

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



NGUYỄN KHẮC THIÊN

**NGHIÊN CỨU KIẾN TRÚC VÀ TẠO KHUNG TÍN HIỆU
TRONG MẠNG TRUYỀN TẢI QUANG (OTN)**

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

HÀ NỘI - NĂM 2020

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



NGUYỄN KHẮC THIÊN

**NGHIÊN CỨU KIẾN TRÚC VÀ TẠO KHUNG TÍN HIỆU
TRONG MẠNG TRUYỀN TẢI QUANG (OTN)**

Chuyên ngành: KỸ THUẬT VIỄN THÔNG

Mã số: 8.52.02.08

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

(Theo định hướng ứng dụng)

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC : PGS.TS. BÙI TRUNG HIẾU

HÀ NỘI – NĂM 2020

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi và được sự hướng dẫn khoa học của PGS.TS. Bùi Trung Hiếu. Các nội dung nghiên cứu, kết quả trong đề tài này là trung thực và chưa công bố dưới bất kỳ hình thức nào trước đây. Những số liệu trong các bảng biểu phục vụ cho việc phân tích, nhận xét, đánh giá được chính tác giả thu thập từ các nguồn khác nhau có ghi rõ trong phần tài liệu tham khảo.

Nếu phát hiện có bất kỳ sự gian lận nào tôi xin hoàn toàn chịu trách nhiệm về nội dung luận văn của mình.

Hà Nội, ngày tháng năm 2020

Tác giả luận văn

LỜI CẢM ƠN

Luận văn này đã khép lại quá trình học tập, nghiên cứu của em tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn Thông. Em xin bày tỏ sự biết ơn sâu sắc tới Thầy hướng dẫn khoa học, PGS.TS. Bùi Trung Hiếu đã định hướng nghiên cứu và tận tình giúp đỡ, trực tiếp chỉ bảo trong suốt quá trình thực hiện luận văn. Đồng thời em cũng xin bày tỏ lòng biết ơn đối với Lãnh đạo Học viện, các thầy cô của Khoa Đào tạo sau đại học, Khoa Viễn Thông 1 tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn Thông.

Em xin chân thành cảm ơn!

Hà nội, tháng 11 năm 2020

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	8
CHƯƠNG 1	2
TỔNG QUAN VỀ MẠNG TRUYỀN TẢI QUANG	2
1.1 Cấu trúc mạng truyền tải quang.....	2
<i>1.1.1 Lớp kênh quang</i>	<i>3</i>
<i>1.1.2 Lớp ghép kênh quang</i>	<i>3</i>
<i>1.1.3 Lớp mạng truyền tải quang</i>	<i>3</i>
1.2 Từ mã FEC trong OTN.....	4
1.3 TCM (Tandem Connection Monitoring).....	5
1.4 OTN và công nghệ ghép kênh phân chia theo bước sóng.....	7
<i>1.4.1 Công nghệ WDM</i>	<i>7</i>
<i>1.4.2 OTN và WDM</i>	<i>9</i>
1.5 Một số điểm nổi bật của mạng truyền tải quang.....	10
<i>1.5.1 Độ trễ được đảm bảo và rất thấp</i>	<i>10</i>
<i>1.5.2 Khả năng mở rộng cao với băng thông đảm bảo</i>	<i>11</i>
<i>1.5.3 Tính bảo mật cao</i>	<i>11</i>
<i>1.5.4 Chuyển đổi mạng linh hoạt</i>	<i>12</i>
KẾT LUẬN CHƯƠNG	14
CHƯƠNG 2.....	15
CẤU TRÚC KHUNG TÍN HIỆU TRONG OTN	15
2.1 Cấu trúc tín hiệu cơ bản.....	15
<i>2.1.1 Cấu trúc Och.....</i>	<i>15</i>
<i>2.1.2 Cấu trúc chức năng đầy đủ OTM-n.m.....</i>	<i>16</i>
<i>2.1.3 Cấu trúc chức năng rút gọn OTM-nr.m và OTM-0.m.....</i>	<i>16</i>
2.2 Ghép tín hiệu và ánh xạ trong OTN	16
2.3 Cấu trúc khung tín hiệu OPUk	19
<i>2.3.1 Cấu trúc khung tín hiệu</i>	<i>19</i>
<i>2.3.2 Mào đầu OPUk</i>	<i>20</i>
<i>2.3.3 Ánh xạ tín hiệu CBR2G5, CBR10G, CBR40G vào OPUk.....</i>	<i>22</i>
2.4 Cấu trúc khung tín hiệu ODUk.....	26

2.4.1 Cấu trúc khung tín hiệu	26
2.4.2 Mào đầu ODUk.....	26
2.5 Cấu trúc khung tín hiệu OTUk.....	35
2.5.1 Cấu trúc khung tín hiệu	36
2.5.3 Mào đầu đồng chỉnh khung.....	39
2.5.4 Các byte mào đầu OTU	40
2.5.5 Kênh thông tin chung (GCC0)	44
2.5.6 Mào đầu dự phòng (RES)	44
2.5.7 Kênh thông báo đồng bộ OTN (OMSC)	44
KẾT LUẬN CHƯƠNG	45
CHƯƠNG 3	46
KIẾN TRÚC MODULE TẠO KHUNG TÍN HIỆU TRONG OTN	46
3.1 Cấu trúc một số khung tín hiệu điển hình	46
3.1.1 Cấu trúc khung STM-1, STM-n trong SDH.....	46
3.1.2 Cấu trúc khung ATM	47
3.1.3 Cấu trúc khung Ethernet.....	49
3.1.4 Cấu trúc khung IP	51
3.2 Các khối chức năng thiết yếu trong Module tạo khung tín hiệu OTN.....	53
3.2.1 Vị trí, chức năng của Module tạo khung.....	53
3.2.2 Các khối thiết yếu của Module tạo khung tín hiệu OTN	54
3.3 Đề xuất kiến trúc Module tạo khung tín hiệu OTN	55
3.3.1 Sơ đồ kiến trúc	55
3.3.2 Chức năng các khối trong Module tạo khung tín hiệu OTN	57
3.3.3 Nguyên lý hoạt động của Module tạo khung tín hiệu OTN	58
KẾT LUẬN CHƯƠNG	61
KẾT LUẬN	62
TÀI LIỆU THAM KHẢO	63

DANH MỤC CÁC THUẬT NGỮ, CHỮ VIẾT TẮT

Viết tắt	Tiếng Anh	Tiếng Việt
APS	Automatic Protection Switching	Bảo vệ chuyển mạch tự động
BDI	Backward Defect Indication	Chỉ thị phản hồi sự cố
BEI	Backward Error Indication	Chỉ thị phản hồi lỗi
BEIA	Backward Incoming Alignment Error	Chỉ thị phản hồi lỗi đồng bộ tín hiệu đến
BIP-8	Bit Interleaved Parity - level 8	Sửa lỗi xen kẽ chẵn lẻ
CLP	Cell Loss Priority	Độ ưu tiên mất tế bào
CO	Co-working Space	Không gian làm việc
CSF	Client Signal Fail	Tín hiệu lỗi khách hàng
DAPI	Destination Access Point Identifier	Định dạng nguồn truy cập đích
DMP	Delay Measurement Path	Chỉ thị đo độ trễ
EDFA	Erbium Doped Fiber Amplifier	Bộ khuếch đại quang Erbium
EXP	Experimental	Thử nghiệm
FA	Frame Alignment Overhead	Mào đầu đồng chỉnh khung
FAS	Frame Alignment Signal	Tín hiệu đồng chỉnh khung
FCS	Frame Check Sequence	Kiểm tra lỗi dư vòng
FEC	Forward Error Corection	Sửa lỗi hướng thuận
GCC	General Communication Channel	Kênh thông tin chung
GFC	Generic Flow Control	Điều khiển luồng chung
HEC	Header Error Control	Kiểm tra lỗi mào đầu
IaDI	Intra Domain Interface	Giao diện miền nội bộ
IrDI	Inter Domain Interface	Giao diện liên miền
JC	Justification Control	Điều khiển chèn
MAC	Media Access Control	Điều khiển truy cập phương tiện

MFAS	Multiframe Alignment Signal	Tín hiệu đồng chỉnh đa khung
M SOH	Multiplex Section Overhead	Mào đầu đoạn ghép
NJO	Negative Justification Opportunity	Chèn âm
NNI	Network Network Interface	Giao diện mạng – mạng
OAM	Operations, Administration and Maintenance	Khai thác, quản lý và bảo dưỡng
OCh	Optical Channel with full functionality	Kênh quang với đầy đủ chức năng
OChr	Optical Channel with Reduce functionality	Kênh quang rút gọn
ODU	Optical Data Unit	Khối dữ liệu kênh quang
OMS	Optical Multiplex Section	Đoạn ghép kênh quang
OPS	Optical Physical Section	Đoạn vật lý quang học
OPU	Optical Payload Unit	Khối tải trọng quang
OSMC	OTN Synchronisation Message Channel	Kênh thông báo đồng bộ OTN
OTS	Optical Transmission Section	Đoạn truyền dẫn quang
OTU	Optical Transport Unit	Khối truyền tải quang
PCC	Protection Communication Channel	Kênh thông tin bảo vệ
P- CMEP	Path-Connection Monitoring End Point	Điểm cuối giám sát kết nối đường dẫn
PM	Path Monitoring	Giám sát đoạn
PJO	Positive Justification Opportunity	Chèn dương
PSI	Payload Structure Identifier	Định danh cấu trúc tải trọng
PT	Payload Type	Loại tải trọng
PTR	Pointer	Con trỏ
RES	Reserved for future international standardisation	Mào đầu dự phòng cho các tiêu chuẩn quốc tế trong tương lai
R SOH	Regeneration Section Overhead	Mào đầu đoạn lặp

SAPI	Source Access Point Identifier	Định dạng điểm nguồn truy cập
S-CMEP	Section-Connection Monitoring End Point	Điểm cuối giám sát đoạn ghép
SFD	Start Frame Delimiter	Bắt đầu phân cách khung
SM	Section Monitoring	Giám sát đoạn ghép
SPRing	Shared Protection Ring	Dùng chung vòng bảo vệ
STAT	Satus	Chỉ thị trạng thái giám sát
TCM	Tandem Connection Monitoring	Giám sát kết nối chuyển tiếp
TTI	Trail Trace Identifier	Mào đầu nhận dạng dấu vết
UNI	User Network Interface	Giao diện người dùng – mạng
VCI	Virtual Circuit Identifier	Định danh kết nối ảo
VPI	Virtual Path Identifier	Định danh đường ảo
WDM	Wavelength Division Multiplex	Ghép kênh phân chia theo bước sóng

DANH SÁCH BẢNG

Bảng 1.1. Bảng bước sóng chuẩn hóa của ITU	8
Bảng 1.2. Một số ví dụ về hiện đại hóa SDH	13
Bảng 2.1. Điểm mã loại tải trọng	21
Bảng 2.2. Tạo JC, NJO và PJO bằng quy trình ánh xạ không đồng bộ	23
Bảng 2.3. Tạo JC, NJO và PJO bằng quy trình ánh xạ đồng bộ bit	23
Bảng 2.4. Giải ánh xạ JC, NJO và PJO	24
Bảng 2.5. Định nghĩa BEI ODU PM	29
Bảng 2.6. Định nghĩa trạng thái ODU PM	29
Bảng 2.7. Định nghĩa BEI ODUk TCM	32
Bảng 2.8. Định nghĩa trạng thái ODUk TCM	33
Bảng 2.9. Cấp độ giám sát riêng của APS/PCC cho đa khung	34
Bảng 2.10. Định nghĩa BEI/BIAE OUT SM	42
Bảng 2.11. Giải thích trạng thái OTUCn SM	43

Bảng 2.12. Bảng thông OSMC	44
----------------------------	----

DANH SÁCH HÌNH VẼ

Hình 1.1. Cấu trúc lớp mạng truyền tải quang	2
Hình 1.2. Hệ thống FEC điển hình	4
Hình 1.3. Cấu trúc RS (255,239)	4
Hình 1.4. Giám sát các kết nối	6
Hình 1.5. Giám sát chồng lấn các kết nối ODUk	6
Hình 1.6. Ghép kênh phân chia theo bước sóng sử dụng bộ khuếch đại EDFA	7
Hình 1.7. Sắp xếp các khung GFP vào OPU-k	9
Hình 1.8. Ánh xạ các kiểu dữ liệu khác nhau trên OTN vào WDM	9
Hình 2.1. Cấu trúc tín hiệu OTN cơ bản	15
Hình 2.2. Cấu trúc ghép và ánh xạ tín hiệu trong OTN	16
Hình 2.3. Phân lớp ghép tín hiệu trong OTN	19
Hình 2.4. Cấu trúc khung tín hiệu OPUk	19
Hình 2.5. Vị trí các byte mào đầu OPUk	20
Hình 2.6. Ánh xạ tín hiệu CBR2G5, CBR10G hoặc CBR40G vào OPUk	23
Hình 2.7. Ánh xạ tín hiệu CBR2G5 vào OPU1	24
Hình 2.8. Ánh xạ tín hiệu CBR10G vào OPU2	25
Hình 2.9. Ánh xạ tín hiệu CBR40G vào OPU3	25
Hình 2.10. Cấu trúc khung ODUk	26
Hình 2.11. Mào đầu ODUk	26
Hình 2.12. Mào đầu giám sát đường dẫn ODU	27
Hình 2.13. Mào đầu giám sát kết nối tadem ODU	27
Hình 2.14. Tính toán BIP-8 ODUk PM	28
Hình 2.15. Tính toán BIP-8 ODUk TCM	31
Hình 2.16. Cấu trúc khung OTUk, đồng chỉnh khung và mào đầu OTUk	36
Hình 2.17. Cấu trúc khung OTUCn, đồng chỉnh khung và mào đầu OTUCn	37

Hình 2.18. Cấu trúc khung OTU25 và OTU50, đồng chỉnh khung và mào đầu OTU	38
Hình 2.19. Cấu trúc tín hiệu mào đầu đồng chỉnh khung	39
Hình 2.20. Mào đầu tín hiệu đồng chỉnh đa khung	39
Hình 2.21. Mào đầu OTU	40
Hình 2.22. Mào đầu giám sát đoạn OTU	40
Hình 2.23. Tính toán BIP-8 OTUk SM	41
Hình 3.1. Cấu trúc khung STM-1	46
Hình 3.2. Cấu trúc khung STM-n	47
Hình 3.3. Cấu trúc khung ATM	47
Hình 3.4. Cấu trúc khung Ethernet cơ bản	49
Hình 3.5. Cấu trúc khung Ethernet II	50
Hình 3.6. Cấu trúc khung tín hiệu IP	51
Hình 3.7. So sánh cấu trúc khung tín hiệu IPv4 và IPv6	52
Hình 3.8. Cấu hình mạng truyền dẫn 5 nút	53
Hình 3.9. Truyền tải tín hiệu tại một nút mạng	53
Hình 3.10. Cấu trúc tổng quát của khung tín hiệu OTN	54
Hình 3.11. Sơ đồ kiến trúc Module tạo khung tín hiệu OTN	55
Hình 3.12. Cấu trúc khung tín hiệu OTN 1	58

LỜI NÓI ĐẦU

Sự phát triển không ngừng của khoa học công nghệ làm cho truyền thông băng rộng đang trở thành nhu cầu thiết yếu mang lại nhiều lợi ích cho người sử dụng. Sự phát triển mạnh mẽ của Internet dẫn đến ngày càng nhiều hơn số lượng người truy cập trực tuyến, chi phối lượng băng thông lớn để truyền dữ liệu. Nghiên cứu cho năng lực mạng với dung lượng cực lớn đã bắt đầu.

Sợi quang có băng thông rất lớn, suy hao nhỏ và ưu điểm chi phí thấp hơn so với cáp đồng. Các yêu cầu của bộ tái tạo và bộ khuếch đại bởi vậy khá nhỏ. Khi yêu cầu băng thông và đường truyền càng lớn thì việc tiến hành truyền dữ liệu trên sợi quang yêu cầu xây dựng một hệ thống mạng quang hoàn chỉnh hơn. Mạng truyền tải quang ra đời nhằm đáp ứng yêu cầu đó với khả năng cung cấp đường truyền dữ liệu lên từ 2.5Gbps, 10Gbps, 40 Gbps cho đến 100 Gbps đồng thời tích hợp nhiều loại dữ liệu hoặc các dạng khung dữ liệu của các công nghệ trước trên cùng một khối truyền tải quang. Cấu trúc khung cũng như việc sắp xếp vị trí các loại dữ liệu trong cấu trúc khung trong OTN được coi là những vấn đề có ý nghĩa và rất được quan tâm.

Nội dung “**Nghiên cứu kiến trúc và tạo khung tín hiệu trong mạng truyền tải quang (OTN)**” gồm 3 chương:

Chương 1: Tổng quan về mạng truyền tải quang

Chương 2: Cấu trúc khung tín hiệu trong OTN

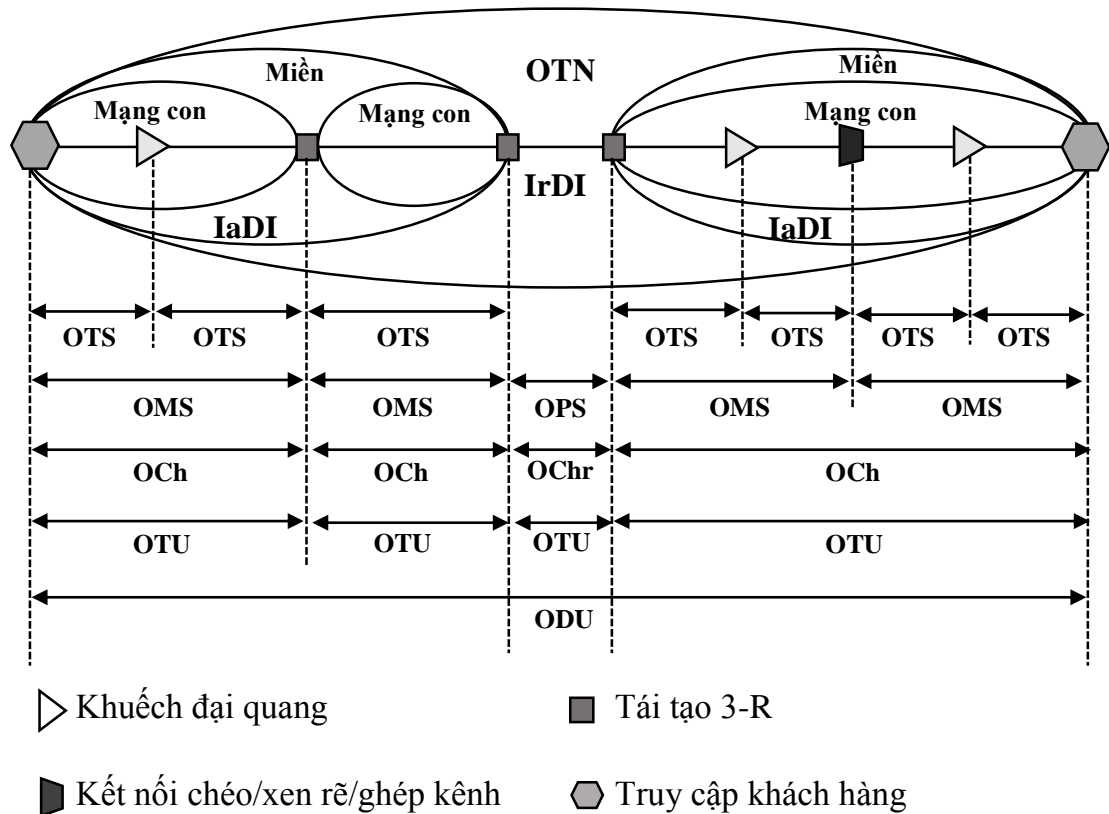
Chương 3: Kiến trúc Module tạo khung tín hiệu trong OTN

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN VỀ MẠNG TRUYỀN TẢI QUANG

1.1 Cấu trúc mạng truyền tải quang

Theo quan điểm phân lớp, mạng có thể được chia thành 3 lớp: Lớp kênh quang, lớp ghép kênh quang và lớp truyền tải quang. Cấu trúc tổng quát của mạng truyền tải quang được mô tả như trong hình 1.1.[9, tr.19]



OTS : Đoạn truyền tải quang	ODU: Khối dữ liệu kênh quang
OMS : Đoạn ghép kênh quang	OPS : Đoạn vật lý quang học
OTU : Khối truyền tải quang	IrDI : Giao diện liên miền
Och : Kênh quang	IaDI : Giao diện miền nội bộ

Hình 1.1: Cấu trúc lớp mạng truyền tải quang

Ochr : Kênh quang rút gọn	
---------------------------	--

1.1.1 Lớp kênh quang

Lớp kênh quang cung cấp dịch vụ truyền tải từ đầu cuối tới đầu cuối cho đa dạng tín hiệu khách hàng (tế bào ATM, PDH 565 Mbit/s, SDH STM-N, gói IP, ...), đồng thời cung cấp các khả năng xuyên suốt từ đầu cuối tới đầu cuối.

Chức năng chính của lớp này gồm:

- Sắp xếp lại kết nối kênh quang cho định tuyến mạng linh hoạt.
- Xử lý mào đầu kênh quang đáp ứng theo yêu cầu của kênh quang đồng thời bảo đảm nguyên vẹn thông tin.

- Thực hiện các hoạt động quản lý, bảo dưỡng kênh quang phù hợp với hoạt động và chức năng quản lý của mạng; cung cấp kết nối tin cậy theo thay đổi tham số dịch vụ và sự tồn tại mạng.

1.1.2 Lớp ghép kênh quang

Lớp ghép kênh quang cung cấp cho mạng năng lực truyền tải trên nhiều bước sóng qua một sợi quang hay năng lực truyền tải trên tín hiệu quang đa bước sóng.

Chức năng chính của lớp này gồm:

- Xử lý mào đầu đoạn ghép kênh quang đáp ứng yêu cầu của đoạn ghép kênh quang đồng thời bảo đảm nguyên vẹn thông tin.

- Cung cấp các hoạt động quản lý, bảo dưỡng kênh quang phù hợp với hoạt động, chức năng quản lý của mạng cũng như sự tồn tại đoạn ghép kênh quang.

- Cung cấp các khả năng sử dụng cho các tín hiệu quang đa bước sóng, cung cấp, hỗ trợ cho hoạt động và quản lý mạng quang.

1.1.3 Lớp mạng truyền tải quang

Lớp mạng cung cấp chức năng cho truyền dẫn của các tín hiệu quang trên các môi trường quang của khác nhau (G.652, G.653 và G.655).

Chức năng chính của lớp này gồm:

- Xử lý mào đầu đoạn truyền dẫn đáp ứng yêu cầu đoạn truyền dẫn kênh quang đồng thời bảo đảm nguyên vẹn thông tin.

Bộ giải mã có thể sửa lỗi cụm của RS(255,239) một từ mã. Các mã Reed-Solomon xử lý lỗi trên cơ sở ký hiệu; do đó, một biểu tượng chứa tất cả các bit bị lỗi sẽ dễ dàng phát hiện và sửa chữa như một biểu tượng chứa một lỗi bit. Đó là lý do tại sao mã Reed-Solomon đặc biệt thích hợp để sửa lỗi cụm

Với kích thước ký hiệu s , độ dài từ mã tối đa (n) cho mã Reed-Solomon là:

$$n = 2^s - 1$$

Việc xen kẽ dữ liệu từ các từ mã khác nhau cải thiện hiệu quả của mã Reed-Solomon vì ảnh hưởng của lỗi cụm được phân chia giữa nhiều từ mã khác nhau.

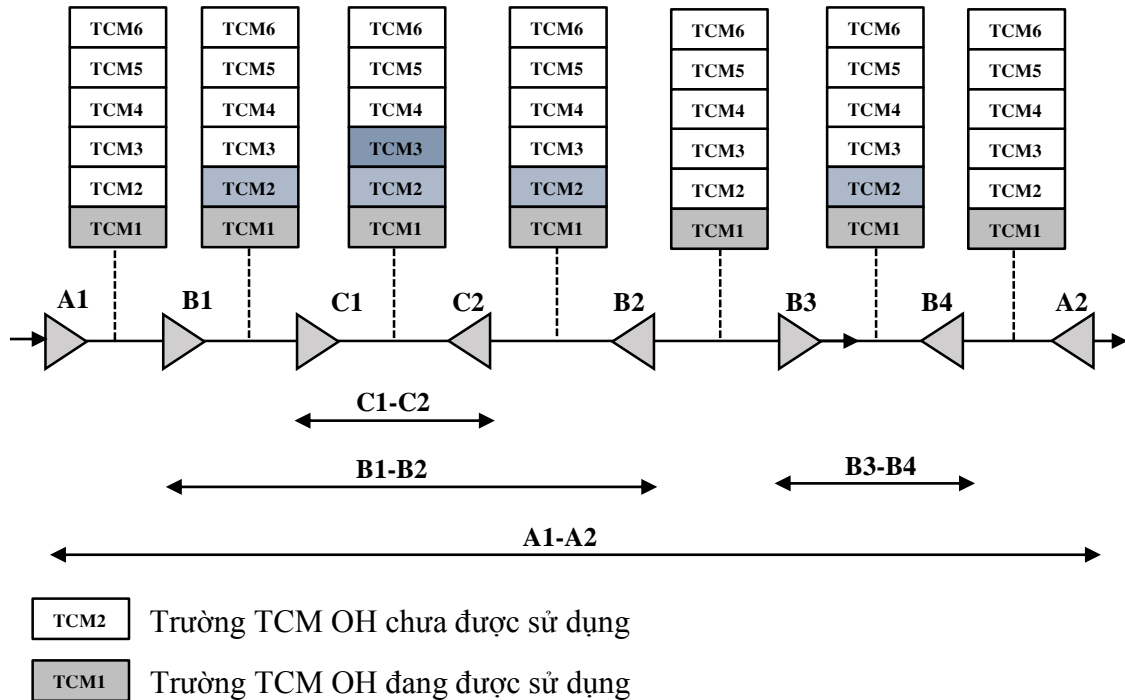
1.3 TCM (Tandem Connection Monitoring)

Giám sát trong SONET/SDH được chia thành giám sát đoạn, tuyến và đường. Khả năng giám sát đoạn truyền dẫn từ mạng này qua mạng khác rất hạn chế. TCM trong OTN [9, tr.15] tăng cường khả năng giám sát trên toàn mạng, cụ thể:

- Giám sát kết nối nối tiếp quang UNI tới UNI, giám sát kết nối ODUk qua mạng truyền tải công cộng (từ lối vào mạng công cộng đầu cuối mạng tới lối ra đầu cuối mạng).
- Giám sát kết nối nối tiếp quang NNI tới NNI; giám sát kết nối ODUk qua mạng của người khai thác mạng (từ lối vào đầu cuối người khai thác mạng tới đầu cuối).
- Giám sát tuyến tính lớp con 1+1, 1:1, và 1: n mạng con kênh quang kết nối chuyển mạch bảo vệ, để xác định lỗi tín hiệu và các điều kiện suy giảm tín hiệu.
- Giám sát lớp con cho kênh quang dùng chung vòng bảo vệ (SPRing) chuyển mạch bảo vệ, để xác định lỗi tín hiệu và các điều kiện suy giảm tín hiệu.
- Giám sát một kết nối nối tiếp kênh quang để phát hiện một lỗi tín hiệu hay điều kiện suy giảm tín hiệu trong kết nối kênh quang được chuyển mạch để tự động khôi phục lại kết nối.
- Giám sát một kết nối nối tiếp kênh quang như định vị lỗi hoặc kiểm tra phân phối chất lượng dịch vụ.

