

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ



LÊ THANH TÙNG

NGHIÊN CỨU TRIỂN KHAI MẠNG FTTX  
TẠI THÀNH PHỐ BẮC NINH TRÊN NỀN GPON

LUẬN VĂN THẠC SĨ  
CÔNG NGHỆ KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ, TRUYỀN THÔNG

HÀ NỘI - 2017

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ**



**LÊ THANH TÙNG**

**NGHIÊN CỨU TRIỂN KHAI MẠNG FTTX  
TẠI THÀNH PHỐ BẮC NINH TRÊN NỀN GPON**

Ngành: Công Nghệ Kỹ thuật Điện tử, Truyền thông

Chuyên ngành: Kỹ thuật viễn thông

Mã số: 60520208

**LUẬN VĂN THẠC SĨ  
CÔNG NGHỆ KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ, TRUYỀN THÔNG**

**Người hướng dẫn khoa học: PGS.TS Nguyễn Quốc Tuấn**

**HÀ NỘI - 2017**

## **LỜI CAM ĐOAN**

Tôi xin cam đoan những nội dung tôi viết dưới đây là hoàn toàn chính thống không sao chép, những kết quả đo đạc mô phỏng có trong luận văn thạc sĩ chưa từng được công bố từ bất cứ tài liệu nào dưới mọi hình thức. Các thông tin sử dụng trong luận văn thạc sĩ có nguồn gốc và được trích dẫn rõ ràng

Tôi xin hoàn toàn chịu trách nhiệm nếu có dấu hiệu sao chép kết quả từ các tài liệu khác.

Hà Nội, ngày 28 tháng 12 năm 2017

**Tác Giả**

**Lê Thanh Tùng**

## LỜI CẢM ƠN

Đầu tiên, tôi xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến **PGS.TS Nguyễn Quốc Tuấn**, người đã tận tình hướng dẫn và giúp đỡ tôi hoàn thành luận văn tốt nghiệp thạc sĩ trong suốt thời gian vừa qua.

Tôi cũng xin cảm ơn các quý thầy cô, các anh chị và các bạn tại khoa Điện tử- Viễn thông, Đại học công nghệ đã có những góp ý kịp thời và bổ ích, giúp đỡ tôi trong suốt quá trình nghiên cứu luận văn này.

Cuối cùng, tôi xin chân thành bày tỏ lòng biết ơn đến các thầy, cô trong khoa Điện Tử Viễn – Thông, trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc Gia Hà Nội, đã truyền đạt cho tôi những kiến thức quý báu, đồng thời giải đáp cho tôi những thắc mắc, cũng như tạo điều kiện tốt nhất để tôi thực hiện đề án tốt nghiệp này.

Mặc dù tôi đã nỗ lực và cố gắng hoàn thiện luận văn thạc sĩ bằng tất cả nhiệt tình và năng lực của mình, tuy nhiên không thể tránh khỏi những thiếu sót, rất mong nhận được những đóng góp quý báu của quý thầy cô và các bạn.

Tôi xin chân thành cảm ơn.

Hà Nội, ngày 28 tháng 12 năm 2017

**Học Viên**

**Lê Thanh 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 xem kẽ
APON	ATM Pasive Optical Network	Mạng quang thụ động dung ATM
ATM	Asynchronous Tranfer Mode	Chế độ truyền tải không đồng bộ
AUI	Attchment Unit Interface	Cáp nối với thiết bị
BER	Bit Error Rate	Tỷ lệ bit lỗi
CDM	Code Division Multiplexing	Ghép kênh theo mã
CE	Customer Equipment	Thiết bị khách hàng
CO	Central Office	Tổng đài trung tâm
CRC	Cyclic Redundany Check	Kiểm tra vòng dư
DA	Destination Address	Địa chỉ đích
DCE	Data Communications Equipment	Thiết bị thông tin số liệu
DCS	Digital Crossconnect	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 dung Ethernet
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 tận nhà
ISO	International Organization for Standardization	Tổ chức tiêu chuẩn quốc tế
MAN	Metro Area Network	Mạng diện rộng
OLT	Optical Line Terminal	Thiết bị kết cuối đường quang
ONU	Optical Network Unit	Thiết bị kết cuối mạng quang
ONT	Optical Network Termila	Thiết bị đầu cuối mạng quang
ODP	Optical Distribution Point	Mạng phân phối cáp quang

PCS	Physical Coding Sublayer	Lớp con mã hóa vật lý
PDU	Protocol Data Units	Đơn vị số liệu giao thức
PMA	Physical Layer Attachment	Truy nhập lớp vật lý
PMD	Physical Medium Dependent	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
.....	.....	.....
.....	.....	.....

## DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1-1: Mô hình Mạng quang thụ động.....	6
Hình 1-2: Các kiểu kiến trúc của PON.....	7
Hình 1.3 :TDMA GPON .....	10
Hình 1.4 Kiến trúc điển hình của mạng WDM - PON.....	14
Hình 2.1 Kiến trúc mạng GPON .....	19
Hình 2.2 :TDMA GPON .....	22
Hình 2.3: GPON định cỡ cự li giai đoạn 1 .....	25
Hình 2.4: GPON định cỡ cự li giai đoạn 2.....	26
Hình 2.5: Báo cáo và phân bố băng thông trong GPON.....	28
Hình 2.6: Thủ tục cấp phát băng thông trong GPON .....	29
Hình 2.7: Giới hạn tốc độ bit - khoảng cách sợi quang với $n_1= 1.5$ , .....	34
Hình 2. 8: Sự phụ thuộc của khoảng cách với tốc độ bit với các loại sợi quang .	35
Hình 2.9Hiện tượng tán sắc.....	36
Hình 2.10: Tán sắc tổng cộng D liên quan đến $D_M$ và $D_W$ .....	37
Hình 2.11: Sự giảm trừ công suất do nhiễu mode theo suy .....	44
Hình 2.12 : Fiber to the home “Cáp quang nối tới từng nhà” .....	47
Hình 2.12: Cấu trúc mạng FTTH-GPON.....	47
Hình 2.10: Cấu hình mạng FTTB/FTTC .....	49
Hình 2.11: Các dịch vụ cung cấp trong mô hình FTTB/FTTC.....	49
Hình 2.12: Mô hình triển khai FTTO.....	50
Hình 3.1: Bản đồ thành phố Bắc Ninh.....	52
Hình 3.2: Ví dụ về kiến trúc mạng FTTH mới GPON .....	53
Hình 3.3: Sơ đồ mô phỏng mạng quang FTTx .....	56
Hình 3.4: Phân tích BER truyền dẫn FTTx.....	56
Hình 3.5: Mô hình khảo sát hệ số tán sắc sợi quang.....	58

Hình 3.6: Độ rộng xung lồi vào & lồi ra.....	59
Hình 3.7: Sơ đồ thiết kế mạng quang thụ động GPON Bắc Ninh .....	66
Hình 3.8: Sơ đồ lắp đặt thiết bị ngoài thực tế hệ thống GPON TP.Bắc Ninh	67



## **DANH MỤC BẢNG**

Bảng 2.1: Bảng xác định quỹ hao công suất .....	39
Bảng 2.2: Bảng Suy hao các thành phần.....	40
Bảng 2.3: Bảng Suy hao của splitter .....	40
Bảng 2.4: Bảng Suy hao các loại connector.....	40
Bảng 3.1: Chỉ tiêu tính toán nhu cầu.....	62
Bảng 3.2: Thống kê tổng hợp nhu cầu thông tin.....	63
Bảng 3.3: Thống kê dung lượng cáp phối, bộ chia .....	70
Bảng 3.4 So sánh lựa chọn thiết bị OLT .....	71

## MỤC LỤC

<b>LỜI NÓI ĐẦU.....</b>	<b>1</b>
<b>CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN MẠNG QUANG THỤ ĐỘNG (PON) 3</b>	
1.1. Mở đầu .....	3
1.2. Kiến trúc của PON .....	6
1.3 Các hệ thống PON đang được triển khai.....	8
1.4 Kết luận .....	15
<b>CHƯƠNG 2: CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN CHẤT LƯỢNG MẠNG GPON.....</b>	<b>18</b>
2.1. GIỚI THIỆU CHUNG.....	18
2.1.1. Tình hình chuẩn hóa GPON .....	18
2.1.2. Kiến trúc GPON.....	19
2.1.3. Thông số kỹ thuật .....	20
2.2. KỸ THUẬT TRUY NHẬP VÀ PHƯƠNG THỨC GHÉP KÊNH.....	21
2.2.1. Kỹ thuật truy nhập .....	22
2.2.2. Phương thức ghép kênh .....	23
2.2.3. Phương thức đóng gói dữ liệu .....	24
2.2.4. Định cỡ và phân định băng tần động.....	24
2.2.5. Bảo mật và mã hóa sửa lỗi.....	29
2.2.6. Khả năng cung cấp băng thông .....	29
2.2.7. Khả năng cung cấp dịch vụ .....	31
2.3 MỘT SỐ VẤN ĐỀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG THÔNG TIN QUANG .	33
2.3.1 Ảnh hưởng của suy hao.....	33
2.3.2 Ảnh hưởng của tán sắc .....	35
2.3.3 Ảnh hưởng của quỹ công suất.....	38
2.3.4 Ảnh hưởng của quỹ thời gian lên .....	41
2.3.5 Các yếu tố khác ảnh hưởng đến hệ thống thông tin quang .....	43

2.4 CÁC MÔ HÌNH TRIỂN KHAI FTTX TRÊN NỀN GPON .....	47
2.4.1 Mô hình triển khai FTTH-GPON (Fiber to the home) .....	47
2.4.2 Mô hình triển khai FTTB/FTTC - GPON (Fiber to the building/Fiber to the curb).....	48
2.4.3 Mô hình triển khai FTTO - GPON (Fiber to the office).....	50
2.5 Kết luận .....	51
<b>Chương 3: TRIỂN KHAI MẠNG FTTx-GPON TẠI BẮC NINH 52</b>	
3.1 ĐẶT VẤN ĐỀ.....	52
3.2 KHẢO SÁT THIẾT KẾ.....	52
3.2.1 Đánh giá hiện trạng .....	52
3.2.2 Yêu cầu kỹ thuật cho tuyến cáp .....	54
3.2.3 Tính toán nhu cầu thông tin .....	62
3.2 MẠNG FTTH TẠI KHU VỰC NGUYỄN TRÃI .....	64
3.3.1 Nguyên tắc triển khai.....	64
3.3.2 Mô hình triển khai thực tế.....	65
3.2.3 Tính toán lựa chọn thiết bị .....	68
3.2.4 Lựa chọn thiết bị OLT và ONT.....	71
3.2.5 Tính toán băng thông và độ suy hao của splitter quang.....	72
3.2.6 Tốc độ bit và công suất .....	72
3.3 MẠNG FTTH - GPON THÀNH PHỐ BẮC NINH.....	73
3.4 KẾT LUẬN CHƯƠNG 3 .....	75
<b>KẾT LUẬN.....</b>	<b>76</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO.....</b>	<b>78</b>

## PHỤ LỤC

## LỜI NÓI ĐẦU

Mạng truy nhập băng rộng trước đây chủ yếu dựa trên hạ tầng mạng truy nhập cáp đồng sử dụng công nghệ xDSL, về cơ bản mới chỉ đáp ứng cho các dịch vụ truy nhập tốc độ dưới 2 Mbit/s, mạng truy cập không dây dựa trên công nghệ wifi hiện cho tốc độ khoảng 5 Mb/s. Sự phát triển của các khu vực kinh tế như: khu công nghiệp, khu công nghệ cao, khu thương mại, chung cư cao cấp. Cùng với sự phát triển ngày càng lớn mạnh của các tổ chức kinh tế như: ngân hàng, kho bạc, công ty,... đã tạo ra nhu cầu rất lớn trong việc sử dụng các dịch vụ tiện ích tích hợp thoại, hình ảnh và dữ liệu. Bên cạnh đó, các dịch vụ ứng dụng trên Internet ngày càng phong phú và phát triển với tốc độ nhanh chóng như các dịch vụ mua bán trực tuyến, ngân hàng, các dịch vụ đào tạo từ xa, game trực tuyến,... Đặc biệt nhu cầu về các loại dịch vụ giá trị gia tăng tích hợp thoại, dữ liệu nhất là truyền hình theo yêu cầu ngày càng phát triển với các loại hình dịch vụ mới, đòi hỏi hạ tầng mạng truy nhập phải đáp ứng các yêu cầu về băng thông rộng, tốc độ truy nhập cao.

Công nghệ truy nhập cáp đồng điển hình như xDSL đã được triển khai rộng rãi, tuy nhiên những hạn chế về cự ly và tốc độ đã không đáp ứng được yêu cầu dịch vụ. Công nghệ mạng truy cập wifi có khoảng cách truyền thông ngắn (dưới 200m). Vì vậy nghiên cứu triển khai các giải pháp truy nhập quang là vấn đề cấp thiết hiện nay nhằm xây dựng hạ tầng mạng truy nhập đáp ứng cung cấp các dịch vụ băng rộng chất lượng cao. Qua đó cũng đặt ra những vấn đề cần giải quyết cấp bách đối với Mạng truy nhập. Do vậy, nghiên cứu triển khai giải pháp truy nhập mới nhằm chiếm lĩnh thị trường dịch vụ mới là rất cần thiết đối với tình hình hiện nay. Công nghệ truy nhập quang thụ động GPON đã được ITU chuẩn hóa, hiện nay là một trong những công nghệ được ưu tiên lựa chọn cho triển khai Mạng truy nhập tại nhiều nước trên thế giới. GPON là công nghệ hướng tới cung cấp dịch vụ mạng

đầy đủ, tích hợp thoại, hình ảnh và số liệu với băng thông lớn tốc độ cao. Do vậy GPON sẽ là công nghệ truy nhập lựa chọn triển khai hiện tại và tương lai.

Luận văn “Nghiên cứu triển khai mạng FTTx tại TP Bắc Ninh trên nền GPON” nhằm mục đích tìm hiểu những đặc điểm kỹ thuật cơ bản của công nghệ GPON, qua đó đề xuất cấu hình Mạng GPON của Viễn thông Bắc Ninh. Luận văn thực hiện gồm 03 chương.

Chương 1: Tổng quan mạng quang thụ động PON

Chương 2: Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng mạng GPON

Chương 3: triển khai mạng FTTx tại bắc ninh trên nền GPON

## CHƯƠNG 1

### TỔNG QUAN MẠNG QUANG THỤ ĐỘNG (PON)

#### 1.1. Mở đầu

Mạng viễn thông thường được cấu thành bởi ba Mạng chính: Mạng đường trục, Mạng phía khách hàng và Mạng truy nhập. Trong những năm gần đây, Mạng đường trục có những bước phát triển nhảy vọt do sự xuất hiện của các công nghệ mới, như công nghệ ghép kênh theo bước sóng (DWDM). Cũng trong khoảng thời gian này, Mạng nội hạt (LAN) cũng đã được cải tiến và nâng cấp từ tốc độ 10 Mb/s lên đến 1Gb/s. Thậm chí, các sản phẩm Ethernet 10 Gb/s cũng đã bắt đầu xuất hiện trên thị trường. Điều này đã dẫn đến một sự chênh lệch rất 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, mà chúng ta vẫn thường gọi đó là nút cổ chai (bottleneck) trong mạng viễn thông.

Việc bùng nổ lưu lượng Internet trong thời gian vừa qua càng làm trầm trọng thêm các vấn đề của mạng truy nhập tốc độ thấp. Các báo cáo thống kê cho thấy lưu lượng dữ liệu đã tăng 100% mỗi năm kể từ năm 2000. Thậm chí, sự kết hợp giữa các yếu tố kinh tế và công nghệ đã tạo ra những thời điểm mà tốc độ phát triển đạt tới 1000%. Xu hướng này vẫn sẽ còn tiếp tục trong tương lai, tức là càng ngày sẽ càng có nhiều người sử dụng trực tuyến và những người sử dụng đã trực tuyến thì thời gian trực tuyến sẽ càng nhiều hơn, do vậy nhu cầu về băng thông lại càng tăng lên [1].

Các nghiên cứu thị trường cho thấy rằng, sau khi nâng cấp lên công nghệ băng rộng, thời gian trực tuyến của người sử dụng đã tăng lên 35% so với trước khi nâng cấp. Lưu lượng thoại cũng tăng lên, nhưng với tốc độ tăng thấp hơn nhiều (khoảng 8% mỗi năm). Theo hầu hết các báo cáo phân tích, lưu lượng của dữ liệu hiện nay đã vượt trội hơn rất nhiều so với lưu lượng

thoại. Càng ngày sẽ càng có nhiều dịch vụ và các ứng dụng mới được triển khai khi băng thông dành cho người sử dụng tăng lên. Đứng trước tình hình đó, một số công nghệ mới đã được đưa ra nhằm đáp ứng những đòi hỏi về băng tần [1].

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. DSL sử dụng đôi dây giống như dây điện thoại, và yêu cầu phải có một modem DSL đặt tại thuê bao và DSLAM đặt tại tổng đài. Tốc độ dữ liệu của DSL nằm trong khoảng từ 128Kb/s đến 1,5Mb/s. Mặc dù tốc độ của nó đã tăng đáng kể so với modem tương tự, 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. Khoảng cách từ tổng đài đến thuê bao chỉ trong phạm vi 5,5 km. Ta có thể tăng khoảng cách này bằng giải pháp triển khai thêm nhiều DSLAM đến gần thuê bao, nhưng đây là một giải pháp không hiệu quả do chi phí quá cao.

Như vậy, chúng ta thấy rằng cả công nghệ DSL không đáp ứng được những yêu cầu về băng thông cho mạng truy nhập. Hầu hết các nhà công nghệ mạng hiện nay đều đang tiến tới một công nghệ mới, tập trung chủ yếu vào truyền tải dữ liệu, đặc biệt là dữ liệu IP. Hiện nay, công nghệ không dây dựa trên Wifi với tốc độ truy cập đạt tới 100Mb/s đã được sử dụng. Trong bối cảnh đó, công nghệ PON sẽ là một giải pháp tối ưu cho mạng truy nhập băng rộng hoặc chuyên tiếp dữ liệu không dây Wifi. Người ta trông đợi Mạng PON sẽ giải quyết được các vấn đề tắc nghẽn băng thông của mạng truy nhập trong kiến trúc. Mạng viễn thông, giữa một bên là các nhà cung cấp dịch vụ CO (Central Office), các điểm kết cuối, các điểm truy nhập và một bên là các công ty được cung cấp dịch vụ, hay một khu vực tập trung các thuê bao [2].

Mạng quang thụ động có thể định nghĩa một cách ngắn gọn như sau:

“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 với khái niệm này, Mạng PON sẽ không chứa bất kỳ một phần tử tích cực nào mà cần phải có sự chuyển đổi điện-quang. Thay vào đó, PON sẽ chỉ bao gồm: sợi quang, các bộ chia, bộ kết hợp, bộ ghép định hướng, thấu kính, bộ lọc,... điều này giúp cho PON có một số ưu điểm như: không cần nguồn điện cung cấp nên không bị ảnh hưởng bởi lỗi nguồn, có độ tin cậy cao và không cần phải bảo dưỡng do tín hiệu không bị suy hao nhiều như đối với các phần tử tích cực.

Mạng PON ngoài việc giải quyết các vấn đề về băng thông, nó 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, trong khi đó việc thiết lập thêm các nút trong Mạng tích cực khá phức tạp do việc cấp nguồn tại mỗi nút Mạng, và trong mỗi nút Mạng đều cần có các bộ phát lại.

PON có thể hoạt động với chế độ không đối xứng. Chẳng hạn, một mạng PON có thể truyền dẫn theo luồng OC-12 (622 Mbits/s) ở đường xuống và truy nhập theo luồng OC-3 (155 Mbits/s) ở đường lên. Một mạng không đối xứng 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 ...

PON còn có khả năng chống lỗi cao (cao hơn SONET/SDH). 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 [3].

Với những lý do như trên, công nghệ PON có thể được coi là một giải

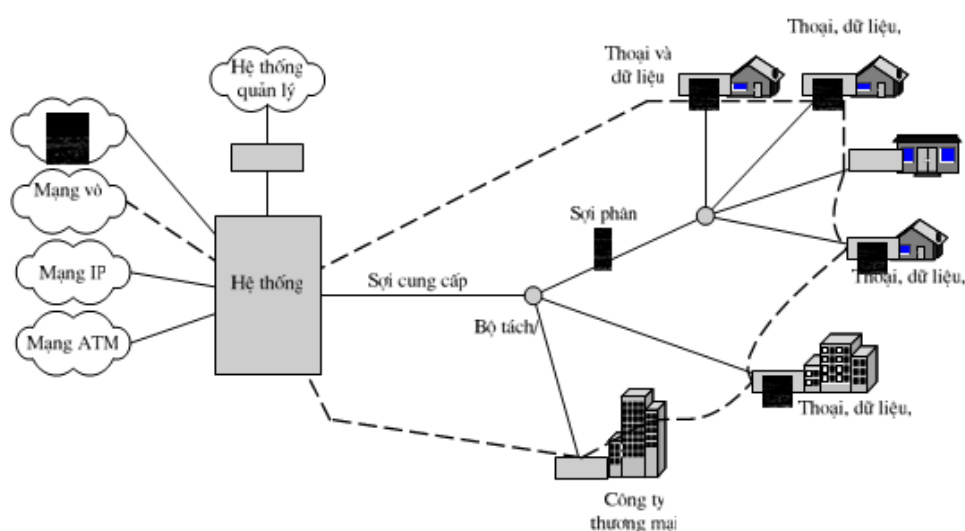


pháp hàng đầu cho Mạng truy nhập. PON cũng cho phép tương thích với các giao diện SONET/SDH và có thể được sử dụng như một vòng thu quang thay thế cho các tuyến truyền dẫn ngắn trong Mạng đô thị hay mạch vòng SONET/SDH đường trục.

