDM/WDM và CATV
- Thiết kế mạng FTTx dựa trên mạng quang thụ động (PON)
- Thiết kế hệ thống ROF (radio over fiber)
- Thiết kế bộ thu, phát khuếch đại quang
- Thiết kế sơ đồ tán sắc
- Đánh giá BER và penalty của hệ thống với những mô hình bộ thu khác nhau.
- Tính toán BER và quỹ công suất tuyến của các hệ thống có sử dụng khuếch đại quang.

Optisystem có một thư viện các phần tử phong phú với hàng trăm phần tử được mô hình hóa để có đáp ứng giống như các thiết bị trong thực tế. Cụ thể bao gồm:

- ✓ Thư viện nguồn quang.
- ✓ Thư viện các bộ thu quang.
- ✓ Thư viện sợi quang.
- ✓ Thư viện các bộ khuếch đại (quang, điện).
- ✓ Thư viện các bộ MUX, DEMUX.
- ✓ Thư viện các bộ lọc (quang, điện).
- ✓ Thư viện các phần tử FSO.
- ✓ Thư viện các phần tử truy nhập.
- ✓ Thư viện các phần tử thụ động (quang, điện).

- ✓ Thư viện các phần tử xử lý tín hiệu (quang, điện).
- ✓ Thư viện các phần tử mạng quang.
- ✓ Thư viện các thiết bị đo quang, đo điện.

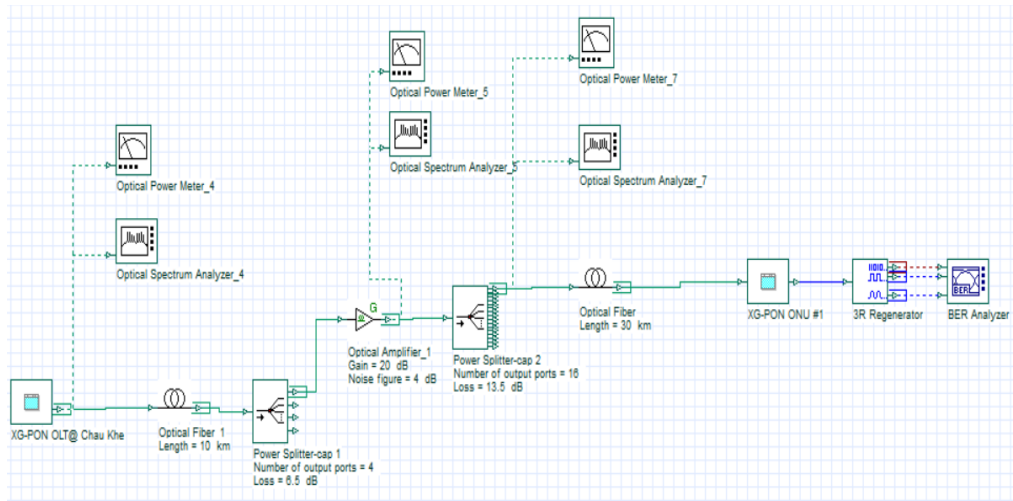
Ngoài các phần tử đã được định nghĩa sẵn, OptiSystem còn có:

- ✓ Các phần tử Measured components. Với các phần tử này, Optisystem cho phép nhập các tham số được đo từ các thiết bị thực của các nhà cung cấp khác nhau.
- ✓ Các phần tử do người sử dụng tự định nghĩa (User-defined Components).
- ✓ Optisystem có đầy đủ các thiết bị đo quang, đo điện nhằm cho phép hiển thị tham số, dạng, chất lượng tín hiệu tại mọi điểm trên hệ thống.
- ✓ Thiết bị đo quang:
  - Phân tích phổ (Spectrum Analyzer).
  - Thiết bị đo công suất (Optical Power Meter).
  - Thiết bị đo miền thời gian quang (Optical Time Domain Visualizer).
  - Thiết bị phân tích WDM (WDM Analyzer).
  - Thiết bị phân tích phân cực (Polarization Analyzer).
  - Thiết bị đo phân cực (Polarization Meter).
- ✓ Thiết bị đo điện:
  - Oscilloscope.
  - Thiết bị phân tích phổ RF (RF Spectrum Analyzer).
  - Thiết bị phân tích biểu đồ hình mắt (Eye Diagram Analyzer).
  - Thiết bị phân tích lỗi bit (BER Analyzer).
  - Thiết bị đo công suất (Electrical Power Meter).

Thiết bị phân tích sóng mang điện (Electrical Carrier Analyzer).

### **3.2.2 Mô hình hệ thống XG-PON**

Xét sơ đồ đường xuống hệ thống XG-PON. Nguồn dữ liệu 10 Gbps được cấu hình trong OLT sử dụng phần mềm mô phỏng Optisystem. Trong đó hệ thống bao gồm máy phát Tx, cách tử ống dẫn sóng mảng, kênh truyền cáp quang, bộ khuếch đại quang bán dẫn có độ lợi công suất G.

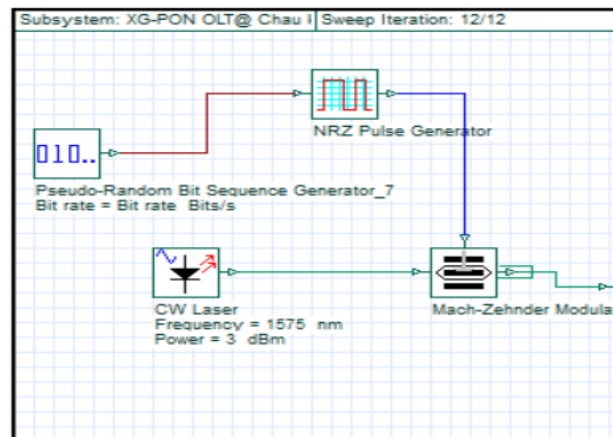


**Hình 3.4: Sơ đồ đường xuống hệ thống XG-PON**

Nguồn sáng băng rộng được cung cấp chuỗi bit nhị phân, bộ tạo dạng xung NRZ kết hợp với bộ điều chế ngoài MZM. Phía thu gồm 4 ONU tương ứng với 4 User, bốn cửa sổ bước sóng với khoảng cách giữa các kênh là 100 GHz được sử dụng trong quá trình mô phỏng. Ngoài ra còn sử dụng các bộ đồng hồ đo công suất quang, bộ phân tích phổ và phân tích lỗi bit.

✓ **Phía phát tín hiệu đường xuống tại CO:**

Khối phát tín hiệu đường xuống, như mô tả trong hình 3.5, gồm nguồn phát laser đơn sắc phổ hẹp kết hợp với bộ điều chế ngoài MZM, dữ liệu được lấy từ bộ tạo xung ngẫu nhiên và bộ tạo dạng xung NRZ. Ngoài ra sử dụng thêm các thiết bị phân tích phổ quang và đo công suất quang.

