

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/dài 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.

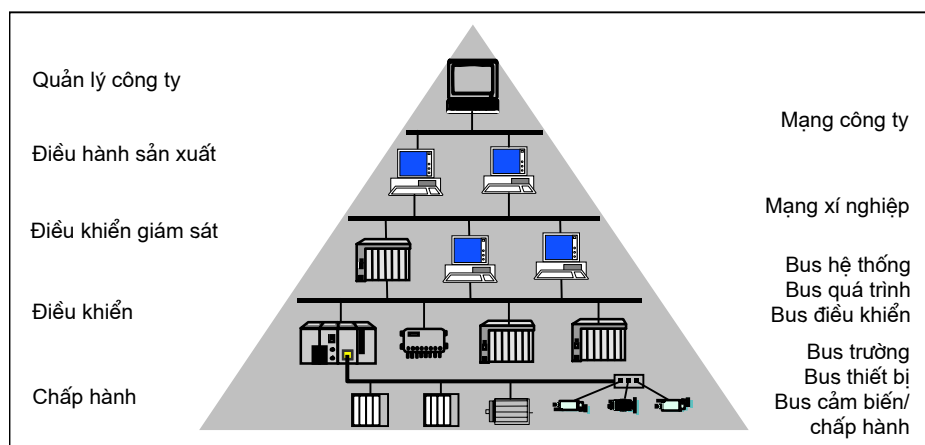
1.2 Vai trò của mạng truyền thông công nghiệp

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

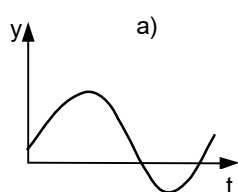
Việc trao đổi thông tin (giữa người và người, giữa người và máy) hay dữ liệu (giữa máy và máy) chỉ có thể thực hiện được nhờ *tín hiệu*. Có thể định nghĩa, tín hiệu là diễn biến của một đại lượng vật lý chứa đựng tham số thông tin/dữ liệu và có thể truyền dẫn được. Theo quan điểm toán học thì tín hiệu 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:

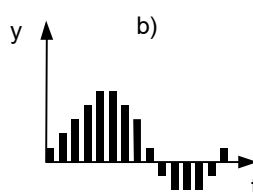
- Biên độ (điện áp, dòng,...)
- Tần số, nhịp xung, độ rộng của xung, sườn xung
- Pha, vị trí xung

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:

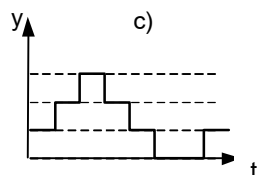
- *Tương tự*: Tham số thông tin có thể có một giá trị bất kỳ trong một khoảng nào đó
- *Rời rạc*: Tham số thông tin chỉ có thể có một số giá trị (rời rạc) nhất định.
- *Liên tục*: Tín hiệu có ý nghĩa tại bất kỳ thời điểm nào trong một khoảng thời gian quan tâm. Nói theo ngôn ngữ toán học, một tín hiệu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



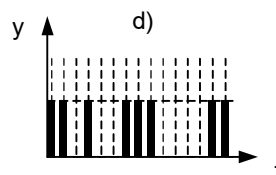
Dạng tín hiệu: tương tự, liên tục
Tham số thông tin: Biên độ



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.

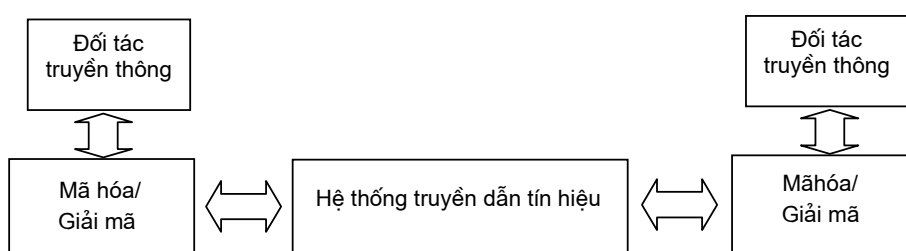
2.1.2 Truyền thông, truyền dữ liệu và truyền tín hiệu

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*.

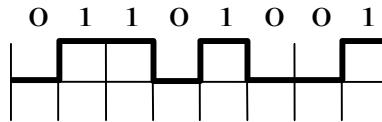
Trong quá trình mã hóa nguồn, dữ liệu mang thông tin thực dụng hay dữ liệu nguồn được bổ sung các thông tin phụ trợ cần thiết cho việc truyền dẫn, ví dụ địa chỉ bên gửi và bên nhận, kiểu dữ liệu, thông tin kiểm lỗi, v.v... Dữ liệu trước khi gửi đi cũng có thể được phân chia thành nhiều gói dữ liệu bức 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 thái 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 1Baud tương đương với 1bit/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:

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

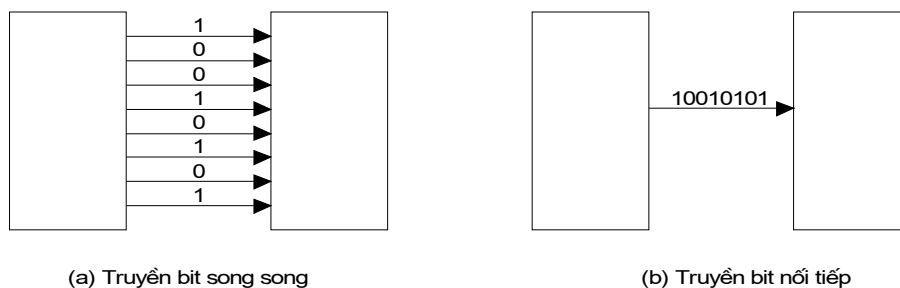
2.2 Chế độ truyền tải

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.

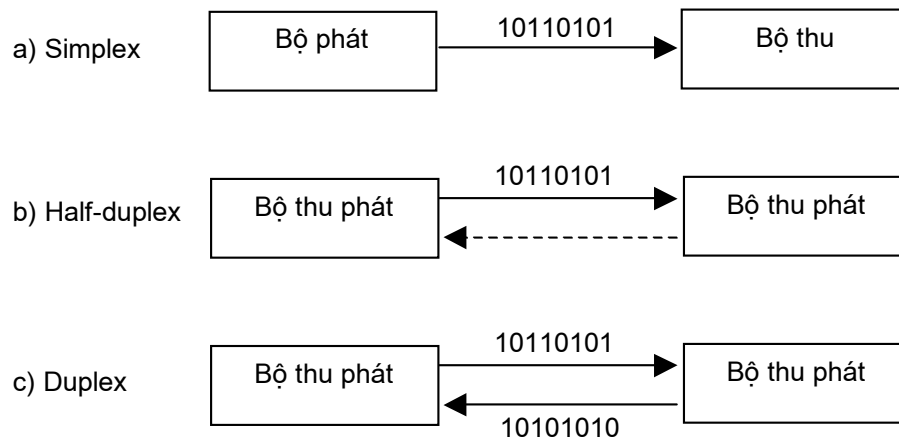
Với chế độ truyền không đồng bộ, bên gửi và bên nhận không làm việc theo một nhịp chung. Dữ liệu trao đổi thường được chia thành từng nhóm 7 hoặc 8 bit, gọi là ký tự. Các ký tự được chuyển đi vào những thời điểm không đồng đều, vì vậy cần thêm hai bit để đánh dấu khởi đầu và kết thúc cho mỗi ký tự. Việc 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.

2.3 Cấu trúc mạng - Topology

Cấu trúc mạng liên quan tới tổ chức và phương thức phối hợp hoạt động giữa các thành phần trong một hệ thống mạng. Cấu trúc mạng ảnh hưởng tới nhiều tính năng kỹ thuật, trong đó có độ tin cậy của hệ thống. Có thể phân biệt các dạng cấu trúc cơ bản là bus, mạch vòng (tích cực) và hình sao. Một số cấu trúc phức tạp hơn, ví dụ cấu trúc cây, đều có thể xây dựng trên cơ sở phối hợp ba cấu trúc cơ bản này.

2.3.1 Cấu trúc bus

Trong cấu trúc đơn giản này, tất cả các thành viên của mạng đều được nối trực tiếp với một đường dẫn chung. Đặc điểm cơ bản của cấu trúc bus là việc sử dụng chung một đường dẫn duy nhất cho tất cả các trạm, vì thế tiết kiệm được cáp dẫn và công lắp đặt.

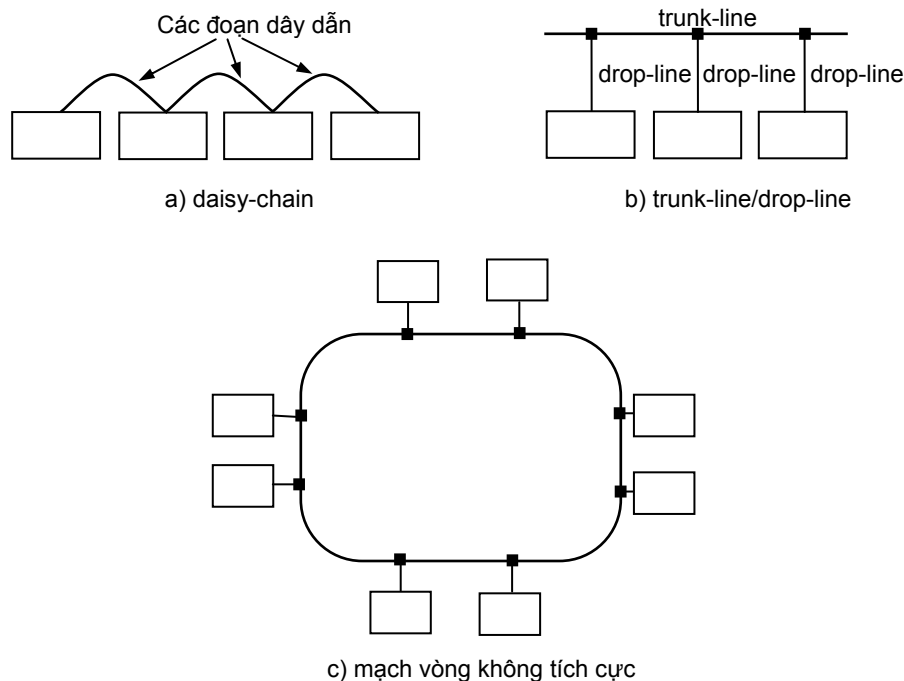
Có thể phân biệt ba kiểu cấu hình trong cấu trúc bus: *daisy-chain* và *trunk-line/drop-line* và *mạch vòng không tích cực* (Hình 2.7). Hai cấu hình đầu cũng được xếp vào kiểu *cấu trúc đường thẳng*, bởi hai đầu đường truyền không khép kín.

Với *daisy-chain*, mỗi trạm được nối mạng trực tiếp tại giao lộ của hai đoạn dây dẫn, không qua một đoạn dây nối phụ nào. Ngược lại, trong cấu hình *trunk-line/drop-line*, mỗi trạm được nối qua một đường nhánh (*drop-line*) để đến đường trục (*trunk-line*). Còn mạch vòng không tích cực thực chất chỉ khác với *trunk-line/drop-line* ở chỗ đường truyền được khép kín.

Bên cạnh việc tiết kiệm dây dẫn thì tính đơn giản, dễ thực hiện là những ưu điểm chính của cấu trúc bus, nhờ vậy mà cấu trúc này phổ biến nhất trong các hệ thống mạng truyền thông công nghiệp. Trường hợp một trạm không làm việc (do hỏng hóc, do cắt nguồn,...) không ảnh hưởng tới phần mạng còn lại. Một số hệ thống còn cho việc tách một trạm ra khỏi mạng hoặc thay thế một trạm trong khi cả hệ thống vẫn hoạt động bình thường.

Tuy nhiên việc dùng chung một đường dẫn đòi hỏi một phương pháp phân chia thời gian sử dụng thích hợp để tránh xung đột tín hiệu - gọi là phương pháp *truy nhập môi trường* hay *truy nhập bus*. Nguyên tắc truyền thông được thực hiện như sau: tại một thời điểm nhất định chỉ có một thành viên trong mạng được gửi tín hiệu, còn các thành viên khác chỉ có quyền nhận. Ngoài việc cần phải kiểm soát truy nhập môi trường, cấu trúc bus có những nhược điểm sau:

- Một tín hiệu gửi đi có thể tới tất cả các trạm và theo một trình tự không kiểm soát được, vì vậy phải thực hiện phương pháp gán địa chỉ (logic) theo kiểu thủ công cho từng trạm. Trong thực tế, công việc gán địa chỉ này gây ra không ít khó khăn.
- Tất cả các trạm đều có khả năng phát và phải luôn luôn “nghe” đường dẫn để phát hiện ra một thông tin có phải gửi cho mình hay không, nên phải được thiết kế sao cho đủ tải với số trạm tối đa. Đây chính là lý do phải hạn chế số trạm trong một đoạn mạng. Khi cần mở rộng mạng, phải dùng thêm các bộ lặp.



Hình 2.7: Các cấu trúc dạng bus

- Chiều dài dây dẫn thường tương đối dài, vì vậy đối với cấu trúc đường thẳng xảy ra hiện tượng phản xạ tại mỗi đầu dây làm giảm chất lượng của tín hiệu. Để khắc phục vấn đề này người ta chặn hai đầu dây bằng hai trở đầu cuối. Việc sử dụng các trở đầu cuối cũng làm tăng tải của hệ thống.
- Trường hợp đường dẫn bị đứt, hoặc do ngắn mạch trong phần kết nối bus của một trạm bị hỏng đều dẫn đến ngừng hoạt động của cả hệ thống. Việc định vị lỗi ở đây cũng gặp rất nhiều khó khăn.
- Cấu trúc đường thẳng, liên kết đa điểm gây khó khăn trong việc áp dụng các công nghệ truyền tín hiệu mới như sử dụng cáp quang.

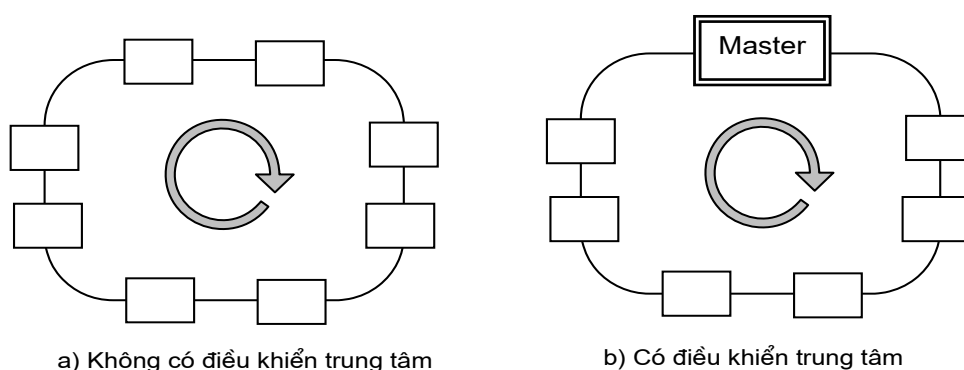
Một số ví dụ mạng công nghiệp tiêu biểu có cấu trúc bus là PROFIBUS, CAN, WorldFIP, Foundation Fieldbus, LonWorks, AS-i và Ethernet.

2.3.2 Cấu trúc mạch vòng (tích cực)

Cấu trúc mạch vòng được thiết kế sao cho các thành viên trong mạng được nối từ điểm này đến điểm kia một cách tuần tự trong một mạch vòng khép kín. Mỗi thành viên đều tham gia tích cực vào việc kiểm soát dòng tín hiệu. Khác với cấu trúc đường thẳng, ở đây tín hiệu được truyền đi theo một chiều qui định. Mỗi trạm nhận được dữ liệu từ trạm đứng trước và chuyển tiếp sang trạm lân cận đứng sau. Quá trình này được lặp lại tới khi dữ liệu quay trở về trạm đã gửi, nó sẽ được hủy bỏ.

Ưu điểm cơ bản của mạng cấu trúc theo kiểu này là mỗi một nút đồng thời có thể là một bộ khuếch đại, do vậy khi thiết kế mạng theo kiểu cấu trúc vòng có thể thực hiện với khoảng cách và số trạm rất lớn. Mỗi trạm có khả năng vừa nhận vừa phát tín hiệu

cùng một lúc. Bởi mỗi thành viên ngăn cách mạch vòng ra làm hai phần, và tín hiệu chỉ được truyền theo một chiều, nên biện pháp tránh xung đột tín hiệu thực hiện đơn giản hơn.



Hình 2.8: Cấu trúc mạch vòng

Trên Hình 2.8 có hai kiểu mạch vòng được minh họa:

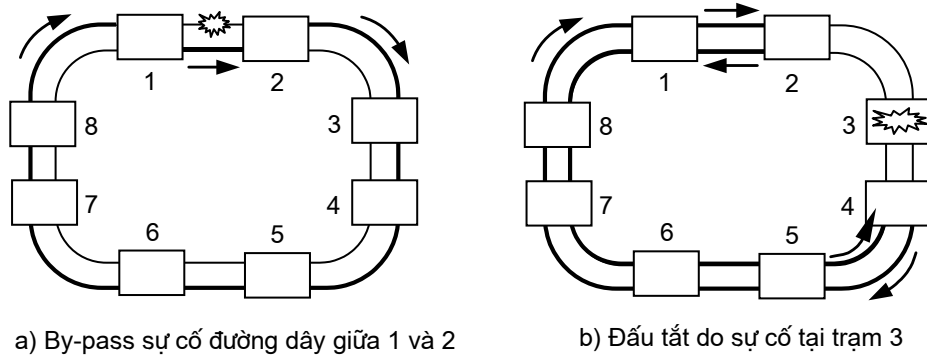
- Với kiểu mạch vòng không có điều khiển trung tâm, các trạm đều bình đẳng như nhau trong quyền nhận và phát tín hiệu. Như vậy việc kiểm soát đường dẫn sẽ do các trạm tự phân chia.
- Với kiểu có điều khiển trung tâm, một trạm chủ sẽ đảm nhiệm vai trò kiểm soát việc truy nhập đường dẫn.

Cấu trúc mạch vòng thực chất dựa trên cơ sở liên kết điểm-điểm, vì vậy thích hợp cho việc sử dụng các phương tiện truyền tín hiệu hiện đại như cáp quang, tia hồng ngoại, v.v. Việc gán địa chỉ cho các thành viên trong mạng cũng có thể do một trạm chủ thực hiện một cách hoàn toàn tự động, căn cứ vào thứ tự sắp xếp vật lý của các trạm trong mạch vòng.

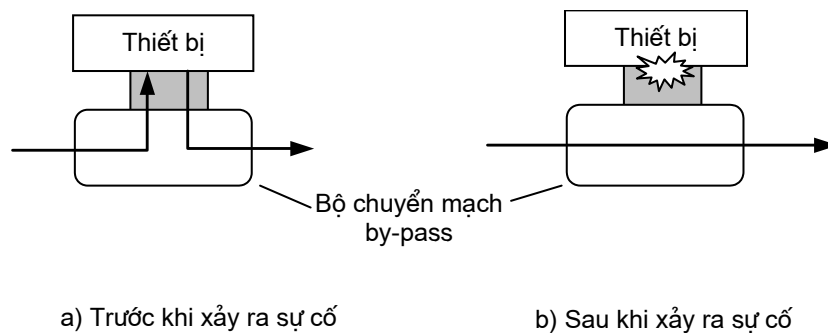
Một ưu điểm tiếp theo của cấu trúc mạch vòng là khả năng xác định vị trí xảy ra sự cố, ví dụ đứt dây hay một trạm ngừng làm việc. Tuy nhiên, sự hoạt động bình thường của mạng còn trong trường hợp này chỉ có thể tiếp tục với một đường dây dự phòng như ở FDDI. Hình 2.9 mô tả cách giải quyết trong trường hợp sự cố do đường dây (a) và sự cố tại một trạm (b).

Trong trường hợp thứ nhất, các trạm lân cận với điểm xảy ra sự cố sẽ tự phát hiện lỗi đường dây và tự động chuyển mạch sang đường dây phụ, đi vòng qua vị trí bị lỗi (*bypass*). Đường cong in nét đậm biểu diễn mạch kín sau khi dùng biện pháp *by-pass*. Trong trường hợp thứ hai, khi một trạm bị hỏng, hai trạm lân cận sẽ tự đấu tắt, chuyển sang cấu hình giống như daisy-chain.

Một kỹ thuật khác được áp dụng xử lý sự cố tại một trạm là dùng các bộ chuyển mạch *by-pass* tự động, như minh họa trên Hình 2.10. Mỗi trạm thiết bị sẽ được đấu với mạch vòng nhờ bộ chuyển mạch này. Trong trường hợp sự cố xảy ra, bộ chuyển mạch sẽ tự động phát hiện và ngắt mạch, bỏ qua thiết bị được nối mạng qua nó. Cấu trúc mạch vòng được sử dụng trong một số hệ thống có độ tin cậy cao như INTERBUS, Token-Ring (IBM) và đặc biệt là FDDI.



Hình 2.9: Xử lý sự cố trong mạch vòng kép



Hình 2.10: Sử dụng bộ chuyển mạch by-pass trong mạch vòng

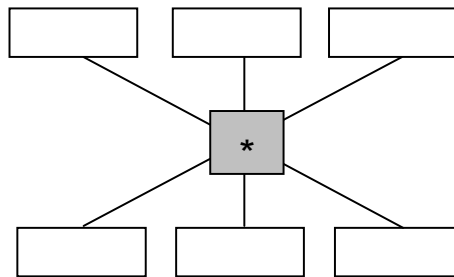
2.3.3 Cấu trúc hình sao

Cấu trúc hình sao là một cấu trúc mạng có một trạm trung tâm quan trọng hơn tất cả các nút khác, nút này sẽ điều khiển hoạt động truyền thông của toàn mạng. Các thành viên khác được kết nối gián tiếp với nhau qua trạm trung tâm. Tương tự như cấu trúc mạch vòng, có thể nhận thấy ở đây kiểu liên kết về mặt vật lý là điểm-điểm. Tuy nhiên, liên kết về mặt logic vẫn có thể là nhiều điểm. Nếu trạm trung tâm đóng vai trò tích cực, nó có thể đảm đương nhiệm vụ kiểm soát toàn bộ việc truyền thông của mạng, còn nếu không sẽ chỉ như một bộ chuyển mạch.

Một nhược điểm của cấu trúc hình sao là sự cố ở trạm trung tâm sẽ làm tê liệt toàn bộ các hoạt động truyền thông trong mạng. Vì vậy, trạm trung tâm thường phải có độ tin cậy rất cao. Người ta phân biệt giữa hai loại trạm trung tâm: trạm tích cực và trạm thụ động. Một trạm thụ động chỉ có vai trò trung chuyển thông tin, trong khi một trạm tích cực kiểm soát toàn bộ các hoạt động giao tiếp trong mạng.

Một nhược điểm tiếp theo của cấu trúc hình sao là tổn thất dây dẫn, nếu như khoảng trung bình giữa các trạm nhỏ hơn khoảng cách từ chúng tới trạm trung tâm. Đương nhiên, trong các hệ thống viễn thông không thể tránh khỏi phải dùng cấu trúc này. Đối với mạng truyền thông công nghiệp, cấu trúc hình sao tìm thấy trong các phạm vi nhỏ, ví dụ các bộ chia, thường dùng vào mục đích mở rộng các cấu trúc khác. Lưu ý rằng, trong nhiều trường hợp một mạng cấu trúc hình sao về mặt vật lý lại có cấu trúc logic như một hệ bus, bởi các trạm vẫn có thể tự do liên lạc như không có sự tồn tại của trạm

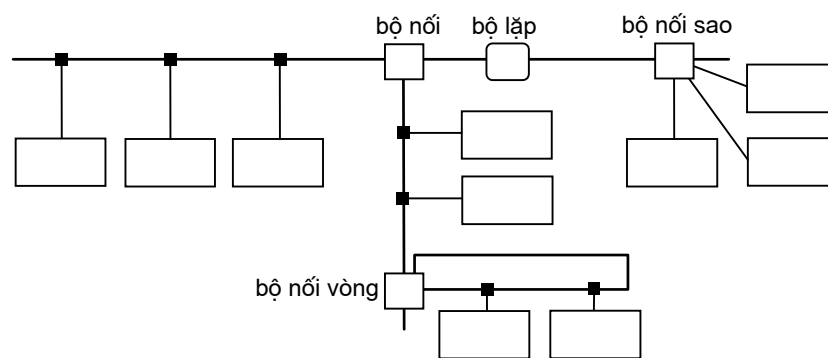
trung tâm. Chính các hệ thống mạng Ethernet công nghiệp ngày nay sử dụng phổ biến cấu trúc này kết hợp với kỹ thuật chuyển mạch và phương pháp truyền dẫn tốc độ cao.



Hình 2.11: Cấu trúc hình sao

2.3.4 Cấu trúc cây

Cấu trúc cây thực chất không phải là một cấu trúc cơ bản. Một mạng có cấu trúc cây chính là sự liên kết của nhiều mạng con có cấu trúc đường thẳng, mạch vòng hoặc hình sao như Hình 2.12 minh họa. Đặc trưng của cấu trúc cây là sự phân cấp đường dẫn. Để chia từ đường trục ra các đường nhánh, có thể dùng các bộ nối tích cực (*active coupler*), hoặc nếu muốn tăng số trạm cũng như phạm vi của một mạng đồng nhất có thể dùng các bộ lặp (*repeater*). Trong trường hợp các mạng con này hoàn toàn khác loại thì phải dùng tới các bộ liên kết mạng khác như *bridge*, *router* và *gateway*. Một số hệ thống cho phép xây dựng cấu trúc cây cho một mạng đồng nhất là LonWorks, DeviceNet và AS-i.



Hình 2.12: Cấu trúc cây

2.4 Truy nhập bus

2.4.1 Đặt vấn đề

Trong các hệ thống mạng truyền thông công nghiệp thì các hệ thống có cấu trúc dạng bus, hay các *hệ thống bus* đóng vai trò quan trọng nhất vì những lý do sau:

- Chi phí ít cho dây dẫn
- Dễ thực hiện lắp đặt
- Linh hoạt
- Thích hợp cho việc truyền dẫn trong phạm vi khoảng cách vừa và nhỏ.