## 1.2. Kiến trúc của PON

Các phần tử thụ động của PON đều nằm trong mạng phân bố quang (hay còn gọi là mạng ngoại vi) bao gồm các phần tử như sợi quang, các bộ tách/ghép quang thụ động, các đầu nối và các mối hàn quang. Các phần tử tích cực như OLT và các ONU đều nằm ở đầu cuối của PON. Tín hiệu trong PON có thể được phân ra và truyền đi theo nhiều sợi quang hoặc được kết hợp lại và truyền trên một sợi quang thông qua bộ ghép quang, phụ thuộc vào tín hiệu đó là đi theo hướng lên hay hướng xuống của PON [6].

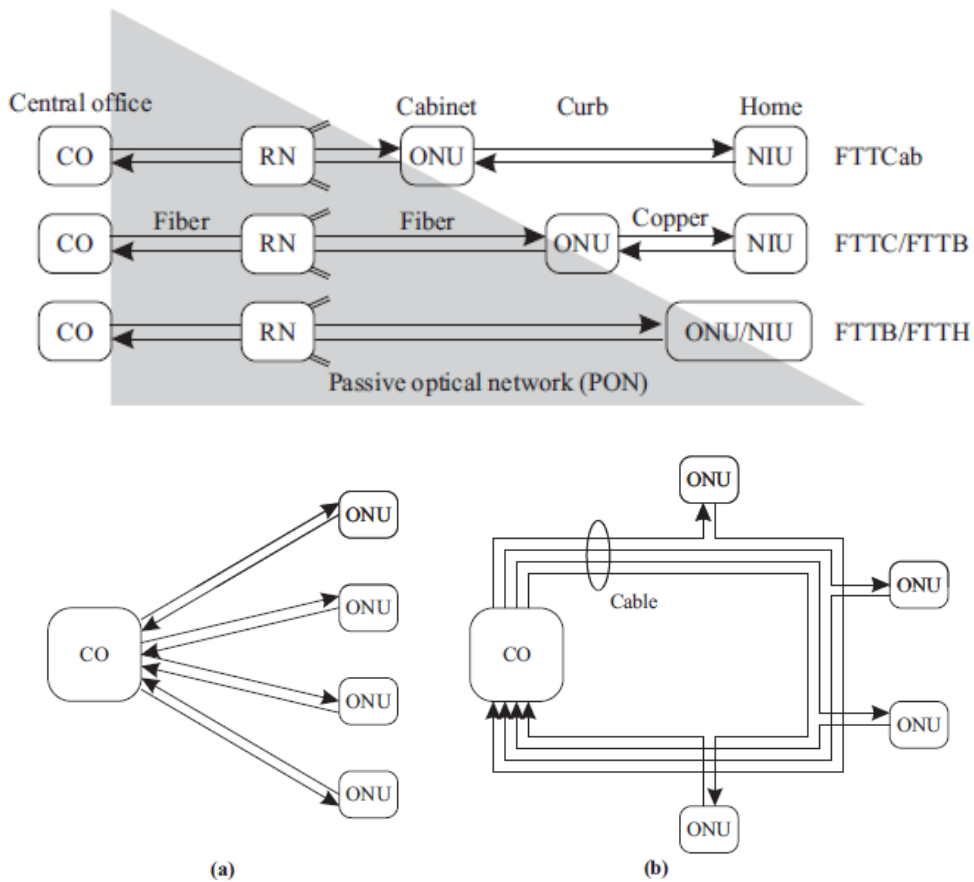
PON thường được triển khai trên sợi quang đơn mode, với có hình dạng hình cây (tree) là phổ biến. PON cũng có thể được triển khai theo cấu hình vòng (ring) cho các khu thương mại hoặc theo cấu hình đường trục (bus) khi triển khai trong các khu trường sở... Mô hình mạng quang thụ động với các phần tử của nó được biểu diễn như trong hình 1-1.



Hình 1-1: Mô hình Mạng quang thụ động.

Về mặt logic, PON được sử dụng như mạng truy nhập kết nối điểm - đa điểm, với một CO phục vụ cho nhiều thuê bao. Có một số cấu hình kết nối điểm-đa điểm phù hợp cho mạng truy nhập như cấu hình cây, cây và nhánh, vòng ring, hoặc bus như trong hình 1-2.

Bằng cách sử dụng các bộ ghép (1:2) và bộ chia quang (1:N), PON có thể triển khai theo bất cứ cấu hình nào trong các cấu hình trên. Ngoài ra, PON còn có thể thu gọn lại thành các vòng ring kép, hay hình cây, hay một nhánh của cây. Tất cả các tuyến truyền dẫn trong PON đều được thực hiện giữa OLT và ONU. OLT nằm ở CO và kết nối mạng truy nhập quang với mạng đô thị (MAN) hay mạng diện rộng (WAN), được biết đến như là những mạng đường trục. ONU nằm tại vị trí đầu cuối người sử dụng (FTTH hay FTTB hoặc FTTC)



Hình 1-2: Các kiểu kiến trúc của PON.

Trong các cấu hình trên, cấu hình cây 1:N (a) hay cấu hình vòng (b) được sử dụng phổ biến nhất. Đây là những cấu hình rất mềm dẻo, phù hợp với nhu cầu phát triển của thuê bao, cũng như những đòi hỏi ngày càng tăng về băng thông [5].

### **1.3 Các hệ thống PON đang được triển khai.**

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

Từ năm 1995, 7 nhà khai thác mạng hàng đầu thế giới đã lập nên nhóm FSAN (Full Service Access Network) với mục tiêu là thống nhất các tiêu chí cho mạng truy nhập băng rộng. Hiện nay các thành viên của FSAN đã tăng lên đến trên 40 trong đó có nhiều hãng sản xuất và cung cấp thiết bị viễn thông lớn trên thế giới. Các thành viên của FSAN đã phát triển một tiêu chí cho mạng truy nhập PON sử dụng công nghệ ATM và giao thức lớp 2 của nó. Hệ thống này được gọi là APON (viết tắt của ATM PON).

Mạng APON sử dụng công nghệ ATM là giao thức truyền tin [6,10]. 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. Các ưu điểm của ATM được kết hợp với môi trường truyền dẫn là sợi quang với tài nguyên băng tần dường như là vô hạn đã tạo ra một mạng truy nhập băng rộng được biết tới như là BPON (Broadband PON - mạng PON băng rộng). 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 mặt bằng:

Một là mặt bằng 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 mặt bằng điều khiển, hay mặt bằng 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. Phải nói rằng, 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.

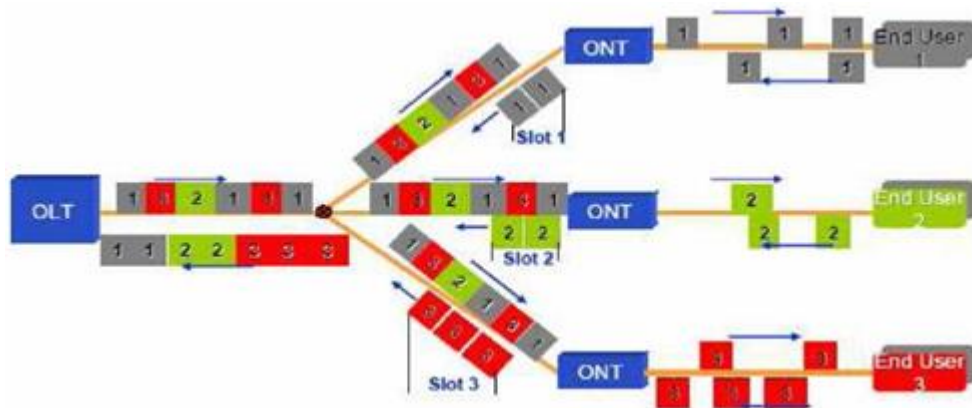
### 1.3.2. GPON Kỹ thuật truy nhập và phương thức ghép kênh

Công nghệ truyền dẫn đa truy nhập là các kỹ thuật chia sẻ tài nguyên hữu hạn cho một lượng khách hàng [2,3]. Trong hệ thống GPON, tài nguyên 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. Tuy không còn là một lĩnh vực mới mẻ trong ngành viễn thông trên thế giới nhưng các kỹ thuật truy nhập 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 [10]. 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 dưới đây 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. Hai bước sóng được dùng là: hướng lên  $\lambda_1=1310\text{nm}$ , 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, sản xuất, hoạt động và bảo dưỡng. Ngoài ra, việc sử dụng kỹ thuật này còn có một ưu điểm là có thể lắp đặt dễ dàng thêm các ONU nếu có nhu cầu nâng cấp mạng.

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 sẽ xảy ra nếu hai hay nhiều gói dữ liệu từ những thuê bao khác nhau đến bộ ghép cùng một thời điểm. Tín hiệu này đè lên tín hiệu kia và tạo thành tín hiệu ghép [6]. 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. Tuy nhiên các vấn đề trên đều được khắc phục với cơ chế định cỡ và phân định băng thông động của GPON mà chúng ta sẽ đề

cập ở phần sau.

- *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 [7]. 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.

Nhược điểm chính của phương thức này là cần gấp đôi số lượng sợi, mối hàn và connector và 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 và trong tương lai nó chỉ chiếm tỷ lệ nhỏ trong toàn bộ chi phí hệ thống.

### 1.3.3 Kiến trúc EPON

E-PON là giao thức mạng truy nhập đầy đủ dịch vụ FSAN (Full Service Access Network) TDMA PON thứ nhất được phát triển dựa trên khai thác các ưu điểm của công nghệ Ethernet ứng dụng trong thông tin quang. E-PON được chuẩn hóa bởi IEEE 802.3.

Trong E-PON dữ liệu hướng xuống được đóng khung theo khuôn dạng Ethernet. Các khung E-PON 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 - Link logic ID) 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 (MPCPDU - Multi Point Control Protocol Data Unit) 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 E-PON để thực hiện cơ chế điều khiển phân bổ băng thông.

Do không có cấu trúc khung thống nhất đối với hướng xuống và hướng lên, do vậy, trong cấu trúc của E-PON, 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 E-PON có thể đạt tới 1Gbit/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 tại tốc độ 10Gbit/s và được ứng dụng chủ yếu trong các mạng quang 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 hệ số chia OLT/ONT là 1:64 hoặc cao hơn.

Kiến trúc IEEE 802 cho rằng tất cả mọi trạm truyền thông trong từng phần của một mạng LAN đều được kết nối tới một thiết bị dùng chung. Trong

một thiết bị dùng chung, tất cả các trạm đều được coi như thuộc về một phạm vi truy nhập đơn, ở đây phần lớn các trạm có thể phát tín hiệu ở một thời gian và tất cả các trạm khác có thể nhận tín hiệu trong toàn bộ khoảng thời gian đó.

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 một trường hợp ở xa, một vùng truy nhập có thể bao gồm một trạm. Tiêu biểu là nhiều vùng trạm đơn được kết nối bằng liên kết điểm - điểm (P2P) tới một cầu nối, cấu hình của một LAN chuyển mạch.

Dựa vào khái niệm vùng truy nhập, những bridge không bao giờ chuyển tiếp một khung trở lại cổng lối vào của nó. Trong trường hợp vùng truy nhập bao gồm nhiều trạm, nó được cho rằng 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.

Có một vấn đề cần quan tâm trong phương thức hoạt động cầu nối này đó là: 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

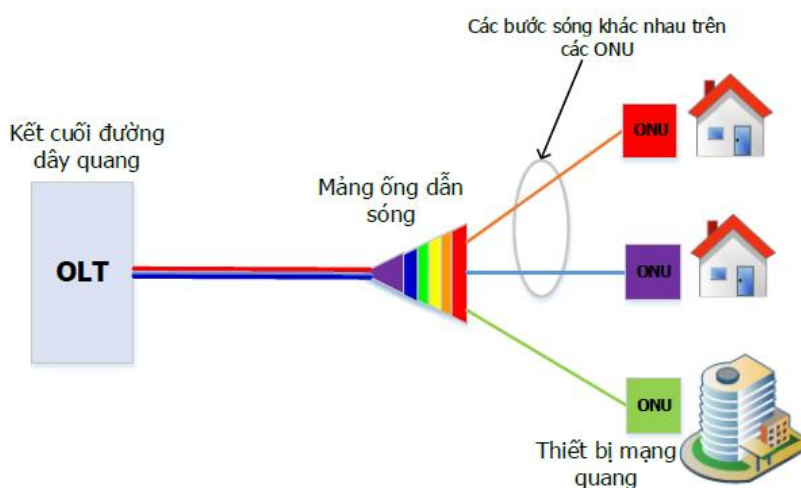


ONU, và một cầu nối được đặt vào trong OLT sẽ không bao giờ chuyển tiếp một khung dữ liệu trở lại cổng mà nó đi vào.

#### 1.3.4. WDM-PON

Công nghệ mạng quang thụ động sử dụng ghép kênh phân chia theo bước sóng Wavelength Division Multiplexing Passive Optical Network (WDM PON) là thế hệ kế tiếp của mạng truy nhập quang và cho băng thông lớn nhất.

WDM-PON là một giải pháp triển vọng cho các hệ thống PON thế hệ mới để cạnh tranh với các hệ thống 10G-EPON và NG-PON1. Để đạt được băng thông lớn, WDM-PON cung cấp cho mỗi thuê bao một bước sóng thay vì chia sẻ bước sóng giữa 32 (hoặc nhiều hơn) thuê bao như trong hệ thống TDM-PON. Hình 1.4 trình bày một hệ thống WDM-PON điển hình dựa trên bộ chia bước sóng sử dụng một bộ tách bước sóng thụ động (tức là mảng ống dẫn sóng - AWG) trong nút đầu xa [8].



*Hình 1.4 Kiến trúc điển hình của mạng WDM - PON*

Các tín hiệu được mã hóa trên các kênh bước sóng khác nhau, và được định tuyến tới các ONU khác nhau bởi bộ phân kênh. Việc sử dụng bộ phân kênh tránh được sự tổn hao công suất chèn lớn gây ra bởi bộ chia quang, làm

cải thiện đáng kể quỹ công suất của toàn bộ hệ thống. Phương thức này tạo ra một liên kết điểm-điểm giữa OLT và mỗi ONU bằng một bước sóng riêng biệt. Vì vậy, mỗi ONU có thể hoạt động tại toàn bộ tốc độ bit của kênh bước sóng riêng của nó.

Mặt khác, mỗi ONU chỉ nhận các tín hiệu riêng của nó, kiến trúc logic điểm-điểm này mang lại tính bảo mật và an toàn hơn nhiều so với công nghệ TDM-PON.

Một kiểu WDM-PON khác được xem như phương thức chia công suất vẫn sử dụng bộ chia quang tại nút đầu xa, nơi mà các tín hiệu dữ liệu với các bước sóng khác nhau được quảng bá tới mỗi ONU. Sau đó, các bộ lọc quang được đặt ngay trước các bộ thu tại ONU giúp chọn lọc và chỉ truyền một kênh bước sóng và chặn tất cả các bước sóng khác. Loại WDM-PON này có thể được nâng cấp dễ dàng từ kiến trúc TDM-PON hiện tại mà không cần bất kỳ thay đổi nào trong mạng phân phối quang ODN, nhưng nó không thể hạn chế được các vấn đề liên quan đến bảo mật thấp và tổn hao công suất lớn [8].

#### **1.4 Kết luận**

Vào giữa những năm 90 của thế kỷ này, công nghệ APON (ATM - PON) đã được áp dụng để truyền tải dữ liệu và tiếng nói. Chậm hơn một chút là 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.

Các nghiên cứu hiện nay đang tập trung vào GPON và EPON/GPON vì đây là các công nghệ mới hứa hẹn sẽ 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. Và thậm chí, khi càng ngày các nhà cung cấp dịch vụ càng cố tiết kiệm chi phí bằng việc tận dụng tối đa băng thông thì có vẻ như EPON đang dần trở thành một sự lựa chọn không được đánh giá cao. 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.

Trong một nghiên cứu điển hình, hệ thống mạng GPON của Flexlight có thể đạt tới hiệu suất mạng 93%, điều đó có nghĩa là chỉ có 7% độ rộng băng tần được sử dụng cho việc quy định các thủ tục của giao thức truyền thông. Hiệu suất lớn, độ rộng băng tần lớn, GPON hứa hẹn mang lại nhiều lợi nhuận cho các nhà cung cấp dịch vụ. Trong khi đó APON, BPON, hay EPON lại tốn khá nhiều băng thông cho việc quy định các thủ tục truyền thông. Chính vì thế mà hiệu suất băng thông giảm đi đáng kể. Cụ thể là APON và BPON còn 70% và EPON còn 50%.

Đã được chuẩn hoá theo ITU - T G.984, GPON cho phép cung cấp đường truyền với các định dạng gốc như IP và TDM, đây thực sự là một giải pháp công nghệ PON đạt hiệu quả kinh tế có thể sử dụng cho cả các dịch vụ gia đình cũng như là cho các doanh nghiệp. Với những đặc tính hỗ trợ cao nhất và độ rộng băng tiêu dùng được nâng từ 10 MHz lên 100 MHz cho truyền dữ liệu Internet, đáp ứng được các yêu cầu cho nhiều dòng IPTV (*Internet Protocol Television*), và có thể hỗ trợ truyền thông cả SDTV (*Standard Definition Television*) và HDTV (*High Definition Television*), GPON đã thực sự được đánh giá là kinh tế hơn EPON [9].

Mặt khác trong khi tiêu chuẩn IEEE 803.2ah chỉ hỗ trợ 2 lớp ODN : lớp A và lớp B thì ITU-GT.984.2 GPON GPM hỗ trợ cả lớp C, lớp cấp cao hơn. Lớp C cho phép mạng PON mở rộng cự ly tới 20 Km, cung cấp cho số lượng

lớn người dùng cuối, đạt tới 64 thậm chí 128 ONU/ONT.

Bên cạnh đó trong khi EPON chỉ hỗ trợ duy nhất một tốc độ truyền dẫn đối xứng 1,25/1,25 Gbps. ITU- T G.984.2 GPON GPM linh hoạt và biến đổi được hơn nhiều hơn, cho phép các tốc độ hướng xuống 1,25 và 2,5 Gbps, hướng lên cho phép 155 Mbps, 622 Mbps hay 1,25 và 2,5 Gbps. Cả hai công nghệ đều nhắm tới thị trường truy nhập, bao gồm các ứng dụng Fiber-To-The-Home và Fiber-To-The Building/Curb với đặc trưng là tốc độ truy nhập không đối xứng giữa hướng lên và hướng xuống. Thậm chí với sự phát triển của các ứng dụng dữ liệu thì cũng không có nhu cầu đến 1,25 Gbps trong hướng lên. Trong khi GPON cho phép các nhà cung cấp dịch vụ để thiết lập những tốc độ kết nối theo nhu cầu thực tế, EPON không thực hiện được điều này. Mặc dù đây không là một vấn đề lớn về chi phí đối với kết nối tốc độ cao, tuy nhiên để hỗ trợ 1.25 Gbps hướng lên, đòi hỏi phải cung cấp laser DFP ở đầu cuối và diode thác lũ quang APD đặt tại trung tâm mạng quang CO.

Từ những so sánh trên có thể thấy rằng GPON thích hợp hơn so với EPON trong việc lắp đặt các hệ thống mạng để cung cấp các khả năng dự phòng cần thiết hỗ trợ cho O&M, khả năng tương thích cũng như là bảo mật. Đây là những điều kiện cần thiết để điều hành một mạng kích cỡ lớn.

## CHƯƠNG 2: CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN CHẤT LƯỢNG MẠNG GPON

### 2.1. GIỚI THIỆU CHUNG

#### 2.1.1. Tình hình chuẩn hóa GPON

Hiện nay công nghệ GPON đã và đang được nhiều tổ chức tiêu chuẩn hóa tập trung xây dựng chuẩn hóa về các khía cạnh kỹ thuật cho công nghệ này.

Tình hình chuẩn hóa GPON Sau khi chuẩn hóa mạng FTTH vào những năm 1990, các thành viên của FSAN đã tiếp tục phát triển một tiêu chí cho mạng truy nhập PON sử dụng công nghệ ATM. Hệ thống này được gọi là APON (viết tắt của ATM-PON). Cái tên APON sau đó được thay thế bằng BPON với ý diễn đạt PON băng rộng ở mức độ phát triển cao hơn. Năm 1997 nhóm FSAN đưa các đề xuất chỉ tiêu BPON lên ITU-T để thông qua chính thức. Từ đó, các tiêu chuẩn ITU-T G.983.x cho mạng BPON lần lượt được thông qua. Hệ thống BPON điển hình hỗ trợ tốc độ với 155 Mbps hướng lên và 622 Mbps hướng xuống. GPON được ITU-T chuẩn hóa theo chuẩn G.984 bắt đầu từ năm 2003, mở rộng từ chuẩn BPON G.983

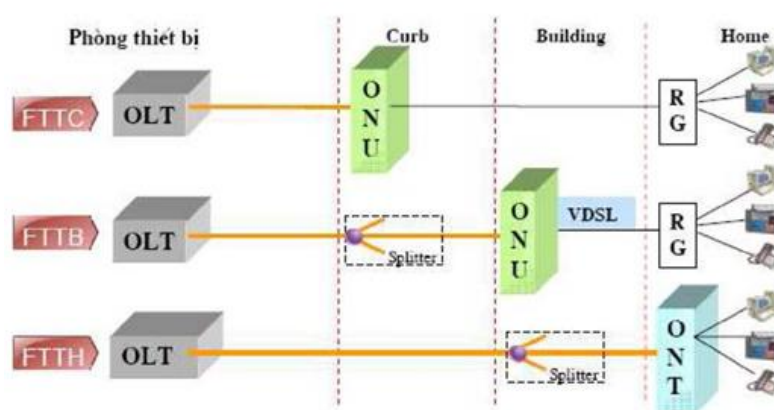
Hiện công nghệ GPON đã được ITU hoàn chỉnh thành bộ khuyến nghị ITU-T G.984.x. Sự hoàn thiện của bộ khuyến nghị này là một sở cứ quan trọng cho việc lựa chọn tiêu chuẩn tham chiếu nhằm hướng đến xây dựng bộ tiêu chuẩn quốc gia về hệ thống truy nhập quang thụ động GPON tại Việt Nam. Công nghệ GPON đã và đang được triển khai tại Việt Nam nhưng việc chưa có tiêu chuẩn quốc gia nào về công nghệ GPON đặt ra yêu cầu cần sớm xây dựng tiêu chuẩn về công nghệ GPON tại Việt Nam [9].