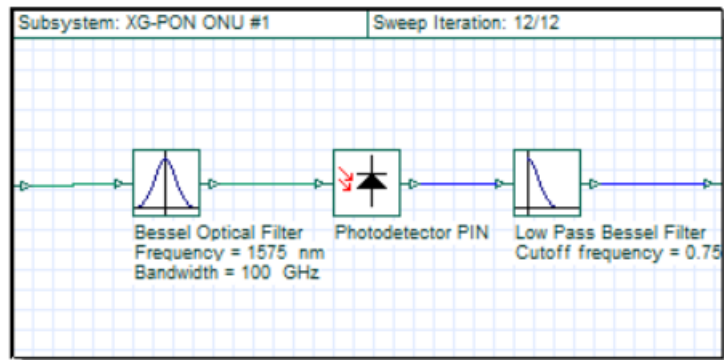


**Hình 3.5: Sơ đồ khối bên trong máy phát**



✓ **Phía thu tín hiệu tại ONT:**

Khởi thu tín hiệu (hình 3.6) có bộ khôi phục tín hiệu và bộ phân tích tỷ số lỗi bit. Bên trong máy thu có bộ lọc quang Bessel để lọc thành phần tần số mong muốn, điốt quang PIN chuyển đổi quang điện và bộ lọc thông thấp Bessel.

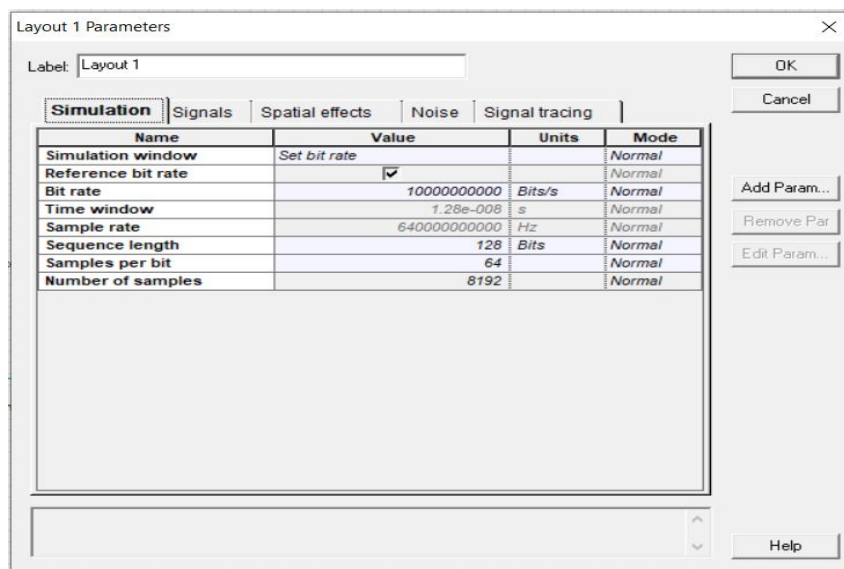


**Hình 3.6: Sơ đồ khối phía máy thu**

### 3.2.3 Thiết lập tham số mô phỏng

#### a) Dung lượng truyền dẫn và số lượng kênh

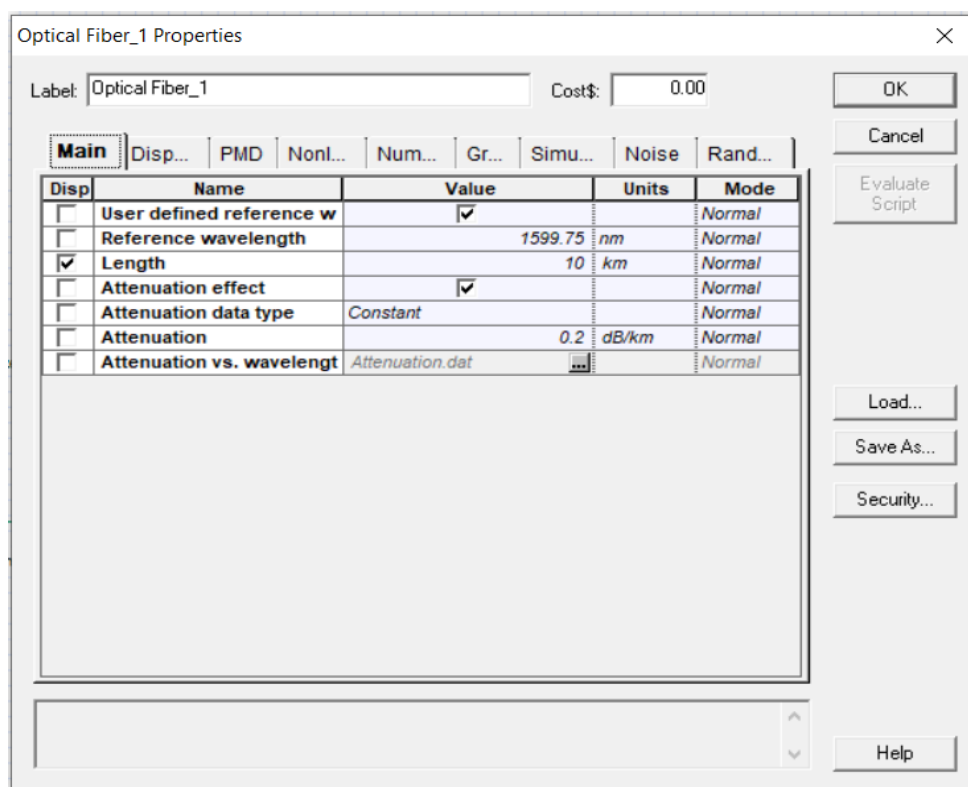
Theo yêu cầu của bài toán mô phỏng chúng ta cần thiết kế hệ thống thông tin quang có dung lượng một kênh 10 Gbit/s. Hình 3.7 tổng kết các tham số mô phỏng chính tại phía phát.



**Hình 3.7: Tốc độ bit nguồn phát**

- ✓ Số lượng kênh:  $N = 1$  (kênh)
- ✓ Tốc độ truyền tín hiệu trên kênh:  $B = 10$  Gbit/s.
- ✓ Chiều dài chuỗi: 128 bit
- ✓ Số mẫu trong một bit: 64
- ✓ Số lượng mẫu = chiều dài chuỗi x số mẫu trong một bit =  $128 \times 64 = 8192$

b) Kênh truyền sợi quang



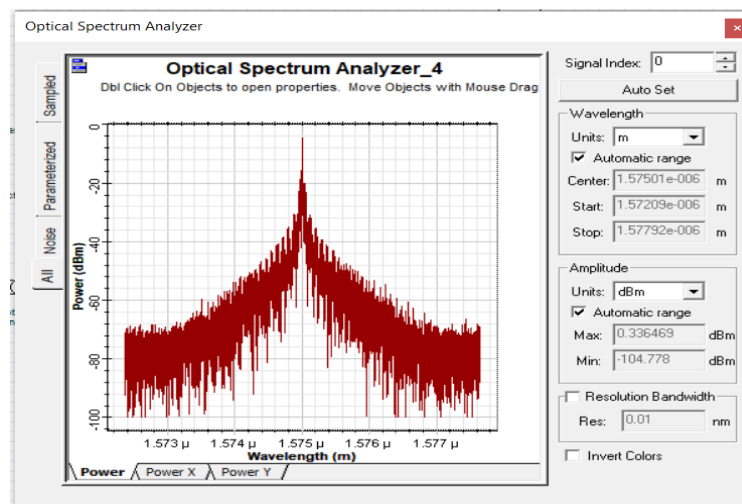
**Hình 3.8: Tham số kênh truyền sợi quang (L1)**

