

TÍN HIỆU - ĐƯỜNG TRUYỀN

2.1 Những khái niệm chung về tín hiệu - đường truyền

2.1.1 Khái quát

Dữ liệu được truyền giữa thiết bị phát và thiết bị thu thông qua môi trường truyền. Môi trường truyền có thể truyền dẫn định hướng hoặc không định hướng. Trong cả 2 trường hợp sự liên lạc đều dùng sóng điện từ. Trong trường hợp truyền có định hướng (có dây dẫn) sóng điện từ sẽ theo một con đường vật lý như: đôi dây song hành, cáp đồng trục, sợi quang ... Trường hợp truyền không định hướng có nghĩa là sóng điện từ không theo vật dẫn nào: ví dụ như sóng điện từ truyền lan trong không khí, trong chân không hoặc qua nước biển.

Trong khi xét việc truyền tín hiệu ta sẽ sử dụng khái niệm sau: đường dây nối trực tiếp (direct line).

Đường nối trực tiếp được dùng cho đường truyền giữa hai thiết bị truyền mà trong đó tín hiệu được truyền lan trực tiếp từ bộ phát đến bộ thu không qua thiết bị trung gian nào trừ những bộ khuếch đại hoặc repeater dùng để tăng độ mạnh của tín hiệu. Chú ý rằng khái niệm này được dùng cho cả môi trường dẫn định hướng và không định hướng.

Các khái niệm: điểm - điểm, nhiều điểm, đường truyền đơn giản (simplex), gián đoạn toàn phần (half duplex), toàn phần (duplex) đã được định nghĩa trong chương I.

Hình 2.1 Đường nối trực tiếp.

2.1.2 Tần số, phổ và băng thông của tín hiệu

Tín hiệu được phát từ bộ phận phát và truyền qua môi trường truyền dẫn để đến bộ phận thu. Tín hiệu là một hàm của thời gian nhưng nó cũng có thể biểu diễn là một hàm của tần số, có nghĩa là tín hiệu bao gồm nhiều thành phần tần số khác nhau. Người ta có thể khảo sát tín hiệu theo quan điểm thời gian và cũng có thể khảo sát theo quan điểm tần số.

Theo quan điểm thời gian: tín hiệu có thể chia làm 2 loại: tín hiệu liên tục và tín hiệu gián đoạn (rời rạc).

- Một tín hiệu là liên tục nếu:  với tất cả giá trị a. Nếu điều kiện trên không đảm bảo (có nghĩa là chỉ thỏa mãn với một số hữu hạn giá trị a) ta gọi nó là tín hiệu rời rạc. Hình 2.2 chỉ cho ta 2 loại tín hiệu đó.

Hình 2.2a Tín hiệu liên tục.

Hình 2.2b Tín hiệu liên tục.

Hình 2.2 Tín hiệu liên tục và tín hiệu rời rạc.

- Một tín hiệu $s(t)$ được gọi là tuần hoàn khi và chỉ khi:

$$s(t + T) = s(t) \quad \forall t < +\infty$$

Ở đây T ta gọi là chu kỳ của tín hiệu. Nếu không thỏa mãn điều kiện trên thì tín hiệu đó không phải là tín hiệu tuần hoàn.

Hình 2.3 chỉ cho ta 2 loại tín hiệu tuần hoàn: tín hiệu hình sin và xung vuông.

Hình 2.3a Sóng Sin.

Hình 2.3b Sóng Vuông.

Hình 2.3 Tín hiệu có chu kỳ.

- Một tín hiệu điều hòa có 3 tham số đặc trưng: biên độ (A), tần số (f) và góc pha (q).
 - Biên độ là giá trị tức thời của tín hiệu tại thời gian nào đó. Chúng ta thường khảo sát là tín hiệu điện hoặc điện từ nên biên độ thường được tính là volt (v).
 - Tần số là số chu kỳ của tín hiệu xảy ra trong 1 giây. Nó là giá trị đảo của chu kỳ T . Người ta tính theo đơn vị Hz.
 - Pha: giá trị đo vị trí tương đối theo thời gian trong của chu kỳ tín hiệu. Một chu kỳ tín hiệu có 2π radians = 360° .

Ta có thể biểu diễn tín hiệu sin trong dạng:

$$s(t) = A \sin(2\pi f t + q)$$

A giá trị biên độ cực đại, f tần số, q góc pha.

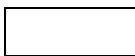
Với tín hiệu ở hình 2.3 ta có thể biểu diễn:



Theo quan điểm tần số: Phần trên ta đã xem tín hiệu là một hàm của thời gian. Chúng ta cũng có thể xem tín hiệu là một hàm tần số. Như hình 2.4 đã chỉ ra, ta có 3 tín hiệu với 3 tần số f , $3f$ và $5f$. Ta có thể tạo thành tín hiệu cho hàm:



Hình 2.4a Tín hiệu thành phần



Hình 2.4b Tín hiệu thành phần



Hình 2.4c Tín hiệu thành phần.

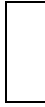
Hình 2.4d Tín hiệu.

Hình 2.4 Tín hiệu có 3 thành phần tần số và $s(f)$.

Và chúng ta đã biết với bất kỳ tín hiệu nào cũng bao gồm nhiều tín hiệu thành phần hình sin có tần số thay đổi. Như vậy mỗi tín hiệu ta có thể biểu diễn theo thời gian $s(t)$ và cũng có thể biểu diễn theo tần số $s(f)$. Cho tín hiệu ở hình 2.4 ta có thể biểu diễn $s(f)$ như hình 2.5:

Hình 2.5 Phổ của tín hiệu liên tục.

Ta thấy rằng $s(f)$ là một hàm rời rạc.

Đối với tín hiệu xung vuông được xác định trong khoảng  đến  ta có biểu diễn $S(f)$ của nó như hình 2.6. Ta thấy rằng $S(f)$ là một hàm liên tục khi $f \in \mathbb{R}$.

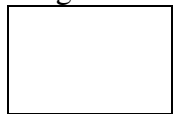
Các cách biểu diễn các hàm $S(f)$ cho tín hiệu theo tần số như vậy người ta gọi là biểu diễn phổ của tín hiệu. Khi hàm $S(f)$ biểu diễn rời rạc ta gọi là phổ vạch. Khi $s(f)$ là hàm liên tục ta gọi tín hiệu đó có phổ đặc.

Hình 2.6 Phổ của xung vuông.

Dãy tần số chứa phổ của tín hiệu ta gọi là băng thông của tín hiệu đó. Trong hình 2.4 băng thông của tín hiệu trải dài từ f_1 đến $5f_1$, vậy độ rộng băng thông của nó là $4f_1$. Nhiều tín hiệu có băng thông không giới hạn (như hình 2.6). Tuy nhiên năng lượng của tín hiệu tập trung ở dãy băng tương đối hẹp. Người ta gọi đó là băng thông hiệu quả và sau này cũng coi đó như băng thông. Điều cuối cùng cần nói là các thành phần của tín hiệu. Nếu tín hiệu có thành phần một chiều thì phổ của thành phần một chiều ở góc tọa độ ($f=0$).

Tương quan giữa tốc độ truyền và băng thông Như ta đã biết với mỗi phần tử mạng ta sử dụng trong khi truyền nó chỉ cho phép một băng thông giới hạn về tần số.

Trong trường hợp ta truyền trên nó các xung vuông với các giá trị 1 là xung dương và giá trị 0 là xung âm thì dạng sóng cho dãy 1010 ... tạo cho ta tần số lớn nhất, độ dài của một xung là



như vậy tốc độ truyền sẽ là $2f.bps$

Ta có thể biểu diễn dạng sóng theo tần số:



Như vậy dạng sóng này không có giới hạn về tần số thành phần và đương nhiên băng thông cũng

không giới hạn. Tuy nhiên biên độ các xung thành phần thứ k chỉ là  như vậy năng lượng chỉ tập trung ở một số các thành phần ban đầu. Nhưng giới hạn của các tần số thành phần ban đầu là bao nhiêu?

Người ta đã chứng minh được rằng: nếu tốc độ truyền là w bps thì băng thông yêu cầu là $2w$ Hz. Ví dụ cần truyền với tốc độ là 2.000 bps thì băng thông cần là 4.000 Hz.

2.1.3 Sự suy yếu của tín hiệu truyền

Trong các hệ thống liên lạc ta thấy các tín hiệu khi nhận được có sự khác biệt với tín hiệu khi phát. Đối với tín hiệu liên tục (analog) sự suy yếu đó dẫn đến giảm chất lượng của tín hiệu, với tín hiệu số, dẫn đến làm sai số về bit. Một bit có giá trị 1 có thể trở thành bit giá trị 0 và ngược lại. Một tín hiệu trên đường truyền sẽ chịu các ảnh hưởng sau:

- Bị suy giảm và dẫn đến méo dạng.
- Bị làm chậm.
- Bị nhiễu.

a. Sự làm suy giảm và méo dạng Khi truyền trong môi trường, công suất của tín hiệu sẽ suy giảm. Đối với môi trường định hướng sự suy giảm đó thông thường theo logarit, thông thường nó là giá trị cố định theo khoảng cách. Đối với môi trường không định hướng sự suy giảm đó là một hàm phức tạp phụ thuộc vào khoảng cách và áp suất không khí. Sự suy giảm sẽ dẫn đến:

- Tín hiệu thu được không đủ mạnh để khôi phục lại tín hiệu ban đầu ở bộ phận thu.
- Tín hiệu thu được không đủ lớn để bảo đảm tỉ số  (tỉ số tín hiệu trên tạp âm) để sinh ra sai số.

