

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**

**TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**HÀ NỘI - NĂM 2020**

Luận văn được hoàn thành tại:

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

Người hướng dẫn khoa học: **PGS.TS. BÙI TRUNG HIẾU**

Phản biện 1: .....

Phản biện 2: .....

Luận văn sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận văn thạc sĩ tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Vào lúc: ... giờ .... ngày ..... tháng ..... năm .....

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

- Thư viện của Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

## 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.

Nhận thấy tính thiết thực của vấn đề này và được sự gợi ý của giảng viên hướng dẫn, tôi chọn đề tài: “**Nghiên cứu kiến trúc và tạo khung tín hiệu trong mạng truyền tải quang (OTN)**” để làm đề tài cho luận văn tốt nghiệp của mình.

Nội dung luận văn gồm 3 chương:

**Chương 1: Tổng quan về mạng truyền tải quang**

**Chương 2: Cấu trúc khung tín hiệu trong OTN**

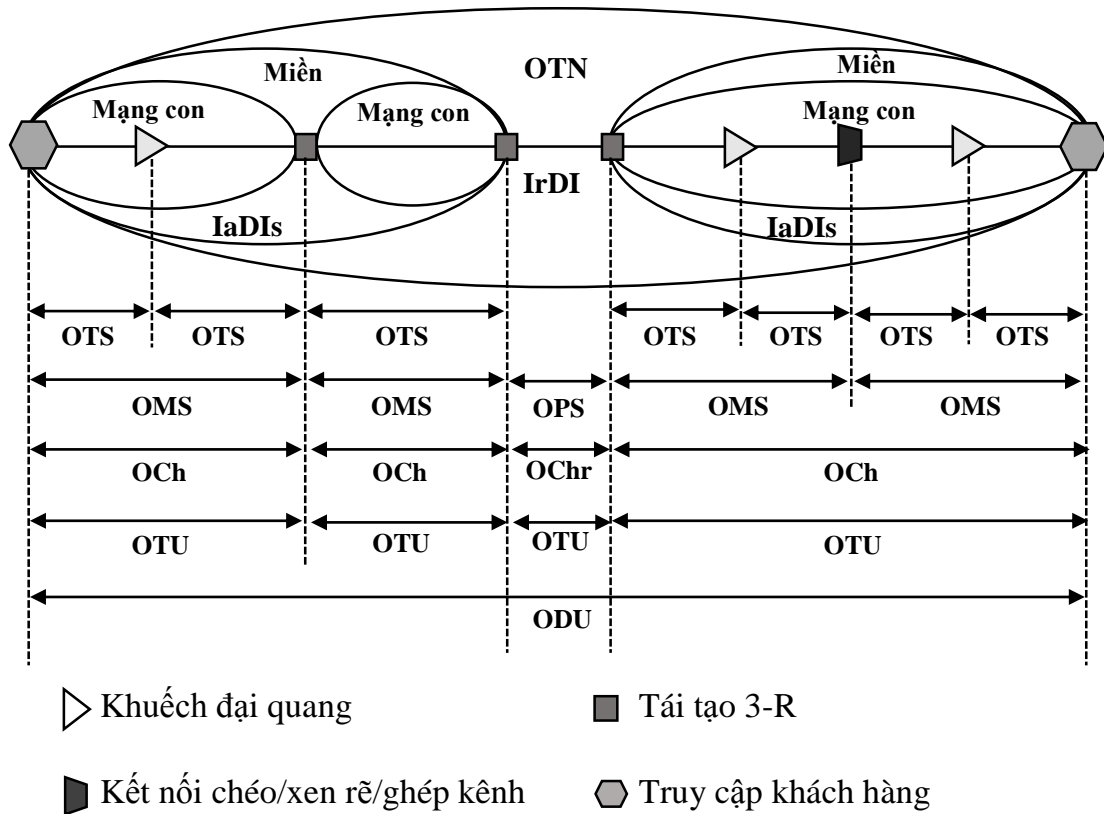
**Chương 3: Kiến trúc Module tạo khung tín hiệu trong OTN**

## 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.



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
Ochr : Kênh quang rút gọn	

Hình 1.1: Cấu trúc lớp mạng truyền tải quang

##### 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.

##### 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.

### 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).

### 1.2 Từ mã FEC trong OTN

FEC trong G.709 được xác định là RS(255,239). Từ mã Reed-Solomon thường được viết dưới dạng RS(n,k) với một ký hiệu gồm s-bit trong đó n là tổng số ký hiệu trên mỗi từ mã, k là kích thước dữ liệu trong từ mã đó. Một từ mã gồm các byte dữ liệu và các byte chẵn lẻ. Các byte chẵn lẻ được thêm vào dữ liệu để phát hiện và sửa lỗi nhằm mục đích khôi phục tín hiệu tại đầu thu.

Với G.709: s = 8bit; n = 255 byte; k = 239 byte

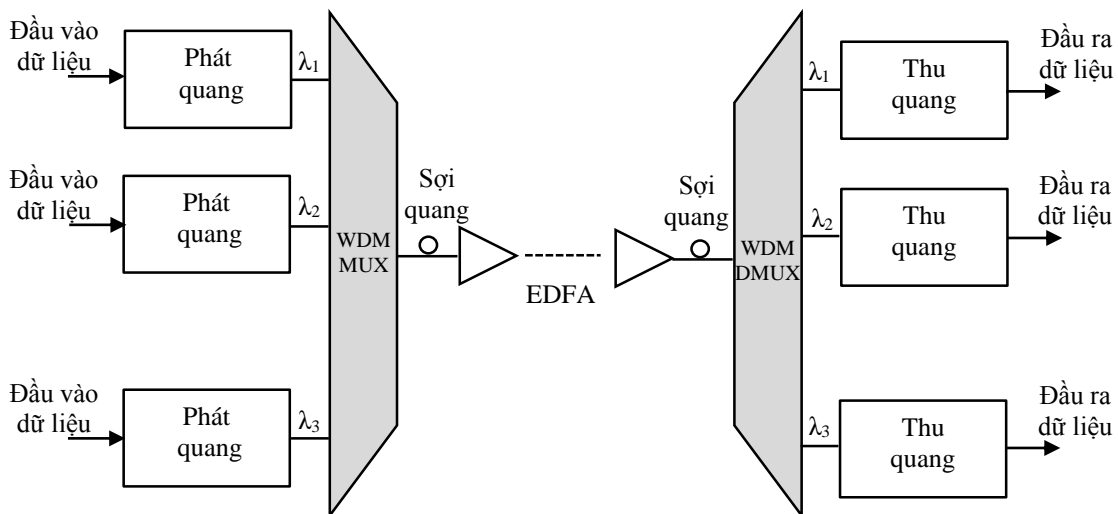
### 1.3 TCM (Tandem Connection Monitoring)

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 tăng cường khả năng giám sát trên toàn mạng.

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

#### 1.4.1 Công nghệ WDM

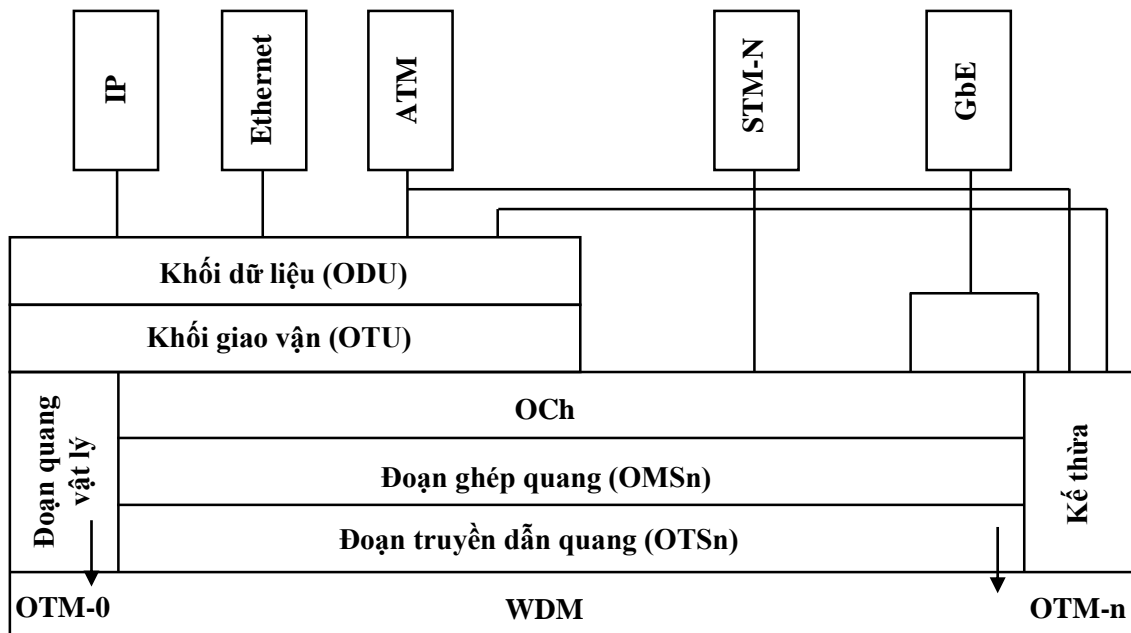
Mục đích của ghép kênh là phân chia băng thông truyền dẫn của kênh truyền cho mỗi người dùng. Ghép kênh phân chia theo bước sóng phân biệt tín hiệu các kênh truyền dựa trên bước sóng. Do đó sẽ có nhiều kênh được truyền đi trên cùng một sợi quang mà không bị ảnh hưởng lẫn nhau. Phương pháp này đang được 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.