Hình 3.8 thể hiện các tham số kênh truyền sợi quang cơ bản. Ngoài ra, một số tham số đường truyền chính được thiết lập như sau:

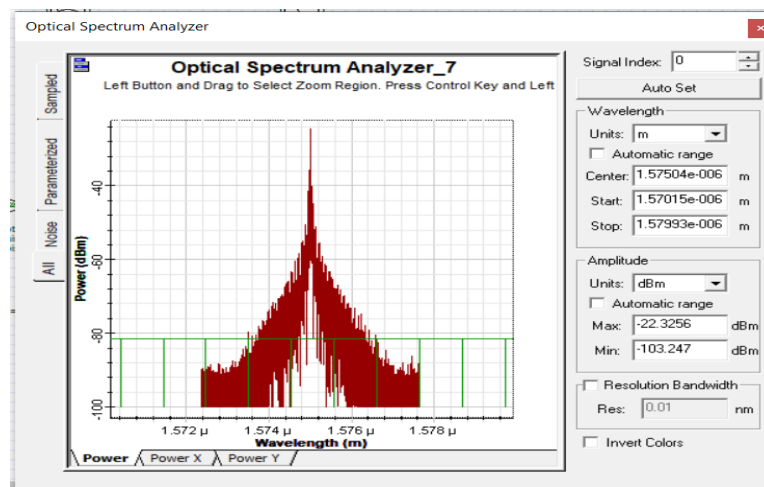
- ✓ Bước sóng: 1575 nm.
- ✓ Chiều dài sợi L1 từ khối phát đến bộ chia cấp 1: 10 km.
- ✓ L2 bộ chia cấp 1 đến bộ chia cấp 2 là 20 km.
- ✓ Suy hao: 0,2 dB/km.
- ✓ Độ lợi bộ khuếch đại: 20 dB

### 3.2.4 Kết quả mô phỏng và nhận xét

Hình 3.9 và 3.10 tương ứng thể hiện phổ tín hiệu đầu ra phía phát và đầu vào phía thu với khoảng cách truyền dẫn là 30 km. Các kết quả cho thấy công suất tín hiệu bị sụt giảm qua quá trình truyền dẫn do ảnh hưởng của suy hao và tán sắc cũng như từ các tham số ảnh hưởng khác. Tuy nhiên, mức tín hiệu thu vẫn đảm bảo ở mức 5 dBm. Kết quả này cũng thể hiện rằng, với việc lựa chọn công suất tín hiệu phát phù hợp sẽ đảm bảo được mức tín hiệu phía thu tốt. Do vậy, cần lưu ý lựa chọn công suất phát phù hợp để vừa đảm bảo chất lượng tín hiệu thu, vừa giảm thiểu các tác động của can nhiễu.

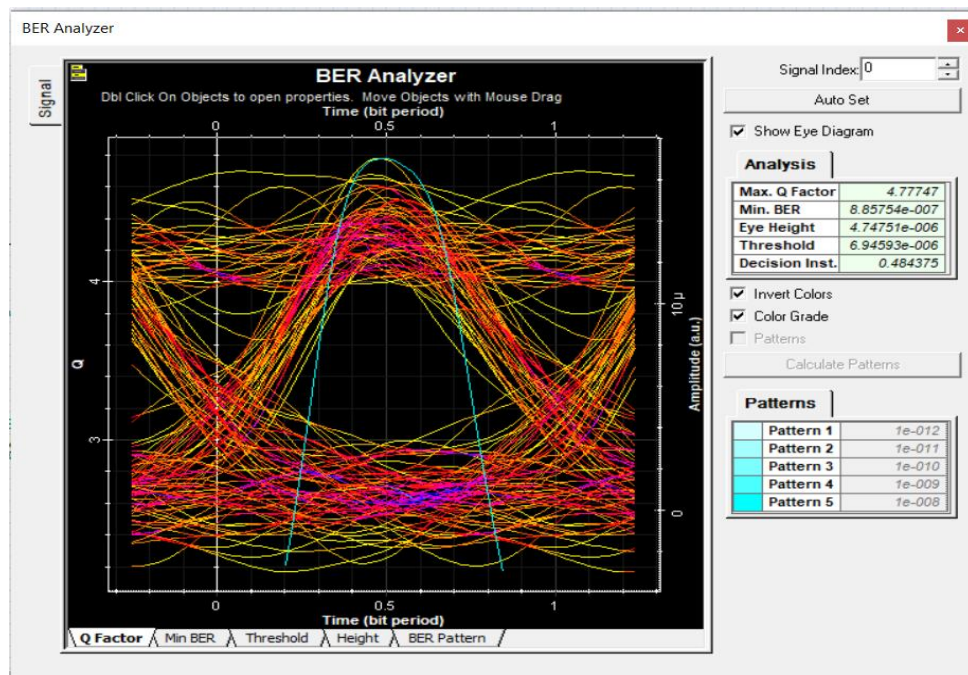


Hình 3.9: Phổ tín hiệu đầu ra bộ phát



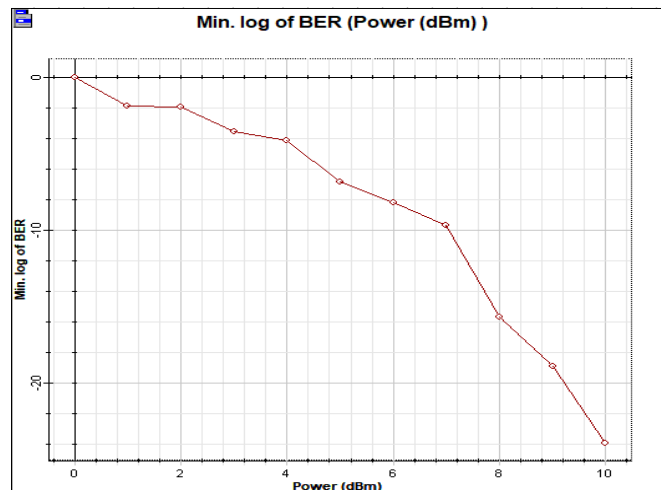
Hình 3.10: Phổ tín hiệu đầu vào bộ thu (sau bộ chia cấp hai)

Hình 3.11 thể hiện biểu đồ mắt, hệ số phẩm chất Q và tỉ lệ lỗi bit (BER) của tín hiệu tại phía thu. Tỉ lệ lỗi bit đạt được là  $8,857e-007$ , đây là tỉ lệ lỗi bit hoàn toàn có khả năng đảm bảo được chất lượng truyền dẫn cho các dịch vụ Internet hiện tại. Điều này cho thấy, công nghệ XG-PON cho phép mở rộng hơn tầm với quang (kéo dài khoảng cách từ OLT đến ONU). Đây là đặc điểm rất cần thiết và đáp ứng yêu cầu với thực tế triển khai dịch vụ tại Thị xã Từ Sơn.



