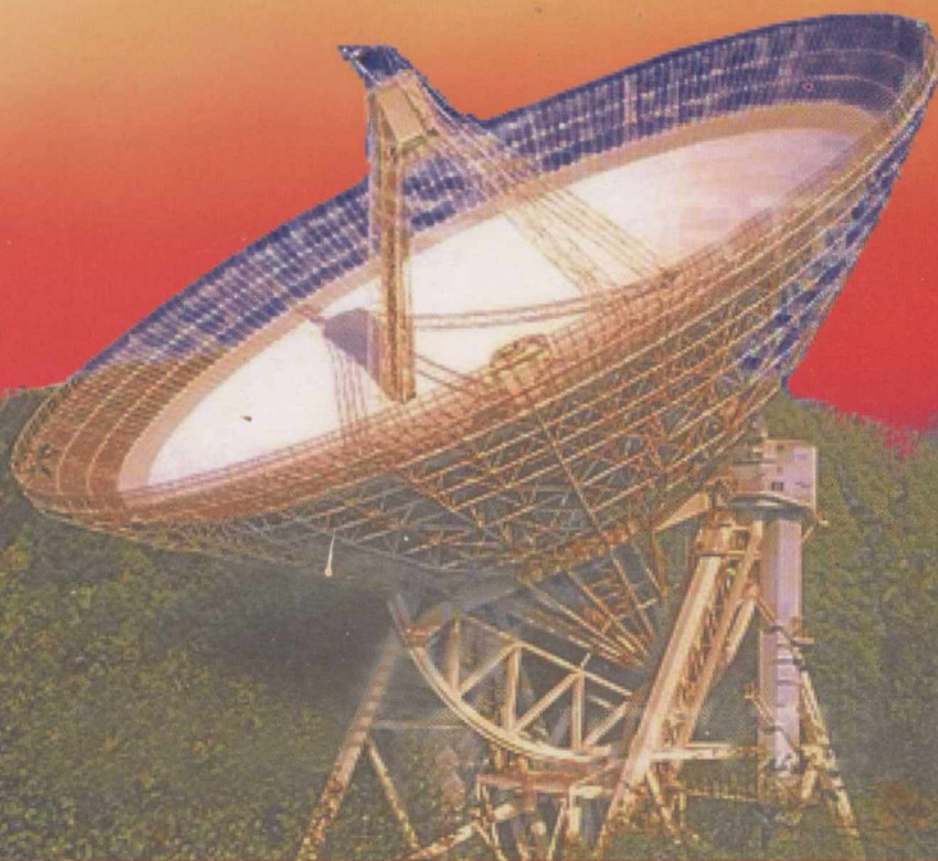


NGUYỄN VIỆT KÍNH - TRỊNH ANH VŨ

THÔNG TIN SỐ



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

NGUYỄN VIỆT KÍNH – TRỊNH ANH VŨ

THÔNG TIN SỐ

(Tái bản lần thứ nhất)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

Bản quyền thuộc HEVOBCO - Nhà xuất bản Giáo dục

04 – 2008/CXB/218 – 1999/GD

Mã số: 7B674y8 – DAI

Lời nói đầu

Trong vài thập kỷ qua cùng với sự phát triển mạnh mẽ của kỹ thuật xử lý tín hiệu số (DSP) và các mạch điện tử số tích hợp cỡ lớn (VLSI), kỹ thuật truyền tin số cũng đồng thời phát triển. Với nhiều ưu điểm nổi trội về khả năng chống nhiễu, về độ tin cậy cũng như tính mềm dẻo trong thiết kế ứng dụng, truyền tin số đang dần thay thế kỹ thuật truyền tin tương tự đã một thời phát triển rực rỡ.

Mặc dù có nhiều tính chất tương đồng như kỹ thuật tương tự, song kỹ thuật truyền tin số vẫn được coi như có cơ sở lý thuyết riêng với những nét đặc thù đặc sắc của nó. Tài liệu này cung cấp những kiến thức thiết yếu làm cơ sở cho việc thiết kế xây dựng một hệ truyền tin số dùng cho sinh viên ngành Điện tử – Viễn thông sau khi đã có các kiến thức về *Tín hiệu và hệ thống*, *Xử lý tín hiệu số*, *Xác suất và quá trình ngẫu nhiên*.