Sự suy giảm sẽ là hàm của tần số.

Với 2 ảnh hưởng trên ta có thể dùng bộ khuếch đại hoặc các bộ lặp lại tín hiệu (repeater) để khắc phục ảnh hưởng và ta thấy rất rõ trong trường hợp tín hiệu analog. Do sự suy giảm là hàm của tần số nên tín hiệu thu được sẽ khác nhiều với tín hiệu phát. Hình vẽ cho ta thấy sự suy giảm của tín hiệu âm tần là hàm theo tần số trên đường dây leased line. Ở đó cho ta sự so sánh tín hiệu đó so với tín hiệu 1.000 Hz.

Hình 2.7 Sự suy giảm tín hiệu âm tần theo tần số.

b. Sự làm trễ tín hiệu Tín hiệu truyền lan trên môi trường dẫn bao giờ cũng bị làm trễ. Đối với một tín hiệu có băng thông giới hạn, sự làm trễ phụ thuộc vào tần số của tín hiệu. Với tín hiệu có tần số khác nhau nó sẽ đến bộ thu thời gian khác nhau. Hiện tượng đó ta gọi là tín hiệu bị làm chậm trên đường truyền, đặc biệt với tín hiệu số hiện tượng làm trễ càng rõ ràng hơn. Hình 2.8 cho ta giá trị làm trễ tương quan với tần số.

Hình 2.8 Sự làm trễ tín hiệu.

c. Nhiễu Khi truyền, thông thường tín hiệu nhận được ở bộ thu bao giờ cũng bao gồm tín hiệu phát và một tín hiệu ta không hề mong muốn được thêm vào giữa bộ phát và bộ thu. Tín hiệu ta không mong muốn đó gọi là nhiễu. Nhiễu sẽ làm hạn chế kết quả hệ thống liên lạc của ta. Nhiễu thường được chia làm 4 loại sau:

- Nhiễu nhiệt độ.
- Tạp âm nội bộ.
- Xuyên âm.
- Nhiễu xung.

Nhiều nhiệt độ tạo ra do sự vận chuyển điện tử trong vật liệu, nó tồn tại trong tất cả các thiết bị điện tử, trong môi trường và nó là hàm của nhiệt độ. Nhiều nhiệt có ảnh hưởng trên tất cả dãy tần phổ nên có tên gọi là nhiễu trắng.

Nhiều nhiệt độ không thể tránh được. Nó được tính:

$$N_o = kT$$

N_o : độ nhạy nguồn nhiễu.

K : Hằng số Boltzman = $1,3803 \times 10^{-23}$ J/k

T : Nhiệt độ Kelvin

Nhiều cũng không phụ thuộc vào tần số. Do đó nó được tính bằng watt trong toàn băng thông w .

$$N = kTW$$

hoặc tính bằng decibel - watts

$$\begin{aligned} N &= 10\log k + 10\log T + 10\log W \\ &= -228,6 \text{ dBW} + 10\log T + 10\log W \end{aligned}$$

Nhiều do phách tần số bên trong Khi tín hiệu với các tần số khác nhau truyền trên môi trường có thể sẽ sinh ra nhiễu nội bộ. Kết quả của nhiễu nội bộ có thể sinh ra tần số là cộng hoặc trừ 2 tín hiệu gốc hoặc là nhân của tín hiệu đó. Ví dụ sự trộn các tín hiệu có tần số f_1, f_2 có thể sinh ra tần số f_1+f_2 và nó sẽ làm tăng cho tín hiệu tần số f_1+f_2 sẵn có.

Nhiều do hiện tượng phách đó sinh ra do hiện tượng không tuyến tính trong các thiết bị phát, thu, hệ thống truyền ... Thường hệ thống không tuyến tính, tín hiệu ở đầu ra là hàm phức tạp của tín hiệu đầu vào.

Hình 2.9 Ảnh hưởng nhiễu trên tín hiệu số.

Nhiều xuyên âm Nhiễu xuyên âm là nhiễu ta không mong muốn trong khi truyền. Ví dụ trong hệ thống điện thoại ta có thể nghe được cuộc nói chuyện của người khác. Nó sinh ra do sự ghép điện từ giữa các cặp đường dây song hành, hay trong cáp đồng trục đồng thời truyền nhiều kênh, cũng có khi do các ăng ten vi ba tạo ra các bức sóng định hướng.

Nhiều xung Nhiễu xung là loại nhiễu không liên tục, không quy luật nhiễu khi nó là những đột biến biên độ lớn, trong thời gian nhỏ. Nhiễu sinh ra do nhiễu nguyên nhân khác nhau như đột biến điện từ trường, ánh sáng, tắt bật hệ thống máy ...

Tuy nhiên, nhiễu xung là nguyên nhân trước tiên gây sai số trong khi truyền tín hiệu số.

Hình vẽ 2.9 cho ta ví dụ cách nhìn tổng quan vì ảnh hưởng của nhiễu đến tín hiệu truyền.

2.1.4 Môi trường truyền

Môi trường truyền là con đường vật lý nối giữa thiết bị phát và thiết bị thu trong hệ thống truyền dữ liệu. Những đặc tính và chất lượng của dữ liệu truyền được quyết định bởi tính chất tín hiệu và môi

trường truyền. Trong trường hợp sử dụng môi trường truyền định hướng, bản thân môi trường truyền là nhân tố quan trọng quyết định giới hạn sự truyền. Bảng 2.1 cho ta đặc tính cơ bản tốc độ truyền, băng thông và khoảng cách tối đa yêu cầu lặp lại với tín hiệu số cho các môi trường truyền định hướng.

Môi trường truyền	Tốc độ truyền	Băng thông	Khoảng cách cần lặp lại
Dây song hành	4 Mbps	250 KHz	2 - 10 Km
Cáp đồng trục	500 Mbps	350 KHz	1 - 10 Km
Sợi quang	2 Gbps	2 GHz	10 - 100 Km

Bảng 2.1 Đặc tính đường truyền với môi trường định hướng, điểm-điểm

Với môi trường truyền không định hướng, phổ và băng tần số của tín hiệu do ăng ten phát quan trọng hơn môi trường truyền. Như ta đã biết, tần số trung tâm của tín hiệu là yếu tố tạo ra băng thông và tốc độ truyền. Mặt khác khi dùng ăng ten truyền tín hiệu phụ thuộc vào hướng của ăng ten. Thường tần số thấp được bức xạ về mọi hướng của ăng ten, còn tần số cao là yếu tố định hướng chùm tia về hướng cần thiết. Trong môi trường không định hướng, sóng vi ba có phạm vi từ 2 - 40 GHz, như vậy nó có khả năng định hướng chùm tia, và ta thường dùng cho điểm - điểm.

Người ta chia khoảng tần số 30 MHz - 1 GHz cho radio và các dây tần số khác như hình vẽ.

Hình 2.10 Phổ phân bố trường điện từ.

a. Đường dây song hành (Twisted Pair)

Miêu tả vật lý

Đường dây song hành gồm có 2 sợi đặt song hành. Cặp dây đó là đường liên lạc đơn. Thường nhiều cặp dây như vậy được đặt chung trong một cáp có vỏ bọc. Những cáp dài, có thể chứa hàng trăm cặp. Các cặp dây được cách ly để tránh ảnh hưởng điện từ với nhau. Lõi dây thường từ 0,016 - 0,036 inches.

Ứng dụng

Nó được dùng để truyền cho tín hiệu analog cũng như tín hiệu số. Nó được dùng làm đường trục cho các hệ thống điện thoại cũng như cho sự liên lạc trong các dây nhà.

Trong hệ thống điện thoại, máy điện thoại được nối với hệ thống tổng đài hoặc tổng đài nội bộ qua dây song hành. Nó được gọi là vòng nội bộ. Một tổng đài nội bộ cho một nhà, tổng đài nội bộ đó thường được gọi là PBX (Private Branch Exchange). Chủ yếu PBX phục vụ sự liên lạc trong tòa nhà. Để gọi ra ngoài nó phải thông qua trung kế. Trong trường hợp đó đôi dây song hành làm nhiệm vụ chủ yếu là tải tiếng nói giữa các thuê bao và tổng đài nội bộ. Việc truyền dữ liệu chủ yếu qua khoảng cách ngắn. Với các PBX hiện đại, tốc độ truyền cực đại khoảng 64 Kbps. Những vùng nối nội bộ thường thông qua một modem với tốc độ truyền 9600 bps.

Tuy nhiên cặp dây song hành cũng được dùng cho các đường trung kế có khoảng cách xa và tốc độ truyền có thể đến 4 Mbps.

Cặp dây song hành cũng được dùng cho mạng máy tính cục bộ trong một dây nhà vì giá thành rẻ.