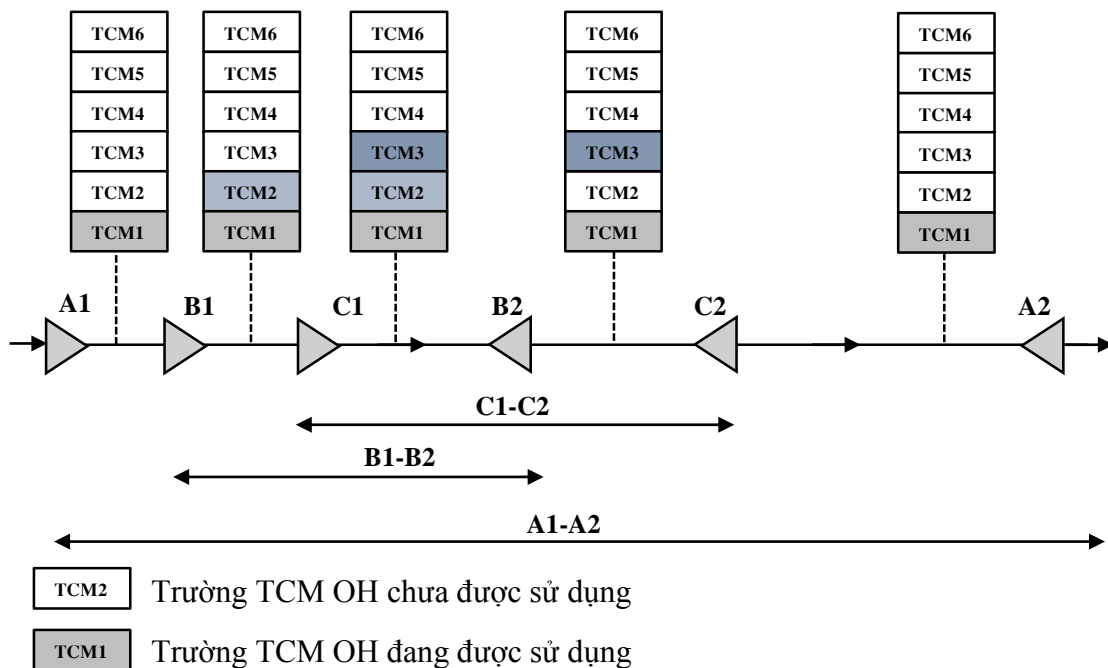
Một trường TCM chỉ định một kết nối giám sát được mô tả trong khuyến nghị G.709. Số kết nối giám sát theo một vạch có thể thay đổi giữa 0 và 6. Các kết nối giám sát có thể lồng nhau, chồng lấn lên nhau và/ hoặc là phân cấp. Sự lồng nhau và

sự phân tầng như trong hình 1.4. Giám sát các kết nối A1-A2/B1-B2/C1-C2 và A1-A2/B3-B4 là lồng nhau, trong khi B1-B2/B3-B4 là phân cấp.



Hình 1.4: Giám sát các kết nối

Giám sát chồng lần các kết nối trình bày ở hình 1.5 (B1-B2 và C1-C2) cũng được hỗ trợ.



Hình 1.5: Giám sát chồng lần các kết nối ODUk

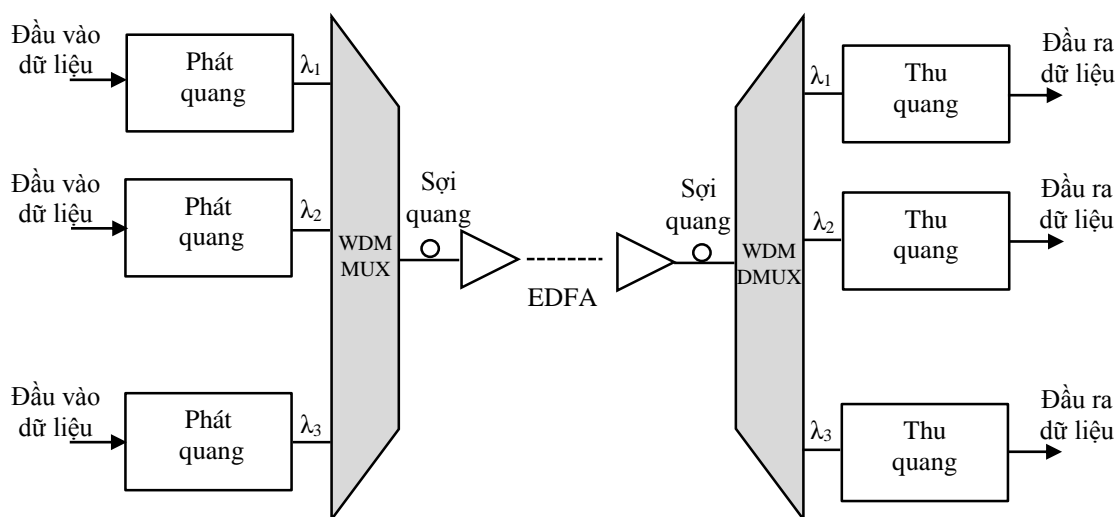
1.4 OTN và công nghệ ghép kênh phân chia theo bước sóng

1.4.1 Công nghệ WDM

Mục đích của ghép kênh là phân chia băng thông truyền dẫn của kênh truyền cho mỗi người dùng. Ghép kênh phân chia theo bước sóng phân biệt tín hiệu các kênh truyền dựa trên bước sóng. Do đó sẽ có nhiều kênh được truyền đi trên cùng một sợi quang mà không bị ảnh hưởng lẫn nhau. Phương pháp này đang được sử dụng để tận dụng hiệu quả băng thông của sợi quang, từ đó làm tăng dung lượng của các hệ thống quang hiện tại.

Nhằm bù lại suy hao truyền dẫn do suy giảm năng lượng tín hiệu khi truyền tín hiệu quang đi xa, người ta đặt bộ khuếch đại quang trên tuyến quang. Độ lợi tín hiệu có thể lên đến 30dB khi sử dụng bộ khuếch đại quang EDFA.

Bộ khuếch đại quang EDFA không thực hiện khuếch đại tín hiệu gián tiếp mà thực hiện khuếch đại trực tiếp. Điều này làm cho hệ thống nhanh và tin cậy hơn. Việc sử dụng bộ khuếch đại kết hợp với hệ thống WDM đem lại hiệu quả cao trong bảo đảm thông tin ở cự ly xa với độ tin cậy cao.



Hình 1.6: Ghép kênh phân chia theo bước sóng sử dụng bộ khuếch đại EDFA

DWDM (Dense wavelength – division multiplexing) là phương pháp ghép kênh phân chia theo bước sóng dựa trên WDM nhưng mật độ ghép ở mật độ cao hơn rất nhiều. Các bước sóng ứng với tần số f , ITU định nghĩa khoảng cách tần số chuẩn

hóa Δf là 100 GHz được chuyển đổi thành khoảng cách bước sóng $\Delta\lambda$ là 0.8 nm. Với $\Delta\lambda = \lambda\Delta f/f$.

Hệ thống DWDM làm việc ở vùng bước sóng 1550 nm vì các giá trị suy hao ở vùng cửa sổ quanh bước sóng này rất nhỏ. Ngoài ra nó còn phù hợp với các bộ khuếch đại quang trộn Erbium vì các bộ khuếch đại này làm việc ở dải bước sóng 1530 nm đến 1570 nm.

Mỗi bước sóng truyền đi trong hệ thống DWDM có tần số cách nhau 100 GHz được chỉ ra trong bảng các bước sóng chuẩn hóa của ITU (Bảng 1.1). Tuy nhiên, các hệ thống hiện đại đang phát triển chứng minh rằng có thể giảm khoảng cách tần số các kênh xuống 50 GHz. Khi khoảng cách của các kênh ngày càng được giảm xuống thì số lượng các kênh được phát đi trên cùng một sợi quang sẽ ngày càng tăng lên.

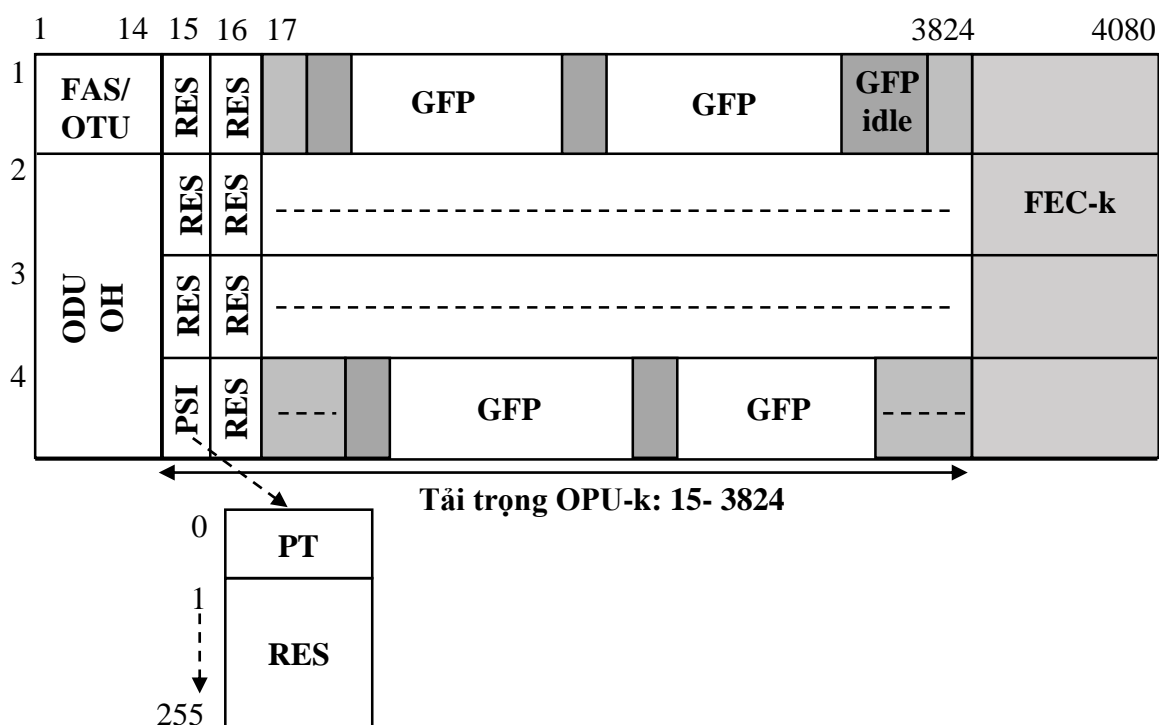
Bảng 1.1: Bảng bước sóng chuẩn hóa của ITU

Central Frequency (THz)	Central Wavelength (nm)						
196.10	1528.77	195.00	1537.40	193.90	1546.12	192.80	1554.94
196.05	1529.16	194.95	1537.79	193.85	1546.52	192.75	1555.34
196.00	1529.55	194.90	1538.19	193.80	1546.92	192.70	1555.75
195.95	1529.94	194.85	1538.58	193.75	1547.32	192.65	1556.15
195.90	1530.33	194.80	1538.98	193.70	1547.72	192.60	1556.55
195.85	1530.72	194.75	1539.37	193.65	1548.11	192.55	1556.96
195.80	1531.12	194.70	1539.77	193.60	1548.51	192.50	1557.36
195.75	1531.51	194.65	1540.16	193.55	1548.91	192.45	1557.77
195.70	1531.90	194.60	1540.56	193.50	1549.32	192.40	1558.17
195.65	1532.29	194.55	1540.95	193.45	1549.72	192.35	1558.58
195.60	1532.68	194.50	1541.35	193.40	1550.12	192.30	1558.98
195.55	1533.07	194.45	1541.75	193.35	1550.52	192.25	1559.39
195.50	1533.47	194.40	1542.14	193.30	1550.92	192.20	1559.79
195.45	1533.86	194.35	1542.54	193.25	1551.32	192.15	1560.20
195.40	1534.25	194.30	1542.94	193.20	1551.72	192.10	1560.61
195.35	1534.64	194.25	1543.33	193.15	1552.12	192.00	1561.42
195.30	1535.04	194.20	1543.73	193.10	1552.52	191.90	1562.23
195.25	1535.43	194.15	1544.13	193.05	1552.93	191.80	1563.05
195.20	1535.82	194.10	1544.53	193.00	1553.33	191.70	1563.86

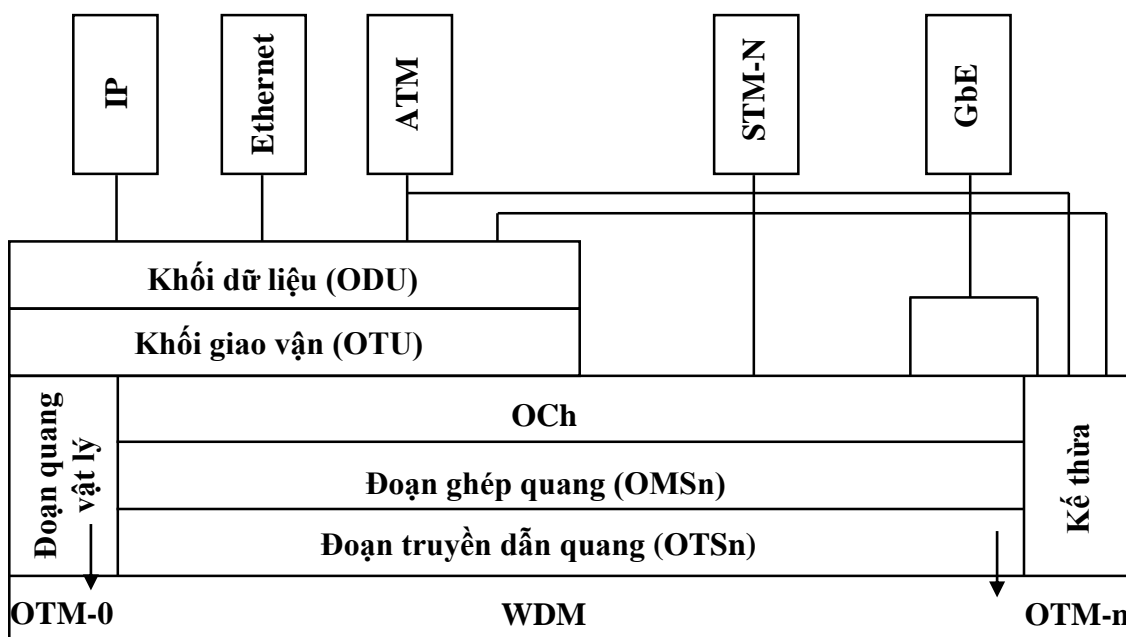
195.15	1536.22	194.05	1544.92	192.95	1553.73	191.60	1564.27
195.10	1536.61	194.00	1545.32	192.90	1554.13	191.50	1564.68
195.05	1537.00	193.95	1545.72	192.85	1554.54	191.40	1565.09

1.4.2 OTN và WDM

Mạng truyền tải quang cho phép truyền tải các tín hiệu khác nhau nhờ công nghệ DWDM. Quá trình sắp xếp, ánh xạ các kiểu tải trọng khác nhau của mạng OTN để truyền trên DWDM thể hiện trên Hình 1.7, 1.8.



Hình 1.7: Sắp xếp các khung GFP vào OPU-k



Hình 1.8: Ảnh xạ các kiểu dữ liệu khác nhau trên OTN vào WDM

Mạng OTN sử dụng công nghệ DWDM như một phương tiện truyền tải, có thể truyền trên các kênh quang nhờ quá trình đóng gói khung vào một khối truyền tải quang. Trong trường hợp này, bộ kết nối chéo quang có thể cho tín hiệu đi qua cho dù nó không cung cấp các chức năng OA&M để liên kết với một OTU của mạng truyền tải quang.

1.5 Một số điểm nổi bật của mạng truyền tải quang

1.5.1 Độ trễ được đảm bảo và rất thấp

Độ trễ mạng là tổng hợp các loại độ trễ xảy ra trong quá trình truyền tín hiệu trên mạng. Độ trễ trong quá trình truyền có nhiều nguồn, bao gồm các yếu tố khác nhau dọc theo một tuyến đường và chính phương tiện truyền dẫn.

Độ trễ trên sợi quang được quyết định bởi tốc độ ánh sáng truyền qua sợi quang đó và khoảng cách mà tín hiệu truyền đi. Các thiết bị quang tử dọc theo tuyến sợi quang - bao gồm bộ khuếch đại sợi quang và bộ chuyển mạch lớp quang tử - mỗi thiết bị đều thêm độ trễ cho quá trình truyền, nhưng nó là tối thiểu, được đo ở 5 ns trên mỗi thiết bị.

Ngoài lớp quang tử, yêu cầu xử lý lớp cao hơn trong truyền dẫn quang cho các chức năng bao gồm OAM, ghép kênh, sửa lỗi và chuyển mạch.

Là một giao thức lớp 1, OTN cần ít mào đầu cũng như độ trễ nhỏ hơn rất nhiều so với các giao thức mạng IP lớp 2 và lớp 3. Chuyển mạch lớp 1 cung cấp độ trễ thấp hơn tới 1.000 lần so với chuyển mạch lớp 2 hoặc bộ định tuyến lớp 3 mà vẫn đảm bảo hiệu suất tốc độ đường truyền đầy đủ.

Ngoài độ trễ thấp, OTN còn cung cấp độ trễ nhất quán cao trên các tốc độ dữ liệu khác nhau, cũng như tính nhất quán cao trên các giao thức khác nhau, chẳng hạn như Gigabit Ethernet hoặc Fibre Channel.

Ngoài độ trễ mạng trong quá trình truyền, sự thay đổi độ trễ là một yếu tố quan trọng khác mà các nhà khai thác phải xem xét khi cung cấp dịch vụ.

Các mạng TDM (bao gồm các mạng Sonet/SDH và OTN) tạo ra độ trễ cố định trong quá trình truyền, điều này cũng được đảm bảo cho các nhà khai thác và khách hàng.

Độ trễ được đảm bảo và có thể dự đoán được rất quan trọng đối với các dịch vụ giá trị cao, chẳng hạn như kênh thuê riêng và đối với một số ứng dụng nhất định, chẳng hạn như video. Ngược lại, mạng gói lớp 2 (Ethernet) và lớp 3 (IP) không chỉ có độ trễ lớn hơn, do xử lý nhiều hơn, mà độ trễ cũng không thể đoán trước được.

Sự thay đổi về độ trễ là một vấn đề trong các mạng chuyển mạch gói, đặc biệt là trong thời gian lưu lượng cao điểm, trong thời gian đó độ trễ có thể tăng lên 10 lần đến 100 lần so với thời gian lưu lượng thấp.

1.5.2 Khả năng mở rộng cao với băng thông đảm bảo

Hai khía cạnh chính khiến OTN có khả năng mở rộng cao khi so sánh với Sonet/SDH. Đầu tiên liên quan đến truyền dữ liệu ở tốc độ 100G. Trong khi cả hai tiêu chuẩn Sonet / SDH và OTN đều tồn tại ở tốc độ dữ liệu 2,5G, 10G và 40G, không có tiêu chuẩn 100 Gbit/s cho Sonet/SDH. Trong hai giao thức, chỉ có OTN đã được chuẩn hóa với tốc độ truyền tải lên đến 100 Gbit/s (ITU-T OTU4).

Thứ hai, tín hiệu OTN chạy trên các bước sóng DWDM, vì vậy OTN có thể mở rộng ở mức DWDM. Điều này làm cho OTN phù hợp với các ứng dụng băng thông cao cũng là các ứng dụng phát triển cao. Đối với các ứng dụng này, khi nhu cầu băng thông tăng lên, các nhà khai thác có thể nhanh chóng nâng cấp dung lượng bằng cách thêm một bước sóng bổ sung dựa trên hệ thống OTN hiện có.

Ngoài khả năng mở rộng, một lợi ích bổ sung của OTN là băng thông được đảm bảo. Là một giao thức định hướng kết nối, OTN cũng cung cấp băng thông đảm bảo cho khách hàng cuối cùng, có nghĩa là khách hàng đặt dịch vụ 10 Gbit/s qua mạng OTN sẽ luôn nhận được tín hiệu 10 Gbit/s.

Điều này có thể đặc biệt quan trọng đối với khách hàng sử dụng đường dây riêng và đối với khách hàng bán buôn đang trả tiền cho một lượng dung lượng đã định và cần được đảm bảo rằng họ sẽ luôn nhận được chính xác những gì họ đang trả.

1.5.3 Tính bảo mật cao

Hai khía cạnh làm cho OTN trở thành một sự phù hợp lý tưởng cho các nhà khai thác yêu cầu bảo mật cao. Đầu tiên, OTN qua DWDM cho phép các nhà khai thác dành toàn bộ kênh/bước sóng cho khách hàng cá nhân. Do đó, một khách hàng

cuối có thể đặt tất cả lưu lượng của họ trên một bước sóng riêng (hoặc nhiều bước sóng riêng) mà không cần chia sẻ dung lượng với những khách hàng khác.

Lợi ích bảo mật thứ hai của OTN là mã hóa lớp 1. Mã hóa lớp 1 bảo mật dữ liệu khi nó di chuyển giữa các vị trí cuối, chẳng hạn như giữa hai trung tâm dữ liệu hoặc giữa trung tâm dữ liệu và vị trí doanh nghiệp.

Điều này là do trọng tải được mã hóa của khung OTN lớp 1 chứa tất cả thông tin về tải trọng và tiêu đề của mọi lớp đang được truyền qua bước sóng đó.

Mã hóa lớp 1 cũng có lợi ích là độ trễ cực thấp so với các kỹ thuật mã hóa lớp cao hơn. Mã hóa IPsec tăng thêm độ trễ thậm chí lớn hơn, được đo bằng ms - độ trễ lớn hơn khoảng 10.000 lần so với mã hóa OTN.

1.5.4 Chuyển đổi mạng linh hoạt

Cuối cùng, chuyển đổi mạng linh hoạt là một trong những yêu cầu quan trọng nhất đối với bất kỳ dự án hiện đại hóa mạng Sonet/SDH nào. Nếu quá trình chuyển đổi không được thực hiện cẩn thận, dịch vụ sẽ bị gián đoạn do không tương thích giữa mạng mới và mạng Sonet/SDH cũ. Ở đây, kết cấu chuyển mạch đa năng MS-OTN cung cấp một lợi thế bằng cách cho phép chuyển đổi từng phần từ Sonet / SDH cũ.

Thiết bị MS-OTN có thể hỗ trợ tất cả các dịch vụ Sonet / SDH và có thể phù hợp với mạng Sonet/SDH cũ mà không yêu cầu thay đổi các phần khác.

Ngược lại, việc chuyển đổi dựa trên IP và các thiết bị gói khác lại phức tạp hơn. Trong những trường hợp này, một mạng gói mới phải được xây dựng trước khi diễn ra quá trình giảm tải Sonet/SDH, yêu cầu thêm số lượng sợi quang và dung lượng cho các phần mới và gây ra rủi ro về gián đoạn và chậm trễ dịch vụ.

Một số nhà cung cấp đề xuất lựa chọn thứ ba - một mạng hỗn hợp bao gồm cả thiết bị SDH và các phần tử OTN được chuyển mạch riêng biệt. Tùy chọn này được đề xuất bởi các nhà cung cấp không có khả năng đa dịch vụ trong hệ thống OTN của họ. Tuy nhiên, kiến trúc này cũng làm nảy sinh các vấn đề tương thích giữa mạng mới và mạng cũ.