Hình 1.2: Ghép kênh phân chia theo bước sóng sử dụng bộ khuếch đại EDFA

### 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 1.3.



Hình 1.3: Ánh xạ các kiểu dữ liệu khác nhau trên OTN vào WDM

## 1.5 Một số điểm nổi bật của mạng truyền tải quang

### 1.5.1 Độ trễ được đảm bảo và rất thấp

### 1.5.2 Khả năng mở rộng cao với băng thông đảm bảo

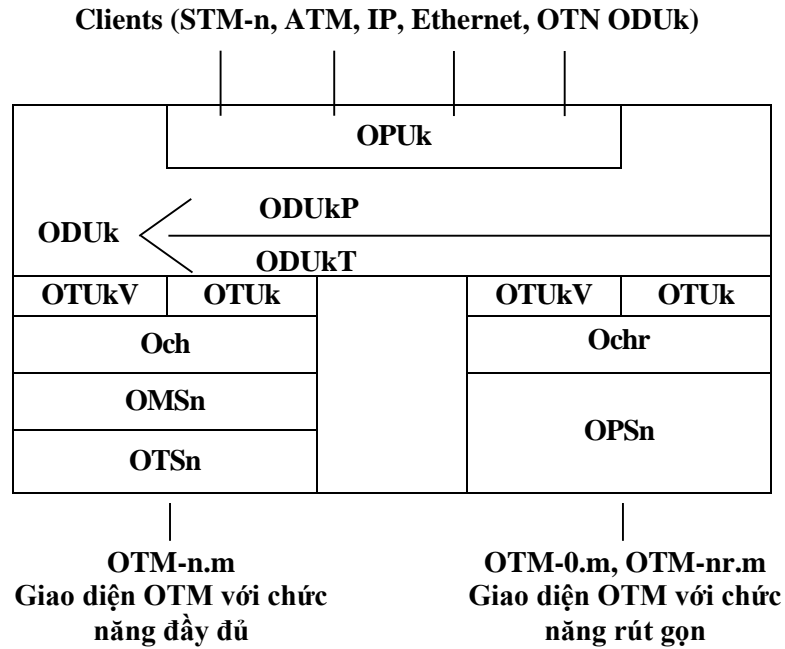
### 1.5.3 Tính bảo mật cao

### 1.5.4 Chuyển đổi mạng linh hoạt

## CHƯƠNG 2

### CẤU TRÚC KHUNG TÍN HIỆU TRONG OTN

#### 2.1 Cấu trúc tín hiệu cơ bản



Hình 2.1: Cấu trúc tín hiệu OTN cơ bản

#### 2.1.1 Cấu trúc Och

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.

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

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

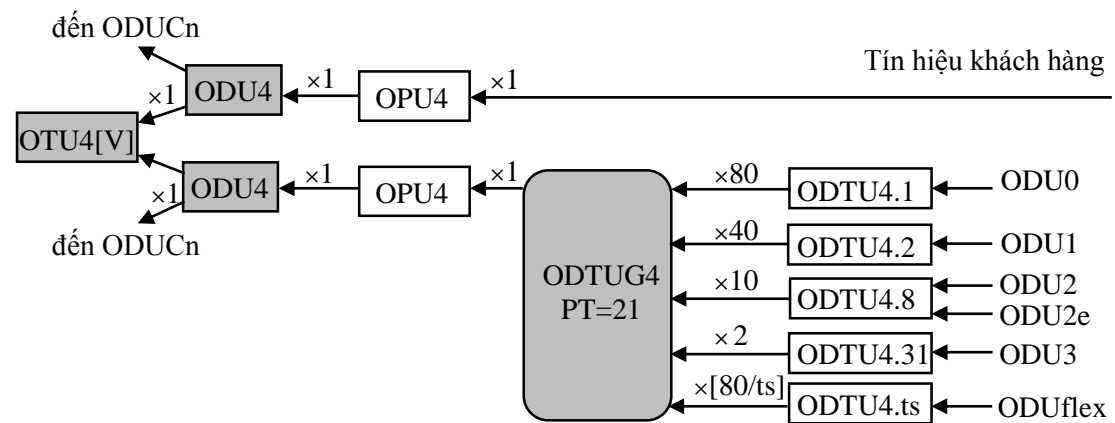
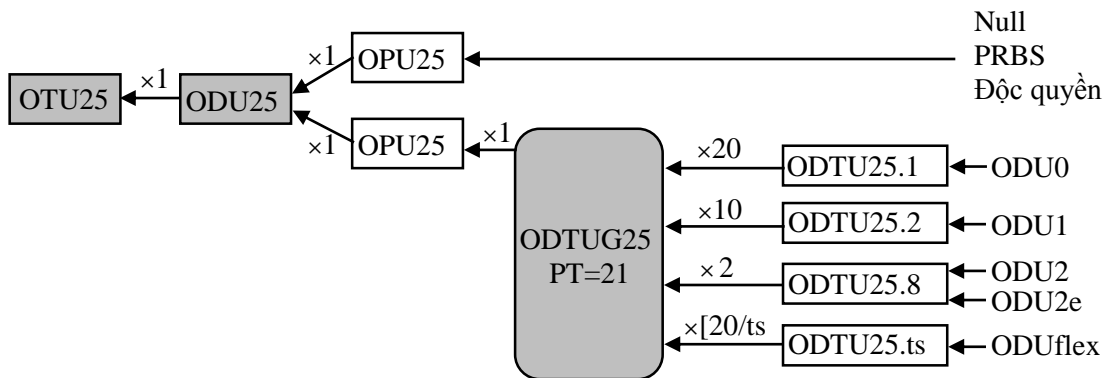
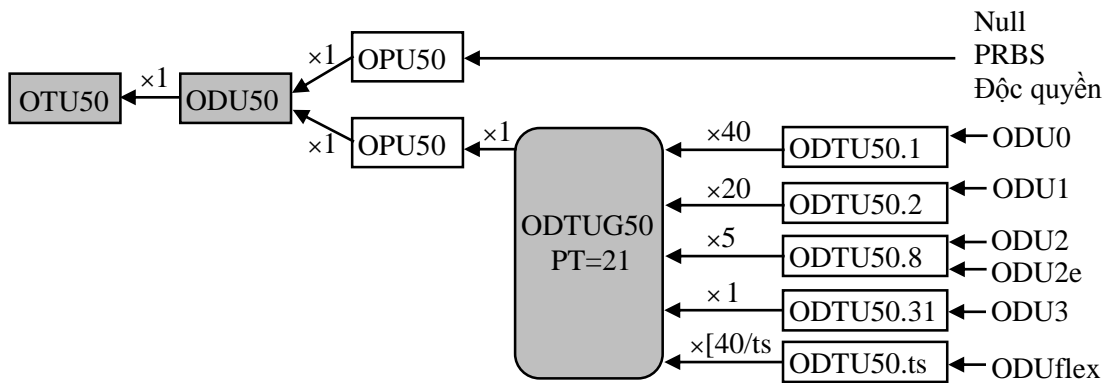
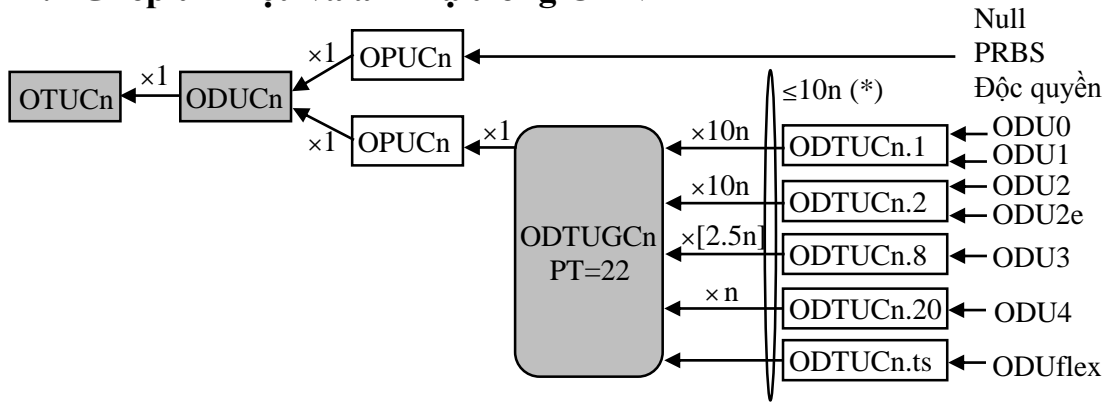
- Đoạn truyền dẫn quang (OTS<sub>n</sub>).
- Đoạn kênh quang (OMS<sub>n</sub>).
- Kênh quang chức năng đầy đủ (OCh).
- Khối truyền tải quang chuẩn hóa chức năng hoặc hoàn toàn (OTUk/OTUkV)
- Khối dữ liệu kênh quang (ODUk).