Khuyến nghị G.984.2 (03/2003) nằm trong bộ khuyến nghị G.984.x của ITU với hai sửa đổi bổ sung gần nhất G.984.2 Amendment 1 (02/2006) và G.984.2 Amendment 2 (03/2008) mô tả đầy đủ và rõ ràng về các yêu cầu kỹ thuật cho phân lớp tiện ích truyền tải vật lý PMD. Đây là sở cứ cho việc đề

xuất xây dựng tiêu chuẩn hệ thống truy nhập quang thụ động G-PON - Phần tiện ích truyền tải PMD

### 2.1.2. Kiến trúc GPON

Hình 2.1 mô tả cấu hình hệ thống G-PON bao gồm OLT, các ONU, một bộ chia quang và các sợi quang. Sợi quang được kết nối tới các nhánh OLT tại bộ chia quang ra 64 sợi khác và các sợi phân nhánh được kết nối tới ONU.



Hình 2.1 Kiến trúc mạng GPON

- **OLT** (Optical Line Terminal): thiết bị kết cuối cáp quang tích cực lắp đặt tại phía nhà cung cấp dịch vụ thường được đặt tại các đài trạm.
- **ONT** (Optical Network Terminal): thiết bị kết cuối mạng cáp quang tích cực, kết nối OLT thông qua mạng phân phối quang (ODN) dùng cho trường hợp cung cấp kết nối quang tới nhà thuê bao (FTTH).
- **ONU** (Optical Network Unit): thiết bị kết cuối mạng cáp quang tích cực, kết nối với OLT thông qua mạng phân phối quang (ODN) thường dùng cho trường hợp kết nối tới buidning hoặc tới các vỉa hè, cabin (FTTB, FTTC, FTTCab) [10].
- Bộ chia/ghép quang thụ động (Splitter): Dùng để chia/ghép thụ động tín hiệu quang từ nhà cung cấp dịch vụ đến khách hàng và ngược lại giúp tận dụng hiệu quả sợi quang vật lý. Splitter thường được đặt tại các điểm phân

phối quang (DP) và các điểm truy nhập quang (AP). Bộ chia/ghép quang sẽ có 2 loại, một loại đặt tại các nhà trạm viễn thông sử dụng các tủ kiểu indoor, loại thứ 2 sẽ là loại thiết bị được bọc kín có thể mở ra được khi cần thiết và đặt tại các điểm mạng xông.

- FDC - Fiber Distribution Cabinet: Tủ phối quang
- FDB - Fiber Distribution Box: Hộp phân phối quang loại nhỏ.

### 2.1.3. Thông số kỹ thuật

- Bước sóng hoạt động
- Đường xuống

Dải bước sóng hoạt động cho đường xuống sử dụng một sợi quang là 1480-1500 nm. (thường gọi là bước sóng quanh 1490nm).

Ngoài ra, khi tín hiệu analog CATV được ghép trên cùng 1 sợi quang, CATV sẽ được truyền theo hướng từ xuống ONTs bằng dải bước sóng quanh 1550 nm (1535-1600 nm)

- Đường lên

Dải bước sóng hoạt động cho đường lên là 1260-1360 nm (thường gọi chung là bước sóng quanh 1310 nm)

- Tốc độ bit

GPON định nghĩa những dạng tốc độ bit như sau:

Đường lên 155 Mbit/s, đường xuống 1.25 Gbit/s;

Đường lên 622 Mbit/s up, đường xuống 1.25 Gbit/s;

Đường lên 1.25 Gbit/s up, đường xuống 1.25 Gbit/s;

Đường lên 155 Mbit/s up, đường xuống 2.5 Gbit/s;

Đường lên 622 Mbit/s up, đường xuống 2.5 Gbit/s;

Đường lên 1.25 Gbit/s up, đường xuống 2.5 Gbit/s;

Phổ biến nhất hiện nay là đường lên 1.25 Gbit/s up, đường xuống 2.5 Gbit/s;

- Khoảng cách logic

Khoảng cách logic là khoảng cách lớn nhất giữa ONU/ONT và OLT mà chưa tính đến các yếu tố gây suy hao công suất quang trên tuyến. Trong mạng GPON, khoảng cách logic lớn nhất là 60 km.

- Khoảng cách vật lý

Khoảng cách vật lý là khoảng cách vật lý lớn nhất giữa ONU/ONT và OLT. Trong mạng GPON khoảng cách vật lý tối đa là 20 km.

- Khoảng cách sợi quang chênh lệch

Là khoảng cách giữa sợi quang ngắn nhất và xa nhất. Trong mạng GPON khoảng cách sợi quang chênh lệch là 20 km. Thông số này có ảnh hưởng đến kích thước vùng phủ mạng và cần tương thích với tiêu chuẩn ITU-T Rec. G.983.1.

- Tỷ lệ chia của splitter

Đối với nhà khai thác mạng thì tỷ lệ chia càng lớn càng tốt. Tuy nhiên tỷ lệ chia lớn thì đòi hỏi công suất quang phát cao hơn để hỗ trợ khoảng cách vật lý lớn hơn. Tỷ lệ chia 1:64 là tỷ lệ lý tưởng cho lớp vật lý với công nghệ hiện nay. Tuy nhiên trong các bước phát triển tiếp theo thì tỷ lệ 1:128 có thể được sử dụng.

## **2.2. KỸ THUẬT TRUY NHẬP VÀ PHƯƠNG THỨC GHÉP KÊNH**

Công nghệ truyền dẫn đa truy nhập là các kỹ thuật chia sẻ tài nguyên hữu hạn cho một lượng khách hàng. Trong hệ thống GPON, tài nguyên 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. Tuy không còn là một lĩnh vực mới mẻ trong ngành viễn thông trên thế giới nhưng các kỹ thuật truy nhập 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

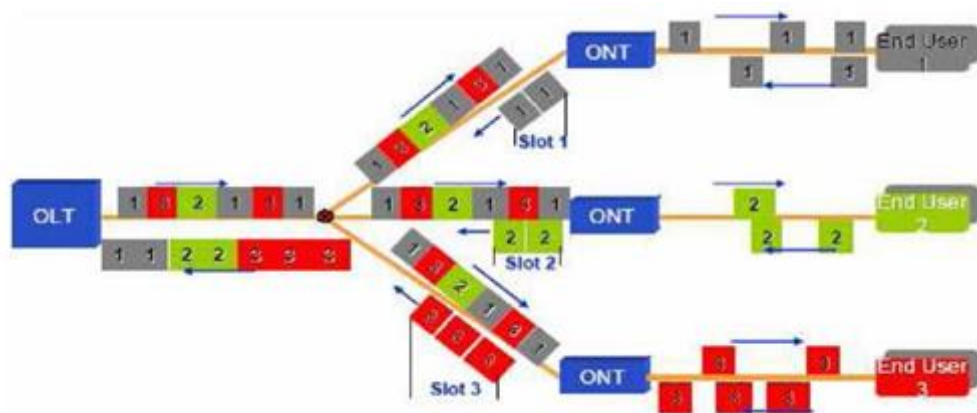


toàn dữ liệu cao.

### 2.2.1. Kỹ thuật truy nhập

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) [10].

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 2.2 dưới đây 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. Hai bước sóng được dùng là: hướng lên  $\lambda_1=1310\text{nm}$ , hướng xuống  $\lambda_2=1490\text{nm}$ .



Hình 2.2 :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, sản xuất, hoạt động và bảo dưỡng. Ngoài ra, việc sử dụng kỹ thuật này còn có một ưu điểm là có thể lắp đặt dễ dàng thêm các ONU nếu có nhu

cầu nâng cấp mạng.

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 [10]. Xung đột này sẽ xảy ra nếu hai hay nhiều gói dữ liệu từ những thuê bao khác nhau đến bộ ghép 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. Tuy nhiên các vấn đề trên đều được khắc phục với cơ chế định cỡ và phân định băng thông động của GPON mà chúng ta sẽ đề cập ở phần sau.

### 2.2.2. Phương thức ghép kênh

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.

Nhược điểm chính của phương thức này là cần gấp đôi số lượng sợi, mối hàn và connector và 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 và trong tương lai nó chỉ chiếm tỷ lệ nhỏ trong toàn bộ chi phí hệ thống.

### 2.2.3. Phương thức đóng gói dữ liệu

GPON định nghĩa hai phương thức đóng gói ATM và GEM (GPON Encapsulation Method). Các ONU và OLT có thể hỗ trợ cả T-CONT nên ATM hoặc GEM.

Phương thức đóng gói dữ liệu GPON (GPON Encapsulation Method - GEM) sử dụng để đóng gói dữ liệu qua mạng GPON. GEM cung cấp khả năng thông tin kết nối định hướng tương tự ATM. GPON cho phép hỗ trợ nhiều loại hình dịch vụ khách hàng khác nhau. Khách hàng ATM được sắp xếp trong suốt vào khung GEM trên cả hai hướng. Khách hàng TDM được sắp xếp vào khung GEM sử dụng thủ tục đóng gói GEM. Các gói dữ liệu bao gồm cả các khung Ethernet cũng được sắp xếp sử dụng thủ tục đóng gói [10].

GEM. GEM cũng hỗ trợ việc phân mảnh hoặc chia nhỏ các khung lớn thành các phân mảnh nhỏ và ghép lại ở đầu thu nhằm giảm trễ cho các lưu lượng thời gian thực. Lưu lượng dữ liệu bao gồm các khung Ethernet, các gói tin IP, IPTV, VoIP và các loại khác giúp cho truyền dẫn khung GEM hiệu quả và đơn giản. GPON sử dụng GEM mang lại hiệu quả cao trong truyền dẫn tải tin IP nhờ sử dụng tới 95% băng thông cho phép trên kênh truyền dẫn.

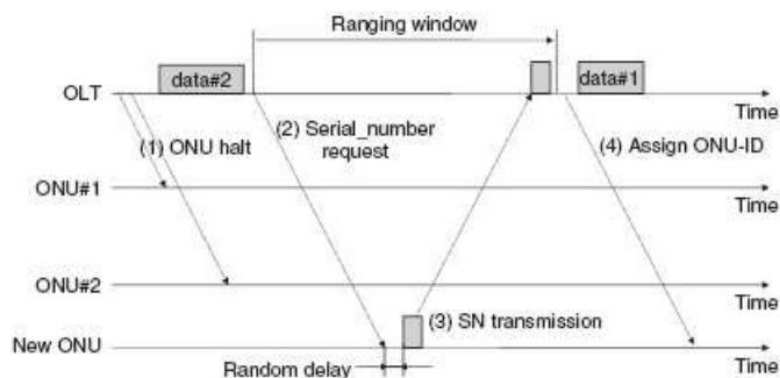
### 2.2.4. Định cỡ và phân định băng tần động

#### ▪ **Thủ tục định cỡ cự li (Ranging):**

Để một ONU có thể hoạt động trong mạng PON nó phải được xác định cự ly giữa ONU và OLT. Cự ly tối đa của mạng PON hiện quy định là 20km. Khoảng cách từ OLT tới ONU là khác nhau với mỗi ONU và do đó trễ khứ hồi RTD (Round Trip Delay) từ mỗi ONU tới OLT là khác nhau. Trừ phi trễ khứ hồi RTD được xác định chính xác thì định thời truyền dẫn sẽ không thể thực hiện. Vì vậy nếu có một ONU mới kết nối với mạng thì trước hết cần đo

RTD. Bằng lệnh của hệ thống vận hành, OLT tự động tạo ra cửa sổ định cỡ cự li phù hợp để đo trễ và xác định cho ONU để truyền tín hiệu cho phép đo trễ. Chiều dài của cửa sổ định cỡ cự li được thiết lập tùy theo khoảng cách giữa OLT và ONU.

Có hai cách xác định ONU cho quá trình định cỡ cự li. Một phương pháp xác định duy nhất ONU đã đăng ký và phương pháp khác xác định tất cả các ONU chưa đăng ký. Trong phương pháp thứ nhất, một ONU với số ID riêng được xác định trong hệ thống vận hành. Trong phương pháp thứ hai OLT không biết số ID riêng của mỗi ONU, khi đó sẽ có vài ONU có thể truyền tín hiệu cho quá trình đo trễ diễn ra liên tục. Một biện pháp giảm xung đột trong quá trình định cỡ cự li là truyền tín hiệu cho quá trình đo trễ với một khoảng thời gian chờ ngẫu nhiên, gần giống như phương pháp được sử dụng trong Ethernet (CSMA/CD). Thậm chí nếu có xảy ra xung đột ngay bước đầu thì vẫn có thể tiến hành đo trễ bằng cách lặp lại quá trình truyền dẫn hai hay ba lần.



Hình 2.3: GPON định cỡ cự li giai đoạn 1

Vì dữ liệu thuê bao không được truyền trước khi quá trình ranging kết thúc nên sẽ không làm tăng trễ truyền dẫn dữ liệu [10]. Ngoài ra thời gian chờ ngẫu nhiên được sử dụng để chống xung đột không được bao gồm trong phép đo trễ khứ hồi RTD.

Thủ tục định cỡ cự li của GPON được chia thành 2 giai đoạn. Ở pha

thứ nhất đăng ký số sêri cho ONU chưa đăng ký và cấp phát ONU-ID cho ONU đã thực hiện. Số sêri là ID xác định ONU và phải là duy nhất, đồng thời ONU-ID được sử dụng để điều khiển, theo dõi và kiểm tra ONU.

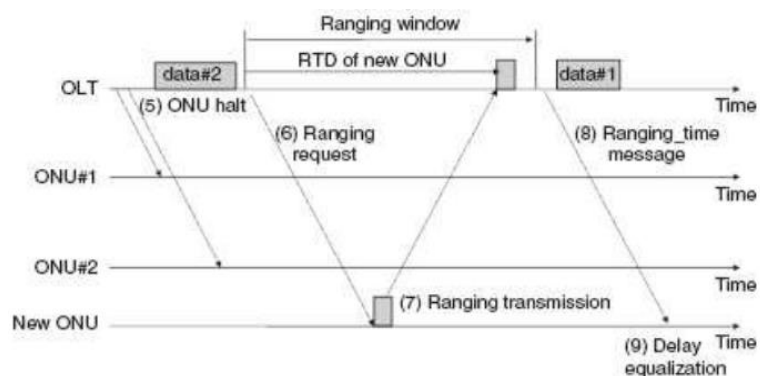
Các bước trong giai đoạn thứ nhất [10]:

1. OLT xác định tất cả các ONU hiện đang hoạt động để cho dừng quá trình truyền dẫn (các ONU ngừng truyền dẫn - (1) ONU halt)

2. OLT xác định ONU không có ONU-ID để yêu cầu truyền số sêri (bản tin yêu cầu số sêri - (2) serial\_number request) Sau khi nhận được yêu cầu truyền số sêri, ONU không có ONU-ID sẽ truyền số sêri (quá trình truyền số sêri - (3) SN transmission) sau khi chờ một khoảng thời gian ngẫu nhiên (tối đa 50ms).

3. OLT chỉ định một ONU-ID tới ONU chưa đăng ký mà OLT đã nhận được số sêri (bản tin chỉ định ONU-ID - (4) assign ONU-ID).

Trong giai đoạn tiếp theo RTD được đo cho mỗi ONU đã đăng ký mới. Thêm vào đó giai đoạn này cũng được áp dụng cho các ONU bị mất tín hiệu trong quá trình thông tin.



Hình 2.4: GPON định cỡ cụ li giai đoạn 2

Các bước trong giai đoạn thứ hai bao gồm:

4. OLT xác định tất cả các ONU đang thông tin để cho dừng quá trình truyền dẫn luồng lên (các ONU ngừng truyền dẫn - (5) ONU halt)

5. Sử dụng các số sêri, OLT xác định một ONU nhất định và chỉ ONU

đó được truyền tín hiệu cho quá trình đo trễ (bản tin yêu cầu định cỡ cự li - (6) ranging request)

6. ONU có số sêri trùng với số sêri OLT đã xác định sẽ truyền tín hiệu cho quá trình đo trễ (quá trình truyền định cỡ cự li - (7) ranging transmission), bao gồm cả ONU-ID đã chỉ định trong giai đoạn 1.

7. OLT đo RTD phụ thuộc vào thời gian mà tín hiệu sử dụng cho phép đo trễ được thu. Hơn nữa, sau khi xác nhận sự kết hợp giữa số sêri và ONU-ID là đúng, OLT thông báo trễ cân bằng (Equalization Delay =  $T_{eqd}$  - RTD) tới ONU (bản tin thời gian - (8) Ranging\_time message). Trong đó  $T_{eqd}$  là hằng số và giá trị RTD lớn nhất được xác định trong mạng PON. Ví dụ với khoảng cách tối đa 20km thì  $T_{eqd} = 200ms$ .

8. ONU lưu giá trị trễ cân bằng và tạo trễ định thời cho chuỗi dữ liệu truyền dẫn luồng lên với giá trị này.

#### ▪ Phương thức cấp phát băng thông

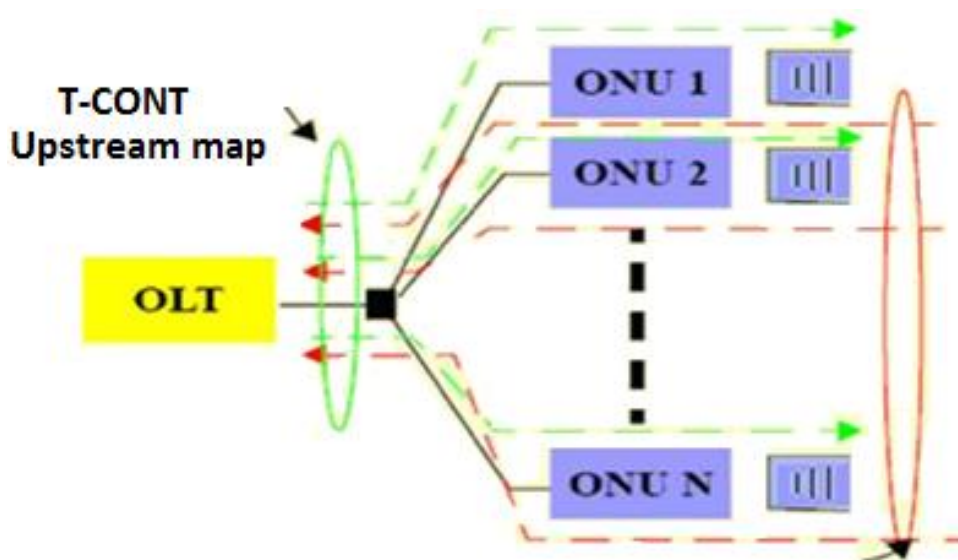
Tại hướng lên băng thông được sử dụng bởi các ONU không chỉ phụ thuộc vào bối cảnh lưu lượng tại các ONU có liên quan mà đồng thời liên quan đến lưu lượng tại các ONU khác trong mạng. Vì sử dụng môi trường chia sẻ băng thông nên lưu lượng truyền bởi mỗi ONU có khả năng bị xung đột và quá trình truyền lại làm giảm hiệu suất. Do đó hướng lên GPON sử dụng phương thức cấp phát băng thông động DBA (Dynamic Bandwidth Assignment). Các khung truyền dẫn hướng lên được chia thành 5 loại I đến V [10].

- TCONT (Transmission Container) sử dụng để quản lý việc cấp phát băng thông hướng lên.

- Dịch vụ loại I - TCONT trên cơ sở được cấp phát băng thông cố định hay là dịch vụ yêu cầu băng thông cố định, không được phục vụ bởi DBA.

- Loại II - TCONT cho dịch vụ có tốc độ bit thay đổi với yêu cầu về trễ và jitter như truyền hình và VoIP.
- Loại III - TCONT cho các dịch vụ được đảm bảo về trễ.
- Loại IV - TCONT cho lưu lượng best-effort.
- Loại V - TCONT là kết hợp của hai hay nhiều loại x - TCONT ở trên.

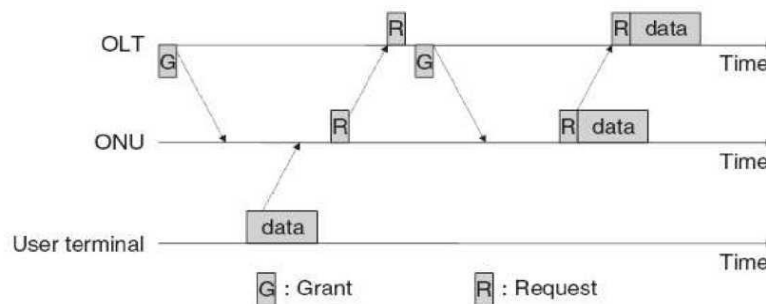
Báo cáo mẫu lưu lượng gửi tới OLT bởi mỗi ONU bao gồm mẫu của mỗi loại TCONT và chờ sự cấp phát từ phía OLT. OLT sẽ dựa vào loại TCONT để ra quyết định cấp phát băng thông hướng lên cho ONU.



Hình 2.5: Báo cáo và phân bố băng thông trong GPON

Thủ tục cấp phát nói chung gồm các bước sau:

1. ONU lưu dữ liệu thuê bao cho lưu lượng hướng lên vào bộ đệm.
2. Khối dữ liệu chứa trong bộ đệm được báo tới OLT như một yêu cầu tại một thời điểm quy định bởi OLT.
3. OLT xác định thời gian bắt đầu truyền dẫn và khoảng thời gian truyền cho phép (1/4 cửa sổ truyền dẫn) tới ONU như một sự cấp phép.
4. ONU nhận sự cấp phép và truyền khối dữ liệu đã xác định.