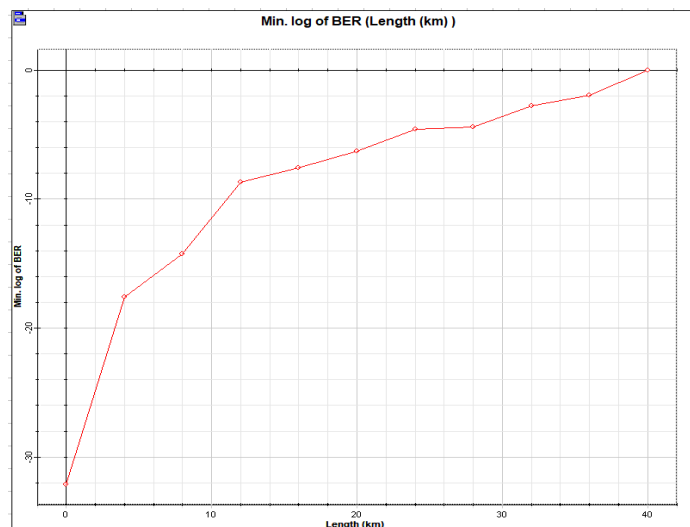
**Hình 3.11: BER tín hiệu tại phía thu**

Nhằm làm rõ hơn ảnh hưởng của các tham số thiết lập cho hệ thống trong thực tiễn khai thác trên mạng lưới, tác động của công suất phát và khoảng cách từ OLT đến ONU đối với hiệu năng của hệ thống (tỉ lệ lỗi bit) được khảo sát chi tiết hơn. Hình 3.12 thể hiện sự phụ thuộc của hiệu năng của hệ thống vào công suất phát. Công suất phát được giả định biến thiên trong khoảng từ 0 dBm đến 10 dBm. Trong khảo sát này, khoảng cách truyền dẫn vẫn là 30 km. Các kết quả khảo sát cho thấy khi công suất phát tăng lên, hiệu năng của hệ thống cũng tăng lên rõ rệt (tỉ lệ lỗi bit giảm nhanh). Tuy nhiên, trong thực tế công suất phát của thiết bị OLT không thể tăng tùy ý, ngoài ra, việc tăng công suất sẽ làm cho ảnh hưởng của các yếu tố phi tuyến tăng lên làm ảnh hưởng ngược lại đến hiệu năng của hệ thống.



**Hình 3.12: Hiệu năng của hệ thống theo công suất nguồn phát**

Tương tự, hình 3.13 thể hiện ảnh hưởng của khoảng cách truyền dẫn đối với hiệu năng của hệ thống. Trong khảo sát này, khoảng cách truyền dẫn được giả định biến thiên trong khoảng từ 10 km đến 50 km ( $L_1=10\text{km}$ ,  $L_2$  chạy từ 0 đến 40 km). Công suất phát được thiết lập cố định là 5 dBm. Các kết quả khảo sát cho thấy hiệu năng của hệ thống giảm nhanh khi khoảng cách truyền dẫn tăng lên (tỉ lệ lỗi bit tăng nhanh). Các kết quả này cho thấy việc thiết lập vị trí OLT phù hợp là rất quan trọng để đảm bảo chất lượng phục vụ trong phạm vi cung cấp dịch vụ yêu cầu. Vị trí OLT cần được thiết lập sao cho khoảng cách truyền dẫn tối đa đến thuê bao xa nhất vẫn phải nằm trong phạm vi cho phép nhằm đáp ứng yêu cầu về hiệu năng.



**Hình 3.13: Hiệu năng hệ thống theo khoảng cách truyền dẫn  $L_2$**

Các kết quả nghiên cứu và khảo sát hiệu năng cơ bản của XG-PON kết hợp với các điều kiện và yêu cầu cụ thể của mạng truy nhập quang VNPT thị xã Từ Sơn cho thấy sự phù hợp của công nghệ XG-PON và tính cấp thiết cần triển khai XG-PON tại thị xã Từ Sơn hiện nay nhằm đáp ứng được nhu cầu băng thông trong khi có khả năng kết hợp và dễ dàng triển khai trên cùng hệ thống phân phối quang với hệ thống truy nhập quang GPON hiện tại. Việc triển khai lai ghép cũng cho phép mạng truy nhập quang thụ động tốc độ 10 Gigabit XG-PON tận dụng và sử dụng chung cơ sở hạ tầng với hệ thống GPON nhằm giảm thiểu chi phí đầu tư, chi phí vận hành và bảo dưỡng trong khi cho phép cung cấp dịch vụ linh hoạt, hiệu quả.

### **3.3 Ứng dụng triển khai hệ thống XG-PON cho VNPT Thị xã Từ Sơn**

#### ***3.3.1 Đề xuất ứng dụng XG-PON trong VNPT Thị xã Từ Sơn***

Mạng truy nhập quang thụ động GPON của VNPT Thị xã Từ Sơn hiện nay tuy đã cơ bản bao phủ và phục vụ nhu cầu của hầu hết các khu vực, nhưng do được đầu tư không đồng bộ nên có nhiều vấn đề bất cập trong công tác quản lý mạng lưới cũng như các vấn đề về kỹ thuật. Trong khi đó với lượng thuê bao ngày càng tăng cùng sự triển mạnh mẽ băng thông của các dịch vụ truyền thông hướng video, internet vạn vật...việc đầu tư nâng cấp công nghệ hết sức cần thiết. Tuy nhiên không thể đầu tư đồng bộ cho toàn bộ mạng lưới cùng một lúc, do đó cần sự đầu tư có trọng điểm có tính toán nhằm tận dụng hạ tầng có sẵn, đầu tư ít nhưng vẫn đảm bảo yêu cầu. Do vậy, cần thiết nâng cấp mạng truy nhập quang của VNPT Thị xã Từ Sơn lên XG-PON để đáp ứng được các yêu cầu về quản lý mạng lưới, băng thông và phát triển các dịch vụ.

Trên thực tế, thiết bị OLT được chọn sử dụng tại VNPT Thị xã Từ Sơn là là thiết bị ZXA10 C320 của ZTE với kích thước thiết kế nhỏ gọn, linh hoạt trên mạng lưới và có thể triển khai nhanh chóng. Thiết bị này có khả năng truy nhập các hệ thống EPON và GPON nên nó cho phép dễ dàng nâng cấp lên 10G-EPON hay XG-PON hoặc chuyển đổi sang các công nghệ khác. Đây là thuận lợi trong việc triển khai nâng cấp hệ thống lên XG-PON. Hình 3.16 minh họa thiết bị OLT ZXA10

C320 của hãng ZTE thực tế tại Thị xã Từ Sơn và bảng 3.4 tổng hợp các thông số và tính năng chính của hệ thống thiết bị này.