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

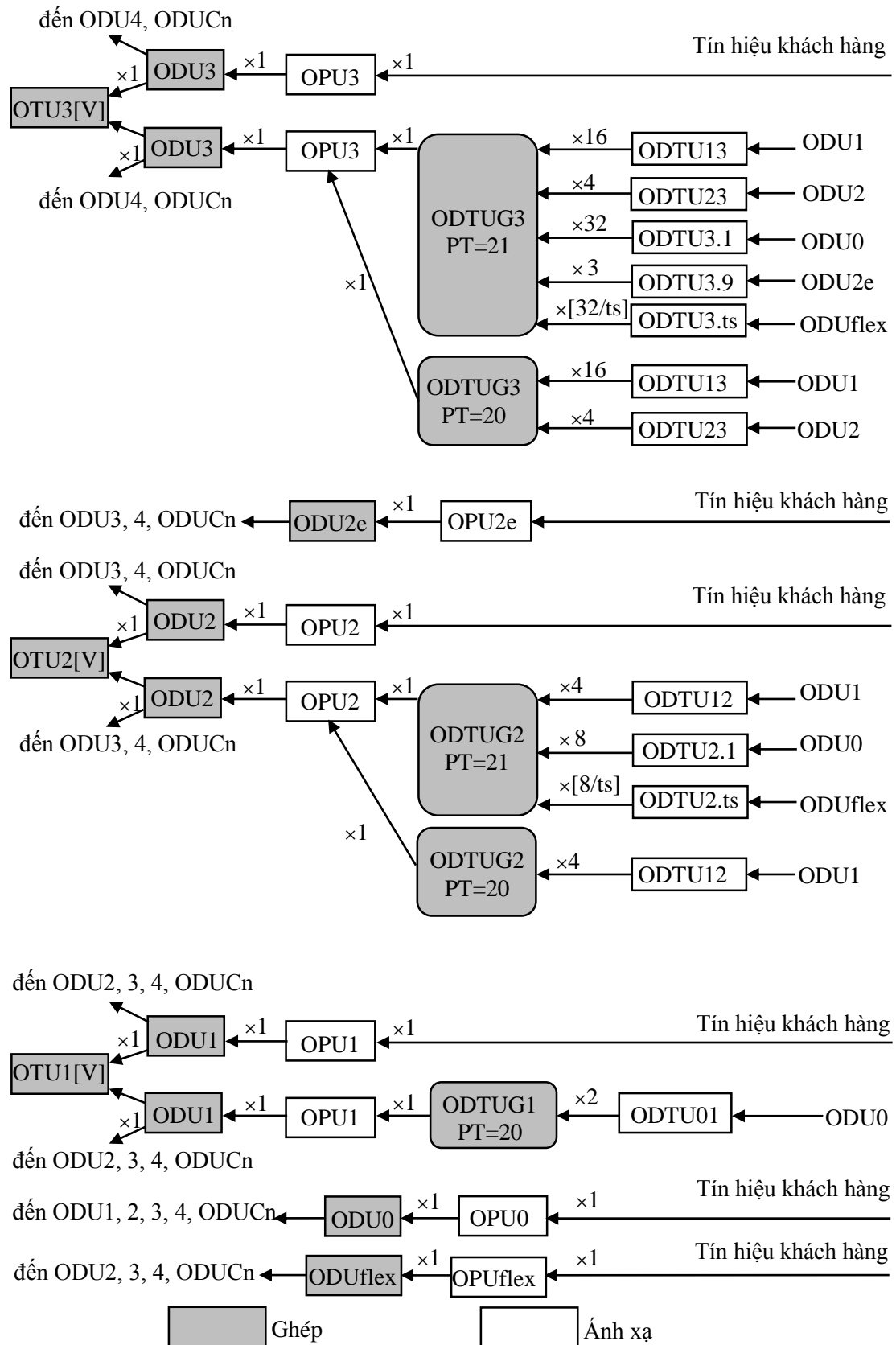
OTM-nr.m và OTM-0.m chứa các lớp sau đây:

- Đoạn vật lý quang (OPS<sub>n</sub>).
- 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







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

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

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.

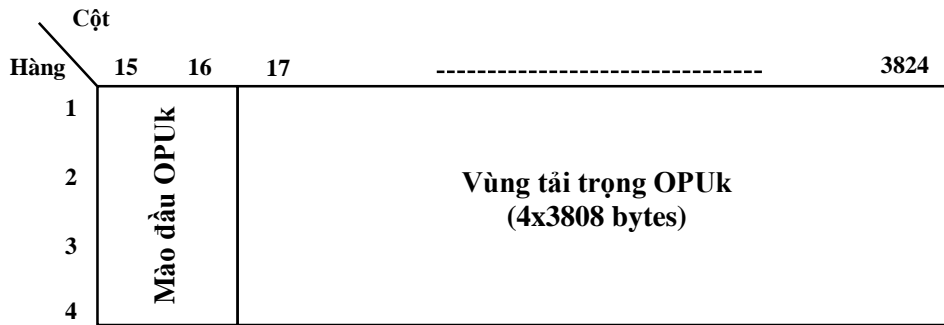
OPU<sub>k</sub> ( $k = 0, 1, 2, 2e, 3, 4, \text{flex}, 25, 50$ ) là các cấu trúc thông tin giống nhau, nhưng với các tín hiệu máy khách khác nhau. OPU<sub>Cn</sub> có cấu trúc thông tin khác với OPU<sub>k</sub>; cấu trúc thông tin OPU<sub>Cn</sub> bao gồm  $n$  cấu trúc thông tin của OPU trong khi OPU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

## 2.3 Cấu trúc khung tín hiệu OPU<sub>k</sub>

### 2.3.1 Cấu trúc khung tín hiệu

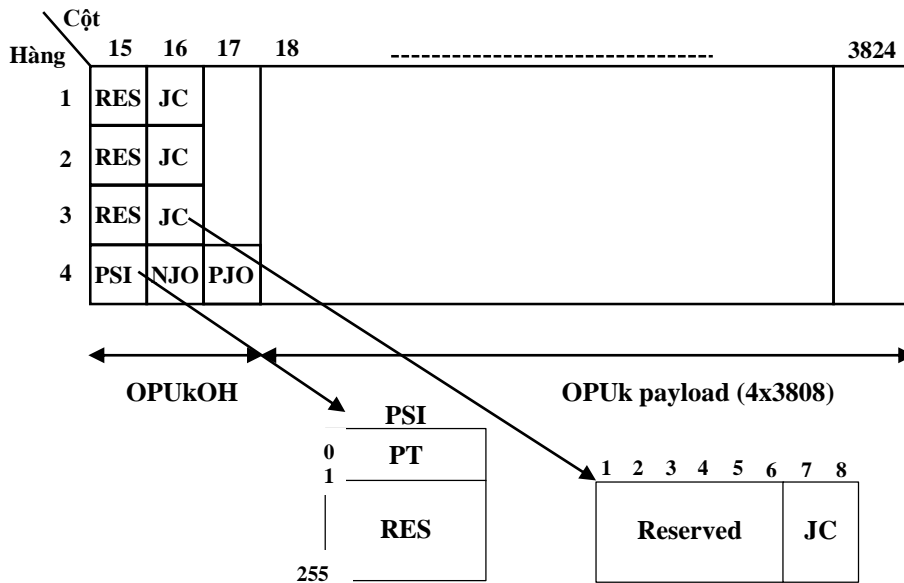
Cấu trúc khung OPU<sub>k</sub> ( $k = 0, 1, 2, 2e, 3, 4, \text{flex}, 25, 50$ ) được thể hiện trong hình 2.4.



Hình 2.3: Cấu trúc khung tín hiệu OPU<sub>k</sub>

### 2.3.2 Mào đầu OPU<sub>k</sub>

Vị trí các byte mào đầu OPU<sub>k</sub> thể hiện trong hình 2.4.