Khả năng chuyển đổi mạng linh hoạt của OTN thể hiện từ cái nhìn về bốn nhà khai thác mạng từ các khu vực khác nhau trên thế giới phải đối mặt với nhiều thách

thức khác nhau với mạng SDH cũ của họ và cuối cùng đã chọn OTN để hiện đại hóa SDH của họ. [12]

Bảng 1.2: Một số ví dụ về hiện đại hóa SDH

Nhà mạng	Thách thức và yêu cầu	Lợi ích của OTN
America	Thiết bị SDH từ hơn 10 nhà cung cấp, với một số thiết bị đã hết tuổi thọ. Hệ thống tài nguyên đã hơn 20 năm và không chính xác 30%. Nhà điều hành cũng đã hết không gian CO.	Chuyển sang OTN đa dịch vụ, nhà điều hành có thể giảm opex 20% và giảm không gian CO 40%. Nhà điều hành cũng cải thiện thời gian khôi phục mạng và đơn giản hóa quy hoạch mạng.
India	Số thuê bao 3G ngày càng tăng nhanh, nhưng mạng SDH cũ không thích hợp cho việc di chuyển 3G / LTE. SDH yêu cầu opex cao, số lượng lớn sợi và cung cấp băng thông hạn chế.	Nhà điều hành đã giảm capex xuống 55 phần trăm và mỗi phần đơn lẻ được cấp băng thông độc quyền không ảnh hưởng đến các phần khác.
Europe	Mạng lưới các thiết bị SDH cũ, sắp hết tuổi thọ, thường xuyên bị lỗi, thiếu phụ tùng thay thế và tiêu thụ nhiều điện năng. Mạng SDH cũ cung cấp không đủ băng thông cho các yêu cầu tăng trưởng và quá tốn kém.	OTN đa dịch vụ tiết kiệm 70% không gian sàn CO và giảm 60% điện năng tiêu thụ so với mạng SDH cũ. Ngoài ra, chỉ cần 10% đầu tư mạng SDH ban đầu để cập nhật mạng với OTN đa dịch vụ.
Europe	Hơn 9.000 bộ thiết bị SDH từ nhiều nhà cung cấp và phần lớn trong số đó đã hơn 10 năm tuổi. Nhà điều hành phải đối mặt với	Di chuyển sang OTN đa dịch vụ đã tiết kiệm hơn 35% trên cả capex và opex so với mạng kế thừa. Nhà điều hành cũng tăng

	hoạt động cao, tiền thuê cao, tiêu thụ điện năng cao và hiệu suất OAM thấp.	công suất và khả năng mở rộng, nâng cao tính khả dụng của dịch vụ và cải thiện hiệu quả OAM.
--	---	--

KẾT LUẬN CHƯƠNG

Chương 1 trình bày những nội dung tổng quang nhất về mạng truyền tải quang (OTN). Mạng truyền tải quang được cấu trúc thành các lớp, mỗi lớp có một chức năng cụ thể khác nhau. Việc phân lớp như vậy giúp quá trình triển khai, giám sát, bảo quản bảo dưỡng mạng thực hiện thuận tiện và dễ dàng hơn.

Từ mã FEC được dùng trong OTN cũng là một bước tiến quan trọng so với SDH, FEC là một kỹ thuật không thể thiếu trong các hệ thống thông tin quang tốc độ cao, được áp dụng ở giai đoạn trước khi truyền tín hiệu và sau khi nhận tín hiệu. Phía phát, dữ liệu được chèn thêm một phần thông tin có chứa mã từ mã FEC sau đó được đóng gói và gửi đi; phía thu nhận dữ liệu bao gồm dữ liệu người dùng và từ mã FEC, từ mã FEC được giải mã hóa để thu nhận dữ liệu gốc không có lỗi.

Mỗi luồng dữ liệu đến và đi (SINK và SOURCE) trong mạng đều nhất thiết phải được giám sát. Giám sát kết nối Tandem cho phép nhà cung cấp mạng giám sát các lỗi của chính họ trong từng kết nối trong mạng. Điều này giúp cho việc phân trách nhiệm của các nhà cung cấp mạng được rõ ràng.

Hiện tại, truyền thông băng rộng đang là xu thế phát triển của viễn thông thế giới. Việc tạo ra các đường truyền dữ liệu với tốc độ cao đồng thời tích hợp nhiều loại dữ liệu để truyền tải trên mạng làm cho OTN gắn bó mật thiết với công nghệ WDM. OTN dùng WDM như một phương tiện truyền tải các tín hiệu tốc độ cao do mình tạo ra.

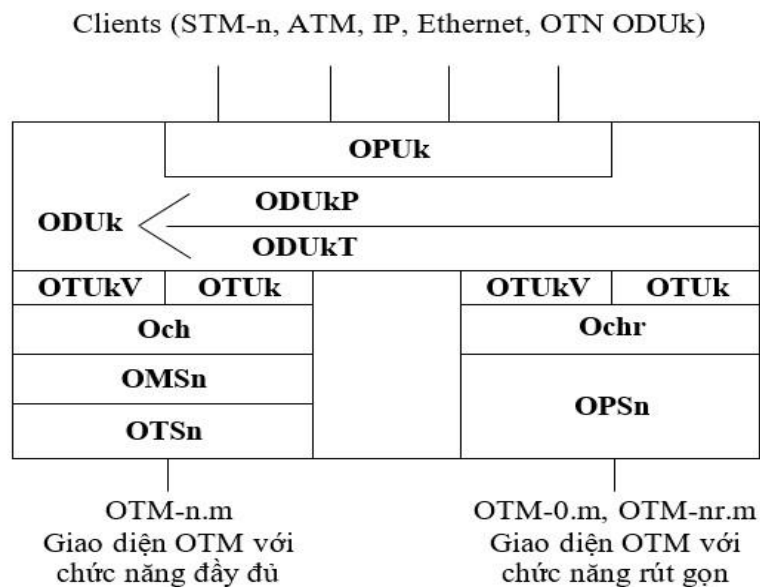
Sự ra đời và phát triển của mạng truyền tải quang đã giải quyết được các vấn đề cả về kinh tế lẫn cơ sở hạ tầng mạng của các nhà cung cấp mạng. Trước sự hạn chế của thể hệ SDH, OTN ra đời giúp cho các nhà mạng không những nâng cao chất lượng dịch vụ, giảm chi phí trong duy trì hoạt động của mạng mà còn cải thiện hiệu quả của công tác bảo quản, bảo dưỡng mạng của mình.

CHƯƠNG 2

CẤU TRÚC KHUNG TÍN HIỆU TRONG OTN

2.1 Cấu trúc tín hiệu cơ bản

Cấu trúc tín hiệu cơ bản được thể hiện như hình 2.1.[9, tr.18]



Hình 2.1: Cấu trúc tín hiệu OTN cơ bản

2.1.1 Cấu trúc Och

Lớp kênh quang xác định trong khuyến nghị G.872 là cấu trúc tiếp theo trong các lớp mạng để hỗ trợ quản lý mạng và các chức năng giám sát định nghĩa trong khuyến nghị G.872:

Kênh quang với chức năng đầy đủ (OCh) hoặc chức năng rút gọn (OChr), được lựa chọn cung cấp thông suốt các kết nối mạng giữa các điểm khôi phục 3R trong OTN.

Khối truyền tải kênh quang chuẩn hóa chức năng hoặc hoàn toàn (OTUk/OTUkV) cung cấp giám sát và trạng thái tín hiệu cho truyền tải giữa các điểm khôi phục 3R trong OTN.

Khối dữ liệu kênh quang (ODUk) cung cấp :

- Giám sát kết nối tandem (ODUkT)
- Giám sát đường lên kết đầu cuối- đầu cuối (ODUkP)
- Đáp ứng các tín hiệu khách hàng qua khối tải tin kênh quang (OPUk).

2.1.2 Cấu trúc chức năng đầy đủ OTM-n.m

OTM-n.m ($n \geq 1$) chứa các lớp sau đây:

- Đoạn truyền dẫn quang (OTS_n).
- Đoạn kênh quang (OMS_n).
- Kênh quang chức năng đầy đủ (OCh).
- Khối truyền tải quang chuẩn hóa chức năng hoặc hoàn toàn (OTUk/OTUkV)
- Khối dữ liệu kênh quang (ODUk).

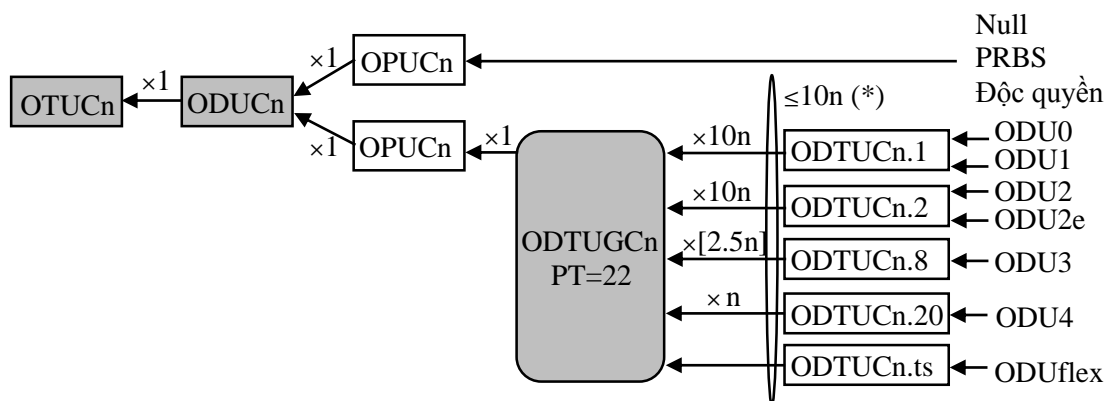
2.1.3 Cấu trúc chức năng rút gọn OTM-nr.m và OTM-0.m

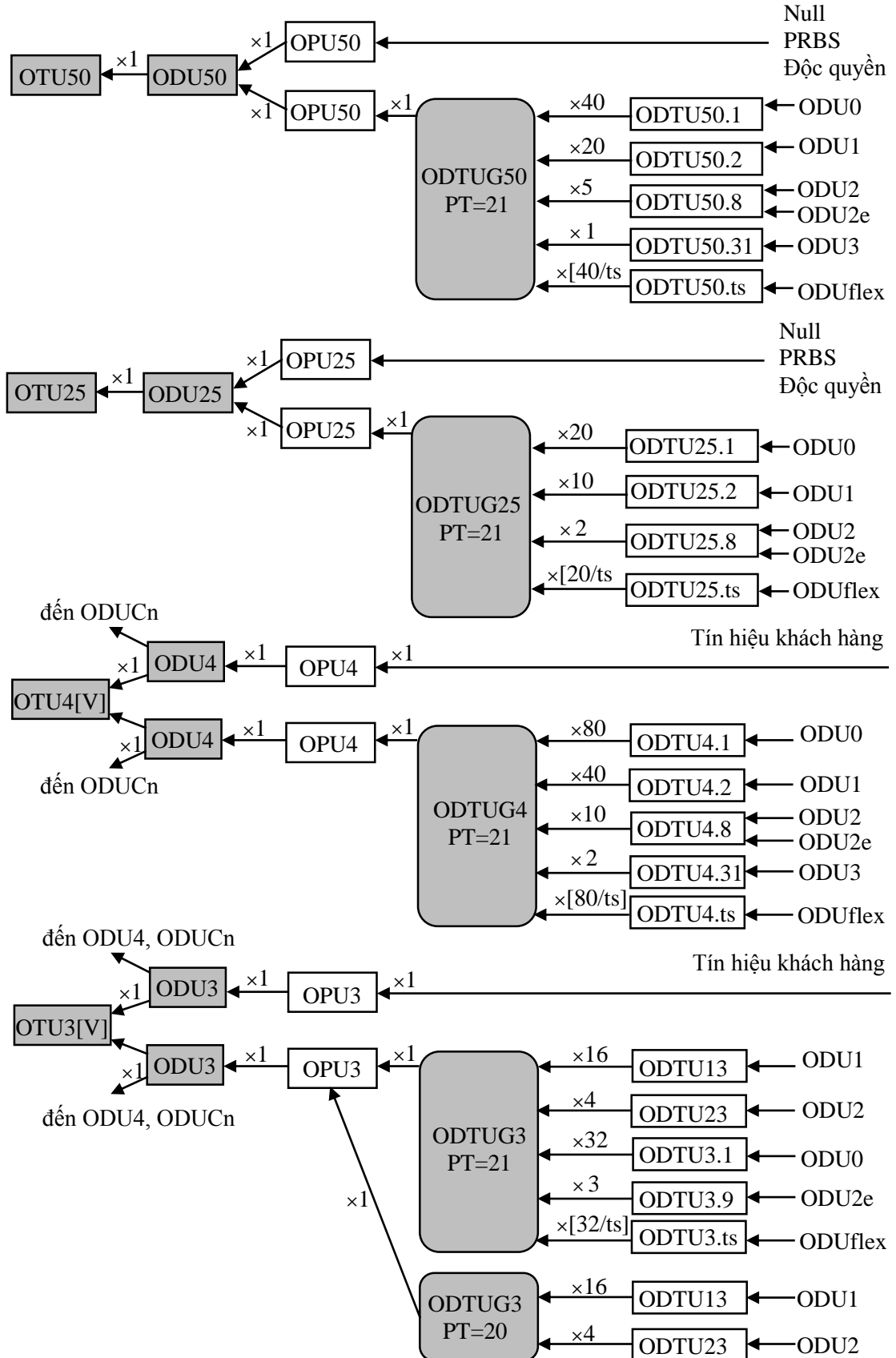
OTM-nr.m và OTM-0.m chứa các lớp sau đây:

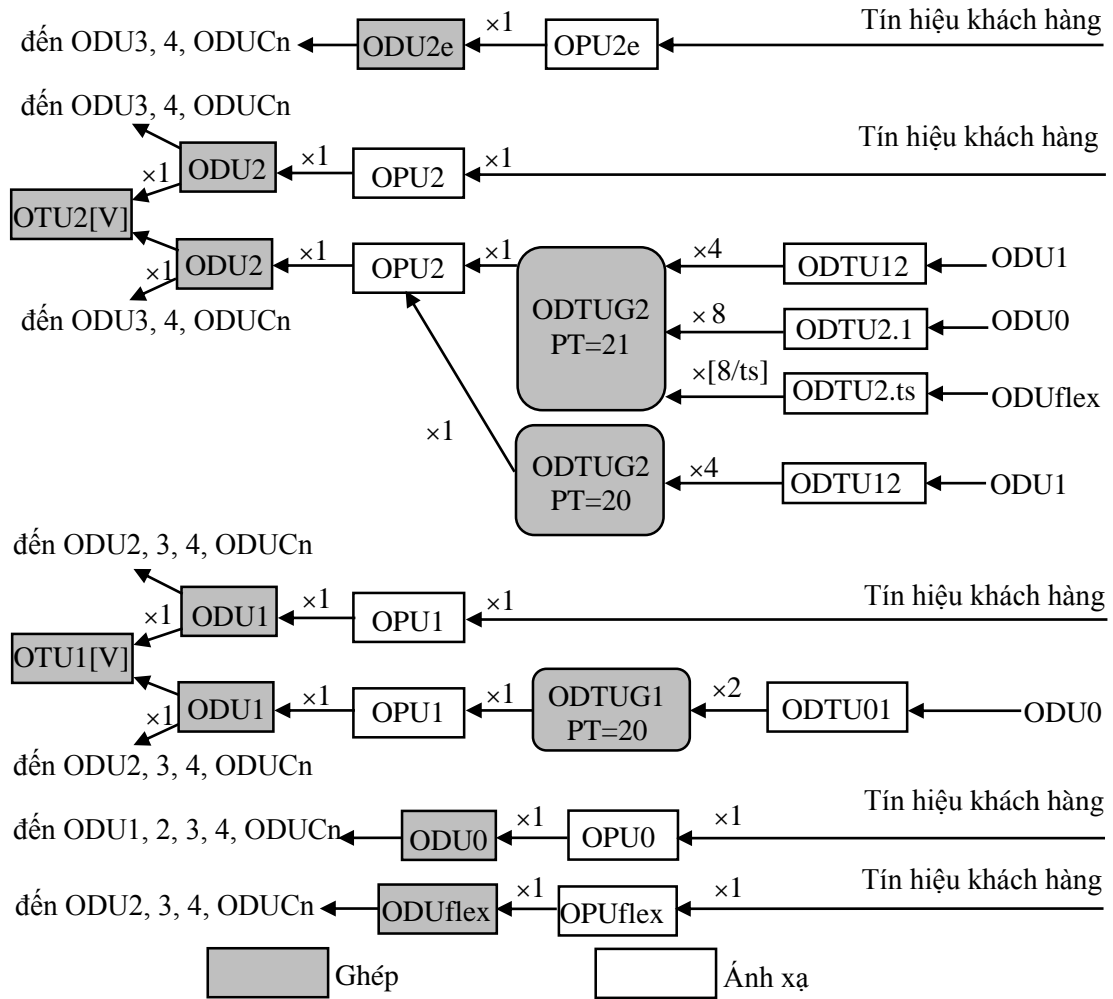
- Đoạn vật lý quang (OPS_n).
- Kênh quang chức năng rút gọn (OChr).
- Khối truyền tải kênh quang chuẩn hóa chức năng hoặc chuẩn hóa hoàn toàn (OTUk/OTUkV).
- Khối dữ liệu kênh quang (ODUk).

2.2 Ghép tín hiệu và ánh xạ trong OTN

Hình 2.2 trình bày tương quan giữa các phần tử cấu trúc thông tin khác nhau và mô tả cấu trúc ghép kênh và ánh xạ cho OTM-n.[7, tr.16-17]







(*) Hỗ trợ ghép lên đến 10n tín hiệu ODU_k (k=0,1,2,2e,3,4,flex thành một OPUC_n)

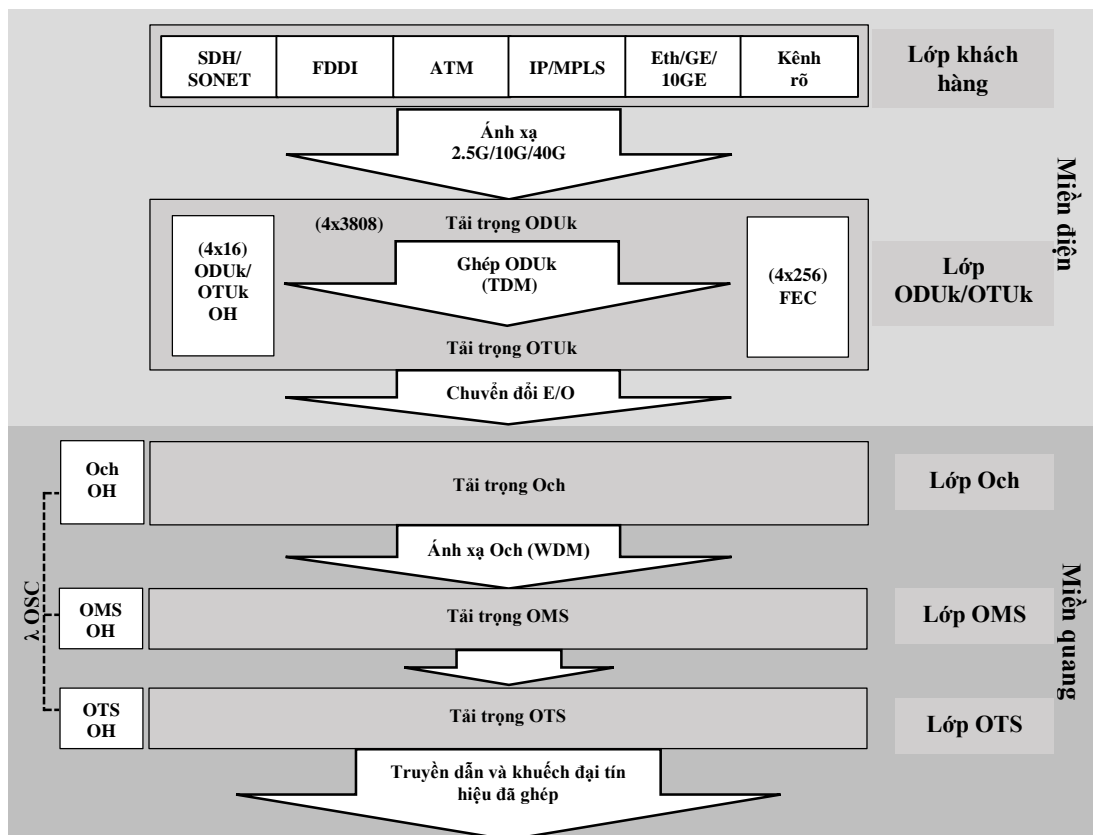
Hình 2.2: Cấu trúc ghép và ánh xạ tín hiệu trong OTN

Từ hình 2.2 thấy rằng một tín hiệu máy khách (không phải OTN) được ánh xạ vào một OPU. Tín hiệu OPU này được ánh xạ vào ODU tương ứng. Tín hiệu ODU này được ánh xạ vào tín hiệu OTU [V] được liên kết hoặc vào ODTU. Tín hiệu ODTU này được ghép thành nhóm ODTU (ODTUG). Tín hiệu ODTUG được ánh xạ thành OPU. Tín hiệu OPU này được ánh xạ vào ODU tương ứng.

OPU_k ($k = 0,1,2,2e, 3,4, \text{flex}, 25,50$) là các cấu trúc thông tin giống nhau, nhưng với các tín hiệu máy khách khác nhau. OPU_{Cn} có cấu trúc thông tin khác với OPU_k; cấu trúc thông tin OPU_{Cn} bao gồm n cấu trúc thông tin của OPU trong khi OPU_k thể hiện duy nhất một cấu trúc thông tin OPU.

Tín hiệu máy khách hoặc nhóm đơn vị nhánh dữ liệu quang (ODTUG) được ánh xạ vào OPU. OPU được ánh xạ thành ODU và ODU được ánh xạ thành OTU. Tốc độ các dạng tín hiệu trong hình 2.2 được khuyến nghị trong G.709/Y.1331 [7, tr.18-20].

Quá trình ghép tín hiệu thực hiện trên 2 miền điện và quang thể hiện qua hình 2.3.

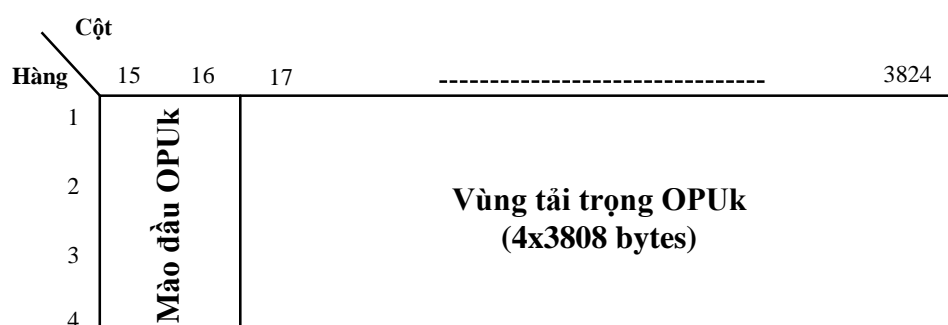


Hình 2.3: Phân lớp ghép tín hiệu trong OTN

2.3 Cấu trúc khung tín hiệu OPU_k

2.3.1 Cấu trúc khung tín hiệu

Cấu trúc khung OPU_k ($k = 0,1,2,2e,3,4,\text{flex},25,50$) được thể hiện trong hình 2.4. [9, tr.21]



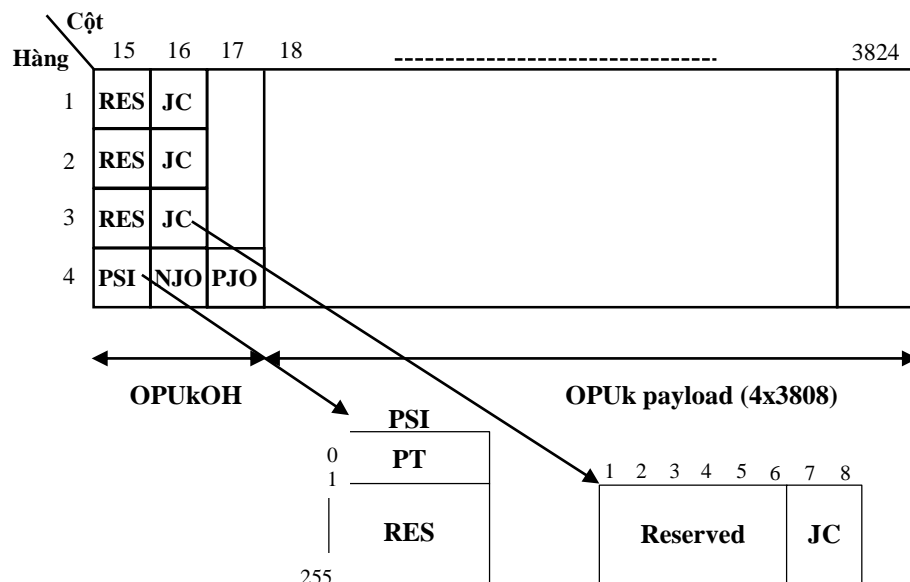
Hình 2.4: Cấu trúc khung tín hiệu OPUk

Khung OPUk được tổ chức gồm 4 hàng và 3810 cột. Gồm 2 phần chính:

- Phần mào đầu OPUk gồm 4 hàng và 2 cột (15,16)
- Phần tải trọng OPUk gồm 4 hàng và 3808 cột (cột 17 đến 3824)

2.3.2 Mào đầu OPUk

Vị trí các byte mào đầu OPUk thể hiện trong hình 2.5.

**Hình 2.5: Vị trí các byte mào đầu OPUk**

2.3.2.1 Định danh cấu trúc tải trọng (PSI)

Tín hiệu PSI gồm 256 byte được căn chỉnh với đa khung ODUk (PSI [0] hiện diện ở vị trí đa khung ODUk 0000 0000, PSI [1] ở vị trí 0000 0001, PSI [2] ở vị trí 0000 0010,...). PSI [0] chứa 1 byte tải trọng. PSI [1] đến PSI [255] xác định loại ánh xạ và loại ghép chuỗi ảo cho tải tin.