Đặc tính truyền

Cặp dây song hành được sử dụng truyền tín hiệu analog cũng như tín hiệu số (digital). Với tín hiệu analog thường được dùng ở khoảng 5 - 6 Km. Còn với tín hiệu số nó yêu cầu khoảng 2 - 3 Km phải có repeater.

Hình 2.11 Sự suy giảm của môi trường truyền định hướng.

Hình 2.11 cho ta thấy sự suy giảm tín hiệu trên đường dây song hành rất mạnh theo tần số. Với cặp dây song hành dễ bị nhiễu vì dễ bị ảnh hưởng điện từ trường. Ví dụ nếu đường dây đặt song song với đường dây nguồn một chiều nó có thể tạo ra nhiễu 60Hz. Nhiễu xung cũng dễ sinh ra trong cặp dây song hành.

Khi dùng để truyền tiếng nói trong mạch điểm - điểm với băng thông đến 250 KHz đường dây sẽ tạo suy giảm khoảng 1dB/1Km. Ta biết trong hệ thống tiếng nói độ suy giảm cho phép 6 dB như vậy đường dây 6 Km là khoảng cách tối đa được dùng.

Hình 2.12 Quan hệ giữa tốc độ truyền và độ dài của cặp dây song hành dùng RS422.

Trong mạch truyền tín hiệu số điểm - điểm có thể truyền đến hàng Mbps và hình 2.12 cho ta quan hệ giữa tốc độ truyền và khoảng cách. Khi ta dùng mạch cân bằng với RS422.

b. Cáp đồng trục

Mô tả vật lý

Cũng như cặp dây song hành, cáp đồng trục gồm có 2 phần nhưng nó cấu trúc khác hơn để cho phép làm việc với dây tần số rộng hơn.

Hình 2.13 Cấu tạo cáp đồng trục.

Như hình vẽ đã chỉ, cáp bao gồm ống trục bên ngoài và một dây dẫn bên trong. Giữa trục lõi và ống bên ngoài được đặt cách đều nhau và cách ly bởi phần cách điện. Trục bên ngoài được bao bởi một lớp áo hoặc vỏ bọc. Cáp đồng trục thường có độ lớn từ 0,4 - 1 inche.

Ứng dụng

Cáp đồng trục được dùng tương đối rộng rãi. Thường là:

- Đường truyền điện thoại với khoảng cách xa, đường truyền tivi.
- Đường tivi cáp.
- Mạng cục bộ (LAN)
- Đường nối hệ thống.

Trong các hệ thống điện thoại, cáp đồng trục là phần tử quan trọng để nối trong khoảng cách xa, qua nó dễ dàng nối đến cáp quang, mạng viba và mạng vệ tinh. Nếu dùng cáp đồng trục cho các bộ phân đường tần số (FDM) nó có thể truyền trên 10.000 kênh tiếng nói đồng thời. Nó cũng được sử dụng cho tín hiệu tivi ở khoảng cách xa.

Trong hệ thống tivi cáp, nó được nối sau khi tín hiệu được thu vào ăng ten nối đến các nhà như là đường điện thoại. Cáp có thể cho hàng chục tivi và khoảng cách đến hàng chục Km.

Trong mạng cục bộ (LAN) nó có thể dùng để nối với số lượng máy lớn trong phạm vi tòa nhà.

Và cuối cùng nó dùng để nối trong khoảng cách ngắn giữa các thiết bị sử dụng cho tín hiệu analog hoặc tín hiệu số.

Đặc tính truyền

Cáp đồng trục được dùng cho cả 2 loại tín hiệu: analog và digital ở khoảng cách gần hoặc xa.

Hình 2.14a .

Như hình 2.11 cho ta thấy về đặc tuyến tần số của cáp đồng trục tốt hơn nhiều so với cặp dây song hành. Hình vẽ 2.14b cho ta quan hệ giữa nhiễu và khoảng cách khi dùng cáp đồng trục.

Trong trường hợp sử dụng cáp đồng trục để truyền tín hiệu analog với khoảng cách vài Km tần số cực đại có thể đạt được »400 Mhz. Với việc ứng dụng cho tín hiệu số ta có thể đạt được tốc độ truyền 500 Mbps cho khoảng cách tối đa 1,6 Km.

Hình 2.14b Sự phụ thuộc S/N vào khoảng cách của cáp đồng trục.

c. Sợi quang

Mô tả vật lý

Sợi quang có độ mỏng khoảng 2 - 125 mm là môi trường dẫn ánh sáng. Người ta dùng thủy tinh và chất dẻo (nhựa) để tạo thành sợi quang, sợi tinh khiết khó chế tạo thủ công. Sợi quang được dùng do tính kinh tế và hiệu quả cao.

Một cáp quang có trục nhỏ bao gồm 3 phần: lõi, lớp bảo vệ và vỏ áo ngoài. Lõi là phần quan trọng trong cùng, nó gồm một hoặc nhiều sợi nhỏ xoắn lại hoặc sợi làm bằng thủy tinh hoặc chất dẻo. Mỗi sợi được bọc bởi lớp áo bảo vệ. Phần cuối cùng bên ngoài được bọc bởi một hay nhiều lớp bảo vệ. Lớp bảo vệ ngoài là chất dẻo hoặc các vật liệu chống ẩm, va chạm, mài mòn và những ảnh hưởng của môi trường.

Ứng dụng

Một trong những phát minh quan trọng trong việc truyền số liệu là sự phát triển ứng dụng sợi quang vào hệ thống liên lạc.

Những đặc tính sau đây làm phân biệt giữa sợi quang và cặp dây song hành cũng như cáp đồng trục:

- **Băng thông rộng:** Tiềm lực về băng thông và tốc độ truyền của vật dẫn tăng với tần số. Với dây tần rộng lớn của sợi quang, tốc độ dữ liệu » 2 Gbps trên đoạn đường hàng chục Km đã chứng minh tính ưu việt của nó so với cáp đồng trục và dây song hành.
- **Kích thước nhỏ, trọng lượng nhẹ:** Sợi quang thường nhỏ hơn cáp đồng trục và cặp dây song hành, điều đó rất thuận tiện khi sử dụng trong nhà. Trọng lượng nhỏ cũng là điều yêu cầu khi sử dụng.
- **Suy giảm ít:** Phần trước cho thấy cáp quang suy giảm quá nhỏ so với cáp đồng trục và cặp dây song hành và nó là hằng số với khoảng cách xa.
- **Cách ly điện từ:** Sợi quang không bị ảnh hưởng bởi trường điện từ, do đó không sợ nhiễu xuyên âm, nhiễu xung.

- **Khoảng cách lặp lại lớn:** Ít cần phải repeater có nghĩa là giá thành giảm và ít bị sai số. Đó là ưu điểm rất lớn của sợi quang. Hãng Standard Elektrik Lorenz AG của đức đã từng thiết lập hệ thống truyền với tốc độ 5 Gbps trong khoảng cách 111 km không cần repeater. Điều đó không thể có với cáp đồng trục và cáp dây song hành.

Ta có 5 phạm vi ứng dụng quan trọng của sợi quang:

- Đường nối xa.
- Đường nối trong thành phố.
- Đường nối tổng đài nông thôn.
- Vòng lặp địa phương.
- LAN.

Đường nối xa: Sợi quang để nối những đường điện thoại có khoảng cách lớn hơn 1500 km hoặc là có dung lượng lớn (thường 20.000 đến 60.000 kênh tiếng nói). Hệ thống như vậy sẽ rẻ hơn khi dùng sóng vi ba hoặc đường cáp đồng trục.

Đường nối trong thành phố: thường có khoảng cách 7 - 8 miles và có thể có đến 100.000 kênh thoại. Thuận tiện nhất người ta chôn nó xuống đất và không sử dụng repeater để nối các tổng đài trong thành phố hoặc trong vùng phụ cận.

Đường nối nông thôn: thường có khoảng cách từ 25 - 100 miles, nó cũng thường nối nhiều tổng đài của nhiều hãng khác nhau. Hầu hết các hệ thống được dùng ở đây có đến hơn 5000 đường thoại. Nếu dùng cáp quang thì dễ dàng hơn vì ba.

Mạch nối vòng lặp: được nối trực tiếp từ một tổng đài đến các thuê bao. Thường người ta dùng đường dây song hành hoặc tốt hơn thì dùng đường nối các đồng trục.

LAN: Cuối cùng là ứng dụng của sợi quang trong LAN. Sợi quang có thể dùng để truyền với tốc độ hàng trăm Mbps và liên kết hàng ngàn máy trong nhiều tòa nhà.

Đặc tính truyền

Sợi quang truyền tia ánh sáng tín hiệu mã được phản xạ bên trong hoàn toàn. Tia phản xạ hoàn toàn đó được giữ bên trong môi trường truyền với hệ số phản xạ lớn hơn vỏ bọc bên ngoài của môi trường. Kết quả sợi quang trở thành vật dẫn định hướng cho phạm vi tần số từ 10^4 - 10^{15} Hz bao trùm cả dãy phổ nhìn được và không nhìn được.