Hình 2.4: Vị trí các byte mào đầu OPU<sub>k</sub>

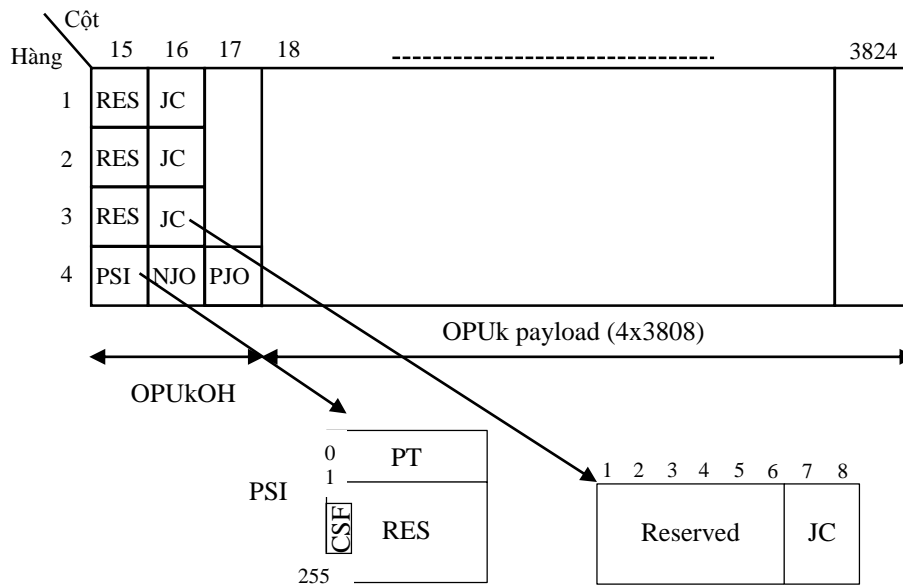
### 2.3.2.1 Định danh cấu trúc tải trọng (PSI)

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

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



Hình 2.5: Ánh xạ tín hiệu CBR2G5, CBR10G hoặc CBR40G vào OPUk

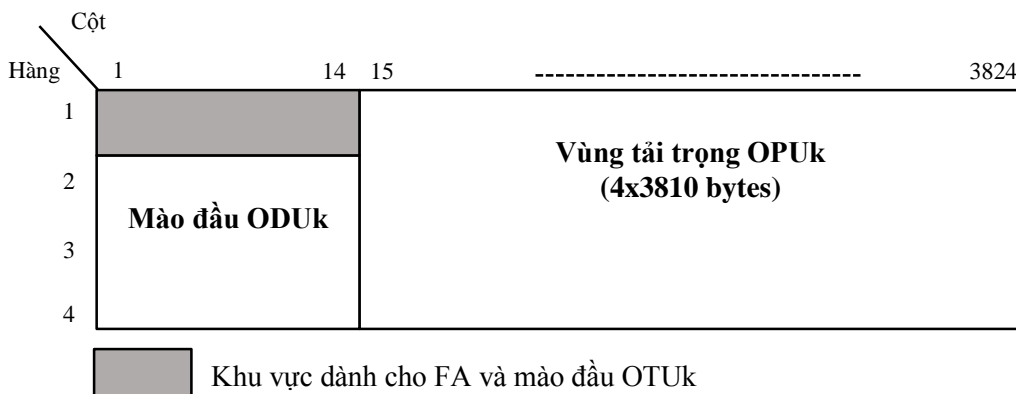
#### 2.3.3.1 Ánh xạ tín hiệu CBR2G5 vào OPU1

#### 2.3.3.2 Ánh xạ tín hiệu CBR10G vào OPU2

#### 2.3.3.3 Ánh xạ tín hiệu CBR40G vào OPU3

### 2.4 Cấu trúc khung tín hiệu ODUk

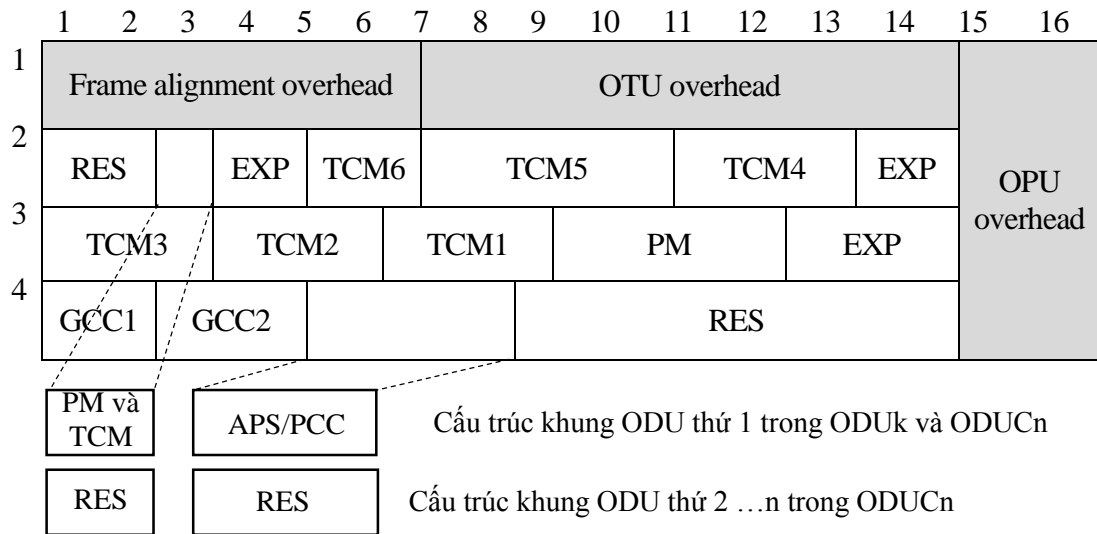
#### 2.4.1 Cấu trúc khung tín hiệu



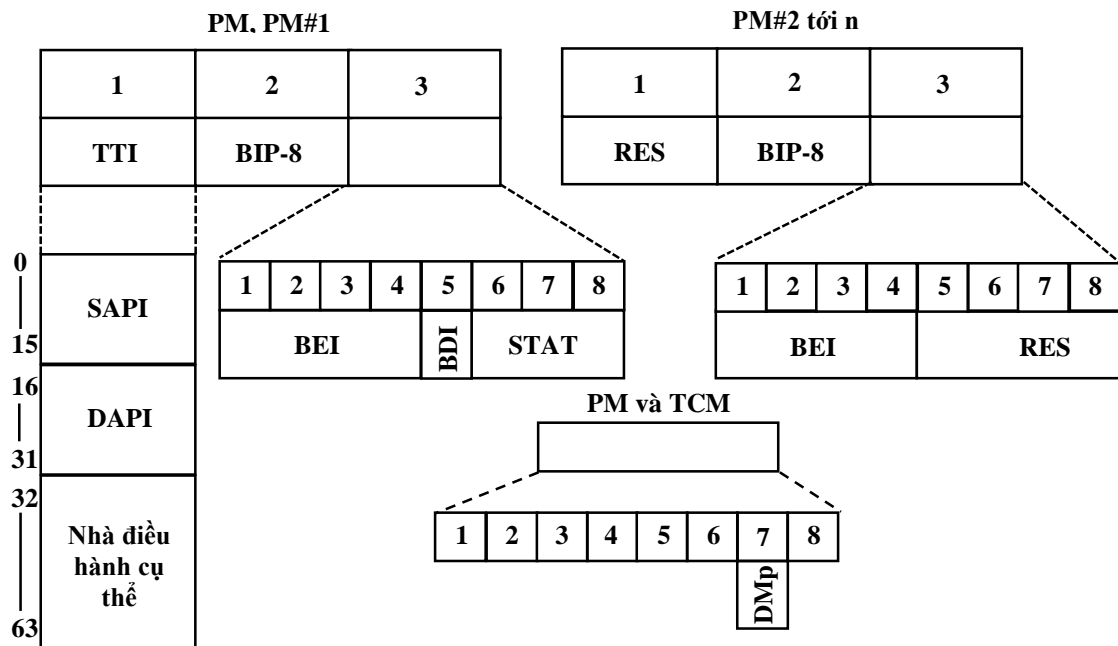
Hình 2.6: Cấu trúc khung ODUk

## 2.4.2 Mào đầu ODUk

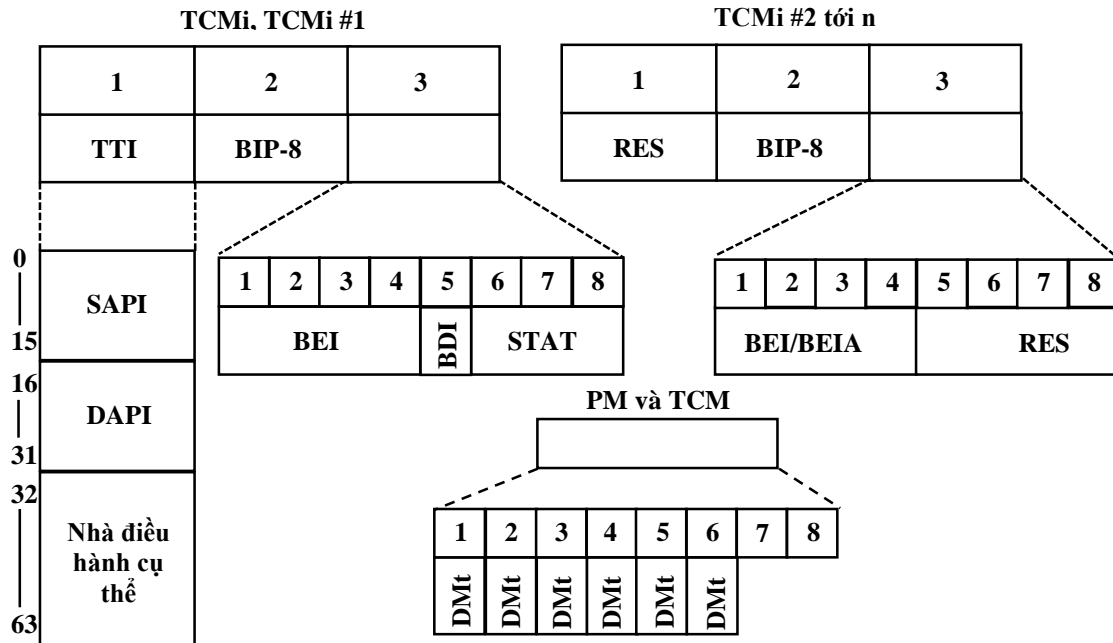
Vị trí mào đầu của ODUk được thể hiện trong hình 2.7, 2.8 và 2.9.



