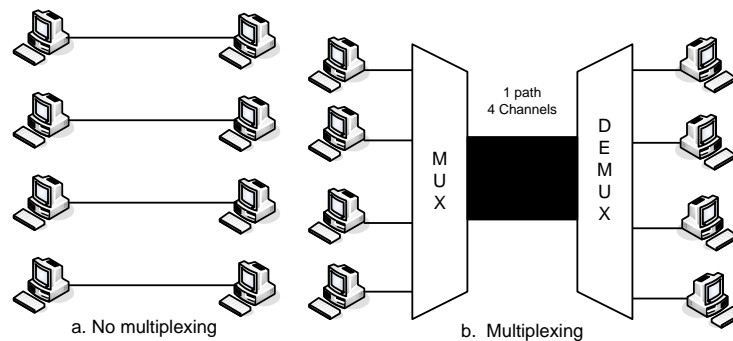


Chương 8: GHÉP KÊNH (MULTIPLEXING)

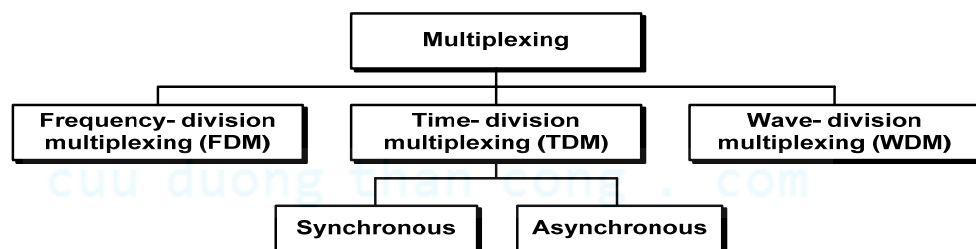
8.1 Khái niệm và phân loại

+ Khái niệm: **Ghép kênh là tập các kỹ thuật cho phép truyền đồng thời nhiều tín hiệu trên một đường kết nối dữ liệu.**



Hình 8.1

- Trong hệ thống ghép kênh, **n thiết bị chia sẻ dung lượng của một đường kết nối.**
- Bộ ghép kênh: MUX
- Bộ phân kênh: DEMUX
- **Phân loại: Có 3 kỹ thuật ghép kênh cơ bản.**
 - **FDM**: Ghép kênh phân chia theo tần số.
 - **TDM**: Ghép kênh phân chia theo thời gian. TDM gồm:
 - TDM đồng bộ (còn được gọi là TDM).
 - TDM không đồng bộ, còn gọi là TDM thống kê hoặc tập trung (concentrator).
 - **WDM**: Ghép kênh phân chia theo bước sóng.



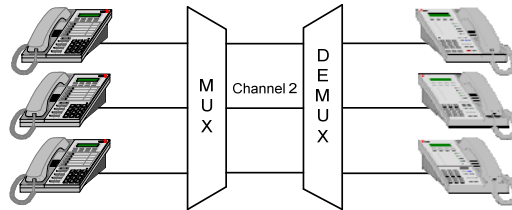
Hình 8.2

8.2 GHÉP KÊNH PHÂN CHIA THEO TẦN SỐ (FDM)

+ Khái niệm: Ghép kênh FDM là **kỹ thuật tương tự** được dùng khi **băng thông của đường truyền lớn hơn băng thông tổ hợp của các tín hiệu cần truyền.**

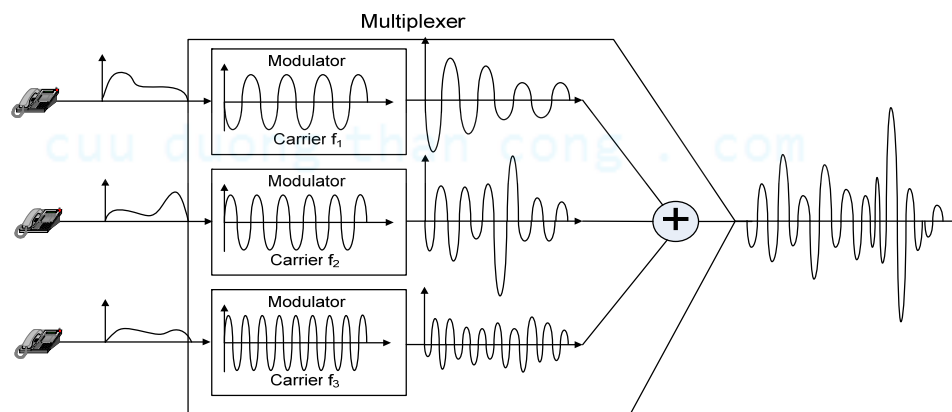
+ Đặc điểm:

- Tín hiệu do mỗi thiết bị phát tạo ra được **điều chế** với các tần số sóng mang khác nhau.
- Các tín hiệu sau khi điều chế được tổ hợp thành một tín hiệu hỗn hợp để truyền qua kết nối.
- Tần số sóng mang được phân chia thành các băng thông thích hợp với các kênh truyền.
- Các tín hiệu sau khi điều chế được phân cách bởi một dải tần bảo vệ (băng bảo vệ: dải bảo vệ), bảo đảm tín hiệu không bị trùng tần số, không gây nhiễu.

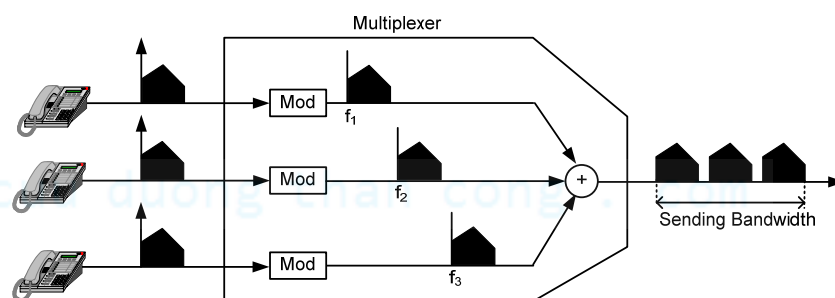


Hình 8.3

8.2.1 Quá trình ghép kênh FDM:



Hình 8.4



Hình 8.5

Hình trên minh họa ý niệm ghép kênh FDM trong miền tần số. Chú ý là trục hoành độ trong trường hợp này là trục tần số. Trong FDM, các tín hiệu này được điều chế với các tần số sóng mang riêng (f_1 , f_2 và f_3) **dùng điều chế AM hay FM**. Tín hiệu hỗn hợp có khổ sóng gấp ba lần tần số mỗi kênh cộng với các dải phân cách bảo vệ (guard band).

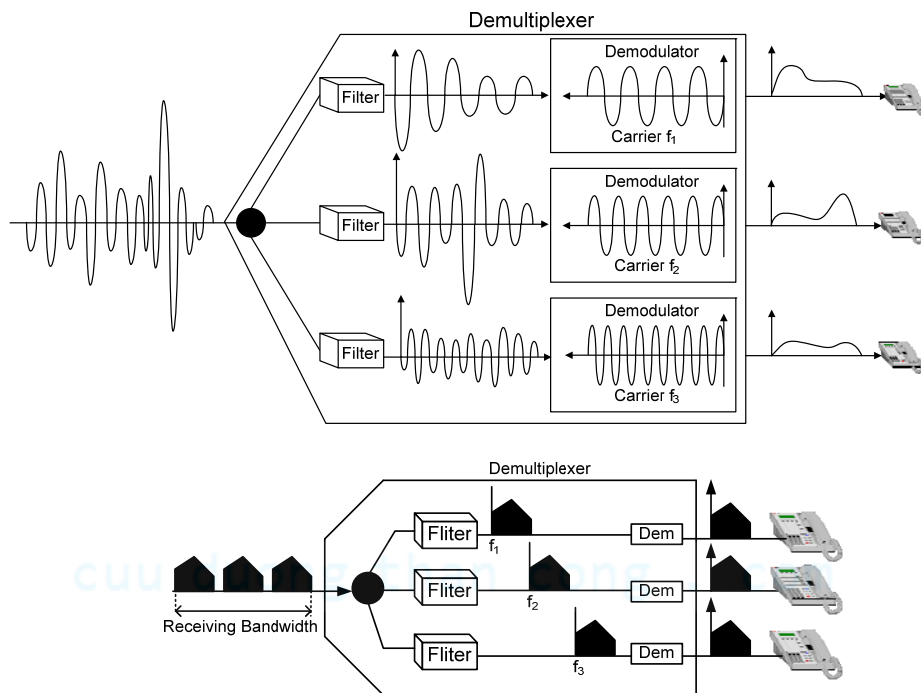
Băng thông hệ thống FDM: $BW_{FDM} = n.BW_i + (n-1)BW_{\text{bảo vệ}}$

BW_{FDM} : Băng thông hệ thống FDM;

BW_i : Băng thông ngõ vào

n: số ngõ vào

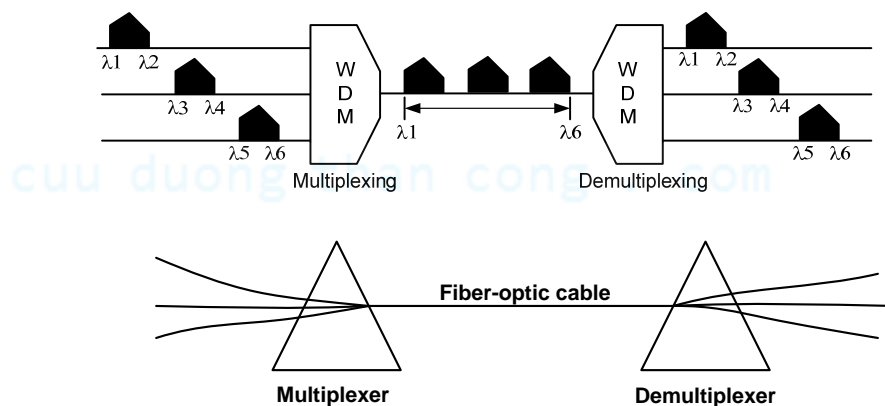
8.2.2 Phân kênh:



Hình 8.6

Bộ phân kênh là các bộ lọc nhằm tách các tín hiệu ghép kênh thành các kênh phân biệt. Các tín hiệu này tiếp tục được giải điều chế và được đưa xuống thiết bị thu tương ứng.