**Hình 3.14: Thiết bị OLT ZXA10 C320 của hãng ZTE**

**Bảng 3.4: Thông số OLT ZXA10 C320 của hãng ZTE**

Mẫu số	C320
Kích thước:	600x390x250mm
Môi trường hoạt động	Nhiệt độ: -25°C ~ + 55°C Độ ẩm: 5% ~ 95% (không ngưng tụ)
Các thông số nguồn cung cấp điện	-48V DC đầu vào Hỗ trợ bảo vệ quyền lực kép
Công suất backplane Exchange	3.2Tbit / s
Khả năng truy cập	128 * 10G EPON 64 * 10G GPON 128 * EPON 256 * GPON 768 * GE
Loại truy cập	Giao diện thượng lưu: 10GE quang, GE quang/điện giao diện kinh doanh: EPON quang port, cổng quang GPON, 10G EPON quang port, P2P FE quang port, P2P GE quang port, giao diện Ethernet quang
Hiệu năng hệ thống	Lớp 2 / lớp 3 dây-tốc độ chuyển tiếp Hỗ trợ router tĩnh /RIP/OSPE. MẠNG MPLS BIT/E1/STM-1/Ethernet/1588v2/1PPS + ToD đồng hồ Hỗ trợ tối đa 1:256 chia tỷ lệ Khoảng cách hợp lý hỗ trợ tối đa 60KM

Thiết bị ONU dùng đầu cuối khách hàng là modem của hãng ZTE và IGATE với nhiều phiên bản khác nhau với ZTE là F600 hoặc F660, với IGATE là iGate GW040, iGate GW040H, iGate GW02... tùy theo nhu cầu khách hàng sử dụng về tốc độ và các định vụ đi kèm. Các bộ chia quang thụ động được sử dụng là 1:2, 1:32, 1:4, 1:16 và 1:8. Bộ 1:2 thường kết hợp với bộ 1:32 đặt ngoài mạng cho một số khu vực đặc thù nhiều thuê bao cùng tập trung một chỗ như gian hàng, hội chợ. Các bộ 1:8 dùng cho những khu nhà liền kề, shop house. Các bộ chia cấp một được sử dụng nhiều nhất là 1:4 kết hợp bộ chia cấp hai 1:16 đa số được đặt tại ngoài mạng trong các hộp ODF nhằm đảm bảo việc phân chia các Splitter một cách hợp lý theo khu vực cũng như tiết kiệm tài nguyên sợi quang.

Thị xã Từ Sơn có số lượng thuê bao tương đối và tập trung nên có thể triển khai giải pháp lắp đặt Splitter hai cấp. Ưu điểm là hệ số suy hao nhỏ, dễ dàng trong việc kiểm tra xử lý và tối ưu mạng lưới. Trong giải pháp này công suất quang được chia tách làm 2 lần các dịch vụ của khách hàng được truyền tải qua 2 cấp splitter. Trong số các vị trí lắp đặt OLT hiện tại của Thị xã Từ Sơn, trạm Châu Khê có nhu cầu lưu lượng cao và cần thiết nâng cấp hệ thống lên XG-PON. Do đó, luận văn tập trung giới thiệu triển khai ứng dụng XG-PON tại Châu Khê thuộc thị xã Từ Sơn.

Trong năm qua khi dịch vụ FTTx triển khai theo phương thức GPON được đưa vào khai thác, do giá thành dịch vụ hợp lý, tốc độ cao và chất lượng ưu việt hơn cáp đồng nên số lượng thuê bao tăng lên nhanh chóng. Chính vì vậy khi vào giờ cao điểm nhiều khu vực hay bị nghẽn, trong đó có thiết bị OLT Châu Khê, có lúc lưu lượng đạt >100%, vì đây là khu vực có số lượng thuê bao lớn và nhiều dịch vụ băng thông cao của các doanh nghiệp. Hiện tại trạm này sử dụng tối đa số cổng uplink trên thiết bị là 04 cổng 1Gbit/s, không thể mở rộng được thêm, vì vậy cần nâng cấp dung lượng cổng uplink.

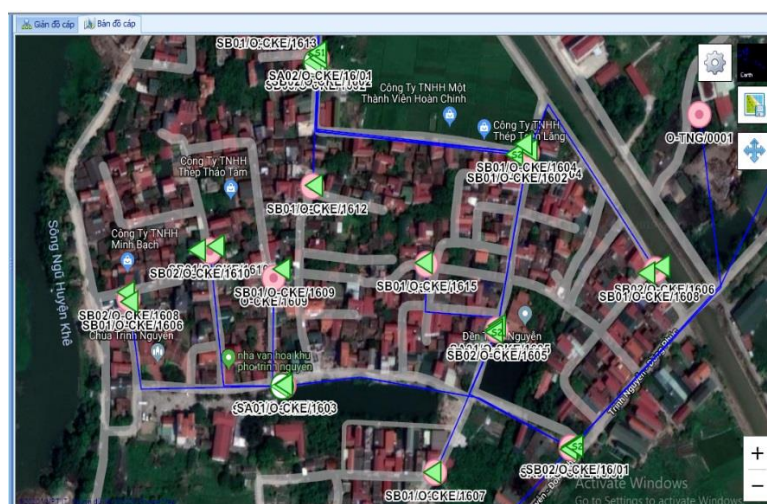
Để đáp ứng được nhu cầu sử dụng dịch vụ của khách hàng, ngoài việc tối ưu mạng ngoại vi, Trung tâm viễn thông Từ Sơn thường xuyên phối hợp với Trung tâm điều hành thông tin, quan trắc lưu lượng thiết bị OLT Châu Khê, từ đó đưa ra giải



pháp nâng cấp cổng kết nối cho phù hợp. Từ việc quan trắc lưu lượng trên, sau khi thống nhất Trung tâm điều hành đã đề xuất với Viễn thông tỉnh mở rộng 01 cổng uplink lên XG-PON với tốc độ 10 Gbit/s thay cho 03 cổng 1Gbit/s, cổng 1Gbit/s còn lại để dự phòng. Với số lượng 2092 thuê bao và nhu cầu phát triển mới Trạm Châu Khê sẽ được lắp 2 OLT gồm hai card 16 và một card 8 tương ứng là 40 cổng và 2560 thuê bao. Cấp chính bao gồm:

- ✓ 1 sợi cáp quang 48Fo đến tủ cáp Chùa khu phố Song Tháp. Sợi này được sử dụng cho khu vực khu phố Song Tháp và khu Phố Đa Vạn.
- ✓ 1 sợi cáp quang 48Fo đến Đình khu phố Đa Hội sử dụng cho các khu vực khu phố Đa Hội, Cầu Đàm, khu đô thị APEC.
- ✓ 1 sợi cáp quang 36Fo đến khu phố Trinh xá sử dụng cho khu phố Trinh xá và khu Công nghiệp Tuấn Cường, Cụm CN Mả Ông.
- ✓ 1 sợi cáp quang 24 đến khu phố Trinh Nguyễn sử dụng cho khu phố Trinh Nguyễn và khu phố Đồng Phúc.

Các cáp nhánh và tủ phối quang được thiết kế trong các khu vực thể hiện một phần trong hình 3.15 và hình 3.16.