Hình 2.7: Mào đầu ODUk



Hình 2.8: Mào đầu giám sát đường dẫn ODU



Hình 2.9: 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 ODU<sub>Cn</sub> chỉ chứa một mào đầu ODU TTI.**

### 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.

### 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.

### 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

### 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.

### 2.4.2.1.6 Chỉ thị đo độ trễ (DMp)

Để giám sát đường dẫn ODU<sub>k</sub>, tín hiệu đo độ trễ DM<sub>p</sub> chỉ có 1 bit được định nghĩa, để truyền sự bắt đầu của thử nghiệm đo lường độ trễ.

#### **2.4.2.1.7 Mào đầu dự phòng (RES)**

Để giám sát đường dẫn của OTUC<sub>n</sub>, 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".

#### **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.

##### **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<sub>i</sub>. Byte này cung cấp mã parity-8 (BIP-8) xen kẽ bit.

##### **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.

##### **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.

##### **2.4.2.2.5 Chỉ thị trạng thái giám sát (STAT)**

Đối với mỗi trường giám sát kết nối Tandem, sử dụng 3 bit để định nghĩa các trạng thái (STAT).

##### **2.4.2.2.6 Chỉ thị đo độ trễ Dmt<sub>i</sub> (i=1...6)**

Để giám sát kết nối bộ đôi TCM của ODU<sub>k</sub>, sử dụng 1 bit thực hiện chức năng đo độ trễ DM<sub>t<sub>i</sub></sub> của TCM.

##### **2.4.2.2.7 Mào đầu dự phòng (RES)**

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

#### **2.4.2.3 Kênh thông tin chung (GCC1, GCC2)**

Hai trường 2 byte được đặt trong tiêu đề ODU<sub>k</sub> để hỗ trợ 2 kênh truyền thông chung GCC1, GCC2 giữa hai phần tử mạng với quyền truy cập vào các cấu trúc khung ODU<sub>k</sub>.

#### **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.

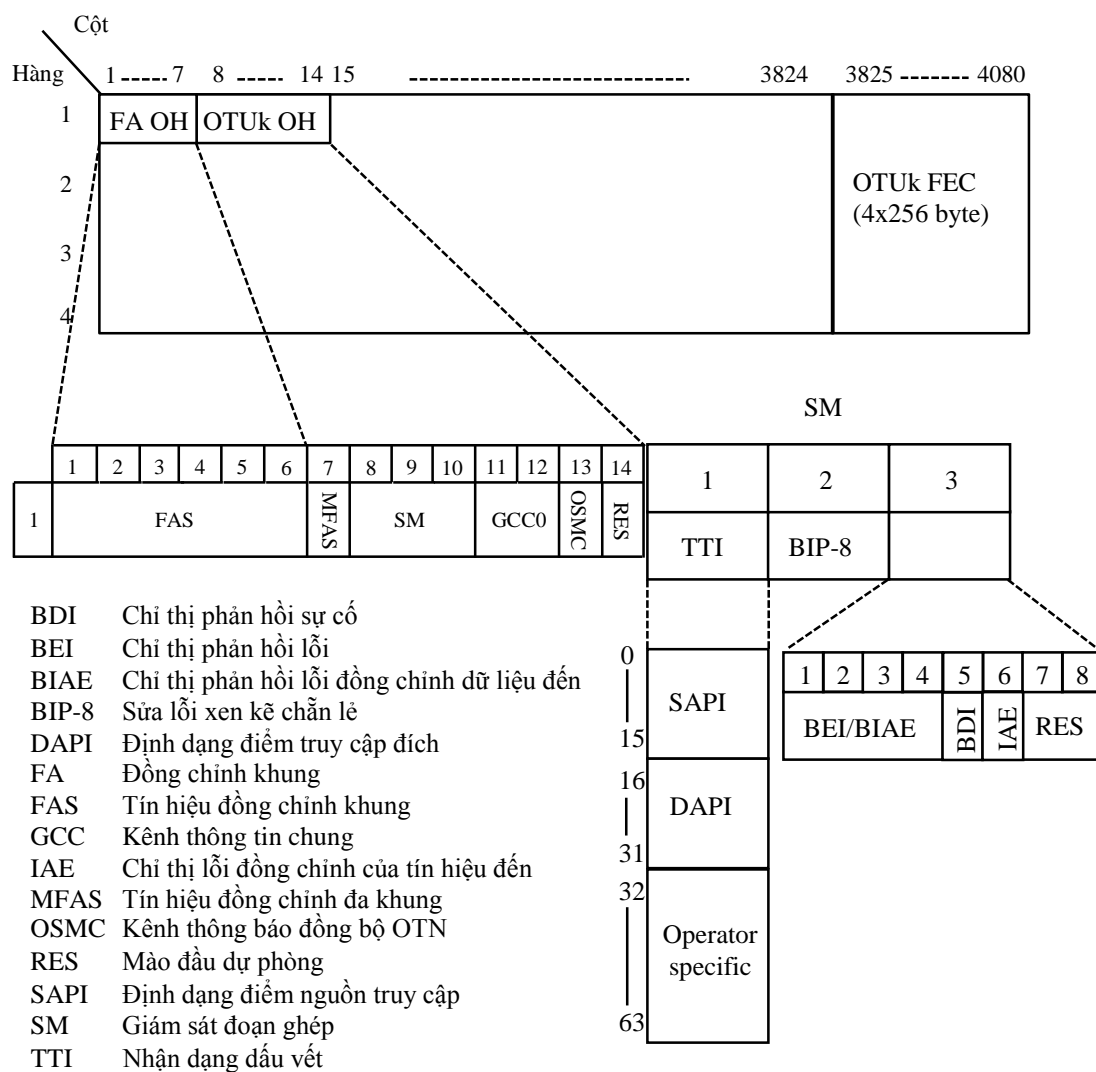
### 2.4.2.5 Tiêu đề thử nghiệm (EXP)

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.

## 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 2.10, 2.11, 2.12.



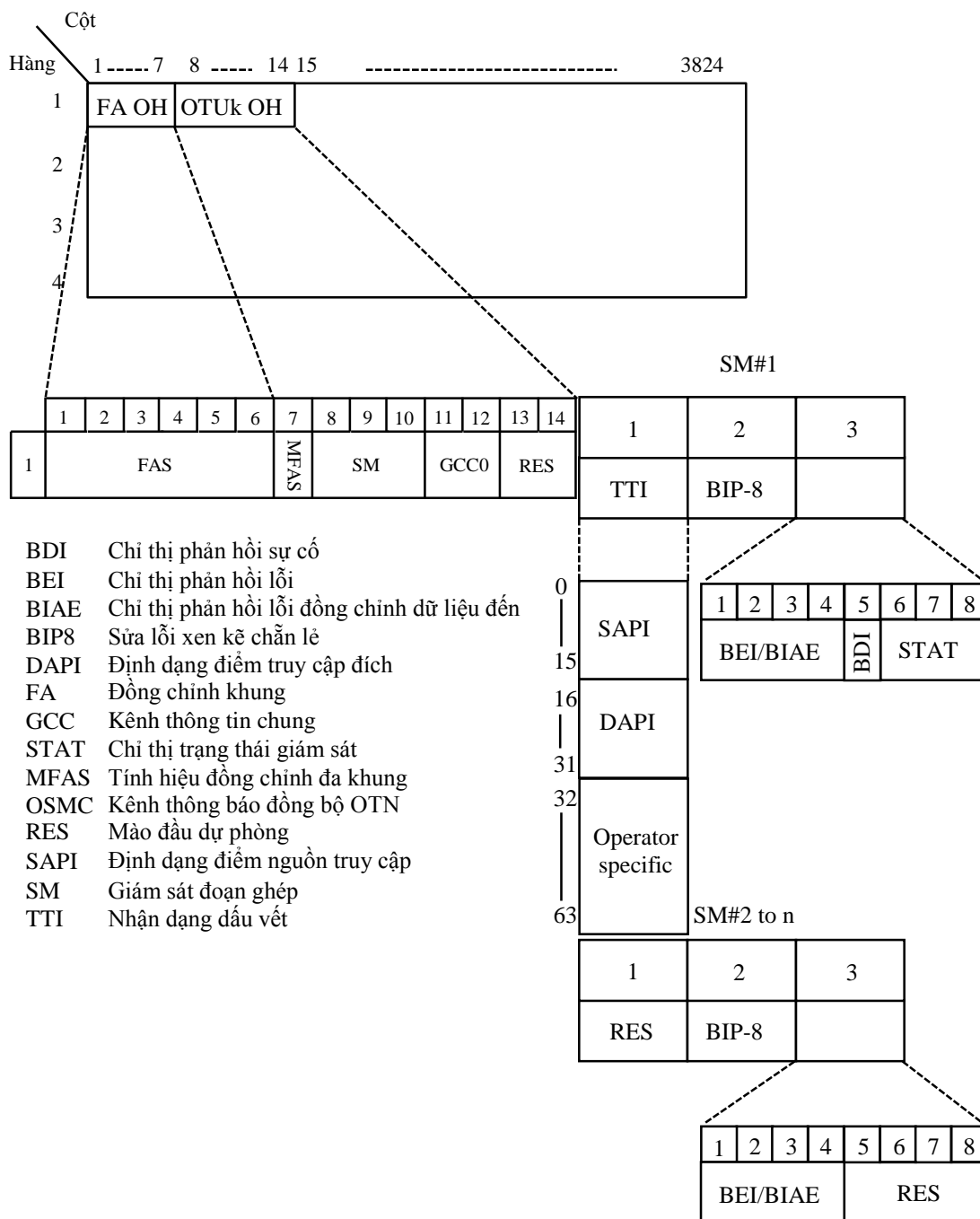
Hình 2.10: Cấu trúc khung OTUk, đồng chỉnh khung và mào đầu OTUk

Cấu trúc khung OTUk ( $k = 1, 2, 3, 4$ -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).