Hình 2.6: Thủ tục cấp phát băng thông trong GPON

### 2.2.5. Bảo mật và mã hóa sửa lỗi

- **Bảo mật:** Do mạng GPON là mạng điểm - đa điểm nên dữ liệu hướng xuống có thể được nhận bởi tất cả các ONU. Công nghệ GPON sử dụng bảo mật hướng xuống với chuẩn mật mã tiên tiến AES (Advanced Encryption Standard). Dữ liệu thuê bao trong khung luồng xuống được bảo vệ thông qua lược đồ mật mã hóa AES và chỉ phần tải lưu lượng trong khung được mã hoá. Với hướng lên xem như liên kết điểm - điểm và không sử dụng mã hóa bảo mật.

- **Sửa lỗi hướng thuận FEC (Forward Error Correction):** Công nghệ GPON sử dụng phương pháp sửa lỗi tiến FEC. FEC mang lại kết quả tăng quỹ đường truyền lên 3-4dB (độ lợi mã hóa) vì vậy cho phép tăng tốc độ bit và khoảng cách giữa OLT và các ONU cũng như hỗ trợ tỉ số chia lớn hơn trong mạng. FEC được tùy chọn sử dụng trong cả hướng lên và hướng xuống, dùng mã Reed Solomon thường là RS (255,239).

### 2.2.6. Khả năng cung cấp băng thông

#### a. Hướng xuống:

Yêu cầu băng thông của các dịch vụ cơ bản:

- Băng thông yêu cầu của một kênh HDTV = 18 Mbit/s.
- Băng thông yêu cầu của một kênh SDTV = 3 Mbit/s.
- Truy cập Internet tốc độ cao = 100 Mbit/s trên mỗi thuê bao với tỷ



lệ dùng chung 20:1.

- Voice IP tốc độ 100 Kbit/s.

Trong đó tốc độ hướng xuống của GPON = 2,488 Mbit/s X hiệu suất 92% = 2289 Mbit/s. Trong ứng dụng nhiều nhóm người sử dụng (MDU: multiple-dwelling-unit), với tỷ lệ chia là 1:32, GPON có thể cung cấp dịch vụ cơ bản bao gồm truy cập Internet tốc độ cao và Voice đến 32 ONU, mỗi ONU cung cấp cho 8 thuê bao.

**b. Hướng lên:**

ITU G 984 GPON không những có khả năng hỗ trợ tất cả các yêu cầu về hệ thống mạng mà còn cung cấp một cơ chế QoS riêng cho lớp PON vượt ra ngoài các phương thức Ethernet lớp 2 và phân loại dịch vụ (Class of Service - CoS) IP lớp 3 để đảm bảo việc phân phát các thông tin voice, video và TDM chất lượng cao thông qua môi trường chia sẻ trên nền TDMA. Tuy nhiên, các cơ chế CoS ở lớp 2 và lớp 3 chỉ có thể đạt mức tối đa là QoS ở lớp truyền tải. Nếu lớp truyền tải có độ trễ và dung sai lớn thì việc phân chia mức ưu tiên dịch vụ không còn ý nghĩa [10]. Đối với TDMA PON, dung lượng cung cấp QoS hướng lên sẽ bị hạn chế khi tất cả các ONU của PON sử dụng hết băng thông hướng lên và ưu tiên của nó trong TDMA. Hướng lên GPON có thông lượng đến 1,25 Gbits/s.

GPON sử dụng băng thông ngoài băng để cấp phát bản đồ với khái niệm khối lưu lượng (T-CONT) cho hướng lên. Khung thời gian hướng lên và hướng xuống sử dụng khung tiêu chuẩn viễn thông 8 kHz (125  $\mu$ s), và các dịch vụ được đóng gói vào các khung theo nguyên bản của nó thông qua quá trình mô hình đóng gói GPON (GEM). Giống như trong SONET/SDH, GPON cung cấp khả năng chuyển mạch bảo vệ với thời gian nhỏ hơn 50ms. Điều cơ bản làm cho GPON có trễ thấp là do tất cả lưu lượng hướng lên TDMA từ các ONU được ghép vào trong một khung 8 KHz. Mỗi khung

hướng xuống bao gồm một bản đồ cấp phát băng thông hiệu quả được gửi quảng bá đến tất cả các ONU và có thể hỗ trợ tính năng tinh chỉnh cấp phát băng thông. Cơ chế ngoài băng này cho phép GPON DBA hỗ trợ việc điều chỉnh cấp phát băng thông nhiều lần mà không cần phải sắp xếp lại để tối ưu hóa tận dụng băng thông.

c. **Băng thông hữu ích:**

Công nghệ GPON hỗ trợ tốc độ lên tới 1,25 Gbit/s hoặc 2,5 Gbit/s hướng xuống, và hướng lên, hỗ trợ nhiều mức tốc độ trong khoảng từ 155 Mbit/s đến 2,5 Gbit/s. Hiệu suất sử dụng băng thông đạt trên 90%.

2.2.7. Khả năng cung cấp dịch vụ

a) **Đặc điểm dịch vụ:** GPON được triển khai để đáp ứng tỉ lệ dung lượng dịch vụ/chi phí khi so sánh với mạng cáp đồng/DSL và mạng HFC có dung lượng nhỏ và các mạng SDH/SONET cũng như giải pháp quang Ethernet điểm - điểm có chi phí cao. Vì vậy nó phù hợp với các hộ gia đình, doanh nghiệp vừa và nhỏ, chính phủ và các cơ quan công sở [10].

- Các dịch vụ bộ ba dành cho hộ gia đình: GPON được phát triển để mang đến các dịch vụ thế hệ mới như IPTV, truyền hình theo yêu cầu, game trực tuyến, Internet tốc độ cực cao và VoIP với chi phí hiệu quả, băng thông lớn và chất lượng đảm bảo cho các thuê bao hộ gia đình.

IP quảng bá qua cấu hình điểm - đa điểm cho phép một luồng video có thể truyền tới nhiều thuê bao một cách đồng thời.

Khả năng cấp phát băng thông động và phục vụ quá tải cho phép các nhà cung cấp dịch vụ tối ưu hóa băng thông quang, tạo ra nhiều lợi nhuận hơn. Băng thông lớn và dịch vụ linh hoạt của GPON giúp cho GPON trở thành một sự lựa chọn hoàn hảo cho việc cung cấp dịch vụ tới nhiều hộ thuê bao MDU (Multiple Dwelling Units) như các tòa nhà, khách sạn, chung cư. GPON ONU có thể phục vụ như các DSLAM VDSL2.

- Với các doanh nghiệp vừa và nhỏ: GPON là sự lựa chọn hoàn hảo cho các doanh nghiệp vừa và nhỏ có yêu cầu về thoại, truy nhập Internet, VPN và các dịch vụ T1/E1 với chi phí hợp lý. GPON có băng thông đủ lớn và có tính năng QoS cho phép các dịch vụ lớp doanh nghiệp có thể được cung cấp trên cùng cơ sở hạ tầng như các dịch vụ hộ gia đình nhằm loại trừ yêu cầu xây dựng cơ sở hạ tầng mới.

- Với Chính phủ, Giáo dục và Y tế: Thị trường các cơ quan chính phủ yêu cầu các dịch vụ dữ liệu và thoại có chất lượng cao và băng thông lớn với chi phí thấp. Khả năng của GPON cho phép phục vụ hiệu quả một số lượng lớn thuê bao ở các khu vực trung tâm văn phòng chính phủ, các trường học, bệnh viện cũng như các khu vui chơi giải trí, khu công nghiệp. Chính quyền một số quốc gia đã thiết lập mạng GPON để cung cấp các dịch vụ thoại và dữ liệu tốc độ cao cho lực lượng cảnh sát, văn phòng chính phủ, tòa án và các lực lượng cứu hỏa, đặc nhiệm để nâng cao chất lượng phục vụ cộng đồng. GPON là cách tốt nhất để mang đến các trường học Internet tốc độ cao và các dịch vụ băng rộng khác.

b) **Khoảng cách OLT - ONU:** Giới hạn cự ly của công nghệ GPON hiện tại được quy định trong khoảng 20 km và cung cấp tỉ lệ chia lên tới 1:128 (hiện tại thường sử dụng tỉ lệ 1:32).

c) **Các ứng dụng cơ bản trong mạng:**

GPON được ứng dụng chủ yếu trong các mạng sau:

■ GPON được ứng dụng trong các mạng truy nhập quang FTTx để cung cấp các dịch vụ như IPTV, VoD, RF Video (chồng lân), Internet tốc độ cao, VoIP, Voice TDM với tốc độ dữ liệu/ thuê bao có thể đạt 1000Mbps, hỗ trợ QoS đầy đủ.

■ Giải trí - CATV, HDTV, PPV, PDVR, IPTV - Hệ thống đường lên Video hoàn thiện cho modem DOCSIS và dịch vụ Video tương tác, truyền

hình vệ tinh; tất cả các dịch vụ trên cáp quang GPON.

- Thông tin liên lạc - Các đường thoại, thông tin liên lạc, Truy cập internet, intranet tốc độ cao, Truy cập internet không dây tại những địa điểm công cộng, Đường băng thông lớn (BPLL) và làm backhaul cho mạng không dây.

- Bảo mật - Camera, Báo cháy, báo đột nhập, Báo động an ninh, trung tâm điều khiển 24/7 với khả năng giám sát, backup dữ liệu, SAN.

## 2.3 MỘT SỐ VẤN ĐỀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG THÔNG TIN QUANG

### 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 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:

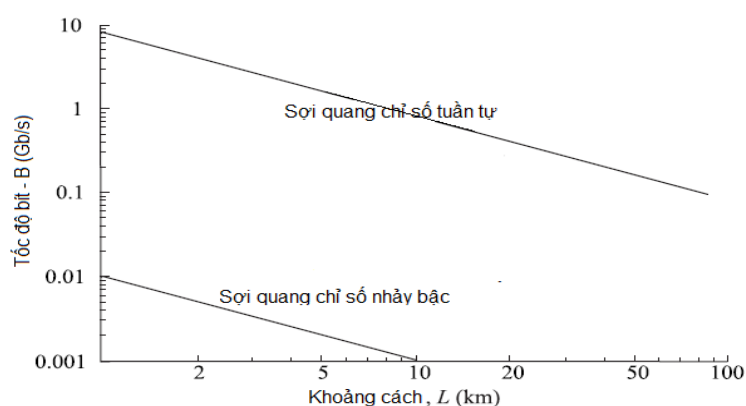
$$L = \frac{10}{\alpha_f} \log_{10} \left( \frac{P_t}{P_r} \right) \quad [km] \quad (2.1)$$

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  $B_T$ . Chú ý rằng  $P_r = N_p B_T h \cdot f$  trong đó  $hf$  là năng lượng photon,  $N_p$  là số lượng photon trung bình/bit đòi hỏi bởi máy thu.

*Lưu ý rằng:* 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).

$$B.L < \frac{8c}{n_1 \Delta^2} \quad (2.2)$$

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 biểu diễn bằng hình 2.7.



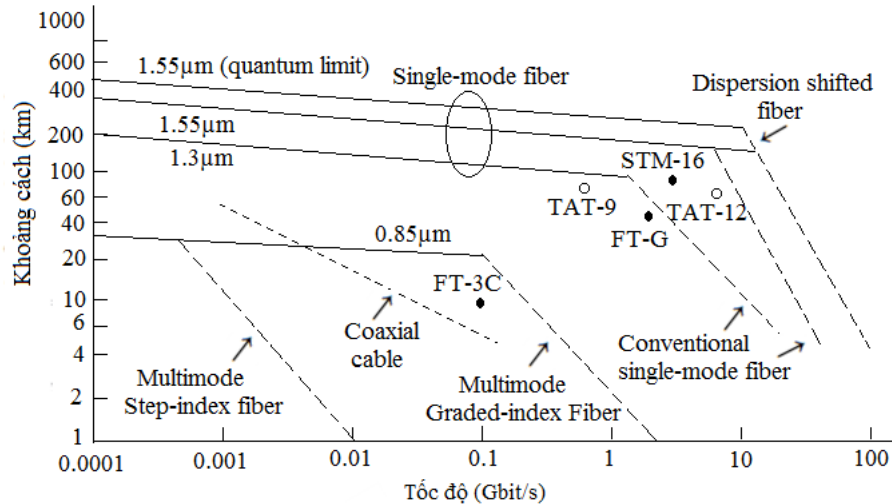
Hình 2.7: Giới hạn tốc độ bit - khoảng cách sợi quang với  $n_1 = 1.5$ ,

$$\Delta = 0.01 \text{ và } \alpha = 2$$

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 2.7 chỉ ra sự phụ thuộc của L theo  $B_T$  cho các sóng hoạt động phổ biến tại  $\lambda = [0,85\mu\text{m}; 1,3\mu\text{m} \text{ và } 1,55\mu\text{m}]$  với  $\alpha_f = [2,5\text{dB/km}; 0,4\text{dB/km} \text{ và } 0,25\text{ dB/km}]$  tương ứng khi công suất phát là  $P_t = 1\text{mW}$  ở cả ba bước sóng, trong khi đó  $N_p = 300$  tại  $\lambda = 0,85\mu\text{m}$  và  $N_p = 500$  ở  $\lambda = 1,3$  và  $1,55\mu\text{m}$ .

Theo hình 2.7, 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 2.7 còn so sánh giới hạn suy hao hệ

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. 8: Sự phụ thuộc của khoảng cách với tốc độ bit với các loại sợi quang

Đường chấm chấm trong hình 2.8 chỉ ra sự phụ của  $L$  thuộc tốc độ bit cho cho cáp đồng trục khi giả định suy hao tăng tỉ lệ với  $B_T$ . Khoảng cách truyền dẫn đôi 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  $5\text{Mb/s}$ .

### 2.3.2 Ảnh hưởng của tán sắc

Trong một sợi quang, những tần số ánh sáng khác nhau và những môđ khác nhau cần thời gian khác nhau để truyền một đoạn từ A đến B. Hiện tượng này gọi là tán sắc và gây ra nhiều ảnh hưởng khác nhau. Nói chung, 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 [10].

Tán sắc trong sợi quang đơn/đa mode có thể bao gồm nhiều loại tán sắc bậc một khác nhau như tán sắc vật liệu  $D_M$ , tán sắc ống dẫn sóng  $D_w$ , các thành phần tán sắc  $D_p$ ... Tán sắc tổng cộng trong sợi quang đơn mode  $D_T$  được tính bởi biểu thức:  $D_T = D_M + D_w + D_p$ . Các hệ số tán sắc trong sợi

quang được tính theo đơn vị [ps/(nm.km)]. Hai nguyên nhân tán sắc gây giãn xung chủ yếu trong sợi quang là:

a) 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  $\omega$  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 (2.3).

$$\tau_g = \frac{d\beta}{d\omega} = \frac{1}{c} \left( n_1 - \lambda \frac{dn_1}{d\lambda} \right) \quad (2.3)$$

Với  $n_1$  là chiết suất vật liệu lõi. Độ trễ xung do tán sắc vật liệu  $\tau_m$  trong sợi quang có chiều dài L là:

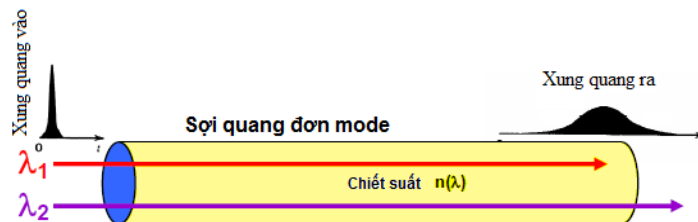
$$\tau_m = \frac{L}{c} \left( n_1 - \lambda \frac{dn_1}{d\lambda} \right) \quad (2.4)$$

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:

$$\sigma_m \approx \sigma_\lambda \frac{d\tau_m}{d\lambda} = \sigma_\lambda \frac{L}{c} \left[ \lambda \frac{d^2n_1}{d\lambda^2} \right] = \sigma_\lambda \cdot L \cdot D_M \quad (2.5)$$

Hệ số tán sắc vật liệu  $D_M$  được xác định bởi:

$$D_M = \frac{\lambda}{c} \left[ \frac{d^2n_1}{d\lambda^2} \right] \quad (2.6)$$



Hình 2.9 Hiện tượng tán sắc

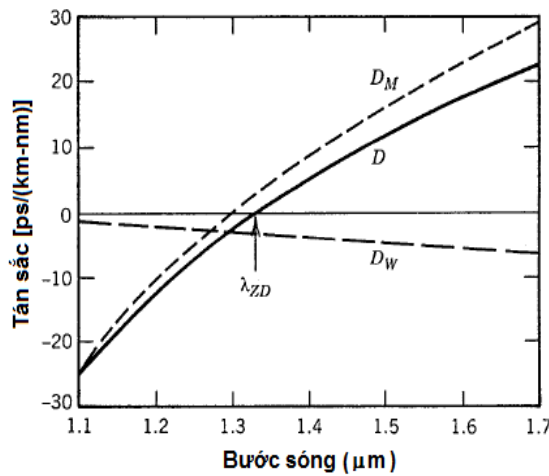
b) Giãn xung do tán sắc ống dẫn sóng.

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

$$D_W = -\frac{2\pi \Delta}{\lambda^2} \left[ \frac{n_{2g}^2 V d^2(Vb)}{n_{2g} \omega dV^2} + \frac{dn_{2g}}{d\omega} \frac{d(Vb)}{dV} \right] \quad (2.7)$$

Trong đó  $n_{2g}$  là chiết suất nhóm của lớp vỏ sợi quang [10]. 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 (2.7) cho  $D_W$  âm trong toàn vùng bước sóng truyền thông (từ 0m cho tới 1,6 m).

Hình 2.10 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 điển hình. Ta thấy rằng hệ số tán sắc vật liệu  $D_M$  âm khi  $\lambda < \lambda_{ZD} = 1,276 \mu\text{m}$  và dương khi  $\lambda > \lambda_{ZD}$ . Như vậy, tán sắc ống dẫn sóng đã dịch  $\lambda_{ZD}$  một khoảng 30-40 nm sao cho  $\lambda_{ZD} \sim 1,31 \mu\text{m}$ . 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  $\mu\text{m}$  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  $\mu\text{m}$ .



Hình 2.10: Tán sắc tổng cộng  $D$  liên quan đến  $D_M$  và  $D_W$



Tán sắc ống dẫn sóng  $D_w$  phụ thuộc vào các thông số 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  $\lambda_{ZD} \sim 1,55$  mm, sợi quang loại này gọi là sợi dịch tán sắc (DSF). 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 2.10 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 trên mỗi km chiều dài sợi ứng với độ rộng phổ quang là 1ns.

### 2.3.3 Ảnh hưởng của quỹ công suất

Mục đích của quỹ công suất là bảo đảm 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  $P_r$ . Thường ta luôn biết được công suất phát trung bình  $P_t$  của máy phát. Quỹ công suất thường được tính theo đơn vị decibel (dB), còn công suất quang được biểu thị theo đơn vị dBm. Cụ thể hơn.

$$P_t = P_r + A_L + M_S \quad (2.8)$$

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 gia tăng trong thời gian

sông của hệ thống do sự xuống cấp của linh kiện hoặc các sự kiện không biết trước được. 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. Nếu  $\alpha_f$  là suy hao trung bình của sợi quang (dB/km),  $A_L$  có thể viết như:

$$A_L = \alpha_f L + \alpha_{con} + \alpha_{splice} \quad (2.9)$$

Với  $\alpha_{con}$  và  $\alpha_{splice}$  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 (2.8) và (2.9) để dàng ước lượng khoảng cách truyền lớn nhất tương ứng với các linh kiện cho trước.

Theo chuẩn G.984.2 - Quỹ suy hao công suất quang trong G-PON được tính bù đắp xác định quỹ suy hao công suất và được mô tả như sau:

Items	Unit	Single fibre
Minimum optical loss at 1490 nm	dB	13
Minimum optical loss at 1310 nm	dB	13
Maximum optical loss at 1490 nm	dB	28
Maximum optical loss at 1310 nm	dB	28

Bảng 2.1: Bảng xác định quỹ hao công suất

Suy hao toàn tuyến từ OLT tới ONU/ONT không được vượt quá 28dB.

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

- Suy hao trên sợi quang (phụ thuộc chiều dài cáp).
- Suy hao khi đi qua bộ chia quang Splitter.
- Suy hao mối hàn (Splice Attenuation) (phụ thuộc số mối hàn).
- Suy hao giắc nối (Adapter Connectors Attenuation) (phụ thuộc số connectors).

Để đảm bảo tốc độ băng thông thì khoảng cách từ OLT đặt tại trạm (POP) đến ONT/ONU đặt tại nhà khách hàng và suy hao đường truyền phải đáp ứng yêu cầu của công nghệ GPON (ITU-T G984.2) cụ thể như sau:

- Khoảng cách vật lý tối đa từ OLT đến ONU/ONT:  $\leq 20$ km.
- Suy hao đường truyền từ OLT đến ONU/ONT:  $\leq 28$ dB.

Suy hao công suất quang liên quan đến chủng loại bộ chia quang do hãng nào cung cấp, số lượng mỗi hàn, connector và chiều dài cáp quang từ OLT đến ONU/ONT.