Trong một mạng có cấu trúc bus, các thành viên phải chia nhau thời gian sử dụng đường dẫn. Để tránh sự xung đột về tín hiệu gây ra sai lệch về thông tin, ở mỗi thời điểm trên một đường dẫn chỉ duy nhất một điện tín được phép truyền đi. Chính vì vậy mạng phải được điều khiển sao cho tại một thời điểm nhất định thì chỉ một thành viên trong mạng được gửi thông tin đi. Còn số lượng thành viên trong mạng muốn nhận thông tin thì không hạn chế. Một trong những vấn đề quan trọng hàng đầu ảnh hưởng tới chất lượng của mỗi hệ thống bus là phương pháp phân chia thời gian gửi thông tin trên đường dẫn hay phương pháp *truy nhập bus*.

Lưu ý rằng, ở một số cấu trúc khác không phải dạng bus, vấn đề xung đột tín hiệu cũng có thể xảy ra, tuy không hiển nhiên như ở cấu trúc bus. Ví dụ đối với cấu trúc mạch vòng, mỗi trạm không phải bao giờ cũng có khả năng khống chế hoàn toàn tín hiệu đi qua nó. Hay ở cấu trúc hình sao, có thể trạm trung tâm không có vai trò chủ động, mà chỉ là bộ chia tín hiệu nên khả năng gây xung đột không thể tránh khỏi. Trong các cấu trúc này ta vẫn cần một biện pháp phân chia quyền truy nhập, tuy có thể đơn giản hơn so với ở cấu trúc bus. Chính vì thế, khái niệm *truy nhập môi trường* cũng được dùng thay cho *truy nhập bus*. Tuy nhiên, giống như cách dùng khái niệm chung “bus trường” không chỉ dùng lại ở các hệ thống có cấu trúc bus, “truy nhập bus” cũng thường được dùng như một khái niệm chung.

Phương pháp truy nhập bus là một trong những vấn đề cơ bản đối với các hệ thống bus, bởi mỗi phương pháp có những ảnh hưởng khác nhau tới các tính năng kỹ thuật của hệ thống. Cụ thể, ta phải quan tâm tới ít nhất ba khía cạnh: *độ tin cậy*, *tính năng thời gian thực* và *hiệu suất sử dụng đường truyền*. Tính năng thời gian thực ở đây là khả năng đáp ứng nhu cầu trao đổi thông tin một cách kịp thời và tin cậy. Còn hiệu suất sử dụng đường truyền là mức độ khai thác, sử dụng đường truyền.

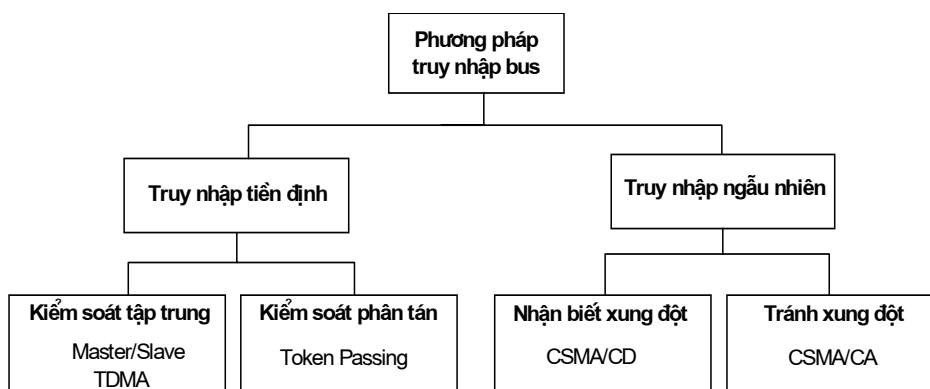
Ba yếu tố liên quan tới việc đánh giá tính năng thời gian thực là *thời gian đáp ứng tối đa*, *chu kỳ bus* và *độ rung (jitter)*. Thời gian đáp ứng tối đa đối với một trạm là thời gian tối đa mà hệ thống truyền thông cần để đáp ứng một nhu cầu trao đổi dữ liệu của trạm đó với một trạm bất kỳ khác. Rõ ràng, thời gian đáp ứng tối đa không phải là một thông số cố định, mà là một hàm của độ dài dữ liệu cần trao đổi. Tuy vậy, trong một ứng dụng cụ thể ta thường biết trước độ dài dữ liệu tối đa cũng như độ dài dữ liệu tiêu

biểu mà các trạm cần trao đổi. Do vậy, bên cạnh thời gian đáp ứng tối đa người ta cũng quan tâm tới *thời gian đáp ứng tiêu biểu*.

Do đặc trưng trong kỹ thuật tự động hóa, đa số các hệ thống bus được sử dụng ở lĩnh vực này làm việc theo chu kỳ. Chỉ một số các hoạt động truyền thông xảy ra bất thường (ví dụ thông tin cảnh báo, dữ liệu tham số,...), còn phần lớn các dữ liệu được trao đổi định kỳ theo chu kỳ tuần hoàn của bus. Chu kỳ bus là khoảng thời gian tối thiểu mà sau đó các hoạt động truyền thông chính lặp lại như cũ. Trong điều khiển tự động, chu kỳ bus ảnh hưởng tới sự chính xác của chu kỳ lấy mẫu tín hiệu. Lưu ý sự khác nhau giữa chu kỳ bus và nhịp bus (xem phần 2.1).

Có thể dễ thấy, thời gian đáp ứng và chu kỳ bus có liên quan với nhau, nhưng không ở mức độ ràng buộc. Chu kỳ bus lớn thường sẽ làm tăng thời gian đáp ứng. Tuy nhiên, thời gian đáp ứng tối đa có thể nhỏ hoặc lớn hơn một chu kỳ bus, phụ thuộc vào phương pháp truy nhập bus.

Có thể phân loại cách truy nhập bus thành nhóm các phương pháp tiên định và nhóm các phương pháp ngẫu nhiên (Hình 2.13). Với các phương pháp tiên định, trình tự truy nhập bus được xác định rõ ràng. Việc truy nhập bus được kiểm soát chặt chẽ theo cách tập trung ở một trạm chủ (phương pháp *Master/Slave* hay *chủ/tớ*), theo sự qui định trước về thời gian (phương pháp *TDMA*) hoặc phân tán bởi các thành viên (phương pháp *Token Passing*). Nếu mỗi hoạt động truyền thông được hạn chế bởi một khoảng thời gian hoặc một độ dài dữ liệu nhất định, thì thời gian đáp ứng tối đa cũng như chu kỳ bus có thể tính toán được. Các hệ thống này vì thế được gọi có tính năng thời gian thực.



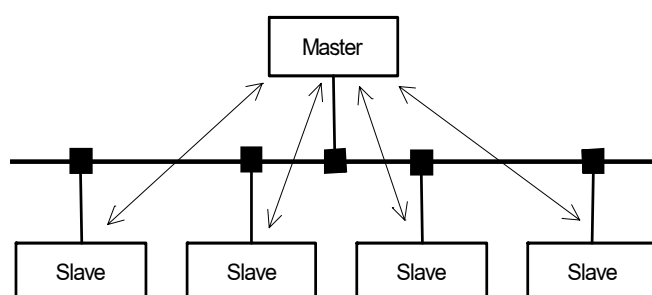
Hình 2.13: Phân loại các phương pháp truy nhập bus

Ngược lại, trong các phương pháp ngẫu nhiên trình tự truy nhập bus không được quy định chặt chẽ trước, mà để xảy ra hoàn toàn theo nhu cầu của các trạm. Mỗi thành viên trong mạng có thể thử truy nhập bus để gửi thông tin đi bất cứ lúc nào. Để loại trừ tác hại của việc xung đột gây nên, có những phương pháp phổ biến như nhận biết xung đột (*CSMA/CD*) hoặc tránh xung đột (*CSMA/CA*). Nguyên tắc hoạt động của các phương pháp này là khi có xung đột tín hiệu xảy ra, thì ít nhất một trạm phải ngừng gửi và chờ một khoảng thời gian nào đó trước khi thử lại, mặc dù khả năng thành công kể cả lúc này cũng không được đảm bảo. Người ta thường coi các hệ thống sử dụng các phương

pháp này không có khả năng thời gian thực. Tuy nhiên, tùy theo lĩnh vực ứng dụng cụ thể mà yêu cầu về tính năng thời gian thực cũng khác nhau.

2.4.2 Chủ/tớ (Master/Slave)

Trong phương pháp chủ/tớ, một trạm chủ (*master*) có trách nhiệm chủ động phân chia quyền truy nhập bus cho các trạm tớ (*slave*). Các trạm tớ đóng vai trò bị động, chỉ có quyền truy nhập bus và gửi tín hiệu đi khi có yêu cầu. Trạm chủ có thể dùng phương pháp hỏi tuần tự (*polling*) theo chu kỳ để kiểm soát toàn bộ hoạt động giao tiếp của cả hệ thống. Nhờ vậy, các trạm tớ có thể gửi các dữ liệu thu thập từ quá trình kỹ thuật tới trạm chủ (có thể là một PLC, một PC, v.v...) cũng như nhận các thông tin điều khiển từ trạm chủ.



Hình 2.14: Phương pháp chủ/tớ

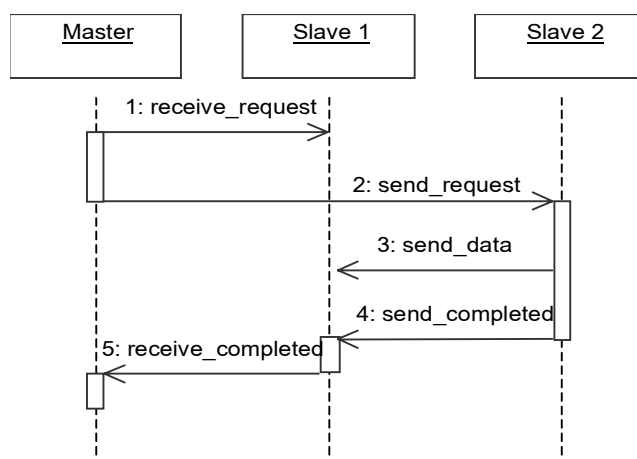
Trong một số hệ thống, thậm chí các trạm tớ không có quyền giao tiếp trực tiếp với nhau, mà bất cứ dữ liệu cần trao đổi nào cũng phải qua trạm chủ. Nếu hoạt động giao tiếp diễn ra theo chu kỳ, trạm chủ sẽ có trách nhiệm chủ động yêu cầu dữ liệu từ trạm tớ cần gửi và sau đó sẽ chuyển tới trạm tớ cần nhận. Trong trường hợp một trạm tớ cần trao đổi dữ liệu bất thường với một trạm khác phải thông báo yêu cầu của mình khi được trạm chủ hỏi đến và sau đó chờ được phục vụ.

Trình tự được tham gia giao tiếp, hay trình tự được hỏi của các trạm tớ có thể do người sử dụng qui định trước (tiền định) bằng các công cụ tạo lập cấu hình. Trong trường hợp chỉ có một trạm chủ duy nhất, thời gian cần cho trạm chủ hoàn thành việc hỏi tuần tự một vòng cũng chính là thời gian tối thiểu của chu kỳ bus. Do vậy, chu kỳ bus có thể tính toán trước được một cách tương đối chắc chắn. Đây chính là một trong những yếu tố thể hiện tính năng thời gian thực của hệ thống.

Phương pháp chủ/tớ có một ưu điểm là việc kết nối mạng các trạm tớ đơn giản, đỡ tốn kém bởi gần như toàn bộ “trí tuệ” tập trung tại trạm chủ. Một trạm chủ thường lại là một thiết bị điều khiển, vì vậy việc tích hợp thêm chức năng xử lý truyền thông là điều không khó khăn.

Một nhược điểm của phương pháp kiểm soát tập trung chủ/tớ là hiệu suất trao đổi thông tin giữa các trạm tớ bị giảm do phải dữ liệu phải đi qua khâu trung gian là trạm chủ, dẫn đến giảm hiệu suất sử dụng đường truyền. Nếu hai trạm tớ cần trao đổi một biến dữ liệu đơn giản với nhau (một PLC có thể là trạm tớ), thì trong trường hợp xấu

nhất thời gian đáp ứng vẫn có thể kéo dài tới hơn một chu kỳ bus. Một biện pháp để cải thiện tình huống này là cho phép các trạm trao đổi dữ liệu trực tiếp trong một chừng mực được kiểm soát, như Hình 2.15 minh họa. Tình huống ở đây là trạm 2 muốn gửi dữ liệu cho trạm 1, trong khi trạm 2 lại được trạm chủ hỏi tới sau trạm 1. Sau khi trạm chủ yêu cầu trạm 1 nhận dữ liệu (*receive_request*) và trạm 2 gửi dữ liệu (*send_request*), trạm 2 có thể gửi trực tiếp tới trạm 1 (*send_data*). Nhận được lệnh kết thúc từ trạm 2 (*send_completed*), trạm 1 sẽ có trách nhiệm thông báo ngược trở lại trạm chủ (*receive_completed*). Như vậy, việc truy nhập đường truyền cũng không bị chằng chéo lên nhau, mà hai trạm vẫn trao đổi được dữ liệu nội trong một chu kỳ bus.



Hình 2.15: Cải thiện trao đổi dữ liệu giữa hai trạm tớ

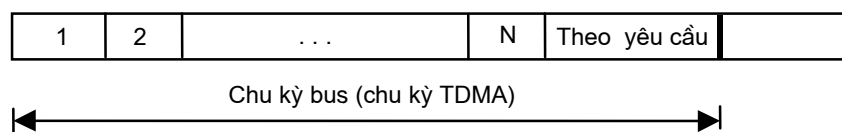
Một hạn chế nữa của phương pháp này là độ tin cậy của hệ thống truyền thông phụ thuộc hoàn toàn vào một trạm chủ duy nhất. Trong trường hợp có xảy ra sự cố trên trạm chủ thì toàn bộ hệ thống truyền thông ngừng làm việc. Một cách khắc phục là sử dụng một trạm tớ đóng vai trò giám sát trạm chủ và có khả năng thay thế trạm chủ khi cần thiết.

Chính vì hai lý do nêu trên, phương pháp chủ/tớ chỉ được dùng phổ biến trong các hệ thống bus cấp thấp, tức bus trường hay bus thiết bị, khi việc trao đổi thông tin hầu như chỉ diễn ra giữa trạm chủ là thiết bị điều khiển và các trạm tớ là thiết bị trường hoặc các module vào/ra phân tán. Trong trường hợp giữa các thiết bị tớ có nhu cầu trao đổi dữ liệu trực tiếp, trạm chủ chỉ có vai trò phân chia quyền truy nhập bus chứ không kiểm soát hoàn toàn hoạt động giao tiếp trong hệ thống.

2.4.3 TDMA

Trong phương pháp kiểm soát truy nhập phân chia thời gian TDMA (*Time Division Multiple Access*), mỗi trạm được phân một thời gian truy nhập bus nhất định. Các trạm có thể lần lượt thay nhau gửi thông tin trong khoảng thời gian cho phép - gọi là *khe thời gian* hay *lát thời gian* (*time slot*, *time slice*) - theo một tuần tự qui định sẵn. Việc phân chia này được thực hiện trước khi hệ thống đi vào hoạt động (tiền định). Khác với phương pháp chủ/tớ, ở đây có thể có hoặc không có một trạm chủ. Trong trường hợp có

một trạm chủ thì vai trò của nó chỉ hạn chế ở mức độ kiểm soát việc tuân thủ đảm bảo giữ đúng lát thời gian của các trạm khác. Mỗi trạm đều có khả năng đảm nhiệm vai trò chủ động trong giao tiếp trực tiếp với các trạm khác.



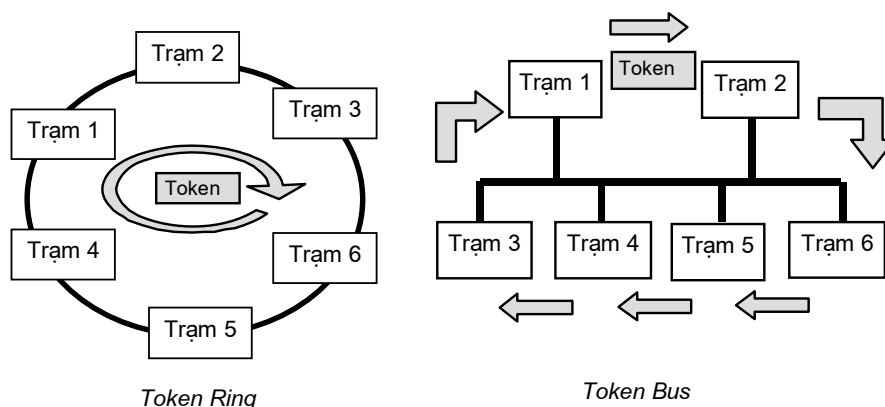
Hình 2.16: Phương pháp TDMA

Hình 2.16 minh họa cách phân chia thời gian cho các trạm trong một chu kỳ bus. Ngoài các lát thời gian phân chia cố định cho các trạm dùng để trao đổi dữ liệu định kỳ (đánh số từ 1 tới N), thường còn có một khoảng dự trữ dành cho việc trao đổi dữ liệu bất thường theo yêu cầu, ví dụ gửi thông tin cảnh báo, mệnh lệnh đặt cấu hình, dữ liệu tham số, setpoint,...

Về nguyên tắc, TDMA có thể thực hiện theo nhiều cách khác nhau. Có thể phân chia thứ tự truy nhập bus theo vị trí sắp xếp của các trạm trong mạng, theo thứ tự địa chỉ, hoặc theo tính chất của các hoạt động truyền thông. Cũng có thể kết hợp TDMA với phương pháp chủ/tớ nhưng cho phép các trạm tớ giao tiếp trực tiếp. Có hệ thống lại sử dụng một bức điện tổng hợp có cấu trúc giống như sơ đồ phân chia thời gian trên Hình 2.16 để các trạm có thể đọc và ghi dữ liệu vào phần tương ứng.

2.4.4 Token Passing

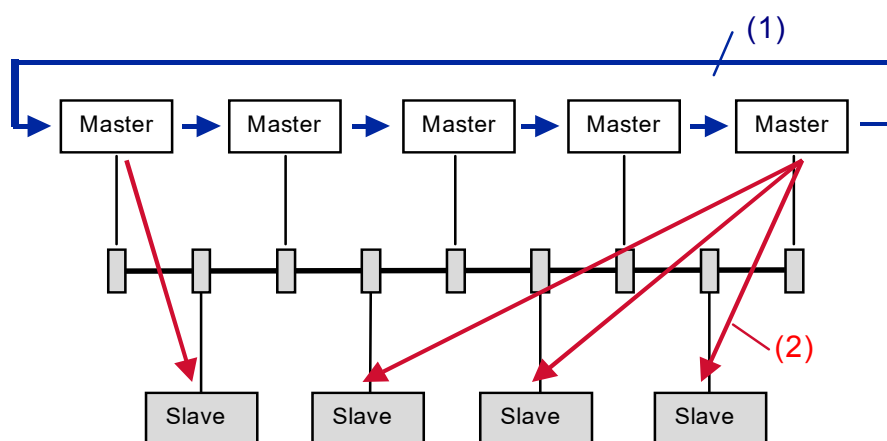
Token là một bức điện ngắn không mang dữ liệu, có cấu trúc đặc biệt để phân biệt với các bức điện mang thông tin nguồn, được dùng tương tự như một chìa khóa. Một trạm được quyền truy nhập bus và gửi thông tin đi chỉ trong thời gian nó được giữ token. Sau khi không có nhu cầu gửi thông tin, trạm đang có token sẽ phải gửi tiếp tới một trạm khác theo một trình tự nhất định. Nếu trình tự này đúng với trình tự sắp xếp vật lý trong một mạch vòng (tích cực hoặc không tích cực), ta dùng khái niệm *Token Ring* (chuẩn IEEE 802.4). Còn nếu trình tự được qui định chỉ có tính chất logic như ở cấu trúc bus (ví dụ theo thứ tự địa chỉ), ta nói tới *Token Bus* (chuẩn IEEE 802.5). Trong mỗi trường hợp đều hình thành một mạch vòng logic.



Hình 2.17: Hai dạng của phương pháp Token Passing

Một trạm đang giữ token không những được quyền gửi thông tin đi, mà còn có thể có vai trò kiểm soát sự hoạt động một số trạm khác, ví dụ kiểm tra xem có trạm nào xảy ra sự cố hay không. Các trạm không có token cũng có khả năng tham gia kiểm soát, ví dụ như sau một thời gian nhất định mà token không được đưa tiếp, có thể do trạm đang giữ token có vấn đề. Trong trường hợp đó, một trạm sẽ có chức năng tạo một token mới. Chính vì vậy, Token Passing được xếp vào phương pháp kiểm soát phân tán. Trình tự cũng như thời gian được quyền giữ token, thời gian phản ứng và chu kỳ bus tối đa có thể tính toán trước, do vậy phương pháp truy nhập này cũng được coi là có tính tiên định.

Token Passing cũng có thể sử dụng kết hợp với phương pháp chủ/tớ, trong đó mỗi trạm có quyền giữ token là một trạm chủ, hay còn được gọi là trạm tích cực. Phương pháp kết hợp này còn được gọi là nhiều chủ (*Multi-Master*), tiêu biểu trong hệ PROFIBUS. Các trạm chủ này có thể là các bộ điều khiển hoặc các máy tính lập trình, còn các trạm tớ (trạm không tích cực) là các thiết bị vào/ra phân tán, các thiết bị trường thông minh. Mỗi trạm chủ quản lý quyền truy nhập của một số trạm tớ trực thuộc, trong khi giữa các trạm chủ thì quyền truy nhập bus được phân chia theo cách chuyển token. Tuy nhiên, một trạm đóng vai trò là chủ ở đây không bắt buộc phải có các trạm tớ trực thuộc.



(1) Token passing giữa các trạm tích cực

(2) Master/slave giữa một trạm tích cực và một số trạm không tích cực

Hình 2.18: Truy nhập bus kết hợp nhiều chủ (Multi-Master)

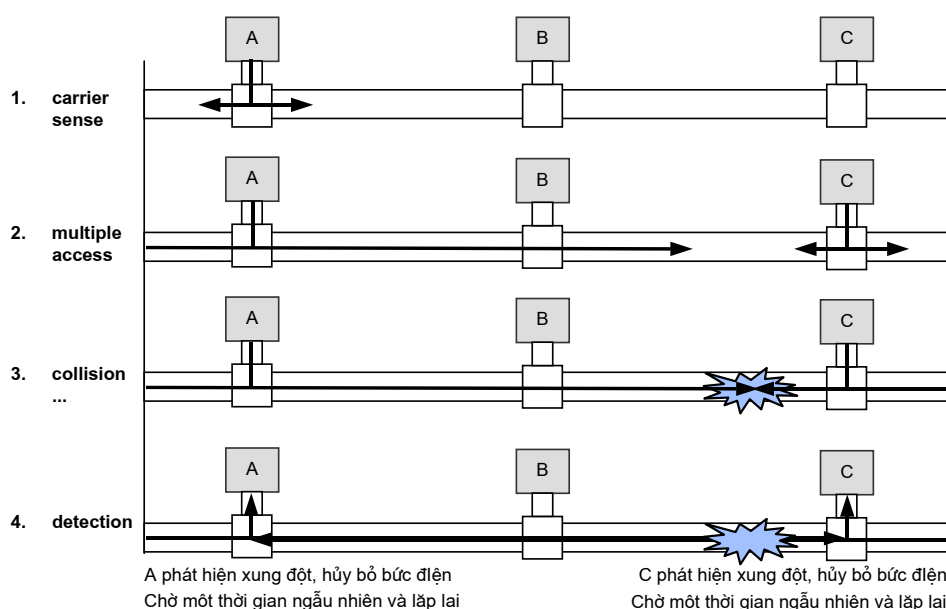
2.4.5 CSMA/CD

CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*) là một phương pháp nổi tiếng cùng với mạng Ethernet (IEEE 802.3).

Nguyên tắc làm việc

Theo phương pháp CSMA/CD, mỗi trạm đều có quyền truy nhập bus mà không cần một sự kiểm soát nào. Phương pháp được tiến hành như sau:

- Mỗi trạm đều phải tự nghe đường dẫn (*carrier sense*), nếu đường dẫn rỗi (không có tín hiệu) thì mới được phát.
- Do việc lan truyền tín hiệu cần một thời gian nào đó, nên vẫn có khả năng hai trạm cùng phát tín hiệu lên đường dẫn. Chính vì vậy, trong khi phát thì mỗi trạm vẫn phải nghe đường dẫn để so sánh tín hiệu phát đi với tín hiệu nhận được xem có xảy ra xung đột hay không (*collision detection*).
- Trong trường hợp xảy ra xung đột, mỗi trạm đều phải hủy bỏ bức điện của mình, chờ một thời gian *ngẫu nhiên* và thử gửi lại.



Hình 2.19: Minh họa phương pháp CSMA/CD

Một tình huống xảy ra xung đột tiêu biểu và cách khắc phục được minh họa trên Hình 2.19. Trạm A và C cùng nghe đường dẫn. Đường dẫn rỗi nên A có thể gửi trước. Trong khi tín hiệu từ trạm A gửi đi chưa kịp tới nên trạm C không hay biết và cũng gửi, gây ra xung đột tại một điểm gần C. A và C sẽ lần lượt nhận được tín hiệu phản hồi, so sánh với tín hiệu gửi đi và phát hiện xung đột. Cả hai trạm sẽ cùng phải hủy bức điện đã gửi đi bằng cách không phát tiếp, các trạm muốn nhận sẽ không nhận được cờ hiệu kết thúc bức điện và sẽ coi như bức điện không hợp lệ. A và C cũng có thể gửi đi một tín hiệu “jam” đặc biệt để báo cho các trạm cần nhận biết. Sau đó mỗi trạm sẽ chờ một thời gian chờ ngẫu nhiên, trước khi thử phát lại. Thời gian chờ ngẫu nhiên ở đây tuy nhiên phải được tính theo một thuật toán nào đó để sao cho thời gian chờ ngắn một cách hợp lý và không giống nhau giữa các trạm cùng chờ. Thông thường thời gian chờ này là một bội số của hai lần thời gian lan truyền tín hiệu T_S .

Ưu điểm của CSMA/CD là tính chất đơn giản, linh hoạt. Khác với các phương pháp tiền định, việc ghép thêm hay bỏ đi một trạm trong mạng không ảnh hưởng gì tới hoạt động của hệ thống. Chính vì vậy, phương pháp này được áp dụng rộng rãi trong mạng Ethernet.

Nhược điểm của CSMA/CD là tính bất định của thời gian phản ứng. Các trạm đều bình đẳng như nhau nên quá trình chờ ở một trạm có thể lặp đi lặp lại, không xác định được tương đối chính xác thời gian. Hiệu suất sử dụng đường truyền vì thế cũng thấp. Rõ ràng, nếu như không kết hợp thêm với các kỹ thuật khác thì phương pháp này không thích hợp với các cấp thấp, đòi hỏi trao đổi dữ liệu định kỳ, thời gian thực.