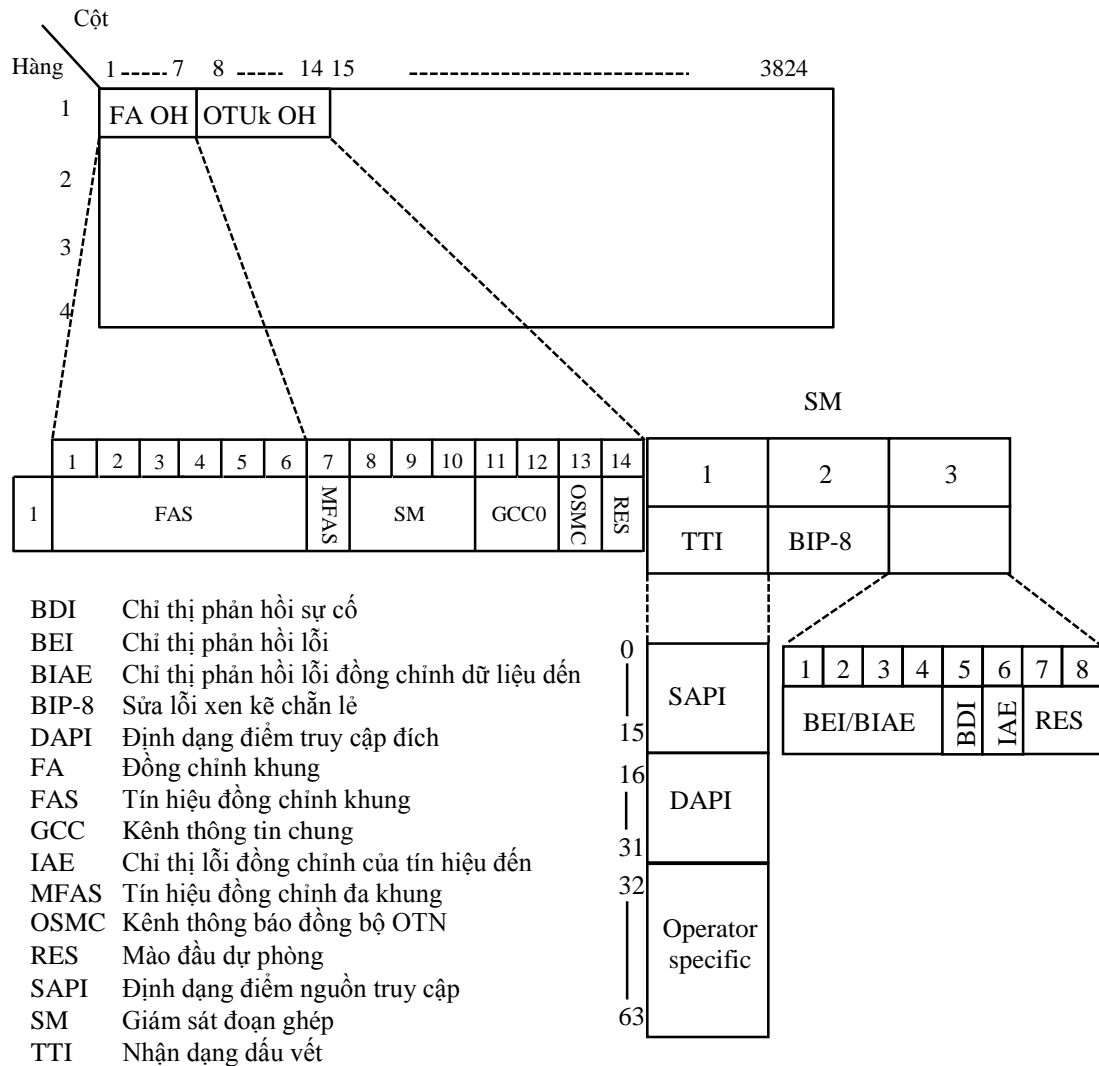


Hình 2.11: Cấu trúc khung OTUCn, đồng chỉnh khung và mào đầu OTUCn

Cấu trúc khung OTUCn gồm  $n \times 4$  hàng và 3824 cột dựa trên cấu trúc khung ODUcn. 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 2.12: Cấu trúc khung OUT 25 và OTU 50, 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.

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 2.13) 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							

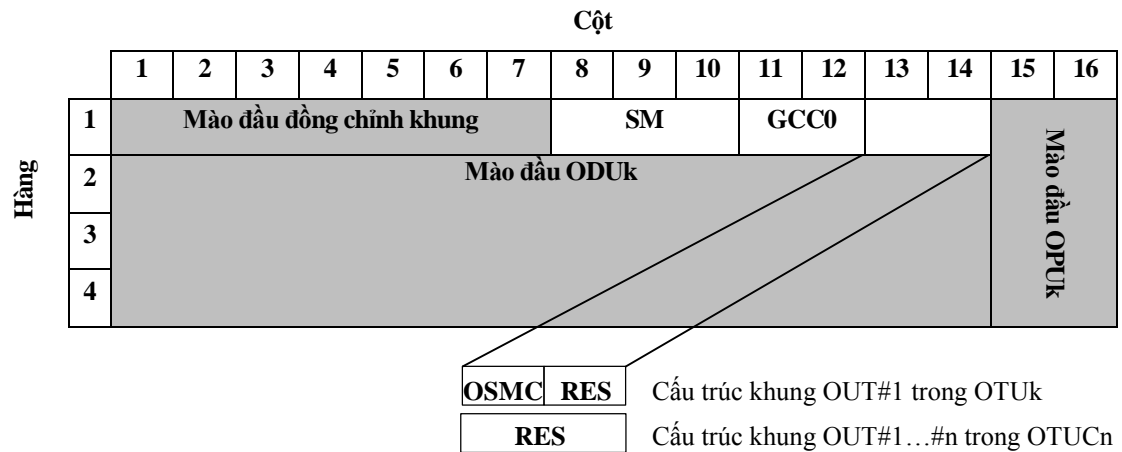
Hình 2.13: Cấu trúc tín hiệu mào đầu đồng chỉnh khung

### 2.5.3.2 Tín hiệu đồng chỉnh đa khung (MFAS)

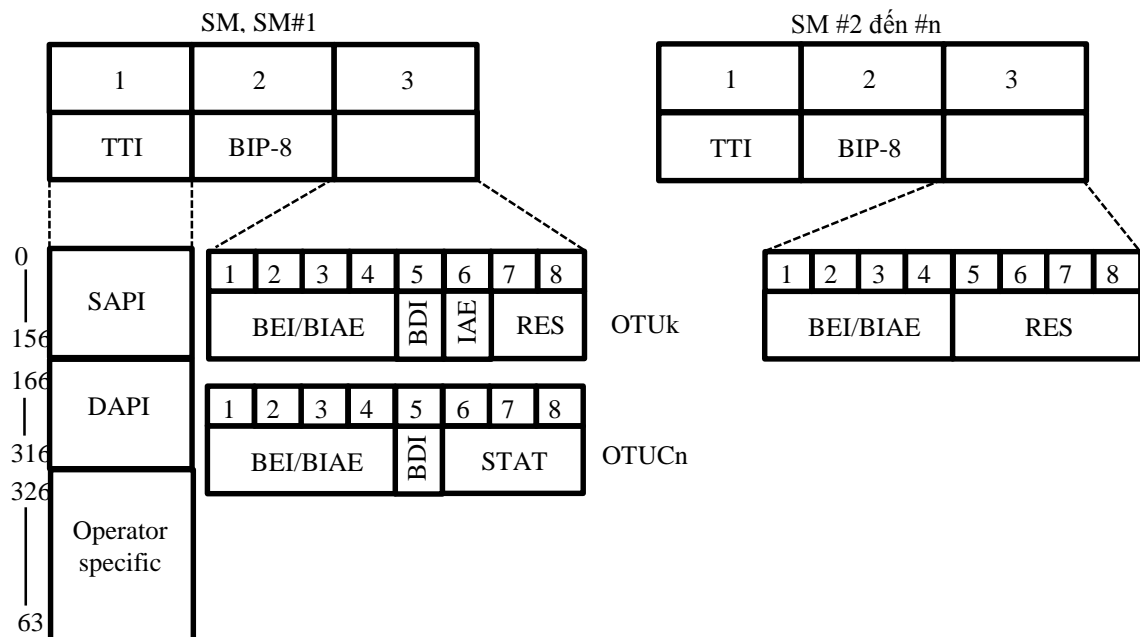
Một số tín hiệu mào đầu OTUk và ODUk trải dài trên nhiều khung OTUk / ODUk. Một byte tín hiệu căn chỉnh đa khung (MFAS) được xác định trong hàng 1, cột 7 của mào đầu OTUk / ODUk (Hình 2.20). Giá trị của byte MFAS sẽ được tăng lên mỗi khung OTUk / ODUk trong một đa khung gồm 256 khung.