8.3 GHÉP KÊNH PHÂN CHIA THEO BƯỚC SÓNG (WDM)

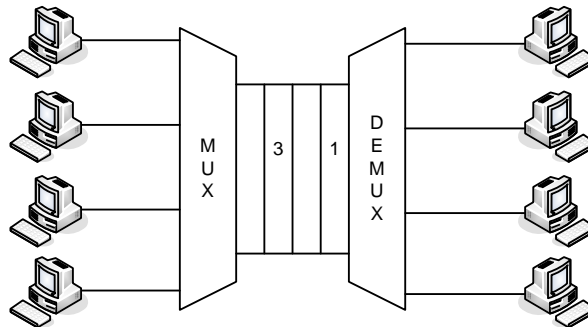


Hình 8.7

Ghép kênh dùng phương pháp phân chia theo bước sóng về ý niệm là tương tự như FDM, trừ tín hiệu là ánh sáng và môi trường là cáp quang. Điều tương tự ở đây là hai phương pháp đều dùng các tần số khác nhau cho các tín hiệu khác nhau.

8.4 GHÉP KÊNH PHÂN CHIA THEO THỜI GIAN (TDM)

+Khái niệm: Ghép kênh phân chia theo thời gian là **quá trình số** được dùng khi **môi trường truyền có tốc độ dữ liệu lớn hơn yêu cầu của thiết bị thu và phát**.



Hình 8.8

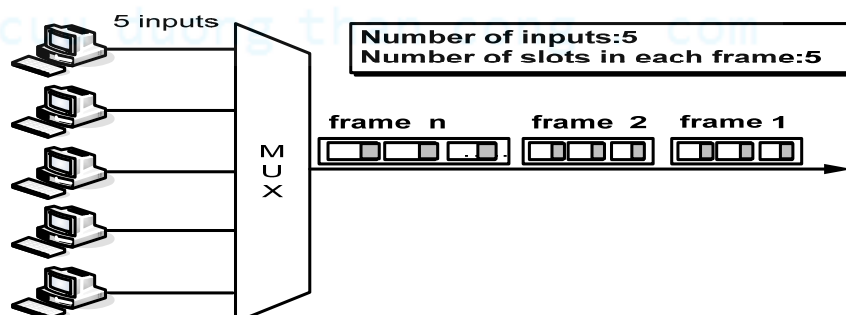
TDM có hai dạng: TDM đồng bộ và TDM không đồng bộ.

- TDM đồng bộ (còn được gọi là TDM).
- TDM không đồng bộ, còn gọi là **TDM thống kê** hoặc **tập trung (concentrator)**.

8.4.1 TDM đồng bộ:

TDM Đồng bộ được hiểu là bộ ghép kênh:

- Phân chia các khe (slot) cho từng ngõ vào (source: nguồn) với thời gian bằng nhau.
- Ngõ vào nào không có dữ liệu truyền thì khe đó bỏ trống.
- Số khe thời gian bằng số ngõ vào.
- Chiều dài của khung bằng số ngõ vào.
- Các ngõ vào có cùng tốc độ bit.

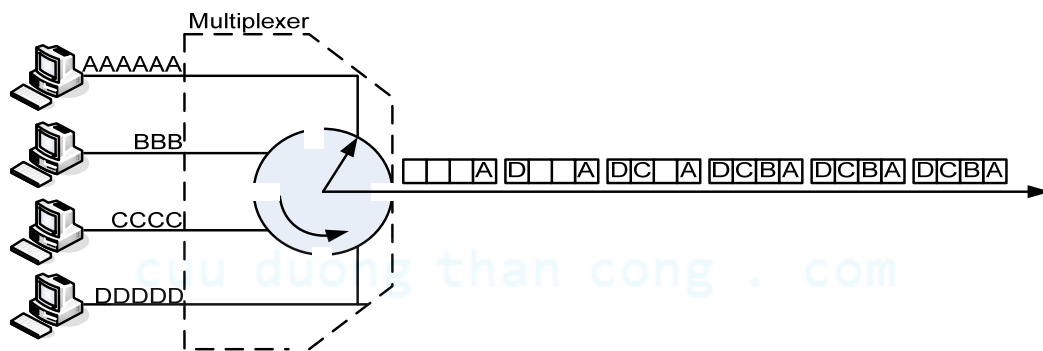


Hình 8.9

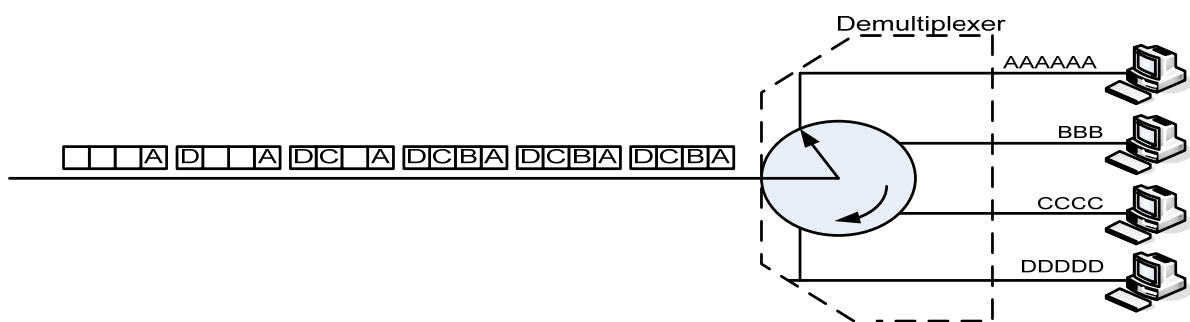
Frame (Khung): Các khe (slot) thời gian được nhóm thành khung (frame). Mỗi frame gồm một chu kỳ đầy đủ các khe thời gian, bao gồm một hay nhiều slot được gán cho từng thiết bị gởi. Trong một hệ thống có **n đường dây**, mỗi frame có ít nhất là **n slot**, trong đó mỗi slot được dùng để mang thông tin của từng ngõ vào. Khi tất cả các thiết bị ngõ vào dùng chung đường truyền để gởi với **cùng tốc độ bit** mỗi ngõ vào có một slot trong frame thời gian. Tuy nhiên, **phương pháp này cũng có thể cho phép truyền với các tốc độ truyền bit khác nhau**. Khi truyền **với hai slot trong một frame** sẽ nhanh hơn một khe mỗi frame. Mỗi khe thời gian dành cho thiết bị để tạo thành kênh truyền cho thiết bị này.

Chuyển vị (Interleaving): Phương pháp TDM đồng bộ có thể xem như một chuyển mạch xoay rất nhanh. Chuyển mạch này di chuyển từ thiết bị này sang thiết bị khác theo thứ tự và tốc độ không đổi. Qui trình này được gọi là chuyển vị (interleaving).

Chuyển vị có thể được thực hiện cho **từng bit, từng byte, hay từng đơn vị dữ liệu**. Nói khác đi, bộ ghép kênh sẽ lấy một byte của thiết bị này, và byte khác từ thiết bị khác. Trong cùng một hệ thống, các đơn vị chuyển vị này thường có cùng kích thước.



Hình 8.10



Hình 8.11

Tại máy thu, bộ phân kênh tách mỗi frame ra từng lượt một. Trong phương thức gán cho mỗi kênh một slot, ta thấy có những slot trống nếu các kênh chưa hoàn toàn hoạt động. Trong hình trên, chỉ có ba frame đầu tiên là có dữ liệu đầy đủ, các frame còn lại có các slot trống, thí dụ như ta có 6 slot trống trên tổng số 24 slot, là **một sự lãng phí dung lượng kênh truyền**.

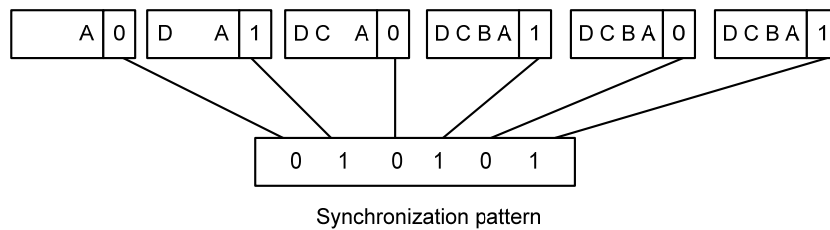
$R_{TDM} = n \times R_{bi}$; R_{TDM} : Tốc độ bit của dữ liệu sau khi ghép kênh TDM;

R_{bi} : Tốc độ của dữ liệu ngõ vào.

n: số ngõ vào.

$R_{Frame} = R_{bi}/m$; m: số bit chứa trong 1 khe.

+ Ghép kênh TDM có các bit đồng bộ (Các bit tạo khung - framing bits):



Hình 8.12

Do các slot trong phương pháp TDM đồng bộ được sắp xếp theo thứ tự, nên ta không cần thay đổi gì từ frame này sang frame khác, nên cần rất ít thông tin overhead(dẫn đường) cho mỗi frame. Nhằm mục đích cho bộ phân kênh biết phải chuyển các slot đi đâu, nên nhất thiết phải có vấn đề định địa chỉ. Nhiều yếu tố có thể làm cho việc định thời trở nên không ổn định, như thế cần thêm một hay nhiều bit đồng bộ, được thêm vào đầu mỗi frame. Các bit này còn được gọi là các bit tạo khung (framing bits), đi theo từng mẫu, từ frame sang frame, cho phép bộ phân kênh đồng bộ với luồng dữ liệu đến nhằm chia các slot được chính xác. **Trong hầu hết các trường hợp, các thông tin đồng bộ gồm một bit trên mỗi frame, liên tiếp giữa 0 và 1 (0101010101) và tiếp tục.**

$R_{TDM}(\text{có từ đồng bộ}) = n \times R_{bi} + R_{Frame}$; R_{TDM} : Tốc độ bit của dữ liệu sau khi ghép kênh TDM;

R_{bi} : Tốc độ của dữ liệu ngõ vào.

n: số ngõ vào.