- Các tham số suy hao

Suy hao các thành phần:

Mô tả	Suy hao (dB)
Suy hao sợi quang	0.35dB/km
Suy hao mỗi hàn	0.1dB/mỗi hàn
Suy hao connector	0.3dB/connector
Dự phòng	4~6dB

Bảng 2.2: Bảng Suy hao các thành phần

Suy hao của splitter:

Hãng Vissem

Tỷ lệ chia của Splitter	Suy hao (dB)
1:2	$\leq 4$ dB
1:4	$\leq 7.4$ dB
1:8	$\leq 10.7$ dB
1:16	$\leq 14$ dB
1:32	$\leq 17.2$ dB
1:64	$\leq 21.5$ dB

Hãng Kexin

Tỷ lệ chia của Splitter	Suy hao (dB)
1:2	$\leq 3.5$ dB
1:4	$\leq 7.5$ dB
1:8	$\leq 10.5$ dB
1:16	$\leq 13.5$ dB
1:32	$\leq 17.5$ dB
1:64	$\leq 20.5$ dB

Bảng 2.3: Bảng Suy hao của splitter

Suy hao các loại connector:

Loại Connector	Suy hao
ST	0,3 dB
MPO	0,35 dB
FDDI	0.5 dB
MTRJ	0.7 dB
SC	0,3 dB
SC/APC	0,3 dB
LC	0,2 dB

Bảng 2.4: Bảng Suy hao các loại connector

*Chú ý:* 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. Ví dụ: bộ chia 1:64 là 19.7 dB.

- *Công thức tính toán suy hao toàn tuyến*

Trong quá trình thiết kế mạng FTTx-GPON, cần phải tính toán suy hao công suất quang trên toàn tuyến từ trạm OLT đến vị trí lắp đặt ONU/ONT xa nhất theo dự kiến (trường hợp chưa lắp đặt cáp quang thuê bao có thể sự kiện chiều dài cáp quang thuê bao trong khoảng từ **50 - 350m** theo từng nhà mạng nhằm đáp ứng các thông số kỹ thuật của mạng ODN. Như vậy phương án thiết kế 2 tầng bộ chia quang được tính như sau:

**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, vẫn 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 xấp xỉ như sau.

$$T = \sqrt{T_{tran}^2 + T_{fib}^2 + T_{ter}^2} \quad (2.10)$$

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. Thông thường, thời gian lên của thiết bị phát

$T_{tran}$  và thiết bị thu  $T_{ter}$  đã biết trước trong hệ thống và được xác định từ các thành phần mạch điện tử trong hệ thống và có giá trị thông thường khoảng 0.1 nsec. Thời gian thu có thể được xác định thông qua mối quan hệ giữa băng tần (tại băng tần số cắt 3dB) và  $T_{ter}$  (miền điện của máy thu) bởi biểu thức sau.

$$T_{ter} = \frac{2.2}{2\pi B_t} = \frac{0.35}{B_t} \quad (2.11)$$

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

$$T_{fib} = \sqrt{T_{mod}^2 + T_{GVD}^2} \quad (2.12)$$

Tán sắc mode trong sợi quang đa mode làm tăng thời gian lên được xác định bởi biểu thức.

$$T_{mod} = \frac{L}{c} \frac{n_1^2}{n_2} \Delta = D_M L \approx L \frac{n_1 \Delta}{c} \quad (2.13)$$

Trong đó L là chiều dài sợi quang,  $n_1$  và  $n_2$  là chiết suất lõi và vỏ sợi quang còn  $\Delta$  là độ lệch chiết suất tỷ đối giữa lõi và vỏ, còn  $D_M$  được gọi là 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:

$$T_{GVD} = L \frac{d^2 \beta}{d^2 \omega} \Delta \omega = L \beta_2 \Delta \omega = D_{GVD} L \Delta \lambda \quad (2.14)$$

Với  $\beta$  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  $D_{GVD} = 3 \frac{ps}{km} \cdot nm$  thì  $T_{GVD} = 0.3 \text{ nsec}$ . Như vậy  $T_{GVD}$  làm ảnh hưởng đến tốc độ truyền của sợi quang - biểu thức (2.11) 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 hệ thống thông tin quang

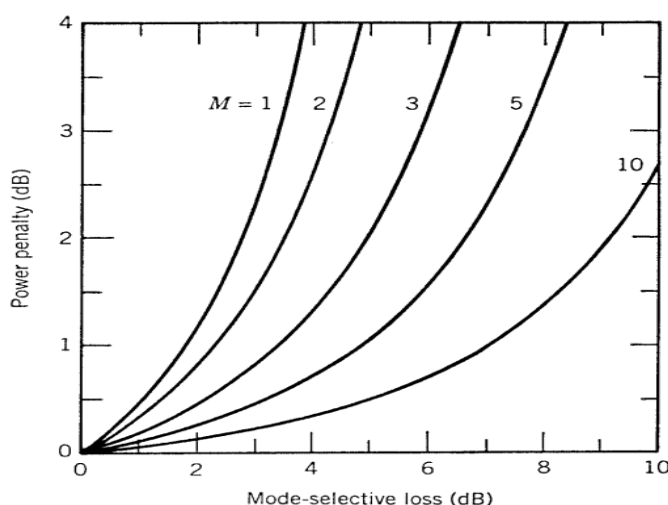
- **Nhiều mode**

Nhiều mode liên quan tới sợi đa mode và đã được nghiên cứu sâu trong những năm 1980. 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 [9,10].

Sự dao động công suất thu được xem như là nhiều 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 môi 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 nhiều mode. Nhiều mode bị ảnh hưởng mạnh bởi độ rộng phổ nguồn quang  $\Delta f$  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 (2.13). Đối với các máy phát sử dụng LED khi mà  $\Delta f$  đủ lớn ( $\Delta v \approx 5\text{THz}$ ) 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 nhiễu mode (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 mối hàn và các connector. Nó cũng phụ thuộc phổ mode dọc của laser bán dẫn. Dễ thấy, sự giảm trừ công suất giảm khi số lượng mode dọc tăng thời gian kết hợp (time coherence) của ánh sáng phát ra giảm [9].

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 nhiễu mode theo suy

Bởi vì 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.

- Nhiều phân chia mode ( Mode-Partitiin Noise MNP)

Các laser đa mode tạo ra nhiễu phân chia mode (MPN). Hiện tượng này xảy ra do sự tương tác giữa các cặp mode phân cực dọc. Cụ thể, 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 nhiễu 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 laser bán dẫn đa chế độ lẫn laser bán dẫn đơn mode.

- Nhiễu phản xạ

Trong hầu hết 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 được nghiên cứu rộng rãi vì nó có thể làm giảm hiệu năng của hệ thống [8]. 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 và hệ số khúc xạ của các môi trường này được tính theo công thức:



$$R_f = \frac{(n_f - n_0)^2}{(n_f + n_0)^2} = \frac{(n_f - 1)^2}{(n_f + 1)^2} \quad (2.15)$$

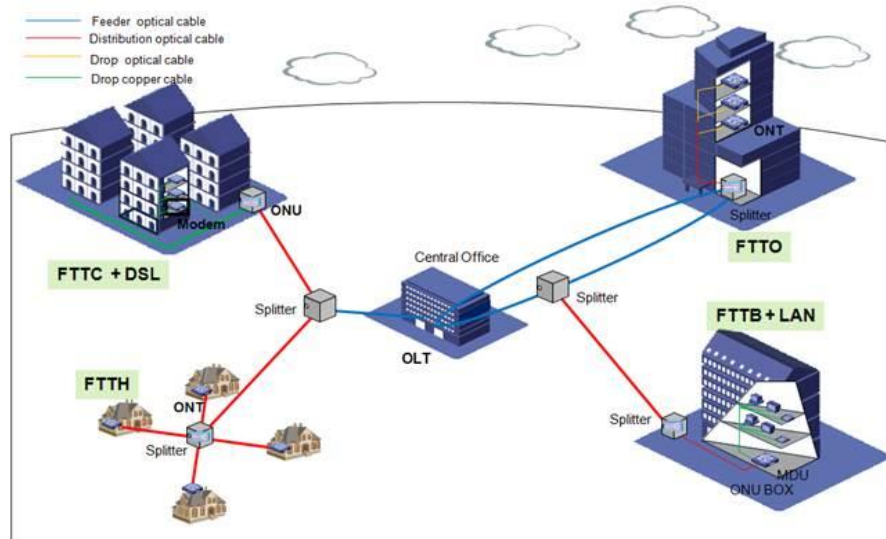
Trong đó  $n_f$  là chiết suất của vật liệu làm nên sợi quang. Với sợi quang vật liệu silicat,  $R_f = 3.6\%$  (-14.4 dB) khi  $n_f = 1.47$ . Giá trị này có thể tăng lên 5.3% đối với sợi có đáy trơn vì độ trơn có thể tạo ra bề mặt móng hơn với chiết suất khoảng 1.6. Trong trường hợp đã phản xạ xảy ra giữa hai mặt cắt và mỗi nôi, hồi tiếp phản xạ có thể tăng lên một cách đáng ngờ 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 trơn láng và trên 22% với bề mặt trơn láng. Rõ ràng, một phần nhỏ tín hiệu truyền có thể được phản xạ trở lại trừ phi cần 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. Thành thạo đỉnh của sợi quang được uốn cong hoặc cắt ở một góc để sự phản xạ ánh sáng lệch khỏi trục quang. Sử dụng công nghệ 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 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 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 thường bị ảnh hưởng của nhiễu nội hơn là nhiễu phase.

## 2.4 CÁC MÔ HÌNH TRIỂN KHAI FTTX TRÊN NỀN GPON

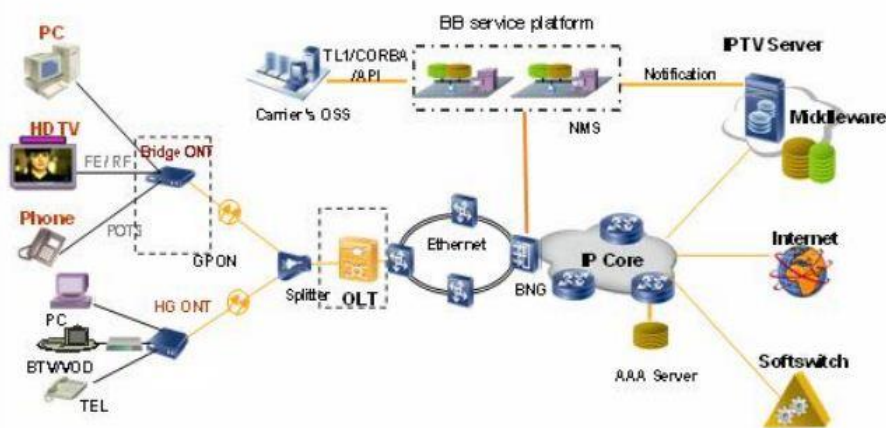
Căn cứ vào độ vươn xa của cáp quang từ OLT tới ONT/ONU mà chia thành 4 mô hình triển khai FTTx điển hình: FTTH, FTTB, FTTO, FTTC [4].



Hình 2.12: Fiber to the home “Cáp quang nối tới từng nhà”

### 2.4.1 Mô hình triển khai FTTH-GPON (Fiber to the home).

- *Mô hình thiết bị*



Hình 2.13: Cấu trúc mạng FTTH-GPON

- Đối tượng khách hàng và các dịch vụ triển khai:

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.

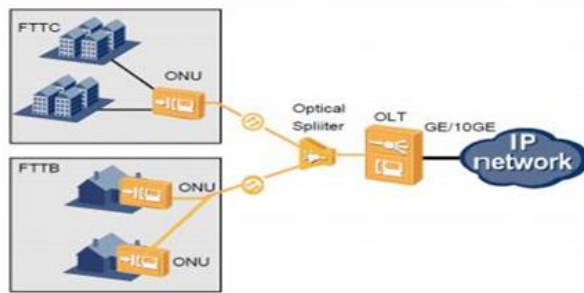
- HDTV@50M
- Dịch vụ thoại
- Dịch vụ dữ liệu
- Kế hoạch và thiết kế mạng:
  - Kế hoạch VLAN (Virtual Local Area Network)
  - Kế hoạch địa chỉ IP
  - Đảm bảo QoS

2.4.2 Mô hình triển khai FTTB/FTTC - GPON (Fiber to the building/Fiber to the curb).

- Mô hình thiết bị

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.

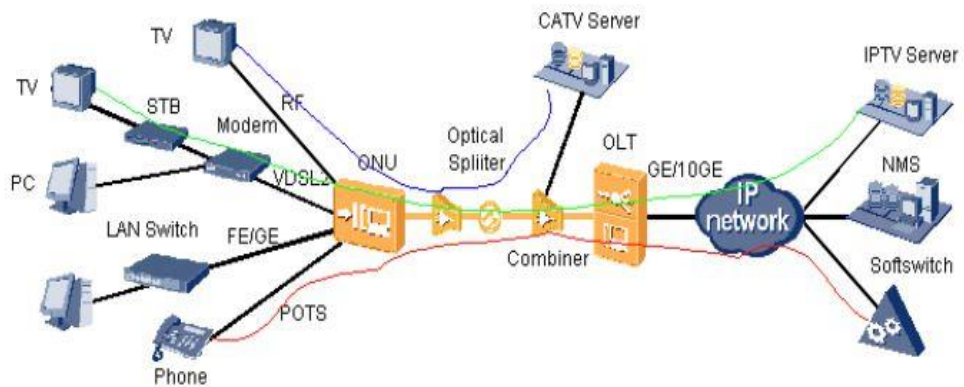
Giải pháp FTTC được áp dụng cho các khu công nghiệp, hoặc các căn hộ nằm rải rác. Trong một giải pháp FTTC, OLT được kết nối bằng các sợi quang học đến các ONU được lắp đặt trong các hộp phân phối cáp ở lề đường, các ONU được kết nối với tất cả các thiết bị đầu cuối của người dùng bằng cáp xoắn đôi, để cung cấp các dịch vụ thoại, dữ liệu và các dịch vụ video cho người sử dụng trong căn hộ/công viên.



Hình 2.14: Cấu hình mạng FTTB/FTTC

- Đối tượng khách hàng và các dịch vụ triển khai:

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 2.4 minh họa ứng dụng dịch vụ cho người dùng gia đình.



Hình 2.15: Các dịch vụ cung cấp trong mô hình FTTB/FTTC

- Dịch vụ thoại
- Dịch vụ dữ liệu
- Dịch vụ truyền hình (IPTV, CATV)
- Kế hoạch VLAN

Thông thường có hai cơ chế được sử dụng cho kế hoạch VLAN của mạng FTTB/FTTC, là chế độ đa cạnh dựa trên mỗi thuê bao mỗi dịch vụ và

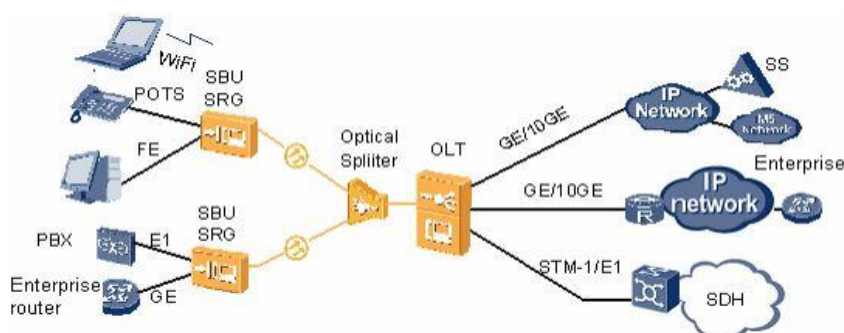
mỗi VLAN (PUPSPV) và cơ chế đơn cạnh trên mỗi thuê bao mỗi VLAN (PUPV).

- PUPSPV multi-edge mode
- Cơ chế đơn cạnh VLAN (PUPV)
  - + Kế hoạch QoS
  - + Bảo mật và độ tin cậy
  - + MDU trước khi triển khai
  - + Thiết lập kênh quản lý cho MDU

### 2.4.3 Mô hình triển khai FTTO - GPON (Fiber to the office)

- Mô hình thiết bị

HW5626 đóng vai trò như SBU và OLT là hai thiết bị chính trong mạng FTTO, được mô tả như trong hình.



Hình 2.16: Mô hình triển khai FTTO

- Các tính năng của mạng FTTO:
- 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

Mô hình FTTO được áp dụng chủ yếu cho các cơ quan, doanh nghiệp.

- Dịch vụ thoại
- Dịch vụ dữ liệu
- Kế hoạch và thiết kế mạng
- Kế hoạch VLAN và địa chỉ IP
- Đảm bảo chất lượng dịch vụ QoS

## **2.5 Kết luận**

Công nghệ GPON chịu ảnh hưởng bởi một số đặc điểm chủ yếu sau:

- Tác động ảnh hưởng tới chất lượng của mạng GPON
- Cần có quỹ dự phòng về công suất, nhiễu và thời gian lên của xung để tính toán thiết kế mạng có tính thực tế.
- Các mô hình triển khai GPON thực tế, hướng tới mạng cung cấp dịch vụ đầy đủ, hỗ trợ cả các dịch vụ TDM và Ethernet với hiệu suất sử dụng băng thông cao.

Công nghệ GPON đơn giản nhưng vẫn đảm bảo giải quyết các vấn đề cơ bản về kỹ thuật của mạng truy nhập băng rộng tốc độ cao, đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật của dịch vụ, điều đó khiến cho GPON là công nghệ sử dụng băng thông hiệu quả nhất trong các loại công nghệ PON hiện có.

## Chương 3:

### TRIỂN KHAI MẠNG FTTx-GPON TẠI BẮC NINH

#### 3.1 ĐẶT VẤN ĐỀ

- Bài toán được xây dựng mạng GPON cho một khu vực ở thành phố Bắc Ninh. Thông tin truyền dẫn quang đến các hộ gia đình (FTTH) theo topo mạng dạng hình cây với các bộ chia tín hiệu quang thụ động.

- Từ trạm phân phối, các tuyến trục chính cáp quang qua các đường Lý Thái Tổ, Nguyễn Trãi, Nguyễn Văn Cừ, Nguyễn Quyền. Từ các trục chính này, tuyến cáp quang được rẽ nhánh đến các ngõ lớn, ngõ con và đến các hộ gia đình qua các bộ chia thụ động.

- Tốc độ truyền dẫn yêu cầu: Đường lên (Uplink) 1,5Gb/s và đường xuống (Downlink) 2,5Gb/s. Tốc độ cấp cho thuê bao trung bình đường lên 8 Mb/s, đường xuống 12 Mb/s.

Trên cơ sở mô hình mạng, tính toán thiết kế hệ thống thông tin sợi quang sử dụng công nghệ GPON cho khu vực thành phố Bắc Ninh.

#### 3.2 KHẢO SÁT THIẾT KẾ

##### 3.2.1 Đánh giá hiện trạng



Hình 3.1: Bản đồ thành phố Bắc Ninh

Dân số của thành phố Bắc Ninh năm 2016 là 164.370 người chiếm 14,7% dân số của cả tỉnh Bắc Ninh, bao gồm.

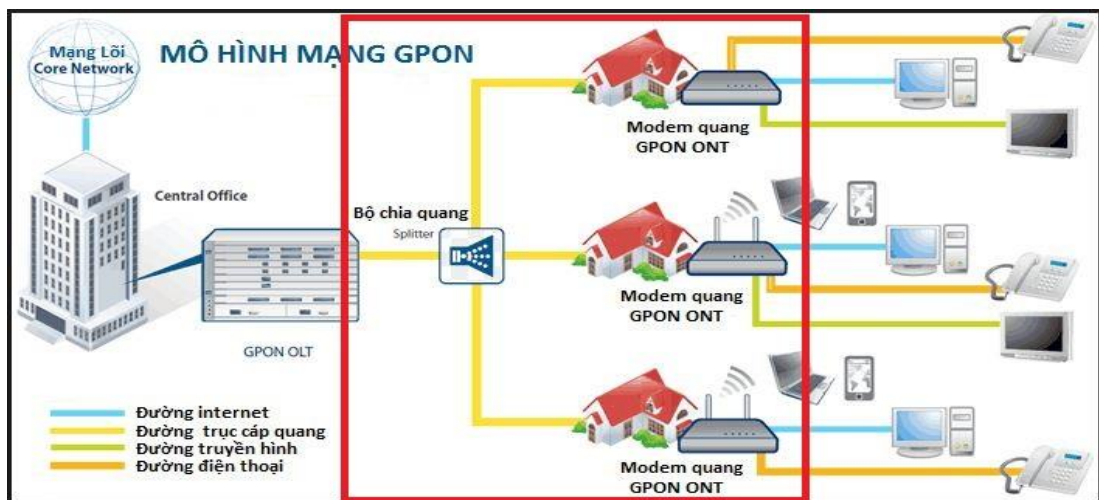


- 3 xã: Hòa Long, Kim Chân, Nam Sơn.
- 16 phường: Đáp Cầu, Thị Cầu, Vũ Ninh, Suối Hoa, Ninh Xá, Tiên An, Vệ An, Vạn An, Kinh Bắc, Đại Phúc, Võ Cường, Vân Dương, Hạp Lĩnh, Phong Khê, Khúc Xuyên, Khắc Niệm.

Các xã, phường được phân bố theo địa lí như trong hình 3.1

Hiện tại khu vực này chưa có hạ tầng mạng cáp quang, hệ thống mạng chủ yếu là ADSL của nhà mạng Viettel, FPT Telecom, 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 mà tốc độ và dịch vụ trên hạ tầng ADSL không thể đáp ứng được nhu cầu đó.

Phương án mạng cáp quang hóa cho toàn khu vực quy hoạch, giải pháp kiến trúc mạng FTTH (Fiber to the Home) là thích hợp nhất. Tất cả các cáp chính và cáp phối đều là cáp quang. Thiết bị đầu cuối mạng quang đặt tại nhà khách hàng. Đây là giải pháp mạng cho tốc độ cao, băng thông truyền dữ liệu lớn và độ trễ thông tin rất ít. Trong cấu hình này, các bộ chia quang thụ động được tập trung tại các tủ quang cấp 2, cấp 3 hoặc các măng xông đặt ngầm gần khu vực nhà khách hàng. Mỗi đơn vị của mạng GPON phục vụ trực tiếp cho mỗi vùng, khu vực phục vụ của nó.



Hình 3.2: Ví dụ về kiến trúc mạng FTTH mới GPON



Hệ thống thông tin sử dụng công nghệ truy nhập mạng quang thụ động theo công nghệ GPON chắc chắn có thể đáp ứng được các nhu cầu sử dụng mạng, bao gồm các dịch vụ internet, truyền hình theo yêu cầu., đến từng khách hàng sử dụng.