Tài liệu được biên soạn dựa trên những bài giảng chọn lọc đã và đang được giảng dạy nhiều năm tại khoa Điện tử – Viễn thông Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội. Trong lần xuất bản đầu sách khó tránh khỏi những thiếu sót. Các tác giả mong nhận được nhiều ý kiến góp ý của bạn đọc gần xa. Những nhận xét xin gửi về vuta@coltech.vnu.vn hoặc Công ty cổ phần Sách Đại học – Dạy nghề, Nhà xuất bản Giáo dục, 25 Hàn Thuyên, Hà Nội. Điện thoại: (04) 8264974.

Xin chân thành cảm ơn.

CÁC TÁC GIẢ

1.1. Quá trình truyền tin

Quá trình truyền tin là quá trình truyền *thông tin* từ nơi này đến nơi khác theo yêu cầu *xa, nhanh, chính xác*. Ba yêu cầu bình thường này không phải luôn được mọi người hiểu đúng và lịch sử cũng đòi hỏi bao cuộc cách mạng kỹ thuật mới ngày càng thực hiện tốt hơn những điều này. Ta phác hoạ chúng như sau:

Thế nào là xa? Xa có thể là từ đây đến sao Hoả (!) Phương tiện truyền tin hiện đại đáp ứng yêu cầu này không là gì khác ngoài trường điện từ. Trường điện từ có thể lan truyền trong không gian tự do, trong dây dẫn điện hoặc dưới dạng ánh sáng trong sợi quang... với tốc độ hàng trăm triệu m/s.

Thế nào là nhanh? Nhanh ở đây không phải chỉ là tốc độ ánh sáng, mà còn là tốc độ truyền thông tin thoả mãn *thời gian thực* đối với yêu cầu sử dụng. Còn gì chán hơn khi "voice chat" qua mạng phải chờ một lúc mới nghe tiếng trả lời. Điều này có liên quan đến *băng thông* (độ rộng băng tần) của đường truyền hoặc cách tổ chức một *mạng* truyền dẫn cho nhiều người dùng.

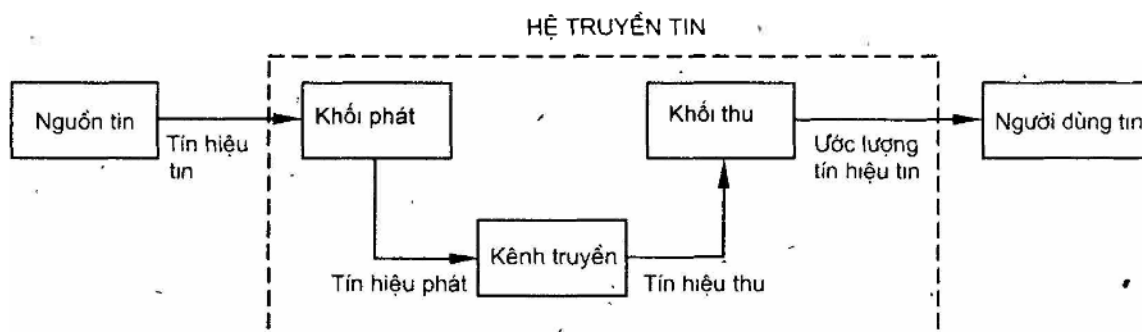
Thế nào là chính xác? Trong truyền tin khái niệm này cũng không được hiểu với nghĩa tuyệt đối một trăm phần trăm, mà phải hiểu với tỷ lệ sai sót ít nhất, sai sót mà yêu cầu sử dụng có thể chấp nhận được. Thông thường tỷ lệ này là 10^{-6} đến 10^{-7} .

Hạn chế và cản trở ba yêu cầu truyền tin nói trên chính là các yếu tố *công suất, độ rộng băng tần kênh truyền và can nhiễu* (ở đây mới đề cập đến can nhiễu do ồn chứ chưa nói đến các can nhiễu đặc thù khác ảnh hưởng đến truyền tin như can nhiễu do chuyển động, do hiệu ứng đa đường truyền... sẽ được nghiên cứu trong những chuyên đề khác). Công suất phát càng lớn, thì tin truyền càng đi xa. Băng tần truyền dẫn càng rộng thì tốc độ thông tin càng nhanh và cuối cùng càng ít can nhiễu càng ít lỗi truyền tin xảy ra. Câu hỏi chính đặt ra trong giáo trình này là những yếu tố trên đã hạn chế và cản trở ba yêu cầu truyền tin thế nào, và bằng cách nào với kỹ thuật truyền tin số có thể khắc phục và vượt qua những cản trở này.