$R_{Frame} = R_{bi}/m$; m: số bit chứa trong 1 khe.

Ví dụ: Cho 4 nguồn vào có tốc độ 2000bps (250 ký tự/s), được ghép kênh TDM đồng bộ có sử dụng mẫu đồng bộ. Hãy tính tốc độ bit luồng dữ liệu số sau khi ghép kênh. Biết rằng hệ thống ghép kênh theo byte.

Vì ghép kênh TDM đồng bộ có sử dụng mẫu đồng bộ **nên** tốc độ bit luồng dữ liệu số sau khi ghép kênh là:

$R_{TDM}(\text{có từ đồng bộ}) = n \times R_{bi} + R_{Frame}$

n: số ngõ vào, n= 4;

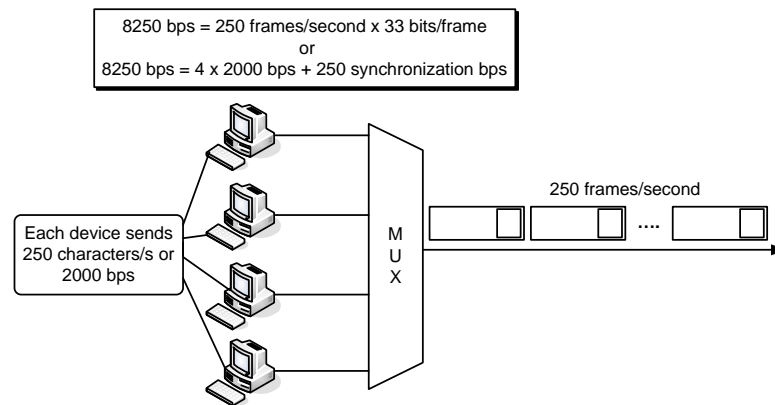
R_{bi} : Tốc độ của dữ liệu ngõ vào. $R_{bi} = 2000\text{bps}$.

R_{Frame} : Tốc độ frame; $R_{Frame} = R_{bi}/m$; m: số bit chứa trong 1 khe.

Vì hệ thống ghép kênh theo byte nên m=8

Suy ra $R_{Frame} = R_{bi}/m = 2000/8 = 250 \text{ frame/s}$

Suy ra $R_{TDM}(\text{có từ đồng bộ}) = n \times R_{bi} + R_{Frame} = 4 \times 2000 + 250 = 8250 \text{ bps}$.



Hình 8.13

Giả sử ta có bốn nguồn vào trên một đường truyền TDM đồng bộ, trong đó có sự chuyển vị (interleaving) các ký tự. Nếu mỗi nguồn tạo ra 250 ký tự trong mỗi giây, và mỗi frame mang 1 ký tự của mỗi nguồn, đường truyền có thể mang 250 frame/giây.

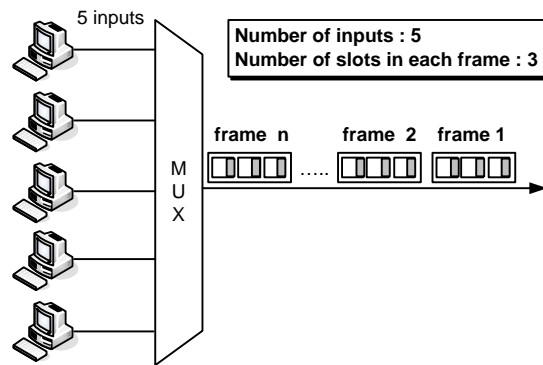
Nếu ta giả sử mỗi ký tự gồm tám bit, như thế mỗi frame dài 33 bit: 32 bit dùng cho bốn ký tự và một bit tạo khung. Nhìn vào quan hệ bit, ta thấy mỗi thiết bị tạo ra 2000 bps (250 ký tự/ 8 bit mỗi ký tự) nhưng đường dây phải dẫn đến 8250 bps (250 frame với 33 bit mỗi frame): 8000 bit dữ liệu và 250 bit overhead.

Bit nhồi (bit stuffing): **Ta có thể cho phép các thiết bị được truyền tín hiệu với các tốc độ khác nhau trong TDM đồng bộ.** Thí dụ, thiết bị A dùng 1 khe thời gian, trong khi thiết bị B nhanh hơn dùng hai slot. Số lượng slot trong frame và các đường vào dùng các slot này trong hệ thống thường được giữ cố định, tuy nhiên tốc độ truyền có thể điều khiển được số lượng các slot này. Chú ý rằng, **độ dài thời gian trong mỗi slot là không đổi.** Để cho phương pháp này hoạt động được, các **tốc độ bit khác nhau phải là bội số nguyên của nhau.** Thí dụ, ta có thể cho một thiết bị có tốc độ nhanh hơn 5 lần so với thiết bị khác bằng cách cung cấp cho thiết bị nhanh 5 slot và thiết bị còn chỉ dùng 1 slot, tuy nhiên, ta không thể cho vận hành với trường hợp một thiết bị có tốc độ **nhỏ 5,5 lần** vì không thể cung cấp năm và ½ slot được trong phương pháp truyền đồng bộ này.

Ta có thể giải quyết trường hợp trên dùng phương pháp gọi là bit nhồi (bit stuffing). Trong phương pháp này, một ghép **kênh cộng thêm một số bit thêm vào dòng bit truyền.** Thí dụ, khi có một thiết bị có tốc độ truyền gấp **2,75 lần** so với các thiết bị khác, ta thêm vào một số bit để tốc độ có bội số **là 3 lần** so với các thiết bị khác. Các bit thừa này (0,25 lần) sẽ được bộ phân kênh nhận ra và loại đi.

8.4.2 TDM không đồng bộ:

- Phân chia các khe (slot) của từng tín hiệu với thời gian bằng nhau.
- Số khe thời gian **nhỏ** hơn số ngõ vào.
- Không có khe trống.



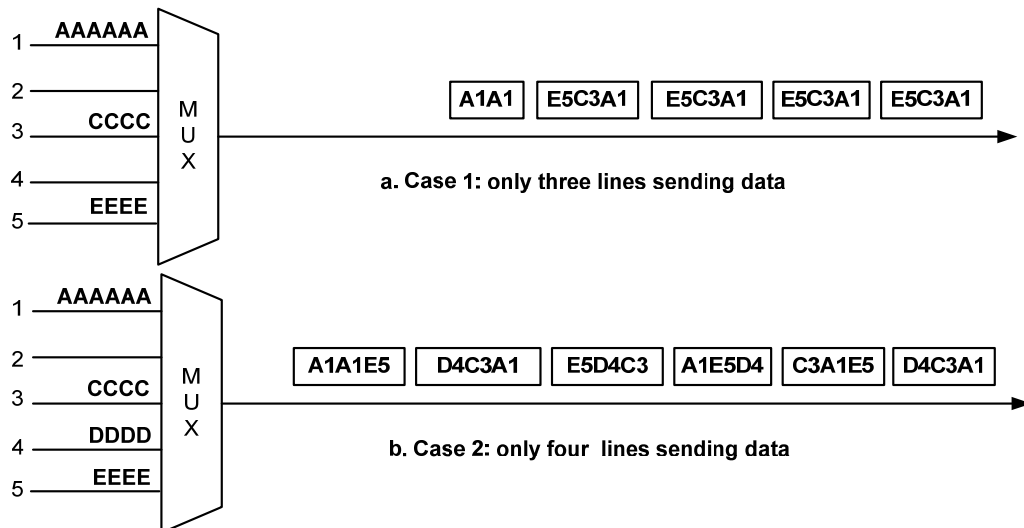
Hình 8.14

Phương pháp ghép kênh bằng cách phân chia theo thời gian không đồng bộ hay phương pháp ghép kênh phân chia theo thời gian dùng phương pháp thống kê, được thiết kế để tránh lãng phí này. **Từ không đồng bộ thường có nhiều nghĩa khác nhau khi dùng trong kỹ thuật ghép kênh và truyền dẫn, trong trường hợp này, từ này được hiểu là mềm dẻo và không cố định.**

Tương tự như trong TDM đồng bộ, TDM cho phép một số các ngõ vào có tốc độ thấp được ghép kênh trong một đường truyền tốc độ cao. Khác với trường hợp dùng TDM đồng bộ, tổng số tốc độ của các đường vào có thể lớn hơn khả năng của đường truyền. Trong hệ TDM đồng bộ, nếu ta có n ngõ vào, frame phải gồm một số không đổi với ít nhất là n slot. **Trong hệ không đồng bộ, nếu ta có n đường vào thì frame không chứa nhiều hơn n slot.** TDM không đồng bộ hỗ trợ cùng số lượng ngõ vào như trường hợp TDM đồng bộ nhưng dung lượng đường truyền thấp hơn. Hay trong cùng một đường truyền, TDM không đồng bộ có thể hỗ trợ nhiều thiết bị hơn so với trường hợp đồng bộ.

Số lượng các slot trong frame TDM không đồng bộ dựa trên các phân tích thống kê về số ngõ vào truyền dẫn trong cùng một đơn vị thời gian. Các slot không được phân trước, mà phục vụ cho ngõ vào nào có dữ liệu cần truyền. Bộ ghép kênh quét các ngõ vào, chấp nhận một phần dữ liệu cho đến khi frame được lấp đầy, và gửi frame này trên đường truyền. Nếu không đủ dữ liệu để lấp đầy tất cả các slot trong frame, frame chỉ chuyển đi phần đã đầy; như thế kênh có thể không sử dụng hết 100% khả năng của mình. Tuy nhiên từ khả năng cho phép thiết lập các slot một cách năng động hơn, ghép nối một phần nhỏ các slot của ngõ vào, đã giảm thiểu được lãng phí trên đường truyền.