Điều kiện ràng buộc

Khả năng thực hiện phương pháp CSMA/CD bị hạn chế bởi một điều kiện ràng buộc giữa chiều dài dây dẫn, tốc độ truyền thông và chiều dài bức điện. Chỉ khi một trạm phát hiện được xung đột xảy ra trong khi bức điện chưa gửi xong mới có khả năng hủy bỏ bức điện (có thể chỉ đơn giản bằng cách không gửi tiếp cờ hiệu kết thúc). Còn nếu bức điện đã được gửi đi xong rồi mới phát hiện xảy ra xung đột thì đã quá muộn, một trạm khác có thể đã nhận được và xử lý bức điện với nội dung sai lệch.

Trong trường hợp xấu nhất hai trạm cùng gửi thông tin có thể ở hai đầu của dây dẫn, trạm thứ hai chỉ gửi điện trước khi tín hiệu từ trạm thứ nhất tới một chút. Tín hiệu bị xung đột xảy ra ở đây phải mất thêm một khoảng thời gian nữa đúng bằng thời gian lan truyền tín hiệu T_S mới quay trở lại tới trạm thứ nhất. Như vậy điều kiện thực hiện phương pháp CSMA/CD là thời gian gửi một bức điện phải lớn hơn hai lần thời gian lan truyền tín hiệu, tức:

$$(\text{Chiều dài bức điện } n / \text{Tốc độ truyền } v) > 2T_S$$

$$\Leftrightarrow n/v > 2l/(0,66 \cdot 300.000.000),$$

$$\text{với } l \text{ là chiều dài dây dẫn và hệ số } k = 0,67$$

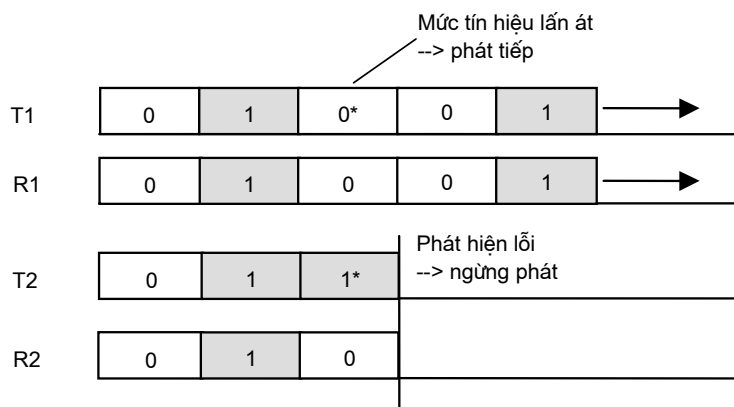
$$\Leftrightarrow lv < 100.000.000n$$

Đây chính là điều kiện ràng buộc trong việc nâng cao tốc độ và tăng chiều dài dây dẫn. Ví dụ đối với một mạng Fast Ethernet (100Mbit/s) có chiều dài 100m thì một bức điện không thể ngắn hơn 100 bit. Hệ quả của điều kiện ràng buộc này là hiệu suất truyền thông sẽ rất thấp nếu như dữ liệu cần trao đổi không lớn. Một lần nữa, ta thấy rằng phương pháp này không thích hợp lắm cho các hệ thống mạng cấp thấp.

2.4.6 CSMA/CA

Nguyên tắc làm việc

CSMA/CA là thuật ngữ viết tắt từ *Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*. Tương tự như CSMA/CD, mỗi trạm đều phải nghe đường dẫn trước khi gửi cũng như sau khi gửi thông tin. Tuy nhiên, một phương pháp mã hóa bit thích hợp được sử dụng ở đây để trong trường hợp xảy ra xung đột, một tín hiệu sẽ lấn át tín hiệu kia. Ví dụ tương ứng với bit 0 là mức điện áp cao sẽ lấn át mức điện áp thấp của bit 1.



Hình 2.20: Minh họa phương pháp CSMA/CA

Một tình huống tiêu biểu được minh họa trên Hình 2.20. T1 là thông tin do trạm 1 gửi đi và R1 là thông tin trạm 1 nghe được phản hồi từ đường dẫn, T2 là thông tin do trạm 2 phát đi và R2 là thông tin trạm 2 nghe được. Khi hai bức điện khác nhau ở một bit nào đó, trạm thứ hai sẽ phát hiện ra xung đột và ngừng phát, còn trạm thứ nhất có mức tín hiệu lần át nên coi như không có chuyện gì xảy ra và tiếp tục phát. Trạm thứ hai có thể chờ một thời gian ngẫu nhiên, hoặc chờ khi nào đường dẫn rồi trở lại sẽ gửi.

Điều kiện ràng buộc

Điều kiện để thực hiện theo cơ chế trên là mỗi trạm đều phải nhận được tín hiệu phản hồi tương ứng với bit vừa gửi, trước khi gửi một bit tiếp theo, như vậy mới có khả năng dừng lại kịp thời khi xảy ra xung đột cũng như để bit tiếp theo không bị ảnh hưởng. Như vậy, thời gian bit T_B phải lớn hơn hai lần thời gian lan truyền tín hiệu T_S , hay là:

$$1/v > 2T_S, \text{ với } v \text{ là tốc độ truyền}$$

$$\Leftrightarrow l/v > 2l/(0,67 \cdot 300.000.000)$$

$$\Leftrightarrow lv < 100.000.000$$

với l là chiều dài dây dẫn và hệ số $k = 0,67$. Ví dụ, với tốc độ truyền là 1Mbit/s thì chiều dài dây dẫn phải nhỏ hơn 100m. Rõ ràng, điều kiện ràng buộc ở đây tuy ngặt nghèo hơn so với ở phương pháp CSMA/CD, nhưng không liên quan tới chiều dài tối thiểu của một bức điện.

Qui định mức ưu tiên

Mỗi bức điện đều được bắt đầu bằng một dãy bit đặc biệt được gọi là cờ hiệu, sau đó là tới các phần khác như thông tin kiểm soát, địa chỉ,... Đối với phương pháp CSMA/CA, có thể sử dụng mức ưu tiên cho mỗi trạm (hoặc theo loại thông tin) và gán mã ưu tiên (001, 010, v.v...) vào phần đằng sau cờ hiệu của mỗi bức điện. Bức điện nào có mức ưu tiên cao hơn (tức mã số ưu tiên thấp hơn) sẽ lần át các bức điện khác. Trong trường hợp sử dụng mức ưu tiên theo trạm, có thể lấy chính địa chỉ của trạm làm mã số ưu tiên. Cũng có thể kết hợp phương pháp định mức ưu tiên theo loại thông tin và theo địa chỉ. Một bức điện có mức ưu tiên cao nhất được xét trước hết theo loại thông tin và sau đó theo địa chỉ trạm.

Nhờ có phương pháp sử dụng mức ưu tiên mà tính năng thời gian thực của hệ thống được cải thiện. Có thể thấy rõ, tuy bị hạn chế về tốc độ truyền và chiều dài dây dẫn, hiệu suất sử dụng đường truyền ở phương pháp này rất cao. Các trạm chỉ gửi thông tin đi khi có nhu cầu và nếu xảy ra xung đột thì một trong hai bức điện vẫn tiếp tục được gửi đi.

2.5 Bảo toàn dữ liệu

2.5.1 Đặt vấn đề

Bảo toàn dữ liệu là phương pháp sử dụng xử lý giao thức để phát hiện và khắc phục lỗi, trong đó phát hiện lỗi đóng vai trò hàng đầu. Khi đã phát hiện được lỗi, có thể có cách khôi phục dữ liệu, hay biện pháp đơn giản hơn là yêu cầu gửi lại dữ liệu. Các phương pháp bảo toàn dữ liệu thông dụng là:

- Parity bit 1 chiều và 2 chiều
- CRC (*Cyclic Redundancy Check*)
- Nhồi bit (*Bit stuffing*).

Nguyên lý cơ bản

Nhiệm vụ bảo toàn dữ liệu là một có thể sắp xếp thuộc lớp 2 (lớp liên kết dữ liệu) trong mô hình qui chiếu OSI. Trong quá trình mã hóa nguồn, bên gửi bổ sung một số thông tin phụ trợ, được tính theo một thuật toán qui ước vào bức điện cần gửi đi. Dựa vào thông tin bổ trợ này mà bên nhận có thể kiểm soát và phát hiện ra lỗi trong dữ liệu nhận được (giải mã).

Chú ý rằng kể cả thông tin nguồn và thông tin phụ trợ đều có thể bị lỗi, nên phải cân nhắc quan hệ giữa lượng thông tin nguồn và lượng thông tin phụ trợ, nếu không một phương pháp bảo toàn dữ liệu sẽ không đạt được mong muốn về độ tin cậy của dữ liệu, thậm chí có thể sẽ phản tác dụng. Trước khi phân tích, đánh giá tác dụng của các phương pháp bảo toàn dữ liệu, cần đưa ra một số định nghĩa như dưới đây.

Tỉ lệ bit lỗi

Tỉ lệ bit lỗi p là thước đo đặc trưng cho độ nhiễu của kênh truyền dẫn, được tính bằng tỉ lệ giữa số bit bị lỗi trên tổng số bit được truyền đi. Nói một cách khác, tỉ lệ bit lỗi chính là xác suất một bit truyền đi bị lỗi. Lưu ý rằng, tỉ lệ bit lỗi xấu nhất không phải là 1, mà là 0,5. Trong trường hợp $p = 1$, tức là bất cứ bit nào truyền đi cũng bị sai lệch, ta chỉ việc đảo lại tất cả các bit để khôi phục lại dữ liệu. Khi $p = 0,5$ tức xác suất cứ hai bit truyền đi lại có một bit bị lỗi thì đường truyền này hoàn toàn không sử dụng được, bởi theo lý thuyết thông tin thì không thể có một phương pháp bảo toàn dữ liệu nào có thể áp dụng tin cậy, có hiệu quả. Trong kỹ thuật, $p = 10^{-4}$ là một giá trị thường chấp nhận được. Một đường truyền có tỉ lệ bit lỗi như vậy có thể thực hiện được tương đối dễ dàng.

Tỉ lệ lỗi còn lại

Tỉ lệ lỗi còn lại R là thông số đặc trưng cho độ tin cậy dữ liệu của một hệ thống truyền thông, sau khi đã thực hiện các biện pháp bảo toàn (kể cả truyền lại trong trường hợp phát hiện ra lỗi). Tỉ lệ lỗi còn lại được tính bằng tỉ lệ giữa số bức điện còn bị lỗi không phát hiện được trên tổng số bức điện đã được truyền. Đương nhiên, giá trị này không những phụ thuộc vào tỉ lệ bit lỗi và phương pháp bảo toàn dữ liệu mà còn phụ

thuộc vào chiều dài trung bình của các bức điện. Một bức điện càng dài thì xác suất lỗi càng lớn.

Thời gian trung bình giữa hai lần lỗi

Tỉ lệ lỗi còn lại là một thông số tương đối khó hình dung, vì vậy trong thực tế người ta hay xét tới thời gian trung bình giữa hai lần lỗi T_{MTBF} ($MTBF = \text{Mean Time Between Failures}$). Thông số này có liên quan chặt chẽ tới giá trị tỉ lệ lỗi còn lại:

$$T_{MTBF} = n/(v \cdot R),$$

với n là chiều dài bức điện tính bằng bit và v là tốc độ truyền tính bằng bit/s. Giả sử một bức điện có chiều dài $n = 100$ bit được truyền liên tục với tốc độ 1200 bit/s, quan hệ giữa tỉ lệ bit lỗi và thời gian trung bình giữa hai lần lỗi sẽ được thể hiện như sau:

R	T_{MTBF}
10^{-6}	1 ngày
10^{-10}	26 năm
10^{-14}	260 000 năm

Khoảng cách Hamming (Hamming Distance, HD)

Khoảng cách Hamming (gọi theo nhà khoa học Mỹ R.W. Hamming) là thông số đặc trưng cho độ bền vững của một mã dữ liệu, hay nói cách khác chính là khả năng phát hiện lỗi của một phương pháp bảo toàn dữ liệu. HD có giá trị bằng số lượng bit lỗi tối thiểu mà không đảm bảo chắc chắn phát hiện được trong một bức điện. Nếu trong một bức điện chỉ có thể phát hiện một cách chắc chắn k bit bị lỗi, thì $HD = k+1$. Ví dụ, nếu một lỗi duy nhất có thể phát hiện được một cách chắc chắn (như trong phương pháp dùng parity bit 1 chiều), thì khoảng cách Hamming là 2. Đây là giá trị tối thiểu mà một phương pháp truyền đòi hỏi. Các hệ thống bus trường thông dụng thường có khoảng cách Hamming là 4, các hệ thống đạt độ tin cậy rất cao với $HD = 6$.

Theo lý thuyết thông tin thì số lượng bit lỗi chắc chắn phát hiện được không bao giờ lớn hơn lượng thông tin phụ trợ dùng để kiểm lỗi. Đương nhiên, muốn đạt được giá trị HD lớn thì phải tăng lượng thông tin phụ trợ, nhưng ta cũng chú ý khía cạnh phản tác dụng của thông tin phục trợ đã được nhắc tới - khi mà thông tin phụ trợ cũng có thể bị lỗi.

Hiệu suất truyền dữ liệu

Hiệu suất truyền dữ liệu E là một thông số đặc trưng cho việc sử dụng hiệu quả các bức điện phục vụ chức năng bảo toàn dữ liệu, được tính bằng tỉ lệ số bit mang thông tin nguồn (bit dữ liệu) không bị lỗi trên toàn bộ số bit được truyền. Ta có:

$$E = m(1-p)/n$$

m - Số lượng bit dữ liệu trong mỗi bức điện

n - Chiều dài bức điện

p - Tỉ lệ bit lỗi

Ví dụ 1:

$m = 8$ bit
 $n = 11$ bit (1 bit đầu + 8 bit dữ liệu + 1 bit chẵn lẻ + 1 bit cuối)
 $p = 10^{-3}$
 Hiệu suất truyền dữ liệu $E = 0,72$.

Ví dụ 2:

$m = 8$ bit
 $n = 24$ bit (4 bit đầu + 8 bit dữ liệu + 8 bit CRC + 4 bit cuối)
 $p = 10^{-3}$
 Hiệu suất truyền dữ liệu $E = 0,325$.

Ví dụ 3:

$m = 8$ bit
 $n = 19$ bit (4 start bit + 8 bit dữ liệu + 3 bit CRC + 4 stop bit)
 $p = 10^{-3}$
 Hiệu suất truyền dữ liệu $E = 0,413$.

Rõ ràng, việc tăng lượng thông tin phụ trợ ở một chừng mực nào đó có thể tăng độ tin cậy cho dữ liệu, song hiệu quả truyền dữ liệu vì thế cũng giảm đi. Như đã bàn, nếu tỉ lệ bit lỗi $p = 0,5$ thì bức điện nhận được hoàn toàn không có giá trị. Điều đó có nghĩa là, số lượng bit kiểm lỗi không bao giờ cần thiết phải bằng hoặc lớn hơn một nửa số bit dữ liệu. So sánh ví dụ 2 và ví dụ 3, ta sẽ thấy sự lựa chọn 3 bit thông tin kiểm lỗi ở ví dụ 3 đúng đắn hơn trên cả phương diện hiệu quả truyền dữ liệu và độ tin cậy dữ liệu.

2.5.2 Bit chẵn lẻ (Parity bit)

Bit chẵn lẻ là một phương pháp kiểm tra lỗi đơn giản, được áp dụng rất rộng rãi. Nguyên tắc làm việc được mô tả như sau. Tùy theo tổng số các bit 1 trong thông tin nguồn là chẵn hay lẻ mà ta thêm vào một bit thông tin phụ trợ $p = 0$ hoặc $p = 1$, gọi là *parity bit*, hay bit chẵn lẻ. Trong trường hợp này, ta cũng gọi là parity bit một chiều. Phương pháp này rất đơn giản và hiệu quả. Giá trị của bit chẵn lẻ p phụ thuộc vào cách chọn:

- Nếu chọn *parity chẵn*, thì p bằng 0 khi tổng số bit 1 là chẵn.
- Nếu chọn *parity lẻ*, thì p bằng 0 khi tổng số bit 1 là lẻ.

Giả sử chỉ một hoặc ba bit trong bức điện gửi đi bị đảo, bên nhận sẽ so sánh và phát hiện được. Nhưng chỉ cần hai bit trong một bức điện bị lỗi, thì bên nhận sẽ không phát hiện được nhờ bit chẵn lẻ. Nói một cách khác, số bit lỗi chắc chắn phát hiện được ở đây là chỉ 1. Vì vậy, khoảng cách Hamming của phương pháp bit chẵn lẻ một chiều luôn là 2. Điều này nói lên khả năng phát hiện lỗi thấp, vì vậy bit chẵn lẻ ít khi được dùng độc lập mà thường phải kết hợp với các phương pháp khác.

Như đã nêu, tỉ giữa chiều dài thông tin nguồn và thông tin bổ trợ ảnh hưởng mạnh tới hiệu quả của phương pháp. Ở đây, thông tin bổ trợ chỉ là 1 bit. Trong thực tế, chiều dài thông tin nguồn thường được chọn là 7 hoặc 8 bit. Một ví dụ tiêu biểu sử dụng bit chẵn lẻ đã được nêu trong giao thức UART (xem phần 2.4.2).

2.5.3 Bit chẵn lẻ 2 chiều

Phương pháp dùng bit chẵn lẻ hai chiều còn được gọi là phương pháp bảo toàn khối. Dãy bit mang thông tin nguồn được sắp xếp lại thành từng khối vuông (trong tưởng tượng), coi như có hai chiều. Trong thực tế người ta hay chọn 7 hàng và 7 cột. Việc tính bit chẵn lẻ được thực hiện theo cả hai chiều hàng và cột.

Dưới đây là ví dụ một bức điện sử dụng bit chẵn lẻ 2 chiều không bị lỗi, với cấu trúc $(7+1) \times (7+1)$ và parity chẵn. Một điểm đáng chú ý là số bit 1 hoặc 0 ở cột p (tính parity theo hàng) cũng giống như ở hàng p (tính parity theo cột), nên bit cuối cùng giao nhau giữa hàng p và cột p có thể tính parity theo hàng hoặc cột.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	p
1.	0	1	0	0	1	0	1	1
2.	1	0	0	1	0	0	0	0
3.	1	1	1	0	1	1	1	0
4.	0	1	0	1	0	1	0	1
5.	1	1	1	1	0	1	1	0
6.	0	0	0	1	1	1	1	0
7.	1	1	0	0	1	1	0	0
p	0	1	0	0	0	1	0	0

Trong trường hợp chỉ một bit bị đảo, ví dụ ở hàng thứ 3 và cột thứ 4 trong bảng sau đây, thì lỗi đó không những phát hiện được, mà ta còn có thể cho rằng lỗi định vị được và vì vậy sửa được.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	p
1.	0	1	0	0	1	0	1	1
2.	1	0	0	1	0	0	0	0
3.	1	1	1	1	1	1	1	0
4.	0	1	0	1	0	1	0	1
5.	1	1	1	1	0	1	1	0
6.	0	0	0	1	1	1	1	0
7.	1	1	0	0	1	1	0	0
p	0	1	0	0	0	1	0	0

Tương tự như vậy, hai bit bị lỗi nằm khác hàng và khác cột sẽ phát hiện được và sửa được. Tuy nhiên, nếu hai bit bị lỗi lại nằm cùng một cột hay cùng một hàng, thì chúng chỉ có thể phát hiện nhưng không định vị được.

Trong trường hợp 3 bit bị đảo, bên nhận vẫn chắc chắn phát hiện được có lỗi. Tuy nhiên, một điều rất thú vị là ở đây bên nhận không khẳng định được số lỗi là 1 hay là 3. Xác định nhầm số lỗi ở đây là 1 sẽ dẫn đến nhầm lẫn tai hại khi tìm cách sửa bit lỗi. Lật lại vấn đề ở ví dụ một lỗi hoặc hai lỗi (khác hàng và khác cột) xét ở trên, rõ ràng bên nhận không có cách gì xác định được số lỗi một cách chính xác mà chỉ biết được số lỗi là chẵn hoặc lẻ. Tồi tệ hơn nữa là khi chính các parity bit có thể bị lỗi. Như vậy có thể kết luận rằng ngay cả với phương pháp parity hai chiều này, bên nhận nếu có phát hiện ra lỗi cũng không có khả năng sửa lỗi một cách tin cậy.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	p
1.	0	1	0	0	1	0	1	1
2.	1	0	0	1	0	0	0	0
3.	1	1	1	1	0	1	1	0
4.	0	1	0	1	0	1	0	1
5.	1	1	1	0	1	1	1	0
6.	0	0	0	1	1	1	1	0
7.	1	1	0	0	1	1	0	0
p	0	1	0	0	0	1	0	0

Ta xét tiếp trường hợp 4 bit bị lỗi cùng nằm ở 2 hàng và 2 cột bất kỳ. Cách tính chẵn lẻ theo cả hai chiều đều không phát hiện được, tuy xác suất xảy ra tình huống này rất nhỏ. Vậy khoảng cách Hamming của mã dữ liệu thực hiện theo phương pháp này là 4.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	p
1.	0	1	0	0	1	0	1	1
2.	1	0	0	1	0	0	0	0
3.	1	1	1	1	0	1	1	0
4.	0	1	0	1	0	1	0	1
5.	1	1	1	0	1	1	1	0
6.	0	0	0	1	1	1	1	0
7.	1	1	0	0	1	1	0	0
p	0	1	0	0	0	1	0	0

2.5.4 CRC

CRC (*Cyclic Redundancy Check*) còn được gọi là phương pháp mã đa thức hoặc mã vòng. Phương pháp này được sử dụng trong hầu hết các hệ thống truyền thông. Tuy cái tên của nó không biểu hiện nhiều, nhưng ý tưởng ở đây là thông tin kiểm lỗi (ở đây được gọi là *checksum*) phải được tính bằng một thuật toán thích hợp, trong đó giá trị mỗi bit của thông tin nguồn đều được tham gia nhiều lần vào quá trình tính toán.

Để tính toán thông tin kiểm lỗi đó, người ta dùng một “đa thức phát” G (*generator polynomial*) có một dạng đặc biệt. Chính vì thế phương pháp này còn được gọi là phương pháp dùng đa thức. G được qui ước dưới dạng nhị phân, tức các hệ số của nó chỉ có giá trị 1 hoặc 0 tương ứng với các chữ số trong một dãy bit. Ví dụ:

Dạng đa thức: $G = x^7 + x^6 + x^5 + (0x^4 + 0x^3) + x^2 + (0x^1) + 1$

Dạng nhị phân: $G = \{11100101\}$

Dạng octal: $G = \{345\}$

Nguyên tắc cơ bản của phương pháp CRC

Giả sử đa thức G có bậc n , ví dụ x^3+x+1 tương ứng với dãy bit $\{1011\}$. Dãy bit mang thông tin nguồn I được thêm vào n bit 0 và coi như một đa thức nhị phân P . Ví dụ thông tin nguồn là $\{110101\}$ thì sau khi thêm 3 bit 0, ta có dãy bit $\{110101000\}$ tương ứng với đa thức $P = x^8+x^7+x^5+x^3$.

- Đa thức P được chia cho đa thức G , dựa vào các qui tắc đơn giản của phép trừ không có nhớ như sau:

$$1 - 1 = 0$$

$$0 - 0 = 0$$

$$1 - 0 = 1$$

$$0 - 1 = 1$$

- Không cần quan tâm tới kết quả của phép chia, phần dư R (lấy n chữ số) của phép chia được thay thế vào chỗ của n chữ 0 bổ sung trong P , tức là ta có $D = P +$

R. Theo tính chất của phép chia đa thức nhị phân, nếu D-R chia hết cho G thì $D = P+R$ cũng vậy. R được gọi là *checksum* và D chính là dãy bit được gửi đi thay cho I.

- Giả sử dãy bit nhận được là D' không chia hết cho G thì tức là D khác D', ta có thể khẳng định được rằng bức điện chắc chắn bị lỗi. Ngược lại, nếu D' chia hết cho G, thì xác suất rất cao là bức điện nhận được không có lỗi. Ta nói “xác suất cao”, bởi mỗi bit trong thông tin nguồn tham gia nhiều vòng (*cyclic*) vào tính toán thông tin bổ trợ nên khả năng “dữ kiện sai mà kết quả đúng” là rất ít.

Ví dụ minh họa

- Thông tin cần truyền I = 110101
- Đa thức qui ước $G = 1011$ (tức $x^3 + x + 1$)
- Thêm 3 bit 0 vào thông tin nguồn I, ta có $P = 110101000$
- Chia đa thức $P : G$ theo kiểu nhị phân

$$\begin{array}{r}
 110101000 \overline{) 1011} \\
 \underline{-1011} \\
 01100 \\
 \underline{-1011} \\
 01111 \\
 \underline{-1011} \\
 01000 \\
 \underline{-1011} \\
 001100 \\
 \underline{-1011} \\
 0111 \text{ --- Phần dư R}
 \end{array}$$

- Dãy bit được chuyển đi: $D = P + R = 110101111$
- Giả sử dữ liệu nhận được là $D' = 110101111$
- Chia đa thức $D' : G$

$$110101111 : 1011 = 111101$$

Phần dư 0000 -> Xác suất rất cao là không có lỗi

Một điều đáng chú ý là tuy phương pháp CRC có vẻ như phức tạp, nhưng thực sự việc thực hiện nó lại rất đơn giản. Phép chia đa thức nhị phân ở đây được thực hiện thuần túy bởi các phép trừ không có nhớ - hay chính là các phép logic XOR. Bên cạnh đó chỉ cần các phép sao chép và so sánh bit thông thường.

Như ta thấy, khả năng phát hiện lỗi được đặc trưng qua khoảng cách Hamming phụ thuộc hoàn toàn vào cách chọn đa thức qui ước G. Tuy nhiên, để phương pháp này đạt được hiệu quả tối ưu, cần cân nhắc cả tới quan hệ giữa chiều dài của dãy bit mang thông tin nguồn và bậc của đa thức G. Một cách ký hiệu thường được dùng để chỉ quan hệ này

được gọi là mã (m, n) , trong đó m là tổng số bit và n là số bit mang dữ liệu. Một cấu trúc bức điện theo tiêu chuẩn DIN 19 244:

Tên gọi: Mã $(8i+8, 8i)$, với $i = 1 \dots 15$ là số byte (octet) của dữ liệu

Lớp cấu trúc (format class): FT2

Đa thức phát: $G = 11100101$, tức $x^7 + x^6 + x^5 + x^2 + 1$

Khoảng cách Hamming: $HD = 4$

Ví dụ với $i = 7$, ta sẽ có mã $(64, 56)$, tức bức điện dài 8 byte chứa 7 byte dữ liệu. Trong 8 bit kiểm lỗi có 7 bit là phần dư R được tính theo phương pháp CRC, bit còn lại chính là parity bit chẵn của R , sau đó giá trị mỗi bit lại được đảo lại.