**Hình 3.15: Sơ đồ thực tế mạng cáp khu phố Trinh Nguyễn – Châu Khê**



**Hình 3.16: Nhánh 1 Mạng truy nhập Trạm Châu Khê**

Hình 3.17 và 3.18 thể hiện thông tin trạng thái mạng XG-PON và cấu hình thiết bị XG-PON OLT triển khai tại Châu Khê.

```

10.16.53.2 - SecureCRT - [10.16.53.2]
File Edit View Options Transfer Script Tools Window Help
Enter host <Alt+R>
Session Ma... x
gei_1/3 Gei interface
gei_1/4 Gei interface
gpon-olt_1/1 gpon-olt interface
gpon-olt_1/2 gpon-olt interface
xgei_1/4 xgei interface
BNH.TSN.CKE.OLT.ZT11#show interface optical-module-info xg
BNH.TSN.CKE.OLT.ZT11#show interface optical-module-info xgei_1/4?
^
%Error 20202: Invalid input detected at '^' marker.Invalid parameter
BNH.TSN.CKE.OLT.ZT11#show interface optical-module-info xgei_1/4/2
Optical module information:xgei_1/4/2
Basic-info:
Vendor-Name : Hisense Vendor-Pn : LTF1305-BC+
Vendor-Sn : UA494001859 Version-Lev : A
Production-Date: 190421 Module-Type : 10GBASE-LR
Wavelength : 1310 (nm) Connector : LC
Fiber-Type : N/A OTDR-Version : N/A
Class : N/A
Trans-Distance : 10(km)
Material-Number:
48 69 73 65 6e 73 65 20 20 20
20 20 20 20 20 20 00 00 00 00
Register-Data :
50 00 f1 00 46 00 fb 00 8c a0 75 30
88 b8 79 18 c3 50 01 f4 af c8 01 f4
37 2d 04 b2 2b d4 05 ea 37 2d 01 20
2b d4 01 6b 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 3f 80 00 00
00 00 00 00 01 00 00 00 01 00 00 00
01 00 00 00 01 00 00 00 00 00 53
21 48 80 d8 39 ab 15 48 06 ef 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00
Diagnostic-info:
RxPower : -7.508 (dbm) TxPower : -2.638(dbm)
TxBias-Current : 29.520 (mA) Laser-Rate : 103(100Mb/s)
Temperature : 33.293 (C) Supply-Vol : 3.298(V)
Alarm-thresh:
RxPower-Upper : 3 (dbm) RxPower-Lower : -20(dbm)
TxPower-Upper : 9 (dbm) TxPower-Lower : -14(dbm)
Bias-Upper : 131(mA) Bias-Lower : 0 (mA)
Voltage-Upper : 7 (V) Voltage-Lower : 0 (V)
Temperature-Upper: 90 (C) Temperature-Lower: -45(C)
Configuration-Module-Class: N/A
BNH.TSN.CKE.OLT.ZT11#

```

Hình 3.17: Cấu hình thực tế của OLT Châu Khê

```

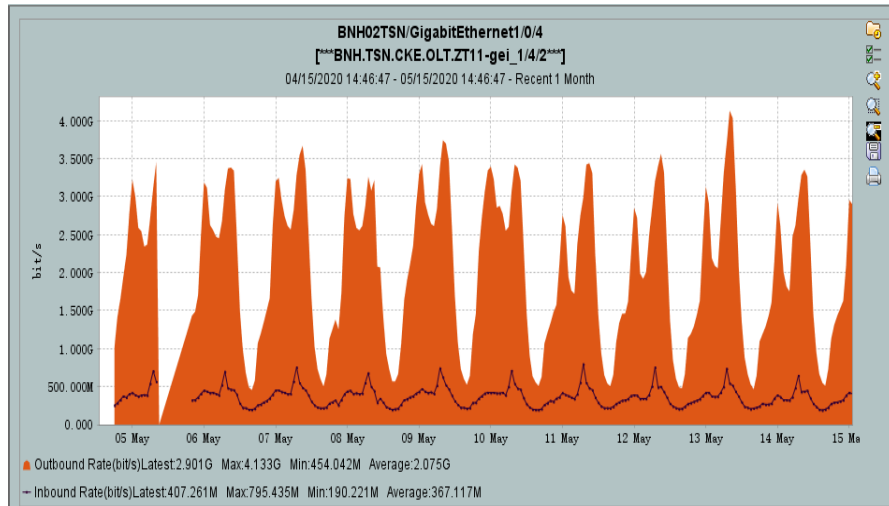
123.29.19.15 - not connected - SecureCRT - [123.29.19.15]
File Edit View Options Transfer Script Tools Window Help
Enter host <Alt+R>
Session Ma... x
GE1/0/4(10G) up up ***BNH.TSN.CKE.OLT.ZT12***
GE2/0/5(10G) up up ***BNH.TSN.CKE.OLT.ZT11-gei_1/4/2***
GE2/0/11 up down ***BNH.TSN.CKE.OLT.ZT12-xgei_1/4/2***
GE6/0/13 down down ***BNH.TSN.CKE.OLT.ZT11-gei_1/3/1-DP***
***BNH.TSN.CKE.OLT.ZT11-DuPhong:gei_1/4/1***
***BNH.TSN.CKE.OLT.ZT12-gei_1/3/2-DP***
[BNH02TSN]disp
[BNH02TSN]display int gi1/0/4
GigabitEthernet1/0/4 current state : UP
Line protocol current state : UP
Link quality grade : GOOD
Description:***BNH.TSN.CKE.OLT.ZT11-gei_1/4/2***
Route Port,The Maximum Transmit Unit is 1500
IP Sending Frames' Format is PKTFMT_ETHNT_2, Hardware address is 08c0-210b-ad4d
The Vendor PN is FSPP-H7-S13-10DH
The Vendor Name is HUAWEI
Port Bw: 10G, Transceiver max Bw: 10G, Transceiver Mode: SingleMode
Wavelength: 1310nm, Transmission Distance: 10km
Rx Power: -8.96dBm, warning range: [-15.39, 0.50]dBm
Tx Power: -2.47dBm, warning range: [-8.40, 0.50]dBm
Loopback:none, LAN full-duplex mode, Pause Flowcontrol:Receive Enable and Send Enable
Last physical up time : 2020-05-21 16:17:30 UTC+07:00
Last physical down time : 2020-05-21 15:53:43 UTC+07:00
Current system time: 2020-05-25 13:36:46+07:00
Statistics last cleared:2020-04-11 00:48:31
Last 300 seconds input rate: 380127784 bits/sec, 178077 packets/sec
Last 300 seconds output rate: 2306130448 bits/sec, 239957 packets/sec
Input: 172832211802017 bytes, 674137394014 packets
Output: 1072536760380254 bytes, 878686998024 packets
Input:
Unicast: 674082243645 packets, Multicast: 39514662 packets
Broadcast: 15635707 packets, JumboOctets: 40366995436 packets
CRC: 537 packets, Symbol: 109 packets
Overrun: 0 packets, InRangeLength: 0 packets
LongPacket: 0 packets, Jabber: 0 packets, Alignment: 0 packets
Fragment: 26 packets, Undersized Frame: 0 packets
RxPause: 0 packets
Output:
Unicast: 872140946942 packets, Multicast: 6537412756 packets
Broadcast: 8638326 packets, JumboOctets: 307309000220 packets
Lost: 0 packets, overflow: 0 packets, Underrun: 0 packets
System: 0 packets, Overrun: 0 packets
TxPause: 0 packets
Unknown Vlan: 0 packets
Input bandwidth utilization : 4.09%
Output bandwidth utilization : 23.45%
[BNH02TSN]int eth11