Hình bên dưới minh họa một hệ thống với 5 máy tính chia sẻ đường truyền dùng TDM không đồng bộ. Trong thí dụ này, kích thước của frame là ba slot. Hình vẽ cho thấy bộ ghép kênh đã xử lý ba mức lưu thông khác nhau. Trong trường hợp đầu, chỉ có ba trong năm máy tính có dữ liệu gửi (đó là trường hợp trung bình, đã cho phép chọn ba slot trong một frame). Trong trường hợp thứ hai, bốn ngõ vào truyền dữ liệu, nhiều hơn một slot trong frame. Trong trường hợp thứ ba (thống kê cho thấy ít khi xảy ra), tất cả các ngõ vào đều gửi dữ liệu. Trong tất cả các trường hợp, bộ ghép kênh quét qua theo thứ tự, từ 1 đến 5, lấp đầy các slot để gửi dữ liệu đi.



Hình 8.15

Trong trường hợp đầu, ba ngõ vào tác động tương ứng với ba slot trong mỗi frame. Trong bốn frame đầu, các ngõ vào được phân phối đối xứng dọc theo tất cả các thiết bị thông tin. Tại frame thứ 5, thiết bị 3 và 5 đã truyền xong, nhưng thiết bị 1 còn hai ký tự phải gửi. Bộ ghép kênh chọn A từ thiết bị 1, quét xuống đường dây mà không tìm thấy thiết bị cần truyền tin, và trở về thiết bị 1 để lấy ký tự A cuối. Không còn thông tin cho slot cuối cùng, bộ ghép kênh gửi frame thứ 5 đi với chỉ có hai slot có dữ liệu. Trong TDM đồng bộ, cần sáu frame với 5 slot mỗi frame cần để truyền tất cả các dữ liệu, như thế là cần 30 slot. Nhưng chỉ có 14 trong số các slot này được sử dụng. Trong hệ TDM không đồng bộ, chỉ có một frame là được chuyển đi không đầy đủ. Trong thời gian còn lại, toàn khả năng của đường truyền được sử dụng.

Trong trường hợp thứ hai, có một slot thiếu, nhưng bộ ghép kênh quét từ 1 đến 5, rồi lấp đầy trước khi chuyển đi. Frame đầu gửi dữ liệu từ thiết bị 1, 3 và 4, chứ không phải 5. Bộ ghép kênh tiếp tục quét và thấy còn sót một, nên đưa dữ liệu của 5 vào slot đầu tiên của frame kế, rồi quét trở lại lên trên để đưa phần dữ liệu thứ hai của 1 vào slot thứ 2, và tiếp tục. Như thế, khi số các thiết bị gửi không bằng số slot trong frame, các slot không được lấp đầy một cách đối xứng. Thí dụ thiết bị 1, chiếm slot 1 trong frame đầu, nhưng lại chiếm slot 2 trong frame kế.

Trong trường hợp thứ ba, các frame được làm đầy như trên, nhưng lại có năm thiết bị cần truyền dữ liệu. Từ đó, thiết bị 1 chiếm slot 1 trong frame đầu, slot 3 trong frame 2, và không có slot nào trong frame 3.

Trong thí dụ 2 và 3, nếu tốc độ đường dây bằng ba lần tốc độ truyền của từng kênh, dữ liệu sẽ được truyền nhanh hơn khả năng vận hành của bộ ghép kênh. Như thế nhất thiết phải có thêm một bộ nhớ đệm (buffer) nhằm lưu trữ dữ liệu, chờ đến khi bộ ghép kênh có thể giải quyết.

Định địa chỉ (addressing) và overhead:

Trường hợp 2 và 3 nói trên đã minh họa **được yếu điểm của TDM không đồng bộ**. Như thế bộ phân kênh **làm thế nào để biết được là slot nào là của kênh nào?** Trong TDM đồng bộ, thiết bị có dữ liệu trong slot phụ thuộc vào vị trí thời gian của slot trong frame. Nhưng điều này không đúng với trường hợp TDM không đồng bộ. Như thế trong TDM không đồng bộ

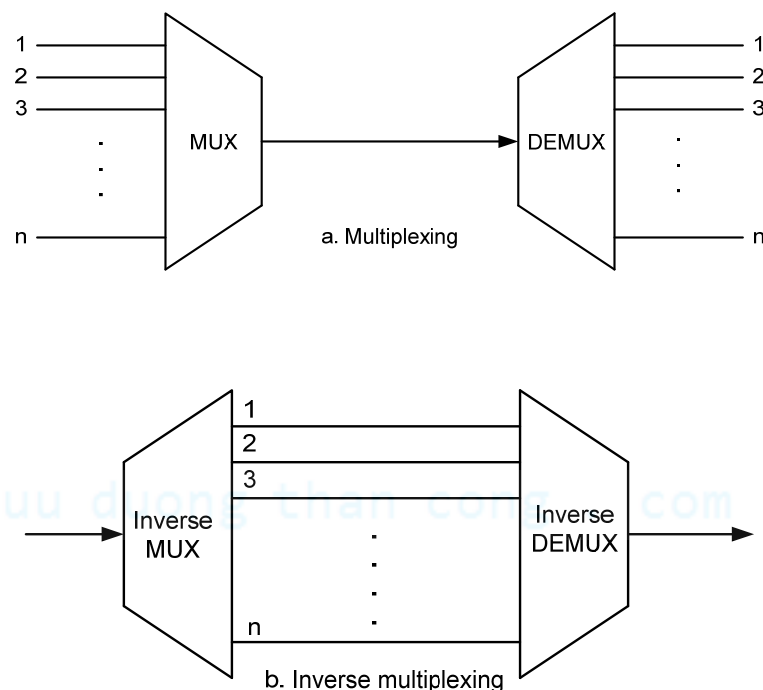
nhất thiết phải có phương pháp định địa chỉ giúp bộ phân kênh thực hiện đúng chức năng của mình. Địa chỉ này chỉ dùng một cách cục bộ, được bộ ghép kênh đính kèm theo khi gửi và được bộ phân kênh loại đi sau khi đọc xong.

Khi thêm các bit địa chỉ vào mỗi slot làm gia tăng overhead của hệ không đồng bộ và làm giảm hiệu năng của hệ thống. Để giảm thiểu yếu tố này, địa chỉ thường chỉ gồm một số ít bit và có thể rút gọn lại bằng cách chỉ truyền toàn bộ địa chỉ trong phần đầu truyền dẫn, các phần còn lại chỉ truyền đi địa chỉ dạng rút gọn.

Nhu cầu định địa chỉ làm giảm hiệu quả của TDM không đồng bộ khi chuyển vị các bit hay byte. Giả sử khi chuyển vị bit mà phải mang thêm bit địa chỉ; thêm một bit dữ liệu, ba bit địa chỉ. Như thế cần thêm bốn bit để truyền một bit dữ liệu. Như thế cho dù có tận dụng hết công suất của kênh truyền đi nữa thì chỉ có một phần tư năng lực của đường truyền được dùng cho việc truyền dữ liệu, phần còn lại là overhead. **Từ đó, TDM không đồng bộ chỉ thực sự hiệu quả khi kích thước các slot trong frame phải tương đối lớn.**

Các khe có độ dài thay đổi (Variable-length Tome slot): TDM không đồng bộ có thể cho phép truyền dữ liệu với các tốc độ khác nhau bằng cách thay đổi kích thước của các slot trong frame. Trạm phát với tốc độ cao có thể được cung cấp slot có kích thước dài hơn. Việc quản lý trường có độ dài thay đổi đòi hỏi phải thêm vào các bit điều khiển tại phần đầu của mỗi slot nhằm cho biết độ dài của phần dữ liệu đang đến. Các bit thêm này cũng làm gia tăng overhead của hệ thống và một lần nữa, có khả năng làm giảm hiệu suất của hệ thống và hệ thống chỉ hiệu quả với các frame có kích thước các slot lớn hơn.

8.4.3 GHÉP KÊNH NGHỊCH:



Hình 8.16

Như tên gọi, đây là đối ngẫu với trường hợp ghép kênh. ***Ghép kênh nghịch dùng luồng dữ liệu từ một đường tốc độ cao và chia cắt ra thành nhiều phần để có thể truyền được đồng thời trên đường tốc độ thấp, mà không bị tổn thất về tốc độ dữ liệu.***

Tại sao lại cần ghép kênh nghịch?

Thử xét trường hợp ta muốn truyền dữ liệu, thoại và video, với các tốc độ truyền khác nhau.

Để gửi voice, ta cần kết nối 64 Kbps.

Gửi dữ liệu, cần 128 Kbps

Video có khi cần đến 1,544 Mbps = 64 Kbps x 24.

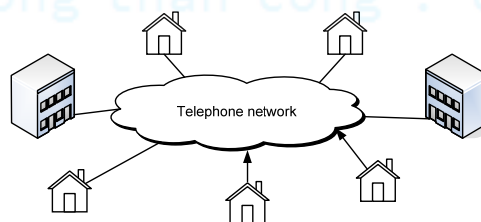
Như thế có hai lựa chọn:

Thuê một kênh 1,544 Mbps từ công ty điện thoại và rất ít khi dùng toàn dung lượng kênh truyền và rất **lãng phí**.

Thuê nhiều kênh riêng có tốc độ truyền thấp hơn 64 Kbps.

