

MẠNG TRUYỀN THÔNG CÔNG NGHIỆP

PGS.TS Hoàng Minh Sơn
Bộ môn Điều khiển tự động
Khoa Điện - Đại học Bách khoa Hà Nội



MỤC LỤC

Chương 1: Mở đầu	1
1.1 Mạng truyền thông công nghiệp là gì?	1
1.2 Vai trò của mạng truyền thông công nghiệp	3
1.3 Phân loại và đặc trưng các hệ thống MCN	4
1.4 Tài liệu tham khảo	6
Chương 2: Cơ sở kỹ thuật	7
2.1 Các khái niệm cơ bản	7
2.1.1 Thông tin, dữ liệu và tín hiệu	7
2.1.2 Truyền thông, truyền dữ liệu và truyền tín hiệu	9
2.2 Chế độ truyền tải	12
2.2.1 Truyền bit song song và truyền bit nối tiếp	12
2.2.2 Truyền đồng bộ và không đồng bộ	12
2.2.3 Truyền một chiều và truyền hai chiều	13
2.2.4 Truyền tải dải cơ sở, dải mang và dải rộng	14
2.3 Cấu trúc mạng - Topology	16
2.3.1 Cấu trúc bus	16
2.3.2 Cấu trúc mạch vòng (tích cực)	17
2.3.3 Cấu trúc hình sao	19
2.3.4 Cấu trúc cây	20
2.4 Truy nhập bus	21
2.4.1 Đặt vấn đề	21
2.4.2 Chủ/tớ (Master/Slave)	23
2.4.3 TDMA	24
2.4.4 Token Passing	25
2.4.5 CSMA/CD	26
2.4.6 CSMA/CA	28
2.5 Bảo toàn dữ liệu	31
2.5.1 Đặt vấn đề	31
2.5.2 Bit chẵn lẻ (Parity bit)	33
2.5.3 Bit chẵn lẻ 2 chiều	34
2.5.4 CRC	36
2.5.5 Nhồi bit (Bit Stuffing)	38
2.6 Mã hóa bit	40
2.6.1 Các tiêu chuẩn trong mã hóa bit	40
2.6.2 NRZ, RZ	41
2.6.3 Mã Manchester	42

2.6.4	AFP	42
2.6.5	FSK	43
2.7	Kỹ thuật truyền dẫn	44
2.7.1	Phương thức truyền dẫn tín hiệu	45
2.7.2	RS-232	47
2.7.3	RS-422	50
2.7.4	RS-485	51
2.7.5	MBP (IEC 1158-2)	57
2.8	Kiến trúc giao thức	59
2.8.1	Dịch vụ truyền thông	59
2.8.2	Giao thức	59
2.8.3	Mô hình lớp	62
2.8.4	Kiến trúc giao thức OSI	63
2.8.5	Kiến trúc giao thức TCP/IP	70
2.9	Tài liệu tham khảo	73
Chương 3:	Các thành phần hệ thống mạng	74
3.1	Phương tiện truyền dẫn	74
3.1.1	Đôi dây xoắn	75
3.1.2	Cáp đồng trục	77
3.1.3	Cáp quang	78
3.1.4	Vô tuyến	80
3.2	Giao diện mạng	82
3.2.1	Cấu trúc giao diện mạng	82
3.2.2	Ghép nối PLC	84
3.2.3	Ghép nối PC	85
3.2.4	Ghép nối vào/ra phân tán	87
3.2.5	Ghép nối các thiết bị trường	88
3.3	Phần mềm trong hệ thống mạng	90
3.3.1	Phần mềm giao thức	90
3.3.2	Phần mềm giao diện lập trình ứng dụng	91
3.4	Thiết bị liên kết mạng	93
3.4.1	Bộ lặp	93
3.4.2	Cầu nối	94
3.4.3	Router	95
3.4.4	Gateway	96
3.5	Các linh kiện mạng khác	98
3.6	Tài liệu tham khảo	100
Chương 4:	Các hệ thống bus tiêu biểu	101
4.1	PROFIBUS	101
4.1.1	Kiến trúc giao thức	102

4.1.2	Cấu trúc mạng và kỹ thuật truyền dẫn	103
4.1.3	Truy nhập bus	105
4.1.4	Dịch vụ truyền dữ liệu	105
4.1.5	Cấu trúc bức điện	107
4.1.6	PROFIBUS-FMS	109
4.1.7	PROFIBUS-DP	111
4.1.8	PROFIBUS-PA	117
4.1.9	Tài liệu tham khảo	119
4.2	Modbus	120
4.2.1	Cơ chế giao tiếp	120
4.2.2	Chế độ truyền	122
4.2.3	Cấu trúc bức điện	123
4.2.4	Bảo toàn dữ liệu	125
4.2.5	Tài liệu tham khảo	126
4.3	Foundation Fieldbus	127
4.3.1	Kiến trúc giao thức	127
4.3.2	Cấu trúc mạng và kỹ thuật truyền dẫn	128
4.3.3	Cơ chế giao tiếp	130
4.3.4	Cấu trúc bức điện	132
4.3.5	Dịch vụ giao tiếp	132
4.3.6	Khối chức năng ứng dụng	134
4.3.7	Tài liệu tham khảo	136
4.4	Ethernet	137
4.4.1	Kiến trúc giao thức	137
4.4.2	Cấu trúc mạng và kỹ thuật truyền dẫn	138
4.4.3	Cơ chế giao tiếp	140
4.4.4	Cấu trúc bức điện	140
4.4.5	Truy nhập bus	141
4.4.6	Hiệu suất đường truyền và tính năng thời gian thực	142
4.4.7	Mạng LAN 802.3 chuyển mạch	142
4.4.8	Fast Ethernet	143
4.4.9	High Speed Ethernet	144
4.4.10	Industrial Ethernet	146
4.4.11	Tài liệu tham khảo	146
Chương 5:	Thiết kế hệ thống mạng	147
5.1	Thiết kế hệ thống mạng	147
5.1.1	Phân tích yêu cầu	147
5.1.2	Các bước tiến hành	148
5.2	Đánh giá và lựa chọn giải pháp mạng	150
5.2.1	Đặc thù của cấp ứng dụng	150

5.2.2	Đặc thù của lĩnh vực ứng dụng	151
5.2.3	Yêu cầu kỹ thuật chi tiết	152
5.2.4	Yêu cầu kinh tế	153

Chương 1: Mở đầu

1.1 Mạng truyền thông công nghiệp là gì?

Mạng truyền thông công nghiệp hay *mạng công nghiệp* (MCN) là một khái niệm chung chỉ các *hệ thống mạng truyền thông số, truyền bit nối tiếp, được sử dụng để ghép nối các thiết bị công nghiệp*. Các hệ thống truyền thông công nghiệp phổ biến hiện nay cho phép liên kết mạng ở nhiều mức khác nhau, từ các cảm biến, cơ cấu chấp hành dưới cấp trường cho đến các máy tính điều khiển, thiết bị quan sát, máy tính điều khiển giám sát và các máy tính cấp điều hành xí nghiệp, quản lý công ty.