Hình 2.15 cho ta nguyên tắc truyền của sợi quang. Nguồn sáng đưa ánh sáng vào ống thủy tinh hoặc chất dẻo. Các tia có góc phản xạ nhỏ đều được phản xạ hoàn toàn khi truyền dọc theo sợi quang. Các tia khác bị hấp thụ hoàn toàn ở vỏ bọc. Cách truyền như vậy được gọi là đa cách, tùy theo góc đến khác nhau mà nó phản xạ. Nếu như lõi được chế tạo với bán kính giảm đi thì các tia sẽ phản xạ với một số góc nhỏ. Nếu bán kính đó giảm như yêu cầu của độ dài bước sóng mong muốn thì chỉ có một góc hoặc một kiểu qua tia trục. Tia đó sẽ truyền với hiệu quả cao nhất. Với đa cách, tồn tại nhiều đường. Mỗi đường có bước sóng riêng thông qua sợi quang dẫn đến các tín hiệu thành phần triệt tiêu nhau theo thời gian, tốc độ truyền bị giảm. Do đó chỉ có cách truyền đơn với một đường truyền thì tín hiệu không bị suy giảm.

Hình 2.15a Truyền đa cách.

Hình 2.15b Truyền đa cách có nút sóng.

Hình 2.15 Các cách truyền của sợi quang.

Cuối cùng với cách thay đổi hệ số phản xạ cho từng loại lõi ta cũng có thể có cách truyền thứ 3 nó là cách truyền giữa 2 cách trước (hình 2.15b).

Có nhiều loại nguồn sáng được dùng với sợi quang. Bộ phát sáng diod (LED) và Laser diod (ILD). Hai loại này sẽ phát ra chùm sáng khi ta đặt vào nó một điện áp. Nếu dùng LED thì giá thành thấp hơn, giải nhiệt độ rộng hơn và tuổi thọ dài hơn. Nếu dùng ILD thì hiệu quả hơn và có thể tăng tốc độ truyền.

ở bộ thu, bộ phận phát hiện tín hiệu sáng và đổi từ nguồn sáng thành tín hiệu điện là 1 diot quang (photo diod). Ta thường dùng 2 loại thiết bị sau: bộ phát hiện PIN và bộ phát hiện APD. Bộ PIN rẻ hơn nhưng không nhạy như APD. Cả 2 đều dựa trên nguyên tắc đếm các photon. Photo diod PIN dựa trên cơ sở mặt ghép giữa P và N của diod còn AID thì tương tự nhưng sử dụng trường mạnh hơn.

Nguồn sáng	LED hoặc Laser	LED hoặc Laser	Laser
Băng thông	20MHz/km	> 1GHz/km	đến 1000GHz/km
Sự nối dây	khó	khó	khó
ứng dụng điển hình	đường nối dữ liệu	đường dây điện thoại	đường liên lạc
	máy tính, LAN	khoảng cách xa	khoảng cách xa
Giá thành	Rẻ	Hơi đắt	đắt
Kích thước lõi (m m)	> 80 m m	50 - 60 m m	1.5 - 5 m m
Kích thước vỏ (m m)	> 160 m m	100 - 120 m m	15 - 50 m m
Độ suy giảm dB/km	0.5 - 2.0	0.5 - 2.0	0.15

Bảng so sánh giữa 3 loại sợi quang

Bước sóng sử dụng có quan hệ nhiều với loại truyền và tốc độ. Trong 3 loại truyền thì truyền đơn và truyền đa cách có thể dùng cho hầu hết các bước sóng ánh sáng và có thể sử dụng laser hoặc LED làm nguồn sáng. Trong sợi quang sự truyền lan ánh sáng tốt nhất với 3 bước sóng 850, 1300, 1500nm (nanometer). Hầu hết các ứng dụng hiện nay đều dùng nguồn sáng LED hoặc laser có bước sóng 850nm vì nó không mắc lắm và có tốc độ truyền khoảng 100 Mbps trong khoảng cách vài km. để có được tốc độ cao hơn và khoảng cách xa hơn người ta dùng LED hoặc laser với bước sóng 1300nm, nếu cần tốc độ cao và khoảng cách xa hơn nữa thì dùng laser có bước sóng 1500nm.

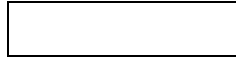
Trong kỹ thuật truyền số liệu dùng sợi quang, người ta dùng phương pháp điều biên (ASK). Để cho bộ phát LED làm việc với giá trị nhị phân là 1 thì cho ra xung ánh sáng ngắn, và với giá trị nhị phân là 0 thì không có ánh sáng. Như vậy nguồn sáng có mức thấp biểu thị giá trị 0 và mức cao

biểu thị giá trị 1.

d. Vi ba mặt đất:

Mô tả vật lý

Loại ăng-ten thường dùng cho nó thường là đĩa parabol với kích thước khoảng 10 feet. Ăng-ten được cố định và hướng chùm tia đến đường dẫn nhìn thấy được đến ăng-ten bộ thu. Ăng-ten vi ba được gắn ở độ cao để phạm vi hoạt động giữa 2 ăng-ten không bị vật cản. Khi không có vật cản khoảng cách giữa 2 ăng-ten được định nghĩa:



d: khoảng cách giữa 2 ăng-ten được tính bằng Km

h: độ cao của ăng-ten được tính bằng m.

K: là yếu tố thêm vào để tính cho sự phản xạ hoặc hấp thụ do bề mặt trái đất cong với sự truyền lan đến điểm thấy được. Giá trị K tốt nhất là $K=4/3$.

Như vậy nếu như 2 ăng-ten vi ba đặt ở độ cao 100m có thể đặt xa nhau: $d = 7.14 \sqrt{133} = 82\text{Km}$. Để có thể truyền sóng vi ba ở khoảng cách xa, người ta đặt các tháp tiếp sức liên tiếp, đường nối điểm-điểm liên tiếp đó sẽ thỏa mãn khoảng cách ta mong muốn.

Ứng dụng

Công dụng trước tiên của hệ thống vi ba mặt đất là phục vụ cho hệ thống thông tin liên lạc xa trong khoảng cách lớn và chất lượng cao cũng như là thay thế hệ thống cáp đồng trục trong truyền hình cáp và tiếng nói. Giống như cáp đồng trục, sóng vi ba có thể yêu cầu khuếch đại hoặc repeater ở khoảng cách xa hơn nhưng yêu cầu phải nhìn thấy nhau. Người ta dùng vi ba cho cả hai trường hợp: tiếng nói và hình ảnh.

Băng tần	Tên	Tín hiệu liên tục		Tín hiệu số		Ứng dụng
		Điều chế	Băng thông	Điều chế	Tốc độ	
30 – 300 kHz	LF			ASK,FSK,MSK	0.1 – 100 bps	Hàng hải
300 – 3000 kHz	MF	AM	To 4 kHz	ASK,FSK,MSK	10 – 1000 bps	Thương mại AM radio
3 – 30 MHz	HF	AM, SSB	To 4 kHz	ASK,FSK,MSK	10 – 3000 bps	Radio sóng ngắn Radio CB
30 – 300 MHz	VHF	AM, SSB; FM	5 kHz to 5 MHz	FSK,PSK	To 100 kbps	Tivi VHF Radio FM
300 – 3000 MHz					To 10 Gbps	Tivi UHF

MHz	UHF	FM, SSB	To 20 MHz	PSK	Mbps	Viba mặt đất
3 – 30					To 100	Viba mặt đất
GHz	SHF	FM	To 500 MHz	PSK	Mbps	Viba trên không
30 – 300					To 750	Ngăn điểm – điểm
GHz	EHF	FM	To 1 GHz	PSK	Mbps	

Bảng đặc tính của băng liên lạc không định hướng

Một ứng dụng nữa của vi ba là dùng cho các đường nối điểm-điểm giữa các tòa nhà, nó có thể dùng cho đường dây ti vi khép kín hoặc đường nối dữ liệu giữa các mạng máy tính.

Ứng dụng cuối cùng của sóng vi ba mặt đất là để truyền dữ liệu số trong vùng nhỏ (bán kính <10Km). Dự án đó gọi là "cung cấp dữ liệu địa phương" và nó dự định sẽ thay thế đường dây điện thoại cho mạng kỹ thuật số.

Đặc tính truyền

Như bảng đã cho, phổ của sóng mang khi sử dụng vi ba rất rộng. Tần số được sử dụng để truyền đều trong phạm vi 2 – 40GHz. Tần số cao, băng thông rộng dẫn đến tốc độ truyền lớn. Bảng sau cho ta băng thông và tốc độ truyền của một số hệ thống điển hình:

Băng tần (GHz)	Băng thông (MHz)	Tốc độ (Mbps)
2	7	12
6	30	90
11	40	90
18	220	274

Cũng như bất kỳ hệ thống truyền nào, sự suy giảm của tín hiệu từ nguồn trong vi ba có thể tính:



ở đây,

d: khoảng cách

l : bước sóng

Độ suy giảm đó tỷ lệ với bình phương của khoảng cách. Như vậy khác với đường dây song hành và cáp đồng trục, độ suy giảm của nó chỉ tỷ lệ với d. Các bộ repeater hoặc khuếch đại trong hệ thống sử dụng vi ba có thể đặt cách xa nhau từ 10 – 100 Km.