2.5.5 Nhồi bit (Bit Stuffing)

Nhồi bit (*bit stuffing*) thường không được coi như một phương pháp bảo toàn dữ liệu độc lập, mà thường được sử dụng với mục đích chính là tạo một dãy bit thuận lợi cho việc đóng gói dữ liệu và mã hóa bit. Các bức điện thường dùng một dãy bit đặc biệt làm cờ hiệu khởi đầu và kết thúc, do vậy đòi hỏi trong phần còn lại không được phép xuất hiện mẫu bit này. Bên cạnh đó, trong quá trình mã hóa bit người ta cũng cố gắng triệt tiêu dòng một chiều bằng cách loại bỏ các chuỗi dài bit 1 liên tục. Vì vậy, người ta tìm cách nhồi thêm một số bit vào dãy bit nguyên bản để tránh xuất hiện một chuỗi dài bit 1 liên tục cũng như tránh trùng lặp với một số mẫu bit đặc biệt. Hiệu ứng phụ của cách làm này chính là tạo điều kiện cho bên nhận dễ phát hiện lỗi hơn, ví dụ trong trường hợp mẫu bit đặc biệt xuất hiện trong phần nội dung của bức điện nhận được.

Phương pháp nhồi bit được thực hiện theo nguyên tắc sau:

- Bên gửi: Nếu trong dữ liệu có n bits 1 đứng liền nhau thì thêm một bit 0 vào ngay sau đó. Như vậy trong dãy bit được chuyển đi không thể xuất hiện $n+1$ bits 1 đi liền nhau.
- Bên nhận: Nếu phát hiện thấy n bits 1 liền nhau mà bit tiếp theo là 0 thì được tách ra, còn nếu là bit 1 thì dữ liệu chắc chắn bị lỗi.

Ví dụ với $n = 5$ (như ở CAN-Bus):

- Thông tin nguồn $I = 0111111$
- Thông tin gửi đi $D = 01111101$
- Nếu thông tin nhận được $D' = 01111101$, bên nhận có thể coi xác suất cao không có lỗi, thông tin nguồn I sẽ được khôi phục bằng cách bỏ đi bit 0 đứng sau năm bit 1 (gạch chân).
- Nếu thông tin nhận được $D' = 11111101$, qua mẫu bit đặc biệt bên nhận sẽ phát hiện ra lỗi.

Trong thực tế, cả ba phương pháp bit chẵn lẻ, CRC và nhồi bit đều có thể sử dụng phối hợp. Ví dụ một thông tin nguồn, sau khi đã áp dụng phương pháp CRC, có thể tính bit chẵn lẻ cho phần thông tin bổ sung (R). Toàn bộ dãy bit nhận được có thể lại đưa

qua khâu nhồi bit hoặc bức điện có thể được truyền theo từng ký tự UART với kiểm tra chẵn lẻ cho từng ký tự, trước khi thực hiện mã hóa bit.

2.6 Mã hóa bit

Mã hóa bit là quá trình chuyển đổi dãy bit (1,0) sang một tín hiệu thích hợp để có thể truyền dẫn trong môi trường vật lý¹. Việc chuyển đổi này chính là sử dụng một tham số thông tin thích hợp để mã hóa dãy bit cần truyền tải. Các tham số thông tin có thể được chứa đựng trong biên độ, tần số, pha hoặc sườn xung, v.v... Sự thích hợp ở đây phải được đánh giá dựa theo các yêu cầu kỹ thuật như khả năng chống nhiễu cũng như gây nhiễu, khả năng đồng bộ hóa và triệt tiêu dòng một chiều.

2.6.1 Các tiêu chuẩn trong mã hóa bit

Tần số của tín hiệu

Các tín hiệu được sử dụng trong truyền dữ liệu thường không phải là các dao động điều hòa, tần số của chúng biến thiên theo thời gian, phụ thuộc vào dãy bit cần mã hóa và phụ thuộc vào phương pháp mã hóa bit. Cần phân biệt giữa tần số tín hiệu và tần số nhịp của bus. Đối với một tốc độ truyền cố định thì tần số nhịp là một hằng số, còn tần số tín hiệu có thể thay đổi. Tuy nhiên tần số tín hiệu cũng tỉ lệ một cách tương đối với tần số nhịp, nó có thể lớn hoặc nhỏ hơn tần số nhịp, tùy theo cách mã hóa bit.

Tần số của tín hiệu ảnh hưởng tới nhiều tính năng của hệ thống. Tín hiệu có tần số càng cao hoặc dải tần rộng một mặt sẽ gây ra suy giảm tín hiệu càng lớn, mặt khác sẽ gây nhiễu điện từ lớn hơn ra môi trường xung quanh. Nhược điểm thứ nhất dẫn đến phải hạn chế chiều dài dây dẫn hoặc phải sử dụng các bộ lặp, trong khi nhược điểm thứ hai ảnh hưởng tới hạn chế phạm vi sử dụng. Điều này cũng ảnh hưởng trực tiếp trở lại tới khả năng nâng cao tốc độ truyền. Trong phương pháp truyền tải dài cơ sở thì cách duy nhất để nâng cao tốc độ truyền là tăng tần số nhịp của bus, đồng nghĩa với việc gián tiếp tăng tần số tín hiệu.

Tần số tín hiệu cao cũng đòi hỏi các thiết bị có khả năng làm việc với tần số cao. Do vậy, giá thành sản xuất các thiết bị này sẽ là một yếu tố cản trở khả năng ứng dụng.

Thông tin đồng bộ hóa có trong tín hiệu

Trong trường hợp chế độ truyền dẫn được chọn là đồng bộ, nếu một phương pháp mã hóa bit tạo ra tín hiệu có mang kèm theo thông tin đồng bộ hóa nhịp sẽ tiết kiệm dây dẫn tín hiệu nhịp. Ví dụ, nếu tín hiệu mang thông tin là một dao động điều hòa có tần số trùng với tần số nhịp của bus hoặc là một bội số của tần số nhịp, tức là ở mỗi nhịp bus đều có ít nhất một xung tín hiệu thì việc đồng bộ hóa giữa bên gửi và bên nhận thông tin sẽ được dễ dàng hơn. Tuy nhiên, các hệ thống thường không yêu cầu tín hiệu đồng bộ có ở mỗi nhịp, mà có thể ở cách quãng đều đặn vài nhịp.

¹ Mã hóa bit (*bit coding, signal encoding*) là một khái niệm hẹp hơn điều chế (*modulation*).

Triệt tiêu dòng một chiều

Hiện tượng dòng một chiều sinh ra do một loạt các bit giống nhau (0 hoặc 1) ứng với một mức tín hiệu cao được phát liên tục. Điều này không những gây khó khăn cho việc đồng bộ hóa giữa các đối tác truyền thông, mà còn ảnh hưởng tới nhiều yếu tố kỹ thuật khác.

Cũng để tiết kiệm dây dẫn và đơn giản hóa công việc lắp đặt, đặc biệt trong môi trường dễ cháy nổ, khả năng đồng tải nguồn nuôi cho các thiết bị tham gia mạng với cùng một dây dẫn là rất thiết thực. Dòng nuôi có thể xếp chồng lên tín hiệu mang thông tin, nếu như tín hiệu này không mang sẵn dòng một chiều. Muốn vậy, phương pháp mã hóa bit cần tạo ra sự trung hòa mức tín hiệu ứng với các bit 0 và 1 để triệt tiêu dòng một chiều.

Sự tồn tại dòng một chiều còn gây rất nhiều khó khăn trong kỹ thuật truyền dẫn tín hiệu. Cụ thể, mức độ trôi tín hiệu rất khó xác định một cách đúng mức, dẫn đến việc nhận biết tham số thông tin ví dụ qua giá trị biên độ gặp trở ngại. Chế độ làm việc của các thiết bị thu phát cũng sẽ bị ảnh hưởng bởi sự tồn tại của dòng một chiều. Nếu vượt quá một giới hạn nhất định, dòng một chiều dễ gây phát xung nguy hiểm trong các môi trường dễ cháy nổ.

Tính bền vững với nhiễu và khả năng phối hợp nhận biết lỗi

Khả năng kháng nhiễu của một tín hiệu số cũng phụ thuộc nhiều vào phương pháp mã hóa bit. Ví dụ, dải tần càng hẹp thì tín hiệu càng bền vững hơn đối với nhiễu. Hoặc, các phương pháp mã hóa chênh lệch bền vững với nhiễu hơn các phương pháp mã hóa giá trị tuyệt đối, các phương pháp mã hóa điều tần bền vững hơn mã hóa điều biên,...

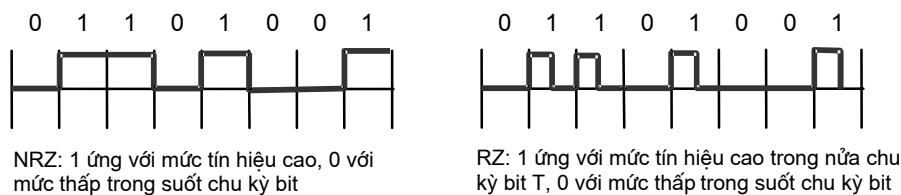
Nếu một phương pháp mã hóa bit tạo ra một tín hiệu có những đặc thù riêng, theo một mẫu biệt lập thì bên nhận có thêm khả năng để nhận biết lỗi nếu tín hiệu bị sai lệch mà không cần bổ sung thông tin kiểm lỗi.

2.6.2 NRZ, RZ

NRZ (*Non-Return To Zero*) là một trong những phương pháp được sử dụng phổ biến nhất trong các hệ thống bus trường. Thực chất, cả NRZ và RZ đều là các phương pháp điều chế biên độ xung. Như trên Hình 2.21 mô tả, bit 0 và 1 được mã hóa với hai mức biên độ tín hiệu khác nhau, mức tín hiệu này không thay đổi trong suốt chu kỳ bit T (một nhịp bus). Cái tên NRZ được sử dụng, bởi mức tín hiệu không quay trở về không sau mỗi nhịp. Các khả năng thể hiện hai mức có thể là:

- Đất và điện áp dương
- Điện áp âm và đất
- Điện áp âm và điện áp dương cùng giá trị (tín hiệu lưỡng cực)

Một trong những ưu điểm của phương pháp NRZ là tín hiệu có tần số thường thấp hơn nhiều so với tần số nhịp bus. Phương pháp này không thích hợp cho việc đồng bộ hóa, bởi một dãy bit 0 hoặc 1 liên tục không làm thay đổi mức tín hiệu. Tín hiệu không được triệt tiêu dòng một chiều, ngay cả khi sử dụng tín hiệu lưỡng cực, nên không có khả năng đồng tải nguồn.



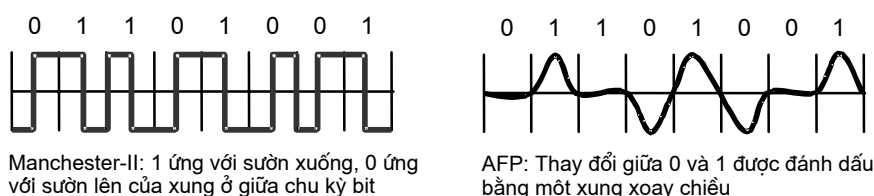
Hình 2.21: Mã hóa bit NRZ và RZ

Phương pháp RZ (*Return to Zero*) cũng mã hóa bit 0 và 1 với hai mức tín hiệu khác nhau giống như ở NRZ. Tuy nhiên, như cái tên của nó hàm ý, mức tín hiệu cao chỉ tồn tại trong nửa đầu của chu kỳ bit T, sau đó quay trở lại 0. Tần số cao nhất của tín hiệu chính bằng tần số nhịp bus. Giống như NRZ, tín hiệu mã RZ không mang thông tin đồng bộ hóa, không có khả năng đồng tải nguồn.

2.6.3 Mã Manchester

Mã Manchester và các dạng dẫn xuất của nó không những được sử dụng rất rộng rãi trong truyền thông công nghiệp, mà còn phổ biến trong các hệ thống truyền dữ liệu khác. Thực chất, đây là một trong các phương pháp điều chế pha xung, tham số thông tin được thể hiện qua các sườn xung. Bit 1 được mã hóa bằng sườn lên, bit 0 bằng sườn xuống của xung ở giữa chu kỳ bit T, hoặc ngược lại (Manchester-II).

Như thấy rõ trên Hình 2.22, đặc điểm của tín hiệu là có tần số tương đương với tần số nhịp bus, các xung của nó có thể sử dụng trong việc đồng bộ hóa giữa bên gửi và bên nhận. Sử dụng tín hiệu lưỡng cực, dòng một chiều sẽ bị triệt tiêu. Do đó phương pháp này thích hợp với các ứng dụng đòi hỏi khả năng đồng tải nguồn. Một điểm đáng chú ý nữa là do sử dụng sườn xung, mã Manchester rất bền vững đối với nhiễu bên ngoài. Nhưng ngược lại, nhiễu xạ của tín hiệu cũng tương đối lớn bởi tần số cao.



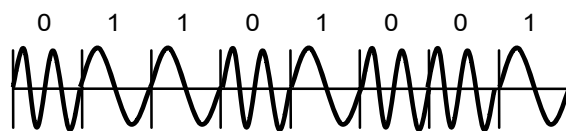
Hình 2.22: Mã hóa bit Manchester-II và AFP

2.6.4 AFP

Với phương pháp xung sườn xoay chiều AFP (*Alternate Flanked Pulse, xung sườn xoay chiều*), mỗi sự thay đổi trạng thái logic được đánh dấu bằng một xung có cực thay đổi luân phiên (xung xoay chiều). Có thể sắp xếp AFP thuộc nhóm các phương pháp điều chế vị trí xung. Ví dụ, thay đổi từ bit 0 sang 1 được mã hóa bằng một xung sườn lên, từ 1 sang 0 bằng một xung sườn xuống (hoặc có thể ngược lại). Đặc điểm tín hiệu là tần số thấp, không mang thông tin đồng bộ hóa và không tồn tại dòng một chiều. Sử dụng các xung có hình sin ở đây sẽ giảm nhiễu xạ một cách đáng kể. Hơn thế nữa, cũng như mã Manchester, mã AFP rất bền vững đối với tác động của nhiễu từ bên ngoài.

2.6.5 FSK

Trong phương pháp điều chế dịch tần số FSK (*Frequency Shift Keying*), hai tần số khác nhau được dùng để mã hóa các trạng thái logic 0 và 1, như được mô tả trên Hình 2.23. Đây chính là phương pháp điều chế tần số tín hiệu mang, hay truyền tải dải mang.



FSK: 0 và 1 ứng với các tần số khác nhau

Hình 2.23: Mã hóa dịch tần số FSK

Tín hiệu có dạng hình sin, các tần số có thể bằng hoặc là bội số tần số nhịp bus nên có thể dùng để đồng bộ nhịp. Một ưu điểm tiếp theo của phương pháp này là độ bền vững đối với tác động của nhiễu. Nhờ tính chất điều hòa của tín hiệu mà dòng một chiều được triệt tiêu, nên có thể sử dụng chính đường truyền để đồng tải nguồn nuôi các thiết bị kết nối mạng.

Một nhược điểm của FSK là tần số tín hiệu tương đối cao. Điều này một mặt dẫn đến khả năng gây nhiễu mạnh đối với bên ngoài và mặt khác hạn chế việc tăng tốc độ truyền. Thực tế, phương pháp này chỉ được sử dụng cho các hệ thống có tốc độ truyền tương đối thấp.

2.7 Kỹ thuật truyền dẫn

Truyền dữ liệu nối tiếp, không đồng bộ là phương pháp được sử dụng chủ yếu trong các hệ thống mạng truyền thông công nghiệp. Với phương pháp này, các bit được truyền từ bên gửi tới bên nhận một cách tuần tự trên cùng một đường truyền. Cũng chính vì không có một đường dây riêng biệt mang tín hiệu nhịp, nên việc đồng bộ hóa thuộc trách nhiệm do bên gửi và bên nhận thỏa thuận trên cơ sở một giao thức truyền thông.

Các chuẩn truyền dẫn TIA/EIA

EIA (*Electronic Industry Association*) và TIA (*Telecommunication Industry Association*) là các hiệp hội đã xây dựng và phát triển một số chuẩn giao diện cho truyền thông công nghiệp, trong đó có các chuẩn truyền dẫn nối tiếp. Theo nghĩa truyền thống, một chuẩn truyền dẫn nối tiếp trước hết được hiểu là các qui định được thống nhất về giao diện vật lý giữa các thiết bị cuối xử lý dữ liệu (*Data Terminal Equipment, DTE*) và các thiết bị truyền dữ liệu (*Data Communication Equipment, DCE*). Một ví dụ tiêu biểu của giao diện DTE/DCE là chuẩn RS-232 giữa máy tính và Modem. Tuy vậy, phạm vi sử dụng các chuẩn truyền nối tiếp không chỉ hạn chế ở việc kết nối giữa các DTE và DCE theo nghĩa cổ điển.

Các chuẩn truyền nối tiếp được đề cập tới trong chương mục này là các chuẩn được sử dụng rộng rãi nhất trong truyền thông công nghiệp, đó là EIA/TIA-232, EIA/TIA-422 và đặc biệt là EIA/TIA-485. Trước kia, các chuẩn đó được đặt chữ “RS” ở đầu với nghĩa là “*Recommended Standard*”. Sau này, “RS” đã được thống nhất thay thế bằng “EIA/TIA”. Chú ý rằng, chữ cái ở cuối mỗi tên chuẩn ký hiệu phiên bản chỉnh lý, bổ sung. Ví dụ, EIA/TIA-232-E chỉ phiên bản chỉnh lý lần thứ năm của RS-232, EIA/TIA-485-A chỉ phiên bản chỉnh lý lần thứ nhất của RS-485.

Các chuẩn truyền dẫn của EIA/TIA được chia thành ba phạm trù sau:

- Các chuẩn giao diện trọn vẹn (*Complete Interface Standards*), ví dụ EIA/TIA-232-F, EIA/TIA-530-A và EIA/TIA-561, đưa ra toàn bộ các qui định về mặt chức năng, về mặt cơ học và về mặt điện học.
- Các chuẩn riêng về điện học (*Electrical Only Standards*), ví dụ EIA/TIA-232-F phần 2, EIA/TIA-422-B và EIA/TIA-485-A, chỉ định nghĩa các thông số về mặt điện học, được trích dẫn trong các chuẩn giao diện trọn vẹn.
- Các chuẩn về chất lượng tín hiệu (*Signal Quality Standards*), ví dụ EIA-334-A, EIA-363 và EIA-404-A, định nghĩa các thuật ngữ và phương pháp cho việc đánh giá chất lượng tín hiệu.

Phần trình bày dưới đây tập trung vào các vấn đề liên quan tới giao diện về mặt điện học của ba chuẩn EIA/TIA-232-F, EIA/TIA-422-B và EIA/TIA-485-A. Để tiện cho việc trình bày cũng như theo dõi, chữ “RS” sẽ được sử dụng trong suốt phần cuối của bài giảng này. Do vai trò quan trọng tuyệt đối của RS-485 trong mạng truyền thông công nghiệp, chuẩn này sẽ được mô tả kỹ lưỡng nhất.

2.7.1 Phương thức truyền dẫn tín hiệu

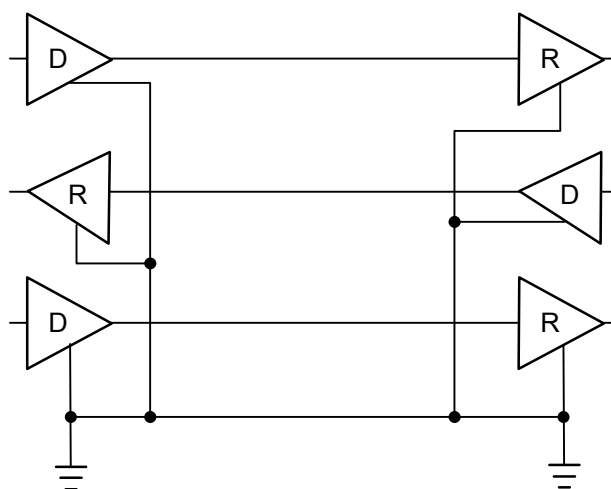
Tín hiệu được dùng để truyền tải thông tin. Không kể tới môi trường truyền dẫn thì các thành phần cơ bản trong một hệ thống truyền tín hiệu gồm có bộ phát (*transmitter, generator*), hay còn gọi là bộ kích thích (*driver*, ký hiệu là D), và bộ thu (*receiver*, ký hiệu là R). Một thiết bị vừa thu và phát, hay bộ thu phát được gọi với cái tên ghép là *transceiver*.

Hai phương thức truyền dẫn tín hiệu cơ bản được dùng trong các hệ thống truyền thông công nghiệp, đó là phương thức chênh lệch đối xứng (*balanced differential mode*) và phương thức không đối xứng hay phương thức đơn cực (*unbalanced mode, single-ended mode*).

Truyền dẫn không đối xứng

Truyền dẫn không đối xứng sử dụng điện áp của một dây dẫn so với đất để thể hiện các trạng thái logic (1 và 0) của một tín hiệu số. Chú ý rằng sự liên quan giữa trạng thái logic của một tín hiệu với trạng thái logic của dây bit mang thông tin được truyền phụ thuộc vào phương pháp mã hóa bit, tức là giá trị logic của tín hiệu tại một thời điểm không nhất thiết phải đồng nhất với giá trị logic của bit tương ứng mang thông tin.

Một trong những ưu điểm của phương thức truyền dẫn không đối xứng là chỉ cần một đường dây đất chung cho nhiều kênh tín hiệu trong trường hợp cần thiết, như Hình 2.24 minh họa. Nhờ vậy tiết kiệm được số lượng dây dẫn và các linh kiện ghép nối.

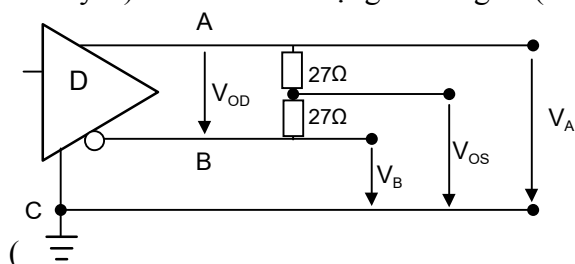


Hình 2.24: Truyền dẫn không đối xứng (3 kênh, 4 dây dẫn)

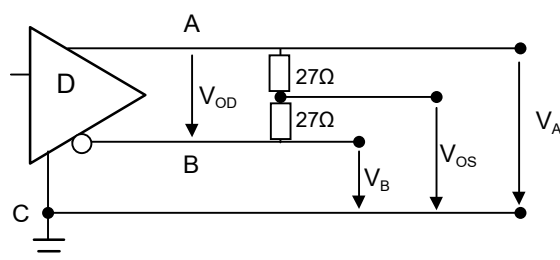
Việc sử dụng đất làm điểm tựa cho việc đánh giá mức tín hiệu bộc lộ một nhược điểm cơ bản là khả năng chống nhiễu kém. Nguyên nhân gây nhiễu ở đây có thể là môi trường xung quanh, sự xuyên âm (*crossstalk*) hoặc do chênh lệch điện áp đất của các đối tác truyền thông. Điều này cũng dẫn đến sự hạn chế về chiều dài dây dẫn cũng như tốc độ truyền.

Truyền dẫn chênh lệch đối xứng

Truyền dẫn chênh lệch đối xứng sử dụng điện áp giữa hai dây dẫn (A và B hay dây - và dây +) để biểu diễn trạng thái logic (1 và 0) của tín hiệu, không phụ thuộc vào đất

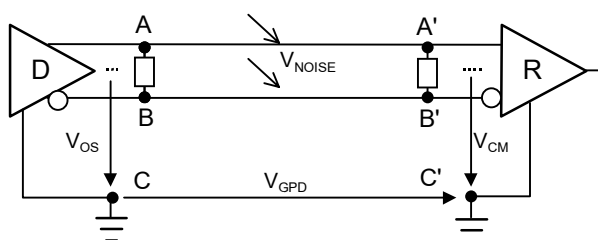


Hình 2.25).



Hình 2.25: Truyền dẫn chênh lệch đối xứng

Khái niệm “chênh lệch đối xứng” ở đây được thể hiện qua sự cân xứng (tương đối) về điện áp của hai dây A và B đối với *điện áp chế độ chung* trong điều kiện làm việc bình thường. Một tác động nhiễu ở bên ngoài sẽ làm tăng hay giảm tức thời điện áp ở cả hai dây một giá trị gần tương đương, vì thế tín hiệu ít bị sai lệch. Sự khác nhau về điện áp đất giữa các thiết bị tham gia truyền thông cũng hầu như không ảnh hưởng trực tiếp tới việc đánh giá giá trị logic của tín hiệu. Một nguyên nhân gây nhiễu khác là sự xuyên âm cũng được loại trừ đáng kể khi dùng đôi dây xoắn (*twisted pair*). Những ưu điểm trên đây dẫn đến sự phổ biến của phương thức truyền dẫn chênh lệch đối xứng trong các hệ thống truyền thông tốc độ cao và phạm vi rộng.