Về cơ sở kỹ thuật, mạng công nghiệp và các hệ thống *mạng viễn thông* có rất nhiều điểm tương đồng, tuy nhiên cũng có những điểm khác biệt sau:

- Mạng viễn thông có phạm vi địa lý và số lượng thành viên tham gia lớn hơn rất nhiều, nên các yêu cầu kỹ thuật (cấu trúc mạng, tốc độ truyền thông, tính năng thời gian thực,...) rất khác, cũng như các phương pháp truyền thông (truyền tải dài rộng/dải cơ sở, điều biến, dồn kênh, chuyển mạch,...) thường phức tạp hơn nhiều so với mạng công nghiệp.
- Đối tượng của mạng viễn thông bao gồm cả con người và thiết bị kỹ thuật, trong đó con người đóng vai trò chủ yếu. Vì vậy các dạng thông tin cần trao đổi bao gồm cả tiếng nói, hình ảnh, văn bản và dữ liệu. Đối tượng của mạng công nghiệp thuần túy là các thiết bị công nghiệp, nên dạng thông tin được quan tâm duy nhất là dữ liệu. Các kỹ thuật và công nghệ được dùng trong mạng viễn thông rất phong phú, trong khi kỹ thuật truyền dữ liệu theo chế độ bit nối tiếp là đặc trưng của mạng công nghiệp.

Mạng truyền thông công nghiệp thực chất là một dạng đặc biệt của *mạng máy tính*, có thể so sánh với mạng máy tính thông thường ở những điểm giống nhau và khác nhau như sau:

- Kỹ thuật truyền thông số hay truyền dữ liệu là đặc trưng chung của cả hai lĩnh vực.
- Trong nhiều trường hợp, mạng máy tính sử dụng trong công nghiệp được coi là một phần (ở các cấp điều khiển giám sát, điều hành sản xuất và quản lý công ty) trong mô hình phân cấp của mạng công nghiệp.
- Yêu cầu về tính năng thời gian thực, độ tin cậy và khả năng tương thích trong môi trường công nghiệp của mạng truyền thông công nghiệp cao hơn so với một

mạng máy tính thông thường, trong khi đó mạng máy tính thường đòi hỏi cao hơn về độ bảo mật.

- Mạng máy tính có phạm vi trải rộng rất khác nhau, ví dụ có thể nhỏ như mạng LAN cho một nhóm vài máy tính, hoặc rất lớn như mạng Internet. Trong nhiều trường hợp, mạng máy tính gián tiếp sử dụng dịch vụ truyền dữ liệu của mạng viễn thông. Trong khi đó, cho đến nay các hệ thống mạng công nghiệp thường có tính chất độc lập, phạm vi hoạt động tương đối hẹp.

Sự khác nhau trong phạm vi và mục đích sử dụng giữa các hệ thống mạng truyền thông công nghiệp với các hệ thống mạng viễn thông và mạng máy tính dẫn đến sự khác nhau trong các yêu cầu về mặt kỹ thuật cũng như kinh tế. Ví dụ, do yêu cầu kết nối nhiều nền máy tính khác nhau và cho nhiều phạm vi ứng dụng khác nhau, kiến trúc giao thức của các mạng máy tính phổ thông thường phức tạp hơn so với kiến trúc giao thức các mạng công nghiệp. Đối với các hệ thống truyền thông công nghiệp, đặc biệt là ở các cấp dưới thì các yêu cầu về tính năng thời gian thực, khả năng thực hiện đơn giản, giá thành hạ lại luôn được đặt ra hàng đầu.

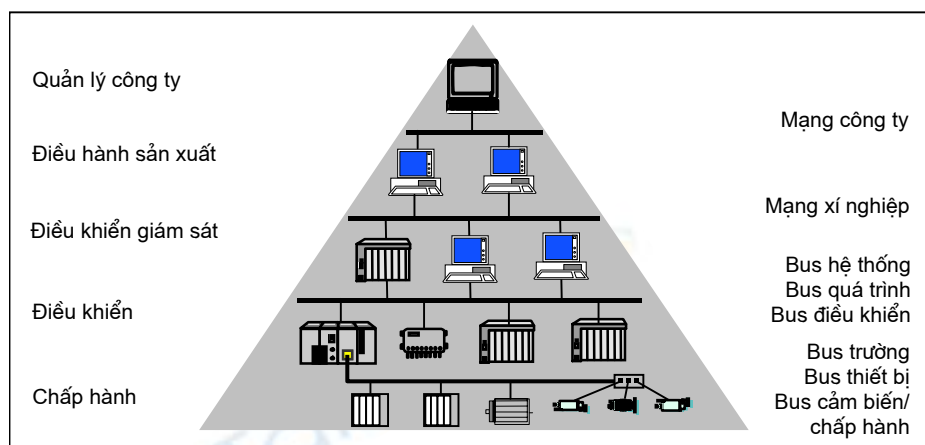
1.2 Vai trò của mạng truyền thông công nghiệp

Sử dụng mạng truyền thông công nghiệp, đặc biệt là bus trường để thay thế cách nối điểm-điểm cổ điển giữa các thiết bị công nghiệp mang lại hàng loạt những lợi ích như sau:

- Đơn giản hóa cấu trúc liên kết giữa các thiết bị công nghiệp: Một số lượng lớn các thiết bị thuộc các chủng loại khác nhau được ghép nối với nhau thông qua một đường truyền duy nhất.
- Tiết kiệm dây nối và công thiết kế, lắp đặt hệ thống: Nhờ cấu trúc đơn giản, việc thiết kế hệ thống trở nên dễ dàng hơn nhiều. Một số lượng lớn cáp truyền được thay thế bằng một đường duy nhất, giảm chi phí đáng kể cho nguyên vật liệu và công lắp đặt.
- Nâng cao độ tin cậy và độ chính xác của thông tin: Khi dùng phương pháp truyền tín hiệu tương tự cổ điển, tác động của nhiễu dễ làm thay đổi nội dung thông tin mà các thiết bị không có cách nào nhận biết. Nhờ kỹ thuật truyền thông số, không những thông tin truyền đi khó bị sai lệch hơn, mà các thiết bị nối mạng còn có thêm khả năng tự phát hiện lỗi và chẩn đoán lỗi nếu có. Hơn thế nữa, việc bỏ qua nhiều lần chuyển đổi qua lại tương tự-số và số-tương tự nâng cao độ chính xác của thông tin.
- Nâng cao độ linh hoạt, tính năng mở của hệ thống: Một hệ thống mạng chuẩn hóa quốc tế tạo điều kiện cho việc sử dụng các thiết bị của nhiều hãng khác nhau. Việc thay thế thiết bị, nâng cấp và mở rộng phạm vi chức năng của hệ thống cũng dễ dàng hơn nhiều. Khả năng tương tác giữa các thành phần (phần cứng và phần mềm) được nâng cao nhờ các giao diện chuẩn.
- Đơn giản hóa/tiện lợi hóa việc tham số hóa, chẩn đoán, định vị lỗi, sự cố của các thiết bị : Với một đường truyền duy nhất, không những các thiết bị có thể trao đổi dữ liệu quá trình, mà còn có thể gửi cho nhau các dữ liệu tham số, dữ liệu trạng thái, dữ liệu cảnh báo và dữ liệu chẩn đoán. Các thiết bị có thể tích hợp khả năng tự chẩn đoán, các trạm trong mạng cũng có thể có khả năng cảnh giới lẫn nhau. Việc cấu hình hệ thống, lập trình, tham số hóa, chỉnh định thiết bị và đưa vào vận hành có thể thực hiện từ xa qua một trạm kỹ thuật trung tâm.
- Mở ra nhiều chức năng và khả năng ứng dụng mới của hệ thống: Sử dụng mạng truyền thông công nghiệp cho phép áp dụng các kiến trúc điều khiển mới như điều khiển phân tán, điều khiển phân tán với các thiết bị trường, điều khiển giám sát hoặc chẩn đoán lỗi từ xa qua Internet, tích hợp thông tin của hệ thống điều khiển và giám sát với thông tin điều hành sản xuất và quản lý công ty.

1.3 Phân loại và đặc trưng các hệ thống MCN

Để sắp xếp, phân loại và phân tích đặc trưng các hệ thống mạng truyền thông công nghiệp, ta dựa vào mô hình phân cấp quen thuộc cho các công ty, xí nghiệp sản xuất, như được minh họa trên Hình 1.1.



Hình 1.1: Mô hình phân cấp chức năng công ty sản xuất công nghiệp

Tương ứng với năm cấp chức năng là bốn cấp của hệ thống truyền thông. Từ cấp điều khiển giám sát trở xuống thuật ngữ “bus” thường được dùng thay cho “mạng”, với lý do phần lớn các hệ thống mạng phía dưới đều có cấu trúc vật lý hoặc logic kiểu bus (xem phần 2.5).

Bus trường, bus thiết bị

Bus trường (fieldbus) thực ra là một khái niệm chung được dùng trong các ngành công nghiệp chế biến để chỉ các hệ thống bus nối tiếp, sử dụng kỹ thuật truyền tin số để kết nối các thiết bị thuộc cấp điều khiển (PC, PLC) với nhau và với các thiết bị ở cấp chấp hành, hay các thiết bị trường. Các chức năng chính của cấp chấp hành là đo lường, truyền động và chuyển đổi tín hiệu trong trường hợp cần thiết. Các thiết bị có khả năng nối mạng là các vào/ra phân tán (*distributed I/O*), các thiết bị đo lường (*sensor, transducer, transmitter*) hoặc cơ cấu chấp hành (*actuator, valve*) có tích hợp khả năng xử lý truyền thông. Một số kiểu bus trường chỉ thích hợp nối mạng các thiết bị cảm biến và cơ cấu chấp hành với các bộ điều khiển, cũng được gọi là *bus chấp hành/cảm biến*.

Trong công nghiệp chế tạo (tự động hóa dây chuyền sản xuất, gia công, lắp ráp) hoặc ở một số lĩnh vực ứng dụng khác như tự động hóa tòa nhà, sản xuất xe hơi, khái niệm *bus thiết bị* lại được sử dụng phổ biến. Có thể nói, bus thiết bị và bus trường có chức năng tương đương, nhưng do những đặc trưng riêng biệt của hai ngành công nghiệp, nên một số tính năng cũng khác nhau. Tuy nhiên, sự khác nhau này ngày càng trở nên không rõ rệt, khi mà phạm vi ứng dụng của cả hai loại đều được mở rộng và đan chéo sang nhau. Trong thực tế, người ta cũng dùng chung một khái niệm là bus trường.

Do nhiệm vụ của bus trường là chuyển dữ liệu quá trình lên cấp điều khiển để xử lý và chuyển quyết định điều khiển xuống các cơ cấu chấp hành, vì vậy yêu cầu về *tính năng thời gian thực* được đặt lên hàng đầu. Thời gian phản ứng tiêu biểu nằm trong phạm vi từ 0,1 tới vài miligiây. Trong khi đó, yêu cầu về lượng thông tin trong một bức điện thường chỉ hạn chế trong khoảng một vài byte, vì vậy tốc độ truyền thông thường chỉ cần ở phạm vi Mbit/s hoặc thấp hơn. Việc trao đổi thông tin về các biến quá trình chủ yếu mang tính chất định kỳ, tuần hoàn, bên cạnh các thông tin tham số hóa hoặc cảnh báo có tính chất bất thường.

Các hệ thống bus trường được sử dụng rộng rãi nhất hiện nay là PROFIBUS, ControlNet, INTERBUS, CAN, WorldFIP, P-NET, Modbus và gần đây phải kể tới Foundation Fieldbus. DeviceNet, AS-i, EIB và Bitbus là một vài hệ thống bus cảm biến/chấp hành tiêu biểu có thể nêu ra ở đây.