Dùng một phương thức được gọi là **khổ sóng theo yêu cầu** (bandwidth on demand), nhằm dùng các kênh truyền khi có yêu cầu dùng kênh. Dữ liệu hay tín hiệu video có thể được chẻ nhỏ và gửi đi trong hai hay nhiều kênh hơn. Nói cách khác, **tín hiệu dữ liệu và video có thể được ghép kênh nghịch dùng nhiều đường truyền.**

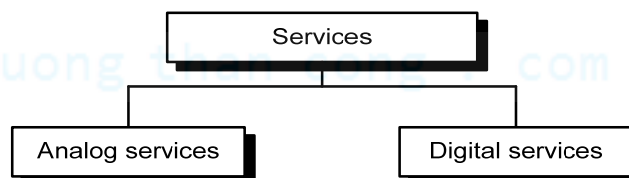
8.5 ỨNG DỤNG CỦA GHÉP KÊNH: HỆ THỐNG ĐIỆN THOẠI



Hình 8.17

Ghép kênh luôn là công cụ chủ yếu trong công nghiệp điện thoại, trong đó đã ứng dụng cả FDM và TDM. Hiện nay, trên thế giới có nhiều hệ thống khác nhau. Trong trường hợp này, ta thử khảo sát hệ thống Bắc Mỹ.

8.5.1. Dịch vụ sóng mang chung và phân cấp (common carrier services and hierarchies):

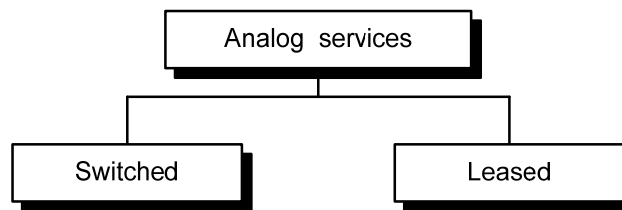


Hình 8.18

Ban đầu các công ty điện thoại chỉ có thể dùng dịch vụ analog trong mạng analog. Hiện nay, công nghệ đã cho phép thực hiện các dịch vụ và mạng số.

8.5.1.1. DỊCH VỤ ANALOG:

Có hai dịch vụ cho thuê bao là: dịch vụ chuyển mạch (switched services) và dịch vụ thuê (leased services).

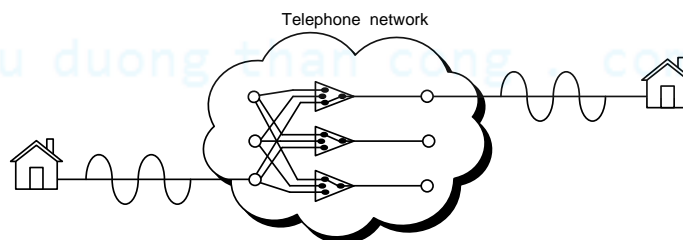


Hình 8.19

Dịch vụ chuyển mạch analog (analog switched service): Là dịch vụ gọi máy (dial up) thông thường dùng tại nhà. Dùng hai dây (hay trong một số trường hợp; dùng bốn dây) là **cáp đôi xoắn** để kết nối máy điện thoại với mạng thông qua tổng đài. Kết nối này được gọi là mạch vòng (local loop). Mạng được kết nối này đôi khi còn được gọi là PSTN (public switched telephone network)

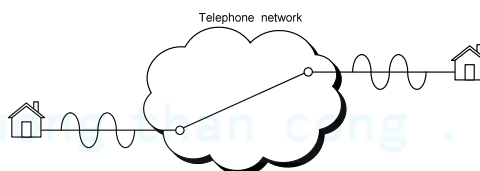
Tín hiệu trong mạch vòng là analog, và băng thông thường là từ 0 đến 4000 Hz.

Trong đường chuyển mạch, khi có tín hiệu gọi đến, cuộc gọi được đưa đến chuyển mạch, tại trạm chuyển mạch. Các chuyển mạch chuyển kết nối với người được gọi. Chuyển mạch đã kết nối hai máy trong thời gian cuộc gọi.



Hình 8.20

Dịch vụ thuê kênh analog (analog leased service): cung cấp cho thuê bao cơ hội để thuê đường dây, đôi khi còn gọi là **dedicated line**, tức là **kết nối thường trực** với thuê bao khác. Mặc dù kết nối vẫn phải dùng chuyển mạch của mạng điện thoại, thuê bao xem như là một dây riêng do chuyển mạch luôn được đóng, không cần gọi máy (dialing).



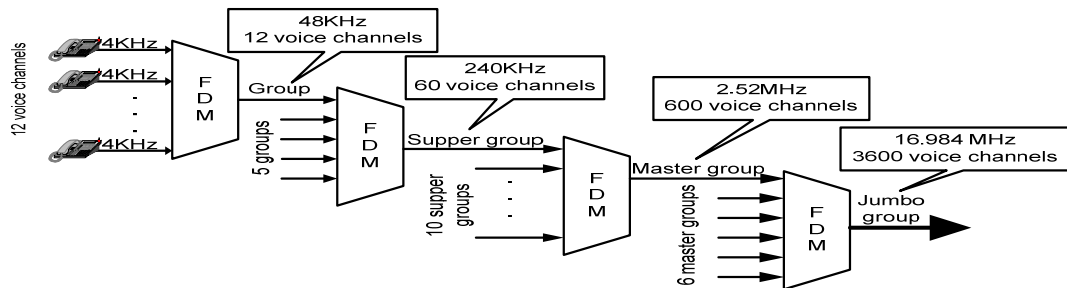
Hình 8.21

Conditioned lines: Telephone carrier cũng cung cấp một dịch vụ gọi là conditioning, tức là **cải thiện chất lượng đường dây do nhiễu làm nghe không rõ**, méo dạng tín hiệu và nhiễu do trễ. Điều kiện đường dây này là analog, nhưng chất lượng cho phép dùng được với thông tin dữ liệu số nếu được kết nối với modem.

Phân cấp mạng analog (analog hierarchy):

Để tăng hiệu quả của hạ tầng, các công ty điện thoại có xu hướng ghép kênh. Trường hợp analog dùng FDM.

Một trong những hệ thống phân cấp do AT&T đề thiết lập các nhóm, siêu nhóm, nhóm chủ và nhóm jumbo.



Hình 8.22

Trong phương pháp phân cấp này, 12 kênh thoại được ghép thành một đường có băng thông rộng hơn, tạo thành nhóm (group). (Để duy trì băng thông, AT&T dùng kỹ thuật điều chế loại bỏ sóng mang và biên dưới của tín hiệu, và phục hồi chúng khi phân kênh). Mỗi nhóm như thế là 48 KHz và hỗ trợ 12 kênh thoại.

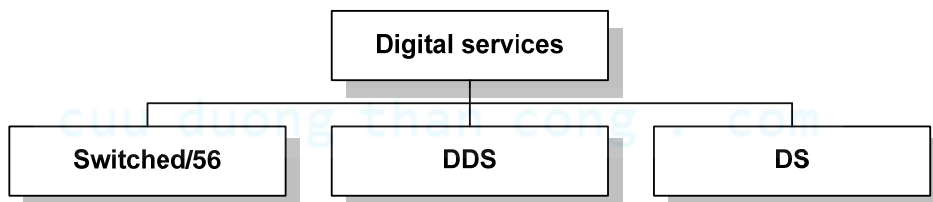
Trong cấp kế, năm nhóm được ghép thành một tín hiệu hỗn hợp được gọi là siêu nhóm (supergroup), có băng thông 240 KHz và hỗ trợ đến 60 kênh thoại. Siêu nhóm có thể được ghép từ 5 nhóm hay 60 kênh thoại riêng biệt.

Tiếp đến, 10 siêu nhóm được ghép thành nhóm chủ (master group), có băng thông 2,40 MHz và do cần có các dải bảo vệ, nên thực tế là 2,52 MHz. Nhóm chủ hỗ trợ đến 600 kênh thoại.

Cuối cùng sáu nhóm chủ kết hợp thành một nhóm jumbo, có 15,12 MHz ($6 \times 2,52$ MHz) nhưng tăng đến 16,984 MHz do cần băng bảo vệ giữa các nhóm chủ.

Tuy có nhiều biến thể của phép phân cấp này (ITU-T đã đồng ý một hệ thống khác dùng cho châu Âu). Tuy nhiên do hiện nay các hệ thống analog đang dần được thay thế bằng các mạng số, nên ta chỉ giới hạn vấn đề ở đây.

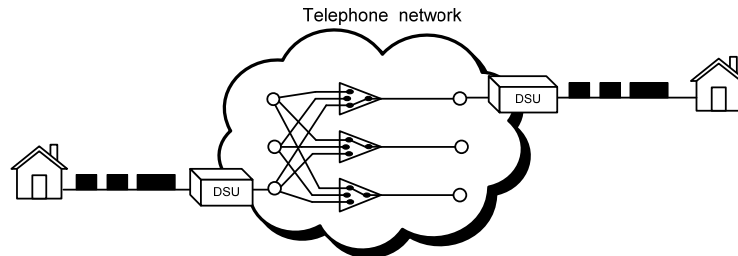
8.5.1.2. DỊCH VỤ SỐ



Hình 8.23

Hiện nay, các dịch vụ số dần được cung cấp cho thuê bao. Một trong những ưu điểm của dịch vụ số là tính kháng nhiễu tốt hơn nhiều so với analog. Trong hệ thống analog, do dữ liệu và nhiễu đều là analog nên khó phát hiện và triệt nhiễu, còn trong dịch vụ số dữ liệu là số (chỉ có hai mức), nhiễu vẫn là analog nên quá trình phát hiện và triệt nhiễu đơn giản hơn.

a. Dịch vụ chuyển mạch/56: đây là dạng số của dây chuyển mạch. Là dịch vụ chuyển mạch số cho phép **tốc độ dữ liệu lên đến 56 Kbps**. Để thông tin trong dịch vụ này, hai bên đều phải đăng ký. Một người gọi dùng dịch vụ điện thoại thông thường không kết nối được với điện thoại hay máy tính dùng chuyển mạch/56 Kbps ngay cả khi dùng modem. Nói chung, các dịch vụ analog và số biểu diễn hai lĩnh vực khác nhau trong điện thoại.