Bên cạnh ba yêu cầu truyền tin nói trên thuần túy mang tính kỹ thuật, còn có một yêu cầu nữa cũng không thể thiếu khi thiết kế các hệ truyền tin là yêu cầu về kinh tế, về *hiệu suất* và *giá thành*. Yêu cầu này cũng thường xuyên được phân tích gắn liền với những yêu cầu kỹ thuật và giải pháp công nghệ.

Để bắt đầu ta nêu ra một hệ thống truyền tin tiêu biểu (hình 1.1). Hệ thống này luôn có ba phần cơ bản đó là: khối phát, kênh truyền và khối thu. Khối phát chuyển *tín hiệu tin* tạo ra từ một *nguồn tin* thành *tín hiệu phát* dạng thích hợp để truyền được trên *kênh truyền*. *Tín*

hiệu thu được sau kênh truyền là một phiên bản của tín hiệu phát bị làm méo do kênh truyền. Nhiệm vụ của bộ thu là phải tạo lại tín hiệu gốc (tín hiệu tin) như bên phát từ phiên bản nhận được này, rồi từ đó tạo lại bản tin nguồn (hình 1).



Hình 1. Các bộ phận của một hệ truyền tin

1.2. Truyền tin số

Truyền tin số có nhiều ưu điểm hơn kỹ thuật tương tự, trong đó chỉ sử dụng một số hữu hạn dạng sóng khác biệt nhau để truyền tin. Mỗi dạng sóng truyền trong một khoảng thời gian giới hạn gọi là độ kéo dài ký hiệu và là đại diện truyền của một dữ liệu tin (hay một tổ hợp bit), còn gọi là các báo hiệu (Signalings). Kỹ thuật này có ưu điểm nổi bật là: chống nhiễu trên đường truyền tốt (vì nếu nhiễu không đủ mạnh sẽ không thể biến dạng sóng này thành dạng sóng kia, gây nên nhầm lẫn ở nơi thu), song đòi hỏi bản tin nguồn cũng phải được số hoá (biểu diễn chỉ bằng một số hữu hạn ký hiệu). Ví dụ văn bản tiếng Việt dùng 24 chữ cái, bộ đếm dùng 10 số, bản nhạc dùng 7 nốt và vài ký hiệu bổ sung... Trong giáo trình này ta coi rằng bản tin nguồn đã được số hoá và ta chỉ nghiên cứu kỹ thuật truyền số qua kênh.

Việc số hoá một bản tin tương tự phải trả giá bằng một sai số nào đó (gọi là sai số lượng tử, tuy nhiên sai số này lại có thể kiểm soát được). So sánh với kỹ thuật truyền tin tương tự, ở đó bản tin không mắc sai số khi số hoá, song do dùng vô số dạng sóng (tín hiệu liên tục) trên đường truyền nên can nhiễu sẽ làm thay đổi dạng sóng, gây nên sai số khi tách tại nơi thu mà ở góc độ nào đó khó kiểm soát được. Ngoài ra việc số hoá kỹ thuật truyền tin còn tạo nên những tiêu chuẩn có thể thay đổi linh hoạt bằng chương trình phần mềm và tạo ra những dịch vụ chưa từng có trong truyền tin tương tự. Nói như vậy ta cũng không nên quên kỹ thuật truyền tin tương tự đã có những đỉnh cao vĩ đại như tạo ra truyền hình màu hay điều khiển đưa người lên mặt trăng và hiện nay trong một số kỹ thuật điều khiển tốc độ cực nhanh vẫn dùng đến kỹ thuật tương tự.

Khi vận dụng lý thuyết thông tin vào kỹ thuật truyền tin số thường có những vấn đề cần bàn sau đây đặt ra:

- Bản tin phải được biểu diễn (mã nguồn) với một số ít ký hiệu nhất, theo mã nhị phân là cần ít bit nhất (để truyền cho nhanh!). Lý thuyết thông tin cho một giới hạn dưới về số bit tối thiểu cần để biểu diễn. Tức là nếu ít hơn số bit tối thiểu này thì không thể biểu diễn đầy đủ bản tin (làm sai lệch bản tin, mất mát thông tin).