Như bảng trên cho ta phạm vi cho phép của tần số sóng mang ở các băng do FCC qui định. Băng thường được sử dụng cho thông tin liên lạc khoảng cách xa, tần số cao là 4GHz – 6GHz. Do sự sử dụng quá nhiều dẫn đến nghẽn, hiện tại người ta sử dụng thêm băng 11GHz.

Băng 12GHz dùng cho tivi cáp. FCC qui định băng 10GHz dự trữ cho việc cung cấp số liệu cục bộ gọi là dịch vụ đầu cuối dùng kỹ thuật số. Cuối cùng chúng ta thấy băng tần cao của viba được dùng cho đường nối điểm – điểm khoảng cách ngắn giữa các dây nhà, điển hình ở đây là tần số 22GHz. Những dây tần số cao đó không được dùng ở khoảng cách xa vì nó bị suy giảm. Hơn nữa ở tần số cao ăng ten có kích thước nhỏ và rẻ.

e. Vi ba vệ tinh:

Mô tả vật lý

Vệ tinh thông tin là một trạm chuyển tiếp. Nó dùng để nối hai hoặc nhiều bộ thu phát cơ bản và được coi như là trạm mặt đất hay trạm đất. Bộ thu của vệ tinh truyền trên một băng tần (đường lên), khuếch đại (cho tín hiệu analog), repeater (cho tín hiệu số) và chuyển nó sang băng tần khác (đường xuống). Một vệ tinh quỹ đạo đơn giản có thể tác động trên nhiều băng tần mà ta gọi là kênh, hay đơn giản là cầu truyền thông.

Hình 2.15b cho ta một cách tổng quát con đường giữa hai trạm liên lạc qua vệ tinh. Hình a cho ta đường nối giữa 2 ăng ten mặt đất và hình b là vệ tinh sử dụng cho một trạm mặt đất truyền và nhiều trạm mặt đất thu.

Hình 2.15b1 Đường nối điểm-điểm dùng viba vệ tinh.

Hình 2.15b2 Đường nối vệ tinh.

Hình 2.15b Cấu hình thông tin liên lạc vệ tinh.

Để một vệ tinh liên lạc làm việc có hiệu quả, thông thường yêu cầu nó phải tự quay quanh nó. Mặt khác vì lý do phải nhìn thấy nhau nên tốc độ quay của nó phải bằng tốc độ quay của trái đất. Tốc độ đó là 35.784 Km.

Hai vệ tinh có thể cùng dùng một băng tần số nếu nó cách nhau đủ xa. Hiện tại tiêu chuẩn yêu cầu là 4^0 (đo từ trái đất) cho dây băng tần 4 – 6GHz và 3^0 cho dây băng tần 12/14 GHz. Như vậy số lượng vệ tinh có thể sẽ bị hạn chế.

Công dụng

Vệ tinh liên lạc là cuộc cách mạng về kỹ thuật. Nó quan trọng cũng như sợi quang. Sau đây là một số ứng dụng quan trọng của nó:

- phân phối: truyền hình
- truyền điện thoại khoảng cách xa
- mạng thương mại tư nhân

Do sóng truyền lan tự nhiên nên vệ tinh là bộ phận cung cấp tốt cho truyền hình và do đó nó được dùng rộng rãi trên thế giới. Như thông lệ một mạng được chương trình hóa từ một trung tâm. Chương trình được truyền lên vệ tinh và nó được phủ xuống nhiều trạm với chương trình đã cung cấp.

Một mạng dịch vụ phát thanh truyền hình công cộng PBS (Public Broadcasting Service), cung cấp chương trình của nó cho tất cả các máy dùng kênh của nó và hệ thống truyền hình cáp nhận các chương trình từ vệ tinh và cung cấp lại. Hầu hết các ứng dụng hiện tại của công nghệ vệ tinh cho

hệ thống truyền hình phân bố là vệ tinh phát thanh truyền hình trực tiếp DBS (Direct Broadcast Satellite), trong hệ thống đó được truyền trực tiếp đến các gia đình sử dụng. Giá thành và kích thước ăng ten thu giảm dẫn đến hệ DBS sử dụng kinh tế và nhiều kênh được dự kiến đưa vào sử dụng.

Sự truyền thông qua vệ tinh dạng điểm – điểm còn được sử dụng cho các trung kế giữa tổng đài điện thoại trong mạng điện thoại công cộng. Nó là môi trường tối ưu cho trung kế quốc tế và thích ứng với các hệ thống mặt đất cho những đường nối quốc tế khoảng cách xa.

Cuối cùng, hàng loạt các ứng dụng số liệu thương mại ở vệ tinh. Vệ tinh có thể chia tổng dung lượng của nó cho các kênh và cung cấp các kênh đó cho người sử dụng. Người sử dụng tùy theo ăng ten của mình có thể dùng các kênh của vệ tinh cho mạng riêng. Thông thường, những ứng dụng như vậy có giá thành cao và bị hạn chế do nhiều tổ chức yêu cầu.

Hiện tại đã có nhiều hệ thống thiết bị đầu cuối nhỏ (VSAT) giá thành thấp. Hình 2.15c cho ta cấu hình của VSAT. Nhiều thiết bị đầu cuối được nối vào ăng ten VSAT. Theo một số nguyên tắc nhất định, những trạm đó chia dung lượng truyền của nó cho sự truyền của các trạm hub. Các trạm HUB có thể trao đổi thông báo với các trạm thuê bao và có thể chuyển tiếp các thông báo giữa các thuê bao.

Hình 2.15c Cấu hình của VSAT.

Đặc tính truyền

Phạm vi tần số tốt nhất cho truyền vệ tinh trong khoảng 1 – 10GHz. Dưới 1GHz sẽ bị ảnh hưởng nhiều từ thiên nhiên, mặt trời, khí quyển ... Trên 10GHz tín hiệu dễ bị suy giảm trong tầng khí quyển.

Hầu hết các vệ tinh điểm – điểm hiện tại sử dụng băng thông tần số khoảng 5,926 – 6,425GHz để truyền từ mặt đất (truyền lên) và băng thông 3.7 – 4.2GHz để truyền từ vệ tinh xuống mặt đất (truyền xuống). Ta gọi băng đó là băng 4/6GHz hoặc băng C. Chú ý rằng: đường truyền lên và đường truyền xuống có tần số khác nhau. Với những tín hiệu liên tục, vệ tinh không thể truyền và nhận cùng tần số. Tín hiệu nhận từ mặt đất trên một tần số sẽ phải trở lại với tần số khác.

Băng C tốt nhất trong khoảng từ 1GHz đến 10GHz nhưng bị bảo hòa, vì vậy băng 12/14GHz (băng Ku) được dùng (đường lên 14 – 14,5GHz) và đường xuống 11,7 – 12,2GHz). Trong băng tần này vấn đề suy giảm tín hiệu cần phải xử lý. Cũng như trong băng C. Những hệ thống ở băng Ku yêu cầu tốc độ đường lên và xuống cao và những cầu thu chuyển tiếp phải nhạy. Tuy nhiên, những trạm thu mặt đất nhỏ và rẻ có thể dùng được. Ku băng được áp dụng tốt trong hệ thống VSAT sau C băng.

Một phát triển mới là dùng vệ tinh cho thông tin di động. Để phục vụ cho mục đích này những thiết bị thu nhỏ, rẻ được dùng đến và sự truyền là 2 chiều toàn phần giữa người sử dụng và vệ tinh. Dịch vụ này như là radio sử dụng trong phạm vi quốc gia. để phục vụ dịch vụ này người ta sử dụng băng L có dải tần từ 1,6465 – 1,66GHz (đường lên 1,545GHz và đường xuống 1,5585GHz).

Cần chú ý rằng trong thông tin vệ tinh do truyền trong khoảng cách xa nên bị chậm khoảng 240 đến 300ms kể từ khi truyền từ một trạm ở mặt đất đến khi thu được ở một trạm mặt đất khác. Thời gian chậm đó rất đáng quan tâm trong sự trao đổi giữa điện thoại và máy tính. Việc đó cũng tạo ra

một số vấn đề khi kiểm tra sai và kiểm tra dòng, chúng ta sẽ thảo luận sau. Hơn nữa sóng vi ba vệ tinh là môi trường truyền thông tự nhiên, nhiều trạm có thể truyền đến vệ tinh và sự truyền từ vệ tinh nhiều trạm có thể thu được đồng thời.

f. Sóng Radio:

Mô tả vật lý

Nguyên lý căn bản để phân biệt giữa radio và sóng viba là: radio thì không định hướng, còn viba là tập trung. Như vậy radio không cần ăng ten đĩa và ăng ten của nó cũng không cần đặt ở trên độ cao và có kích thước chính xác.

Ứng dụng

Radio là một cách gọi chung cho người sử dụng băng tần số như trong bảng đã cho ở trên. Chúng ta dùng nó với khoảng sử dụng rộng hơn gồm cả VHF và một phần băng UHF: 30MHz – 1GHz. Băng này bao gồm cả FM và UHF, VHF cho truyền hình.

Một loại thông tin dữ liệu số thường dùng là radio gói. Một hệ thống radio gói sử dụng ăng ten mặt đất cho nhiều địa điểm trong mạng truyền dữ liệu.