### **3.2.2 Yêu cầu kỹ thuật cho tuyến cáp**

#### **a. Tổn hao trong sợi quang thấp nhất.**

Tín hiệu quang truyền trong sợi quang từ vị trí phát đến vị trí thu bị suy giảm biên độ theo dạng hàm mũ. Nếu công suất trung bình đầu vào sợi quang là  $P_P$ , sợi quang có độ dài  $L$  thì công suất trung bình đầu ra sợi quang  $P_T$  được tính như sau :

$$P_T = P_0 e^{-\alpha L}$$

Trong đó:  $\alpha$  là hệ số suy hao riêng của sợi quang,  $L$  là chiều dài sợi quang và  $P_0$  công suất quang lối vào.

Trong khi tính toán thiết kế tuyến, ngoài suy hao sợi quang ta còn phải xét tới suy hao từ các mối hàn, các bộ nối và còn dự phòng suy hao cho sợi quang trên 1 Km chiều dài của sợi. Suy hao trung bình của sợi quang trên 1 Km sợi là  $\alpha_s$  trong thiết kế được tính như sau :

$$\alpha_s = \alpha_F + \alpha_{td} + \frac{\alpha_h}{L}$$

Trong đó :

- $\alpha_s$  là suy hao trung bình của sợi quang do nhà sản xuất đặt ra.
- $\alpha_M$  là suy hao dự phòng cho sợi quang.
- $\alpha_h$  là suy hao các mối hàn trên toàn tuyến.

Độ dài tối đa của sợi quang với quỹ công suất  $P_b$  cho trước được xác định bởi.

$$L_{max} = \frac{P_b}{\alpha_s}$$

Khi thiết kế ta luôn mong sao L đạt cực đại, vì vậy  $P_T$  sẽ là công suất trung bình nhỏ nhất ở đầu vào máy thu với tốc độ bit truyền B mong muốn, mà  $P_T = N_p \cdot \gamma \cdot h \cdot B$ .

Trong đó

- $N_p$  là số photon trung bình trên bit.
- H là hằng số Planck.
- $\gamma$  là tần số sóng ánh sáng.

Nên L sẽ giảm theo hàm logarit khi B tăng.

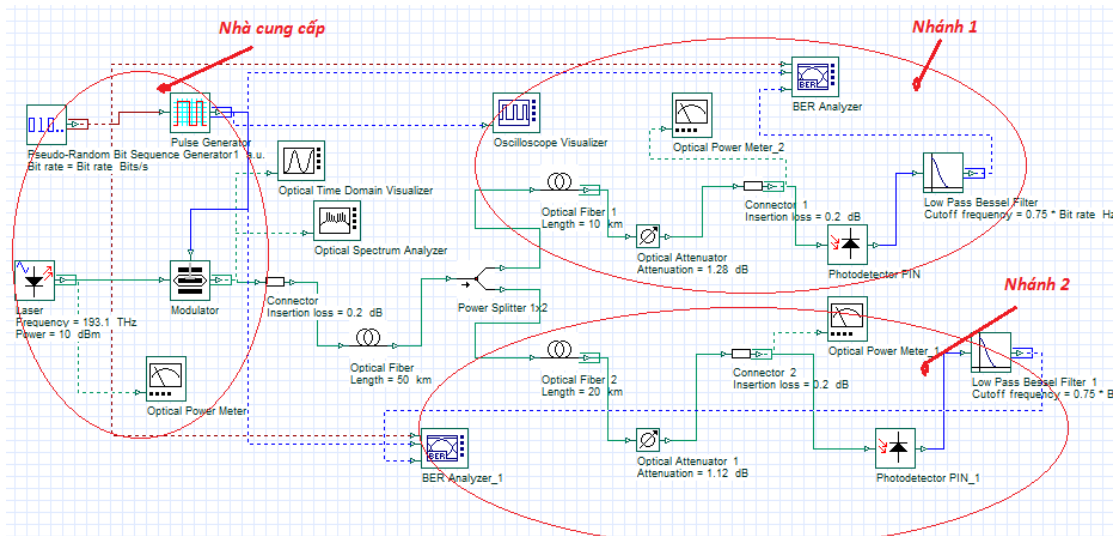
Từ thực tế ta thấy :

- Với bước sóng  $\lambda = 0,85\mu\text{m}$  : thì L không vượt quá 40 Km với mọi giá trị của B. Đối với yêu cầu  $B < 100\text{Mb/s}$  thì ta có thể dùng sợi GI-MM nhưng L chỉ đạt  $20 \div 30$  Km. Đối với  $B > 100$  Mb/s thì người ta không sử dụng bước sóng này.

- Với bước sóng  $\lambda = 1,3\mu\text{m}$  : thì có thể đạt L vượt 100 Km khi  $B < 1\text{Gb/s}$  do có ảnh hưởng của suy hao lớn. Nên sử dụng loại sợi SM để có thể đạt L lớn hơn.

- Với bước sóng  $\lambda = 1,55\mu\text{m}$  : thì có thể đạt  $L > 200$  Km khi B tới 5 Gb/s, với tốc độ bit B lớn hơn thì L giảm rất nhanh do ảnh hưởng của tán sắc sợi quang. Nên sử dụng loại sợi SM để đạt được L lớn hơn, nếu có sợi SM tán sắc dịch chuyển thì cả B và L cùng được nâng lên nhiều .

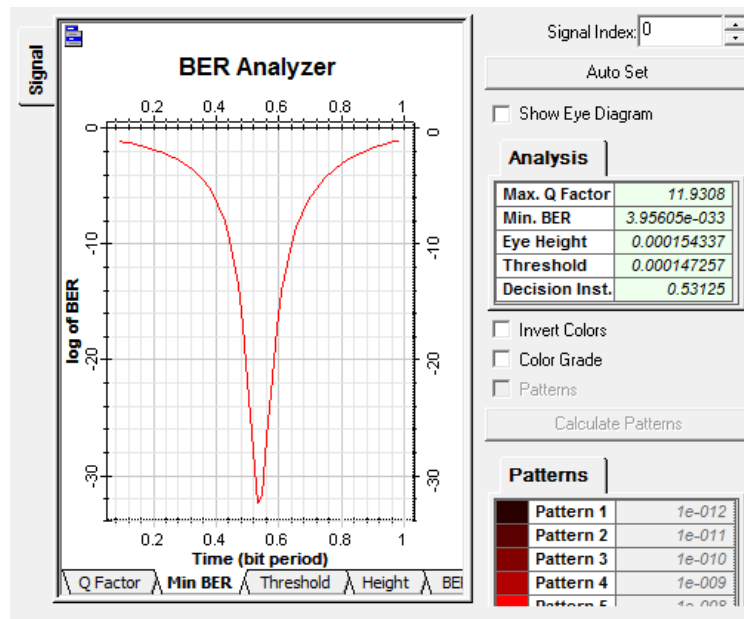
Chương trình mô phỏng tính toán độ dài tuyến và các tham số ảnh hưởng suy hao mạng GPON được mô tả trong hình 3.3 dựa trên phần mềm Opticsystem. Trong mô hình này, tuyến hình cây với hai nhánh được giả định. Chiều dài tuyến với số nhánh con của mỗi nhánh, số lượng thuê bao của hai nhánh là khác nhau được giả định thông qua bộ suy hao quang.



Hình 3.3: Sơ đồ mô phỏng mạng quang FTTx

Chương trình mô phỏng chỉ ra trong hình 3.3 đưa ra một cách đơn giản, rút gọn mô tả phương thức xác định được các tham số suy hao tuyến, lựa chọn tham số truyền dẫn đảm bảo tốc độ truyền dẫn cho trước cho thuê bao với tốc độ bit lỗi chấp nhận được.

Kết quả BER được chỉ ra trong hình 3.4 của hai nhánh đồng đều như nhau hình dưới đây cho thấy mô hình hoạt động ổn định.



Hình 3.4: Phân tích BER truyền dẫn FTTx

b. Độ tán sắc của sợi quang .

Giới hạn truyền thông bị ảnh hưởng bởi độ tán sắc, trong đó tích số giữa tốc độ truyền B và độ dài tuyến quang L ( $B \times L$ ) là một đại lượng không đổi được dùng để đánh giá ảnh hưởng của tán sắc, lựa chọn loại sợi quang khi thiết kế tuyến thông tin quang. Tán sắc trong sợi quang đa mode gây ra cho tuyến thông tin quang bao gồm tán sắc mode  $D_{\text{Mode}}$ , tán sắc vật liệu  $D_M$  và tán sắc ống dẫn sóng  $D_W$ . Tuy nhiên do tán sắc mode lớn hơn nhiều so với các tán sắc còn lại nên với sợi đa mode thường chỉ chú ý đến tán sắc mode. Còn đối với sợi đơn mode thì không có tán sắc mode  $D_{\text{Mode}}$  và do vậy chỉ có tán sắc vật liệu  $D_M$ , tán sắc màu  $D_W$  và tán sắc cấu trúc gọi là tán sắc màu bao hàm cả tán sắc vật liệu lẫn tán sắc ống dẫn sóng.

Sợi quang đơn mode có hệ số tán sắc tổng công

$$D = D_M + D_W$$

Tán sắc gây ra giãn xung, độ giãn xung do tán sắc vật liệu  $D_M$  có thể thu được  $\sigma_M = D_M \cdot L \cdot \Delta\lambda$  và độ giãn xung do tán sắc ống dẫn sóng bằng thực nghiệm có thể thu được:  $\sigma_W = 0.44L/B_L$

Với: - L là độ dài tuyến sợi quang

- $B_L$  là dải thông giới hạn bởi tán sắc mode
- $D_M$  là hệ số tán sắc vật liệu của 1 Km sợi quang
- $\Delta\lambda$  là độ rộng phổ nguồn quang

Với các loại sợi đa mode khác nhau (sợi SI, GI) thì cách tính cách tính độ giãn xung tương ứng theo công thức :

$$\begin{cases} T_{SI} = \frac{n_1}{c} \Delta.L \\ T_{GI} = \frac{n_2}{8.c} \Delta^2.L \end{cases}$$

Với: -  $n_1, n_2$  là chiết suất lõi, vỏ sợi quang

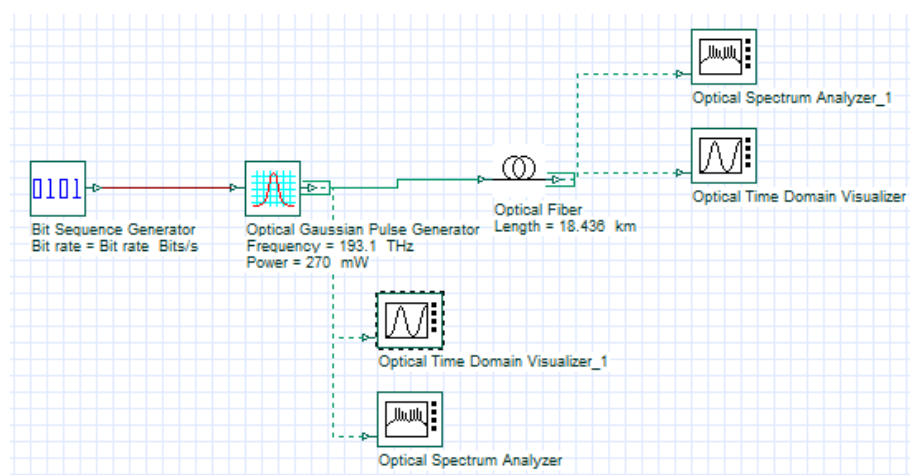
- $\Delta$  chiết suất tương đối giữa lõi và vỏ sợi quang

Độ tán sắc của tuyến làm giới hạn về khoảng cách truyền dẫn  $L$  và tốc độ bit  $B$ . Mỗi loại sợi quang khi tốc độ bit tăng quá một ngưỡng nào đó thì do ảnh hưởng của tán sắc mà  $L$  giảm rất nhanh. Do ảnh hưởng của tán sắc mode có giá trị  $L$  và  $B$  rất nhỏ hơn sợi đơn mode, ảnh hưởng của tán sắc còn càng được giảm nữa nếu sử dụng sợi đơn mode dịch tán sắc khi này cự ly truyền dẫn  $L$  và tốc độ bit  $B$  đạt giá trị lớn.

Việc lựa chọn các loại sợi quang với các tham số sợi quang được tính toán dựa trên chương trình mô phỏng OptiSystem. Có hai cách xem xét.

i) Căn cứ vào loại sợi quang được cấp, nguồn laser có mà tính toán chiều dài tuyến quang sao cho độ giãn xung chấp nhận được, đảm bảo băng thông tuyến truyền dẫn.

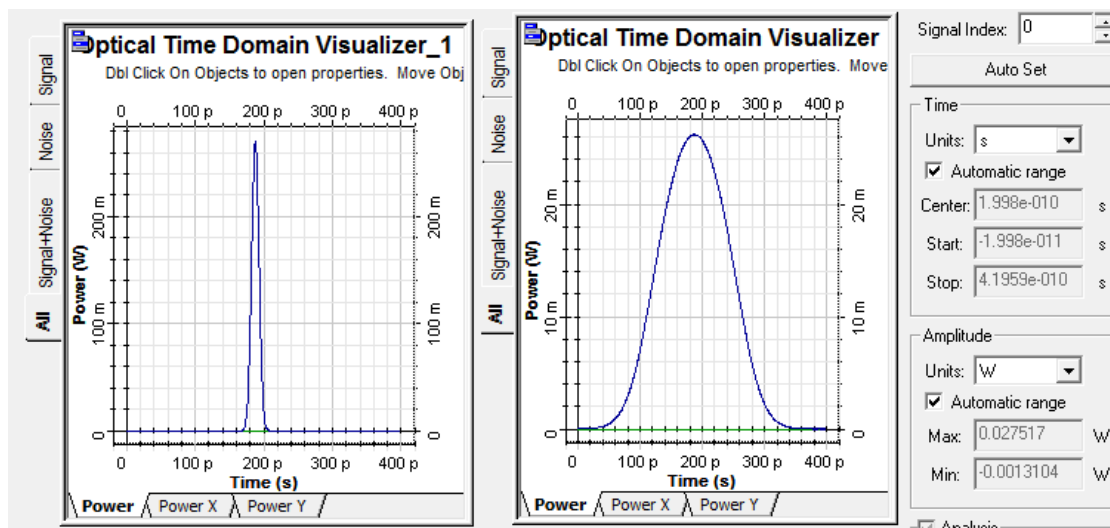
ii) Căn cứ vào khoảng cách truyền dẫn, nguồn laser để lựa chọn loại sợi quang có tham số phù hợp sao cho độ giãn xung chấp nhận được, đảm bảo băng thông tuyến truyền dẫn.



Hình 3.5: Mô hình khảo sát hệ số tán sắc sợi quang

Ví dụ trong mô hình 3.5 trên đây sử dụng sợi quang có hệ số tán sắc 16.75 ps/nm/km với chiều dài sợi quang 18.75 km và  $\Delta\lambda$  chuẩn hóa bằng đơn vị .

Độ giãn xung thu được hình 3.6 dưới đây rất lớn. Độ rộng xung lối vào  $\Delta T_{in} \approx 20$  ps, nhưng độ rộng xung lối ra gấp 12 lần ( $\Delta T_{out} \approx 230$  ps). Nếu chúng ta lựa chọn sợi quang với các tham số phù hợp, với độ rộng bước sóng quang của laser cho trước ta sẽ có độ giãn xung chấp nhận được, nhiều giữa các biểu tượng (ISI) thấp.



Hình 3.6: Độ rộng xung lối vào & lối ra

### c. Tạp âm bộ thu

Tạp âm trong các linh kiện thu quang được thể hiện dưới dạng dòng điện tạp âm. Hai cơ chế ồn cơ bản: Ôn nổ và ồn nhiệt dẫn đến có sự biến động về dòng điện lối ra máy thu quang ngay cả khi công suất quang đến là không đổi. Gọi  $I_p = \mathcal{R}.P_{in}$  là dòng thu trung bình từ photodiode,  $P_{in}$  là công suất quang đến và  $\mathcal{R}$  là tham số chuyển đổi quang điện.

- Ôn nổ

Ôn nổ là biểu hiện của dòng các điện tử được tạo ra tại thời điểm ngẫu nhiên và lần đầu tiên được nghiên cứu bởi Schottky vào năm 1918. Dòng photodiode được tạo ra do một tín hiệu quang không đổi có thể được viết:

$$I(t) = I_p + i_s(t)$$

Trong đó  $i_s(t)$  là dòng thẳng giáng do ồn nỏ. Về mặt toán học,  $i_s(t)$  là một tiến trình ngẫu nhiên với phân bố Poisson. Số photon trung bình tới photodetect trong khoảng thời gian  $t$  được xác định bởi.

$$N = \lambda t = \frac{\eta P_o t}{h\nu}$$

Trong đó  $\eta$  là hiệu suất lượng tử. Phương sai dòng (công suất ồn nỏ) thu được bằng biểu thức:

$$\sigma_s^2 = \bar{i}_s^2 = 2qBI_p$$

Với  $B$  là băng thông của photodetect. Vậy  $SNR_s$  của photodetect là

$$SNR_s = \frac{I_p^2}{\bar{i}_s^2} = \frac{I_p}{2qB} = \frac{\eta P_{in}}{2h\nu B}$$

- Xét trường hợp photodetect có bộ tiền khuếch đại và các mạch RC phụ trợ. Gọi  $H_T(f)$  là hàm truyền của các thành phần này thì thẳng giáng dòng khi có cả hàm truyền  $H_T(f)$  được xác định bởi biểu thức.

$$\sigma_s^2 = 2qI_p \int_0^{\infty} |H_T(f)|^2 df = 2qI_p B$$

Do đó băng thông của photodetect liên quan đến hàm truyền của nó bởi  $B = \int_0^{\infty} |H_T(f)|^2 df$  Mặt khác dòng tối  $I_d$  cũng gây ra ồn nỏ do vậy ồn nỏ tổng cộng được xác định bởi:

$$\sigma_s^2 = 2q(I_p + I_d)B$$

- **Ồn nhiệt**

Ở nhiệt độ hữu hạn nào đó, các điện tử chuyển động ngẫu nhiên trong độ dẫn bất kỳ. Sự di chuyển của các điện tử một cách ngẫu nhiên do nhiệt độ trong một điện trở làm dòng điện thẳng giáng cho dù không có điện áp đặt vào nó. Các thành phần ồn cộng thêm này được gọi là ồn nhiệt hay ồn Johnson hay ồn Nyquits.Ồn nhiệt có thể được cộng vào biểu thức như sau:

$$I(t) = I_p + i_s(t) + i_T(t)$$

Với  $i_T(t)$  là dòng thẳng giáng được sinh ra bởi ồn nhiệt. Về mặt toán học,  $i_T(t)$  được mô hình hóa với tiến trình ngẫu nhiên phân bố Gauss, có mật độ phổ  $S_T(f)$  phụ thuộc vào tần số với  $f \sim 1\text{THz}$  (được coi là ồn trắng) xác định bởi biểu thức.

$$S_T(f) = \frac{2k_B T}{R_L}$$

Với  $k_B$  là hằng số Boltzmann,  $T$  là nhiệt độ tuyệt đối và  $R_L$  là trở tải của photodetector. Tương tự như cách tính trên đây.

$$\sigma_T^2 = \bar{i}_T^2 = \int_{-\infty}^{\infty} S_T(f) df = \frac{4k_B T}{R_L} B_T$$

Trong đó  $B_T$  là băng thông ồn hiệu dụng và giống như băng thông có trong ồn nỏ. Chú ý là  $\sigma_T^2$  không phụ thuộc vào dòng  $I_p$ .

Phương trình trên đây là ồn nhiệt tạo ra trong các điện trở tải. Trên thực tế thiết bị thu quang còn có nhiều thành phần điện khác (như các bộ khuếch đại điện..) làm bổ sung thêm ồn. Số lượng ồn thêm vào phụ thuộc vào thiết kế và các loại khuếch đại được sử dụng. Đặc biệt, những tiếng ồn nhiệt là khác nhau cho hiệu ứng trường và bóng bán dẫn lưỡng cực. Một phương pháp đơn giản là đưa thêm vào  $F_n$  được gọi là *ồn khuếch đại* và sửa phương trình trên như sau:

$$\sigma_T^2 = \frac{4k_B T}{R_L} F_n B_T$$

Về bản chất vật lý,  $F_n$  là hệ số ồn nhiệt tăng thêm bởi mạng điện trở được mắc cho các bộ khuếch đại.

Ồn tổng cộng trong photodetector được xác định bởi biểu thức:

$$\sigma^2 = \sigma_T^2 + \sigma_s^2 = \left[ \frac{4k_B T}{R_L} F_n + 2q(I_p + I_d) \right] B$$



### 3.2.3 Tính toán nhu cầu thông tin

#### 3.2.3.1 Xây dựng chỉ tiêu tính toán

Chỉ tiêu tính toán nhu cầu thông tin căn cứ vào từng loại nhà với bảng tính toán như sau:

CHỈ TIÊU TÍNH TOÁN			
Stt	Loại hình	Chỉ tiêu	Đơn vị
1	Nhà liền kề	1-2	Thuê bao/nhà
2	Biệt Thự	1-2	Thuê bao/hộ
3	Công viên cây xanh	2-5	Thuê bao/công viên
4	CTCC	20	Thuê bao/ha sàn

Bảng 3.1: Chỉ tiêu tính toán nhu cầu

#### 3.2.3.2 Xây dựng công thức tính toán

\*) Tính toán nhu cầu thông tin (**M**) cho khu nhà liền kề và biệt thự:

$$\mathbf{M = N \times P_0 \text{ (thuê bao)}}$$

Trong đó: N là Số căn hộ và P<sub>0</sub> là chỉ tiêu nhu cầu thông tin sinh hoạt (thuê bao/căn hộ)

\*) Tính toán nhu cầu thông tin cho khu công cộng:

$$\mathbf{M = F \times P_0 \text{ (thuê bao)}}$$

Trong đó: F là Diện tích khu đất và P<sub>0</sub> là chỉ tiêu nhu cầu thông tin (thuê bao/ha).