- Khi truyền tin mã nguồn lại cần được bổ sung thêm các bit (dư thừa) để có thể giảm

lỗi truyền bản tin (gọi là kỹ thuật mã kênh kiểm soát lỗi) mà điều này lại làm tăng tốc độ bit truyền. Tuy nhiên có một *giới hạn trên về tốc độ truyền* mà vượt qua nó không thể kiểm soát lỗi được, hay là truyền không tin cậy, đó là *dung năng kênh* quy định bởi độ rộng băng tần kênh truyền và tỷ số tín hiệu/ồn:

$$C = B \log_2(1+SNR) \text{ b/s} \quad (1.1)$$

Ở đó B là độ rộng băng tần kênh truyền, SNR là tỷ số công suất tín hiệu trên công suất ồn và C chính là *giới hạn trên* đối với tốc độ truyền tin cậy tính bằng bit/giây. Công thức này cho thấy có sự *chuyển đổi* giữa B và SNR. Đồng thời cả 3 yếu tố: công suất, độ rộng băng tần và ồn kênh cùng tham gia quy định mức độ “nhanh” của truyền tin như đã nói ở đầu. Đây là công thức rất điển hình (do Shannon tìm ra từ năm 1948) đặc trưng cho một hệ thống truyền tin số (cơ sở lý thuyết của công thức này sẽ được nghiên cứu trong chương 8).

1.3. Kênh truyền tin

Kênh truyền tin ta nói đến ở đây là môi trường vật lý để truyền sóng điện từ mang tin. Đây là vấn đề trung tâm của một hệ truyền tin, kênh xác định dung lượng truyền thông tin của hệ cũng như chất lượng dịch vụ truyền tin.

Có sáu loại kênh tiêu biểu trên thực tế: Kênh điện thoại truyền thống – Cáp đồng trục – Sợi quang – Kênh viba – Kênh vô tuyến di động – Kênh vệ tinh.

Kênh điện thoại truyền thống: Là đường truyền tín hiệu điện, gồm một cặp dây đồng xoắn, một dây tham chiếu đất, nên nhiều nếu có tác động lên cả hai dây thì tín hiệu vi phân lại không sao. Khi nhiều cặp dây như vậy xoắn trong một cáp lớn sẽ làm giảm nhiễu xuyên chéo. Đường truyền này tuyến tính, *băng giới hạn*, thích hợp cho truyền tiếng nói tương tự băng cơ sở hoặc thông dải (độ rộng từ 300–3100Hz). Đường có tỷ số tín/ồn cao ~30dB, có thể truyền với tốc độ 1Mbits trên khoảng cách <100m. Khi dùng các bộ điều khiển đường dây và mạch thu phát vi hơn có thể đạt tới 10Mbits/100m trên cặp dây xoắn không bọc UTP (unshielded twisted pairs) là loại được dùng phổ biến hiện nay. Kênh truyền này có đáp ứng độ lớn theo tần số bằng phẳng, nếu không chú ý đến đáp ứng pha theo tần số (do tai người không nhạy với trễ pha), song khi truyền ảnh hay dữ liệu thì phải chú ý đến điều này và cần dùng bộ cân bằng thích nghi kết hợp với phương pháp điều chế có hiệu suất phổ cao.

Cáp đồng trục: Hạn chế của cặp dây xoắn là dung kháng và hiệu ứng lớp vỏ. Khi tốc độ bit tăng, dòng qua dây có xu hướng chỉ chạy trên bề mặt mà không qua lõi nên tăng trở kháng và suy giảm nhanh. Cáp đồng trục khắc phục nhược điểm này, nó gồm sợi dẫn ở trung tâm và cách điện với vỏ xung quanh; vỏ cũng là vật liệu dẫn điện. Cáp đồng trục có hai ưu điểm lớn là *độ rộng băng tần lớn* và chống được *can nhiễu từ bên ngoài* đồng thời ít bị mất mát do bức xạ. Cáp đồng trục cũng có thể dùng cho truyền dẫn tín hiệu băng cơ sở hay tín hiệu điều chế sóng mang. Thông thường loại này cho phép truyền với tốc độ 10Mbits/vài trăm mét và xa hơn khi có dùng sóng mang. Ở tốc độ khoảng 274Mbit/s, cáp đồng trục cần những bộ phát lặp trên quãng cách 1km như đối với truyền hình cáp.