```

Hình 3.18: Trạng thái thiết bị XG-PON Châu Khê

### 3.3.2 Hiệu năng XG-PON trong VNPT Thị xã Từ Sơn

Sau khi áp dụng giải pháp XG-PON tại Châu Khê Thị xã Từ Sơn đã giải quyết được hiện tượng nghẽn cục bộ trên thiết bị OLT Châu Khê. Điều này đảm bảo yêu cầu về băng thông cũng như độ ổn định của thiết bị vì thiết bị không còn trong tình trạng quá tải. Lưu lượng quan trắc được sau khi áp dụng giải pháp được thể hiện ở hình 3.19 trong khoảng thời gian từ 05/05/2020 đến 15/05/2020. Ở hình trên ta thấy, lưu lượng được quan trắc từ ngày 15 đến ngày 25 tháng 5 năm 2020 thì lưu lượng cao nhất ghi nhận được là 4.1G, thấp nhất là 454M và lưu lượng trung bình là 2G. Như vậy, với việc áp dụng giải pháp trên đã đáp ứng được nhu cầu sử dụng dịch vụ của khách hàng trong khu vực phường Châu Khê.



**Hình 3.19: Lưu lượng sử dụng thực tế của OLT Châu Khê**

Bảng 3.5 và 3.6 thể hiện các thông tin hiệu năng đạt được khi triển khai giải pháp XG-PON tại Châu Khê, Từ Sơn. Các nhận xét chính như sau:

✓ *Đánh giá lợi ích thu được:*

- Về mặt kỹ thuật: Đảm bảo băng thông cung cấp đến khách hàng, không xảy ra hiện tượng nghẽn lưu lượng tại cổng uplink vào giờ cao điểm. Hình 3.20 thể hiện thống kê lưu lượng sử dụng thực tế từng cổng thuê bao của XG-PON OLT Châu Khê.

- Về mặt kinh tế: Tận dụng cổng uplink để nâng cấp băng thông ổn định,

không cần phải phát triển lắp đặt thêm thiết bị OLT.

- Về mặt xã hội: Đáp ứng được nhu cầu sử dụng các dịch vụ viễn thông của nhiều khách hàng nhất là vào giờ cao điểm, đặc biệt dùng các dịch vụ truyền hình IPTV và internet tốc độ cao.

- ✓ *Khả năng áp dụng:* Giải pháp này đã được áp dụng trên cùng hệ thống thiết bị GPON OLT Châu Khê, tiến tới nhân rộng áp dụng cho tất cả các thiết bị OLT trên toàn Thị xã Từ Sơn.

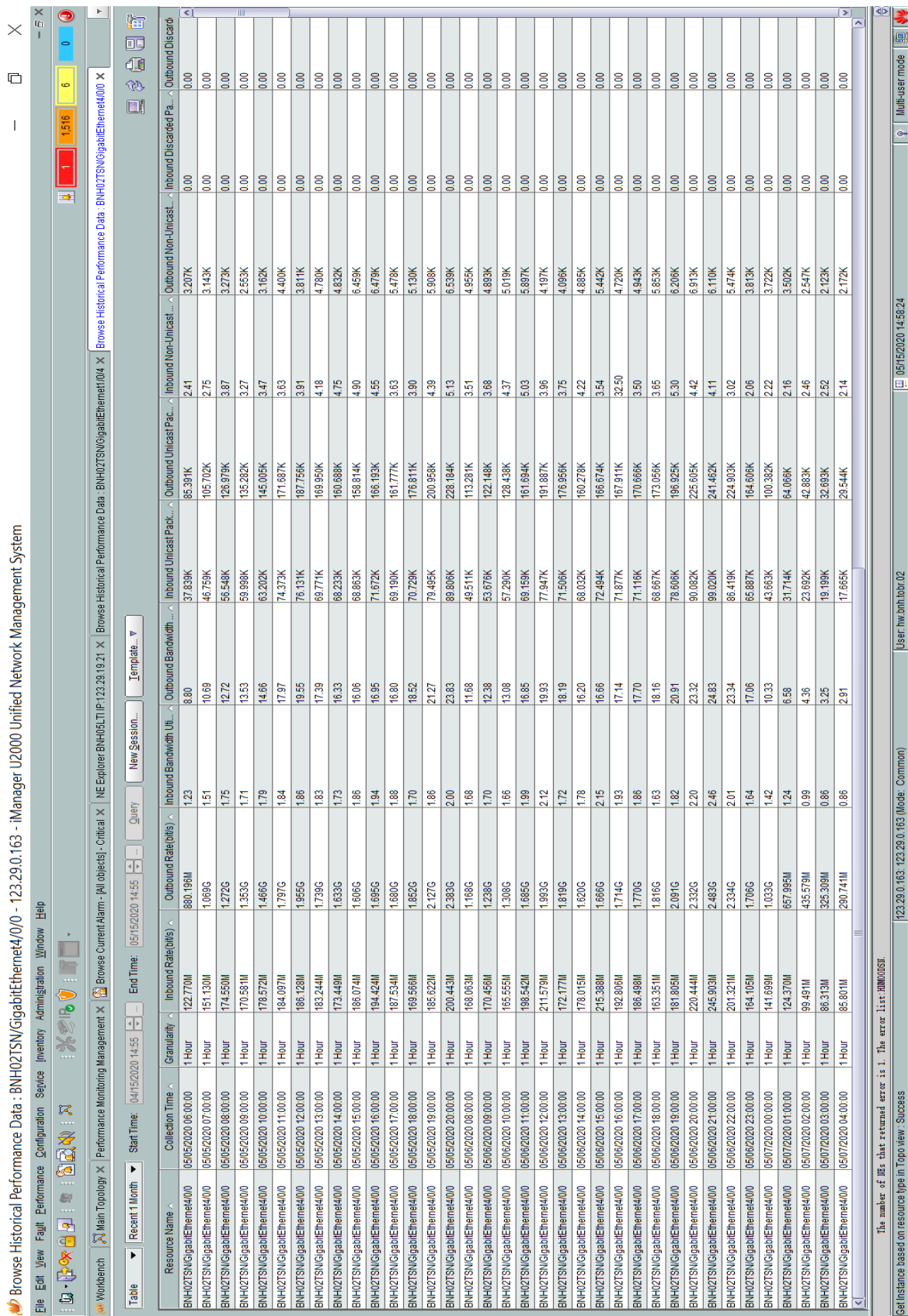
**Bảng 3.5: Bảng thống kê chi tiết chất lượng cổng**

Đơn vị	Số OLT đã lắp đặt	Tổng số cổng	PON				ONU							
			Card	Port tối đa	Đã lắp đặt	Đang sử dụng	Cổng đang sử dụng	Cổng đánh giá được	ONU ON					
									SL	%				
10.16.53.2 - BNH.TSN.CKE.OLT.ZT11	1	2048	2	32	30	30	1303	1299	1299	99,69				
Đơn vị	SUY HAO								CL LỖI BIT					
	CL Tốt		CL Đạt		CL Kém		Kém DS		Thấp		Trung bình		Cao	
	SL	%	SL	%	SL	%	SL	%	SL	%	S L	%	S L	%
10.16.53.2 - BNH.TSN.CKE .OLT.ZT11	1074	82,68	209	16,09	16	1,23	12	0,92	1554	19,26	0	0	0	0