Đặc tính truyền

Phạm vi 30MHz đến 1GHz rất có hiệu quả cho thông tin liên lạc. Không giống như sóng điện từ tần số thấp, tầng điện ly là trong suốt cho sóng radio khoảng 30MHz. Sự truyền như vậy bị hạn chế bởi tầm nhìn thấy và khoảng cách truyền sẽ không bị ảnh hưởng giữa các trạm với nhau do sự phản xạ của tầng khí quyển. Cũng không giống như vùng của sóng viba tần số cao, sóng radio cũng không nhạy với mưa rơi. Đối với thông tin đó, trở ngại lớn nhất của băng tần này là tốc độ truyền không cao, từ Kbps đến Mbps.

Như trong hệ thống truyền lan điểm nhìn thấy được, sóng radio cũng sử dụng biểu thức độ xa cực đại để tính khoảng cách giữa trạm phát và trạm thu:



Và biểu thức suy giảm cũng được tính:



Do bước sóng λ của sóng radio không dài lắm nên độ suy giảm ít hơn.

Có nhiều con đường làm ảnh hưởng đến sóng radio: phản xạ mặt đất, nước, các vật cản thiên nhiên giữa các ăng ten. Những hiệu ứng đó sẽ làm cho khi nhận tivi tạo thành nhiễu, không nét.

Những đặc tính truyền của sự sử dụng sóng radio trong thông tin liên lạc như đã nói ở trên. Hệ thống đầu tiên như vậy là hệ thống ALOHA ở Hawaii, hai băng tần số được dùng là 407,35MHz dùng cho thiết bị đầu cuối sử dụng truyền đến trung tâm điều khiển và 413,475MHz để truyền theo hướng vị trí. Băng thông cho cả hai kênh là 100KHz và tốc độ truyền là 9.600 bps. Sự truyền được thực hiện từng khoảng ngắn dữ liệu gọi là gói. Khoảng cách giữa hai điểm khoảng 30Km. Người ta sử dụng repeater để tăng khoảng cách lên khoảng 500Km. Một hệ thống tương tự ở Montréal,

phạm vi tần số được dùng là 220MHz. Một hệ thống điện thoại di động được phát triển do hãng Printer Terminal Corp. sử dụng tần số khoảng 450 – 540MHz.

2.2 Kỹ thuật số cho tín hiệu analog

Trong lý thuyết tín hiệu cũng như toán đã chứng minh được rằng: một tín hiệu analog nếu ta gián đoạn hóa nó theo quy luật bất buộc nào đó (lấy mẫu theo thời gian), ta truyền các điểm gián đoạn đó, khi thu lại các giá trị gián đoạn đó ta có thể phục hồi tín hiệu đã cho. Từ cách nghĩ đó ta có thể dùng tín hiệu analog điều chế biên độ dây xung đã cho, ta truyền dây xung có biên độ bị điều chế đó. Khi thu được dây xung điều chế biên độ ta có thể hồi phục lại tín hiệu analog cần truyền (kỹ thuật PAM). Một cách khác : dựa vào giá trị lấy mẫu tại các thời điểm, ta mã hóa nó thành dãy mã nhị phân (có số cột cố định) gửi đi qua đường dây thông tin đến bộ thu trong dạng tín hiệu số. Dựa vào các giá trị thu được ở bộ phận thu ta lập lại tín hiệu analog cần thiết (kỹ thuật PCM).

2.2.1 PAM (Pulse amplitude Modulation)

Trong hệ thống PAM, không có thiết bị mã hóa và giải mã. Người ta chỉ truyền một dây xung có biên độ được điều chế bởi tín hiệu analog thông tin cần truyền và tần số dây xung đáp ứng tần số lấy mẫu đến bộ phận thu. Ở bộ phận thu sẽ phục hồi lại thông tin cần truyền.

Hình 2.16 chỉ cho ta quá trình cơ bản của hệ thống PAM. đây là quá trình hoàn toàn analog chưa phải là quá trình số hóa, bởi vì các giá trị mẫu có thể là giá trị tức thời của điện áp tại thời điểm đó, biên độ đó chưa được đổi thành giá trị rời rạc (số hóa) và giá trị đó là V_a . Xung đó được tạo ra có tần số f_s bảo đảm luật lấy mẫu.

Lý thuyết lấy mẫu

Giả thiết rằng các tín hiệu mẫu ở đầu vào có tần số đủ để có thể tạo lại tín hiệu analog ở bộ phận thu sau khi qua bộ lọc thông thấp (hình 2.16). Toán học đã chứng minh được rằng: tín hiệu analog được tạo lại khi và chỉ khi tần số lấy mẫu (f_s) lớn hơn hoặc bằng 2 lần tần số cao nhất của tín hiệu đầu vào.

$$f_s \geq 2 f_a$$

Với

f_a : tần số cực đại của tín hiệu đầu vào,

f_s : tần số lấy mẫu.

Phổ PAM

Chúng ta có thể hiểu: tần số lấy mẫu là tần số mang, mà sóng mang đây là xung có tần số f_s và là xung vuông với chu kỳ có 50% trống và biên độ của nó được điều chế bởi tín hiệu đầu vào analog. Vậy phổ của tín hiệu PAM tồn tại cao hơn tần số cao nhất của tín hiệu vì $f_s \geq 2 f_a$

(hình vẽ). Nó gồm có thành phần cơ bản và thành phần bậc cao.

Bộ lọc thông thấp ở bộ phận thu chỉ cho qua thành phần thấp (từ 0 - f_s), tạo lại tín hiệu analog.

Chú ý rằng: nếu $f_s < 2 f_a$ phổ của sóng sẽ trùm lên một phần phổ tín hiệu vào làm méo tín hiệu khi thu được.

Hình 2.16 Hệ thống thông tin số PAM.

2.2.2 PCM (Pulse Coded Modulation)

Hình 2.17 cho ta sơ đồ khối của hệ thống thông tin PCM. Sự truyền PCM có thể coi là sự truyền mã nhị phân của PAM được số hóa. Với n bit của mã nhị phân ta có 2^n giá trị khác nhau. Vì vậy giá trị biên độ lấy mẫu phải được lượng tử hóa trong phạm vi có thể mã hóa được.

Khi truyền trên đường dây các mã nhị phân được truyền nối tiếp, điều đó có nghĩa là mã PCM phải được dịch chuyển ra trên đường dây từng bit theo thời gian. Ở bộ phận thu cần có sự biến đổi từ nối tiếp về dạng song song. Dây các bit thông thường được truyền đồng bộ trên đường dây.

Hình 2.18 cho ta một ví dụ về việc tạo mã PCM với 5 cột nhị phân. Tín hiệu ở đầu vào là V_a và nó biến đổi trong khoảng 0 - 7,75V. Mức lượng tử cho là 0.25V.

Hình 2.17 Hệ thống thông tin số PCM.

Hình 2.18 Dạng sóng PCM.

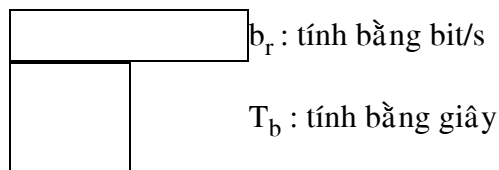
Bảng thông PCM

Vấn đề khó khăn nhất cho chúng ta trong khi chuyển từ hệ thông tin analog sang hệ PCM là băng thông của đường truyền tín hiệu số. Nếu trong PAM giữa 2 thời gian lấy mẫu ta chỉ cần truyền một xung lấy mẫu thì trong PCM ta cần truyền n xung. Số lượng bit trên đường truyền cao hơn nhiều (n lần). Giả sử sóng được truyền trên đường dây như hình vẽ:

Hình 2.19 Bảng thông của PCM.

Đầu ra b_r của bộ phát có n bit nối tiếp PCM. Độ rộng của bit ra T_b là $1/b_r$.

Ta có:



Với tín hiệu PCM, băng thông cực đại khi có dãy xung vuông 1-0-1-0-1-0... Trong trường hợp đó ta có 2 bit tạo thành một chu kỳ và tần số cơ bản sẽ là $1/2$ số bit và $1/b_r$ sẽ là băng thông cực tiểu của đường truyền.

Ví dụ: Với PCM 8 bit trong hệ thống điện thoại. Chọn $f_a = 4\text{KHz}$ (cho tiếng nói $f - \max = 3.4\text{ KHz}$), vậy $f_s = 8\text{ KHz}$.

Vậy số bit trên đường truyền $b_r = 64\text{ Kbit/s}$ và băng BW cho hệ thống như vậy là 32 KHz .

Sai số lượng tử hóa

Trong hệ PCM, khi ta chọn n (số cột nhị phân cho mã) ta có 2^n giá trị để biểu diễn biên độ. Như

vậy ta cần phải lượng tử hóa giá trị lấy mẫu theo mã. Giá trị biểu diễn bây giờ có thể không hoàn toàn chính xác theo giá trị vol khi lấy mẫu, việc làm đó dẫn đến sai số, người ta gọi sai số đó là sai số do lượng tử hóa (hoặc nhiễu lượng tử hóa). Khi ta chọn n đủ lớn thì sai số đó nhỏ có thể chấp nhận được, tuy nhiên việc chọn n còn phụ thuộc vào băng thông nữa.