Bus hệ thống, bus điều khiển

Các hệ thống mạng công nghiệp được dùng để kết nối các máy tính điều khiển và các máy tính trên cấp điều khiển giám sát với nhau được gọi là *bus hệ thống (system bus)* hay *bus quá trình (process bus)*. Khái niệm sau thường chỉ được dùng trong lĩnh vực điều khiển quá trình. Qua bus hệ thống mà các máy tính điều khiển có thể phối hợp hoạt động, cung cấp dữ liệu quá trình cho các trạm kỹ thuật và trạm quan sát (có thể gián tiếp thông qua hệ thống quản lý cơ sở dữ liệu trên các trạm chủ) cũng như nhận mệnh lệnh, tham số điều khiển từ các trạm phía trên. Thông tin không những được trao đổi theo chiều dọc, mà còn theo chiều ngang. Các trạm kỹ thuật, trạm vận hành và các trạm chủ cũng trao đổi dữ liệu qua bus hệ thống. Ngoài ra các máy in báo cáo và lưu trữ dữ liệu cũng có thể được kết nối qua mạng này.

Đối với bus hệ thống, tùy theo lĩnh vực ứng dụng mà đòi hỏi về tính năng thời gian thực có được đặt ra một cách ngặt nghèo hay không. Thời gian phản ứng tiêu biểu nằm trong khoảng một vài trăm miligiây, trong khi lưu lượng thông tin cần trao đổi lớn hơn nhiều so với bus trường. Tốc độ truyền thông tiêu biểu của bus hệ thống nằm trong phạm vi từ vài trăm kbit/s đến vài Mbit/s.

Khi bus hệ thống được sử dụng chỉ để ghép nối theo chiều ngang giữa các máy tính điều khiển, người ta thường dùng khái niệm *bus điều khiển*. Vai trò của bus điều khiển là phục vụ trao đổi dữ liệu thời gian thực giữa các trạm điều khiển trong một hệ thống có cấu trúc phân tán. Bus điều khiển thông thường có tốc độ truyền không cao, nhưng yêu cầu về tính năng thời gian thực thường rất khắt khe.

Do các yêu cầu về tốc độ truyền thông và khả năng kết nối dễ dàng nhiều loại máy tính, hầu hết các kiểu bus hệ thống thông dụng đều dựa trên nền Ethernet, ví dụ Industrial Ethernet, Fieldbus Foundation's High Speed Ethernet (HSE), Ethernet/IP.

Mạng xí nghiệp

Mạng xí nghiệp thực ra là một mạng LAN bình thường, có chức năng kết nối các máy tính văn phòng thuộc cấp điều hành sản xuất với cấp điều khiển giám sát. Thông tin được đưa lên trên bao gồm trạng thái làm việc của các quá trình kỹ thuật, các giàn máy cũng như của hệ thống điều khiển tự động, các số liệu tính toán, thống kê về diễn biến quá trình sản xuất và chất lượng sản phẩm. Thông tin theo chiều ngược lại là các

thông số thiết kế, công thức điều khiển và mệnh lệnh điều hành. Ngoài ra, thông tin cũng được trao đổi mạnh theo chiều ngang giữa các máy tính thuộc cấp điều hành sản xuất, ví dụ hỗ trợ kiểu làm việc theo nhóm, cộng tác trong dự án, sử dụng chung các tài nguyên nối mạng (máy in, máy chủ,...).

Khác với các hệ thống bus cấp dưới, mạng xí nghiệp không yêu cầu nghiêm ngặt về tính năng thời gian thực. Việc trao đổi dữ liệu thường diễn ra không định kỳ, nhưng có khi với số lượng lớn tới hàng Mbyte. Hai loại mạng được dùng phổ biến cho mục đích này là Ethernet và Token-Ring, trên cơ sở các giao thức chuẩn như TCP/IP và IPX/SPX.

Mạng công ty

Mạng công ty nằm trên cùng trong mô hình phân cấp hệ thống truyền thông của một công ty sản xuất công nghiệp. Đặc trưng của mạng công ty gắn với một mạng viễn thông hoặc một mạng máy tính diện rộng nhiều hơn trên các phương diện phạm vi và hình thức dịch vụ, phương pháp truyền thông và các yêu cầu về kỹ thuật. Chức năng của mạng công ty là kết nối các máy tính văn phòng của các xí nghiệp, cung cấp các dịch vụ trao đổi thông tin nội bộ và với các khách hàng như thư viện điện tử, thư điện tử, hội thảo từ xa qua điện thoại, hình ảnh, cung cấp dịch vụ truy cập Internet và thương mại điện tử, v.v... Hình thức tổ chức ghép nối mạng, cũng như các công nghệ được áp dụng rất đa dạng, tùy thuộc vào đầu tư của công ty. Trong nhiều trường hợp, mạng công ty và mạng xí nghiệp được thực hiện bằng một hệ thống mạng duy nhất về mặt vật lý, nhưng chia thành nhiều phạm vi và nhóm mạng làm việc riêng biệt.

Mạng công ty có vai trò như một đường cao tốc trong hệ thống hạ tầng cơ sở truyền thông của một công ty, vì vậy đòi hỏi về tốc độ truyền thông và độ an toàn, tin cậy đặc biệt cao. Fast Ethernet, FDDI, ATM là một vài ví dụ công nghệ tiên tiến được áp dụng ở đây trong hiện tại và tương lai.

1.4 Tài liệu tham khảo

- [1] Hoàng Minh Sơn: *Mạng truyền thông công nghiệp*. Tái bản lần 2, Nhà xuất bản KH&KT, Hà Nội, 2004.

Chương 2: Cơ sở kỹ thuật

2.1 Các khái niệm cơ bản

2.1.1 Thông tin, dữ liệu và tín hiệu

Thông tin

Thông tin là một trong những khái niệm cơ sở quan trọng nhất trong khoa học kỹ thuật, cũng giống như vật chất và năng lượng. Các đầu vào cũng như các đầu ra của một hệ thống kỹ thuật chỉ có thể là vật chất, năng lượng hoặc thông tin, như mô tả trên Hình 2.1. Một hệ thống xử lý thông tin hoặc một hệ thống truyền thông là một hệ thống kỹ thuật chỉ quan tâm tới các đầu vào và đầu ra là thông tin. Tuy nhiên, đa số các hệ thống kỹ thuật khác thường có các đầu vào và đầu ra hỗn hợp (vật chất, năng lượng và thông tin).