#### 3.2.3.3 Tính toán dự báo nhu cầu sử dụng

Để dễ dàng trong việc tính toán cũng như triển khai tủ phân phối cấp sẽ chia bản vẽ ra thành 3 khu vực giống phân khu quy hoạch mạng điện tỷ lệ 1/500.

##### Tính diện hình cho khu I:

- Lô B6 gồm N=32 nhà liền kề. Số thuê bao  $\mathbf{P = N \times P_0 = 32 \times 2 = 64}$  thuê bao.

- Lô B3 gồm N = 39 nhà biệt thự. Số thuê bao  $P = N \times P_0 = 39 \times 2 = 78$  thuê bao.

- Lô B7 gồm N = 48 nhà liền kề. Số thuê bao  $P = N \times P_0 = 48 \times 2 = 96$  thuê bao.

- Công trình công cộng:

Trường mẫu giáo, diện tích sàn là 1.06ha, chỉ tiêu (20 thuê bao/ha sàn).

-> Số thuê bao  $P = N \times F \times 1 = 15 \times 1.06 \times 1 = 15.9$  thuê bao.

- Công viên cây xanh: chọn 5 thuê bao/công viên.

Tổng số thuê bao khu I (tính đến dự phòng 10%):

$$P = 1,1 \times (64+78+96+15.9+5) = 284.59 \text{ (thuê bao)}$$

Tính toán tương tự những khu còn lại ta có được bảng tổng hợp nhu cầu thông tin sau:

BẢNG TỔNG HỢP NHU CẦU THÔNG TIN								
KHU	STT	LÔ	CHỨC NĂNG	QUY MÔ		P <sub>0</sub>	CHỈ TIÊU ĐƠN VỊ	NHU CẦU (thuê bao)
				SỐ LƯỢNG	ĐƠN VỊ			
KHU I	1	B6	NHÀ LIỀN KÉ	32	CĂN HỘ	2	thuê bao/ căn hộ	64
	2	B7	NHÀ LIỀN KÉ	48	CĂN HỘ	2	thuê bao/căn hộ	96
	3	B3	NHÀ BIỆT THỰ	39	CĂN HỘ	2	thuê bao/căn hộ	78
	4	CV9	CV-CX	1	CÔNG VIÊN	5	thuê bao/ cv	5
	5	M	MẪU GIÁO	1.06	HA	15	thuê bao/ha	15.9
TỔNG NHU CẦU KÉ ĐẾN 10% DỰ PHÒNG								284.79
KHU II	1	B13	NHÀ LIỀN KÉ	45	CĂN HỘ	2	thuê bao/ căn hộ	90
	3	THUỘC B13	NHÀ BIỆT THỰ	1	CĂN HỘ	2	thuê bao/căn hộ	2
	4	CV10	CV-CX	1	CÔNG VIÊN	5	thuê bao/ cv	5
	5	T	Tiểu học	2.74	HA	20	thuê bao/ha	54.8
TỔNG NHU CẦU KÉ ĐẾN 10% DỰ PHÒNG								166.98
KHU III	1	B10	NHÀ LIỀN KÉ	40	CĂN HỘ	2	thuê bao/ căn hộ	80
	2	B11	NHÀ LIỀN KÉ	62	CĂN HỘ	2	thuê bao/ căn hộ	124
	3	B12	NHÀ LIỀN KÉ	15	CĂN HỘ	2	thuê bao/ căn hộ	30
	4	CV11	CV-CX	1	CÔNG VIÊN	5	thuê bao/ cv	5
	5	TH	THCS	2.74	HA	20	thuê bao/ha	54.8
TỔNG NHU CẦU KÉ ĐẾN 10% DỰ PHÒNG								323.18
TỔNG								775

Bảng 3.2: Thống kê tổng hợp nhu cầu thông tin

## 3.2 MẠNG FTTH TẠI KHU VỰC NGUYỄN TRÃI

Xét ví dụ triển khai mạng FTTH tại khu vực Nguyễn Trãi Bắc Ninh đến các tuyến Lý Thái Tổ, Nguyễn Văn Cừ, Nguyễn Quyền.

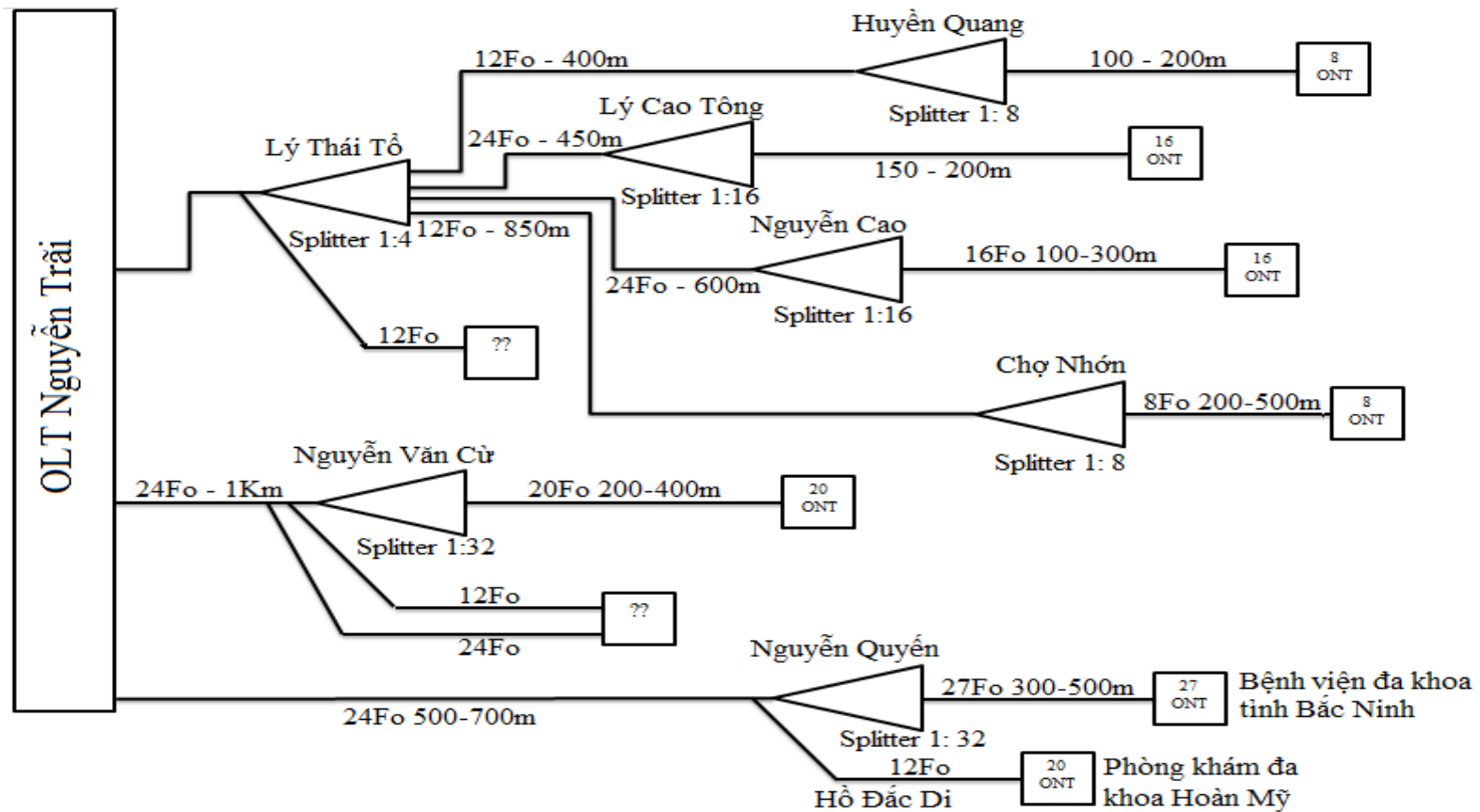
### 3.3.1 Nguyên tắc triển khai

- **Nguồn cấp:** Nguồn cấp thông tin cho khu vực là OLT được cấp từ nhà POP 128 Nguyễn Trãi.
- **Cấp chính:** Tuyến cáp chính FO12 hoặc FO24 kéo từ tổng đài OLT về khu quy hoạch đầu nối vào tủ FDH (tủ phối quang cấp 1).
- **Tủ phối quang cấp 1:** Tủ phối quang FDH được đặt trên vỉa hè ở các tuyến đường trục chính như Lý Thái Tổ, Nguyễn Văn Cừ, Nguyễn Trãi,... Đây là những vị trí thích hợp gần trung tâm khu quy hoạch, tiết kiệm chiều dài cáp phối đến các tủ phối quang cấp 2 và cấp 3 nhất. Bên trong tủ phối FDH chứa bộ chia quang (1:4, 1:8, 1:16 hoặc 1:32) và dàn phối quang ODF (Optical Distribution Frame) để đầu nối với cáp phối.
- **Cáp phối:** Từ tủ phối quang cấp 1 kéo ra các tuyến cáp phối để cấp nguồn cho các tủ phối quang cấp 2 và cấp 3.
- **Tủ phối quang cấp 2, cấp 3:** Tại các tủ này sẽ đặt các bộ chia 1:8, 1:16 hoặc 1:32 sao cho quỹ suy hao công suất là nhỏ nhất và băng thông là lớn nhất (số bộ chia sẽ phụ thuộc vào dung lượng của tủ). Các tủ phối này sẽ được đặt trên các cột điện, vỉa hè...

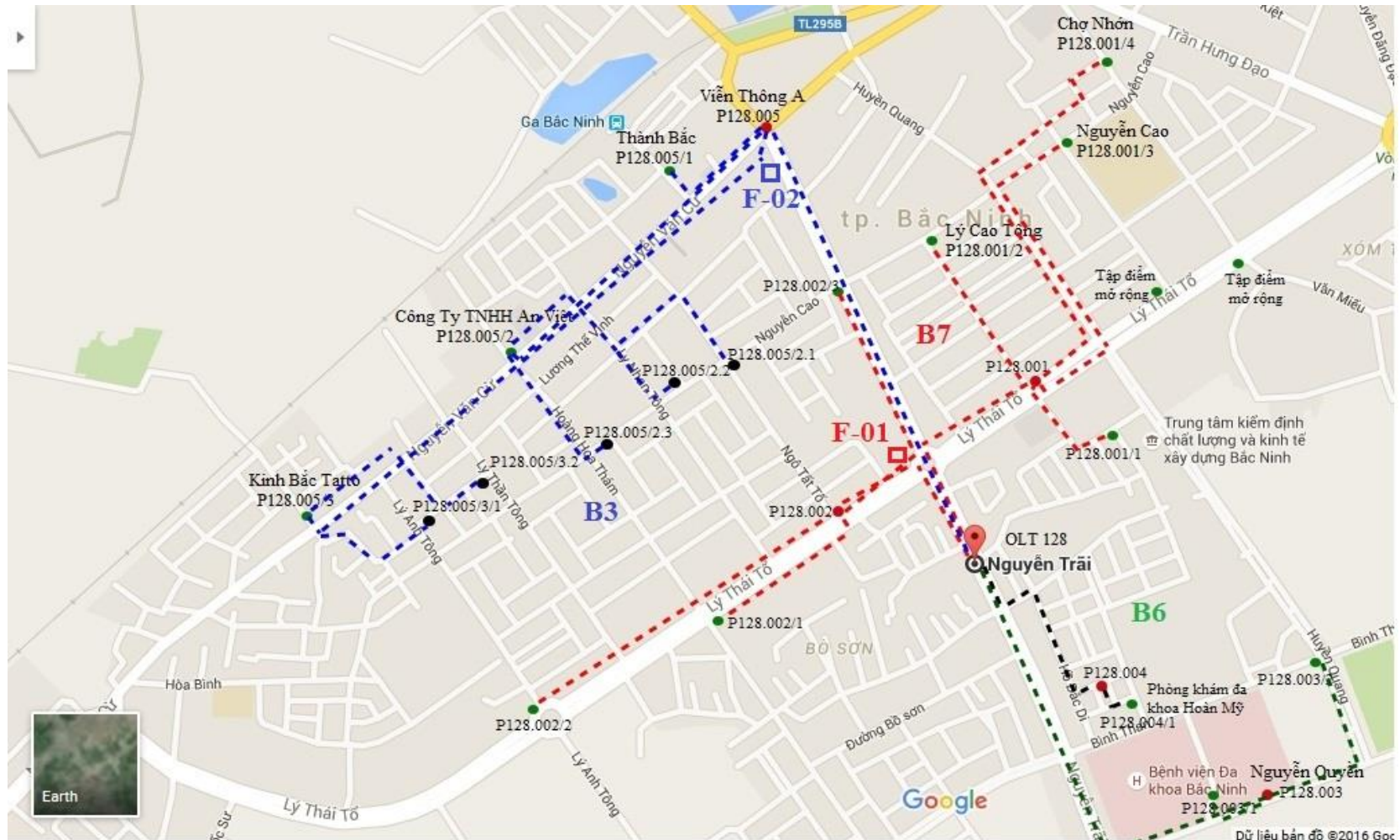
- **Lựa chọn bộ chia quang Splitter** : Do thành phố Bắc Ninh có mật độ thuê bao lớn và nhiều toà nhà cao tầng, có thể triển khai mạng FTTH theo giải pháp lắp đặt splitter 2 cấp. Giải pháp này có nhiều ưu điểm, hệ số suy hao nhỏ, thuận lợi trong việc kiểm tra và bảo dưỡng mạng cáp quang, cấu hình cáp quang linh hoạt và có thể triển khai trong khu vực rộng như khu thương mại cũng như khu vực thuê bao không tập trung. Với giải pháp này, công suất quang bị chia tách hai lần, tất cả các dịch vụ của khách hàng được truyền tải thông qua hai cấp Splitter.

- **Dây thuê bao quang (Optical Drop Wire)**: được kéo từ điểm truy nhập (AP) hoặc tủ phân phối (FDT) đến hộp kết cuối đặt tại nhà thuê bao (ATB-Access Terminal Box/Outlet). Dây thuê bao quang có dung lượng 2 Fo, 4 Fo. Một số trường hợp đặc biệt, với các khách hàng như Văn phòng, Nhà máy, Trung tâm Thương mại, trạm BTS,... có thể sử dụng cáp quang thuê bao có dung lượng 8 Fo/12 Fo.

### ***3.3.2 Mô hình triển khai thực tế***



Hình 3.7: Sơ đồ thiết kế mạng quang thụ động GPON Bắc Ninh.



Hình 3.8: Sơ đồ lắp đặt thiết bị ngoài thực tế hệ thống GPON TP.Bắc Ninh.

### 3.2.3 Tính toán lựa chọn thiết bị

Nhu cầu sử dụng đã được tính toán ở Bảng 1, ở đây chỉ chọn dung lượng cáp gốc, cáp phối, tủ phối quang, tập điểm và bộ chia quang dựa trên nhu cầu đã tính toán: Khu quy hoạch được chia làm 3 khu:

- Khu I - Lý Thái Tổ (F-01)
- Khu II - Nguyễn Văn Cừ (F-02)
- Khu III - Hồ Đắc Di, Nguyễn Quyền (mở rộng thêm)

#### **Tính điểm hình khu I:**

Đặt 2 tủ phối quang cấp 2: (F-01 và F-02)

Tủ F-01 phục vụ một nửa khu B3, B7 và B6:

- Khu biệt thự B3 nhu cầu sử dụng 78TB, tủ F-01 phục vụ một nửa nên nhu cầu thuê bao cần cung cấp là 39TB, chọn 2 tập điểm với dung lượng mỗi tập điểm là 24FO.
- Khu nhà liền kề B6 nhu cầu sử dụng là 64TB, chọn 3 tập điểm với dung lượng mỗi tập điểm là 24FO.
- Khu nhà liền kề B7 nhu cầu sử dụng là 96TB, tủ F-01 phục vụ một nửa nên nhu cầu thuê bao cần cung cấp là 48TB, chọn 2 tập điểm với dung lượng mỗi tập điểm là 24FO.

**→ Tổng thuê bao =  $2 \times 24 + 3 \times 24 + 2 \times 24 = 168\text{TB}$**

Vậy chọn tủ phối quang cấp 2 (F-01) với dung lượng 288FO.

+ Chọn bộ chia 1:32:

→ Số bộ chia =  $288/32 = 9$  (bộ)

+ Dung lượng cáp phối đến tủ phối quang cấp 2 F-01 là 12FO.

Tủ F-02 phục vụ một nửa khu B3, B7, công viên cây xanh và trường mẫu giáo:

- Khu biệt thự B3 nhu cầu sử dụng 78TB, tủ F-01 phục vụ một nửa nên nhu cầu thuê bao cần cung cấp là 39TB, chọn 2 tập điểm với dung lượng mỗi tập điểm là 24FO.

- Khu nhà liền kề B7 nhu cầu sử dụng là 96TB, tủ F-01 phục vụ một nửa nên nhu cầu thuê bao cần cung cấp là 48TB, chọn 2 tập điểm với dung lượng mỗi tập điểm là 24FO.

- Công viên cây xanh nhu cầu sử dụng thông tin là 5TB nên chọn một tập điểm với dung lượng 12FO.

- Trường mẫu giáo nhu cầu sử dụng thông tin là 16TB nên chọn một tập điểm với dung lượng 24FO.

**→ Tổng thuê bao =  $2 \times 24 + 2 \times 24 + 1 \times 12 + 1 \times 24 = 132 \text{TB}$**

Vậy chọn tủ phối quang cấp 2 (F-02) với dung lượng 144FO.

+ Chọn bộ chia 1:16:

→ Số bộ chia =  $144/16 = 9$  (bộ)

+ Dung lượng cáp phối đến tủ phối quang cấp 2 F-02 là 12FO.

Tính toán tương tự với các khu còn lại ta được bảng thống kê:



KHU	TẬP ĐIỂM QUANG				DUNG LƯỢNG CẤP PHỐI (FO)	TỦ PHỐI QUANG CẤP 2			DUNG LƯỢNG CẤP PHỐI (FO)	TỦ PHỐI QUANG CẤP 1			DUNG LƯỢNG CẤP GỐC (FO)				
	VÙNG PHỤC VỤ	NHU CẦU(TB)	TÊN	DUNG LƯỢNG (FO)		TÊN TỦ	DUNG LƯỢNG (FO)	BỘ CHIA		TÊN	DUNG LƯỢNG TỦ (FO)	BỘ CHIA					
KHU I	1/2 LÔ B3	39	FTTH01	24	24	F-01	288	9x(1:32)	12	FDH	48	24x(1:2)	24				
			FTTH02	24	24												
	LÔ B6	64	FTTH03	24	24												
			FTTH04	24	24												
			FTTH05	24	24												
	1/2 LÔ B7	48	FTTH06	24	24												
			FTTH07	24	24												
	1/2 LÔ B3	39	FTTH01	24	24												
			FTTH02	24	24												
	1/2 LÔ B7	48	FTTH04	24	24												
			FTTH05	24	24												
	MG	16	FTTH06	24	24												
	CV9	5	FTTH03	12	12												
	KHU II	B13	92	FTTH01	24									24	F-03	288	9x(1:32)
FTTH02				24	24												
FTTH03				24	24												
FTTH04				24	24												
CV10		5	FTTH05	12	12												
TIÊU HỌC		55	FTTH06	24	24												
			FTTH07	24	24												
KHU III	B10	80	FTTH01	24	24	F-04	144	9x(1:16)	12	FDH	48	24x(1:2)	24				
			FTTH02	24	24												
			FTTH03	24	24												
			FTTH04	24	24												
	B12	30	FTTH05	24	24												
			FTTH06	24	24												
	TRUNG HỌC	55	FTTH01	24	24	F-05	288	9x(1:32)	12					FDH	48	24x(1:2)	24
			FTTH02	24	24												
	CV11	5	FTTH03	12	12												
	B11	124	FTTH04	24	24												
			FTTH05	24	24												
FTTH06			24	24													
FTTH07			24	24													
FTTH08			24	24													
FTTH09			24	24													

**Bảng 3.3: Thống kê dung lượng cáp phối, bộ chia**

### 3.2.4 Lựa chọn thiết bị OLT và ONT

So sánh thiết bị OLT giữa các nhà cung cấp như Alcatel, Huawei, Hitachi, ZTE.

Hãng sản xuất - Tên thiết bị	Alcatel 7342	Huawei 5600T	ZTE ZXA10 C300	Hitachi AMN1220
Khoảng cách OLT - ONT	20Km	30Km	32Km	20Km
Cung cấp dịch vụ	Triple Play (Voice Video Data)	Triple Play (Voice Video Data)	Triple Play (Voice Video Data)	Triple Play (Voice Video Data)
Port Uplink	4 port 10Gb, 4 port 1Gb	2 port 10Gb, 2 port 1Gb	2 port 10Gb	2 port 10Gb
Dung lượng thuê bao trên 1 port PON	64	128	32	32

**Bảng 3.4 So sánh lựa chọn thiết bị OLT**

#### **\*) Thông số OLT:**

- Nơi xuất xứ: Trung Quốc
- Nhãn hiệu: Huawei
- Model: MA5600t
- Kích thước: 442mm x 263.9mm x 283.2mm
- Công suất phát: Polt = 7dBm
- Độ nhạy: -24dBm

### **\*) Thông số ONT:**

- Nơi xuất xứ: Trung Quốc
- Nhãn hiệu: Huawei
- Model: HG8346R
- Kích thước: 176mm x 138.5mm x 28mm
- Công suất phát: Pont = 5dBm
- Độ nhạy: -27dBm

### ***3.2.5 Tính toán băng thông và độ suy hao của splitter quang***

Về bản chất bộ chia quang là một bộ chia công suất. Có nhiều loại splitter quang, có loại thì công suất ở các ngõ đầu ra giống nhau nhưng cũng có loại thì công suất đầu ra theo các tỉ lệ 1:4, 1:8, 1:16.... Hơn thế nữa nó cũng là bộ chia băng thông.