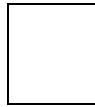
Hình 2.20a Phương pháp lượng tử hóa.

Hình 2.20b Sai số do lượng tử hóa.

Hình 2.20a cho ta giá trị tương ứng giữa điện áp và giá trị mã nhị phân n cột PCM. V_a nằm trong khoảng $+V_m$ và $-V_m$. Ta có giá trị mỗi nấc là:

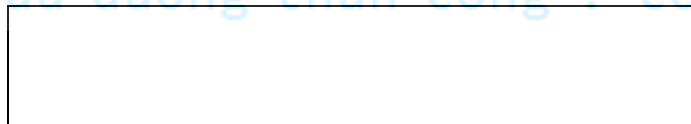


Hình 2.20b cho ta thấy nếu chọn $n = 8$ và $V_m = 5.1V$. Như vậy ta có:



Sai số cực đại cho một lần lấy mẫu bất kỳ là

Nếu gọi q là sai số tương đối khi lấy mẫu ta có:

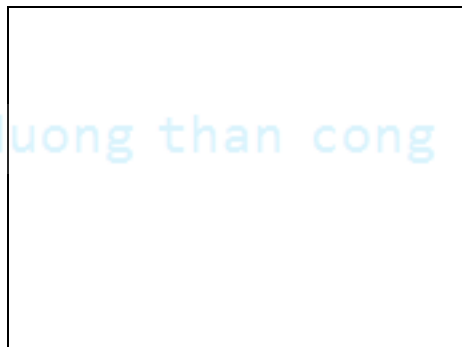


Nếu tính % ta có:



%

Từ đó ta có:



Từ phương trình trên ta có quan hệ giữa $\%q$, V_m và V_a như hình vẽ.

Ta cũng có thể tính được số n khi cho sai số lượng tử hóa $\%q$, V_m , V_a

Ví dụ: Chọn n bảo đảm $\%q = 10$ và $V_a = 5\% V_m$

Ta có:



Ta chọn: $n = 8$

Hình 2.21 Sai số phần trăm.

2.3 PCM trong hệ thống điện thoại

Trong hệ thống điện thoại, PCM không được dùng để truyền trên đường dây từ thuê bao đến tổng đài. Nó chỉ được dùng trong tổng đài từ sau mạch thuê bao. Ở đó người ta dùng các kênh multiplex cho mã sau khi lấy các mẫu của 24 đường tiếng nói.

Hình 2.22 Tổng đài điện thoại dùng PCM.

Hình 2.22 cho ta sơ đồ khối của một tổng đài dùng PCM. Ở đó các tín hiệu analog từ các thuê bao sau khi qua bộ lọc thông thấp được multiplex từ 24 đường thành một kênh tốc độ cao. Bộ biến đổi A - D sẽ biến đổi nó thành tín hiệu PCM và đổi sang dạng truyền nối tiếp.

Ngược lại các tín hiệu PCM dạng nối tiếp được chuyển thành song song, sau đó đổi D - A và thông qua bộ demultiplex (analog) đưa đến các thuê bao.

Ngày nay, người ta đã chế tạo những vi mạch chuyên dụng để mã hóa và giải mã cho mã PCM (Coder và Decoder) gọi là CODEC. Nhờ vậy ta có thể dùng CODEC kết hợp với các TDM (Time Division Multiplex) tạo thành các tổng đài số có cấu hình như hình 2.23.

Ta chọn tần số cực đại cho tiếng nói $f_a = 4 \text{ KHz}$, vậy tần số lấy mẫu $f_s = 8 \text{ KHz}$. Ta dùng mã PCM với $n = 8$

Hình 2.23 Tổng đài điện thoại dùng PCM với CODEC.

Khung thời gian cho PCM

Như đã nói ở trên, trong điện thoại người ta sử dụng 24 kênh tốc độ thấp thành một kênh tốc độ cao. Mỗi kênh tốc độ thấp có 8 bit. Vậy mỗi kênh tốc độ cao (khung thời gian) có $24 \times 8 = 192 \text{ bit}$. Người ta dùng 1 bit ở đầu khung thời gian để truyền tín hiệu đồng bộ. Vậy tổng số bit trên đường tốc độ cao là 193 bit cho một khung.

Chu kỳ lặp lại của các khung là 12 (1,5 ms). Mỗi từ mã có độ dài 5.18ms và chu kỳ lặp lại cho một khung thời gian là 125ms cho 193 bit.

Bit đồng bộ được thiết lập 1 hay 0 tùy theo khung thời gian và được quy định như hình vẽ. Các bit s của khung lẻ tạo thành 101010 và các s của khung chẵn cho ta 001110.

Hình 2.24 Khung thời gian PCM trong điện thoại.

2.4 Máy thông tin PCM-30

Máy thông tin PCM-30 là loại máy thông tin dùng kỹ thuật PCM và có thể sử dụng cho 30 đường.

đây là thiết bị đầu cuối trước khi đến thuê bao.

a. Cấu trúc cơ bản

Một hệ thống PCM-30 bao gồm các máy PDM-30 ở đầu cuối và các thiết bị đường dây.

KZU : nối giữa mạng liên lạc với thiết bị truyền tin PCM-30, nó có nhiệm vụ phối hợp từ mạch 2 dây hoặc 4 dây với hệ thống truyền. Từ nhiệm vụ đó người ta có thể chia KZU thành 2 loại KZU2 và KZU4.

Hình 2.25 Sơ đồ khối PCM-30.

Hệ thống PCM-30 là hệ thống dùng 4 dây. Qua nó âm thanh sẽ đến các điểm thông tin.

Trong thông tin có 2 loại: thông tin đến và thông tin đi. Và người ta phân biệt thành KZU.G2 và KZUK2. Tương tự ta có KZUG4 và KZUK4. Những yêu cầu và chỉ tiêu sẽ được trình bày trong khoảng thời gian 16 trong khung thời gian.

Ø Multiplex

Multiplex nhận dạng

Multiplex trung tâm giải quyết mã, giải mã và multiplex. Trong CODEC biến đổi A « D, có nghĩa là sau khi lấy mẫu với tần số 8 KHz và được mã hóa thành từ mã 8 bit và cung cấp cho Multiplex. ở đây sẽ tạo theo khung thời gian và tạo thành tín hiệu 2MBit cung cấp cho bộ tạo mã HDB-3. Trong trường hợp thu thì qui trình trên được tiến hành ngược lại.

Hình 2.26 Máy PCM-30.

b. Khung thời gian cho máy PCM-30

Chúng ta biết: tần số lấy mẫu là 8 KHz, như vậy khoảng thời gian từ lần lấy mẫu này đến lần sau là 125 ms. Trên đường dây có thể truyền cực đại là 2 MBit/s. điều đó có nghĩa là thời gian tồn tại 1 bit là



Một từ của PCM có 8 bit, thời gian tồn tại của một từ là: $8 * 0.5 = 4 \text{ ms}$

Như trên đã nói, thời gian lấy mẫu 2 lần cách nhau là 125 ms. Vậy số lượng từ có thể truyền là $125/4 = 31.25$ từ

Người ta chọn số lượng từ mã truyền trong 125 ms là 32 từ.

Vậy thời gian cho 1 từ mã là $125/32 = 4,906 \text{ ms}$

Độ dài của mỗi bit là $4,906/8 = 0,488 \text{ ms}$

Ø Vấn đề đồng bộ và tín hiệu ở kênh 0

Ra) Sự đồng bộ giữa thiết bị phát và thiết bị thu sẽ được thực hiện nhờ tín hiệu ở kênh 0, ở đó người ta phát các bit 10011011. Thực sự mà nói để đồng bộ ta chỉ dùng từ bit 2 đến

bit 8. Bit 1 dùng để dự trữ cho trường hợp thông tin quốc tế. Bình thường nó có giá trị 1.

Ma) Trong PCM-30 có thể thông báo lỗi cho trạm đối thoại với mình nhờ Mc. Vị trí của Mc chính ở chỗ Ra trong chu kỳ sau đó. Và nó có giá trị : 11DN1111. Với bit thứ 3 (D) có thể thông báo lỗi khẩn cấp. Bình thường nếu không có lỗi D=0. Bit thứ 4 dùng để chỉ lỗi không khẩn cấp N. N=1 khi không có lỗi.

Như vậy trong trường hợp không có lỗi gì Mc=11011111. Bit thứ 2 luôn bắt buộc là 1 để tránh sự nhầm lẫn với trường hợp đồng bộ. Bit thứ 1, cũng như trong đồng bộ, nó dành cho trường hợp truyền thông quốc tế. 4 bit sau cùng dành cho trường hợp thông tin quốc nội và nó luôn có giá trị là 1.

Quá trình đồng bộ giữa phát và thu diễn ra như sau: trước tiên trạm thu kiểm tra có phải là nhận được Ra đúng hay không. Nếu sai thì ngay sau đó Ra₂ được đổi bit 2 thành 1 và ngay sau đó Ra₃ được kiểm tra lại đồng thời trong quá trình đồng bộ được kết thúc.