Hình 2.1: Vai trò của thông tin trong các hệ thống kỹ thuật

Thông tin là thước đo mức nhận thức, sự hiểu biết về một vấn đề, một sự kiện hoặc một hệ thống. Ví dụ, một thông tin cho chúng ta biết một cách chính xác hay tương đối về nhiệt độ ngoài trời hay mực nước trong bể chứa. Thông tin giúp chúng ta phân biệt giữa các mặt của một vấn đề, giữa các trạng thái của một sự vật. Nói một cách khác, *thông tin chính là sự loại trừ tính bất định*. Trong khi vật chất và năng lượng là nền tảng của vật lý và hoá học, thì thông tin chính là chủ thể của tin học và công nghệ thông tin.

Dữ liệu

Thông tin là một đại lượng khá trừu tượng, vì vậy cần được biểu diễn dưới một hình thức khác. Khả năng biểu diễn thông tin rất đa dạng, ví dụ qua chữ viết, hình ảnh, cử chỉ, v.v... Dạng biểu diễn thông tin phụ thuộc vào mục đích, tính chất của ứng dụng. Đặc biệt, thông tin có thể được mô tả, hay nói cách khác là được “số lượng hoá” bằng *dữ liệu* để có thể lưu trữ và xử lý trong máy tính. Trong trường hợp đó, ta cũng nói rằng thông tin được *số hoá* sử dụng hệ đếm nhị phân, hay *mã hóa nhị phân*. Nói trong ngữ cảnh cấu trúc một bức điện, dữ liệu chính là phần thông tin hữu ích được biểu diễn bằng dãy các bit {1,0}.

Tín hiệu

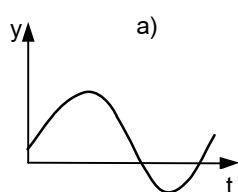
Việc trao đổi thông tin (giữa người và người, giữa người và máy) hay dữ liệu (giữa máy và máy) chỉ có thể thực hiện được nhờ *tín hiệu*. Có thể định nghĩa, tín hiệu là diễn biến của một đại lượng vật lý chứa đựng tham số thông tin/dữ liệu và có thể truyền dẫn được. Theo quan điểm toán học thì tín hiệu được coi là một hàm của thời gian. Trong các lĩnh vực kỹ thuật, các loại tín hiệu thường dùng là điện, quang, khí nén, thủy lực và âm thanh.

Các tham số sau đây thường được dùng trực tiếp, gián tiếp hay kết hợp để biểu thị nội dung thông tin:

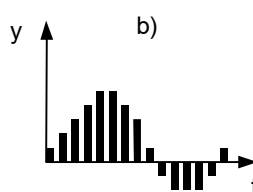
- Biên độ (điện áp, dòng,...)
- Tần số, nhịp xung, độ rộng của xung, sườn xung
- Pha, vị trí xung

Không phân biệt tính chất vật lý của tín hiệu (điện, quang, khí nén,...), ta có thể phân loại tín hiệu dựa theo tập hợp giá trị của tham số thông tin hoặc dựa theo diễn biến thời gian thành những dạng sau:

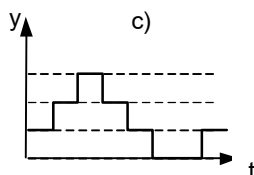
- *Tương tự*: Tham số thông tin có thể có một giá trị bất kỳ trong một khoảng nào đó
- *Rời rạc*: Tham số thông tin chỉ có thể có một số giá trị (rời rạc) nhất định.
- *Liên tục*: Tín hiệu có ý nghĩa tại bất kỳ thời điểm nào trong một khoảng thời gian quan tâm. Nói theo ngôn ngữ toán học, một tín hiệu liên tục là một hàm liên tục của biến thời gian trong một khoảng xác định.
- *Gián đoạn*: Tín hiệu chỉ có ý nghĩa tại những thời điểm nhất định.



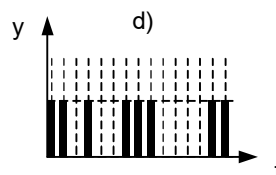
Dạng tín hiệu: tương tự, liên tục
Tham số thông tin: Biên độ



Dạng tín hiệu: tương tự, gián đoạn
Tham số thông tin: Biên độ xung



Dạng tín hiệu: rời rạc, liên tục
Tham số thông tin: Biên độ



Dạng tín hiệu: rời rạc (số), gián đoạn
Tham số thông tin: Tần số xung

Hình 2.2: Một số dạng tín hiệu thông dụng

Khi các giá trị tham số thông tin của một tín hiệu được biểu diễn bằng mã nhị phân, thì dạng tín hiệu đặc biệt này được gọi là *tín hiệu số*. Nói một cách khác, tín hiệu số dùng để truyền tải thông tin đã được *dữ liệu hóa*. Với tín hiệu số, ta chỉ cần phân biệt giữa hai trạng thái của tín hiệu ứng với các bit 0 và 1, vì vậy sẽ hạn chế được một cách hiệu quả sự sai lệch thông tin bởi sự tác động của nhiễu.

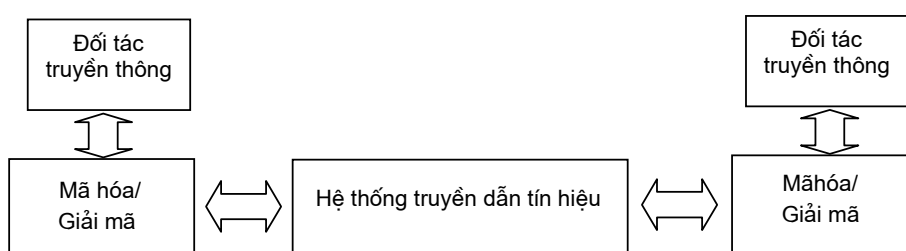
2.1.2 Truyền thông, truyền dữ liệu và truyền tín hiệu

Mã hóa/Giải mã

Hình 2.3 minh họa nguyên tắc cơ bản của truyền thông. Thông tin cần trao đổi giữa các đối tác được mã hóa trước khi được một hệ thống truyền dẫn tín hiệu chuyển tới phía bên kia. Trong thuật ngữ truyền thông, mã hóa chỉ quá trình biến đổi nguồn thông tin (dữ liệu) cần trao đổi sang một chuỗi tín hiệu thích hợp để truyền dẫn. Quá trình này ít nhất thường bao gồm hai bước: *mã hóa nguồn* và *mã hóa đường truyền*.