**Bảng 3.6: So sánh trước và sau khi áp dụng giải pháp mở rộng uplink cho OLT**

Mô tả đối tượng trước khi áp dụng giải pháp	Mô tả đối tượng sau khi áp dụng giải pháp
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Thường xuyên xảy ra hiện tượng nghẽn lưu lượng nhất là vào giờ cao điểm.</li> <li>- Khó có thể đảm bảo lưu lượng cho các thuê bao tốc độ cao nhất là vào giờ cao điểm.</li> <li>- Khó đảm bảo độ ổn định mạng lưới, đặc biệt là nhu cầu phát triển dịch vụ ngày càng cao.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Đã giải quyết được hiện tượng nghẽn lưu lượng vào giờ cao điểm.</li> <li>- Tăng cường khả năng băng thông cung cấp dịch vụ và phát triển khách hàng.</li> <li>- Đảm bảo độ ổn định của mạng lưới viễn thông cung cấp dịch vụ tốc độ cao, tạo nên sự tin tưởng của khách hàng sử dụng dịch vụ.</li> </ul>





Hình 3.20: Lưu lượng sử dụng thực tế từng cổng thuê bao của OLT Châu Khê

### **3.4 Kết luận chương**

Nội dung Chương 3 đã khảo sát hiện trạng mạng truy nhập quang thụ động của VNPT Thị xã Từ Sơn tỉnh Bắc Ninh. Qua đó, cho thấy rõ nhu cầu và tính cấp thiết của việc nâng cấp hệ thống GPON hiện tại lên XG-PON nhằm đáp ứng tốt hơn nhu cầu về dịch vụ tại thị xã Từ Sơn. Trên cơ sở đó, trong phần tiếp theo, học viên mô hình hoá, mô phỏng và đánh giá hiệu năng hệ thống XG-PON theo kịch bản triển khai ở Từ Sơn. Các kết quả thu được làm tiền đề cho việc ứng dụng và triển khai thực tế hệ thống XG-PON cho khu vực Trạm Châu Khê nơi có số lượng lớn thuê bao và hiệu suất sử dụng băng thông lớn. Kết quả thu được đã đáp ứng được yêu cầu của mạng lưới. Từ kết quả đó tiến tới ứng dụng vào toàn bộ mạng truy nhập quang VNPT Thị xã Từ Sơn.

## KẾT LUẬN

Mạng truy nhập quang thụ động với nhiều ưu điểm hiện đã và đang được triển khai trên nhiều quốc gia trên thế giới với các công nghệ như GPON, EPON,... Tuy nhiên với sự bùng nổ về lưu lượng internet, sự phát triển các dịch vụ theo hướng video, internet vạn vật và các ứng dụng backhaul đòi hỏi một công nghệ mới tiên tiến hơn. Đáp ứng nhu cầu này, luận văn đã tập trung nghiên cứu công nghệ mạng truy nhập quang thụ động thế hệ kế tiếp 10 Gigabit/s (XG-PON) và khảo sát các yếu tố vật lý ảnh hưởng đến hiệu năng hệ thống.

Luận văn đã giới thiệu về công nghệ truy nhập quang thụ động và tập trung nghiên cứu về công nghệ mạng truy nhập quang thụ động tốc độ 10 Gbps và khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu năng mạng này. Trên cơ sở đó, nội dung luận văn khảo sát về hiện trạng mạng truy nhập quang thụ động của VNPT Thị xã Từ Sơn, nêu bật cấu trúc cơ bản của hệ thống, làm rõ một số ưu nhược điểm của mạng truy quang thụ động và những khó khăn còn tồn tại của mạng truy nhập quang khi triển khai dịch vụ cung cấp đến khách hàng. Sau đó, luận văn cũng mô hình hoá hệ thống XG-PON và đánh giá hiệu năng của hệ thống bằng phương pháp mô phỏng để khảo sát khả năng ứng dụng và đề xuất ứng dụng công nghệ XG-PON vào mạng truy nhập trạm Châu Khê Thị xã Từ Sơn. Một số kết quả đo kiểm thực tế trong hệ thống XG-PON triển khai tại trạm Châu Khê đã cho thấy những kết quả rất tích cực về mặt kỹ thuật, kinh tế xã hội. Trên cơ sở đó, công nghệ XG-PON được kỳ vọng sẽ triển khai rộng khắp nhằm nâng cao dung lượng và khả năng cung cấp dịch vụ cho hệ thống truy nhập quang băng rộng của VNPT Thị xã Từ Sơn.

Hướng nghiên cứu tiếp theo của luận văn là trên cơ sở ứng dụng XG-PON và dự báo nhu cầu thị trường triển khai xây dựng quy hoạch chi tiết mạng XG-PON cho các giai đoạn sau, đồng thời nghiên cứu các giải pháp nâng cao chất lượng mạng XG-PON đảm bảo chất lượng dịch vụ cũng như nâng cao khả năng cạnh tranh với các nhà mạng khác trong khu vực.



## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. LÊ HẢI CHÂU, “XG-PON – Tiêu chuẩn công nghệ PON 10 Gigabit của ITU-T,” Tạp chí Công nghệ Thông tin và Truyền thông, kỳ 1, tháng 10 năm 2011.
- [2] Đồ án: “*Quy hoạch hệ thống hạ tầng đường dây thông tin liên lạc trên địa bàn tỉnh Bắc Ninh đến năm 2030, định hướng năm 2050*”, Sở thông tin và truyền thông tỉnh Bắc Ninh, 2017.
- [3] J. KANI, AND K. SUZUKI, “*Standardization Trends of Next- generation 10 Gigabit-class Passive Optical Network Syztems*,” NTT Technical Review, Vol. 7, November 2009.
- [4] F. EFFENBERGER, “*The XG-PON System: Cost Effective 10Gb/s Access*,” IEEE Journal of Lightwave Technology, vol. 29, No. 4, February 2011.
- [5] ITU-T Recommendation G. 987: “*10-Gigabit-capable passive optical network (XG-PON) systems: Definitions, Abbreviations, and Acronyms*” 2010.
- [6] ITU-T Recommendation G. 987. 1: “*10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): General Requirements*,” 2010.
- [7] ITU-T Recommendation G. 987. 2: “*10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Physical Media Dependent (PMD) Layer Specification*,” 2010.
- [8] ITU-T Recommendation G. 987. 3: “*10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Transmission Convergence (TC) Layer Specification*,” 2010.
- [9] S. JAIN, F. EFFENBERGER, A. SZABO, Z. FENG, A. FORCUCCI, W. GUO, Y. LUO, R. MAPES, Y. ZHANG, AND V. O’BYRNE, “*World’s First XG-PON Field Trial*,” IEEE Journal of Lightwave Technology, vol. 29, No. 4, February 2011.
- [10] <http://bacninh.vnpt.vn/>