Hình 8.24

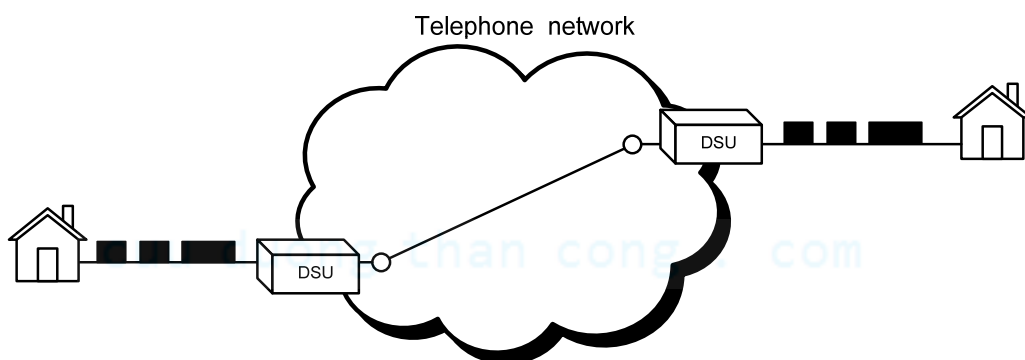
Do đường dây dùng dịch vụ chuyển mạch/56 tự thân đã là số, nên thuê bao không cần dùng modem để truyền dữ liệu số. Tuy nhiên, phải cần một thiết bị **đơn vị dịch vụ số DSU** (digital service unit). Thiết bị này thay đổi tốc độ dữ liệu số do thuê bao tạo ra thành 56 Kbps và mã hóa dữ liệu phù hợp với nhà cung cấp dịch vụ.

Điều không may là **DSU lại đắt tiền hơn modem**, như thế tại sao thuê bao lại chấp nhận. Lý do là đường dây số **cho phép có tốc độ nhanh hơn, chất lượng tốt hơn và chống nhiễu tốt hơn** so với đường analog.

Băng thông theo yêu cầu (Bandwidth on demand): Chuyển mạch/56 hỗ trợ khổ sóng theo yêu cầu, **cho phép thuê bao có tốc độ cao hơn bằng cách dùng nhiều hơn một đường dây** (xem phần ghép kênh nghịch). Chọn lựa này cho phép chuyển mạch/56 hỗ trợ hội thảo truyền hình, fax nhanh, multimedia, và truyền dữ liệu nhanh, và các chức năng khác.

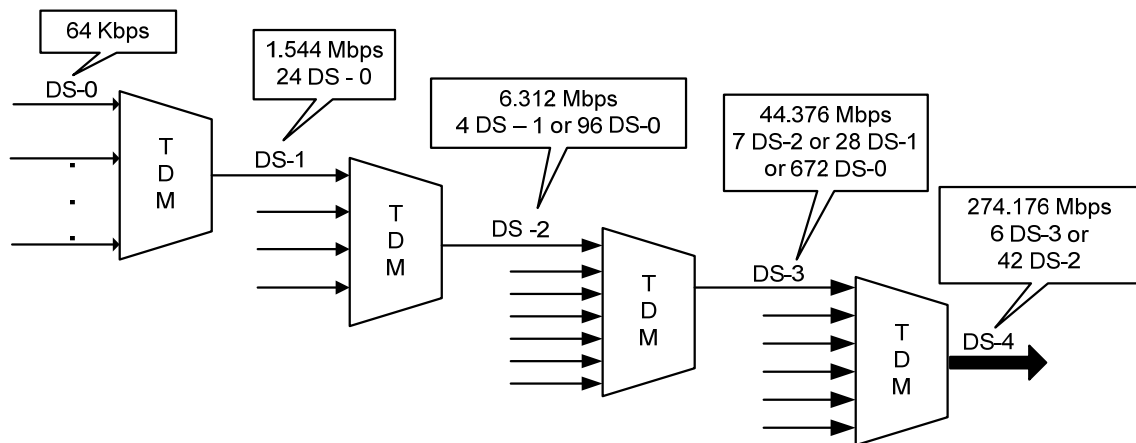
b. Dịch vụ dữ liệu số (DDS: Digital Data Service): là dạng khác của đường thuê bao analog; tức **là đường thuê dạng số với tốc độ truyền tối đa là 64 Kbps**.

Tương tự như chuyển mạch/56, DDS cần dùng DSU, trường hợp này, dùng DSU rẻ hơn chuyển mạch/56, tuy không cần dùng các phím.



Hình 8.25

c. Dịch vụ tín hiệu số (DS: Digital Signal service): sau khi cung cấp chuyển mạch/56 và dịch vụ DDS, các công ty điện thoại thấy cần phát triển việc phân cấp dịch vụ số rất giống như hệ thống analog. Bước kế tiếp **là dịch vụ tín hiệu số (DS)**, là phân cấp của các tín hiệu số.



Hình 8.26

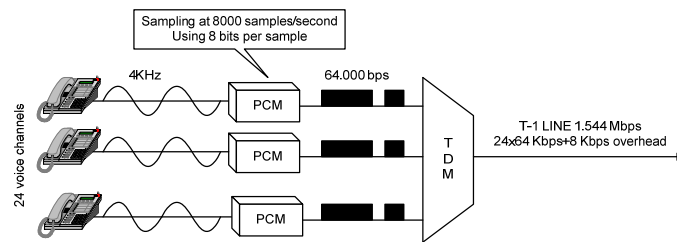
- ❑ Dịch vụ DS-0: tương tự như DDS, đó chính là các kênh số với 64 Kbps.
- ❑ DS-1 là dịch vụ 1,544 Mbps; 1,544 là 24 lần của 64 Kbps cộng với 8 Kbps của overhead. Có thể dùng trong một dịch vụ truyền 1,544 Mbps, hay có thể dùng để ghép kênh 24 DS-0 để mang bất kỳ các thông tin nào mà user yêu cầu trong tầm dung lượng 1,544 Mbps.
- ❑ DS-2 là dịch vụ 6,312 Mbps; 6,312 Mbps là 96 lần 64 Kbps cộng với 168 overhead. Có thể dùng để truyền một dịch vụ 6,312 Mbps hay dùng ghép 4 kênh DS-1, 96 DS-0, hay kết hợp các dịch vụ trên.
- ❑ DS-3 là dịch vụ 44,376 Mbps; 44,376 Mbps là 672 lần 64 Kbps cộng 1,368 overhead. Có thể dùng truyền một dịch vụ 44,376 Mbps hay 7 kênh DS-2, 28 kênh DS-1, 672 kênh DS-0, hay kết hợp các dịch vụ trên.
- ❑ DS-4 là dịch vụ 274,176Mbps; 274,176Mbps tức là 4032 nhân với 64 Kbps cộng với 16,128 Mbps overhead. Có thể được dùng để ghép 6 kênh DS-3, 42 kênh DS-2, 168 kênh DS-1, 4032 kênh DS-0, hay kết hợp các phương pháp trên.

T-lines: DS-0, DS-1 và tiếp tục là tên các dịch vụ. Để thiết lập các dịch vụ này, các công ty điện thoại dùng dây T (T-1 hay T-4). Các đường dây này thích hợp một cách chính xác với tốc độ dữ liệu của dịch vụ từ DS-1 đến DS-4.

Service	Line	Rate (Mbps)	Voice Channels
DS-1	T-1	1.544	24
DS-2	T-2	6.312	96
DS-3	T-3	44.736	672
DS-4	T-4	274.176	4032

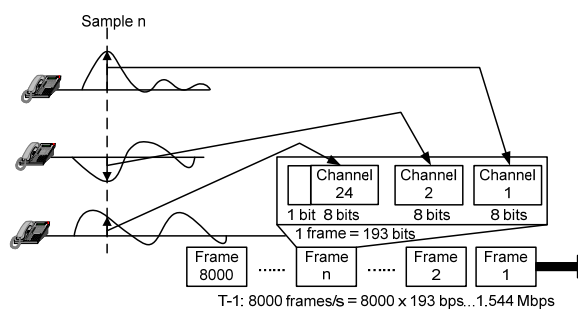
T-1 được dùng để thiết lập DS-1, T-2 được dùng để thiết lập DS-2, v.v.,.... Trong bảng, ta thấy là DS-0 thực sự không phải là dịch vụ, nhưng được định nghĩa để dùng làm cơ sở tham chiếu. các công ty điện thoại hy vọng là khách hàng của mình thấy là các dịch vụ của DS-0 thay thế được DDS.

T line dùng cho truyền dẫn analog:



Hình 8.27

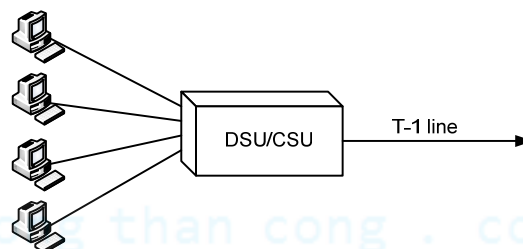
Frame T-1: như đã nói trên, DS-1 cần 8 Kbps làm overhead. Để hiểu được cách tính overhead này, ta cần xem xét format của frame 24 kênh thoại.



Hình 8.28

Frame dùng cho dây T-1 thường là 193 bit chia cho 24 slot/8bit và thêm một bit đồng bộ ($24 \times 8 + 1 = 193$). Nói khác đi mỗi slot chứa một đoạn tín hiệu từ mỗi kênh; 24 segment được chuyển vị thành một frame. Nếu T-1 mang 800 frame, tốc độ dữ liệu là 1,544 Mbps ($193 \times 8000 = 1,544$ Mbps), là dung lượng của đường dây.

Fractional T line: nhiều thuê bao có thể không dùng hết toàn dung lượng của T line. Để phục vụ các thuê bao này, công ty điện thoại đã phát triển dịch vụ fractional (phân đoạn) T line, cho phép thuê bao được chia sẻ một đường truyền bằng cách đa hợp các truyền dẫn.



Hình 8.29

Thí dụ, một doanh nghiệp nhỏ có thể chỉ cần $\frac{1}{4}$ dung lượng đường T-1. Nếu bốn doanh nghiệp có trụ sở trong cùng tòa nhà, họ có thể chia đường T-1. Để thực hiện, họ hướng các đường truyền của họ qua một bộ phận gọi là DSU/CSU (digital service unit/channel service unit). Thiết bị này cho phép họ chia dung lượng kênh truyền thành bốn kênh chuyển vị (interleaving).