Hình 2.26: Điện áp chế độ chung V_{CM} và chênh lệch điện áp đất V_{GPD}

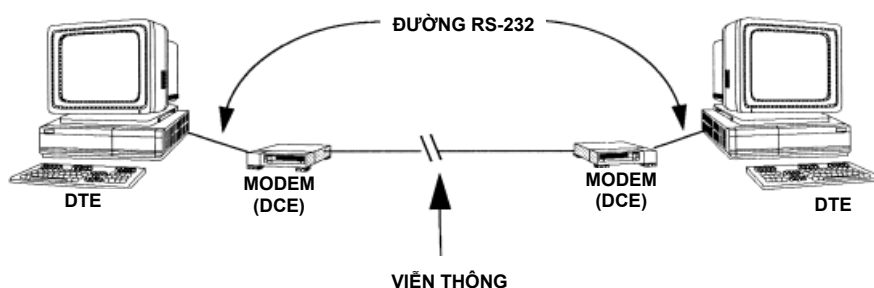
Trở đầu cuối (terminating resistance)

Thông thường, một tín hiệu được phát đi khi tới một đầu dây sẽ phản xạ ngược trở lại, giống như hiện tượng phản xạ ánh sáng. Khi tốc độ truyền tương đối thấp hoặc dây dẫn tương đối ngắn, sao cho thời gian bit TB lớn hơn gấp nhiều lần so với thời gian lan truyền tín hiệu TS, tín hiệu phản xạ sẽ suy giảm và triệt tiêu sau một vài lần qua lại,

không gây ảnh hưởng tới chất lượng của tín hiệu mang bit dữ liệu được phát tiếp theo. Trong trường hợp khác sẽ xảy ra xung đột tín hiệu, vì vậy người ta dùng một trở kết thúc, hay trở đầu cuối để hấp thụ tín hiệu ban đầu. ý tưởng ở đây là khi một đường dây dẫn dài vô hạn thì sẽ không xảy ra hiện tượng phản xạ tín hiệu. Vì vậy, trở đầu cuối được chọn có giá trị tương đương với trở kháng đặc trưng (trở kháng sóng) của cáp truyền.

2.7.2 RS-232

RS-232 (tương ứng với chuẩn châu Âu là CCITT V.24) lúc đầu được xây dựng phục vụ chủ yếu trong việc ghép nối điểm-điểm giữa hai thiết bị đầu cuối (*DTE, Data Terminal Equipment*), ví dụ giữa hai máy tính (PC, PLC, v.v...), giữa máy tính và máy in, hoặc giữa một thiết bị đầu cuối và một thiết bị truyền dữ liệu (*DCE, Data Communication Equipment*), ví dụ giữa máy tính và Modem (Hình 2.27).

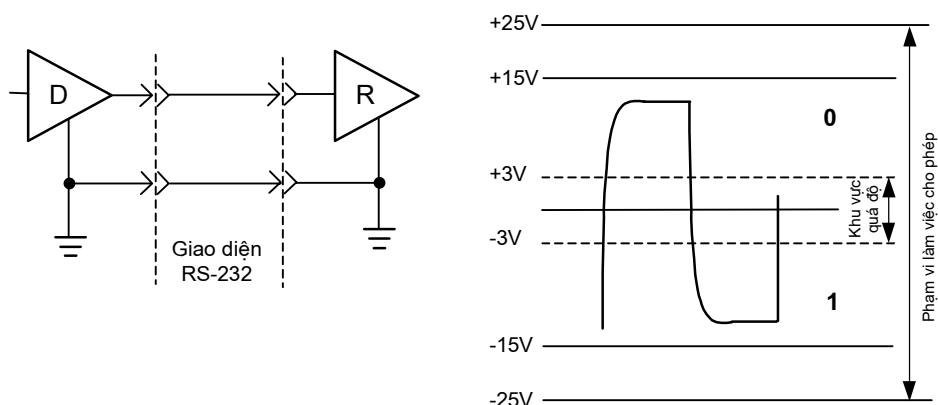


Hình 2.27: Giao tiếp giữa hai máy tính thông qua Modem và RS-232

Mặc dù tính năng hạn chế, RS-232 là một trong các chuẩn tín hiệu có từ lâu nhất, vì thế được sử dụng rất rộng rãi. Ngày nay, mỗi máy tính cá nhân đều có một vài cổng RS-232 (cổng COM), có thể sử dụng tự do để nối với các thiết bị ngoại vi hoặc với các máy tính khác. Nhiều thiết bị công nghiệp cũng tích hợp cổng RS-232 phục vụ lập trình hoặc tham số hóa.

Đặc tính điện học

RS-232 sử dụng phương thức truyền không đối xứng, tức là sử dụng tín hiệu điện áp chênh lệch giữa một dây dẫn và đất. Mức điện áp được sử dụng dao động trong khoảng từ -15V tới 15V. Khoảng từ 3V đến 15V ứng với giá trị logic 0, khoảng từ -15V đến -3V ứng với giá trị logic 1, như biểu diễn trên Hình 2.28.



Hình 2.28: Qui định trạng thái logic của tín hiệu RS-232

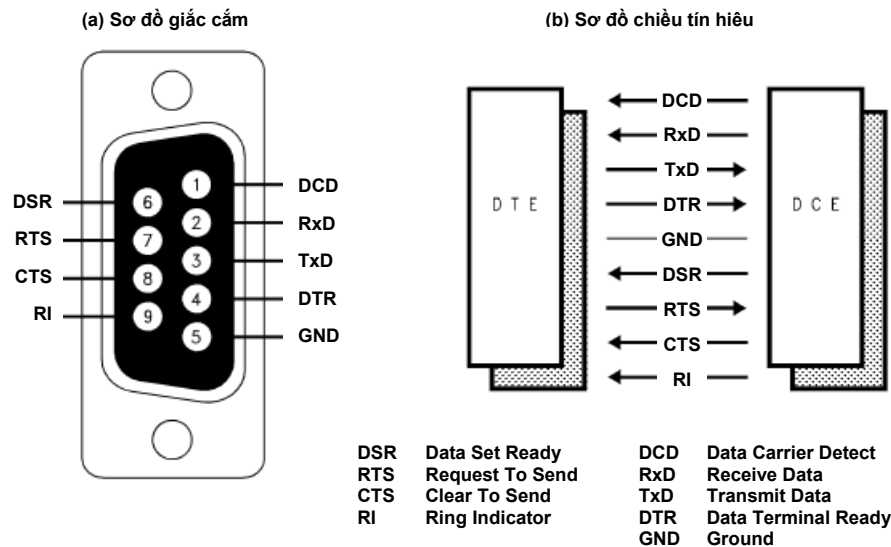
Chính vì từ -3V tới 3V là phạm vi không được định nghĩa, trong trường hợp thay đổi giá trị logic từ 0 lên 1 hoặc từ 1 xuống 0 một tín hiệu phải vượt qua khoảng quá độ đó trong một thời gian ngắn hợp lý. Ví dụ, tiêu chuẩn DIN 66259 phần 2 qui định độ dốc tối thiểu của một tín hiệu phải là 6V/ms hoặc 3% nhịp xung, tùy theo giá trị nào nhỏ hơn. Điều này dẫn đến việc phải hạn chế về điện dung của các thiết bị tham gia và của cả đường truyền.

Tốc độ truyền dẫn tối đa phụ thuộc vào chiều dài dây dẫn. Đa số các hệ thống hiện nay chỉ hỗ trợ tới tốc độ 19.2kBd (chiều dài cho phép 30-50m). Gần đây, sự tiến bộ trong vi mạch đã góp phần nâng cao tốc độ của các modem lên nhiều lần so với ngưỡng 19.2kBd. Hiện nay đã có những mạch thu phát đạt tốc độ 460kBd và hơn nữa, tuy nhiên tốc độ truyền dẫn thực tế lớn hơn 115.2 kBd theo chuẩn RS-232 trong một hệ thống làm việc dựa vào ngắt là một điều khó có thể thực hiện.

Một ưu điểm của chuẩn RS-232 là có thể sử dụng công suất phát tương đối thấp, nhờ trở kháng đầu vào hạn chế trong phạm vi từ 3-7kΩ. Bảng 2.1 dưới đây tóm tắt một số thông số điện học quan trọng của RS-232.

Bảng 2.1: Tóm tắt các thông số quan trọng của RS-232

Thông số	Điều kiện	Tối thiểu	Tối đa
Điện áp đầu ra hở mạch			25V
Điện áp đầu ra khi có tải	$3k\Omega \leq R_L \leq 7k\Omega$	5V	15V
Trở kháng đầu ra khi cắt nguồn	$-2V \leq V_O \leq 2V$		300Ω
Dòng ra ngắn mạch			500mA
Điện dung tải			2500pF
Trở kháng đầu vào	$3V \leq V_I \leq 25V$	3kΩ	7kΩ
Ngưỡng cho giá trị logic 0			3V
Ngưỡng cho giá trị logic 1		-3V	



Giao diện cơ học

Chuẩn EIA/TIA-232F qui định ba loại giắc cắm RS-232 là DB-9 (chín chân), DB-25 (25 chân) và ALT-A (26 chân), trong đó hai loại đầu được sử dụng rộng rãi hơn. Loại DB-9 cũng đã được chuẩn hóa riêng trong EIA/TIA-574.

Ý nghĩa của các chân quan trọng được mô tả dưới đây.

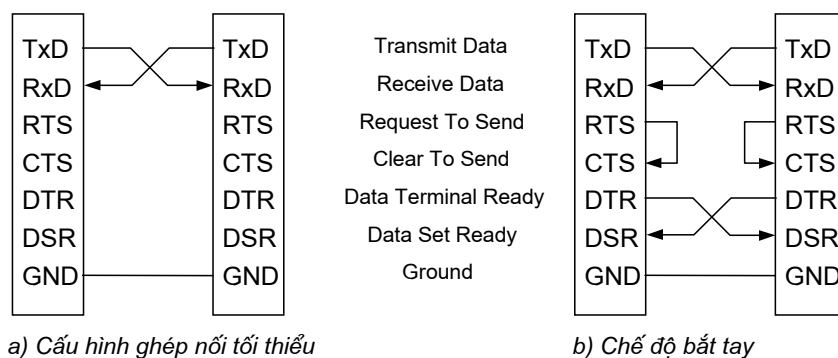
- RxD (*Receive Data*): Đường nhận dữ liệu
- TxD (*Transmit Data*): Đường gửi dữ liệu
- DTR (*Data Terminal Ready*): Chân DTR thường ở trạng thái ON khi thiết bị đầu cuối sẵn sàng thiết lập kênh truyền thông. Qua việc giữ mạch DTR ở trạng thái ON, thiết bị đầu cuối cho phép DCE của nó ở chế độ “tự trả lời” chấp nhận lời gọi không yêu cầu. Mạch DTR ở trạng thái OFF chỉ khi thiết bị đầu cuối không muốn DCE của nó chấp nhận lời gọi từ xa (chế độ cục bộ).
- DSR (*Data Set Ready, DCE Ready*): Cả hai modem chuyển mạch DSR sang ON khi một đường truyền thông đã được thiết lập giữa hai bên.
- DCD (*Data Carrier Detect*): Chân DCD được sử dụng để kiểm soát truy nhập đường truyền. Một trạm nhận tín hiệu DCD là OFF sẽ hiểu là trạm đối tác chưa đóng mạch yêu cầu gửi dữ liệu (chân RTS) và vì thế có thể đoạt quyền kiểm soát đường truyền nếu cần thiết. Ngược lại, tín hiệu DCD là ON chỉ thị bên đối tác đã gửi tín hiệu RTS và giành quyền kiểm soát đường truyền.
- RTS (*Request To Send*): Đường RTS kiểm soát chiều truyền dữ liệu. Khi một trạm cần gửi dữ liệu, nó đóng mạch RTS sang ON để báo hiệu với modem của nó. Thông tin này cũng được chuyển tiếp tới modem xa.
- CTS (*Clear To Send*): Khi CTS chuyển sang ON, một trạm được thông báo rằng modem của nó đã sẵn sàng nhận dữ liệu từ trạm và kiểm soát đường điện thoại cho việc truyền dữ liệu đi xa.

- RI (*Ring Indicator*): Khi modem nhận được một lời gọi, mạch RI chuyển ON/OFF một cách tuần tự với chuông điện thoại để báo hiệu cho trạm đầu cuối. Tín hiệu này chỉ thị rằng một modem xa yêu cầu thiết lập liên kết dial-up.

Chế độ làm việc

Chế độ làm việc của hệ thống RS-232 là hai chiều toàn phần (*full-duplex*), tức là hai thiết bị tham gia cùng có thể thu và phát tín hiệu cùng một lúc. Như vậy, việc thực hiện truyền thông cần tối thiểu 3 dây dẫn - trong đó hai dây tín hiệu nối chéo các đầu thu phát của hai trạm và một dây đất, như a minh họa. Với cấu hình tối thiểu này, việc đảm bảo độ an toàn truyền dẫn tín hiệu thuộc về trách nhiệm của phần mềm.

Hình 2.29b minh họa một ví dụ ghép nối trực tiếp giữa hai thiết bị thực hiện chế độ bắt tay (*handshake mode*) không thông qua modem. Qua việc sử dụng các dây dẫn DTR và DSR, độ an toàn giao tiếp sẽ được đảm bảo. Trong trường hợp này, các chân RTS và CTS được nối ngắn. Lưu ý rằng, trong trường hợp truyền thông qua modem, cấu hình ghép nối sẽ khác một chút.



Hình 2.29: Một số ví dụ ghép nối với RS-232

2.7.3 RS-422

Khác với RS-232, RS-422 sử dụng tín hiệu điện áp chênh lệch đối xứng giữa hai dây dẫn A và B, nhờ vậy giảm được nhiễu và cho phép tăng chiều dài dây dẫn một cách đáng kể. RS-422 thích hợp cho phạm vi truyền dẫn tới 1200 mét mà không cần bộ lặp. Điện áp chênh lệch dương ứng với trạng thái logic 0 và âm ứng với trạng thái logic 1. Điện áp chênh lệch ở đầu vào bên nhận có thể xuống tới 200mV. Một vài thông số quan trọng được tóm tắt trong bảng 2.2.

Bảng 2.2: Tóm tắt các thông số quan trọng của RS-422

Thông số	Điều kiện	Tối thiểu	Tối đa
Điện áp đầu ra hở mạch			$\pm 10V$
Điện áp đầu ra khi có tải	$R_T = 100\Omega$	$\pm 2 V$	
Trở kháng đầu ra			100Ω

Thông số	Điều kiện	Tối thiểu	Tối đa
Dòng ra ngắn mạch			$\pm 150\text{mA}$
Thời gian quá độ đầu ra	$R_T = 100\Omega$		$10\% T_B^*$
Điện áp chế độ chung đầu ra V_{OC}	$R_T = 100\Omega$		$\pm 3\text{V}$
Độ nhạy cảm đầu vào	$-7\text{V} \leq V_{CM} \leq 7\text{V}$		$\pm 200\text{mV}$
Điện áp chế độ chung V_{CM}		-7V	7V
Trở kháng đầu vào		$4\text{k}\Omega$	

* T_B - Thời gian bit

Trong cấu hình ghép nối tối thiểu cho RS-422 cần một đôi dây dùng truyền dẫn tín hiệu (A và B). Trong cấu hình này chỉ có thể dùng phương pháp truyền một chiều (*simplex*) hoặc hai chiều gián đoạn (*half-duplex*), tức trong một thời điểm chỉ có một tín hiệu duy nhất được truyền đi. Để thực hiện truyền hai chiều toàn phần (*full-duplex*) ta cần hai đôi dây.

RS-422 có khả năng ghép nối điểm-điểm, hoặc điểm-nhiều điểm trong một mạng đơn giản - cụ thể là duy nhất một trạm được phát và 10 trạm có thể nhận tín hiệu. Tuy vậy, trong thực tế RS-422 thường chỉ được dùng để ghép nối điểm-điểm với mục đích thay thế RS-232 cho khoảng cách truyền thông lớn và tốc độ cao hơn.

Trong cả hai trường hợp sử dụng cấu hình hai dây hay bốn dây, việc sử dụng thêm một dây đất (C) đóng một vai trò khác rất quan trọng, tuy không giúp gì cho việc xác định giá trị logic tương ứng với mức tín hiệu. Trên một khoảng cách vài trăm đến hàng ngàn mét, mức điện áp đất có thể rất khác nhau. Điều cần thiết ở đây là giữ một mức điện áp chế độ chung V_{CM} cho các trạm tham gia ở một giới hạn qui định, nếu không dữ liệu truyền đi sẽ bị mất và các cổng kết nối sẽ bị phá hỏng. Ngưỡng giới hạn qui định cho V_{CM} đối với RS-422 là $\pm 7\text{V}$.

2.7.4 RS-485

Đặc tính điện học

Về các đặc tính điện học, RS-485 và RS-422 giống nhau về cơ bản. RS-485 cũng sử dụng tín hiệu điện áp chênh lệch đối xứng giữa hai dây dẫn A và B. Ngưỡng giới hạn qui định cho V_{CM} đối với RS-485 được nới rộng ra khoảng -7V đến 12V , cũng như trở kháng đầu vào cho phép lớn gấp ba lần so với RS-422. Các thông số quan trọng được tóm tắt trong bảng 2.3.

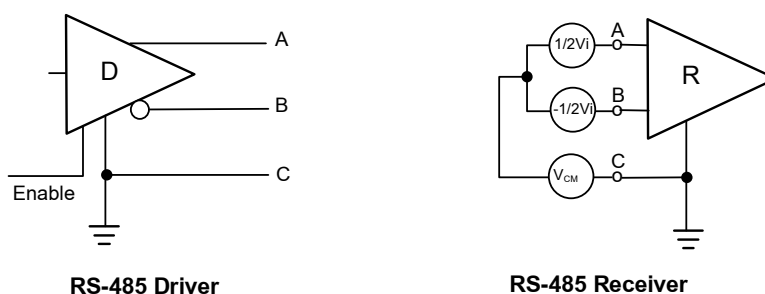
Bảng 2.3: Tóm tắt các thông số quan trọng của RS-485

Thông số	Điều kiện	Tối thiểu	Tối đa
Điện áp đầu ra hở mạch		$\pm 1,5\text{V}$	$\pm 6\text{V}$
Điện áp đầu ra khi có tải	$R_{LOAD} = 54\Omega$	$\pm 1,5\text{V}$	$\pm 5\text{V}$

Thông số	Điều kiện	Tối thiểu	Tối đa
Dòng ra ngắn mạch			$\pm 250\text{mA}$
Thời gian quá độ đầu ra	$R_{\text{LOAD}} = 54\Omega$ $C_{\text{LOAD}} = 54\text{pF}$		$30\% T_B^*$
Điện áp chế độ chung đầu ra V_{OC}	$R_{\text{LOAD}} = 54\Omega$	-1V	3V
Độ nhạy cảm đầu vào	$-7\text{V} \leq V_{\text{CM}} \leq 12\text{V}$		$\pm 200\text{mV}$
Điện áp chế độ chung V_{CM}		-7V	12V
Trở kháng đầu vào		12k Ω	

Đặc tính khác nhau cơ bản của RS-485 so với RS-422 là khả năng ghép nối nhiều điểm, vì thế được dùng phổ biến trong các hệ thống bus trường. Cụ thể, 32 trạm có thể tham gia ghép nối, được định địa chỉ và giao tiếp đồng thời trong một đoạn RS-485 mà không cần bộ lặp.

Để đạt được điều này, trong một thời điểm chỉ một trạm được phép kiểm soát đường dẫn và phát tín hiệu, vì thế một bộ kích thích đều phải đưa về chế độ trở kháng cao mỗi khi rồi, tạo điều kiện cho các bộ kích thích ở các trạm khác tham gia. Chế độ này được gọi là *tri-state*. Một số vi mạch RS-485 tự động xử lý tình huống này, trong nhiều trường hợp khác việc đó thuộc về trách nhiệm của phần mềm điều khiển truyền thông. Trong mạch của bộ kích thích RS-485 có một tín hiệu vào “Enable” được dùng cho mục đích chuyển bộ kích thích về trạng thái phát tín hiệu hoặc tri-state. Sơ đồ mạch cho bộ kích thích và bộ thu RS-485 được biểu diễn trên Hình 2.30.



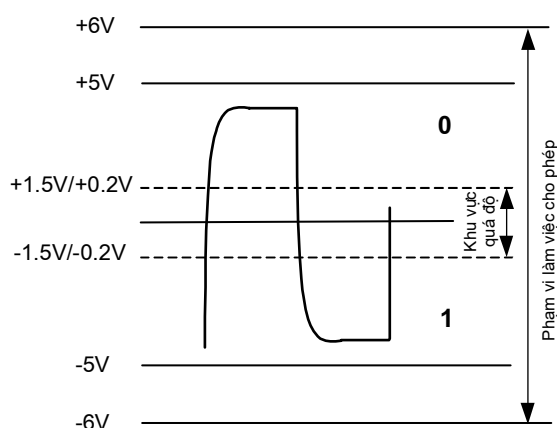
Hình 2.30: Sơ đồ bộ kích thích (driver) và bộ thu (receiver) RS-485

Mặc dù phạm vi làm việc tối đa là từ -6V đến 6V (trong trường hợp hở mạch), trạng thái logic của tín hiệu chỉ được định nghĩa trong khoảng từ $\pm 1,5\text{V}$ đến $\pm 5\text{V}$ đối với đầu ra (bên phát) và từ $\pm 0,2\text{V}$ đến $\pm 5\text{V}$ đối với đầu vào (bên thu), như được minh họa trên Hình 2.31.

Số trạm tham gia

RS-485 cho phép nối mạng 32 tải đơn vị (*unit load*, UL), ứng với 32 bộ thu phát hoặc nhiều hơn, tùy theo cách chọn tải cho mỗi thiết bị thành viên. Định nghĩa một tải đơn vị được minh họa trên Hình 2.32. Thông thường, mỗi bộ thu phát được thiết kế tương đương với một tải đơn vị. Gần đây cũng có những cố gắng giảm tải xuống còn

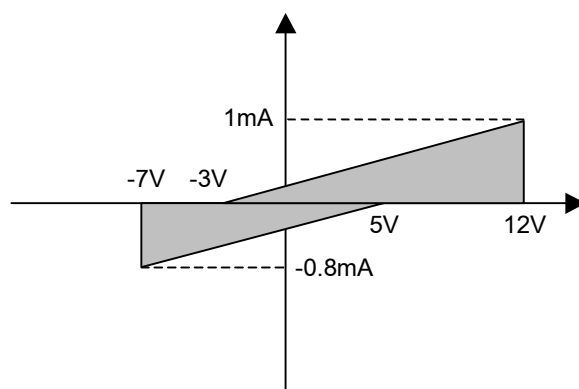
$1/2UL$ hoặc $1/4UL$, tức là tăng trở kháng đầu vào lên hai hoặc bốn lần, với mục đích tăng số trạm lên 64 hoặc 128. Tuy nhiên, tăng số trạm theo cách này sẽ gắn với việc phải giảm tốc độ truyền thông, vì các trạm có trở kháng lớn sẽ hoạt động chậm hơn.



Hình 2.31: Qui định trạng thái logic của tín hiệu RS-485

Giới hạn 32 tải đơn vị xuất phát từ đặc tính kỹ thuật của hệ thống truyền thông nhiều điểm. Các tải được mắc song song và vì thế việc tăng tải sẽ làm suy giảm tín hiệu vượt quá mức cho phép. Theo qui định chuẩn, một bộ kích thích tín hiệu phải đảm bảo dòng tổng cộng 60mA vừa đủ để cung cấp cho:

- Hai trở đầu cuối mắc song song tương ứng tải 60Ω (120Ω tại mỗi đầu) với điện áp tối thiểu 1,5V, tạo dòng tương đương với 25mA
- 32 tải đơn vị mắc song song với dòng 1mA qua mỗi tải (trường hợp xấu nhất), tạo dòng tương đương với 32mA.



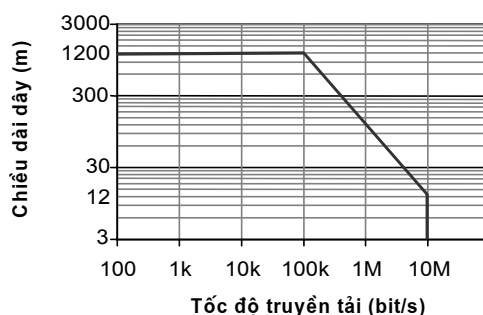
Hình 2.32: Định nghĩa một tải đơn vị

Tốc độ truyền tải và chiều dài dây dẫn

Cũng như RS-422, RS-485 cho phép khoảng cách tối đa giữa trạm đầu và trạm cuối trong một đoạn mạng là 1200m, không phụ thuộc vào số trạm tham gia. Tốc độ truyền dẫn tối đa có thể lên tới 10Mbit/s, một số hệ thống gần đây có khả năng làm việc với tốc độ 12Mbit/s. Tuy nhiên có sự ràng buộc giữa tốc độ truyền dẫn tối đa và độ dài dây dẫn

cho phép, tức là một mạng dài 1200m không thể làm việc với tốc độ 10MBd. Quan hệ giữa chúng phụ thuộc nhiều vào chất lượng cáp dẫn được dùng cũng như phụ thuộc vào việc đánh giá chất lượng tín hiệu. Một ví dụ đặc trưng được biểu diễn qua đồ thị trên Hình 2.33.

Tốc độ truyền tối đa cũng phụ thuộc vào chất lượng cáp mạng, cụ thể là đôi dây xoắn kiểu STP có khả năng chống nhiễu tốt hơn loại UTP và vì thế có thể truyền với tốc độ cao hơn. Có thể sử dụng các bộ lặp để tăng số trạm trong một mạng, cũng như chiều dài dây dẫn lên nhiều lần, đồng thời đảm bảo được chất lượng tín hiệu.

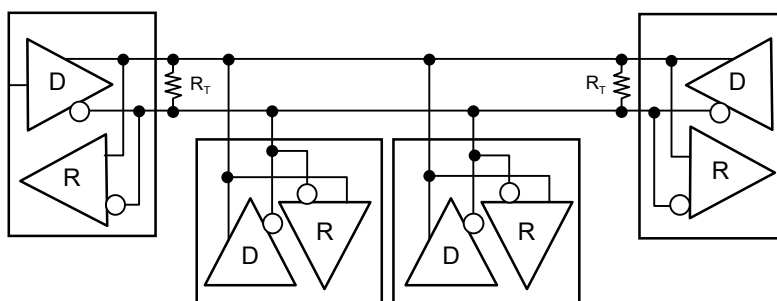


Hình 2.33: Quan hệ giữa tốc độ truyền và chiều dài dây dẫn tối đa trong RS-422/RS-485 sử dụng đôi dây xoắn AWG 24.

Cấu hình mạng

RS-485 là chuẩn duy nhất do EIA đưa ra mà có khả năng truyền thông đa điểm thực sự chỉ dùng một đường dẫn chung duy nhất, được gọi là bus. Chính vì vậy mà nó được dùng làm chuẩn cho lớp vật lý ở đa số các hệ thống bus hiện thời.