2.3.2.2 Loại tải trọng (PT)

Tín hiệu loại tải trọng định nghĩa bởi 1 byte được xác định trong byte PSI [0] của mã định danh cấu trúc trọng tải để chỉ ra các thành phần của tín hiệu OPUk. Các điểm mã được xác định trong bảng 2.1. [7, tr.77-78]

Bảng 2.1: Điểm mã loại tải trọng

MSB 1 2 3 4	LSB 5 6 7 8	Mã Hex (Ghi chú 1)	Giải thích
0000	0001	01	Ánh xạ thử nghiệm (Ghi chú 3)
0000	0010	02	Ánh xạ tín hiệu CBR không đồng bộ.
0000	0011	03	Ánh xạ tín hiệu CBR đồng bộ bit.
0000	0100	04	Không dùng (Ghi chú 2)
0000	0101	05	Ánh xạ GFP
0000	0110	06	Không dùng (Ghi chú 2)
0000	0111	07	Ánh xạ 1000BASE-X vào OPU0 Ánh xạ 40GBASE-R vào OPU3 Ánh xạ 100GBASE-R vào OPU4
0000	1000	08	Ánh xạ FC-1200 vào OPU2e
0000	1001	09	Ánh xạ GFP vào tải trọng OPU2 mở rộng (Ghi chú 5)
0000	1010	0A	Ánh xạ STM-1 vào OPU0
0000	1011	0B	Ánh xạ STM-4 vào OPU0
0000	1100	0C	Ánh xạ FC-100 vào OPU0
0000	1101	0D	Ánh xạ FC-200 vào OPU1
0000	1110	0E	Ánh xạ FC-400 vào OPUflex
0000	1111	0F	Ánh xạ FC-800 vào OPUflex
0001	0000	10	Dòng bit có ánh xạ thời gian (octet)
0001	0001	11	Dòng bit không có ánh xạ thời gian
0001	0010	12	Ánh xạ IB SDR vào OPUflex
0001	0011	13	Ánh xạ IB DDR vào OPUflex
0001	0100	14	Ánh xạ IB QDR vào OPUflex
0001	0101	15	Ánh xạ SDI vào OPU0
0001	0110	16	Ánh xạ (1.485/1.001) Gbit/s SDI vào OPU1
0001	0111	17	Ánh xạ 1.485 Gbit/s SDI vào OPU1
0001	1000	18	Ánh xạ (2.970/1.001) Gbit/s SDI vào OPUflex
0001	1001	19	Ánh xạ 2.970 Gbit/s SDI vào OPUflex
0001	1010	1A	Ánh xạ SBCON/ESCON vào OPU0
0001	1011	1B	Ánh xạ DVB-ASI vào OPU0
0001	1100	1C	Ánh xạ FC-1600 vào OPUflex
0001	1101	1D	Ánh xạ FlexE Client vào OPUflex
0001	1110	1E	Ánh xạ FlexE aware (partial rate) vào OPUflex

MSB 1 2 3 4	LSB 5 6 7 8	Mã Hex (Ghi chú 1)	Giải thích
0 0 0 1	1 1 1 1	1F	Ánh xạ FC-3200 vào OPUflex
0 0 1 0	0 0 0 0	20	Cấu trúc ghép kênh ODU chỉ hỗ trợ ODTUjk (chỉ AMP)
0 0 1 0	0 0 0 1	21	Cấu trúc ghép kênh ODU hỗ trợ ODTUk.ts hoặc ODTUk.ts và ODTUjk (có khả năng GMP) (Ghi chú 6)
0 0 1 0	0 0 1 0	22	Cấu trúc ghép kênh ODU hỗ trợ ODTUCn.ts (có khả năng GMP)
0 0 1 1	0 0 0 0	30	Ánh xạ 25GBASE-R vào OPUflex
0 0 1 1	0 0 0 1	31	Ánh xạ 200GBASE-R vào OPUflex
0 0 1 1	0 0 1 0	32	Ánh xạ 400GBASE-R vào OPUflex
0 0 1 1	0 0 1 1	33	Ánh xạ 50GBASE-R vào OPUflex
0 1 0 1	0 1 0 1	55	Không dùng (Ghi chú 2)
0 1 1 0	0 1 1 0	66	Không dùng (Ghi chú 2)
1 0 0 0	x x x x	80-80F	Mã dành riêng để sử dụng độc quyền (Ghi chú 4)
1 1 1 1	1 1 0 1	FD	Ánh xạ tín hiệu thử nghiệm NULL
1 1 1 1	1 1 1 0	FE	Ánh xạ tín hiệu thử nghiệm PRBS
1 1 1 1	1 1 1 1	FF	Không dùng (Ghi chú 2)

Ghi chú 1 - Còn lại 197 mã dự phòng để tiêu chuẩn hóa quốc tế trong tương lai.

Ghi chú 2: Các giá trị này bị loại trừ khỏi tập hợp các điểm mã có sẵn. Các mẫu bit này hiện diện trong các tín hiệu bảo trì ODUk hoặc được sử dụng để đại diện cho các loại máy khách không còn được hỗ trợ.

Ghi chú 3: Giá trị "01" chỉ được sử dụng cho các hoạt động thử nghiệm trong trường hợp mã ánh xạ không được xác định trong bảng này.

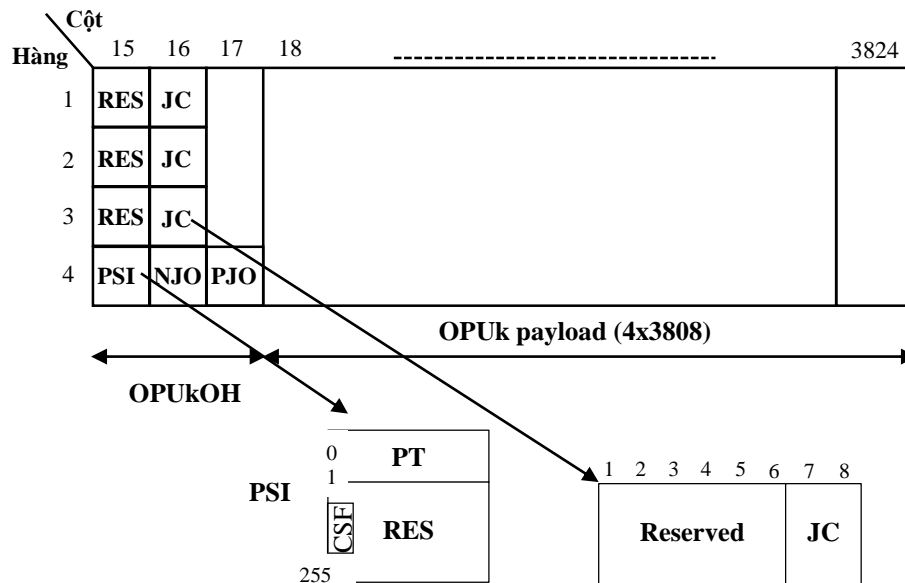
Ghi chú 4: 16 giá trị mã này sẽ không được tiêu chuẩn hóa thêm.

Ghi chú 5 - Bổ sung 43 (2008) cho loạt Khuyến nghị G của ITU-T chỉ ra rằng ánh xạ này được khuyến nghị sử dụng loại tải trọng 87.

Ghi chú 6 - Thiết bị hỗ trợ ODTUk.ts cho OPU2 hoặc OPU3 phải tương thích với thiết bị mà chỉ hỗ trợ ODTUjk. Thiết bị có khả năng ODTUk.ts sẽ phát PT = 21 mà nhận được PT = 20 từ phía đầu xa sẽ đảo sang trở lại PT = 20 và hoạt động chỉ trong chế độ ODTUjk (tham khảo G.798)

2.3.3 Ánh xạ tín hiệu CBR2G5, CBR10G, CBR40G vào OPUk

Ánh xạ không đồng bộ của tín hiệu CBR2G5, CBR10G hoặc CBR40G thành OP Uk ($k = 1,2,3$) có thể được thực hiện (Hình 2.6). Dung sai tốc độ bit tối đa giữa OP Uk và đồng hồ tín hiệu máy khách có thể được đáp ứng bởi sơ đồ ánh xạ này là ± 65 ppm. Với dung sai tốc độ bit là ± 20 ppm cho đồng hồ OP Uk, dung sai tốc độ bit của tín hiệu máy khách có thể là ± 45 ppm. [7, tr.84-87]



Hình 2.6: Ánh xạ tín hiệu CBR2G5, CBR10G hoặc CBR40G vào OP Uk

Mào đầu OP Uk cho các quá trình ánh xạ bao gồm 01 byte PSI, 03 byte RES, 01 byte NJO và 03 byte JC.

Các byte JC bao gồm 2 bit JC và 6 bit RES. Tải trọng OP Uk cho các ánh xạ này bao gồm 4×3808 byte, kể cả một byte PJO.

Quá trình ánh xạ không đồng bộ và đồng bộ bit tạo ra JC, NJO và PJO tương ứng theo Bảng 2.2 và Bảng 2.3. Quá trình giải thích ánh xạ JC, NJO và PJO theo Bảng 2.4.

Bảng 2.2: Tạo JC, NJO và PJO bằng quy trình ánh xạ không đồng bộ

JC	NJO	PJO
00	Byte chèn	Byte dữ liệu
01	Byte dữ liệu	Byte dữ liệu
10	Không tạo lập	
11	Byte chèn	Byte chèn

Bảng 2.3: Tạo JC, NJO và PJO bằng quy trình ánh xạ đồng bộ bit

JC	NJO	PJO
00	Byte chèn	Byte dữ liệu
01	Không tạo lập	
10		
11		

Bảng 2.4: Giải ánh xạ JC, NJO và PJO

JC	NJO	PJO
00	Byte chèn	Byte dữ liệu
01	Byte dữ liệu	Byte dữ liệu
10 (note)	Byte chèn	Byte dữ liệu
11	Byte chèn	Byte chèn

Giá trị chứa trong NJO và PJO khi chúng được sử dụng làm byte chèn là 0. Phía thu được yêu cầu bỏ qua giá trị chứa trong các byte này.

Tín hiệu OP_{Uk} cho ánh xạ không đồng bộ được tạo từ đồng hồ nội, độc lập với tín hiệu máy khách CBR2G5, CBR10G hoặc CBR40G. Tín hiệu CBR2G5, CBR10G, CBR40G được ánh xạ vào OP_{Uk} bằng cách sử dụng một sơ đồ chèn dương/âm/zero (pnz).

Đồng hồ OP_{Uk} cho ánh xạ đồng bộ được lấy từ tín hiệu máy khách CBR2G5, CBR10G hoặc CBR40G. Tín hiệu CBR2G5, CBR10G hoặc CBR40G được ánh xạ vào OP_{Uk} mà không sử dụng khả năng chèn trong khung OP_{Uk}: NJO chứa byte chèn, PJO chứa byte dữ liệu và tín hiệu JC được cố định thành 00.

2.3.3.1 Ánh xạ tín hiệu CBR2G5 vào OP_{U1}

Các nhóm gồm 8 bit kế tiếp (không nhất thiết phải là một byte) của tín hiệu CBR2G5 được ánh xạ thành một byte Dữ liệu (D) của OP_{U1} (Hình 2.7). Mỗi khung OP_{U1} có thể thực hiện chèn âm hoặc chèn dương.

Hình 2.7: Ánh xạ tín hiệu CBR2G5 vào OP_{U1}

2.3.3.2 Ánh xạ tín hiệu CBR10G vào OP_{U2}

	15	16	17	18		3824
1	RES	JC	D	D	3805D	D
2	RES	JC	D	D	3805D	D
3	RES	JC	D	D	3805D	D
4	PSI	NJO	PJO	D	3805D	D

Các nhóm gồm 8 bit kế tiếp (không nhất thiết phải là một byte) của tín hiệu CBR10G được ánh xạ thành một byte Dữ liệu (D) của OPU2 (Hình 2.8). 64 byte chèn cố định (FS) được thêm vào các cột từ 1905 đến 1920. Mỗi khung OPU2, có thể thực hiện chèn dương hoặc chèn âm.

	15	16	17		1904	1905	1920	1921		3824
1	RES	JC		118 x 16D		16FS		119 x 16D		
2	RES	JC		118 x 16D		16FS		119 x 16D		
3	RES	JC		118 x 16D		16FS		119 x 16D		
4	PSI	NJO	PJO	15D + 117 x 16D		16FS		119 x 16D		

Hình 2.8: Ánh xạ tín hiệu CBR10G vào OPU2

2.3.3.3 Ánh xạ tín hiệu CBR40G vào OPU3

Các nhóm gồm 8 bit kế tiếp (không nhất thiết phải là một byte) của tín hiệu CBR40G được ánh xạ thành một byte dữ liệu (D) của OPU3 (Hình 2.9). 128 byte chèn cố định (FS) được thêm vào các cột 1265 đến 1280 và 2545 thành 2560. Mỗi OPU3, có thể thực hiện chèn dương hoặc chèn âm.

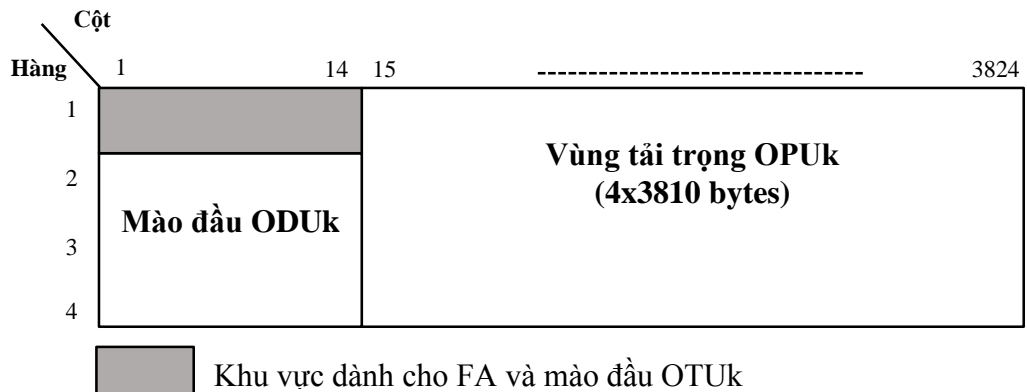
	15	16	17		1264	1265	1280	1281		2544	2545	2560	2561		3824
1	RES	JC		118 x 16D		16FS		79 x 16D		16FS		79 x 16D			
2	RES	JC		118 x 16D		16FS		79 x 16D		16FS		79 x 16D			

3	RES	JC	118 x 16D		16FS	79 x 16D	16FS	79 x 16D
4	PSI	NJO	PJO	15D + 117 x 16D	16FS	79 x 16D	16FS	79 x 16D

Hình 2.9: Ảnh xạ tín hiệu CBR40G vào OPU3

2.4 Cấu trúc khung tín hiệu ODUk

2.4.1 Cấu trúc khung tín hiệu



Hình 2.10: Cấu trúc khung ODUk

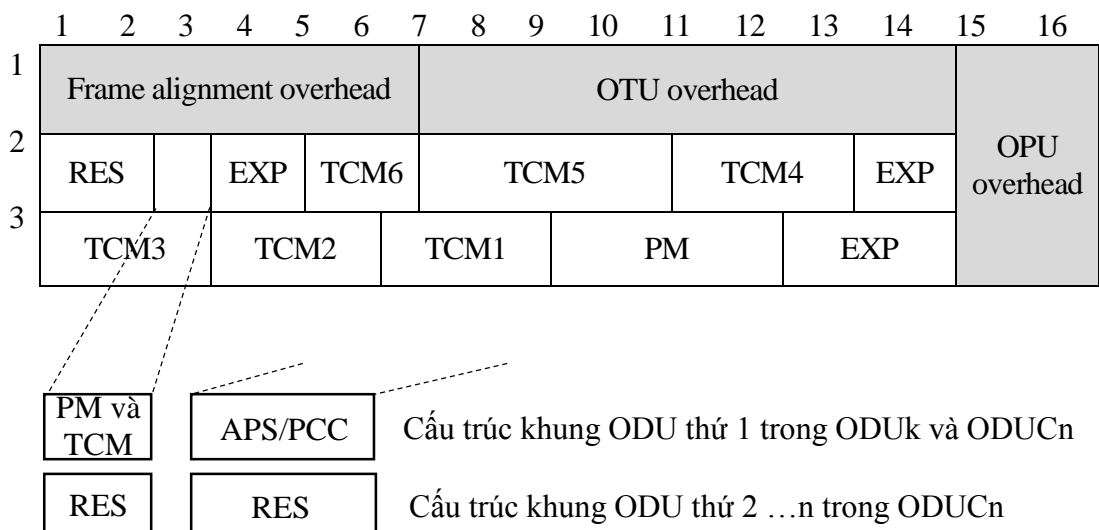
Khung ODUk (k=1, 2, 2e, 3, 4, flex) được tổ chức gồm 4 hàng và 3824 cột gồm:

- Vùng OTUk gồm cột 1 đến 14 của hàng 1 dùng cho đồng chỉnh khung và mào đầu OTUk.
- Vùng mào đầu ODUk gồm cột 1 đến 14 từ hàng 2 đến hàng 4.
- Vùng tải trọng OPUk gồm cột 15 đến 3824 của 4 hàng.

Thông tin ODUk OH được thêm vào trọng tải thông tin ODUk để tạo ODUk. Nó bao gồm thông tin để bảo trì và các chức năng hoạt động để hỗ trợ các kênh quang. ODUk OH bao gồm các phần dành riêng cho quy trình đầu cuối ODUk và sáu cấp độ giám sát kết nối tandem.

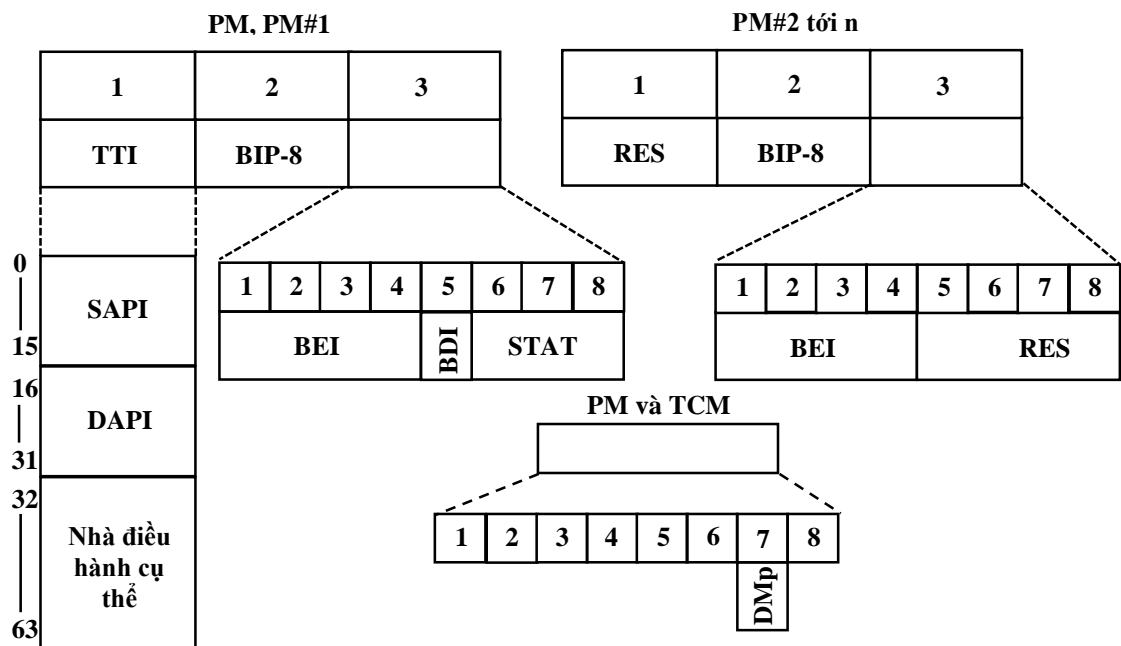
2.4.2 Mào đầu ODUk

Vị trí mào đầu của ODUk [7, tr.63-75] được thể hiện trong hình 2.11, 2.12 và 2.13.

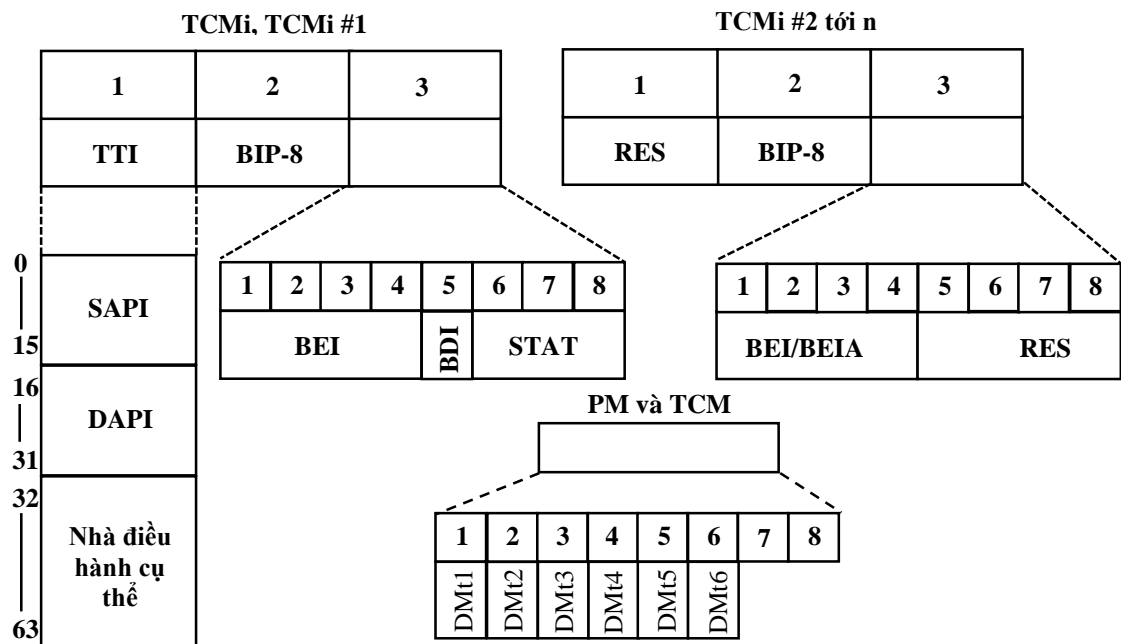


4	GCC1	GCC2		RES	
---	------	------	--	-----	--

Hình 2.11: Mào đầu ODUk



Hình 2.12: Mào đầu giám sát đường dẫn ODU



Hình 2.13: Mào đầu giám sát kết nối tadem ODU**2.4.2.1 Các byte mào đầu giám sát đường dẫn của của ODUk****2.4.2.1.1 Mào đầu nhận dạng dấu vết (TTI)**

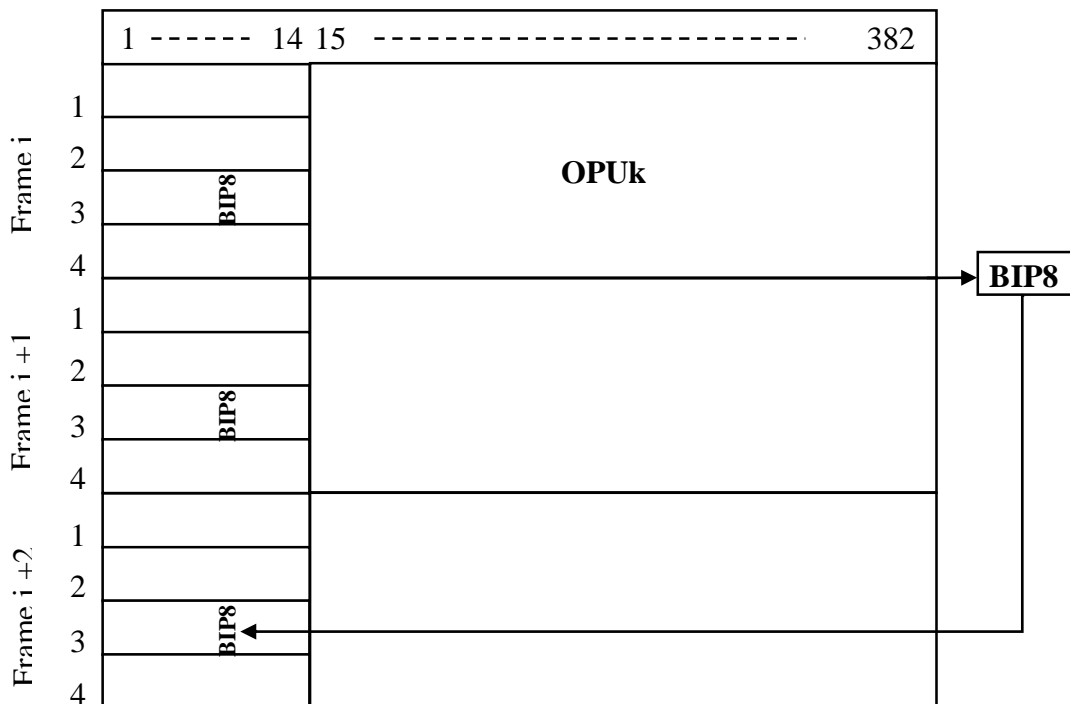
Để giám sát đoạn, mào đầu TTI chỉ có 1 byte được định nghĩa để truyền tải các tín hiệu TTI có 64-byte quy định tại mục 15.2 hoặc ITU-T G.7714.1.

ODUk và ODUCn chỉ chứa một mào đầu ODU TTI.