E-Lines: các dạng T line dùng tại châu Âu thì gọi là E line. Về nguyên tắc, hai hệ thống này tương tự nhau, nhưng dung lượng khác nhau.

Line	Rate (Mbps)	Voice Channels
E-1	2.048	30
E-2	8.448	120
E-3	34.368	480
E-4	139.264	1920

8.5.2 Các dịch vụ ghép kênh khác:

Ta đã khảo sát phương pháp ghép kênh trong môi trường cáp, nhưng ghép kênh còn có thể dùng được trong cả môi trường trái đất lẫn vệ tinh. Ngày nay các nhà cung cấp dịch vụ điện thoại đã đưa ra một dịch vụ rất mạnh, như ISDN, SONET, và ATM đều phụ thuộc vào phương pháp ghép kênh.

8.6.ĐƯỜNG DÂY THUÊ BAO SỐ (DSL)

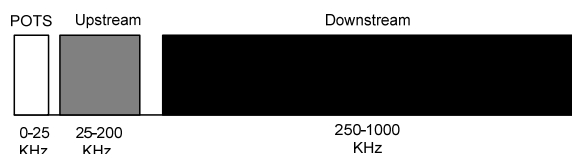
Đường dây thuê bao số (DSL: Digital Subscriber Line) là một công nghệ mới được dùng trong các mạng điện thoại hiện đại như mạch vòng (local loop) điện thoại, cho phép thực hiện **việc truyền với tốc độ cao dữ liệu, voice, video, và đa phương tiện (multimedia)**.

DSL là một họ các công nghệ: nằm trong số đó là: ADSL, RADSL, HDSL, VDSL và SDSL.

8.6.1.ADSL: (asymmetric digital subscriber line)

Các công ty điện thoại đã thiết lập mạng số diện rộng tốc độ cao để duy trì thông tin giữa các tổng đài. Kết nối giữa thuê bao và mạng, lại vẫn còn là analog (mạch vòng). Như thế cần có kết nối số - một dây thuê bao số - mà không cần phải thay đổi mạch vòng hiện hữu. Mạch vòng là cáp đôi xoắn có băng thông 1 MHz hoặc lớn hơn.

ADSL là không đối xứng, tức là cung cấp tốc độ bit cao theo chiều **downstream** (từ tổng đài đến thuê bao) cao hơn so với tốc độ **upstream** (từ thuê bao đến tổng đài). Đó là điều mà thực tế các thuê bao đều cần, họ muốn download nhiều dữ liệu từ Internet nhanh và khi gửi chỉ chuyển dữ liệu dung lượng thấp (email).



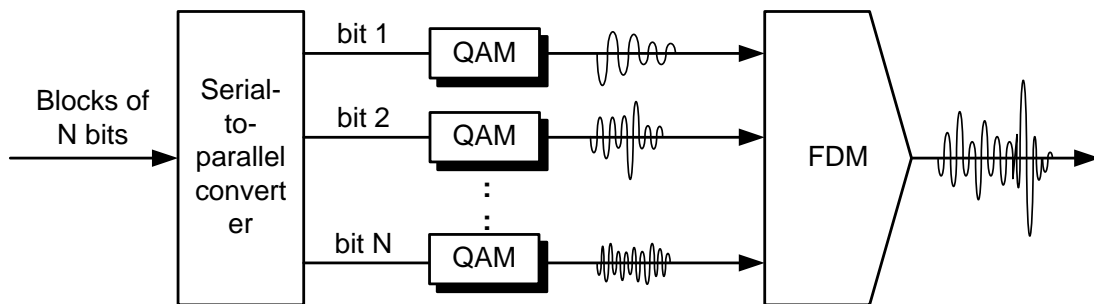
Hình 8.30

ADSL chia băng thông của dây cáp xoắn (1 MHz) thành ba dải tần. Dải tần 1, thường là từ 0 đến 25 KHz, được dùng cho **dịch vụ điện thoại thông thường** (plain old telephone service: POTS). Dịch vụ này chỉ cần băng **thông 4 KHz**, phần còn lại dùng làm băng bảo vệ để phân cách kênh thoại với kênh dữ liệu. Băng thứ hai, **từ 25 đến 250 KHz**, được dùng để tạo upstream. Băng thứ ba, từ 250 KHz đến 1 MHz, được dùng cho **downstream**. Một số thiết lập cho phép trùng lấp dòng upstream và downstream để cung cấp thêm băng thông cho downstream.

Kỹ thuật điều chế: Hầu hết các thiết lập đầu tiên của ADSL đều dùng kỹ thuật điều chế được gọi là CAP(carrierless amplitude/phase), tiếp đến là dùng phương pháp điều chế khác được gọi là discrete multitone (DMT) là chuẩn được ANSI đề ra.

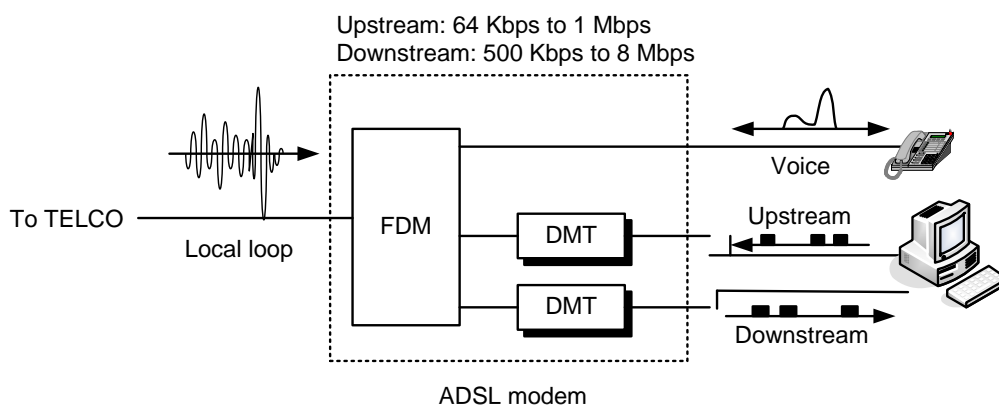
CAP: (Carrierless amplitude/phase) là kỹ thuật điều chế tương tự QAM, nhưng có một điểm quan trọng là bỏ sóng mang. Kỹ thuật này trong thực tế phức tạp hơn QAM và chưa được chuẩn hóa.

DMT: (discrete multitone technique) kết hợp QAM và FDM, các băng thông cho mỗi hướng được chia thành từng kênh 4 KHz, với các tần số sóng mang riêng.



Hình 8.31

Hình vẽ trên minh họa ý niệm DMT dùng ả kênh. Các bit từ nguồn được đi qua bộ chuyển đổi nối tiếp/song song, trong đó các block ả bit được chia thành ả kênh truyền, mỗi kênh một bit. Tín hiệu QAM được tạo ra từ mỗi kênh được ghép theo tần số FDM để tạo tín hiệu chung trên đường truyền.



Hình 8.32

Chuẩn AẢ SI định nghĩa tốc độ mỗi kênh 4 KHz là 60 Kbps, tức là điều chế QAM với 15 bit/ baud.

- ❑ Kênh upstream thường chiếm 25 kênh, tức là tốc độ bit là 25×60 Kbps, hay là 1,5 Mbps. Thông thường tốc độ theo hướng này thay đổi từ 64 Kbps đến 1 Mbps.

- ❑ Kênh downstream thường chiếm 200 kênh, tức là tốc độ bit là $200 \times 60 \text{ kbps}$, hay 12 Mbps. Tuy nhiên thông thường tốc độ theo hướng này thay đổi từ **500 Kbps đến 8 Mbps** do ảnh hưởng của nhiễu.

Hình trên minh họa ADSL, tốc độ bit theo các chiều.

8.6.2.RADSL: (rate adaptive asymmetrical digital subscriber line) là công nghệ dựa trên ADSL. **Cho phép nhiều cấp tốc độ dữ liệu khác nhau tùy theo dạng thông tin:** thoại, dữ liệu, multimedia, v.v,... Các tốc độ khác nhau này có thể được cấp cho thuê bao theo yêu cầu về băng thông. RADSL có lợi cho người dùng hơn do chi phí dựa trên tốc độ dữ liệu cần thiết.

8.6.3.HDSL: (high bit rate digital subscriber line) được Bellcore thiết kế (hiện nay là Telecordia) là một dạng khác của **T-line (1,544 Mbps)**. Dây T-1 dùng phương pháp mã hóa **AMI**, thường nhạy cảm với suy hao tại tần số cao. **Điều này làm giới hạn chiều dài của T-1 chỉ có 1 km.** Để có cự ly xa hơn, cần có repeater, như thế là gia tăng chi phí.

HDSL dùng phương pháp mã hóa 2B1Q, tức là ít nhạy cảm với suy hao hơn. Tốc độ dữ liệu có thể lên đến 2 Mbps mà không cần repeater với cự ly lên đến 3,6 km. HDSL dùng hai đôi dây xoắn để truyền full-duplex.

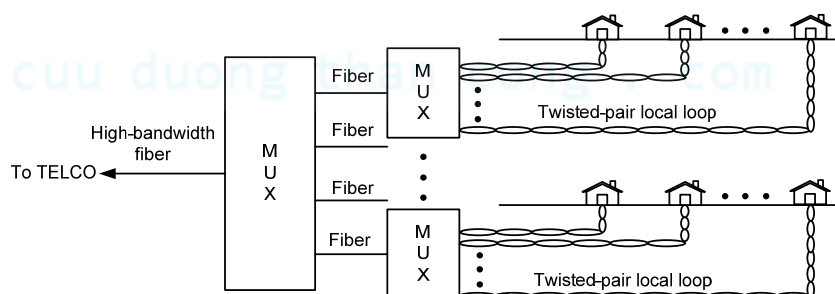
8.6.4.SDSL: (symmetric or single-line digital subscriber line) **tương tự như HDSL** nhưng chỉ **dùng một đôi dây xoắn**, phù hợp cho hầu hết các thuê bao tại nhà, với cùng tốc độ dữ liệu như HDSL. Dùng một kỹ thuật được gọi là triệt tiếng dội (echo-cancellation) để truyền full-duplex.