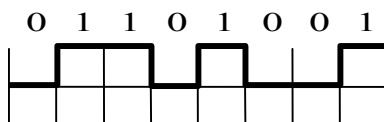
Trong quá trình mã hóa nguồn, dữ liệu mang thông tin thực dụng hay dữ liệu nguồn được bổ sung các thông tin phụ trợ cần thiết cho việc truyền dẫn, ví dụ địa chỉ bên gửi và bên nhận, kiểu dữ liệu, thông tin kiểm lỗi, v.v... Dữ liệu trước khi gửi đi cũng có thể được phân chia thành nhiều gói dữ liệu bức điện để phù hợp với phương pháp truyền, nén lại để tăng hiệu suất đường truyền, hoặc mã hóa bảo mật. Như vậy, lượng thông tin chứa đựng trong một tín hiệu sẽ nhiều hơn lượng thông tin thực dụng cần truyền tải.

Sau khi đã được mã hóa nguồn, *mã hóa đường truyền* là quá trình tạo tín hiệu tương ứng với các bit trong gói dữ liệu hay bức điện theo một phương pháp nhất định để phù hợp với đường truyền và kỹ thuật truyền. Hình 2.4 minh họa một ví dụ mã hóa đường truyền đơn giản, các bit 0 được thể hiện bằng mức điện áp cao và các bit 1 bằng mức điện áp thấp.



Hình 2.3: Nguyên tắc cơ bản của truyền thông

Trong truyền thông công nghiệp, mã hóa đường truyền đồng nghĩa với *mã hóa bit*, bởi tín hiệu do khâu mã hóa từng bit tạo ra cũng chính là tín hiệu được truyền dẫn. Đối với các hệ thống truyền thông khác, quá trình mã hóa đường truyền có thể bao hàm việc điều biến tín hiệu và dồn kênh, cho phép truyền cùng một lúc nhiều nguồn thông tin và truyền tốc độ cao. Việc dồn kênh có thể thực hiện theo phương pháp phân chia tần số, phân chia thời gian hoặc phân chia mã.



Hình 2.4: Ví dụ mã hóa bit

Quá trình ngược lại với mã hóa là *giải mã*, tức là chuyển đổi các tín hiệu nhận được thành dãy bit tương ứng và sau đó xử lý, loại bỏ các thông tin bổ sung để tái tạo thông tin nguồn.

Tốc độ truyền và tốc độ bit

Tốc độ truyền hay *tốc độ bit* được tính bằng số bit dữ liệu được truyền đi trong một giây, tính bằng *bit/s* hoặc *bps* (*bit per second*). Nếu tần số nhịp được ký hiệu là f và số bit truyền đi trong một nhịp là n , số bit được truyền đi trong một giây sẽ là $v = f \cdot n$. Như vậy, có hai cách để tăng tốc độ truyền tải là tăng tần số nhịp hoặc tăng số bit truyền đi trong một nhịp. Nếu mỗi nhịp chỉ có một bit duy nhất được chuyển đi thì $v = f$. Như vậy, chỉ đối với các phương pháp mã hóa bit sử dụng hai trạng tín hiệu, và trạng thái tín hiệu thay đổi luân phiên sau mỗi nhịp thì tốc độ bit mới tương đương với tốc độ baud, hay 1 Baud tương đương với 1 bit/s.

Thời gian bit/Chu kỳ bit

Trong việc phân tích, đánh giá tính năng thời gian của một hệ thống truyền thông thì thời gian bit là một giá trị hay được dùng. *Thời gian bit* hay *chu kỳ bit* được định nghĩa là thời gian trung bình cần thiết để chuyển một bit, hay chính bằng giá trị nghịch đảo của tốc độ truyền tải:

$$T_B = 1/v$$

$$T_B = 1/f, \text{ trường hợp } n = 1$$

Thời gian lan truyền tín hiệu

Thời gian lan truyền tín hiệu là thời gian cần để một tín hiệu phát ra từ một đầu dây lan truyền tới đầu dây khác, phụ thuộc vào chiều dài và cấu tạo dây dẫn. Tốc độ lan truyền tín hiệu chính là tốc độ truyền sóng điện từ. Tuy nhiên, trong môi trường kim loại hoặc sợi quang học, giá trị này sẽ nhỏ hơn tốc độ truyền sóng điện từ hay tốc độ ánh sáng trong môi trường chân không. Ta có:

$$T_S = l/(k \cdot c), \text{ với}$$

T_S là thời gian lan truyền tín hiệu,

l là chiều dài dây dẫn,

c là tốc độ ánh sáng trong chân không (300.000.000m/s) và

k biểu thị hệ số giảm tốc độ truyền, được tính theo công thức:

$$k = \frac{1}{\sqrt{\epsilon}}, \text{ với } \epsilon \text{ là hằng số điện môi của lớp cách ly}$$

Đối với các loại cáp có lớp bọc cách ly là Polyethylen với hằng số điện môi $\varepsilon = 2.3$, ta có hệ số $k \approx 0.67$. Hệ số này cũng đúng với môi trường truyền là cáp quang và thường được dùng một cách tổng quát để tính toán giá trị tương đối của thời gian lan truyền tín hiệu trong nhiều phép đánh giá. Như vậy T_s sẽ chỉ còn phụ thuộc vào chiều dài dây dẫn:

$$T_s (\text{giây}) = l (\text{mét}) / 200.000.000$$

TaiLieu.vn

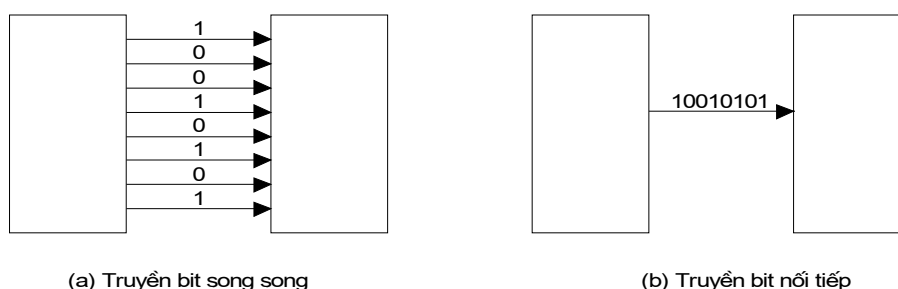
2.2 Chế độ truyền tải

Chế độ truyền tải được hiểu là phương thức các bit dữ liệu được chuyển giữa các đối tác truyền thông. Nhìn nhận từ các góc độ khác nhau ta có thể phân biệt các chế độ truyền tải như sau:

- Truyền bit song song hoặc truyền bit nối tiếp
- Truyền đồng bộ hoặc không đồng bộ
- Truyền một chiều hay đơn công (*simplex*), hai chiều toàn phần, hai chiều đồng thời hay song công (*duplex, full-duplex*) hoặc hai chiều gián đoạn hay bán song công (*half-duplex*)
- Truyền tải dải cơ sở, truyền tải dải mang và truyền tải dải rộng.

2.2.1 Truyền bit song song và truyền bit nối tiếp

Phương pháp truyền bit song song (Hình 2.5a) được dùng phổ biến trong các bus nội bộ của máy tính như bus địa chỉ, bus dữ liệu và bus điều khiển. Tốc độ truyền tải phụ thuộc vào số các kênh dẫn, hay cũng chính là độ rộng của một bus song song, ví dụ 8 bit, 16 bit, 32 bit hay 64 bit. Chính vì nhiều bit được truyền đi đồng thời, vấn đề đồng bộ hóa tại nơi phát và nơi nhận tín hiệu phải được giải quyết. Điều này gây trở ngại lớn khi khoảng cách giữa các đối tác truyền thông tăng lên. Ngoài ra, giá thành cho các bus song song cũng là một yếu tố dẫn đến phạm vi ứng dụng của phương pháp truyền này chỉ hạn chế ở khoảng cách nhỏ, có yêu cầu rất cao về thời gian và tốc độ truyền.



Hình 2.5: Truyền bit song song (a) và truyền bit nối tiếp (b)

Với phương pháp truyền bit nối tiếp, từng bit được chuyển đi một cách tuần tự qua một đường truyền duy nhất (Hình 2.5b). Tuy tốc độ bit vì thế bị hạn chế, nhưng cách thực hiện lại đơn giản, độ tin cậy của dữ liệu cao. Tất cả các mạng truyền thông công nghiệp đều sử dụng phương pháp truyền này.

2.2.2 Truyền đồng bộ và không đồng bộ

Sự phân biệt giữa chế độ truyền đồng bộ và không đồng bộ chỉ liên quan tới phương thức truyền bit nối tiếp. Vấn đề đặt ra ở đây là việc đồng bộ hóa giữa bên gửi và bên

nhận dữ liệu, tức là vấn đề làm thế nào để bên nhận biết khi nào một tín hiệu trên đường truyền mang dữ liệu gửi và khi nào không.

Trong chế độ truyền đồng bộ, các đối tác truyền thông làm việc theo cùng một nhịp, tức với cùng tần số và độ lệch pha cố định. Có thể qui định một trạm có vai trò tạo nhịp và dùng một đường dây riêng mang nhịp đồng bộ cho các trạm khác. Biện pháp kinh tế hơn là dùng một phương pháp mã hóa bit thích hợp để bên nhận có thể tái tạo nhịp đồng bộ từ chính tín hiệu mang dữ liệu. Nếu phương pháp mã hóa bit không cho phép như vậy, thì có thể dùng kỹ thuật đóng gói dữ liệu và bổ sung một dãy bit mang thông tin đồng bộ hóa vào phần đầu mỗi gói dữ liệu. Lưu ý rằng, bên gửi và bên nhận chỉ cần hoạt động đồng bộ trong khi trao đổi dữ liệu.

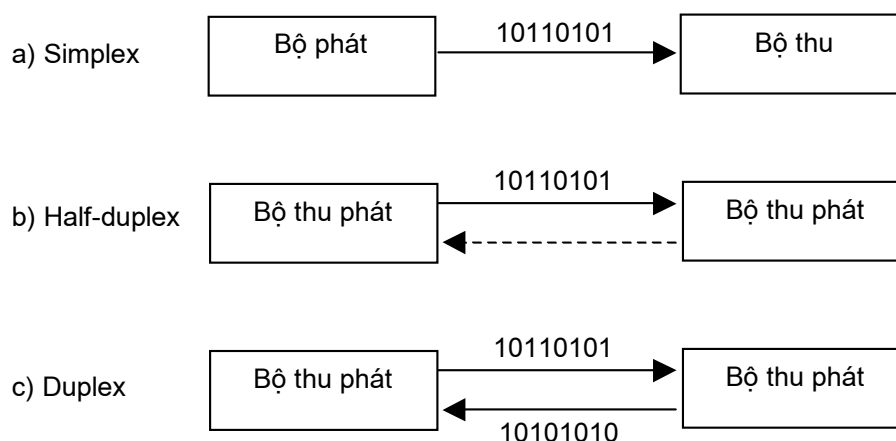
Với chế độ truyền không đồng bộ, bên gửi và bên nhận không làm việc theo một nhịp chung. Dữ liệu trao đổi thường được chia thành từng nhóm 7 hoặc 8 bit, gọi là ký tự. Các ký tự được chuyển đi vào những thời điểm không đồng đều, vì vậy cần thêm hai bit để đánh dấu khởi đầu và kết thúc cho mỗi ký tự. Việc đồng bộ hóa được thực hiện với từng ký tự. Ví dụ, các mạch UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) thông dụng dùng bức điện 11 bit, bao gồm 8 bit ký tự, 2 bit khởi đầu cũng như kết thúc và 1 bit kiểm tra lỗi chẵn lẻ.

2.2.3 Truyền một chiều và truyền hai chiều

Tương tự như các đường giao thông, một đường truyền dữ liệu có khả năng hoặc làm việc dưới chế độ một chiều, hai chiều toàn phần hoặc hai chiều gián đoạn, như Hình 2.6 minh họa. Chế độ truyền này ít phụ thuộc vào tính chất vật lý của môi trường truyền dẫn, mà phụ thuộc vào phương pháp truyền dẫn tín hiệu, chuẩn truyền dẫn (RS-232, RS-422, RS-485, ...) và vào cấu hình của hệ thống truyền dẫn.