Tín hiệu TTI 64-byte được đồng bộ với đa khung ODU và truyền 4 lần cho mỗi đa khung. Byte 0 của tín hiệu TTI 64-byte phải có mặt tại các vị trí 0000 0000 (0x00), 0100 0000 (0x40), 1000 0000 (0x80) và 1100 0000 (0xC0) của đa khung ODU.

2.4.2.1.2 Sửa lỗi xen kẽ chẵn lẻ (BIP-8)

Để giám sát đường dẫn, tín hiệu BIP-8 một byte được xác định trong mào đầu ODU PM. Byte này cung cấp mã parity-8 (BIP-8) xen kẽ bit. Mỗi ODU BIP-8 được tính toán trên cơ sở các bit trong khu vực OPU (cột 15 đến 3824) của khung ODU i và được chèn vào vị trí mào đầu ODU PM BIP-8 trong khung ODU i+2 (Hình 2.14).

**Hình 2.14: Tính toán BIP-8 ODUk PM**

ODUk chứa một mào đầu ODU PM BIP-8. ODUCn chứa n mào đầu ODU PM BIP-8, được đánh số từ 1 đến n (BIP-8 # 1 đến BIP-8 # n).

2.4.2.1.3 Chỉ thị phản hồi sự cố (BDI)

Để giám sát đường dẫn, tín hiệu BDI chỉ sử dụng 1 bit. BDI truyền tải trạng thái sự cố của tín hiệu được tách ra trong kết cuối của phần thu, phát đi theo hướng về nguồn phát tín hiệu.

BDI được thiết lập giá trị "1" để chỉ thị phản hồi có sự cố trên ODU_k; ngược lại, nó được thiết lập trị "0". ODU_k và ODU_{Cn} chỉ chứa một ODU PM BDI.

2.4.2.1.4 Chỉ thị phản hồi lỗi (BEI)

Để giám sát đường dẫn, tín hiệu BEI dùng 4 bit truyền về phía phát số lượng khối xen kẽ -bit có lỗi BIP-8. Các lỗi này được phát hiện bởi phần giám sát đường dẫn ODU của phía thu, bằng cách sử dụng mã BIP-8. Số đếm này có 9 giá trị (0 đến 8) lỗi. 7 giá trị còn lại được biểu diễn bởi 4 bit được hiểu là không có lỗi (Bảng 2.5).

ODU_k chứa một mào đầu ODU PM BEI. ODU_{Cn} chứa n mào đầu ODU PM BEI, được đánh số từ 1 đến n (BEI # 1 đến BEI #n).

Bảng 2.5: Định nghĩa BEI ODU PM

ODU_k PM BEI bit 1234	Các lỗi BIP-8
0000	0
0001	1
0010	2
0011	3
0100	4
0101	5
0110	6
0111	7
1000	8
1001 to 1111	0

2.4.2.1.5 Chỉ thị trạng thái giám sát (STAT)

Để giám sát đường dẫn, các bit trạng thái STAT được định nghĩa gồm 3 bit. STAT chỉ thị sự hiện diện của một tín hiệu bảo trì (xem Bảng 2.6).

P-CMEP thiết lập các bit STAT là "001".

ODU_k và ODU_{Cn} chỉ chứa một mào đầu ODU PM STAT.

Bảng 2.6: Định nghĩa trạng thái ODU PM

3 byte PM, bit 678	Status
000	Chuẩn hóa quốc tế trong tương lai

001	Tín hiệu đường dẫn bình thường
010	Chuẩn hóa quốc tế trong tương lai
011	Chuẩn hóa quốc tế trong tương lai
100	Chuẩn hóa quốc tế trong tương lai
101	Tín hiệu bảo trì: ODU-LCK
110	ODUk: Tín hiệu bảo trì ODU-OCI ODUCn: Chuẩn hóa quốc tế trong tương lai
111	Tín hiệu bảo trì: ODU-AIS

2.4.2.1.6 Chỉ thị đo độ trễ (DMp)

Để giám sát đường dẫn ODUk, tín hiệu đo độ trễ DMp chỉ có 1 bit được định nghĩa, để truyền sự bắt đầu của thử nghiệm đo lường độ trễ.

Tín hiệu DMp bao gồm một giá trị không đổi (0 hoặc 1) được đảo ngược lúc bắt đầu một phép đo lường độ trễ theo 2 chiều. Việc chuyển đổi từ 0 -> 1 trong chuỗi ... 0000011111 ..., hoặc chuyển đổi từ 1 -> 0 trong chuỗi ... 1111100000 ... là biểu hiện thời điểm bắt đầu đo độ trễ. Giá trị mới của tín hiệu DMp được duy trì cho đến khi bắt đầu phép đo độ trễ tiếp theo.

Tín hiệu DMp này được chèn vào bởi P-CMEP nguồn phát đi DMp và gửi đến P-CMEP đầu xa. P-CMEP đầu xa sẽ đảo vòng ngược lại tín hiệu DMp về phía P-CMEP nguồn phát. P-CMEP nguồn phát đo số lượng chu kỳ khung giữa thời điểm giá trị tín hiệu DMp được đảo ngược và thời điểm giá trị tín hiệu DMp đảo ngược này nhận được trở lại từ P-CMEP đầu xa.

Thiết bị thu kiểm tra liên tục các tín hiệu DMp nhận được. Các khung bổ sung được sử dụng để kiểm tra liên tục các tín hiệu DMp không được thêm vào số khung tính độ trễ. Vòng lặp P-CMEP lặp lại việc đảo vòng mỗi lần nhận được bit DMp xảy ra trong khoảng thời gian khoảng 100 μ s.

2.4.2.1.7 Mào đầu dự phòng (RES)

Để giám sát đường dẫn của OTUCn, 12 bit trong mào đầu PM trong ODU OH # 2 đến # n được dành cho việc tiêu chuẩn hóa quốc tế trong tương lai. Giá trị của các bit này được đặt thành "0".

ODUk không chứa mào đầu ODU PM RES. ODUCn chứa n-1 mào đầu ODU PM RES.

2.4.2.2 Các byte mào đầu giám sát kết nối Tandem

2.4.2.2.1 Mào đầu nhận dạng dấu vết (TTI)

Để giám sát kết nối Tandem, mào đầu nhận dạng dấu vết TTI chỉ sử dụng 1 byte để truyền tải các tín hiệu TTI có 64-byte quy định tại mục 15.2 hoặc ITU-T G.7714.1 cho TCM6.

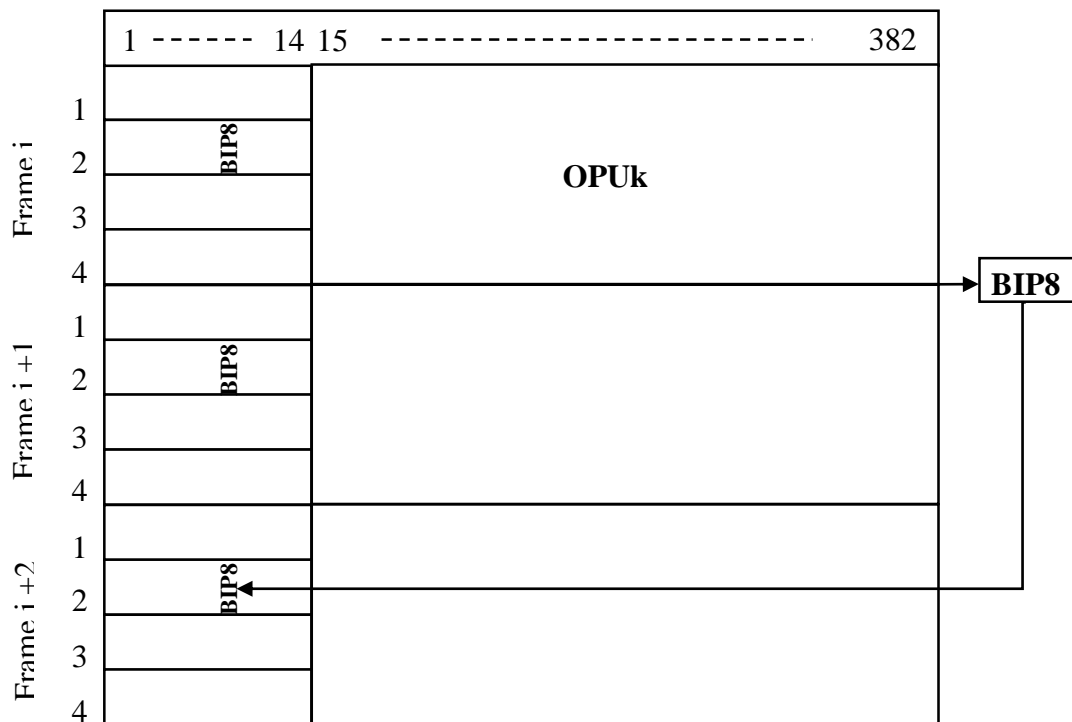
ODU_k và ODU_{Cn} chỉ chứa một mào đầu ODU TTI.

Tín hiệu TTI 64-byte được đồng bộ với đa khung ODU và truyền 4 lần cho mỗi đa khung. Byte 0 của tín hiệu TTI 64-byte phải có mặt tại các vị trí 0000 0000 (0x00), 0100 0000 (0x40), 1000 0000 (0x80) và 1100 0000 (0xC0) của đa khung ODU.

2.4.2.2.2 Sửa lỗi xen kẽ chẵn lẻ (BIP-8)

Với mỗi trường giám sát kết nối Tandem, tín hiệu mã phát hiện lỗi một byte được xác định trong mào đầu ODU TCM_i. Byte này cung cấp mã parity-8 (BIP-8) xen kẽ bit.

Mỗi ODU BIP-8 được tính toán trên cơ sở các bit trong khu vực OPU (cột 15 đến 3824) của khung ODU *i* và được chèn vào vị trí mào đầu ODU TCM BIP-8 trong khung ODU *i* + 2 (Hình 2.15) .



Hình 2.15: Tính toán BIP-8 ODU_k TCM

ODU_k chứa một mào đầu ODU TCM_i BIP-8. ODU_{Cn} chứa *n* mào đầu ODU TCM_i BIP-8, được đánh số từ 1 đến *n* (BIP-8 # 1 đến BIP-8 #*n*).

2.4.2.2.3 Chỉ thị phản hồi sự cố (BDI)

Với mỗi trường giám sát kết nối Tandem, tín hiệu chỉ thị phản hồi sự cố BDI chỉ sử dụng 1 bit. BDI truyền tải trạng thái sự cố của tín hiệu được tách ra trong phần kết cuối kết nối Tandem, phát đi theo hướng về nguồn phát tín hiệu.

BDI được thiết lập giá trị "1" để chỉ thị phản hồi có sự cố trên ODUk; ngược lại, nó được thiết lập giá trị "0".

ODUk và ODU_{Cn} chỉ chứa một ODU PM BDI.

2.4.2.2.4 Chỉ thị phản hồi lỗi /chỉ thị phản hồi lỗi đồng bộ tín hiệu đến (BEI/BEIA)

Đối với mỗi trường giám sát kết nối bộ đôi TCM, tín hiệu chỉ thị phản hồi lỗi BEI gồm 4 bit và tín hiệu chỉ thị lỗi đồng bộ tín hiệu đến BIAE được định nghĩa. Tín hiệu thể hiện số lượng khối xen kẽ - bit bị lỗi được truyền về hướng phát, các lỗi này được xác định bởi bộ phận giám sát kết nối Tandem TCM của phía thu, bằng cách sử dụng mã BIP-8. BIAE cũng được sử dụng để truyền theo hướng về phía phát rằng có một chỉ thị lỗi đồng bộ tín hiệu đến IAE, (đặt trong mào đầu IAE) đã được phát hiện bởi bộ phận giám sát kết nối TCM của phía thu.

Trong điều kiện có chỉ thị lỗi đồng bộ tín hiệu đến IAE, mã "1011" được đưa vào trường BEI/ BIAE và số lượng lỗi tính sẽ được bỏ qua. Nếu không, số lỗi tính (từ 0 đến 8) được đưa vào trường BEI/BIAE. 6 giá trị còn lại biểu diễn bởi 4 bit được hiểu là không có lỗi (bảng 2.7) và BIAE không hoạt động.

Bảng 2.7: Định nghĩa BEI ODUk TCM

ODUk TCM BEI bit 1234	BIAE	Số lỗi BIP-8
0000	false	0
0001	false	1
0010	false	2
0011	false	3
0100	false	4
0101	false	5
0110	false	6
0111	false	7
1000	false	8
1001 , 1010	false	0
1011	true	0

1100 to 1111	false	0
--------------	-------	---

ODU_k chứa một mào đầu ODU TCM BEI / BIAE. ODU_{Cn} chứa n mào đầu ODU TCM_i BEI / BIAE, được đánh số từ 1 đến n (BEI / BIAE # 1 đến BEI / BIAE #n)

2.4.2.2.5 Chỉ thị trạng thái giám sát (STAT)

Đối với môi trường giám sát kết nối Tandem, sử dụng 3 bit để định nghĩa các trạng thái (STAT). Chúng cho biết sự hiện diện của tín hiệu bảo trì, nếu có lỗi cần chỉnh đến ở nguồn TC-CMEP hoặc nếu không có nguồn TC-CMEP đang hoạt động (Bảng 2.8).

Bảng 2.8: Định nghĩa trạng thái ODU_k TCM

TCM byte3, bits 678	Status
000	Không có nguồn TC
001	Đang dùng không có IAE
010	Đang dùng có IAE
011	Dành cho chuẩn hóa quốc tế trong tương lai
100	Dành cho chuẩn hóa quốc tế trong tương lai
101	Tín hiệu bảo trì: ODU-LCK
110	ODU _k : Tín hiệu bảo trì ODU-OCI ODU _{Cn} : Chuẩn hóa quốc tế trong tương lai
111	Tín hiệu bảo trì ODU _k -AIS

ODU_k và ODU_{Cn} chỉ chứa một mào đầu ODU TCM STAT.

Nút mạng P-CMEP thiết lập những bit này là “000”.

Một nút mạng tại ngõ vào mạng (ingress point) là TC-CMEP thiết lập những bit này là:

- Hoặc "001" để chỉ cho nút mạng ngang hàng TC-CMEP tại ngõ ra mạng là không có lỗi đồng bộ trên tín hiệu đến (IAE),
- Hoặc "010" để cho biết rằng có một lỗi đồng bộ trên tín hiệu đến (IAE).

Nút mạng ngang hàng TC-CMEP tại ngõ ra mạng sử dụng thông tin này để ngăn tính lỗi bit do kết quả của sự thay đổi về pha của khung ODU_k tại ngõ vào của kết nối bộ đôi TC.

2.4.2.2.6 Chỉ thị đo độ trễ Dmti (i=1...6)

Để giám sát kết nối bộ đôi TCM của ODU_k, sử dụng 1 bit thực hiện chức năng đo độ trễ DMti của TCM.

Tín hiệu DMti bao gồm một giá trị không đổi (0 hoặc 1) được đảo ngược lúc bắt đầu một phép đo lường độ trễ theo 2 chiều. Việc chuyển đổi từ 0 -> 1 trong chuỗi ... 0000011111 ..., hoặc chuyển đổi từ 1 -> 0 trong chuỗi ... 1111100000 ... là biểu hiện thời điểm bắt đầu đo độ trễ. Giá trị mới của tín hiệu DMti được duy trì cho đến khi bắt đầu phép đo độ trễ tiếp theo.

Tín hiệu DMti này được chèn vào bởi TC-CMEP nguồn phát đi DMti và gửi đến TC-CMEP đầu xa. TC-CMEP đầu xa sẽ đảo ngược lại tín hiệu DMti về phía TC-CMEP nguồn phát. TC-CMEP nguồn phát đo số lượng chu kỳ khung giữa thời điểm giá trị tín hiệu DMti được đảo ngược và thời điểm giá trị tín hiệu DMti đảo ngược này nhận được trở lại từ TC-CMEP đầu xa. Thiết bị thu kiểm tra liên tục các tín hiệu DMti nhận được. Các khung bổ sung được sử dụng để kiểm tra liên tục các tín hiệu DMti không được thêm vào số khung tính độ trễ. Vòng lặp TC-CMEP lặp lại việc đảo ngược mỗi lần nhận được bit DMti xảy ra trong khoảng thời gian khoảng 100 μ s.

2.4.2.2.7 Mào đầu dự phòng (RES)

Để giám sát kết nối Tandem, 12 bit trong mào đầu TCMi trong TCMi OH # 2 đến # n dành cho tiêu chuẩn hóa quốc tế trong tương lai. Giá trị của các bit này được đặt thành "0".

ODUk không chứa mào đầu ODU TCMi RES. ODUCn chứa n-1 mào đầu ODU TCMi RES.

2.4.2.3 Kênh thông tin chung (GCC1, GCC2)

Hai trường 2 byte được đặt trong tiêu đề ODUk để hỗ trợ 2 kênh truyền thông chung GCC1, GCC2 giữa hai phần tử mạng với quyền truy cập vào các cấu trúc khung ODUk (ví dụ, tại các điểm tái sinh 3R). 2 byte dành cho GCC1 nằm trong dòng 4, cột 1 và 2, và 2 byte cho GCC2 nằm trong byte dòng 4, cột 3 và 4 của tiêu đề ODUk.

2.4.2.4 Kênh truyền thông và bảo vệ chuyển mạch tự động (APS/PCC)

Một tín hiệu ODUk-APS/PCC có 4 byte được định nghĩa trong hàng 4, cột 5 đến cột 8 của tiêu đề ODUk. Có đến 8 mức độ lồng nhau của các tín hiệu APS/PCC hiện diện trong trường này (Bảng 2.9).

ODUk và ODUCn chỉ chứa một mào đầu APS/PCC.

Với ODUk các byte APS / PCC trong một khung cho trước được gán một giá trị dành riêng tùy thuộc vào giá trị của MFAS như sau:

Bảng 2.9: Các cấp độ giám sát riêng của APS/PCC cho đa khung

MFAS Bit 678	Kênh APS/PCC áp dụng cho mức giám sát kết nối	Sơ đồ bảo vệ sử dụng kênh APS/PCC (Ghi chú 1)
000	Đường dẫn ODUk	ODUk SNC/N
001	ODUk TCM 1	ODUk SNC/S, ODUk SNC/N
010	ODUk TCM 2	ODUk SNC/S, ODUk SNC/N
011	ODUk TCM 3	ODUk SNC/S, ODUk SNC/N
100	ODUk TCM 4	ODUk SNC/S, ODUk SNC/N
101	ODUk TCM 5	ODUk SNC/S, ODUk SNC/N
110	ODUk TCM 6	ODUk SNC/S, ODUk SNC/N
111	Lớp Server ODUk (Ghi chú 2)	ODUk SNC/I
<p>Ghi chú 1: Một kênh APS có thể được sử dụng bởi nhiều hơn một thủ tục bảo vệ. Trong trường hợp các thủ tục bảo vệ lồng nhau, sự giám sát được thực hiện khi một bảo vệ ODUk được thiết lập để không ảnh hưởng đến việc sử dụng kênh APS của một bảo vệ ODUk trên cùng mức độ giám sát kết nối.</p> <p>Ghi chú 2: Ví dụ về ODUk lớp máy chủ là một OTUk hoặc HO ODUk (ví dụ như một ODU3 vận chuyển một ODU1).</p>		

Đối với ODUCn, tín hiệu APS / PCC được sử dụng để hỗ trợ điều phối các điểm cuối trong các ứng dụng bảo vệ tuyến tính (ODUk CL-SNCG / I) và vòng (ODUk SRP).

Đối với sơ đồ bảo vệ tuyến tính, việc gán bit cho các byte này và giao thức hướng bit được đưa ra trong [ITU-T G.873.1]. Gán bit và giao thức hướng byte cho các sơ đồ bảo vệ vòng được đưa ra trong [ITU-T G.873.2].

2.4.2.5 Tiêu đề thử nghiệm (EXP)

Hai byte được đặt trong tiêu đề ODUk để sử dụng cho mục đích thử nghiệm. Các byte được đặt tại hàng 3, cột 13 và cột 14 của tiêu đề ODUk.

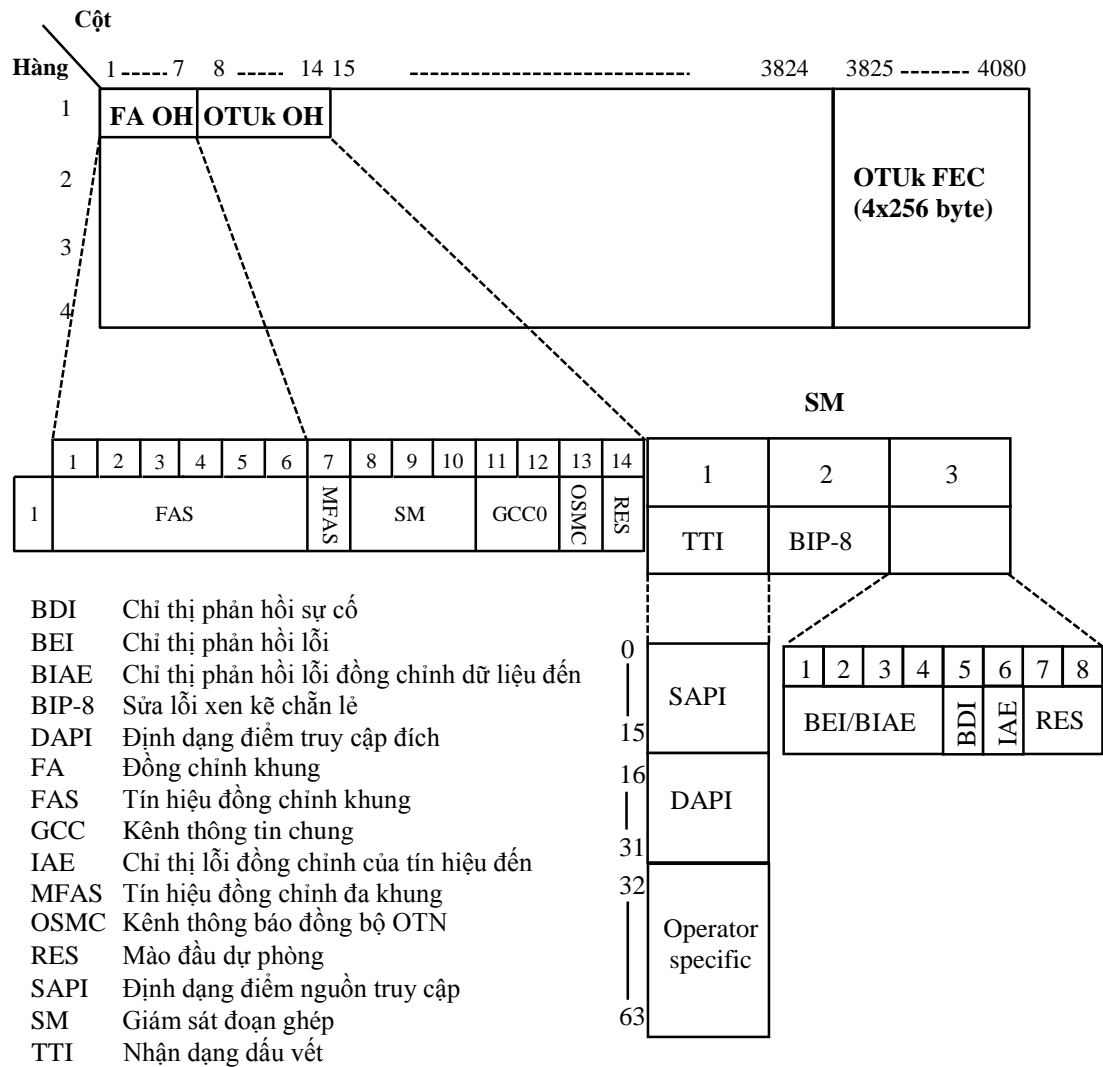
Tiêu đề thử nghiệm được cung cấp trong tiêu đề ODUk OH để cho phép một nhà cung cấp thiết bị và/hoặc nhà khai thác mạng trong mạng (con) của họ để hỗ trợ một ứng dụng, đòi hỏi thêm tiêu đề ODUk.

Không có yêu cầu để chuyển tiếp các tiêu đề EXP ra bên ngoài mạng (con); nghĩa là, chẳng hoạt động của tiêu đề EXP được giới hạn trong mạng (con) với các thiết bị của nhà cung cấp, hoặc mạng của các nhà khai thác.