8.6.5.VDSL: (very high bit rate digital subscriber line); là dạng khác của ADSL, **dùng cáp đồng trục, cáp quang hay cáp dây xoắn** để truyền cự ly ngắn (**300 đến 1800 mét**). Dùng kỹ thuật điều chế **DMT** với tốc độ bit từ **50 đến 55 Mbps** cho downstream và 1,5 đến 2,5 Mbps cho upstream.

8.7.FTTC (fiber to the curb) :

Cáp quang có nhiều ưu điểm, với yếu tố chống nhiễu và băng thông rộng. Tuy nhiên, khi so sánh với các dạng cáp khác thì đắt tiền. Các công ty điện thoại và truyền hình cáp đã cải thiện bằng cách dùng phương pháp gọi là FTTC, cho phép **dùng cáp quang với chi phí thấp**. Cáp quang được dùng làm môi trường truyền từ các tổng đài với nhau hay từ tổng đài đến lề đường (curb). Từ lề đường đến thuê bao dùng các môi trường ít tốn kém hơn như cáp đồng trục hay cáp xoắn.

FTTC trong mạng điện thoại:



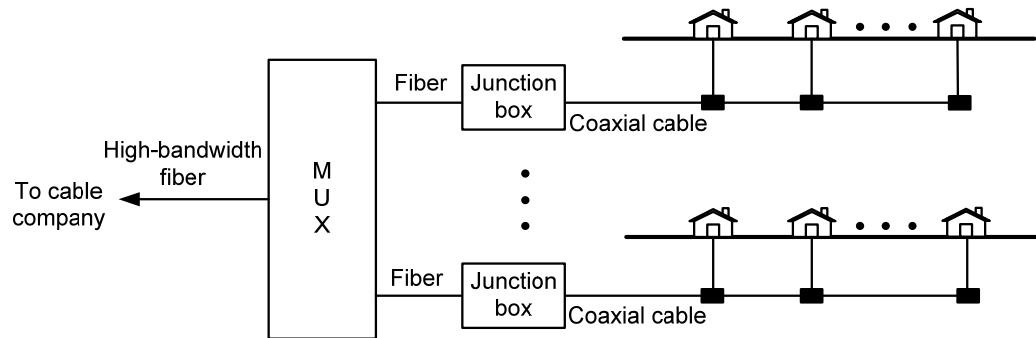
Hình 8.33

Hệ thống điện thoại dùng cáp quang để kết nối và ghép kênh nhiều kênh thoại. Dây đồng xoắn đôi từ từng ngôi nhà (premise) được ghép kênh trong hộp nối và chuyển thành tín

hiệu quang. Các tín hiệu quang này được ghép kênh tại tổng đài chuyển mạch, dùng WDM để tạo băng thông tín hiệu rộng hơn.

FTTC dùng trong truyền hình cáp:

Hệ thống truyền hình cáp dùng cáp quang để kết nối và ghép kênh nhiều kênh truyền hình cáp. Các cáp đồng trục từ các ngôi nhà riêng biệt được ghép kênh tại hộp nối và chuyển sang tín hiệu quang học. Các tín hiệu quang này được ghép kênh tại tổng đài chuyển mạch, dùng WDM để tạo băng thông tín hiệu rộng hơn.



Hình 8.34

Câu hỏi:

1. Trình bày kỹ thuật ghép kênh và phân kênh FDM.
2. Trình bày kỹ thuật ghép kênh TDM không đồng bộ.
3. Trình bày kỹ thuật ghép kênh TDM đồng bộ.

Bài Tập:

1. Công thức tính băng thông tín hiệu FDM.
2. Công thức tính tốc độ bit TDM đồng bộ, TDM không đồng bộ.

TỪ KHÓA VÀ Ý NIỆM

- ❑ analog hierarchy
- ❑ analog leased service
- ❑ analog service
- ❑ analog switched service
- ❑ asymmetric digital subscriber line (ADSL)
- ❑ asynchronous time-division multiplexing
- ❑ bandwidth
- ❑ bandwidth on demand
- ❑ bit stuffing
- ❑ carrierless amplitude/phase
- ❑ channel
- ❑ common carrier
- ❑ conditioning
- ❑ demultiplexer (DEMUX)
- ❑ digital data service (DDS)
- ❑ digital service unit (DSU)
- ❑ digital service unit/channel service unit (DSU/DCU)
- ❑ digital signal service (DS)
- ❑ digital subscriber line (DSL)
- ❑ discrete multitone technique (DMT)
- ❑ E-lines
- ❑ fiber to the curb (FTTC)
- ❑ fractional T line
- ❑ framing bit
- ❑ frequency-division multiplexing (FDM)
- ❑ group
- ❑ guard band
- ❑ high bit rate digital subscriber line (HDSL)
- ❑ interleaving
- ❑ inverse multiplexing
- ❑ jumbo group
- ❑ local loop
- ❑ master group
- ❑ multiplexer (MUX)
- ❑ multiplexing
- ❑ overhead
- ❑ path
- ❑ rate adaptive asymmetrical digital subscriber line (RADSL)
- ❑ statistical time-division multiplexing
- ❑ supergroup
- ❑ switched/56
- ❑ symmetrical digital subscriber line (SDSL)
- ❑ synchronuos time-division mutiplexing
- ❑ T lines T-1 lines T-2 lines T-3 lines T-4 lines
- ❑ time division multiplexing (TDM)
- ❑ very high bit rate digital subscriber line (VDSL)
- ❑ wave-division multiplexing (WDM)

TÓM TẮT

- ❖ Ghép kênh là quá trình truyền đồng thời nhiều tín hiệu qua một đường truyền dữ liệu
- ❖ Có hai dạng ghép kênh là FDM (phân chia theo tần số) và TDM (phân chia theo thời gian)
- ❖ Trong FDM, mỗi tín hiệu được điều chế với các tần số sóng mang khác nhau. Các tín hiệu điều chế này được tổ hợp thành một tín hiệu mới và gửi đi trên đường truyền
- ❖ Trong FDM, bộ ghép kênh điều chế và tổ hợp tín hiệu còn bộ phân kênh tách tín và giải điều chế.
- ❖ Trong FDM, dải phân cách giữ cho các tín hiệu điều chế không bị trùng lặp và gây nhiễu qua lại
- ❖ Trong TDM các tín hiệu số từ n thiết bị được chuyển vị lẫn nhau, tạo nên khung (frame) dữ liệu (bit, byte, hay các đơn vị dữ liệu khác).
- ❖ TDM được chia thành TDM đồng bộ và TDM không đồng bộ (thống kê).
- ❖ Trong TDM đồng bộ, mỗi frame chứa ít nhất một slot được dùng cho mỗi thiết bị. Thứ tự chuyển dữ liệu của các thiết bị là không thay đổi, nếu một thiết bị không gửi dữ liệu thì gửi đi slot trống.
- ❖ Trong loại TDM đồng bộ, có thể có một bit tại đầu frame nhằm giữ đồng bộ.

- ❖ Trong TDM không đồng bộ, thứ tự các slot phụ thuộc vào thiết bị nào có dữ liệu cần gửi.
- ❖ TDM không đồng bộ thêm địa chỉ thiết bị vào mỗi slot thời gian.
- ❖ Ghép kênh nghịch chia dòng dữ liệu từ một đường tốc độ cao thành nhiều đường tốc độ thấp.
- ❖ Dịch vụ điện thoại có thể dùng analog hay số.
- ❖ Dịch vụ chuyển mạch analog cần có gọi chuông (dialing), chuyển mạch, và các kết nối tạm thời chỉ định.
- ❖ Dịch vụ thuê analog là đường kết nối thường trực giữa hai thuê bao. Không cần gọi chuông.
- ❖ Công ty điện thoại dùng ghép kênh để tổ hợp các kênh thoại thành nhóm đủ lớn để truyền hiệu quả hơn.
- ❖ Dịch vụ chuyển mạch/56 là dạng số tương đương của đường dây chuyển mạch analog. Cần có đơn vị dịch vụ số (DSU) để bảo đảm tốc độ dữ liệu 56 Kbps.
- ❖ Dịch vụ dữ liệu số (DDS) là dạng tương đương của đường thuê kênh (leased line). DDS cũng cần có DSU.
- ❖ DS là dạng phân cấp của các tín hiệu TTTTDM.
- ❖ T line (từ T-1 đến T-4) là các thiết lập của DS. Một kênh T-1 có 24 kênh thoại.
- ❖ Dịch vụ fractional T-1 cho phép nhiều thuê bao chia sẻ một đường bằng cách ghép kênh tín hiệu.
- ❖ T line được dùng ở Bắc Mỹ, còn E line được dùng ở Châu Âu.
- ❖ Đường dây thuê bao số (DSL: digital subscriber line) là công nghệ dùng mạng thông tin hiện hữu vào việc truyền tốc độ cao như: dữ liệu, voice, video, và multimedia.
- ❖ Họ DSL bao gồm ADSL, RADSL, HDSL, SDSL và VDSL.
- ❖ Băng thông downstream trong ADSL thường là 4,5 lần lớn hơn so với upstream.
- ❖ ADSL dùng cả kỹ thuật carrierless amplitude/phase (CAP) và discrete multitone modulation (DMT).
- ❖ WDM tương tự FDM, tuy nhiên trường hợp này là ánh sáng.
- ❖ Truyền hình cáp và mạng điện thoại dùng kỹ thuật cáp quang đến lề đường (FTTC: fiber to the curb) để giảm thiểu số lượng cáp quang cần thiết.
- ❖ Kỹ thuật DMT (discrete multitone modulation) là kết hợp các phần tử của QAM và FDM để cho phép có băng thông rộng hơn trong dòng downstream.