Trong chế độ truyền một chiều, thông tin chỉ được chuyển đi theo một chiều, một trạm chỉ có thể đóng vai trò hoặc bên phát (*transmitter*) hoặc bên nhận thông tin (*receiver*) trong suốt quá trình giao tiếp. Có thể nêu một vài ví dụ trong kỹ thuật máy tính sử dụng chế độ truyền này như giao diện giữa bàn phím, chuột hoặc màn hình với máy tính. Các hệ thống phát thanh và truyền hình cũng là những ví dụ tiêu biểu. Hiển nhiên, chế độ truyền một chiều hầu như không có vai trò đối với mạng công nghiệp.

Chế độ truyền hai chiều gián đoạn cho phép mỗi trạm có thể tham gia gửi hoặc nhận thông tin, nhưng không cùng một lúc. Nhờ vậy thông tin được trao đổi theo cả hai chiều luân phiên trên cùng một đường truyền vật lý. Một ưu điểm của chế độ này là không đòi hỏi cấu hình hệ thống phức tạp lắm, trong khi có thể đạt được tốc độ truyền tương đối cao. Chế độ truyền này được sử dụng phổ biến trong mạng công nghiệp, ví dụ với chuẩn RS-485.



Hình 2.6: Truyền simplex, half-duplex và duplex

Với chế độ truyền hai chiều toàn phần mỗi trạm đều có thể gửi và nhận thông tin cùng một lúc. Thực chất, chế độ này chỉ khác với chế độ hai chiều gián đoạn ở chỗ phải sử dụng hai đường truyền riêng biệt cho thu và phát, tức là khác ở cấu hình hệ thống truyền thông. Dễ dàng nhận thấy, chế độ truyền hai chiều toàn phần chỉ thích hợp với kiểu liên kết điểm-điểm, hay nói cách khác là phù hợp với cấu trúc mạch vòng và cấu trúc hình sao.

2.2.4 Truyền tải dải cơ sở, dải mang và dải rộng

Truyền tải dải cơ sở

Một tín hiệu mang một nguồn thông tin có thể biểu diễn bằng tổng của nhiều dao động có tần số khác nhau nằm trong một phạm vi hẹp, được gọi là dải tần cơ sở hay dải hẹp. Tín hiệu được truyền đi cũng chính là tín hiệu được tạo ra sau khi mã hóa bit, nên có tần số cố định hoặc nằm trong một khoảng hẹp nào đó, tùy thuộc vào phương pháp mã hóa bit. Ví dụ có thể qui định mức tín hiệu cao ứng với bit 0 và mức tín hiệu thấp ứng với bit 1. Tần số của tín hiệu thường nhỏ hơn, hoặc cùng lắm là tương đương với tần số nhịp bus. Tuy nhiên, trong một nhịp (có thể tương đương hoặc không tương đương với chu kỳ của tín hiệu), chỉ có thể truyền đi một bit duy nhất. Có nghĩa là, đường truyền chỉ có thể mang một kênh thông tin duy nhất, mọi thành viên trong mạng phải phân chia thời gian để sử dụng đường truyền. Tốc độ truyền tải vì thế tuy có bị hạn chế, nhưng phương pháp này dễ thực hiện và tin cậy, được dùng chủ yếu trong các hệ thống mạng truyền thông công nghiệp.

Truyền tải dải mang

Trong một số trường hợp, dải tần cơ sở không tương thích trong môi trường làm việc. Ví dụ, tín hiệu có các tần số này có thể bức xạ nhiễu ảnh hưởng tới hoạt động của các thiết bị điện tử khác, hoặc ngược lại, bị các thiết bị khác gây nhiễu. Để khắc phục tình trạng này, người ta sử dụng một tín hiệu khác - gọi là *tín hiệu mang*, có tần số nằm trong một dải tần thích hợp - gọi là *dải mang*. Dải tần này thường lớn hơn nhiều so với tần số nhịp. Dữ liệu cần truyền tải sẽ dùng để điều chế tần số, biên độ hoặc pha của tín hiệu

mang. Bên nhận sẽ thực hiện quá trình giải điều chế để hồi phục thông tin nguồn. Khác với truyền tải dải rộng nêu dưới đây, phương thức truyền tải dải mang chỉ áp dụng cho một kênh truyền tin duy nhất, giống như truyền tải dải cơ sở.

Truyền tải dải rộng

Một tín hiệu có thể chứa đựng nhiều nguồn thông tin khác nhau bằng cách sử dụng kết hợp một cách thông minh nhiều thông số thông tin. Ví dụ một tín hiệu phức tạp có thể là tổng hợp bằng phương pháp xếp chồng từ nhiều tín hiệu thành phần có tần số khác nhau mang các nguồn thông tin khác nhau.

Sau khi nhiều nguồn thông tin khác nhau đã được mã hoá bit, mỗi tín hiệu được tạo ra sẽ dùng để điều biến một tín hiệu khác, thường có tần số lớn hơn nhiều, gọi là *tín hiệu mang*. Các tín hiệu mang đã được điều biến có tần số khác nhau, nên có thể pha trộn, xếp chồng thành một tín hiệu duy nhất có phổ tần trải rộng. Tín hiệu này cuối cùng lại được dùng để điều biến một tín hiệu mang khác. Tín hiệu thu được từ khâu này mới được truyền đi. Đây chính là kỹ thuật dồn kênh phân tần trong truyền tải thông tin, nhằm mục đích sử dụng hiệu quả hơn đường truyền. Phía bên nhận sẽ thực hiện việc giải điều biến và phân kênh, hồi phục các tín hiệu mang các nguồn thông tin khác nhau.

Phương thức truyền tải dải rộng và kỹ thuật dồn kênh được dùng rộng rãi trong các mạng viễn thông bởi tốc độ cao và khả năng truyền song song nhiều nguồn thông tin. Tuy nhiên, vì đặc điểm phạm vi mạng, lý do giá thành thực hiện và tính năng thời gian, truyền tải băng rộng cũng như kỹ thuật dồn kênh hầu như không đóng vai trò gì trong các hệ thống truyền thông công nghiệp.