### 2.5.4 Các byte mào đầu OTU

Vị trí các byte mào đầu OTU thể hiện trong hình 2.14, hình 2.15.



Hình 2.14: Mào đầu OTU



Hình 2.15: 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.

#### **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.

#### **2.5.4.3 Mào đầu chỉ thị phản hồi sự cố (BDI)**

Tín hiệu chỉ thị phản hồi sự cố (BDI) dùng 1 bit. 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 nguồn phát tín hiệu.

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

Dùng 4 bit để chỉ thị lỗi phản hồi và lỗi đồng bộ. Tín hiệu này truyền về phía phát thể hiện số lượng khối xen kẽ -bit có lỗi, lỗi được phát hiện bởi phần giám sát đoạn OTU của phía thu thông qua kiểm tra BIP-8

#### **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.

#### **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".

#### **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.

### **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.

### **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.

### 2.5.7 Kênh thông báo đồng bộ OTN (OMSC)

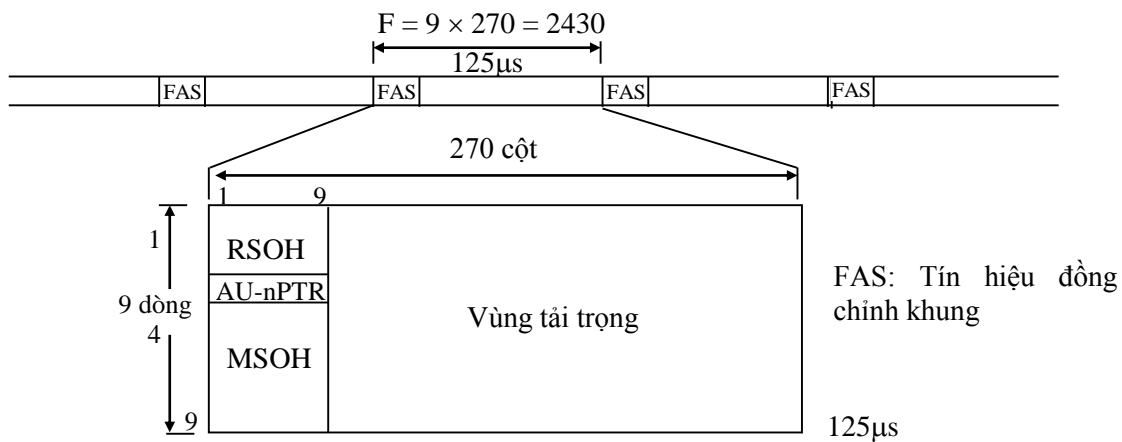
Đối với mục đích đồng bộ hóa, một byte trong mào đầu OTU như một kênh thông báo đồng bộ hóa OTN để vận chuyển các bản tin SSM, eSSM và PTP trong các giao diện SOTU và MOTU.

## CHƯƠNG 3

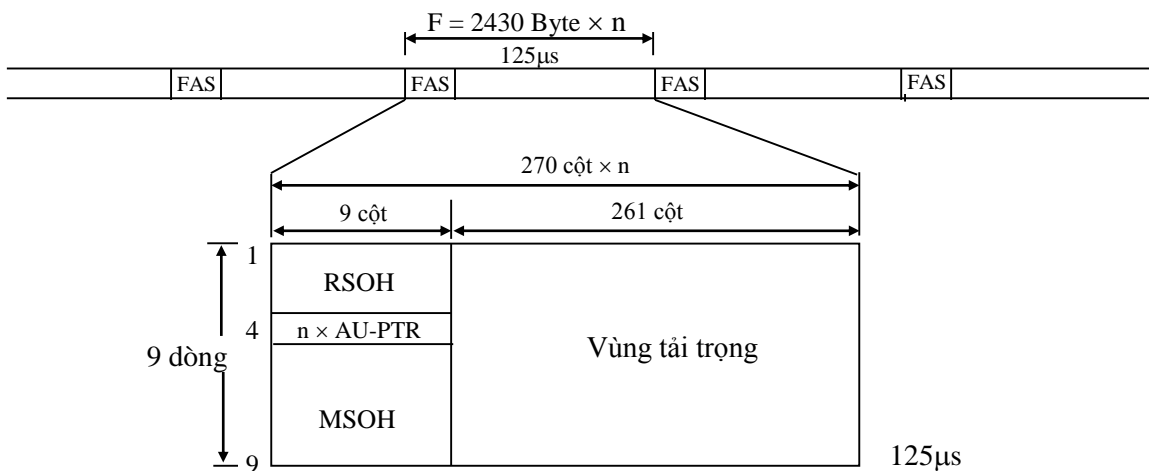
### KIẾN TRÚC MODULE TẠO KHUNG TÍN HIỆU TRONG OTN

#### 3.1 Cấu trúc một số khung tín hiệu điển hình

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



Hình 3.1: Cấu trúc khung STM-1



Hình 3.2: Cấu trúc khung STM-n

##### 3.1.2 Cấu trúc khung ATM

Hình 3.3: Cấu trúc khung ATM

##### 3.1.3 Cấu trúc khung Ethernet

Cấu trúc một khung Ethernet cơ bản được thể hiện như hình 3.4.

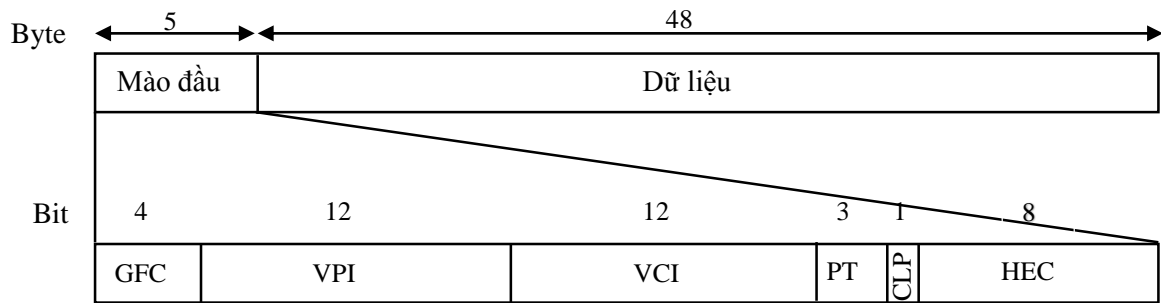
64 bit	48 bit	48 bit	16 bit	46 đến 1500 byte	32 bit
--------	--------	--------	--------	------------------	--------

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

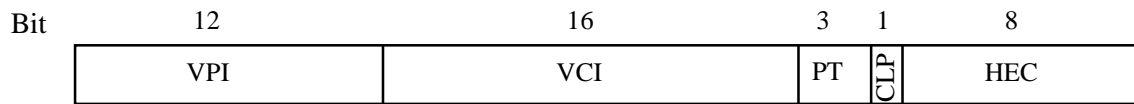
Hình 3.4: Cấu trúc khung Ethernet cơ bản

### 3.1.4 Cấu trúc khung IP

Cấu trúc một khung tín hiệu IP được thể hiện như hình 3.5.



Giao diện UNI



Giao diện NNI

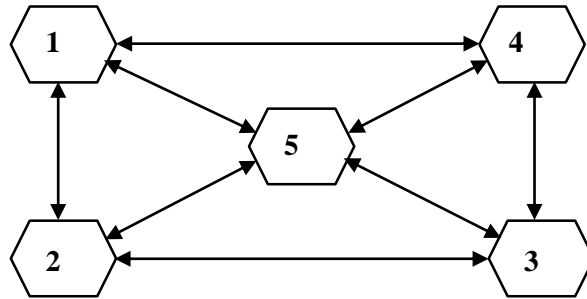
0	8	16	24
Version IP 4 bit	Header length	Type of Service 8 bit	Total IP packet length 16 bit
Identifier of IP packet 16 bit			Flags Fragment Offset
Time to live (TTL) 8 bit	Next level protocol 8 bit	IP header checksum 16 bit	
Source IP address 32 bit			
Destination IP address 32 bit			
Options of header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

Hình 3.6: Cấu trúc khung tín hiệu IP

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

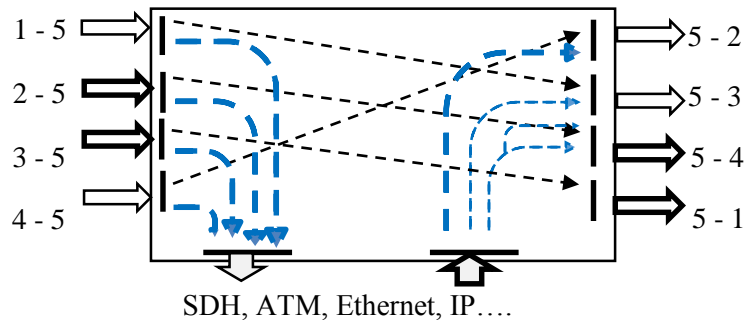
### 3.2.1 Vị trí, chức năng của Module tạo khung

Xét một mạng truyền dẫn quang có cấu hình hỗn hợp, gồm 5 nút như trên hình 3.7. 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 3.7: Cấu hình mạng truyền dẫn 5 nút

Tại một nút mạng, giả sử nút 5, quá trình truyền tải thể hiện như ở hình 3.8.