2.5 Cấu trúc khung tín hiệu OTUk

2.5.1 Cấu trúc khung tín hiệu

Cấu trúc khung tín hiệu OTU thể hiện qua hình 2.16, 2.17, 2.18. [7, tr.46-47]

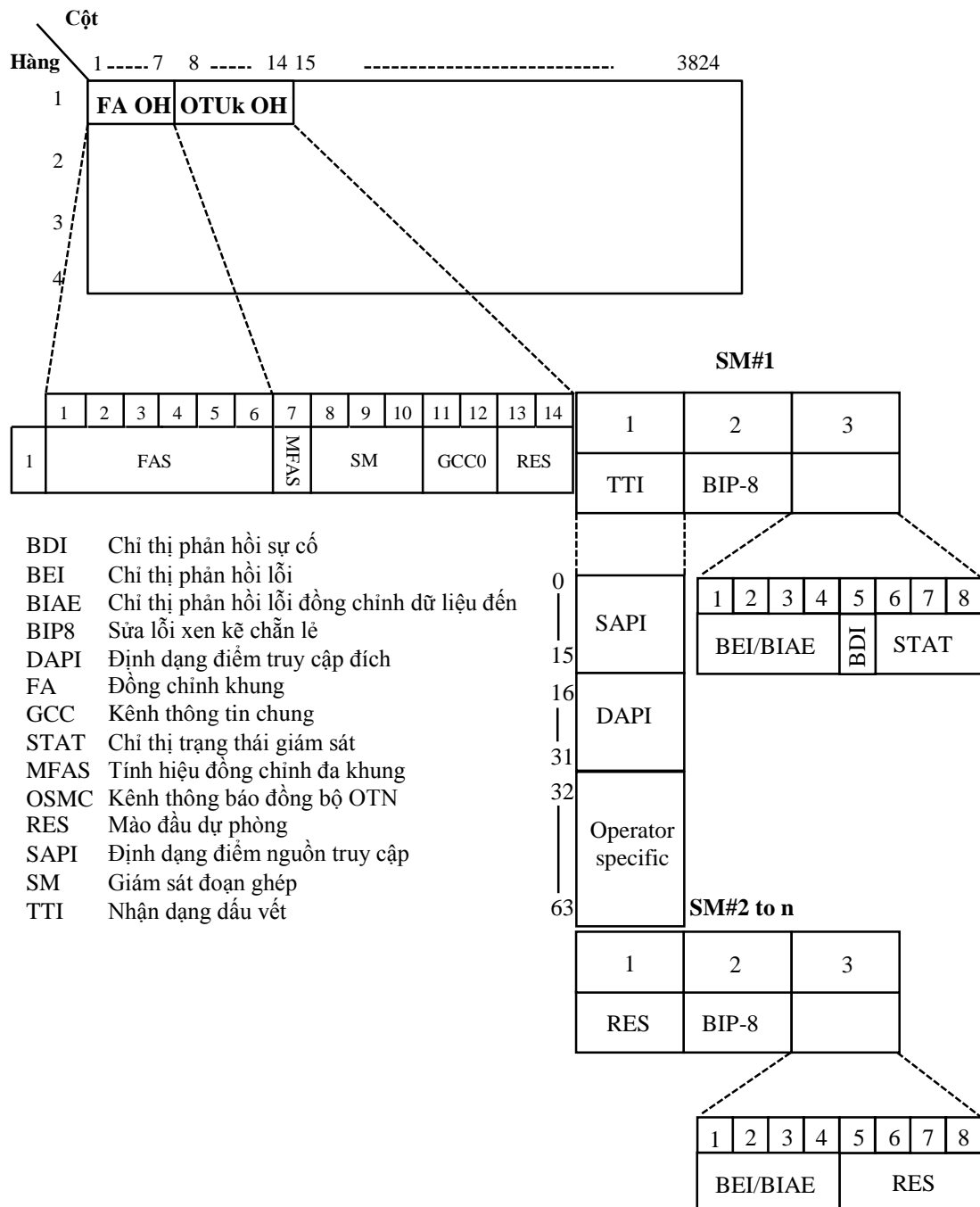


Hình 2.16: Cấu trúc khung OTUk, đồng chỉnh khung và mào đầu OTUk

Cấu trúc khung OTUk ($k = 1,2,3,4,4\text{-SC}$) gồm 4 hàng và 4080 cột. Nó dựa trên cấu trúc khung ODUk và thêm phần mở rộng của nó với chức năng sửa lỗi chuyển tiếp (256 cột được thêm vào khung ODUk dùng cho FEC).

Các byte mào đầu nằm được sắp xếp ở hàng 1 cột 1 đến 14. Cụ thể:

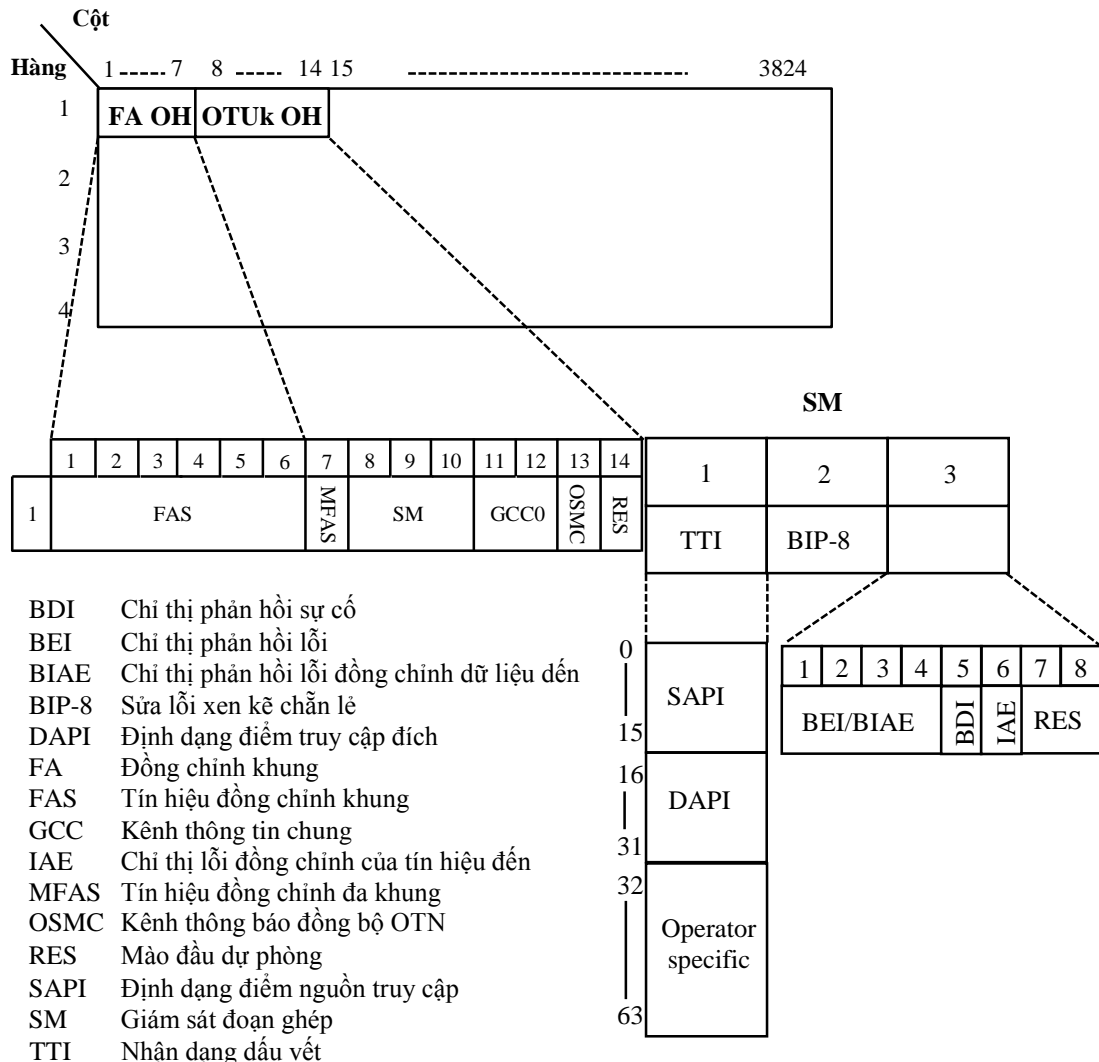
- Cột 1 đến 7 của hàng 1 chứa mào đầu đồng chỉnh khung, đa khung (FA OH).
- Cột 8 đến 14 của hàng 1 chứa mào giám sát đoạn ghép (SM), kênh thông tin chung (GCC), kênh báo hiệu đồng bộ OTN (OSMC) và các mào đầu dự phòng (RES).



Hình 2.17: Cấu trúc khung OTUCn, đồng chỉnh khung và mào đầu OTUCn

Cấu trúc khung OTUCn gồm $n \times 4$ hàng và 3824 cột dựa trên cấu trúc khung ODUcn [7, tr.49]. Các byte mào đầu được sắp xếp tại hàng 1 từ cột 1 đến cột 14. Cụ thể:

- Cột 1 đến 7 của hàng 1 chứa mào đầu đồng chỉnh khung, đa khung (FA OH).
- Cột 8 đến 14 của hàng 1 chứa mào đầu giám sát đoạn ghép (SM), kênh thông tin chung (GCC), và các mào đầu dự phòng (RES).

**Hình 2.18: Cấu trúc khung OTU25 và OTU50, đồng chỉnh khung và mào đầu OTU**

Cấu trúc khung OTU25 và OTU50 gồm 4 hàng và 3824 cột dựa trên cấu trúc khung ODU25 và ODU50. [7, tr.38]

Các byte mào đầu nằm được sắp xếp ở hàng 1 cột 1 đến 14. Cụ thể:

- Cột 1 đến 7 của hàng 1 chứa mào đầu đồng chỉnh khung, đa khung (FA OH).
- Cột 8 đến 14 của hàng 1 chứa mào đầu giám sát đoạn ghép (SM), kênh thông tin chung (GCC), kênh báo hiệu đồng bộ OTN (OSMC) và các mào đầu dự phòng (RES).

Sửa lỗi chuyển tiếp, mã hóa (ví dụ: xáo trộn), giải mã và thứ tự truyền của OTU25 và OTU50 được chỉ định cho các giao diện OTN liên miền với mã ứng dụng trong các Khuyến nghị cụ thể về giao diện (ITU-T G.709.4).

2.5.3 Mào đầu đồng chỉnh khung

2.5.3.1 Tín hiệu đồng chỉnh khung (FAS)

Tín hiệu OTUk-FAS sáu byte (Hình 2.19) được xác định trong hàng 1, cột từ 1 đến 6 của mào đầu OTUk. OA1 là "1111 0110". OA2 là "0010 1000".

FAS OH Byte 1								FAS OH Byte 2								FAS OH Byte 3								FAS OH Byte 4								FAS OH Byte 5								FAS OH Byte 6							
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
OA1								OA1								OA1								OA1								OA1								OA1							

Hình 2.19: Cấu trúc tín hiệu mào đầu đồng chỉnh khung

OTUk, OTU25 và OTU50 chứa một mào đầu đồng chỉnh đa khung OTU. OTUCn chứa n mào đầu đồng chỉnh đa khung OTU, được đánh số từ 1 đến n.

2.5.3.2 Tín hiệu đồng chỉnh đa khung (MFAS)

Một số tín hiệu mào đầu OTUk và ODUk trải dài trên nhiều khung OTUk / ODUk. Một byte tín hiệu căn chỉnh đa khung (MFAS) được xác định trong hàng 1, cột 7 của mào đầu OTUk / ODUk (Hình 2.20). Giá trị của byte MFAS sẽ được tăng lên mỗi khung OTUk / ODUk trong một đa khung gồm 256 khung.

Byte mào đầu MFAS							
1	2	3	4	5	6	7	8

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	1	0

Sắp xếp MFAS

0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1

Hình 2.20: Mào đầu tín hiệu đồng chỉnh đa khung

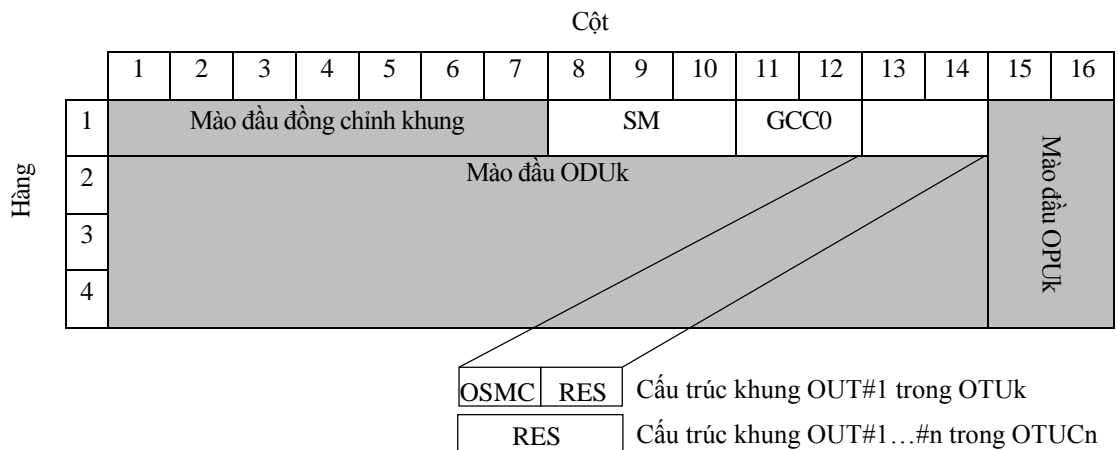
OTU_k, OTU₂₅ và OTU₅₀ chứa một mào đầu căn chỉnh đa khung OTU. OTU_{Cn} chứa n mào đầu căn chỉnh đa khung OTU, được đánh số từ 1 đến n. Tất cả n byte MFAS mang cùng một chuỗi 256 khung và trong mỗi khung, tất cả n byte MFAS đều mang cùng một giá trị.

Các tín hiệu mào đầu OTU / ODU riêng lẻ có thể sử dụng đa khung trung tâm này để khóa đa khung 2 khung, 4 khung, 8 khung, 16 khung, 32 khung, v.v. vào khung chính.

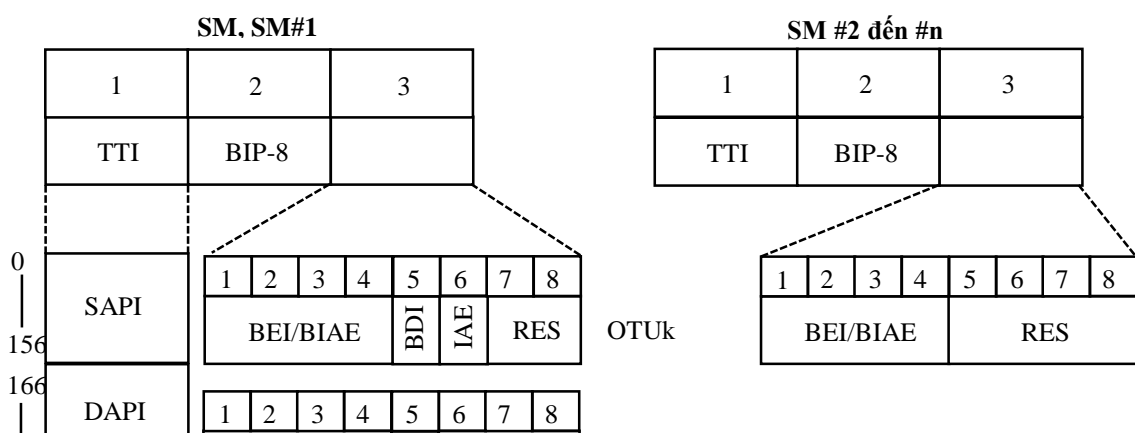
2.5.4 Các byte mào đầu OTU

Vị trí các byte mào đầu OTU thể hiện trong hình 2.21, hình 2.20.[7, tr.56-61]

OTU_k chứa một mào đầu OTU. OTU_{Cn} chứa n mào đầu OTU, được đánh số từ 1 đến n (OTU OH # 1 đến OTU OH #n)



Hình 2.21: Mào đầu OTU



Hình 2.22: Mào đầu giám sát đoạn OTU**2.5.4.1 Mào đầu nhận dạng dấu vết (TTI)**

Để giám sát đoạn , mào đầu nhận dạng dấu vết TTI chỉ có 1 byte được định nghĩa để truyền tải các tín hiệu TTI có 64-byte quy định tại mục 15.2 hoặc ITU-T G.7714.1.

OTUk, OTU25 và OTU50 và OTUCn chỉ chứa một mào đầu OTU TTI.

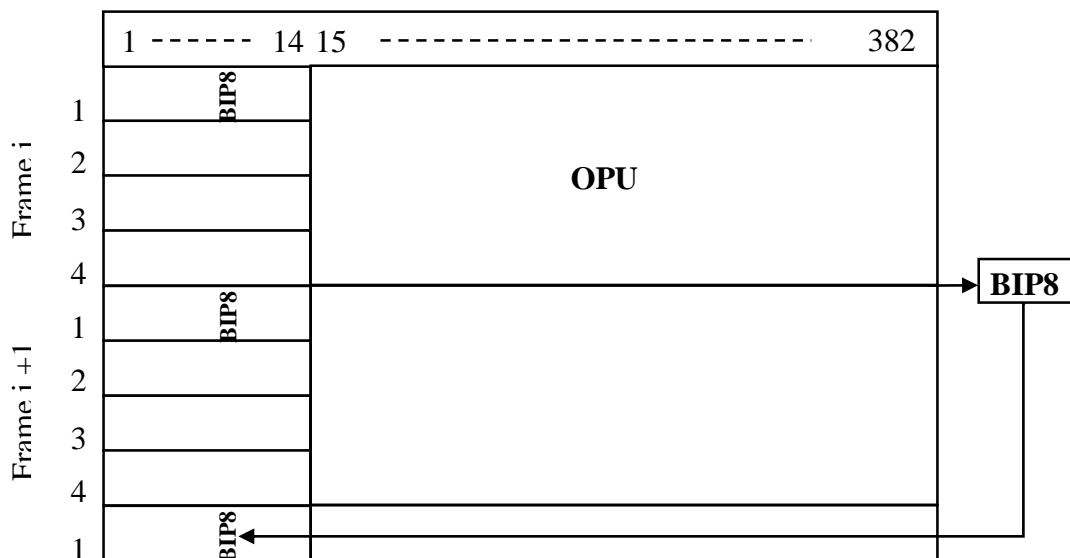
Tín hiệu TTI 64-byte được đồng bộ với đa khung ODU và truyền 4 lần cho mỗi đa khung. Byte 0 của tín hiệu TTI 64-byte phải có mặt tại các vị trí 0000 0000 (0x00), 0100 0000 (0x40), 1000 0000 (0x80) và 1100 0000 (0xC0) của đa khung ODU.

2.5.4.2 Sửa lỗi xen kẽ chẵn lẻ (BIP-8)

Để giám sát đoạn , tín hiệu mã phát hiện lỗi một byte được xác định trong mào đầu OTU SM. Byte này cung cấp mã parity-8 (BIP-8) xen kẽ bit.

Mỗi ODU BIP-8 được tính toán trên cơ sở các bit trong khu vực OPU (cột 15 đến 3824) của khung ODU i và được chèn vào vị trí mào đầu ODU TCM BIP-8 trong khung ODU $i + 2$ (Hình 2.21).

OTUk, OTU25 và OTU50 chứa một mào đầu OTU BIP-8. OTUCn chứa n mào đầu OTU BIP-8, được đánh số từ 1 đến n (BIP-8 # 1 đến BIP-8 # n).



Hình 2.23: Tính toán BIP-8 OTUk SM**2.5.4.3 Mào đầu chỉ thị phản hồi sự cố (BDI)**

Đối với giám sát đoạn, tín hiệu chỉ thị phản hồi sự cố (BDI) chỉ có 01 bit được định nghĩa. BDI truyền tải trạng thái bị sự cố của tín hiệu được tách ra trong khối chức năng kết cuối đoạn phát đi theo hướng ngược dòng về nguồn phát tín hiệu.

BDI được đặt thành "1" để chỉ báo lỗi ngược OTU; nếu không, nó được đặt thành "0".

OTUk, OTU25 và OTU50 và OTUCn chỉ chứa một mào đầu OTU BDI.

2.5.4.4 Chỉ thị phản hồi lỗi/chỉ thị phản hồi lỗi đồng bộ tín hiệu đến (BEI/BEIA)

Để giám sát đoạn, dùng 4 bit để chỉ thị lỗi phản hồi và lỗi đồng bộ tín hiệu. Tín hiệu này được truyền về phía phát thể hiện số lượng khối xen kẽ -bit đã có lỗi, lỗi được phát hiện bởi phần giám sát đoạn OTU của phía thu thông qua kiểm tra BIP-8. Tương tự, BIAE cũng được sử dụng để truyền về phía phát chỉ thị có một lỗi đồng bộ của tín hiệu đến IAE.

Trong điều kiện có xuất hiện chỉ thị lỗi đồng bộ của tín hiệu đến IAE, mã "1011" được đưa vào trường BEI/BIAE và số lượng lỗi tính sẽ được bỏ qua. Nếu không, số lỗi tính (từ 0 đến 8) được đưa vào trường BEI/BIAE. 6 giá trị còn lại biểu diễn bởi 4 bit được hiểu là không có lỗi (Bảng 2.10) và BIAE không hoạt động.

OTUk, OTU25 và OTU50 chứa một mào đầu OTU BEI / BIAE. OTUCn chứa n mào đầu OTU BEI / BIAE, được đánh số từ 1 đến n (BEI / BIAE # 1 đến BEI / BIAE #n)

Bảng 2.10: Định nghĩa BEI/BIAE OTU SM

OTUk SM BEI/BIAE bits	BIAE	Số lỗi BIP-8
-----------------------	------	--------------

1234		
0000	false	0
0001	false	1
0010	false	2
0011	false	3
0100	false	4
0101	false	5
0110	false	6
0111	false	7
1000	false	8
1001 , 1010	false	0
1011	true	0
1100 to 1111	false	0

2.5.4.5 Chỉ thị lỗi đồng chỉnh của tín hiệu đến (IAE)

Tín hiệu IAE chỉ có 1 bit, được xác định để cho phép các nút mạng đến của S-CMEP thông báo cho các nút mạng ra ngang hàng của S-CMEP biết là đã phát hiện được có một lỗi đồng bộ khung đã được phát hiện trên tín hiệu đến nút mạng phía phát.

IAE được thiết lập trị "1" để chỉ ra có một lỗi đồng bộ tín hiệu đến; nếu không có lỗi nó được thiết lập trị "0".

Nút mạng đến của S-CMEP sử dụng thông tin này để ngưng tính bit lỗi do một sự thay đổi pha khung OTUk, OTU25, OTU50 tại nút mạng đến của đoạn.

2.5.4.6 Mào đầu dự phòng (RES)

Đối với giám sát đoạn của OTUk, OTU25 và OTU50, hai bit trong mào đầu SM được dành riêng để tiêu chuẩn hóa quốc tế trong tương lai. Chúng được đặt thành "00".

Đối với giám sát đoạn của OTUCn, 12 bit trong mào đầu SM trong cấu trúc khung OTU từ # 2 đến #n được dành cho việc tiêu chuẩn hóa quốc tế trong tương lai. Giá trị của các bit này được đặt thành "0".

2.5.4.7 Mào đầu chỉ thị trạng thái giám sát OTUCn (STAT)

Đối với giám sát đoạn, ba bit được định nghĩa là các bit trạng thái (STAT). Chúng cho biết sự hiện diện của tín hiệu bảo trì hoặc nếu có lỗi đồng chỉnh đến ở nguồn S-CMEP, (Bảng 2-11)

Bảng 2.11: Giải thích trạng thái OTUCn SM

Byte SM 3 bit	Trạng thái
----------------------	-------------------

0 0 0	Tiêu chuẩn hóa quốc tế trong tương lai
0 0 1	Sử dụng không có IAE
0 1 0	Sử dụng có IAE
0 1 1	Tiêu chuẩn hóa quốc tế trong tương lai
1 0 0	Tiêu chuẩn hóa quốc tế trong tương lai
1 0 1	Tiêu chuẩn hóa quốc tế trong tương lai
1 1 0	Tiêu chuẩn hóa quốc tế trong tương lai
1 1 1	Tín hiệu bảo trì: OTUCn-AIS

Một nút mạng đến đặt các bit này thành “001” để chỉ ra cho nút mạng ra hàng ngang của S-CMEP rằng không có lỗi đồng chỉnh đến (IAE) hoặc thành “010” để chỉ ra có một đồng chỉnh lỗi.

Nút mạng đến của S-CMEP sử dụng thông tin này để ngưng tính bit lỗi do một sự thay đổi pha khung của ODUCn tại nút mạng đến của đoạn.

2.5.5 Kênh thông tin chung (GCC0)

Hai byte trong OTU hỗ trợ kênh thông tin chung hoặc kênh khám phá như được miêu tả trong [ITU-T G.7714.1] giữa các điểm kết thúc OTU.

Các byte này nằm ở hàng 1, cột 11 và 12 của mào đầu OTU.

OTU_k, OTU25 và OTU50 chứa một mào đầu OTU GCC0. OTUCn chứa n mào đầu OTU GCC0, được đánh số từ 1 đến n (GCC0 # 1 đến GCC0 #n).

2.5.6 Mào đầu dự phòng (RES)

Một byte mào đầu OTU trong cấu trúc khung OTU # 1 được dành cho quá trình tiêu chuẩn hóa quốc tế trong tương lai. Byte này nằm ở hàng 1, cột 14 đặt tất cả thành 0.

Hai byte mào đầu OTU trong cấu trúc khung OTU # 2 đến #n được dành cho quá trình tiêu chuẩn hóa quốc tế trong tương lai. Các byte này nằm trong mào đầu OTU ở hàng 1, cột 13 và 14 được đặt tất cả thành 0.

2.5.7 Kênh thông báo đồng bộ OTN (OMSC)

Đối với mục đích đồng bộ hóa, một byte trong mào đầu OTU như một kênh thông báo đồng bộ hóa OTN để vận chuyển các bản tin SSM, eSSM và PTP trong các giao diện SOTU và MOTU. Bảng thông OSMC được liệt kê trong Bảng 2-12.

Bảng 2.12: Bảng thông OSMC

OTU _k	Bảng thông OSMC (kbit/s)
------------------	--------------------------

OTU1	163.361
OTU2	656.203
OTU3	2,635.932
OTU4	6,851.101
OTU25	1,726.576
OTU50	3,453.153

Các bản tin SSM, eSSM và PTP được đóng gói thành các khung GFP-F như được chỉ ra trong [ITU-T G.7041].

Thông báo sự kiện PTP được đánh dấu thời gian và sau khi đóng gói vào các khung GFP-F được chèn vào OSMC như được chỉ định trong điều 15.7.2.4.1.

KẾT LUẬN CHƯƠNG

Chương 2 trình bày những nội dung tổng quan về cấu trúc khung tín hiệu trong OTN.