Sợi quang: Gồm lõi là thủy tinh, lớp vỏ xung quanh cũng là thủy tinh đồng tâm có chỉ số khúc xạ nhỏ hơn một chút. Tính chất cơ bản của sợi quang là khi tia sáng đi từ môi

trường có chỉ số khúc xạ cao sang môi trường có chỉ số khúc xạ thấp thì sẽ bị uốn về phía môi trường chỉ số khúc xạ cao, nên xung ánh sáng được “dẫn đi” trong sợi quang. Sợi quang là *vật liệu cách điện*, chỉ truyền dẫn ánh sáng. Dùng tần số mang ánh sáng cỡ 2×10^{14} Hz sẽ cho độ rộng băng tần cỡ $10\% = 2 \times 10^{13}$ Hz tùy theo đó là sợi đơn mode hay đa mode. Mất mát trong sợi quang nhỏ: 0,2dB/km và không chịu ảnh hưởng của giao thoa sóng điện từ (vì có bản chất ống dẫn tĩnh điện).

Trong môi trường truyền dẫn là không khí hoặc chân không, sóng điện từ truyền trong một số loại kênh sau:

Kênh vi ba: Hoạt động ở dải tần 1–30GHz cho hai anten nhìn thấy nhau. Anten phải đặt trên tháp đủ cao, điều kiện kênh có thể coi là tĩnh, kênh truyền này tin cậy. Tuy nhiên khi điều kiện khí tượng thay đổi có thể làm giảm cấp chất lượng đường truyền.

Kênh di động: Đây là kênh kết nối với người dùng di động. Kênh có tính chất tuyến tính *thay đổi theo thời gian* cùng hiệu ứng *đa đường* gây nên sự đồng pha, hoặc ngược pha của các tín hiệu thành phần làm tín hiệu tổng cộng thăng giáng (fading). Đây là loại kênh phức tạp nhất trong truyền thông vô tuyến.

Kênh vệ tinh: Với vệ tinh địa tĩnh ở độ cao gần 40 nghìn km, tần số thường dùng cho phát lên là 6GHz và cho phát xuống là 4GHz. Độ rộng băng tần của kênh truyền lớn cỡ 500MHz chia thành các dải do 12 bộ phát đáp trong vệ tinh đảm nhiệm, mỗi bộ phát đáp dùng 36MHz truyền được ít nhất một chương trình truyền hình màu, 1200 mạch thoại, tốc độ dữ liệu ít nhất 50Mbit/s.

Ngoài cách phân loại cụ thể trên có thể phân loại kênh truyền theo tính chất như sau:

- Kênh tuyến tính hay phi tuyến: Kênh điện thoại truyền thống là tuyến tính trong khi kênh vệ tinh thường là phi tuyến (nhưng không phải luôn luôn như vậy).

- Kênh bất biến hay thay đổi theo thời gian: Sợi quang bất biến trong khi kênh di động là thay đổi theo thời gian.

- Kênh băng tần giới hạn hay công suất giới hạn: Đường điện thoại là kênh băng tần giới hạn trong khi cáp quang và vệ tinh là công suất giới hạn.

1.4. Tín hiệu băng cơ sở và tín hiệu băng thông dải

Thuật ngữ băng cơ sở chỉ miền tần số của *tín hiệu bản tin* và thường đó là tín hiệu băng thông thấp. Tín hiệu băng cơ sở có thể ở dạng số hay tương tự.

Đối với tín hiệu tương tự: cả thời gian và biên độ là liên tục.

Đối với tín hiệu số là tín hiệu rời rạc về thời gian và mức biên độ, số dạng sóng là hữu hạn (ví dụ lỗi ra của máy tính có thể coi là tín hiệu số băng cơ sở).

Để truyền dẫn, tín hiệu bản tin phải được chuyển thành *tín hiệu phát* có tính chất *phù hợp với kênh truyền*.

Trong truyền dẫn băng cơ sở: Băng tần kênh hỗ trợ phù hợp với băng tần tín hiệu bản tin, nên có thể truyền trực tiếp tín hiệu bản tin.

Trong truyền dẫn băng thông dải: Băng tần của kênh có tần số trung tâm lớn hơn nhiều