Hình 3.8: Truyền tải tín hiệu tại một nút mạng

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.

### 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 3.9.

FA	OTU OH	OPU OH	Tải trọng OPU	FEC
ODU OH				

Hình 3.9: Cấu trúc tổng quát của khung tín hiệu OTN

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

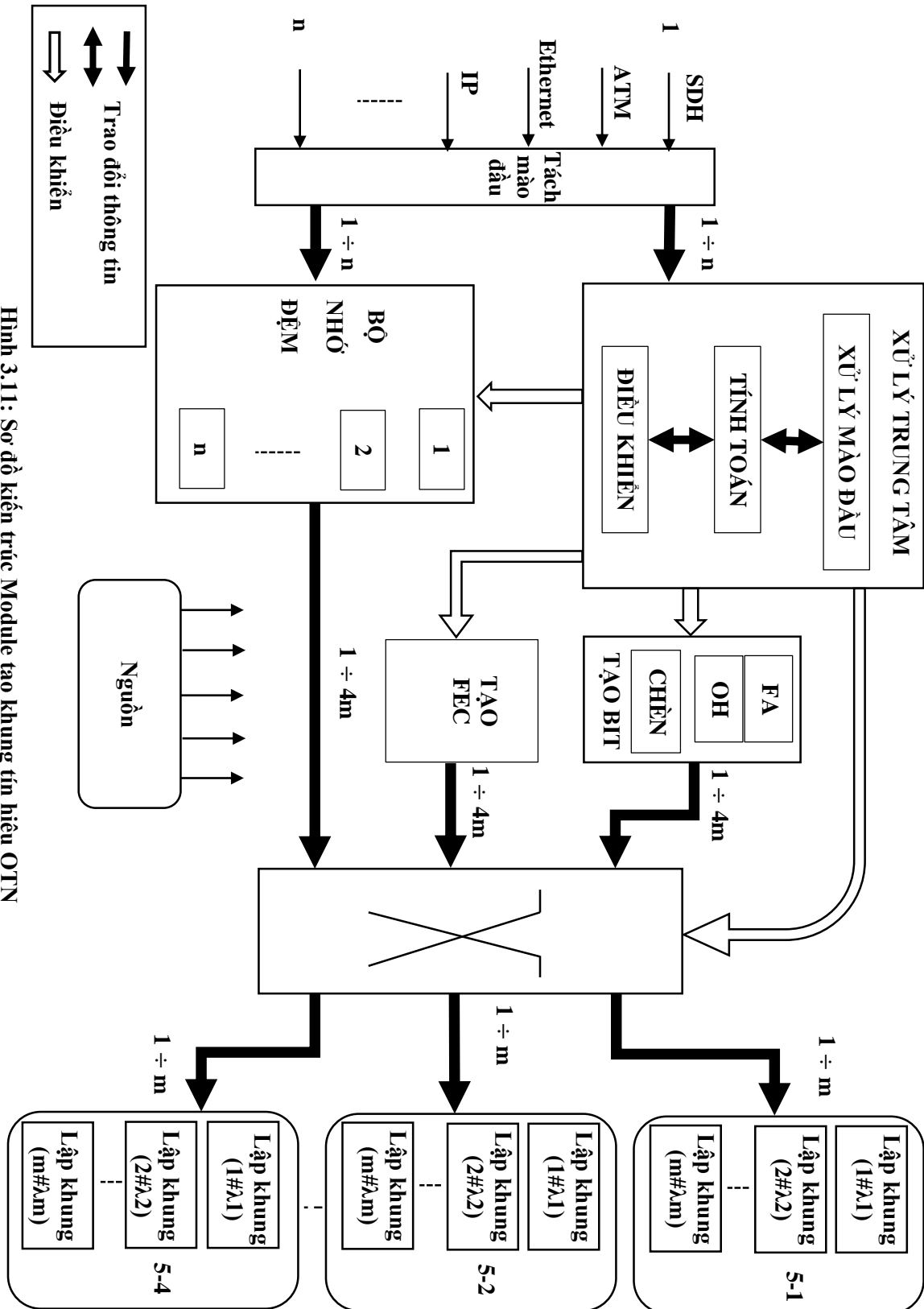
Kết hợp với vị trí và chức năng của Module tạo khung tín hiệu OTN thì Module cần các khối thực hiện được các chức năng sau:

- Xử lý tín hiệu mào đầu để xác đích 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

### 3.3 Đề xuất kiến trúc Module tạo khung tín hiệu OTN

#### 3.3.1 Sơ đồ kiến trúc



Hình 3.11: Sơ đồ kiến trúc Module tạo khung tín hiệu OTN

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

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

Theo cấu hình mạng truyền dẫn 5 nút (Hình 3.7). 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.

Độ dài khung tín hiệu OTN1 là 48.971  $\mu$ 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  $\lambda_1$  trên hướng 5-1, đồng thời điều khiển để khối tạo bit phát tín hiệu FAS (gồm 6 byte, phát trong 0,018  $\mu$ 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  $\mu$ s), phát Byte RES (gồm 1 byte, phát trong 0.003  $\mu$ s), phát Byte JC (gồm 1 byte, phát trong 0.003  $\mu$ 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  $\lambda_1$  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  $\mu$ 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  $\lambda_1$  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  $\mu$ s.

- Sau khi sắp xếp hết toàn bộ hàng 1 (sau 12,24  $\mu$ 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  $\mu$ s), phát Byte RES (gồm 1 byte, phát trong 0.003  $\mu$ s), phát Byte JC (gồm 1 byte, phát trong 0.003  $\mu$ 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  $\lambda_1$  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  $\mu$ 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  $\lambda_1$  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  $\mu$ s.

- Sau khi sắp xếp hết toàn bộ hàng 2 (sau 24,48  $\mu$ 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 trong 0,042  $\mu$ s), phát Byte RES (gồm 1 byte, phát trong trong 0.003  $\mu$ s), phát Byte JC (gồm 1 byte, phát trong trong 0.003  $\mu$ 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  $\lambda_1$  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  $\mu$ 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  $\lambda_1$  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  $\mu$ s.

- Sau khi sắp xếp hết toàn bộ hàng 3 (sau 36,72  $\mu$ 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:

Phát tín hiệu ODU OH (gồm 14 byte, phát trong trong 0,042  $\mu$ s), phát Byte PSI (gồm 1 byte, phát trong trong 0.003  $\mu$ s), phát Byte NJO (gồm 1 byte, phát trong trong 0.003  $\mu$ s), phát Byte PJO (gồm 1 byte, phát trong trong 0.003  $\mu$ 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  $\lambda_1$  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  $\mu$ 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  $\lambda_1$  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  $\mu$ s.

## KẾT LUẬN

Cấu trúc khung OTN theo G.709 đã nâng cao năng lực truyền tải bằng các khung có dung lượng truyền lớn và khả năng truyền trong suốt, nâng cao năng lực quản trị thông qua khả năng quản lý đầu-cuối đến từng bước sóng, tăng khoảng cách truyền dẫn nhờ sử dụng FEC, hội tụ mạng IP và DWDM giúp giảm thiểu các lớp mạng, tích hợp quản trị mạng IP và DWDM, tối ưu hóa thêm một bước năng lực truyền tải và năng lực quản trị mạng. Từ đó đáp ứng được đòi hỏi ngày càng cao của truyền dẫn băng rộng đa dạng các loại dữ liệu.

Nội dung luận văn trình bày những nội dung cơ bản của mạng truyền tải quang (OTN) như:

Chương 1 trình bày những nội dung tổng quát của mạng truyền tải quang (OTN) gồm cấu trúc lớp mạng, từ mã FEC, giám sát kết nối Tandem (TCM), mối quan hệ giữa OTN và WDM và những điểm nổi bật của OTN.

Chương 2 trình bày cấu trúc tín hiệu cơ bản, cách thức ghép tín hiệu và ánh xạ các dạng tín hiệu vào OTN, trình bày cấu trúc các khung tín hiệu điển hình và mào đầu trong các khung tín hiệu.

Từ những nội dung tổng quan ở chương 1, cấu trúc khung tín hiệu OTN ở chương 2 để nghiên cứu, đề xuất kiến trúc Module tạo khung tín hiệu OTN ở chương 3.

Chương 3 trình bày cấu trúc một số khung tín hiệu điển hình (các gói tin đầu vào của Module đóng khung tín hiệu OTN); đưa ra cấu hình một mạng truyền dẫn, xác định quá trình trao đổi thông tin giữa các nút mạng trong cấu hình mạng từ đó xác định vị trí, chức năng của Module. Kết hợp với cấu trúc khung OTN theo G.709 đề xuất được kiến trúc Module tạo khung tín hiệu OTN.

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.