Lớp kênh quang theo khuyến nghị G.872 giúp nâng cao năng lực quản lý, giám sát trong mạng.

Quá trình tạo ra một tín hiệu OTN được thực hiện thông qua quá trình ghép và ánh xạ các tín hiệu đầu vào. Quá trình ánh xạ và ghép lần lượt là tạo ra các khung OPU, tín hiệu OPU tiếp tục được ánh xạ vào ODU tương ứng. Khung OTU được hình thành bằng cách thêm vào các byte mào đầu đồng chỉnh khung, mào đầu OTU và mã sửa lỗi FEC. Quá trình này được thực hiện trên miền điện bởi phương pháp ghép kênh phân chia theo thời gian. Quá trình ghép tín hiệu vào các bước sóng để truyền tải trên hệ thống WDM được thực hiện trên miền quang bởi phương pháp ghép kênh phân chia theo bước sóng.

Cấu trúc khung tín hiệu OPU được tổ chức gồm 4 hàng và 3810 cột gồm phần mào đầu và phần tải trọng. Phần mào đầu của OPU bao gồm các byte định danh cấu trúc tải trọng (PSI); các byte điều khiển chèn, các byte chèn và các byte dùng trong tương lai.

Cấu trúc khung tín hiệu ODU được tổ chức thành 4 hàng và 3824 cột gồm phần đồng chỉnh khung và mào đầu OTUk, phần mào đầu ODU và phần tải trọng OPU. Quá trình quản lý và giám sát đường dẫn, cũng như kết nối Tandem dựa vào

các byte mào đầu giám sát đường dẫn, các byte mào đầu giám sát kết nối Tandem trong phần mào đầu của ODU.

Cấu trúc khung tín hiệu OTN được tổ chức thành 4 hàng 3824 cột hoặc 4 hàng 4080 cột. Nó dựa trên cấu trúc khung ODU và phân sửa lỗi chuyển tiếp (FEC gồm 256 cột). Các byte mào đầu thực hiện chức năng đồng chỉnh khung, đồng chỉnh đa khung, giám sát đoạn ghép kênh, kênh thông tin chung, kênh báo hiệu đồng bộ OTN và các mào đầu dự phòng.

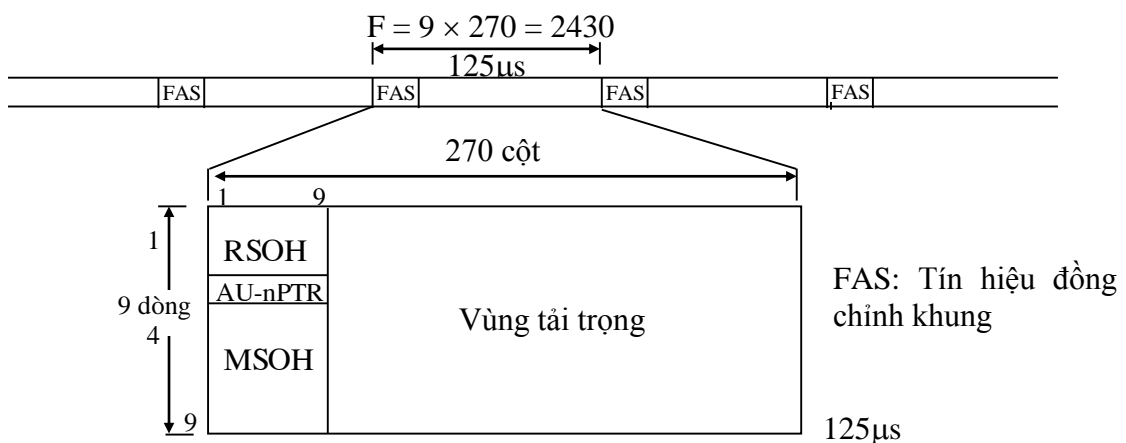
CHƯƠNG 3

KIẾN TRÚC MODULE TẠO KHUNG TÍN HIỆU TRONG OTN

3.1 Cấu trúc một số khung tín hiệu điển hình

3.1.1 Cấu trúc khung STM-1, STM-n trong SDH

Cấu trúc khung STM-1 được mô tả trong hình 3.1. [1]



Hình 3.1: Cấu trúc khung STM-1

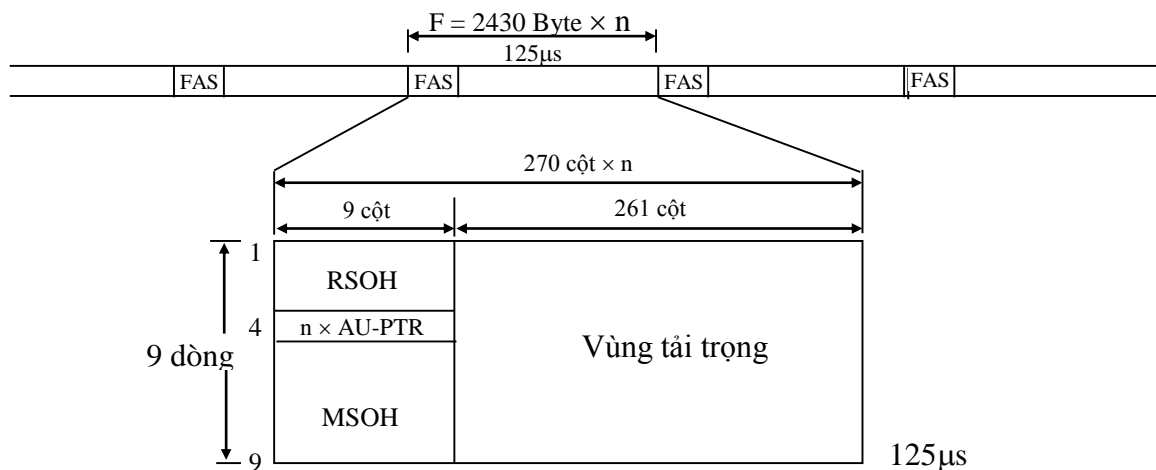
Khung STM-1 có 9 dòng và 270 cột gồm có tải trọng và phần mào đầu. Trong đó từ cột 1 đến cột 9 dùng để ghép các byte mào đầu đoạn (SOH - Section OverHead) và các byte con trỏ, 261 cột còn lại dùng để ghép tải trọng.

Phần tải trọng có thể ghép 1 VC-4 hoặc 3 VC-3 hoặc 63 VC-12... Phần mào đầu đoạn gồm mào đầu đoạn lặp (RSOH) và mào đầu đoạn ghép (MSOH). Các byte RSOH được ghép từ cột 1 đến cột 9 thuộc dòng 1 đến dòng 3 dùng cho quản lý, giám sát các trạm lặp. Các byte MSOH được ghép từ cột 1 đến cột 9 thuộc dòng 5 đến dòng 9 dùng cho quản lý, giám sát các trạm ghép kênh. Con trỏ khối đơn vị quản lý (AU-3 PTR hoặc AU-4 PTR) được ghép từ cột 1 đến cột 9 thuộc dòng 4 và có 9 byte.

Từ khung STM-1 ta có thể tính được tốc độ bit của luồng STM-1:

$$9 \text{ dòng/ khung} \times 270 \text{ byte/ dòng} \times 8 \text{ bit/ byte} \times 8.10^3 \text{ khung/s} = 155,52 \text{ Mbit/s}$$

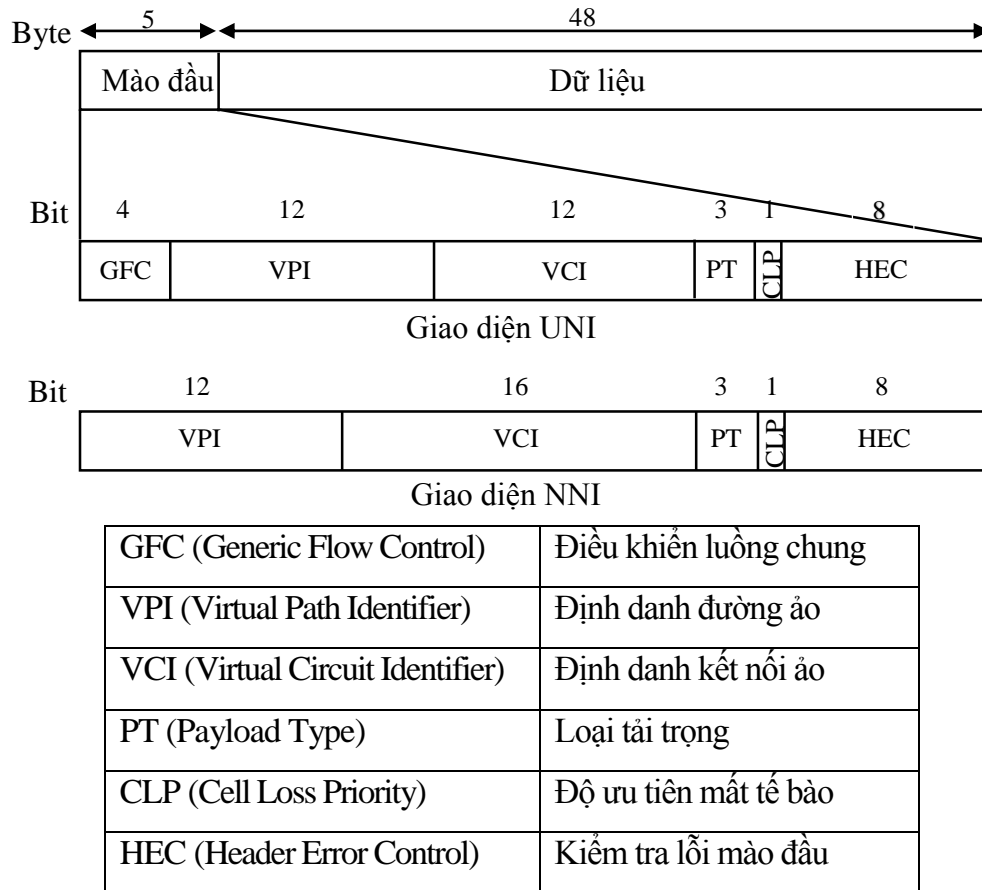
Trong trường hợp ghép N tín hiệu STM-1 để tạo ra tín hiệu STM-n thì cấu trúc khung tín hiệu STM-n như hình 3.2.



Hình 3.2: Cấu trúc khung STM-n

3.1.2 Cấu trúc khung ATM

Khung ATM [5] có độ dài cố định gồm 53 byte trong đó 48 byte dữ liệu và 5 byte mào đầu được thể hiện như hình 3.3.



Hình 3.3: Cấu trúc khung ATM

5 byte mào đầu mang thông tin về mạng và có sự khác nhau giữa giao diện người dùng – mạng (UNI User Network Interface) và giao diện mạng – mạng (NNI Network Network Interface).

48 byte tải trọng mang thông tin của người dùng được truyền tải qua mạng mà không bị xử lý.

- Điều khiển luồng chung (GFC Generic Flow Control) gồm 4 bit, 2 bit dùng để điều khiển, 2 bit dùng cho tham số GFC chỉ áp dụng đối với giao diện UNI được sử dụng cho các kết nối điểm tới điểm và điểm tới nhiều điểm.

- Định danh đường ảo (VPI Virtual Path Identifier) và định danh kết nối ảo (VCI Virtual Circuit Identifier): Đối với giao diện UNI có 24 bit (8 bit VPI và 16 bit VCI), với giao diện NNI có 28 bit (12 bit VPI và 16 bit VCI).

Mỗi giá trị VCI chỉ có ý nghĩa tại từng tuyến từ nút đến nút của mạng, khi sự trao đổi thông tin kết nối kết thúc thì các giá trị VCI được giải phóng để dùng cho các kết nối khác.

VPI được sử dụng giống VCI để thiết lập kết nối VP cho một số kết nối kênh ảo.

Tổ hợp VCI và VPI tạo thành một tổ hợp duy nhất cho mỗi kết nối.

- Loại tải trọng (PT Payload Type) có 3 bit được sử dụng để xác định loại thông tin được vận chuyển vào ô, bao gồm việc quản lý và kiểm soát mạng. Tám tùy chọn cho trường này là:

000: Ô dữ liệu người dùng, không tắc nghẽn; chỉ báo của mạng ATM mức người dùng cho người dùng khác của mạng ATM = 0;

001: Ô dữ liệu người dùng, không tắc nghẽn; chỉ báo của mạng ATM cấp người dùng cho người dùng khác của mạng ATM = 1;

010: Ô dữ liệu người dùng, tắc nghẽn; cho biết mức của mạng ATM của người dùng với người dùng khác của mạng ATM = 0;

011: Ô dữ liệu người dùng, tắc nghẽn; cho biết mức của mạng ATM của người dùng với người dùng khác của mạng ATM = 1;

100: đơn vị quản lý phân khúc OAM F5;

101: đơn vị quản lý OAM F5 điểm tới điểm;

110: ô quản lý tài nguyên;

111: dành cho các chức năng trong tương lai.

Độ ưu tiên mất tế bào (CLP Cell Loss Priority) gồm 1 bit, được sử dụng để loại bỏ tế bào khi mạng đang ở tình trạng tắc nghẽn (CLP=1).

Kiểm tra lỗi mào đầu (HEC Header Error Control) gồm 8 bit để kiểm tra độ chính xác của phần mào đầu. Nó cho phép phát hiện và sửa lỗi trong chế độ tiêu chuẩn. Khi lỗi trong mào đầu được phát hiện và không thể sửa chữa, ô sẽ bị hủy. Phần này chỉ sửa lỗi phần tiêu đề của tế bào chứ không sửa lỗi phần tải trọng.

3.1.3 Cấu trúc khung Ethernet

Cấu trúc một khung Ethernet cơ bản được thể hiện như hình 3.4. [4, tr.25]

64 bit	48 bit	48 bit	16 bit	46 đến 1500 byte	32 bit
--------	--------	--------	--------	------------------	--------

Phần mở đầu	Địa chỉ đích	Địa chỉ nguồn	Loại dữ liệu được sử dụng	Tải trọng	Phát hiện lỗi khung dữ liệu
-------------	--------------	---------------	---------------------------	-----------	-----------------------------

Hình 3.4: Cấu trúc khung Ethernet cơ bản

Cấu trúc một khung Ethernet cơ bản được bắt đầu bằng 64 bit mở đầu. Chức năng của các byte này là để đồng bộ, xác định thời điểm bắt đầu của khung tín hiệu.

Sau phần mở đầu là địa chỉ đích và địa chỉ nguồn. Việc chỉ định địa chỉ được kiểm soát bởi Hiệp hội Tiêu chuẩn IEEE (IEEE-SA), tổ chức quản lý một phần của trường địa chỉ. Khi chỉ định các khối địa chỉ để các nhà cung cấp mạng sử dụng, IEEE-SA cung cấp Mã nhận dạng duy nhất có tổ chức (OUI) 24 bit. * OUI là mã nhận dạng 24 bit duy nhất được cấp cho mỗi tổ chức xây dựng giao diện mạng. Việc cung cấp các địa chỉ duy nhất trong quá trình sản xuất sẽ tránh được vấn đề hai hoặc nhiều giao diện Ethernet trong mạng có cùng địa chỉ. Đồng thời loại bỏ vấn đề quản trị cục bộ và dễ dàng hơn trong việc quản lý các địa chỉ Ethernet.

Nhà cung cấp chỉ định 24 bit tiếp theo, và phải đảm bảo rằng mỗi địa chỉ là duy nhất. Địa chỉ 48 bit thu được thường được gọi là địa chỉ phần cứng, hoặc vật lý của giao diện Ethernet. Nó còn được gọi là địa chỉ “Điều khiển truy cập phương tiện” (MAC), vì hệ thống điều khiển truy cập phương tiện Ethernet bao gồm khung và địa chỉ của nó.

Tiếp theo là 16 bit chỉ thị trường độ dài hoặc kiểu dữ liệu. Thông thường, trường này được sử dụng để xác định loại giao thức mạng nào đang được thực hiện trong trường dữ liệu, ví dụ: TCP/IP. Trường này cũng có thể được sử dụng để mang thông tin về độ dài.

Sau 16 bit chỉ thị trường độ dài hoặc kiểu dữ liệu là trường tải trọng. Trường tải trọng này từ 46 đến 1500 byte. Trường tải trọng phải dài ít nhất 46 byte vì độ dài này đảm bảo rằng các tín hiệu khung tồn tại trên mạng đủ lâu để mọi trạm Ethernet trên hệ thống mạng xác định được trong thời gian xác định. Nếu tải trọng của giao thức được mang trong trường này ngắn hơn 46 byte, thì dữ liệu đệm được sử dụng để điền vào trường tải trọng.

Cuối cùng là 32-bit FCS (Frame Check Sequence) kiểm tra lỗi dư vòng, về cơ bản trạm gửi sẽ ghép thêm một bit thứ tự vào mỗi frame khi truyền đi, được gọi là FCS (Frame Check Sequence), sao cho frame kết quả chia hết cho một số định trước. Trạm nhận sẽ chia frame cho số định trước nếu có số dư thì frame truyền bị lỗi do vậy nó có thể yêu cầu một phiên truyền khác.

Hiện nay có nhiều kiểu Frame Ethernet, nhưng phổ biến nhất là Ethernet II Framing (còn được gọi là DIX Ethernet) hoặc Ethernet Version 2 vì nó được dùng trực tiếp từ Internet Protocol. Định dạng của khung Ethernet được thể hiện như hình 3.5.

56 bit	7 bit	48 bit	48 bit	16 bit	46 đến 1500 byte	32 bit
Phần mở đầu	SFD	Địa chỉ đích	Địa chỉ nguồn	Loại dữ liệu được sử dụng	Tải trọng	Phát hiện lỗi khung dữ liệu

Hình 3.5: Cấu trúc khung Ethernet II

Về cơ bản cấu trúc khung Ethernet V2 tương tự như cấu trúc khung Ethernet nguyên thủy, chỉ khác có thêm 7 bit SFD để đánh dấu kết thúc của phần mở đầu và chỉ ra điểm bắt đầu của một Frame Ethernet. SFD được thiết kế để phá vỡ mẫu bit của phần mở đầu và đánh tín hiệu sự bắt đầu của một Frame thực sự.

3.1.4 Cấu trúc khung IP

Cấu trúc một khung tín hiệu IP được thể hiện như hình 3.6. [6, tr.134]

0		8		16		24	
Version IP 4 bit		Header length		Type of Service 8 bit		Total IP packet length 16 bit	
Identifier of IP packet 16 bit				Flags		Fragment Offset	
Time to live (TTL) 8 bit		Next level protocol 8 bit		IP header checksum 16 bit			
Source IP address 32 bit							
Destination IP address 32 bit							
Options of header							
Data							

Hình 3.6: Cấu trúc khung tín hiệu IP

Cấu trúc khung tín hiệu IP gồm 2 phần: Phần mào đầu và phần dữ liệu. Phần mào đầu chứa thông tin quản lý của gói tin, phần dữ liệu chứa thông tin cần truyền tải được đóng gói trong gói tin IP.

- Version IP (4 bit): Thể hiện phiên bản hiện hành của IP đang được dùng, nếu giá trị này khác với giá trị IP của thiết bị nhận, thiết bị đó sẽ từ chối và loại bỏ gói tin này. Có 2 phiên bản IP hiện đang được sử dụng là Ipv4 và Ipv6.

- Header length (4 bit): Thể hiện chiều dài của mào đầu, chiều dài nhỏ nhất của một mào đầu IP là 20 byte.

- Type of Service (8 bit): Các bit này dùng cho QoS để đặc tả tham số về yêu cầu dịch vụ.

- Total IP packet length (16 bit): Thể hiện toàn bộ độ dài của toàn bộ gói IP tính theo byte. Kích thước nhỏ nhất của phần này là 20 byte và lớn nhất là 65.535 byte.

- Identifier of IP packet (16 bit): Nhận dạng gói IP được đưa vào gói IP bởi hệ điều hành của người gửi.

- Flags (3 bit): Cờ đầu dùng để chỉ thị các đoạn phân mảnh trong gói IP.

- Fragment Offset (13 bit): Chỉ thị vị trí của đoạn phân mảnh trong gói IP.

- Time to live (TTL) (8 bit): Thời gian tồn tại của gói tin để tránh tình trạng bị lặp (loop) trên mạng. TTL thường có giá trị bằng 32 hoặc 64, giá trị này sẽ giảm đi 1 đơn vị khi dữ liệu đi qua mỗi Router.

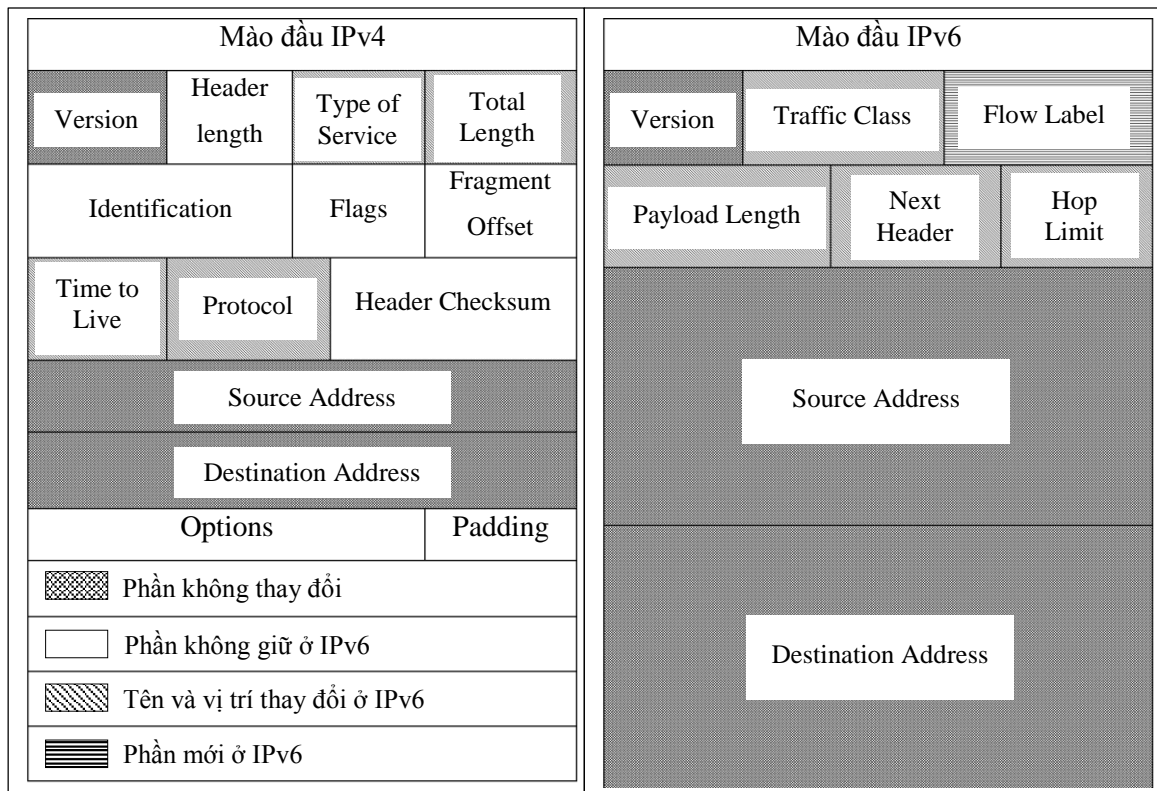
- Next level Protocol (8 bit): Chỉ ra giao thức được sử dụng để truyền dữ liệu ở các tầng trên. Các giao thức có thể là TCP, UDP, v.v...

- IP header checksum (16 bit): Kiểm tra phần mào đầu gói dữ liệu IP.

- Source IP address (32 bit) và Destination IP address (32 bit) chỉ thị địa chỉ nguồn IP và địa chỉ IP đích.

- Option of header: Phần tiêu đề tùy chọn do người gửi yêu cầu, thường thể hiện độ an toàn và bảo mật. Nó có thể thể hiện bằng định tuyến mà gói IP đã đi qua được ghi lại trên đường truyền v.v...

Hai phiên bản hiện hành của gói IP là IPv4 và IPv6. Sự khác biệt lớn nhất của 2 phiên bản này thể hiện qua phần mào đầu của chúng. Phần mào đầu của IPv4 và IPv6 thể hiện trong hình 3.7.

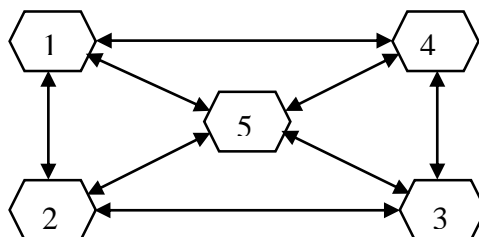


Hình 3.7: So sánh cấu trúc khung tín hiệu IPv4 và IPv6

3.2 Các khối chức năng thiết yếu trong Module tạo khung tín hiệu OTN

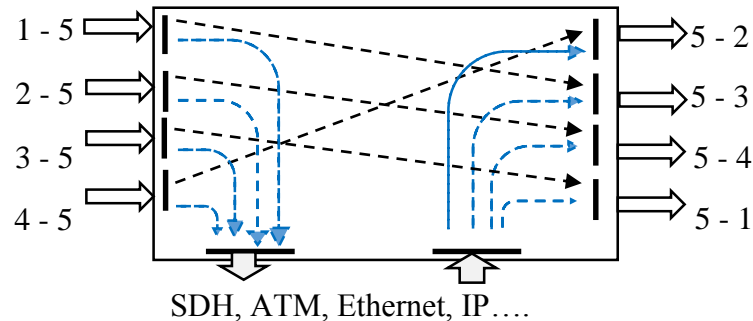
3.2.1 Vị trí, chức năng của Module tạo khung

Xét một mạng truyền dẫn quang có cấu hình hỗn hợp, gồm 5 nút như trên hình 3.8. Giả sử rằng, trên mỗi đoạn truyền dẫn $i-j$ ($i=1, 2, \dots, 5; j=5, 4, \dots, 1$ và $i \neq j$) đều là truyền dẫn 2 hướng và mỗi hướng có m bước sóng truyền tải các khung OTN.