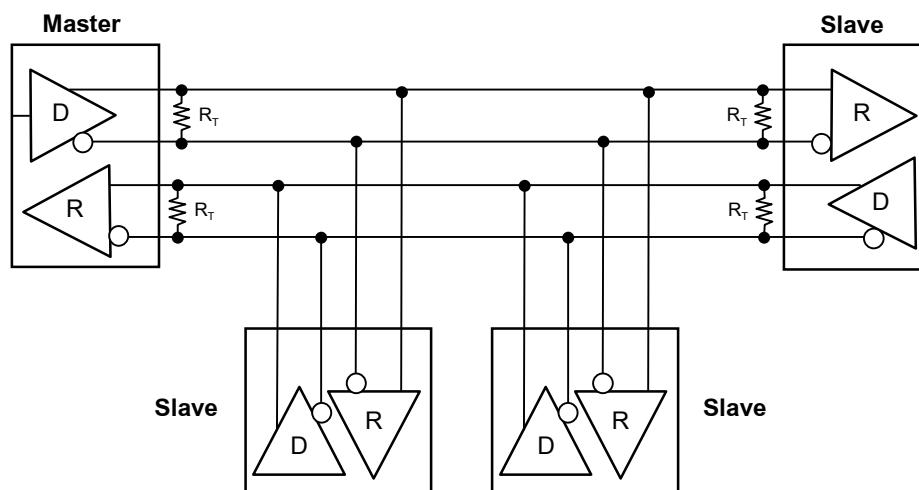
Cấu hình phổ biến nhất là sử dụng hai dây dẫn cho việc truyền tín hiệu, như được minh họa trên Hình 2.34. Trong trường hợp này, hệ thống chỉ có thể làm việc với chế độ hai chiều gián đoạn (*half-duplex*) và các trạm có thể nhận quyền bình đẳng trong việc truy nhập đường dẫn. Chú ý rằng đường dẫn được kết thúc bằng hai trở tại hai đầu chứ không được phép ở giữa đường dây. Vì mục đích đơn giản, dây đất không được vẽ ở đây, tuy nhiên trong thực tế việc nối dây đất là rất cần thiết.



Hình 2.34: Cấu hình mạng RS-485 hai dây

Một mạng RS-485 cũng có thể được nối theo kiểu 4 dây, như Hình 2.35 mô tả. Một trạm chủ (*master*) đóng vai trò điều khiển toàn bộ giao tiếp giữa các trạm kể cả việc truy

nhập đường dẫn. Các trạm tớ (*slave*) không thể liên hệ trực tiếp mà đều phải qua trạm chủ. Trạm chủ phát tín hiệu yêu cầu và các trạm tớ có trách nhiệm đáp ứng. Vấn đề kiểm soát thâm nhập đường dẫn ở đây chính là việc không chế các trạm tớ không trả lời cùng một lúc. Với cấu hình này, việc truyền thông có thể thực hiện chế độ hai chiều toàn phần (*full-duplex*), phù hợp với các ứng dụng đòi hỏi tốc độ truyền tải thông tin cao, tuy nhiên ở đây phải trả giá cho hai đường dây bổ sung.



Hình 2.35: Cấu hình mạng RS-485 sử dụng 4 dây

Cáp nối

RS-485 không phải là một chuẩn trọn vẹn mà chỉ là một chuẩn về đặc tính điện học, vì vậy không đưa ra các qui định cho cáp nối cũng như các bộ nối. Có thể dùng đôi dây xoắn, cáp tròn hoặc các loại cáp khác, tuy nhiên đôi dây xoắn là vẫn là loại cáp được sử dụng phổ biến nhất nhờ đặc tính chống tạp nhiễu và xuyên âm.

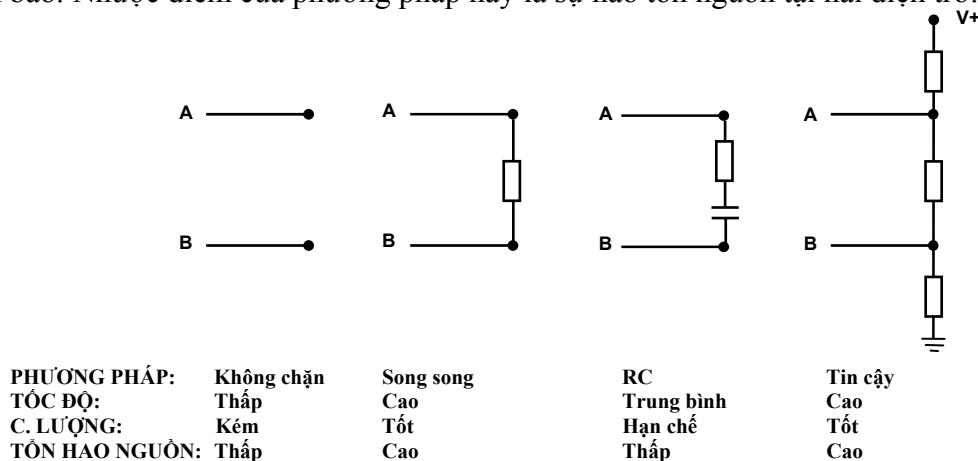
Trở đầu cuối

Do tốc độ truyền thông và chiều dài dây dẫn có thể khác nhau rất nhiều trong các ứng dụng, hầu như tất cả các bus RS-485 đều yêu cầu sử dụng trở đầu cuối tại hai đầu dây. Sử dụng trở đầu cuối có tác dụng chống các hiệu ứng phụ trong truyền dẫn tín hiệu, ví dụ sự phản xạ tín hiệu. Trở đầu cuối dùng cho RS-485 có thể từ 100Ω đến 120Ω . Một sai lầm thường gây tác hại nghiêm trọng trong thực tế là dùng trở đầu cuối tại mỗi trạm. Đối với một mạng bus có 10 trạm thì trở kháng tạo ra do các trở đầu cuối mắc song song sẽ là 10Ω thay chứ không phải 50Ω như thông thường. Chú ý rằng tải của các trở đầu cuối chiếm phần lớn trong toàn mạch, nên trong trường hợp này hậu quả gây ra là dòng qua các trở đầu cuối sẽ lớn ắt, các tín hiệu mang thông tin tới các bộ thu sẽ suy yếu mạnh dẫn tới sai lệch hoàn toàn. Một số bộ nối có tích hợp sẵn trở đầu cuối, có thể dùng jumper để chọn chế độ thích hợp tùy theo vị trí của trạm trong mạng.

Trong trường hợp cáp truyền ngắn và tốc độ truyền thấp, ta có thể không cần dùng trở đầu cuối. Tín hiệu phản xạ sẽ suy giảm và triệt tiêu sau vài lần qua lại. Tốc độ truyền thấp có nghĩa là chu kỳ nhịp bus dài. Nếu tín hiệu phản xạ triệt tiêu hoàn toàn trước thời điểm trích mẫu ở nhịp tiếp theo (thường vào giữa chu kỳ) thì tín hiệu mang thông

tin sẽ không bị ảnh hưởng. Có nhiều phương pháp để chặn đầu cuối một đường dẫn RS-485, như được minh họa trên Hình 2.36.

Phương pháp được dùng phổ biến nhất là chỉ dùng một điện trở thuần nối giữa hai dây A và B tại mỗi đầu. Phương pháp này còn được gọi là *chặn song song*. Điện trở được chọn có giá trị tương đương với trở kháng đặc trưng (trở kháng sóng) của cáp nối. Như vậy sẽ không có tín hiệu phản xạ và chất lượng tín hiệu mang thông tin sẽ được đảm bảo. Nhược điểm của phương pháp này là sự hao tổn nguồn tại hai điện trở.



Hình 2.36: Các phương pháp chặn đầu cuối RS-485/RS-422

Phương pháp thứ hai được gọi là *chặn RC*, sử dụng kết hợp một tụ C mắc nối tiếp với điện trở R. Mạch RC này cho phép khắc phục nhược điểm của cách sử dụng một điện trở thuần nêu trên. Trong lúc tín hiệu ở giai đoạn quá độ, tụ C có tác dụng ngắn mạch và trở R có tác dụng chặn đầu cuối. Khi tụ C đảo chiều sẽ cản trở dòng một chiều và vì thế có tác dụng giảm tải. Tuy nhiên, hiệu ứng thông thấp (*lowpass*) của mạch RC không cho phép hệ thống làm việc với tốc độ cao.

Một biến thể của phương pháp chặn song song cũng được sử dụng rộng rãi có tên là *chặn tin cậy*, bởi nó có tác dụng khác nữa là *tạo thiên áp tin cậy* (*fail-safe biasing*) đảm bảo một dòng tối thiểu cho trường hợp bus rỗi hoặc có sự cố.

Nối đất

Mặc dù mức tín hiệu được xác định bằng điện áp chênh lệch giữa hai dây dẫn A và B không có liên quan tới đất, hệ thống RS-485 vẫn cần một đường dây nối đất để tạo một đường thoát cho nhiễu chế độ chung và các dòng khác, ví dụ dòng đầu vào bộ thu. Một sai lầm thường gặp trong thực tế là chỉ dùng hai dây để nối hai trạm. Trong trường hợp như vậy, dòng chế độ chung sẽ tìm cách quay ngược trở lại nguồn phát, bức xạ nhiễu ra môi trường xung quanh, ảnh hưởng tới tính tương thích điện từ của hệ thống. Nối đất sẽ có tác dụng tạo một đường thoát trở kháng nhỏ tại một vị trí xác định, nhờ vậy giảm thiểu tác hại gây nhiễu. Hơn thế nữa, với cấu hình trở đầu cuối tin cậy, việc nối đất tạo thiên áp sẽ giữ một mức điện áp tối thiểu giữa hai dây A và B trong trường hợp kể cả khi bus rỗi hoặc có sự cố.

2.7.5 MBP (IEC 1158-2)

MBP (*Manchester Coded, Bus-Powered*) là một kỹ thuật truyền dẫn được đưa ra trong chuẩn IEC 1158-2 cũ nhằm vào các ứng dụng điều khiển quá trình trong công nghiệp chế biến như lọc dầu, hóa chất, nơi có yêu cầu nghiêm ngặt về an toàn cháy nổ và nguồn cung cấp cho các thiết bị trường. Chuẩn IEC 61158-2 mới qui định nhiều kỹ thuật truyền dẫn khác nhau, trong đó có MBP, vì vậy tên mới này được sử dụng để tránh nhầm lẫn.

Như cái tên của nó đã thể hiện, MBP sử dụng mã Manchester, cho phép đồng tải nguồn trên đường bus, chế độ truyền đồng bộ và tốc độ truyền 31,25kbit/s. Về mặt tín hiệu, thực chất MBP cũng sử dụng phương thức truyền dẫn chênh lệch đối xứng, với cặp đôi dây xoắn và trở đầu cuối là 100Ω. Mức điện áp tối đa được qui định nằm trong khoảng 0,75-1V. Trong phạm vi dải tần tín hiệu, các trạm phải có trở kháng rất lớn để việc chia nguồn không ảnh hưởng tới chất lượng truyền tải dữ liệu.

Các điều kiện biên đảm bảo cho việc truyền dẫn an toàn trong môi trường dễ cháy nổ được PTB (*Physikalische Technische Bundesanstalt, Viện Kỹ thuật Vật lý Liên bang Đức*) định nghĩa trong mô hình FISCO (*Fieldbus Intrinsically Safe Concept*). Trong khi chưa có một chuẩn quốc tế chính thức nào cho lĩnh vực này, thì FISCO được công nhận rộng rãi là một mô hình cơ sở cho các hệ thống bus trường làm việc trong môi trường nguy hiểm. Các nguyên tắc sau đây được đưa ra:

- Một đoạn mạng chỉ được phép có một bộ nguồn cung cấp điện
- Trong trạng thái bình thường, mỗi thiết bị trường tiêu hao một dòng cơ sở cố định ($\geq 10\text{mA}$)
- Mỗi thiết bị trường hoạt động như một bộ tiêu hao dòng bị động
- Mỗi đầu dây được kết thúc bằng một trở đầu cuối bị động.

Một số đặc tính cơ bản của chuẩn IEC 1158-2 được tóm tắt trong bảng 2.4

Bảng 2.4: Một số đặc tính của MBP theo chuẩn IEC 1158-2

Chế độ truyền	Đồng bộ
Mã hóa bit	Manchester code
Tốc độ truyền	31,25 kbit/s
Cáp truyền	Hai đôi dây xoắn STP
Cung cấp nguồn từ xa	Tùy chọn, sử dụng đường dây tải dữ liệu
Mức bảo vệ cháy nổ	EEx ia/ib và EEx d/m/p/q
Topology	Đường thẳng, cây, hình sao hoặc phối hợp
Số trạm	Tối đa 32 trong một đoạn, tổng cộng tối đa 126
Số bộ lặp	Tối đa 4 bộ lặp

Lưu ý rằng, số trạm tối đa trong một đoạn mạng theo qui định là 32, nhưng số trạm thực tế có thể ghép nối được phụ thuộc vào mức bảo vệ được chọn và công suất nguồn nuôi. Trong một mạng an toàn riêng, điện thế cũng như dòng nguồn nuôi cũng bị hạn chế ở một mức nhất định. Bảng 2.5 liệt kê một số thông số cho các bộ cung cấp nguồn chuẩn, với điều kiện tiêu hao nguồn tại mỗi trạm là 10mA. Trong trường hợp tiêu hao nguồn lớn hơn, số lượng trạm tối đa sẽ phải giảm đi theo tỉ lệ tương ứng.

Bảng 2.5: Một số bộ cung cấp nguồn chuẩn theo IEC 1158-2

Kiểu	Mức an toàn riêng	Điện thế	Dòng tối đa	Công suất	Số trạm
I	EEx ia/ib IIC	13,5V	110mA	1.8W	9
II	EEx ib IIC	13,5V	110mA	1.8W	9
III	EEx ib IIB	13,5V	250mA	4.2W	22
IV	Không	24V	500mA	12W	32

Chiều dài tối đa của một đoạn mạng một mặt phụ thuộc vào công suất nguồn nuôi, mặt khác phụ thuộc vào số trạm tham gia. Có thể tính toán chiều dài này một cách tương đối dựa vào bảng 2.6 Tổng dòng tiêu hao ở cột thứ nhất được tính bằng tổng tiêu hao của các trạm, cộng với dòng dự trữ 9mA mỗi đoạn mạng cho thiết bị ngắt lỗi FDE (*Fault Disconnection Equipment*). Trong điều khiển quá trình, một trạm có sự cố không được phép làm tê liệt cả đoạn mạng. Vì vậy, FDE được tích hợp trong mỗi trạm và có nhiệm vụ tách trạm liên quan ra khỏi đoạn bus, trong trường hợp trạm đó tiêu hao dòng quá lớn vì lý do sự cố bên trong.

Bảng 2.6: Chiều dài cáp dẫn theo IEC 1158-2

Bộ cung cấp nguồn	Kiểu I	Kiểu II	Kiểu III	Kiểu IV	Kiểu IV	Kiểu IV
Điện thế (V)	13,5	13,5	13,5	24	24	24
Tổng dòng tiêu hao tối đa (mA)	110	110	250	110	250	500
Chiều dài tối đa (m) tiết diện 0,8 mm ²	900	900	400	1900	1300	650
Chiều dài tối đa (m) tiết diện 1,5 mm ²	1000	1500	500	1900	1900	1900

2.8 Kiến trúc giao thức

Đối với mỗi hệ thống truyền thông, kiến trúc giao thức là cơ sở cho việc tìm hiểu các dịch vụ cũng như hình thức giao tiếp trong hệ thống. Kiến trúc giao thức là một vấn đề tương đối trừu tượng, vì vậy cần được trình bày kỹ lưỡng dưới đây.

2.8.1 Dịch vụ truyền thông

Một hệ thống truyền thông cung cấp *dịch vụ truyền thông* cho các thành viên tham gia nối mạng. Các dịch vụ đó được dùng cho việc thực hiện các nhiệm vụ khác nhau như trao đổi dữ liệu, báo cáo trạng thái, tạo lập cấu hình và tham số hóa thiết bị trường, giám sát thiết bị và cài đặt chương trình. Các dịch vụ truyền thông do nhà cung cấp hệ thống truyền thông thực hiện bằng phần cứng hoặc phần mềm. Việc khai thác các dịch vụ đó từ phía người sử dụng phải thông qua phần mềm giao diện mạng, để tạo lập các chương trình ứng phần mềm dụng, ví dụ chương trình điều khiển, giao diện người-máy (HMI) và điều khiển giám sát (SCADA). Các giao diện mạng này có thể được cài đặt sẵn trên các công cụ phần mềm chuyên dụng (ví dụ phần mềm lập trình PLC, phần mềm SCADA, phần mềm quản lý mạng), hoặc qua các thư viện phần mềm phổ thông khác dưới dạng các *hàm dịch vụ* (ví dụ với C/C++, VisualBasic, Delphi, OLE/DDE).

Mỗi hệ thống truyền thông khác nhau có thể qui định một chuẩn riêng về tập hợp các dịch vụ truyền thông của mình. Ví dụ PROFIBUS định nghĩa các hàm dịch vụ khác so với INTERBUS hay ControlNet. Một phần mềm chuyên dụng không nhất thiết phải hỗ trợ toàn bộ các dịch vụ truyền thông của một hệ thống, nhưng cũng có thể cùng một lúc hỗ trợ nhiều hệ thống truyền thông khác nhau. Ví dụ với một công cụ phần mềm SCADA ta có thể đồng thời khai thác dữ liệu từ các đầu đo hay các PLC liên kết với các bus trường khác nhau, nhưng không cần tới dịch vụ hỗ trợ cài đặt chương trình điều khiển cho các PLC.

Có thể phân loại dịch vụ truyền thông dựa theo các cấp khác nhau: các dịch vụ sơ cấp (ví dụ tạo và ngắt nối), dịch vụ cấp thấp (ví dụ trao đổi dữ liệu) và các dịch vụ cao cấp (tạo lập cấu hình, báo cáo trạng thái). Một dịch vụ ở cấp cao hơn có thể sử dụng các dịch vụ cấp thấp để thực hiện chức năng của nó. Ví dụ dịch vụ tạo lập cấu hình hay báo cáo trạng thái cuối cùng cũng phải sử dụng dịch vụ trao đổi dữ liệu để thực hiện chức năng của mình. Mặt khác, trao đổi dữ liệu thường đòi hỏi tạo và ngắt nối. Phân cấp dịch vụ truyền thông còn có ý nghĩa là tạo sự linh hoạt cho phía người sử dụng. Tùy theo nhu cầu về độ tiện lợi hay hiệu suất trao đổi thông tin mà người ta có thể quyết định sử dụng một dịch vụ ở cấp nào.

2.8.2 Giao thức

Bất cứ sự giao tiếp nào cũng cần một ngôn ngữ chung cho các đối tác. Trong kỹ thuật truyền thông, bên cung cấp dịch vụ cũng như bên sử dụng dịch vụ đều

phải tuân thủ theo các qui tắc, thủ tục cho việc giao tiếp, gọi là *giao thức*. Giao thức chính là cơ sở cho việc thực hiện và sử dụng các dịch vụ truyền thông.

Một qui chuẩn giao thức bao gồm các thành phần sau:

- Cú pháp (*syntax*): Qui định về cấu trúc bức điện, gói dữ liệu dùng khi trao đổi, trong đó có phần thông tin hữu ích (dữ liệu) và các thông tin hỗ trợ như địa chỉ, thông tin điều khiển, thông tin kiểm lỗi,...
- Ngữ nghĩa (*semantic*): Qui định ý nghĩa cụ thể của từng phần trong một bức điện, như phương pháp định địa chỉ, phương pháp bảo toàn dữ liệu, thủ tục điều khiển dòng thông tin, xử lý lỗi,...
- Định thời (*timing*): Qui định về trình tự, thủ tục giao tiếp, chế độ truyền (đồng bộ hay không đồng bộ), tốc độ truyền thông,...

Việc thực hiện một dịch vụ truyền thông trên cơ sở các giao thức tương ứng được gọi là *xử lý giao thức*. Nói một cách khác, quá trình xử lý giao thức có thể là mã hóa (xử lý giao thức bên gửi) và giải mã (xử lý giao thức bên nhận). Tương tự như các dịch vụ truyền thông, có thể phân biệt các giao thức cấp thấp và giao thức cao cấp. Các giao thức cao cấp là cơ sở cho các dịch vụ cao cấp và các giao thức cấp thấp là cơ sở cho các dịch vụ cấp thấp.

Giao thức cao cấp gần với người sử dụng, thường được thực hiện bằng phần mềm. Một số ví dụ về giao thức cao cấp là FTP (*File Transfer Protocol*) dùng trong trao đổi file từ xa, HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) dùng để trao đổi các trang HTML trong các ứng dụng Web, MMS (*Manufacturing Message Specification*) dùng trong tự động hóa công nghiệp.

Giao thức cấp thấp gần với phần cứng, thường được thực hiện trực tiếp bởi các mạch điện tử. Một số ví dụ giao thức cấp thấp quen thuộc là TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) được dùng phổ biến trong Internet, HART (*Highway Addressable Remote Transducer*) dùng trong điều khiển quá trình, HDLC (*High Level Data-link Control*) làm cơ sở cho nhiều giao thức khác và UART dùng trong đa số các giao diện vật lý của các hệ thống bus trường.

Giao thức HDLC

HDLC cho phép chế độ truyền bit nối tiếp đồng bộ hoặc không đồng bộ. Một bức điện, hay còn gọi là *khung (frame)* có cấu trúc như sau:

01111110	8/16 bit	8 bit	n bit	16/32 bit	01111110
Cờ	Địa chỉ	Điều khiển	Dữ liệu	FCS	Cờ

Mỗi khung được khởi đầu và kết thúc bằng một cờ hiệu (*flag*) với dãy bit 01111110. Dãy bit này được đảm bảo không bao giờ xuất hiện trong các phần thông tin khác qua phương pháp nhồi bit (*bit stuffing*), tức cứ sau một dãy 5 bit có giá trị 1 (11111) thì một bit 0 lại được bổ sung vào (chi tiết xem phần *Bảo toàn dữ*

liệu). Ô địa chỉ tiếp theo chứa địa chỉ bên gửi và bên nhận. Tùy theo cách gán địa chỉ 4 hoặc 8 bit (tương ứng với 32 hoặc 256 địa chỉ khác nhau), ô này có chiều dài là 8 hoặc 16 bit.

Trong HDLC có ba loại bức điện, được phân biệt qua ô thông tin điều khiển (8 bit), đó là:

- *Information Frames*: Khung thông tin (I-Format)
- *Supervisory Frames*: Khung giám sát vận chuyển dữ liệu (S-Format)
- *Unnumbered Frames*: Khung hỗ trợ kiểm soát các mối liên kết giữa các trạm (U-Format).

Cấu trúc của ô thông tin điều khiển được quy định như sau:

	1	2	3	4	5	6	7	8
I-Format	0	N(S)			P/F	N(R)		
S-Format	1	0	S		P/F	N(R)		
U-Format	1	1	M		P/F	M		

N(S): Số thứ tự khung đã được gửi chia modulo cho 8

N(R): Số thứ tự khung chờ nhận được chia modulo cho 8

P/F: Bit chỉ định kết thúc quá trình truyền

S,M: Các bit có chức năng khác.

Ô thông tin có độ dài biến thiên, cũng có thể để trống nếu như bức điện không dùng vào mục đích vận chuyển dữ liệu. Sau ô thông tin là đến dãy bit kiểm lỗi ($FCS = \text{Frame Check Sequence}$), dùng vào mục đích bảo toàn dữ liệu. Tốc độ truyền thông tiêu biểu đối với HDLC từ 9,6 kbit/s đến 2 Mbit/s.

Giao thức UART

UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) là một mạch vi điện tử được sử dụng rất rộng rãi cho việc truyền bit nối tiếp cũng như chuyển đổi song song/nối tiếp giữa đường truyền và bus máy tính (xem mục Chế độ truyền tải). UART cho phép lựa chọn giữa chế độ truyền một chiều, hai chiều đồng bộ hoặc hai chiều không đồng bộ. Việc truyền tải được thực hiện theo từng ký tự 7 hoặc 8 bit, được bổ sung 2 bit đánh dấu đầu cuối và một bit kiểm tra lỗi chẵn lẻ (*parity bit*). Ví dụ với ký tự 8 bit được minh họa dưới đây.

Start	0	1	2	3	4	5	6	7	P	Stop
0	LSB							MSB		1

Bit khởi đầu (*Start bit*) bao giờ cũng là 0 và bit kết thúc (*Stop bit*) bao giờ cũng là 1. Các bit trong một ký tự được truyền theo thứ tự từ bit thấp (LSB) tới bit cao (MSB). Giá trị của bit chẵn lẻ P phụ thuộc vào cách chọn:

- Nếu chọn parity chẵn, thì P bằng 0 khi tổng số bit 1 là chẵn.
- Nếu chọn parity lẻ, thì P bằng 0 khi tổng số bit 1 là lẻ.

2.8.3 Mô hình lớp

Để trao đổi dữ liệu giữa hai thiết bị, các thủ tục, giao thức cần thiết có thể tương đối phức tạp. Rõ ràng điều cần ở đây là sự cộng tác của hai đối tác truyền thông trên một mức trừu tượng cao. Thay vì phải thực hiện tất cả các bước cần thiết trong một module duy nhất, có thể chia nhỏ thành các phần việc có thể thực hiện độc lập. Trong mô hình lớp, các phần việc được sắp xếp theo chiều dọc thành từng lớp, tương ứng với các lớp dịch vụ và các lớp giao thức khác nhau. Mỗi lớp giải quyết một nhiệm vụ rõ ràng phục vụ việc truyền thông. Một dịch vụ ở lớp trên sử dụng dịch vụ của lớp dưới ngay kề nó.

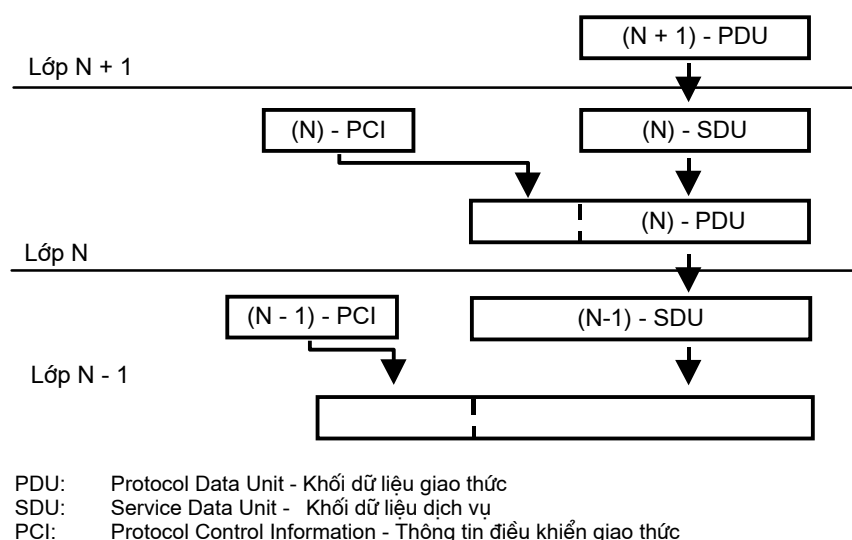
Để thực hiện một dịch vụ truyền thông, mỗi bức điện được xử lý qua nhiều lớp trên cơ sở các giao thức qui định, gọi là xử lý giao thức theo mô hình lớp. Mỗi lớp ở đây có thể thuộc chức năng của phần cứng hoặc phần mềm. Càng ở lớp cao hơn thì phần mềm càng chiếm vai trò quan trọng, trong khi việc xử lý giao thức ở các lớp dưới thường được các vi mạch điện tử trực tiếp thực hiện.