- Giả sử, tốc độ hướng xuống của hệ thống GPON Thành phố Bắc Ninh với OLT đặt ở Nguyễn Trãi là 2,5Gbps, hệ số chia của splitter cấp 1 là 1:4 thì băng thông tối đa dành cho các user hướng xuống là:

$$\begin{aligned} \text{Băng thông USER} &= (\text{Tốc độ hướng xuống} / \text{hệ số chia của splitter}) \\ &= 2,5 : 4 = 0,625 \text{ Gbps hay là } 625\text{Mbps} \end{aligned}$$

- Độ suy hao của splitter được tính theo công thức:

$$\text{Suyhao}_{\text{splitter}} = 10\text{Log}(1/N)$$

Ví dụ: dùng bộ chia 1:32 =>  $10\text{Log}(1/32) = 15\text{dB}$ .

### ***3.2.6 Tốc độ bit và công suất***

Khi tốc độ bit càng cao thì tỉ lệ lỗi bit càng cao, cho nên cần công suất phát cũng phải cao hơn và bộ thu cũng phải có độ nhạy cao hơn. Dưới đây là công suất phát theo tiêu chuẩn khuyến nghị của ITU-T984.

Tốc độ bit (Mb/s)	Công suất phát nhỏ nhất (dBm)			Công suất phát lớn nhất (dBm)		
	A	B	C	A	B	C
1244.16 (down)	-4	1	5	1	6	9
2488.32 (down)	0	5	8	4	9	12
155.52	-6	-4	-2	0	2	4
622.08	-6	-1	-1	-1	4	4
1244.16	-3	-2	2	2	3	7
2488.32	-2	-2	2	4	5	7

Lưu ý có 3 mức suy hao ODN :A: 5-20 B: 10-25 C: 15-30(dB)

**Bảng 3.5 Công suất phát theo tiêu chuẩn của ITU-T984**

### 3.3 MẠNG FTTH - GPON THÀNH PHỐ BẮC NINH

Hoạt động mạng FTTH-GPON đã triển khai tại Bắc Ninh

- Lưu lượng sử dụng mạng FTTH-GPON đã triển khai tại Bắc Ninh

Hoạt động của mạng FTTH-GPON đã triển khai, đã cung cấp được trên 115 thuê bao cho khách hàng. Với khả năng cung cấp dịch vụ băng thông rộng tốc độ cao, khách hàng có thể sử dụng các dịch vụ Internet kết hợp các dịch vụ kèm theo như IPTV, VOD, Video Conference, IP Camera...việc sử dụng nhiều dịch vụ internet như vậy khiến lưu lượng thực tế sử dụng của một thuê bao trung bình là 120GB/Tháng, ta suy ra được lưu lượng trung bình sử dụng của mạng FTTH-GPON đã triển khai tại Bắc Ninh là 13800GB/Tháng, và lưu lượng trung bình trong một năm là: 165600GB/Năm.

- Độ ổn định băng thông (tốc độ thuê bao)

Trên thực tế nhu cầu sử dụng các dịch vụ mạng của các khác hàng là khác nhau, nên tốc độ băng thông của các thuê bao là khác nhau. Với mạng FTTH-GPON đã triển khai tại Bắc Ninh, để đảm bảo các dịch vụ trên hạ tầng băng thông cao, tốc độ nhanh, mượt mà cho khách hàng. Từ đó nhà mạng đưa

rác các gói thuê bao có băng thông từ 10 Mbps, 16Mbps, 22 Mbps... tới 45 Mbps. Trên thực tế mức độ ổn định băng thông hay tốc độ thuê bao của hạ tầng cung cấp cho khách hàng trung bình là 22Mbps trên một thuê bao.

- Lỗi (hỏng hóc) năm (tháng)

Trong quá trình hoạt động hệ thống mạng FTTH-GPON đã triển khai tại Bắc Ninh, cũng có rất nhiều lỗi hỏng hóc như: Lỗi xảy ra trên cáp giữa khách hàng và vị trí splitter gần nhất, lỗi xảy ra với thiết bị ONT, lỗi xảy ra tại cáp đi trong nhà khách hàng, lỗi tại bộ chia cuối cùng, lỗi trên sợi quang giữa 2 bộ chia, lỗi trên thiết bị OLT...

Trên thực tế thống kê tại hệ thống mạng FTTH-GPON đã triển khai tại Bắc Ninh, thì tỉ lệ xảy ra tất cả các lỗi trên trung bình là 3 sự cố trên 1 tháng,. Từ các lỗi trong nhà khách hàng đến các lỗi trên hệ thống mạng ngoại vi và các lỗi do thiết bị hay tác động bên ngoài, ngoài ý muốn.

- Khả năng dự phòng mở rộng hệ thống mạng FTTH-GPON đã triển khai.

Theo nhu cầu thực tế của khách hàng thì số lượng đường truyền cung cấp cho địa bàn là 115 thuê bao là không đủ. Với nhu cầu sử dụng của khách hàng tăng cao thì mạng FTTH-GPON đã triển khai tại Bắc Ninh cần được nâng cấp mở rộng để đáp ứng đủ nhu cầu thực tế của khách hàng.

Việc nâng cấp mở rộng của hệ thống mạng cực kỳ dễ dàng. Muốn nâng cấp thêm thuê bao cũng có nhiều phương án để nâng cấp. Ví dụ như có thể nâng cấp bằng cách tách core từ hộp thuê bao gần nhất 1 core có thể cung cấp được cho 128 thuê bao, Hay có thể kéo cáp mới từ các bộ chia cấp 1 hoặc cấp 2, hoặc có thể nâng cấp trực tiếp từ nguồn cấp, nhà POP 128 Nguyễn Trãi rồi kéo cáp chính kéo từ tổng đài OLT về khu quy hoạch đầu nối vào tủ FDH (tủ phối quang cấp 1)...

### 3.4 KẾT LUẬN CHƯƠNG 3

Chương 3 này đã nêu ra đầy đủ các bước lựa chọn khảo sát, tính toán số lượng nhu cầu thuê bao, tính toán lựa chọn thiết bị để có thể thiết kế xây dựng hệ thống mạng GPON cho một khu vực nhất định của Thành phố Bắc Ninh.

Bằng cách tính toán lí thuyết, sử dụng mô phỏng tính toán các tham số mạng quang như suy hao, tán sắc, ồn... để chọn các vật tư linh kiện quang phù hợp với mạng quang FTTH-GPON Bắc Ninh sao cho vừa đáp ứng được các nhu cầu kĩ thuật, vừa có tính kinh tế để giá thành dịch vụ thấp, cạnh tranh và được người dùng chấp nhận.

Mạng FTTH-GPON tại Bắc Ninh đã được triển khai và đi vào hoạt động theo đúng yêu cầu kĩ thuật. Mặc dù còn nhiều vấn đề nảy sinh khi vận hành như bảo dưỡng, mở rộng dịch vụ ... nhưng nhìn chung mạng hoạt động tốt, ổn định.

## KẾT LUẬN

Mạng truy nhập quang được xem là cơ sở hạ tầng tốt nhất cho các dịch vụ băng rộng. Việc nghiên cứu hình thái Mạng truy nhập quang mới vẫn đang nhận được sự quan tâm đặc biệt. Mục tiêu hướng tới là mềm dẻo, giảm giá thành và nâng cao hiệu quả sử dụng băng tần sợi quang.

Mạng truy nhập quang thụ động GPON là giải pháp hợp lý cho cả ba mục tiêu trên; thứ nhất không phải thay đổi cấu hình hoặc xây lắp mới tuyến cáp quang, chỉ cần đặt bộ chia tại điểm tập trung cáp; thứ hai, giảm được chi phí nhờ sự chia sẻ môi trường truyền dẫn giữa những người sử dụng; thứ ba phù hợp với mọi loại hình chuyển giao thông tin nhờ băng tần rộng của sợi quang.

Với phương thức chuyển giao thông tin mềm dẻo linh hoạt hiệu quả sử dụng băng tần sợi quang sẽ tăng đáng kể, đây cũng là một yếu tố làm giảm chi phí. Công nghệ GPON ra đời chính là nhằm mục đích kết hợp các điểm mạnh của truyền tải TDM kết hợp với cơ sở hạ tầng là Mạng cáp sợi quang chi phí thấp, kết nối điểm-đa điểm, hỗ trợ cả dịch vụ TDM và Ethernet. Đây là công nghệ hứa hẹn sẽ giải quyết được các vấn đề tắc nghẽn băng thông, cho phép xây dựng Mạng truy nhập nội hạt như là một Mạng số hoá, băng rộng và có tính tương tác cao.

Sử dụng kỹ thuật truy nhập TDMA kết hợp với các phương thức định cỡ và phân định băng tần động là một trong những điểm nổi bật của công nghệ GPON giúp giải quyết vấn đề băng thông, tắc nghẽn trong truyền tải tốc độ cao. GPON sử dụng phương thức đóng gói dữ liệu GEM hỗ trợ cho cả các gói dữ liệu TDM và Ethernet. Các kỹ thuật đó cho phép GPON hỗ trợ nhiều loại hình dịch vụ khác nhau với tốc độ truy nhập và chất lượng cao.

Hiện nay, tiêu chuẩn GPON đã được ITU chuẩn hóa, đây sẽ là giải

pháp công nghệ thích hợp nhất cho các khu công nghiệp, khu công nghệ cao, khu thương mại, chung cư cao cấp, ngân hàng, v.v... GPON hoàn toàn phù hợp với yêu cầu thực tế của thị trường Việt Nam đang trong giai đoạn phát triển mạnh mẽ các khu vực kinh tế kể trên.

Hướng phát triển tiếp theo của em là nghiên cứu đi sâu hơn nữa về chuẩn GPON này theo hướng: Tiêu chuẩn hóa việc lắp đặt các thiết bị của mạng phân phối quang ODN nhằm đảm bảo chất lượng dịch vụ mạng GPON và nghiên cứu mạng truy nhập WDM-PON.



## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Vi Quang Hiệu, “Nghiên cứu công nghệ mạng truy nhập quang và ứng dụng cho VNPT Lạng Sơn”, Học viện công nghệ bưu chính viễn thông, 2011
- [2] “Mạng truy nhập quang tới thuê bao GPON”, Viện công nghệ bưu chính viễn thông, 2007.
- [3] “Thuyết minh tiêu chuẩn hệ thống truy nhập quang thụ động GPON”, Viện khoa học kỹ thuật bưu điện, 2015.
- [4] Đỗ Trọng Sơn, “Đề án quy hoạch mạng lưới thông tin”, 2014-2015.
- [5. Credic F.Lam (2007), Passive Optical Networks principles and practice, pp. 215-264.
- [6]. ITU G.984.1 (2003), Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): General characteristics.
- [7]. ITU G.984.2 (2003), Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification.
- [8]. ITU G.984.3 (2004), Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Transmission convergence layer specification.
- [9. ITU G.983.1 (1998), Broadband Optical Access Systems Based on Passice Optical Networks (PON).
- [10]. ITU G.983.2 (2000), ONT Management and Control Interface Specification for ATM PON.

## PHỤ LỤC

### 1. Những nguyên nhân gây ra lỗi trong hệ thống cáp mạng

Khi tiến hành đo kiểm chất lượng hệ thống mạng FTTH-GPON Bắc Ninh, việc xác định nguyên nhân gây ra lỗi để có cách khắc phục hiệu quả, kịp thời thì tiêu tốn khá nhiều thời gian của người thi công. Bảng tóm tắt dưới đây sẽ liệt kê ra cách xác định nguyên nhân gây ra một số lỗi phổ biến cho hệ thống cáp mạng.

#### 1.1 Lỗi về đầu dây

Kết quả	Nguyên nhân có thể gây ra lỗi
Lỗi hở mạch - Open	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dây dẫn bị hư hỏng do uốn cong tại những điểm kết nối.</li><li>• Thao tác bấm đầu chưa chính xác</li><li>• Đầu connector bị hỏng</li><li>• Cáp bị đứt (cáp không đạt tiêu chuẩn)</li><li>• Dây dẫn kết nối sai chân tại đầu connector.</li><li>• Sử dụng sai đôi dây cho ứng dụng cụ thể (Ethernet chỉ sử dụng 2 cặp là 12 và 36)</li></ul>
Lỗi ngắn mạch - Short	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bấm đầu không đúng cách</li><li>• Đầu connector bị hỏng</li><li>• 2 dây dẫn đưa vào cùng một khe trong đầu connector khi thực hiện thao tác bấm đầu.</li><li>• Cáp bị đứt (cáp không đạt tiêu chuẩn)</li><li>• Sử dụng sai đôi dây cho những ứng</li></ul>

	dụng cụ thể
Lỗi đảo ngược đôi dây - Align Reversed Pair	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dây dẫn kết nối sai chân tại đầu connector (hai dây dẫn trong cùng một đôi dây được kết nối nhầm vị trí tại đầu connector).</li> </ul>
Lỗi chéo đôi dây - Cross Pair	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nhầm lẫn giữa bấm đầu theo hai chuẩn 568A và 568B.</li> <li>Vị trí đôi dây 12 và 36 bị chéo nhau.</li> </ul>
Lỗi tách đôi dây - Split Pair	<ul style="list-style-type: none"> <li>Một dây của đôi dây này nhầm vị trí với một dây của đôi dây khác.</li> </ul>

### 1.2 Lỗi về chiều dài cáp

Kết quả	Nguyên nhân có thể gây ra lỗi
Lỗi về chiều dài cáp - Length Exceeds Limits	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cáp sử dụng cho một đường truyền quá dài (ví dụ giới hạn cho chiều dài 1 đường cáp ngang là không vượt quá 90m, để đảm bảo việc truyền tín hiệu trên đường dây).</li> <li>Việc cài đặt thông số NVP trước khi tiến hành đo kiểm không chính xác. (NVP là tốc độ danh định của tín hiệu truyền trên một sợi cáp. Với mỗi loại cáp thì có một thông số NVP nhất định.</li> </ul>
Lỗi về chiều dài cáp đo được ngắn hơn chiều dài cáp thực tế kéo khi thi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cáp bị đứt đoạn ở giữa trên đường kéo cáp.</li> </ul>

công	
Một hoặc nhiều đôi dây có chiều dài ngắn hơn chiều dài cáp	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cáp bị đứt trên đường đi cáp</li> <li>• Kết nối xấu</li> </ul>

*Chú ý: Chiều dài cáp sẽ được tính bằng chiều dài của đôi dây có chiều dài ngắn nhất trong cáp.*

### **1.3 Lỗi trễ truyền**

<b>Kết quả</b>	<b>Nguyên nhân có thể gây ra lỗi</b>
Vượt quá giới hạn cho phép - Exceeds Limits	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Đường đi cáp quá dài</li> <li>• Cáp không đạt tiêu chuẩn (chất liệu cấu tạo nên sợi cáp không nguyên chất và khác nhau giữa từng đôi dây)</li> </ul>

### **1.4 Suy hao**

<b>Kết quả</b>	<b>Nguyên nhân có thể gây ra lỗi</b>
Vượt quá giới hạn cho phép - Exceeds Limits	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Đường đi cáp quá dài</li> <li>• Cáp không đạt tiêu chuẩn (độ xoắn của các đôi dây không đạt,...)</li> <li>• Sử dụng loại cáp không phù hợp (ví dụ dung cáp cat3 cho ứng dụng dành cho cat5 trở lên).</li> <li>• Việc cài đặt các thông số trước khi tiến hành đo kiểm không chính xác.</li> </ul>

**1.5 Lỗi về nhiều đầu gần và tổng nhiều đầu gần (NEXT and PSNEXT)**

<b>Kết quả</b>	<b>Nguyên nhân có thể gây ra lỗi</b>
Fail, *Fail or *pass	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tháo xoắn quá mức khi thực hiện thao tác bấm đầu.</li> <li>• Patch Cord không đạt tiêu chuẩn</li> <li>• Đầu connector không đạt chuẩn</li> <li>• Cáp giả</li> <li>• Lỗi tách đôi dây trong quá trình bấm đầu cáp.</li> <li>• Các đôi dây bị nén quá chặt do lớp vỏ bọc nhựa của cáp.</li> <li>• Cáp đặt cạnh nguồn gây nhiễu lớn</li> </ul>

**1.6 Nhiễu đầu xa, tổng nhiễu đầu xa (ACR-F & PSACR-F hoặc ELFEXT & PSELFEXT):**

<b>Kết quả</b>	<b>Nguyên nhân có thể gây ra lỗi</b>
Fail, *Fail or *pass	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qui tắc chung: phải khắc phục lỗi về NEXT trước. Vì NEXT thường là nguyên nhân gây ra FEXT.</li> <li>• Cáp bị bó chặt trong quá trình thi công</li> </ul>

### 3.7.7 Điện trở

Kết quả	Nguyên nhân có thể gây ra lỗi
Fail, *Fail or *pass	<ul style="list-style-type: none"><li>• Đường đi cáp vượt quá giới hạn cho phép.</li><li>• Đầu connector kém</li><li>• Sự tiếp xúc giữa các đôi dây với đầu connector kém</li><li>• Cáp không đạt chuẩn</li><li>• Lựa chọn sai loại path cord</li></ul>

### 1.7 Suy hao phản xạ ngược (Return Loss)

Kết quả	Nguyên nhân có thể gây ra lỗi
Fail, *Fail or *pass	<ul style="list-style-type: none"><li>• Trở kháng của Path Cord không đạt, vượt quá 100Ohm.</li><li>• Path Cord sử dụng không đúng cách làm cho trở kháng vượt quá.</li><li>• Thao tác khi tiến hành thi công cáp (việc tháo xoắn các đôi dây).</li><li>• Chừa đoạn dây dư quá dài tại outlet (khuyến cáo nên chỉ để lại đoạn dây dư khoảng 30cm).</li><li>• Đầu connector không đạt tiêu chuẩn</li><li>• Trở kháng trên sợi cáp không đồng đều</li><li>• Trở kháng trên sợi cáp vượt quá/không đạt 100Ohm.</li><li>• Trở kháng khác nhau giữa path cord và cáp ngang tại điểm đấu nối.</li></ul>

<b>Kết quả</b>	<b>Nguyên nhân có thể gây ra lỗi</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tính tương thích giữa đầu connector và jack kém</li><li>• Sử dụng cáp có trở kháng 120Ohm</li><li>• Lựa chọn chế độ test tự động không chính xác.</li><li>• Sai sót trong việc lựa chọn Adapter.</li></ul>

Nắm được những nguyên nhân có thể gây ra lỗi cho hệ thống mạng không những giúp người thi công tiết kiệm được thời gian trong khâu giải quyết, khắc phục lỗi hệ thống mạng, mà ngoài ra còn hạn chế được những sai sót trong quá trình triển khai thi công, để có một hệ thống mạng hoàn chỉnh và đạt tiêu chuẩn.

## Phụ lục 2 Quy trình kỹ thuật thi công một tuyến cáp thuê bao

### 2.1 Hướng dẫn đi dây và chốt dây cáp thuê bao



- Vị trí chốt dây chốt vào gông, xà đã lắp sẵn trên cột theo quy định.
- Điểm chốt phải đảm bảo là điểm tối ưu cho hướng đi dây về phía nhà khách hàng và hướng đi dây xuống tập điểm.
- Điểm chốt dây :
  - Chốt đúng tiêu chuẩn trên xà E ,G( nếu có )
  - Không chốt vào dây điện, cáp gốc, cáp thuê bao của mình hoặc đơn vị viễn thông khác.

**Yêu cầu:** Phải đảm bảo không làm ảnh hưởng tới dây của đơn vị điện lực hay các đơn vị viễn thông khác hoặc ảnh hưởng tới dây thuê bao của các hợp đồng khác.



## 2.2 Đi cáp từ đỉnh cột xuống tập điểm

- Cáp được thi công theo nẹp sắt có sẵn xuống tập điểm hoặc thi công theo phương án tối ưu nhất đã định sẵn khi thi công.

- Cáp được luồn theo sát cột, đảm bảo là luồn vào bên trong tất cả các dây, không luồn đè hoặc chèn lên các dây khác, không được đi cắt mặt công tơ điện hay các tập điểm của các nhà viên thông khác.



- Tất cả các sợi cáp xuống tập điểm phải được luồn đồng nhất 1 cách theo nẹp sắt, ống nhựa hoặc tano đi theo phương án tối ưu nhất đã đề ra.
- Cáp thuê bao không nhất thiết luôn theo cáp gốc. Nếu cáp gốc đi xuống tập điểm không đúng tiêu chuẩn kỹ thuật.
- Luồn cáp theo cáp hạ tầng nếu cáp hạ tầng đi đúng tiêu chuẩn kỹ thuật thi công.
- Không bó cáp thuê bao vào cáp gốc tránh ảnh hưởng khi sự cố cáp gốc xảy ra.

### 2.3 Thi Công cáp vào tập điểm

- Cáp được thi công theo đúng tiêu chuẩn và quy định về KTTC.



- Cổ cò của cáp thi công vào tập điểm phải được thi công đúng tiêu chuẩn kỹ thuật thi công đã quy định.



- Cấp thi công bên trong tập điểm phải đúng tiêu chuẩn, quy định về KTTC.

#### 2.4 Hoàn thiện việc thi công

- Cấp thi công từ đỉnh cột xuống tập điểm được bó gọn gàng từ đỉnh cột tới đáy tập điểm, khoảng cách giữa các điểm bó từ 25-30cm bằng dây thít.





- Dấu dây được ghi đậm, rõ ràng, ghi đúng số hợp đồng , đánh dấu đúng theo quy định.



- Dọn dẹp về sinh gọn gàng khu làm việc sau khi hoàn tất công việc
- Kiểm tra tình trạng và chất lượng thi công sau khi xử lý hoàn tất.
- Đóng và khóa tập điểm cẩn thận sau khi thi công theo quy định của công ty.