Ø Truyền tín hiệu nhận dạng ở K16

Ở khung 16 sẽ được truyền tất cả tín hiệu nhận dạng của 30 kênh của thiết bị. K16 được sử dụng 8 bit. Hệ thống thông tin dùng các tín hiệu này điều khiển đóng hoặc mở mạch thông thường không được ít hơn **2ms**.

Người ta chia 8 bit của nó thành 2 lần 4 bit.

Ta chọn thời gian tối thiểu cho 1 chu trình là 2 ms. Vậy ta có được $2\text{ms}/125 = 16$

Qua 16 lần K16 ta có được 32 lần 4 bit. Vậy có thể truyền số nhận dạng cho 30 thiết bị và Ra và Mc 1 (chính bản thân kênh đồng bộ và kênh 16) và tốc độ truyền trên đường dây là $D = 1/0.488 = 2,048 \text{ MBit/s}$

Khung thời gian cho một máy PCM-30 được chỉ ra như hình vẽ.

Ra	từ nhận biết khung
Mc	từ thông báo
Kz	từ nhận dạng cho các kênh từ 1 – 30
K1- K30	kênh thông tin
D	bit để báo về những báo động khẩn D = 0 Không có nhiều
N	bit để báo về báo động không khẩn N = 1 Không có nhiều
X	bit dự trữ cho quốc tế
Y	bit dùng cho trong nước



Hình 2.27 Khung thời gian PCM-30

Hệ thống PCM chỉ có thể làm việc khi bộ thu và bộ phát đồng thời làm việc và đồng bộ nhau. Vì vậy bên cạnh việc truyền các bit thông tin cần phải truyền các bit đồng bộ. Những bit đồng bộ này được truyền trong khung thời gian 0.

Trong một kênh thông tin không chỉ những thông tin dạng analog được lấy mẫu mà còn những thông tin nhận dạng, (những thông tin cần thiết để điều khiển đóng ngắt mạch). Để truyền những tín hiệu đó người ta dùng K16. Như vậy ta còn lại 30 kênh để truyền thông tin và khung thời gian cho một chu kỳ như hình vẽ.

2.5 Điều chế Delta và PCM vi phân

Trong thông tin liên lạc, nhiều khi ta chỉ cần truyền đi giá trị thay đổi tuyệt đối của tín hiệu. Trong PCM ta lấy mẫu gồm cả thành phần một chiều và xoay chiều. Thành phần một chiều xác định tọa độ của tín hiệu gốc, thành phần xoay chiều chỉ sự biến thiên của tín hiệu. Nếu dùng PCM, yêu cầu mỗi đoạn thời gian phải truyền một số lượng xung cố định. Nếu như ta chỉ truyền sự thay đổi, lưu lượng truyền trên đường dây có thể giảm đi đến 50%. Chỉ truyền thành phần thay đổi đó là nguyên tắc cơ bản của điều chế delta và PCM vi phân.

Điều đương nhiên khi làm như vậy những yêu cầu về đồng bộ phải tăng lên và vấn đề multiplex khó khăn hơn.

a. Điều chế delta

Dựa vào sự khác biệt của tín hiệu cần phải truyền đi tại thời điểm t_i và t_{i+1} mà cho ta tín hiệu phải truyền trên đường dây tại t_{i+1} .

Giả thiết rằng ta có nguồn phải truyền là $S(t)$ tại thời điểm t tín hiệu truyền đi là $e(t)$.

Nếu:

$S(t_{i+1}) > S'(t)$ tín hiệu dương đưa vào D của F_1 .

$S(t_{i+1}) < S'(t)$ tín hiệu âm đưa vào D của FF .

[Hình 2.28a](#) .

[Hình 2.28b](#) .

Hình 2.28 Qui luật điều chế Delta.

Nếu tích phân $e(t)$ ta được $S'(t)$

Nguyên tắc làm việc và sơ đồ xung được chỉ ra như hình vẽ.

Nhiều khi lượng tử hóa

Dựa vào hình vẽ, ta thấy trong trường hợp $S(t)$ không có thay đổi, $S'(t)$ sẽ thay đổi về 2 phía của $S(t)$ và $e(t)$ sẽ thay đổi giữa giá trị dương và âm. Sai số đó gọi là nhiễu do lượng tử hóa. Nhiễu này có thể giới hạn được bằng cách giảm nhỏ h có nghĩa là tăng tần số clock. Tuy nhiên làm như vậy sẽ nảy sinh nhiều vấn đề khác.

Quá tải sườn

Nếu như tín hiệu cần truyền có sự thay đổi quá nhanh, tín hiệu đầu ra của bộ phận thu $S'(t)$ sẽ không thay đổi kịp (do tích phân). Người ta gọi đó là hiện tượng quá tải sườn. Và như vậy sẽ sinh ra sai số khi nhận tín hiệu.

Như hình vẽ cho thấy: bước cực đại của bộ tích phân là h , tần số lấy mẫu là: $f_s \text{ @ } T_s = 1/f_s$

Nếu $S(t)$ là hình sin có biên độ V_m và tần số là f_{in} ta có thể viết:

$$S(t) = V_m \sin(2\pi f_{in} t)$$

và sườn của $S(t)$ sẽ là $dS(t)/dt = 2\pi f_{in} \cdot V_m \cdot \cos(2\pi f_{in} t)$

và $(dS(t)/dt)_{\max} = V_m 2\pi f_{in}$

Ta có: với bước là h và tần số mẫu f_s thì sườn của nó là $h/T_s = hf_s$

Để tránh tình trạng quá tải sườn ta cần thỏa mãn $V_m 2\pi f_{in} \leq hf_s$ và $f_{in} \leq hf_s/2\pi V_m$

b. Điều chế delta thay đổi sườn

Vấn đề đặt ra cho chúng ta là: trong hệ thống điều chế delta làm thế nào giảm được nhiễu khi lượng tử hóa nhưng cũng tránh được sự quá tải sườn.

Một trong các biện pháp là dùng phương pháp điều chế delta thay đổi sườn VSDM (Variable Slope Delta Modulations). Trong VSDM sườn của mạch tích phân được tăng hoặc giảm phụ thuộc vào tốc độ thay đổi của tín hiệu vào.

Người ta dùng bộ phận hỗ trợ cho bộ tích phân để giảm nhỏ xu hướng quá tải sườn mà không làm

tăng nhiều do lượng tử hóa.

Những IC để điều chế và giải điều chế delta như hình vẽ.

Với IC điều chế delta người ta dùng thêm bộ ghi dịch 3 bit và dùng tổ hợp các đầu ra của các FF để thay đổi độ khuếch đại $e(t)$ trước khi đưa vào tích phân.

Nếu như 2 lần trước $e(t)$ đều dương mà lần thứ ba $e(t)$ dương thì sinh ra tín hiệu điều khiển độ khuếch đại. Cũng trường hợp như vậy nếu như 3 lần $e(t)$ đều âm.

[Hình 2.29a](#) Điều chế CVSD.

[Hình 2.29b](#) Giải điều chế CVSD.

Hình 2.29 Điều chế Delta thay đổi sườn.

Mạch giải điều chế làm theo nguyên tắc ngược lại (tự giải thích).

Hãng Motorola đã chế tạo IC điều chế và giải điều chế delta MC3417 như hình vẽ.

[Hình 2.30](#) Dạng sóng của CVSD.

[Hình 2.31](#) Mạch điều chế delta thay đổi sườn dùng MC 3417.

c. PCM vi phân (DPCM)

DPCM là phương pháp điều chế kết hợp giữa điều chế delta và điều chế PCM. Người ta dùng mã nhị phân để biểu diễn biên độ (sự thay đổi) của tín hiệu vi phân $e(t)$. Mã của tín hiệu vi phân có thể biểu diễn 2^m mức, vậy sẽ truyền m bit cho mỗi lần lấy mẫu của tín hiệu vi phân. Nếu như có một sự biến đổi nhỏ giữa hai quá trình lấy mẫu của một tín hiệu vào analog thì sẽ xuất hiện sự thay đổi về mã. Ta chỉ truyền đi sự biến đổi đó.

Hình vẽ cho ta thấy sơ đồ nguyên lý của hệ thống mã DPCM. Như hình vẽ, mã PCM 8 bit được đổi thành mã 4 bit DPCM. Sự tích phân được thực hiện số hóa dùng bộ cộng và tín hiệu nhị phân và dùng bộ trừ để tạo DPCM.

Ở bộ giải mã, sự tích phân, tín hiệu mã vi phân dùng bộ cộng và ở đó tạo lại mã 8 bit PCM.

Như hệ thống đã chỉ trên ta có thể giảm lưu lượng truyền 50% (từ 8 bit thành 4 bit). Quá tải sườn có thể là vấn đề không đáng kể. Như hệ thống cho : phạm vi của mã PCM là ± 127 , còn phạm vi của DPCM là ± 7 .

Vậy tỉ lệ quá tải sườn so với PCM là $\pm 7 / \pm 254 \approx \pm 3\%$.

[Hình 2.32a](#) Mã hóa DPCM.

[Hình 2.32b](#) Giải mã DPCM.

Hình 2.32 Hệ thống PCM vi phân.