Hình 2.37 minh họa nguyên tắc xử lý giao thức theo mô hình lớp. Đúng từ bên gửi thông tin, qua mỗi lớp từ trên xuống dưới, một số thông tin bổ trợ lại được gắn thêm vào phần dữ liệu do lớp trên đưa xuống, gọi là đầu giao thức (*protocol header*). Bên cạnh đó, thông tin cần truyền đi có thể được chia thành nhiều bức điện có đánh số thứ tự, hoặc một bức điện có thể tổng hợp nhiều nguồn thông tin khác nhau. Người ta cũng dùng các khái niệm như “đóng gói dữ liệu” hoặc “tạo khung” để chỉ các thao tác này.

Một quá trình ngược lại sẽ diễn ra bên nhận thông tin. Các phần header sẽ được các lớp tương ứng đọc, phân tích và tách ra trước khi gửi tiếp lên lớp trên. Các bức điện mang một nguồn thông tin sẽ được tổng hợp lại, hoặc một bức điện mang nhiều nguồn thông tin khác nhau sẽ được phân chia tương ứng. Đến lớp trên cùng, thông tin nguồn được tái tạo.

Với mô hình phân lớp, ý nghĩa của giao thức một lần nữa thể hiện rõ. Đương nhiên, để thực hiện truyền thông cần có hai đối tác tham gia, vậy phải tồn tại cùng một tập hợp các hàm phân lớp cả trong hai thiết bị. Quan hệ giao tiếp ở đây chính là quan hệ giữa các lớp tương đương của hai trạm. Chỉ khi các đối tác truyền thông trong các lớp tương đương sử dụng chung một ngôn ngữ, tức chung một giao thức thì mới có thể trao đổi thông tin. Trong trường hợp khác, cần có một phần tử trung gian hiểu cả hai giao thức, gọi chung là bộ chuyển đổi, có thể là *bridge* hay *gateway* - tùy theo lớp giao thức đang quan tâm. Vấn đề mấu chốt ở đây để có thể thực hiện được việc chuyển đổi là sự thống nhất về dịch vụ truyền thông của các lớp tương đương trong hai hệ thống khác nhau. Nếu hai hệ thống lại qui định các chuẩn khác nhau về dịch vụ thì việc chuyển đổi rất bị hạn chế và nhiều khi hoàn toàn không có ý nghĩa. Ví dụ, một bên đòi hỏi cài đặt các dịch vụ

cao cấp như cài đặt và kiểm soát chạy chương trình từ xa, trong khi bên đối tác chỉ cung cấp dịch vụ trao đổi dữ liệu thuần túy thì việc chuyển đổi ở đây không có vai trò gì cũng như không thể thực hiện được. Tuy nhiên, càng những dịch vụ ở cấp thấp càng dễ có cơ hội đưa ra một chuẩn thống nhất cho cả hai phía.



Hình 2.37: Xử lý giao thức theo mô hình lớp

2.8.4 Kiến trúc giao thức OSI

Trên thực tế, khó có thể xây dựng được một mô hình chi tiết thống nhất về chuẩn giao thức và dịch vụ cho tất cả các hệ thống truyền thông, nhất là khi các hệ thống rất đa dạng và tồn tại độc lập. Chính vì vậy, năm 1983 tổ chức chuẩn hoá quốc tế ISO đã đưa ra chuẩn ISO 7498 với *mô hình qui chiếu OSI (Open System Interconnection - Reference Model)*, nhằm hỗ trợ xây dựng các hệ thống truyền thông có khả năng tương tác.

Lưu ý rằng, ISO/OSI hoàn toàn không phải là một chuẩn thống nhất về giao thức, cũng không phải là một chuẩn chi tiết về dịch vụ truyền thông. Có thể thấy, chuẩn này không đưa ra bất kỳ một qui định nào về cấu trúc một bức điện, cũng như không định nghĩa bất cứ một chuẩn dịch vụ cụ thể nào. OSI chỉ là một mô hình kiến trúc phân lớp với mục đích phục vụ việc sắp xếp và đối chiếu các hệ thống truyền thông có sẵn, trong đó có cả việc so sánh, đối chiếu các giao thức và dịch vụ truyền thông, cũng như cơ sở cho việc phát triển các hệ thống mới.

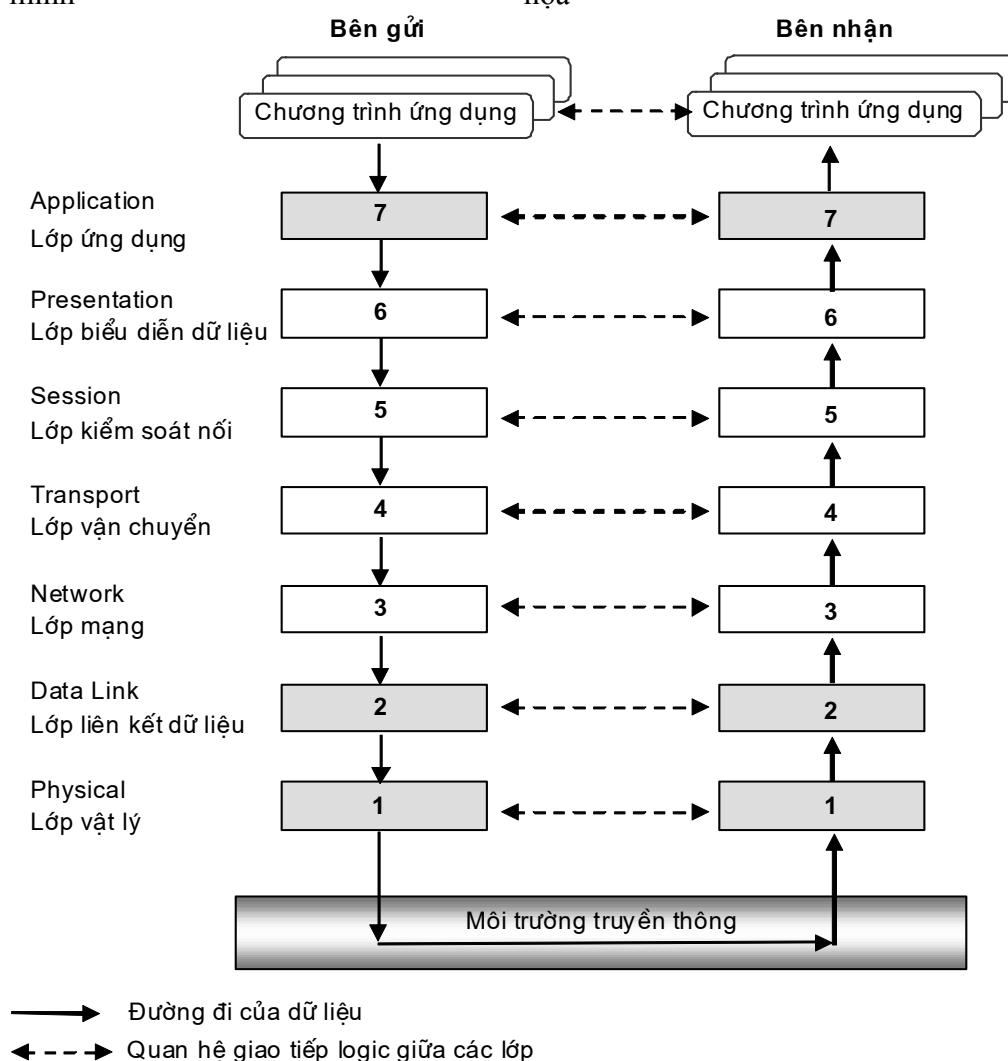
Theo mô hình OSI, chức năng hay dịch vụ của một hệ thống truyền thông được chia thành bảy lớp, tương ứng với mỗi lớp dịch vụ là một lớp giao thức. Các lớp này có thể do phần cứng hoặc phần mềm thực hiện, tuy nhiên chuẩn này không đề cập tới chi tiết một đối tác truyền thông phải thực hiện từng lớp đó như thế nào. Một lớp trên thực hiện dịch vụ của mình trên cơ sở sử dụng các dịch vụ ở một lớp phía dưới và theo đúng giao thức qui định tương ứng. Thông thường, các dịch vụ

cấp thấp do phần cứng (các vi mạch điện tử) thực hiện, trong khi các dịch vụ cao cấp do phần mềm (hệ điều hành, phần mềm điều khiển, phần mềm ứng dụng) đảm nhiệm.

Việc phân lớp không những có ý nghĩa trong việc mô tả, đối chiếu các hệ thống truyền thông, mà còn giúp ích cho việc thiết kế các thành phần giao diện mạng. Một lớp bất kỳ trong bảy lớp có thể thay đổi trong cách thực hiện mà không ảnh hưởng tới các lớp khác, chừng nào nó giữ nguyên giao diện với lớp trên và lớp dưới nó. Vì đây là một mô hình qui chiếu có tính chất dùng để tham khảo, không phải hệ thống truyền thông nào cũng thực hiện đầy đủ cả bảy lớp đó. Ví dụ, vì lý do hiệu suất trao đổi thông tin và giá thành thực hiện, đối với các hệ thống bus trường thông thường chỉ thực hiện các lớp 1, 2 và 7. Trong các trường hợp này, có thể một số lớp không thực sự cần thiết hoặc chức năng của chúng được ghép với một lớp khác (ví dụ với lớp ứng dụng).

Một mô hình qui chiếu tạo ra cơ sở, nhưng không đảm bảo khả năng tương tác giữa các hệ thống truyền thông, các thiết bị truyền thông khác nhau. Với việc định nghĩa bảy lớp, OSI đưa ra một mô hình trừu tượng cho các quá trình giao tiếp phân cấp. Nếu hai hệ thống thực hiện cùng các dịch vụ và trên cơ sở một giao thức giống nhau ở một lớp, thì có nghĩa là hai hệ thống có khả năng tương tác ở lớp đó. Mô hình OSI có thể coi như một công trình khung, hỗ trợ việc phát triển và đặc tả các chuẩn giao thức.

Các lớp trong mô hình qui chiếu OSI và quan hệ giữa chúng với nhau được minh họa trên



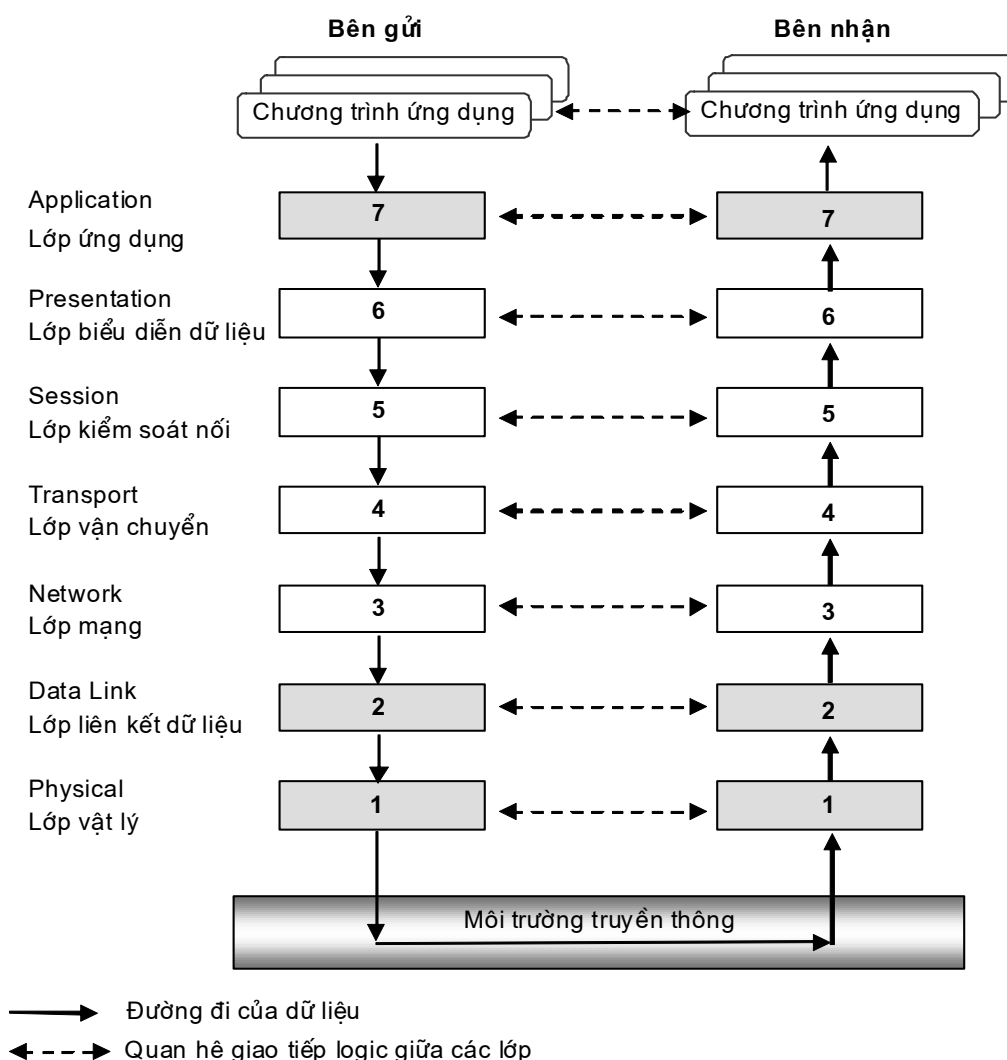
Hình 2.38. Tương ứng với mỗi lớp là một (nhóm) chức năng đặc trưng cho các dịch vụ và giao thức.

Cần phải nhấn mạnh rằng, bản thân môi trường truyền thông và các chương trình ứng dụng không thuộc phạm vi đề cập của chuẩn OSI. Như vậy, các lớp ở đây chính là các lớp chức năng trong các thành phần giao diện mạng của một trạm thiết bị, bao gồm cả phần cứng ghép nối và phần mềm cơ sở. Các mũi tên nét gạch chấm biểu thị quan hệ logic giữa các đối tác thuộc các lớp tương ứng, trong khi các mũi tên nét liền chỉ đường đi thực của dữ liệu.

Lớp ứng dụng (application layer)

Lớp ứng dụng là lớp trên cùng trong mô hình OSI, có chức năng cung cấp các dịch vụ cao cấp (trên cơ sở các giao thức cao cấp) cho người sử dụng và các chương trình ứng dụng. Ví dụ, có thể sắp xếp các dịch vụ và giao thức theo chuẩn

MMS cũng như các dẫn xuất của nó sử dụng trong một số hệ thống bus trường thuộc lớp ứng dụng.



Hình 2.38: Mô hình qui chiếu ISO/OSI

Các dịch vụ thuộc lớp ứng dụng hầu hết được thực hiện bằng phần mềm. Thành phần phần mềm này có thể được nhúng sẵn trong các linh kiện giao diện mạng, hoặc dưới dạng phần mềm điều khiển (drivers) có thể nạp lên khi cần thiết, và/hoặc một thư viện cho ngôn ngữ lập trình chuyên dụng hoặc ngôn ngữ lập trình phổ thông. Để có khả năng sử dụng dễ dàng trong một chương trình ứng dụng (ví dụ điều khiển cơ sở hoặc điều khiển giám sát), nhiều hệ thống cung cấp các dịch vụ này thông qua các khối chức năng (*function block*). Đối với các thiết bị trường thông minh, các khối chức năng này không chỉ đơn thuần mang tính chất của dịch vụ truyền thông, mà còn tích hợp cả một số chức năng xử lý thông tin, thậm chí cả điều khiển tại chỗ. Đây cũng chính là xu hướng mới trong việc chuẩn hóa lớp ứng

dụng cho các hệ thống bus trường, hướng tới kiến trúc điều khiển phân tán triệt để.

Lớp biểu diễn dữ liệu (presentation layer)

Trong một mạng truyền thông, ví dụ mạng máy tính, các trạm máy tính có thể có kiến trúc rất khác nhau, sử dụng các hệ điều hành khác nhau và vì vậy cách biểu diễn dữ liệu của chúng cũng có thể rất khác nhau. Sự khác nhau trong cách biểu diễn dữ liệu có thể là độ dài khác nhau cho một kiểu dữ liệu, hoặc cách sắp xếp các byte khác nhau trong một kiểu nhiều byte, hoặc sử dụng bảng mã ký tự khác nhau. Ví dụ, một số nguyên có kiểu integer có thể biểu diễn bằng 2 byte, 4 byte hoặc 8 byte, tùy theo thế hệ CPU, hệ điều hành và mô hình lập trình. Ngay cả một kiểu integer có chiều dài 2 byte cũng có hai cách sắp xếp thứ tự byte giá trị cao đứng trước hay đứng sau byte giá trị thấp. Một ví dụ khác là sự khác nhau trong cách sử dụng bảng mã ký tự trong các hệ thống vận chuyển thư điện tử, gây ra không ít rắc rối cho người sử dụng thuộc các nước không nói tiếng Anh. Trong khi đa số các hệ thống mới sử dụng 8 bit, thì một số hệ thống cũ chỉ xử lý được ký tự 7 bit, vì vậy một số ký tự được mã hóa với giá trị lớn hơn 127 bị hiểu sai.

Chức năng của lớp biểu diễn dữ liệu là chuyển đổi các dạng biểu diễn dữ liệu khác nhau về cú pháp thành một dạng chuẩn, nhằm tạo điều kiện cho các đối tác truyền thông có thể hiểu được nhau mặc dù chúng sử dụng các kiểu dữ liệu khác nhau. Nói một cách khác, lớp biểu diễn dữ liệu giải phóng sự phụ thuộc của lớp ứng dụng vào các phương pháp biểu diễn dữ liệu khác nhau. Ngoài ra, lớp này còn có thể cung cấp một số dịch vụ bảo mật dữ liệu, ví dụ qua phương pháp sử dụng mã khóa.

Nếu như cách biểu diễn dữ liệu được thống nhất, chuẩn hóa, thì chức năng này không nhất thiết phải tách riêng thành một lớp độc lập, mà có thể kết hợp thực hiện trên lớp ứng dụng để đơn giản hóa và nâng cao hiệu suất của việc xử lý giao thức. Đây chính là một đặc trưng trong các hệ thống bus trường.

Lớp kiểm soát nối (session layer)

Một quá trình truyền thông, ví dụ trao đổi dữ liệu giữa hai chương trình ứng dụng thuộc hai nút mạng, thường được tiến hành thành nhiều giai đoạn. Cũng như việc giao tiếp giữa hai người cần có việc tổ chức mối quan hệ, giữa hai đối tác truyền thông cần có sự hỗ trợ tổ chức mối liên kết. Lớp kiểm soát nối có chức năng kiểm soát mối liên kết truyền thông giữa các chương trình ứng dụng, bao gồm các việc tạo lập, quản lý và kết thúc các đường nối giữa các ứng dụng đối tác. Cần phải nhắc lại rằng, mối liên kết giữa các chương trình ứng dụng mang tính chất logic; thông qua một mối liên kết vật lý (giữa hai trạm, giữa hai nút mạng) có thể tồn tại song song nhiều đường nối logic. Thông thường, kiểm soát nối thuộc chức năng của hệ điều hành. Để thực hiện các đường nối giữa hai ứng dụng đối tác, hệ điều hành có thể tạo các quá trình tính toán song song (cạnh tranh). Như vậy, nhiệm vụ đồng bộ hóa các quá trình tính toán này đối với việc sử

dụng chung một giao diện mạng cũng thuộc chức năng của lớp kiểm soát nối. Chính vì thế, lớp này còn có tên là *lớp đồng bộ hóa*.

Trong các hệ thống bus trường, quan hệ nối giữa các chương trình ứng dụng được xác định sẵn (quan hệ tĩnh) nên lớp kiểm soát nối không đóng vai trò gì đáng kể. Đối với một số hệ thống khác, chức năng của lớp này được đẩy lên kết hợp với lớp ứng dụng vì lý do hiệu suất xử lý truyền thông.

Lớp vận chuyển (transport layer)

Bất kể bản chất của các ứng dụng cần trao đổi dữ liệu, điều cần thiết là dữ liệu phải được trao đổi một cách tin cậy. Khi một khối dữ liệu được chuyển đi thành từng gói, cần phải đảm bảo tất cả các gói đều đến đích và theo đúng trình tự chúng được chuyển đi. Chức năng của lớp vận chuyển là cung cấp các dịch vụ cho việc thực hiện vận chuyển dữ liệu giữa các chương trình ứng dụng một cách tin cậy, bao gồm cả trách nhiệm khắc phục lỗi và điều khiển lưu thông. Nhờ vậy mà các lớp trên có thể thực hiện được các chức năng cao cấp mà không cần quan tâm tới cơ chế vận chuyển dữ liệu cụ thể.

Các nhiệm vụ cụ thể của lớp vận chuyển bao gồm:

- Quản lý về tên hình thức cho các trạm sử dụng
- Định vị các đối tác truyền thông qua tên hình thức và/hoặc địa chỉ
- Xử lý lỗi và kiểm soát dòng thông tin, trong đó có cả việc lập lại quan hệ liên kết và thực hiện các thủ tục gửi lại dữ liệu khi cần thiết
- Dồn kênh các nguồn dữ liệu khác nhau
- Đồng bộ hóa giữa các trạm đối tác.

Để thực hiện việc vận chuyển một cách hiệu quả, tin cậy, một dữ liệu cần chuyển đi có thể được chia thành nhiều đơn vị vận chuyển (*data segment unit*) có đánh số thứ tự kiểm soát trước khi bổ sung các thông tin kiểm soát lưu thông.

Do các đặc điểm riêng của mạng truyền thông công nghiệp, một số nhiệm vụ cụ thể của lớp vận chuyển trở nên không cần thiết, ví dụ việc dồn kênh hoặc kiểm soát lưu thông. Một số chức năng còn lại được dồn lên kết hợp với lớp ứng dụng để tiện việc thực hiện và tạo điều kiện cho người sử dụng tự chọn phương án tối ưu hóa và nâng cao hiệu suất truyền thông.

Lớp mạng (network layer)

Một hệ thống mạng diện rộng (ví dụ Internet hay mạng viễn thông) là sự liên kết của nhiều mạng tồn tại độc lập. Mỗi mạng này đều có một không gian địa chỉ và có một cách đánh địa chỉ riêng biệt, sử dụng công nghệ truyền thông khác nhau. Một bức điện đi từ đối tác A sang một đối tác B ở một mạng khác có thể qua nhiều đường khác nhau, thời gian, quãng đường vận chuyển và chất lượng đường truyền vì thế cũng khác nhau. Lớp mạng có trách nhiệm tìm đường đi tối ưu (*routing*) cho việc vận chuyển dữ liệu, giải phóng sự phụ thuộc của các lớp bên

trên vào phương thức chuyển giao dữ liệu và công nghệ chuyển mạch dùng để kết nối các hệ thống khác nhau. Tiêu chuẩn tối ưu ở đây hoàn toàn dựa trên yêu cầu của các đối tác, ví dụ yêu cầu về thời gian, quãng đường, về giá thành dịch vụ hay yêu cầu về chất lượng dịch vụ. Việc xây dựng và hủy bỏ các quan hệ liên kết giữa các nút mạng cũng thuộc trách nhiệm của lớp mạng.

Có thể nhận thấy, lớp mạng không có ý nghĩa đối với một hệ thống truyền thông công nghiệp, bởi ở đây hoặc không có nhu cầu trao đổi dữ liệu giữa hai trạm thuộc hai mạng khác nhau, hoặc việc trao đổi được thực hiện gián tiếp thông qua chương trình ứng dụng (không thuộc lớp nào trong mô hình OSI). Việc thực hiện trao đổi dữ liệu thông qua chương trình ứng dụng xuất phát từ lý do là người sử dụng (lập trình) muốn có sự kiểm soát trực tiếp tới đường đi của một bức điện để đảm bảo tính năng thời gian thực, chứ không muốn phụ thuộc vào thuật toán tìm đường đi tối ưu của các bộ router. Cũng vì vậy, các bộ router thông dụng trong liên kết mạng hoàn toàn không có vai trò gì trong các hệ thống bus trường.

Lớp liên kết dữ liệu (data link layer)

Lớp liên kết dữ liệu có trách nhiệm truyền dẫn dữ liệu một cách tin cậy trong qua mỗi liên kết vật lý, trong đó bao gồm việc điều khiển việc truy nhập môi trường truyền dẫn và bảo toàn dữ liệu. Lớp liên kết dữ liệu cũng thường được chia thành hai lớp con tương ứng với hai chức năng nói trên: Lớp điều khiển truy nhập môi trường (*medium access control*, MAC) và lớp điều khiển liên kết logic (*logical link control*, LLC). Trong một số hệ thống, lớp liên kết dữ liệu có thể đảm nhiệm thêm các chức năng khác như kiểm soát lưu thông và đồng bộ hóa việc chuyển giao các khung dữ liệu.

Để thực hiện chức năng bảo toàn dữ liệu, thông tin nhận được từ lớp phía trên được đóng gói thành các bức điện có chiều dài hợp lý (*frame*). Các khung dữ liệu này chứa các thông tin bổ sung phục vụ mục đích kiểm lỗi, kiểm soát lưu thông và đồng bộ hóa. Lớp liên kết dữ liệu bên phía nhận thông tin sẽ dựa vào các thông tin này để xác định tính chính xác của dữ liệu, sắp xếp các khung lại theo đúng trình tự và khôi phục lại thông tin để chuyển tiếp lên lớp trên nó.

Lớp vật lý (physical layer)

Lớp vật lý là lớp dưới cùng trong mô hình phân lớp chức năng truyền thông của một trạm thiết bị. Lớp này đảm nhiệm toàn bộ công việc truyền dẫn dữ liệu bằng phương tiện vật lý. Các qui định ở đây mô tả giao diện vật lý giữa một trạm thiết bị và môi trường truyền thông:

- Các chi tiết về cấu trúc mạng (bus, cây, hình sao,...)
- Kỹ thuật truyền dẫn (RS-485, MBP, truyền cáp quang,...)
- Phương pháp mã hóa bit (NRZ, Manchester, FSK,...)
- Chế độ truyền tải (dải rộng/dải cơ sở/dải mang, đồng bộ/không đồng bộ)
- Các tốc độ truyền cho phép

- Giao diện cơ học (phích cắm, giắc cắm,...).