Hình 3.8: Cấu hình mạng truyền dẫn 5 nút

Tại một nút mạng, giả sử nút 5, quá trình truyền tải thể hiện như ở hình 3.9.

**Hình 3.9: Truyền tải tín hiệu tại một nút mạng**

Hình 3.9 cho thấy, tại nút 5 có các bước sóng truyền thẳng (từ nút 1 qua nút 5 đến nút 3; từ nút 2 qua nút 5 đến nút 4, ...) và các bước sóng tách (rẽ), ghép (xen). Từ các bước sóng tách ra, các gói tải SDH, IP, ATM, ... được tách ra từ khung tín hiệu OTN và đưa về các luồng nhánh tương ứng. Tương tự, các gói SDH, IP, Ethernet, ... từ các luồng nhánh được ghép vào các khung OTN và điều biến lên các bước sóng ghép để truyền đến hướng yêu cầu.

Như vậy, Module tạo khung tín hiệu OTN nằm trong các nút mạng, có chức năng tạo các khung tín hiệu OTN từ những gói tải đến từ các luồng nhánh. Hiển nhiên là, tại một nút chỉ các gói tải có đích đến cùng hướng truyền, đến trong cùng khoảng thời gian nhất định mới được đưa vào cùng một khung OTN.

Cùng lúc có nhiều khung OTN được tạo thành (ví dụ, tại nút 5, cùng lúc nhiều nhất có tới 4m khung OTN đang được tạo thành).

3.2.2 Các khối thiết yếu của Module tạo khung tín hiệu OTN

Khung tín hiệu OTN tổng quát có cấu trúc như thể hiện trong hình 3.10.

FA	OTU OH	OPU OH	Tải trọng OPU	FEC
ODU OH				

Hình 3.10: Cấu trúc tổng quát của khung tín hiệu OTN

Ta thấy cấu trúc khung OTN gồm 4 phần chính: Đồng chỉnh khung và đa khung (FA), mào đầu, tải trọng và mã sửa lỗi (FEC).

Kết hợp với vị trí và chức năng của Module tạo khung tín hiệu OTN thì Module cần các khối thực hiện được các chức năng sau:

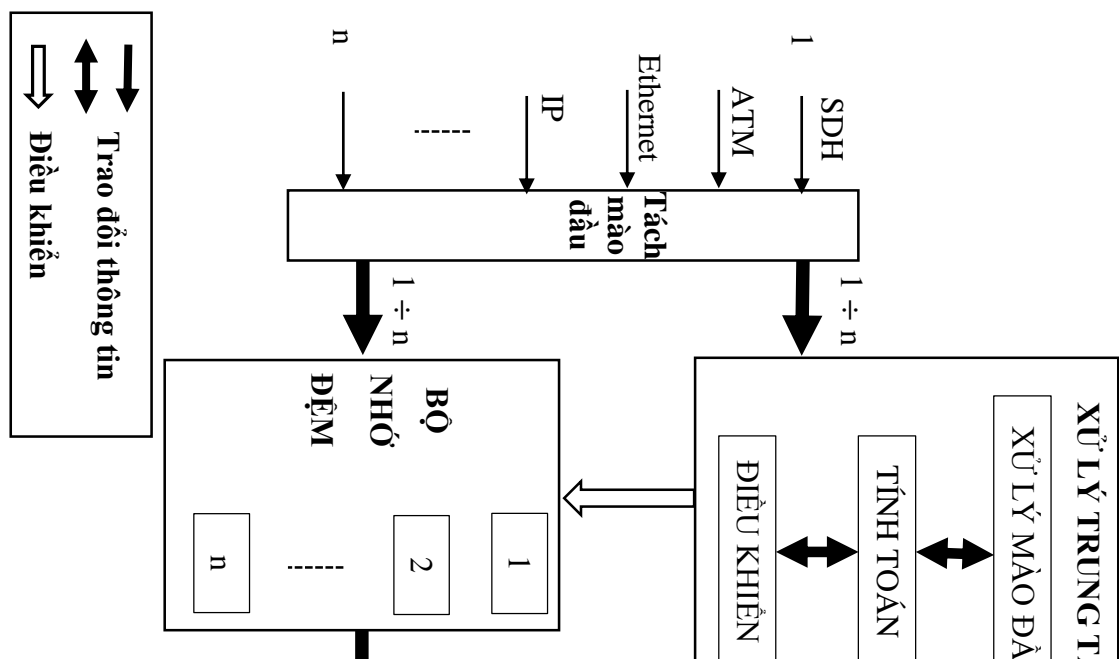
- Xử lý tín hiệu mào đầu để xác định đến của tín hiệu, xác định độ dài khung tín hiệu để sắp xếp chúng vào khung OTN.
- Tạo được tín hiệu đồng chỉnh khung (đa khung), đồng thời tạo ra các mào đầu OTU, ODU, OPU.
- Lưu trữ toàn bộ phần tải trọng của tín hiệu luồng nhánh trước khi sắp xếp vào khung OTN.
- Tạo ra các mã sửa lỗi dựa trên các bit đã được sắp xếp vào khung ở các phần trước trong khung.

Ngoài ra còn một số khối nhằm đảm bảo việc tạo nên một khung OTN hoàn chỉnh (được trình bày ở phần 3.3).

3.3 Đề xuất kiến trúc Module tạo khung tín hiệu OTN

3.3.1 Sơ đồ kiến trúc

Hình 3.11 thể hiện sơ đồ kiến trúc của Module tạo khung tín hiệu OTN tại nút 5 của mạng trên hình 3.8. Để thực hiện tạo khung OTN trước khi đưa vào điều biến với từng bước sóng trên từng hướng truyền dẫn, Module có các khối chính là Xử lý trung tâm, Tạo bit, Tạo FEC, Bộ nhớ đệm, Trường chuyển mạch và các khối Tách mào đầu các luồng nhánh, Lập khung. Khối nguồn dùng chung cho tất cả các thiết bị của nút.



Khối Xử lý trung tâm bao gồm các khối con là Xử lý mào đầu, Tính toán và Điều khiển.

Khối Tạo bit có các khối con là FA, OH và Chèn .

Khối Bộ nhớ đệm có n bộ nhớ dành riêng cho từng luồng nhánh đầu vào riêng rẽ. Tốc độ ghi vào bộ nhớ bằng với tốc độ luồng nhánh, nhưng tốc độ đọc sẽ bằng tốc độ truyền của khung OTN tương ứng.

Trường chuyển mạch không gian với $(3 \times 4m)$ đầu vào và 4m đầu ra được sử dụng. Việc kết nối đầu vào với đầu ra nào, trong khoảng thời gian nào do khối Xử lý trung tâm tính toán và điều khiển.

Tại mỗi hướng truyền, trước mỗi bộ điều biến có một bộ Lập khung, là nơi khung OTN có cấu trúc theo quy định được hình thành.

Khối Tách mào đầu thực chất gồm n khối con đặt tại mỗi luồng nhánh. Tùy thuộc loại tải (SDH, IP, Ethernet, ...) các khối con này có cấu trúc và hoạt động không hoàn toàn giống nhau.

3.3.2 Chức năng các khối trong Module tạo khung tín hiệu OTN

Module tạo khung tín hiệu OTN gồm các khối với chức năng cụ thể như sau:

- Khối tách mào đầu

Khối tách mào đầu nhận các tín hiệu luồng nhánh đầu vào, xử lý tách tín hiệu mào đầu đưa tới khối xử lý trung tâm. Các tín hiệu luồng nhánh đầu vào cũng được đưa vào từng bộ nhớ đệm tương ứng.

- Khối xử lý trung tâm

Khối xử lý trung tâm bao gồm các khối con: Khối xử lý mào đầu, khối tính toán và khối điều khiển với chức năng cụ thể như sau:

Khối xử lý mào đầu thực hiện xử lý mào đầu để xác định đích đến của từng luồng nhánh, đồng thời thông qua tín hiệu mào đầu để xác định độ dài của từng luồng nhánh, từ đó tính toán vị trí sắp xếp các luồng nhánh trong khung OTN.

Khối tính toán thực hiện các thuật toán để xác định tín hiệu đồng chỉnh khung (đa khung)...., từ mã sửa sai (FEC) và tính toán để xác định vị trí các tín hiệu luồng nhánh trong khung OTN.

Khối điều khiển tạo ra tín hiệu điều khiển đóng mở các kết nối của trường chuyển mạch, đồng thời điều khiển quá trình hoạt động của các khối chức năng.

- Bộ nhớ đệm

Bộ nhớ đệm lưu trữ toàn bộ thông tin của luồng nhánh trong quá trình chờ khối xử lý trung tâm tính toán, xử lý việc tạo lập khung OTN.

Sử dụng bộ nhớ độc lập, toàn bộ thông tin của các luồng nhánh đầu vào được lưu trữ vào từng bộ nhớ tương ứng. Thời điểm đọc thông tin ra khỏi ô nhớ thực hiện dưới sự điều khiển của bộ xử lý trung tâm.

- Khối tạo bit gồm khối FA, khối OH, khối chèn với các chức năng:

Khối FA tạo ra tín hiệu đồng chỉnh khung, đa khung.

Khối OH tạo ra mào đầu cho khung OTN

Khối chèn tạo ra các bit chèn khi cần cho khung OTN.

- Khối tạo FEC

Tạo ra các bit sửa lỗi, được đặt tại vị trí cố định ở từng khung (nếu cần thiết). Số lượng các bit (byte) này được xác định thông qua việc tính toán của bộ xử lý trung tâm.

- Trường chuyển mạch

Trường chuyển mạch đóng vai trò là trung tâm trung chuyển của Module tạo khung OTN. Trường chuyển mạch bao gồm (3×4m) đầu vào và 4m đầu ra nhằm đảm bảo đầy đủ kết nối cho các hướng.

Điều khiển kết nối trường chuyển mạch nằm dưới sự điều khiển của bộ xử lý trung tâm. Bộ xử lý trung tâm điều khiển trường chuyển mạch thực hiện chuyển mạch không gian và thời gian.

Thực hiện chuyển mạch không gian của trường chuyển mạch thiết lập kết nối để truyền tín hiệu (các bit) từ một đầu vào đến một đầu ra theo yêu cầu tạo khung.

Thời gian kết nối một đầu vào đến một đầu ra của trường chuyển mạch phụ thuộc số lượng bit thông tin cần truyền qua nó trong quá trình tạo khung tín hiệu OTN.

- Khối lập khung

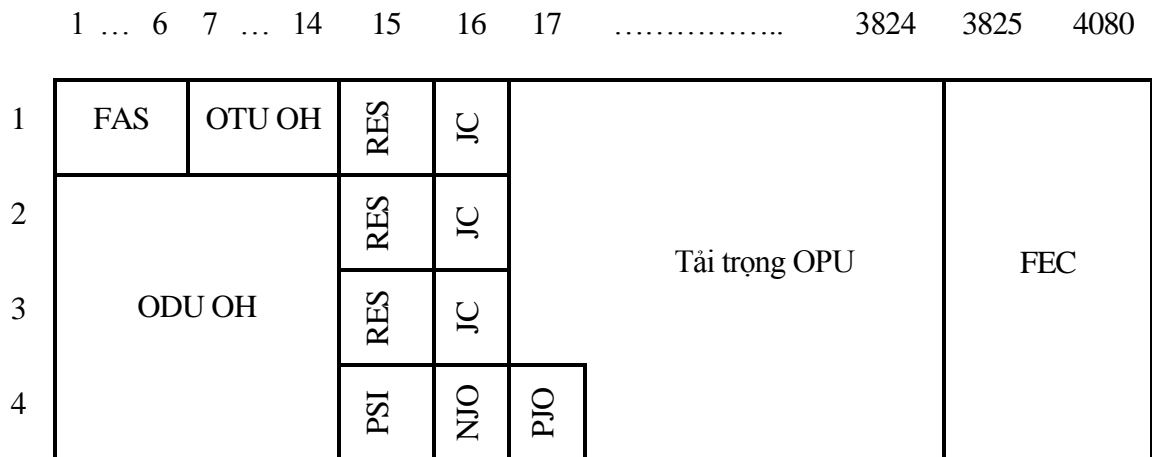
Thực hiện đóng gói, sắp xếp các byte chức năng, vùng tải trọng vào vị trí đã xác định của khung OTN.

- Khối nguồn

Khối nguồn cung cấp nguồn điện một chiều theo yêu cầu cho các khối trong Module tạo khung hoạt động.

3.3.3 Nguyên lý hoạt động của Module tạo khung tín hiệu OTN

Theo cấu hình mạng truyền dẫn 5 nút (Hình 3.8). Giả sử có một luồng STM-16 không truyền thẳng theo hướng 5 -2 mà thực hiện rẽ (tách) để truyền theo hướng 5 -1. Module phải thực hiện xử lý, sắp xếp luồng STM-16 vào một khung OTN và truyền dẫn trên bước sóng thứ 1 trên tuyến 5-1. Tín hiệu STM-16 được sắp xếp trong cấu trúc của khung OTN-1 (Hình 3.12).



Hình 3.12. Cấu trúc khung tín hiệu OTN 1

Độ dài khung tín hiệu OTN1 là 48.971 μ s. Như vậy, để truyền 1 byte tín hiệu mất $48.971/(4080 \times 4) \approx 0.003 \mu$ s.

Quá trình sắp xếp tạo khung OTN thực hiện theo nguyên tắc từ trái qua phải, từ trên xuống dưới theo thứ tự các hàng.

- Quá trình hình thành cấu trúc khung OTN ở hàng thứ 1 như sau:

Khối xử lý trung tâm điều khiển trường chuyển mạch kết nối khối tạo bit với khối tạo lập khung OTN cho bước sóng λ_1 trên hướng 5-1, đồng thời điều khiển để khối tạo bit phát tín hiệu FAS (gồm 6 byte, phát trong 0,018 μ s). Tiếp theo, khối xử lý trung tâm điều khiển khối tạo bit phát tín hiệu OTU OH (gồm 8 byte, phát trong 0,024 μ s), phát Byte RES (gồm 1 byte, phát trong 0.003 μ s), phát Byte JC (gồm 1 byte, phát trong 0.003 μ s).

Tiếp theo, khối xử lý trung tâm điều khiển trường chuyển mạch kết nối bộ nhớ có gói tín hiệu cần chuyển đi với khối lập khung OTN cho bước sóng λ_1 trên hướng 5-1, đồng thời điều khiển để đọc 3808 Byte trong bộ nhớ chuyển đến khối lập khung trong khoảng thời gian 11,424 μ s.

FEC được khối xử lý trung tâm tính toán, điều khiển khối FEC tạo thành mã sửa lỗi cho khung tín hiệu OTN. Sau khi ghép hết hàng đầu vùng tải trọng, khối xử lý trung tâm điều khiển trường chuyển mạch kết nối khối FEC với khối lập khung OTN cho bước sóng λ_1 trên hướng 5-1 và điều khiển để FEC phát 256 Byte trong phần đầu mã sửa lỗi đến khối lập khung trong khoảng thời gian 0,768 μ s.

- Sau khi sắp xếp hết toàn bộ hàng 1 (sau 12,24 μ s), quá trình hình thành cấu trúc khung OTN ở hàng thứ 2 được thực hiện.

Khối xử lý trung tâm điều khiển khối tạo bit phát các tín hiệu mào đầu tiếp theo gồm:

Phát tín hiệu ODU OH (gồm 14 byte, phát trong 0,042 μ s), phát Byte RES (gồm 1 byte, phát trong 0.003 μ s), phát Byte JC (gồm 1 byte, phát trong 0.003 μ s).

Tiếp theo, khối xử lý trung tâm điều khiển trường chuyển mạch kết nối bộ nhớ đệm có gói tín hiệu cần chuyển đi với khối lập khung OTN cho bước sóng λ_1 trên hướng 5-1, đồng thời điều khiển để đọc 3808 Byte tiếp theo trong bộ nhớ chuyển đến khối lập khung trong khoảng thời gian 11,424 μ s.

Sau khi ghép hết hàng thứ 2 vùng tải trọng, khối xử lý trung tâm điều khiển trường chuyển mạch kết nối khối FEC với khối lập khung OTN cho bước sóng λ_1 trên hướng 5-1 và điều khiển để FEC phát 256 Byte trong phần tiếp theo của mã sửa lỗi đến khối lập khung trong khoảng thời gian 0,768 μ s.

- Sau khi sắp xếp hết toàn bộ hàng 2 (sau 24,48 μ s), quá trình hình thành cấu trúc khung OTN ở hàng thứ 3 được thực hiện:

Khối xử lý trung tâm điều khiển khối tạo bit phát các tín hiệu mào đầu tiếp theo gồm:

Phát tín hiệu ODU OH (gồm 14 byte, phát trong 0,042 μ s), phát Byte RES (gồm 1 byte, phát trong 0.003 μ s), phát Byte JC (gồm 1 byte, phát trong 0.003 μ s).

Tiếp theo, khối xử lý trung tâm điều khiển trường chuyển mạch kết nối bộ nhớ đệm có gói tín hiệu cần chuyển đi với khối lập khung OTN cho bước sóng λ_1 trên

hướng 5-1, đồng thời điều khiển để đọc 3808 Byte tiếp theo trong bộ nhớ chuyển đến khối lập khung trong khoảng thời gian 11,424 μ s.

Sau khi ghép hết hàng thứ 3 vùng tải trọng, khối xử lý trung tâm điều khiển trường chuyển mạch kết nối khối FEC với khối lập khung OTN cho bước sóng λ_1 trên hướng 5-1 và điều khiển để FEC phát 256 Byte trong phần tiếp theo của mã sửa lỗi đến khối lập khung trong khoảng thời gian 0,768 μ s.

- Sau khi sắp xếp hết toàn bộ hàng 3 (sau 36,72 μ s), quá trình hình thành cấu trúc khung OTN ở hàng thứ 4 được thực hiện.

Khối xử lý trung tâm điều khiển khối tạo bit phát các tín hiệu mào đầu cuối cùng của khung gồm:

Phát tín hiệu ODU OH (gồm 14 byte, phát trong trong 0,042 μ s), phát Byte PSI (gồm 1 byte, phát trong trong 0.003 μ s), phát Byte NJO (gồm 1 byte, phát trong trong 0.003 μ s), phát Byte PJO (gồm 1 byte, phát trong trong 0.003 μ s).

Tiếp theo, khối xử lý trung tâm điều khiển trường chuyển mạch kết nối bộ nhớ đệm có gói tín hiệu cần chuyển đi với khối lập khung OTN cho bước sóng λ_1 trên hướng 5-1, đồng thời điều khiển để đọc 3807 Byte cuối cùng trong bộ nhớ chuyển đến khối lập khung trong khoảng thời gian 11,421 μ s.

Sau khi ghép hết hàng thứ 4 vùng tải trọng, khối xử lý trung tâm điều khiển trường chuyển mạch kết nối khối FEC với khối lập khung OTN cho bước sóng λ_1 trên hướng 5-1 và điều khiển để FEC phát 256 Byte cuối cùng trong phần mã sửa lỗi đến khối lập khung trong khoảng thời gian 0,768 μ s.

Quá trình lập khung tín hiệu cho các khung OTN khác thực hiện tương tự như qua trình lập khung tín hiệu đã trình bày trong phần nguyên lý ở trên.

KẾT LUẬN CHƯƠNG

Chương 3 trình bày cấu trúc một số khung tín hiệu luồng nhánh cơ bản được thực ghép vào trong khung tín hiệu OTN như khung tín hiệu SDH, khung tín hiệu ATM, khung tín hiệu Ethernet, khung tín hiệu IP.

Trong chương 3 cũng đưa ra sơ đồ cấu hình một mạng truyền dẫn. Từ sơ đồ xác định quá trình chuyển, nhận tín hiệu giữa các nút mạng trong mạng truyền dẫn đó. Xác định vị trí, chức năng của Module tạo khung tín hiệu OTN trong mỗi nút mạng, kết hợp với cấu trúc của một khung tín hiệu OTN cụ thể để đề xuất Module.

Module tạo khung tín hiệu phải thỏa mãn được những yêu cầu như:

- Xác định được đích đến của các luồng nhánh.
- Xác định được vị trí sắp xếp các luồng nhánh trong khung tín hiệu OTN cụ thể.
- Tạo được các tín hiệu mào đầu.
- Tính toán, tạo ra được mã sửa lỗi FEC.

Quá trình tạo lập khung OTN dựa trên 2 quá trình: Điều khiển và trao đổi thông tin giữa các khối trong Module.

Một trường chuyển mạch đóng vai trò làm trung tâm trung chuyển của Module tạo khung OTN. Trường chuyển mạch gồm nhiều đầu vào và nhiều đầu ra nhằm đảm bảo đầy đủ kết nối cho các hướng.

Quá trình điều khiển thực hiện đóng mở các kết nối của trường chuyển mạch về mặt không gian nhằm xác định chính xác đích đến của tín hiệu luồng nhánh.

Ngoài ra, kết hợp với quá trình điều khiển thực hiện đóng mở các kết nối của trường chuyển mạch về mặt thời gian nhằm sắp xếp chính xác vị trí các byte chức năng, vị trí các luồng nhánh vào khung OTN cụ thể.

Chương 3 đã đề xuất kiến trúc của một Module cụ thể (Module tạo khung tín hiệu). Trên cơ sở kiến trúc đề xuất, cần tiếp tục nghiên cứu, phát triển các bảng mạch cụ thể để kiến trúc này có thể triển khai ứng dụng cho các thiết bị OTN tại các nút mạng trong thực tế.

KẾT LUẬN

Sau một thời gian nghiên cứu dưới sự hướng dẫn, chỉ bảo tận tình của PGS.TS. Bùi Trung Hiếu kết hợp với sự nỗ lực của bản thân, luận văn “ Nghiên cứu kiến trúc

và tạo khung tín hiệu trong mạng truyền tải quang (OTN)” đã được hoàn thành với một số kết quả cụ thể như sau:

- Nêu được những nội dung cơ bản về mạng truyền tải quang như cấu trúc, mã sửa lỗi hướng thuận (FEC), giám sát kết nối Tandem (TCM), mối quan hệ của OTN và công nghệ ghép kênh theo bước sóng (WDM).
- Đưa ra được một số điểm nổi bật của mạng truyền tải quang
- Trình bày được cấu trúc một số khung tín hiệu cơ bản trong OTN cũng như vị trí, chức năng của các tín hiệu mào đầu ở từng khung.
- Trình bày được cấu trúc của một số khung tín hiệu điển hình được ghép trong khung tín hiệu OTN như khung tín hiệu SDH, IP, Ethernet, ATM.
- Xác định được vị trí, chức năng của Module tạo khung tín hiệu OTN, từ đó nghiên cứu, đề xuất được kiến trúc của Module.

Do thời gian thực hiện đề tài có hạn, kinh nghiệm trong nghiên cứu của bản thân chưa nhiều và chịu chi phối của nhiều nhiệm vụ khác nhau nên nội dung luận văn có phần chưa được chi tiết, từ ngữ sử dụng còn thiếu sự mạch lạc.

Trong thời gian tới học viên sẽ tiếp tục cố gắng hoàn thiện luận văn của mình, trình bày rõ ràng, cụ thể hơn nội dung các phần, xây dựng thêm nhiều kịch bản hơn để mô tả quá trình đóng khung của Module.

Học viên rất mong nhận được ý kiến đóng góp của các nhà khoa học, đồng nghiệp và bạn bè để hoàn thiện hơn nữa luận văn của mình.

Hà Nội, tháng 11 năm 2020

Nguyễn Khắc Thiện

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- [1]. Cao Phán, Cao Hồng Sơn (2007), *Ghép kênh tín hiệu số*, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông.

- [2]. Đỗ Văn Việt Em (2007), *Kỹ thuật thông tin quang 2*, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông.
- [3]. Nguyễn Đức Nhân, Trần Thủy Bình, Ngô Thu Trang, Lê Thanh Thủy (2013) *Cơ sở kỹ thuật thông tin quang*, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông.

Tiếng Anh

- [4]. Charles E.Spurgeon (2.2000), *Ethernet The Definitive Guide*, Published by O'Reilly & Associates, Inc., 101 Morris Street, Sebastopol, CA 95472.
- [5]. ITU-T Rec.I.361 (02/09), *B-ISDN ATM layer specification*.
- [6]. Libor Dostálek, Alena Kabelová, *Understanding TCP/IP – A clear and comprehensive guide to TCP/IP protocols*, Published by Packt Publishing Ltd, 32 Lincolnd Road, Olton, Birmingham –B27 6PA-UK.
- [7]. Rec. ITU-T G.709/Y.1331 (06/2020) - prepublished version
- [8]. Steve Gorshe Principal Engineer (2011), *A Tutorial on ITU-T G.709 Optical Transport Networks (OTN)*.
- [9]. Tymothy P.Walker AMC-USA, *Optical Transport Network Tutorial*

Internet

- [10]. Franck Chevalier, John Krzwicki and Mike Pearson, *Optical transport network (OTN) and/or multi-protocol label switching (MPLS)? That is the question*.
Available: <https://www.juniper.net/us/en/local/pdf/whitepapers/2000486-en.pdf>
- [11]. Netanel Gonen, Maayan Morali, Bar Ilan University School of Engineering VLSI Lab, *OTN Framer*.
Available: <https://idoc.pub/documents/otn-framer-project-book-9n0k7r8zmp4v>
- [12]. White Paper (9.2016), *SDH Network Modernization with OTN*.
Available: <https://www-file.huawei.com/-/media/corporate/pdf>