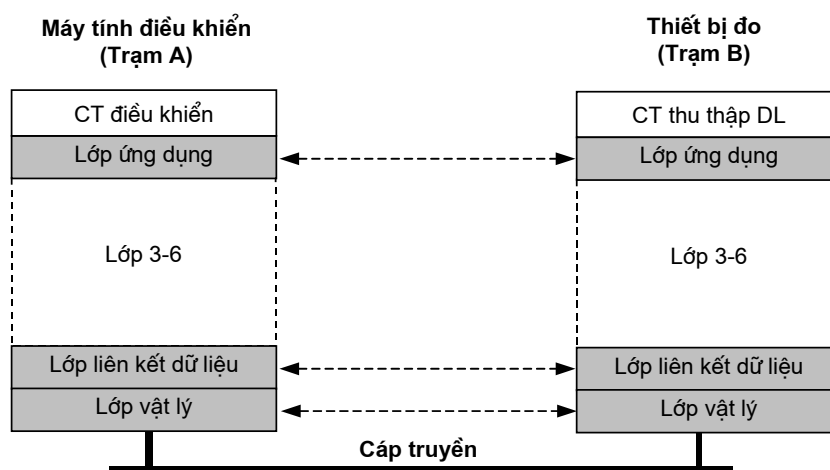
Lưu ý rằng lớp vật lý hoàn toàn không đề cập tới môi trường truyền thông, mà chỉ nói tới giao diện với nó. Có thể nói, qui định về môi trường truyền thông nằm ngoài phạm vi của mô hình OSI.

Lớp vật lý cần được chuẩn hóa sao cho một hệ thống truyền thông có sự lựa chọn giữa một vài khả năng khác nhau. Trong các hệ thống bus trường, sự lựa chọn này không lớn quá, hầu hết dựa trên một vài chuẩn và kỹ thuật cơ bản.

Tiến trình thực hiện giao tiếp theo mô hình OSI được minh họa bằng một ví dụ trao đổi dữ liệu giữa một máy tính điều khiển và một thiết bị đo thông minh, như thể hiện trên Hình 2.39. Các mũi tên nét gạch chấm biểu thị quan hệ giao tiếp logic giữa các lớp tương đương thuộc hai trạm. Lớp vật lý thuộc trạm A được nối trực tiếp với lớp vật lý thuộc trạm B qua cáp truyền. Trong thực tế, các chức năng thuộc lớp vật lý và lớp liên kết dữ liệu được thực hiện hầu hết trên các mạch vi điện tử của phần giao diện mạng. Đối với máy tính điều khiển hoặc thiết bị đo thì phần giao diện mạng có thể tích hợp trong phần xử lý trung tâm, hoặc dưới dạng một module riêng.

Khi chương trình điều khiển ở trạm A cần cập nhật giá trị đo, nó sẽ sử dụng dịch vụ trao đổi dữ liệu ở lớp ứng dụng để gửi một yêu cầu tới trạm B. Trong thực tế, quá trình này có thể được thực hiện đơn giản bằng cách gọi một hàm trong thư viện giao tiếp của mạng được sử dụng. Quan hệ nối giữa hai trạm đã được thiết lập sẵn.

Lớp ứng dụng bên A xử lý yêu cầu của chương trình điều khiển và chuyển tiếp mã lệnh xuống lớp phía dưới - lớp biểu diễn dữ liệu. Lớp này biểu diễn mã lệnh thành một dãy bit có độ dài và thứ tự qui ước, sau đó chuyển tiếp xuống lớp kiểm soát nối. Lớp kiểm soát nối sẽ bổ sung thông tin để phân biệt yêu cầu cập nhật dữ liệu xuất phát từ quan hệ nối logic nào, từ quá trình tính toán nào. Bước này trở nên cần thiết khi trong một chương trình ứng dụng có nhiều quá trình tính toán cạnh tranh (*task*) cần phải sử dụng dịch vụ trao đổi dữ liệu, và kết quả cập nhật dữ liệu phải được đưa trả về đúng nơi yêu cầu.



Hình 2.39: Ví dụ giao tiếp theo mô hình OSI

Khối dữ liệu giao thức (PDU) từ lớp kiểm soát nối chuyển xuống được lớp vận chuyển sắp xếp một kênh truyền tải và đảm bảo yêu cầu sẽ được chuyển tới bên B một cách tin cậy. Sử dụng dịch vụ chuyển mạch và tìm đường đi tối ưu của lớp mạng, một số thông tin sẽ được bổ sung vào bức điện cần truyền nếu cần thiết. Tiếp theo, lớp liên kết dữ liệu gắn thêm các thông tin bảo toàn dữ liệu, sử dụng thủ tục truy nhập môi trường để chuyển bức điện xuống lớp vật lý. Cuối cùng, các vi mạch điện tử dưới lớp vật lý (ví dụ các bộ thu phát RS-485) chuyển hóa dãy bit sang một dạng tín hiệu thích hợp với đường truyền (mã hóa bit) để gửi sang bên B, với một tốc độ truyền - hay nói cách khác là tốc độ mã hóa bit - theo qui ước.

Quá trình ngược lại diễn ra bên B. Qua lớp vật lý, tín hiệu nhận được được giải mã và dãy bit dữ liệu được khôi phục. Mỗi lớp phía trên sẽ phân tích phần thông tin bổ sung của mình để thực hiện các chức năng tương ứng. Trước khi chuyển lên lớp trên tiếp theo, phần thông tin này được tách ra. Đương nhiên, các quá trình này đòi hỏi hai lớp đối tác của hai bên phải hiểu được thông tin đó có cấu trúc và ý nghĩa như thế nào, tức là phải sử dụng cùng một giao thức. Cuối cùng, chương trình thu thập dữ liệu bên thiết bị đo nhận được yêu cầu và chuyển giá trị đo cập nhật trở lại trạm A cũng theo đúng trình tự như trên.

2.8.5 Kiến trúc giao thức TCP/IP

TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) là kết quả nghiên cứu và phát triển giao thức trong mạng chuyển mạch gói thử nghiệm mang tên Arpanet do ARPA (*Advanced Research Projects Agency*) thuộc Bộ quốc phòng Hoa kỳ tài trợ. Khái niệm TCP/IP dùng để chỉ cả một tập giao thức và dịch vụ truyền thông được công nhận thành chuẩn cho Internet. Cho đến nay, TCP/IP đã xâm nhập tới rất nhiều phạm vi ứng dụng khác nhau, trong đó có các mạng máy tính cục bộ và mạng truyền thông công nghiệp.

Kiến trúc giao thức TCP/IP và đối chiếu với mô hình OSI được minh họa trên Hình 2.40. Khác với OSI, thực ra không có một mô hình giao thức nào được công bố chính thức cho TCP/IP. Tuy nhiên, dựa theo các chuẩn giao thức đã được phát triển, ta có thể sắp xếp các chức năng truyền thông cho TCP/IP thành năm lớp độc lập là lớp ứng dụng, lớp vận chuyển, lớp Internet, lớp truy nhập mạng và lớp vật lý.

Nếu tách riêng TCP và IP thì đó là những chuẩn riêng về giao thức truyền thông, tương đương với lớp vận chuyển và lớp mạng trong mô hình OSI. Nhưng người ta cũng dùng TCP/IP để chỉ một mô hình truyền thông, ra đời trước khi có chuẩn OSI.

Lớp ứng dụng

Lớp ứng dụng thực hiện các chức năng hỗ trợ cần thiết cho nhiều ứng dụng khác nhau. Với mỗi loại ứng dụng cần một module riêng biệt, ví dụ FTP (*File Transfer Protocol*) cho chuyển giao file, TELNET cho làm việc với trạm chủ từ xa, SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*) cho chuyển thư điện tử, SNMP (*Simple Network Management Protocol*) cho quản trị mạng và DNS (*Domain Name Service*) phục vụ quản lý và tra cứu danh sách tên và địa chỉ Internet.

OSI	TCP/IP
Lớp ứng dụng	Lớp ứng dụng
Lớp biểu diễn dữ liệu	TELNET FTP SNMP SMTP DNS
Lớp kiểm soát nối	Lớp vận chuyển
Lớp vận chuyển	TCP UDP
Lớp mạng	Lớp Internet ICMP IP ARP RARP
Lớp liên kết dữ liệu	Lớp truy nhập mạng
Lớp vật lý	Lớp vật lý

Hình 2.40: So sánh TCP/IP với OSI

Lớp vận chuyển

Cơ chế bảo đảm dữ liệu được vận chuyển một cách tin cậy hoàn toàn không phụ thuộc vào đặc tính của các ứng dụng sử dụng dữ liệu. Chính vì thế, cơ chế

này được sắp xếp vào một lớp độc lập để tất cả các ứng dụng khác nhau có thể sử dụng chung, được gọi là lớp vận chuyển. Có thể nói, TCP là giao thức tiêu biểu nhất, phổ biến nhất phục vụ việc thực hiện chức năng nói trên. TCP hỗ trợ việc trao đổi dữ liệu trên cơ sở dịch vụ có nối.

Bên cạnh TCP, giao thức UDP (*User Data Protocol*) cũng được sử dụng cho lớp vận chuyển. Khác với TCP, UDP cung cấp dịch vụ không có nối cho việc gửi dữ liệu mà không đảm bảo tuyệt đối đến đích, không đảm bảo trình tự đến đích của các gói dữ liệu. Tuy nhiên, UDP lại đơn giản và hiệu suất, chỉ đòi hỏi một cơ chế xử lý giao thức tối thiểu, vì vậy thường được dùng làm cơ sở thực hiện các giao thức cao cấp theo yêu cầu riêng của người sử dụng; một ví dụ tiêu biểu là giao thức SNMP.

Lớp Internet

Tương tự như lớp mạng ở OSI, lớp Internet có chức năng chuyển giao dữ liệu giữa nhiều mạng được liên kết với nhau. Giao thức IP được sử dụng ở chính lớp này, như cái tên của nó hàm ý. Giao thức IP được thực hiện không những ở các thiết bị đầu cuối, mà còn ở các bộ *router*. Một router chính là một thiết bị xử lý giao thức dùng để liên kết hai mạng, có chức năng chuyển giao dữ liệu từ một mạng này sang một mạng khác, trong đó có cả nhiệm vụ tìm đường đi tối ưu.

Lớp truy nhập mạng

Lớp truy nhập mạng liên quan tới việc trao đổi dữ liệu giữa hai trạm thiết bị trong cùng một mạng. Các chức năng bao gồm việc kiểm soát truy nhập môi trường truyền dẫn, kiểm lỗi và lưu thông dữ liệu, giống như lớp liên kết dữ liệu trong mô hình OSI.

Lớp vật lý

Giống như trong mô hình OSI, lớp vật lý đề cập tới giao diện vật lý giữa một thiết bị truyền dữ liệu (ví dụ máy tính PC, PLC) với môi trường truyền dẫn hay mạng, trong đó có đặc tính tín hiệu, chế độ truyền, tốc độ truyền và cấu trúc cơ học các phích cắm/giắc cắm.

So sánh giữa TCP/IP và OSI là một ví dụ làm sáng tỏ bản chất và ý nghĩa thật sự của mô hình qui chiếu OSI. Trong thực tế không có một giao thức nào được gọi là giao thức OSI, cũng không có dịch vụ nào được gọi là dịch vụ OSI. Ta chỉ có thể sắp xếp giao thức nào, dịch vụ nào thuộc lớp nào hay tương đương với lớp nào trong mô hình qui chiếu này.

2.9 Tài liệu tham khảo

- [1] Andrew S. Tanenbaum: *Computer Networks*. 3th Edition, Prentice-Hall, 1998.
- [2] ISO 7498: *Information processing systems - Open Systems Interconnection - Basic reference model*. International Standardization Organisation, 1984.
- [3] Werner. Kriesel, T. Heimbold, D. Telschow: *Bustechnologien für die Automation*. Hüthig, Heidelberg, 1998.
- [4] Gerhard Schnell: *Bussysteme in der Automatisierungstechnik*. Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden, 1999.
- [5] IFAC: *Distributed Computer Control Systems*. Tuyển tập báo cáo hội nghị IFAC DCCS (hàng năm).

Chương 3: Các thành phần hệ thống mạng

Chương này giới thiệu các thành phần cơ bản trong một hệ thống mạng truyền thông công nghiệp như phương tiện truyền dẫn, phần cứng và phần mềm giao diện mạng, thiết bị liên kết mạng và các linh kiện mạng khác.

3.1 Phương tiện truyền dẫn

Môi trường truyền dẫn hay phương tiện truyền dẫn ảnh hưởng lớn tới chất lượng tín hiệu, tới độ bền vững của tín hiệu với nhiễu bên ngoài và tính tương thích điện từ của hệ thống truyền thông. Tốc độ truyền và khoảng cách truyền dẫn tối đa cho phép cũng phụ thuộc vào sự lựa chọn phương tiện truyền dẫn. Ngoài các đặc tính kỹ thuật, các phương tiện truyền dẫn còn khác nhau ở mức độ tiện lợi sử dụng (lắp đặt, đấu dây) và giá thành. Bên cạnh chuẩn truyền dẫn, mỗi hệ thống bus đều có qui định chặt chẽ về chủng loại và các chỉ tiêu chất lượng của môi trường truyền dẫn được phép sử dụng. Tuy nhiên, trong khi qui định về chuẩn truyền dẫn thuộc lớp vật lý thì môi trường truyền dẫn lại nằm ngoài phạm vi đề cập của mô hình qui chiếu OSI.

Nếu không xét tới các đặc điểm riêng biệt của từng hệ thống mạng cụ thể (ví dụ phương pháp truy nhập bus), tốc độ truyền tối đa của một kênh truyền dẫn phụ thuộc vào (độ rộng) băng thông của kênh truyền. Đối với môi trường không có nhiễu, theo thuyết Nyquist thì:

$$\text{Tốc độ bit tối đa (bits/s)} = 2H \log_2 X,$$

trong đó H là băng thông của kênh truyền và X là số mức trạng thái tín hiệu được sử dụng trong mã hóa bit. Đối với các hệ thống mạng truyền thông công nghiệp sử dụng tín hiệu nhị phân, ta có $X = 2$ và tốc độ bit (tính bằng bit/s) sẽ không bao giờ vượt quá hai lần độ rộng băng thông.

Bên cạnh sự hạn chế bởi băng thông của kênh truyền dẫn, tốc độ truyền tối đa thực tế còn bị giảm đáng kể bởi tác động của nhiễu. Shannon đã chỉ ra rằng, tốc độ truyền bit tối đa của một kênh truyền dẫn có băng thông H (Hz) và tỉ lệ tín hiệu-nhiều S/N (*signal-to-noise ratio*) được tính theo công thức:

$$\text{Tốc độ bit tối đa (bits/s)} = H \log_2 (1+S/N)$$

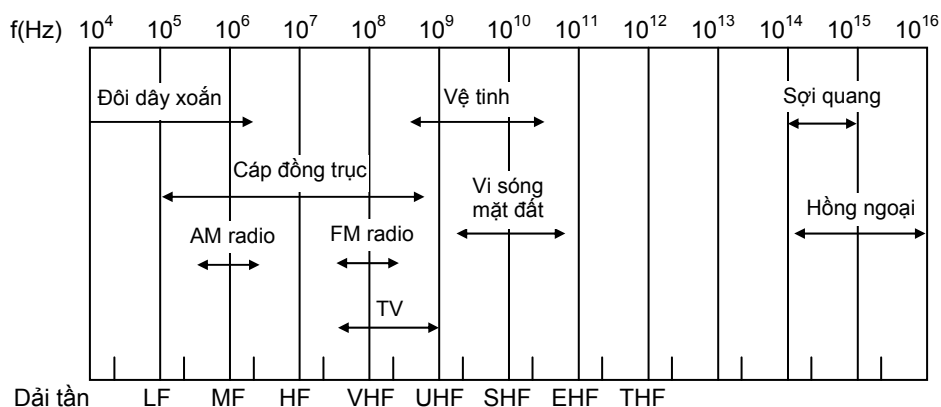
Từ các phân tích trên đây, ta có thể thấy rằng độ rộng băng thông và khả năng kháng nhiễu là hai yếu tố quyết định tới chất lượng của đường truyền. Bên cạnh đó, khoảng cách truyền tối đa phụ thuộc vào độ suy giảm của tín hiệu trên đường truyền.

Trong kỹ thuật truyền thông nói chung cũng như truyền thông công nghiệp nói riêng, người ta sử dụng các phương tiện truyền dẫn sau:

- Cáp điện: Cáp đồng trục, đôi dây xoắn, cáp trơn

- Cáp quang: Cáp sợi thủy tinh (đa chế độ, đơn chế độ), sợi chất dẻo
- Vô tuyến: Sóng truyền thanh (radio AM, FM), sóng truyền hình (TV), vi sóng (*microwave*), tia hồng ngoại (UV).

Dải tần của một số phương tiện truyền dẫn tiêu biểu được mô tả trên Hình 3.1.

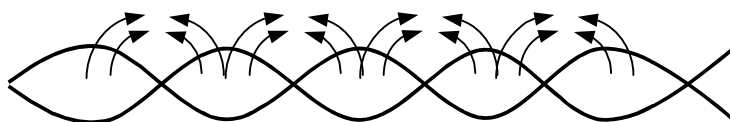


Hình 3.1: Dải tần của các phương tiện truyền dẫn tiêu biểu

Loại cáp điện phổ biến nhất trong các hệ bus trường là đôi dây xoắn. Đối với các ứng dụng có yêu cầu cao về tốc độ truyền và độ bền với nhiễu thì cáp đồng trục là sự lựa chọn tốt hơn. Cáp quang cũng được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng có phạm vi địa lý rộng, môi trường xung quanh nhiễu mạnh hoặc dễ xâm thực, hoặc có yêu cầu cao về độ tin cậy cũng như tốc độ truyền dữ liệu.

3.1.1 Đôi dây xoắn

Đôi dây xoắn (*Twisted Pair*) là một phát minh của A. Graham Bell vào năm 1881 và từ đó trở thành phương tiện kinh điển trong công nghiệp điện thoại. Một đôi dây xoắn bao gồm hai sợi dây đồng được quấn cách ly ôm vào nhau. Tác dụng thứ nhất của việc quấn dây là trường điện từ của hai dây sẽ trung hòa lẫn nhau, như Hình 3.2 minh họa, vì thế nhiễu xạ ra môi trường xung quanh cũng như tạp nhiễu do xuyên âm sẽ được giảm thiểu. Hiện tượng nhiễu xuyên âm (*crosstalk*) xuất hiện do sự giao thoa trường điện từ của chính hai dây dẫn. Khái niệm xuyên âm có nguồn gốc ở kỹ thuật điện thoại, chỉ sự chồng chéo làm méo tiếng nói do tác động qua lại giữa hai dây dẫn. Nếu kích thước, độ xoắn của đôi dây được thiết kế, tính toán phù hợp, trường điện từ do chúng gây ra sẽ tự triệt tiêu lẫn nhau và hầu như không làm ảnh hưởng tới chất lượng tín hiệu.



Hình 3.2: Đôi dây xoắn và tác dụng trung hòa trường điện từ

Trong các hệ thống truyền thông công nghiệp, đôi dây xoắn thường được sử dụng đi kèm với chuẩn RS-485. Che chắn đường truyền đối với RS-485 không phải bao giờ cũng bắt buộc, tùy theo đòi hỏi về chất lượng đường truyền và tính tương thích điện từ trong từng lĩnh vực ứng dụng khác nhau. Các lớp bọc lót, che chắn sẽ giảm tác động của nhiễu bên ngoài đến tín hiệu truyền dẫn, đồng thời hạn chế nhiễu xạ từ chính đường truyền ra môi trường xung quanh. Một cáp dẫn thường bao gồm nhiều đôi dây xoắn, trường hợp phổ biến là hai đôi dây. Cũng có chuẩn LAN như IEEE 802.12 qui định sử dụng bốn đôi dây. Tùy theo cách che chắn mà người ta phân biệt hai loại cáp dẫn: *Shielded Twisted Pair* (STP) và *Unshielded Twisted Pair* (UTP). Sự khác nhau giữa STP và UTP ở chỗ, ngoài vỏ bọc chung bên ngoài của cả cáp thì STP còn có thêm một lớp che chắn riêng cho từng đôi dây, như thấy trên Hình 3.3.

Điện trở đặc tính của STP và UTP thường là 120Ω . Đặc điểm của STP là khả năng chống tác động nhiễu từ bên ngoài cao hơn nhiều so với UTP, trong khi bản thân STP cũng tỏa ít nhiễu hơn ra môi trường xung quanh. Nhìn chung, đối với các hệ thống bus trường với chuẩn truyền dẫn RS-485 thì STP được sử dụng phổ biến nhất. Cũng chính vì khả năng kháng nhiễu tốt mà STP cho phép truyền với tốc độ tương đối cao (1..10Mbit/s).



Hình 3.3: Hai kiểu cáp đôi dây xoắn - STP và UTP

Tùy theo chất lượng của cáp truyền, chiều dài dây dẫn tối đa không dùng bộ lặp có thể tới 3000m. Tuy nhiên, một phương thức truyền không cho phép đạt được cả tốc độ truyền tối đa và chiều dài tối đa cùng một lúc. Ví dụ, để đạt được tốc độ truyền tối đa thì chiều dài dây dẫn không được lớn hơn 100m. Bảng 3.1 liệt kê một số kiểu cáp theo qui chuẩn AWG (*American Wire Gauge*).

Bảng 3.1: Một số kiểu cáp STP theo qui chuẩn AWG

AWG	28	26	24	22	20
Tiết diện dây (mm ²)	0.08	0.13	0.2	0.32	0.50
Đường kính dây (mm)	0.32	0.40	0.51	0.64	0.80
Điện trở ΔR (Ω/m)	0.436	0.280	0.178	0.106	0.070

Chất lượng truyền của STP tốt hơn luôn đi đôi với giá thành cao hơn. Vì vậy ở khoảng cách truyền dẫn ngắn hoặc trong các điều kiện ít có tác động nhiễu bên ngoài, UTP cũng được sử dụng. Do dải tần bị hạn chế và nhạy cảm với nhiễu, tốc độ truyền sử dụng UTP trong các hệ thống mạng truyền thông công nghiệp thường bị hạn chế ở mức 167 kbit/s, cũng như chiều dài đường truyền tối đa không dùng bộ lặp là 200m.

Tuy tốc độ truyền của các loại cáp đôi dây xoắn không cao lắm, nhưng ưu điểm của nó là giá thành hợp lý và dễ lắp đặt, nối dây. Vì vậy ứng dụng chủ yếu của chúng là ở cấp trường, có thể sử dụng trong hầu hết các hệ thống bus trường. Trên Hình 3.4 là một ví dụ cáp đôi dây xoắn kiểu STP, sản phẩm của hãng Siemens được dùng trong mạng MPI và PROFIBUS. Tốc độ truyền tối đa cho phép ở đây là 12MBit/s.

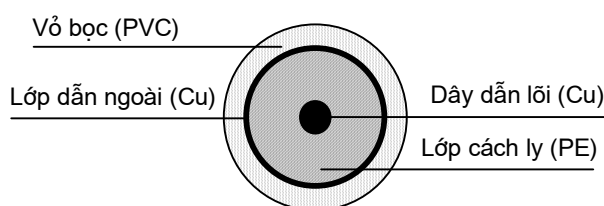
Hình 3.4: Cáp đôi dây xoắn STP
(Siemens)



Đến nay, cáp đôi dây xoắn cũng được thiết kế, chế tạo với nhiều cải tiến khác nhau. Tùy theo kiểu cách và chất lượng của sản phẩm, người ta cũng chia thành các hạng từ 1-5. Loại cáp dùng trong công nghiệp điện thoại hoặc trong mạng thường thuộc hạng 3, cho phép truyền tới tốc độ 12Mbit/s. Hạng 5 cho phép truyền tới tốc độ 100Mbit/s, được dùng trong Fast Ethernet (100BASE-TX). Chuẩn IEC 61158 cũng đưa ra 4 loại đôi dây xoắn xếp hạng từ A tới D với chất lượng cao nhất thuộc hạng A.

3.1.2 Cáp đồng trục

Một loại cáp truyền thông dụng khác là cáp đồng trục (*coaxial cable* hay *coax*). Như trên Hình 3.5 minh họa, một cáp đồng trục bao gồm một dây lõi bên trong và một dây (kiểu ống) bao bọc phía ngoài, được ngăn cách bởi một lớp cách ly (điện môi). Cũng như đôi dây xoắn, chất liệu được sử dụng cho dây dẫn ở đây là đồng. Lớp cách ly thường là polyethylen (PE), trong khi vỏ bọc là nhựa PVC.

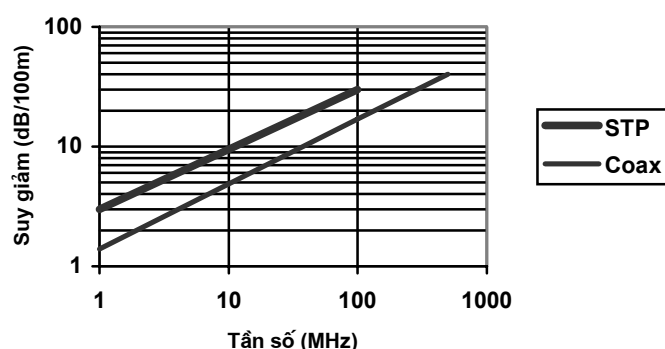


Hình 3.5: Cấu tạo cáp đồng trục

Cáp đồng trục thích hợp cho cả truyền tín hiệu tương tự và tín hiệu số. Người ta phân biệt hai loại cáp đồng trục là cáp dải cơ sở (*baseband coax*) và cáp dải rộng (*broadband coax*). Loại thứ nhất có trở đặc tính là 50Ω , được sử dụng rộng rãi trong truyền dữ liệu, trong khi loại thứ hai có trở đặc tính 75Ω , thường được sử dụng là môi trường truyền tín hiệu tương tự. Phạm vi ứng dụng cổ điển của cáp đồng trục chính là trong các hệ thống cáp truyền hình.

Nhờ cấu trúc đặc biệt cũng như tác dụng của lớp dẫn ngoài, các điện trường và từ trường được giữ gần như hoàn toàn bên trong một cáp đồng trục. Chính vì vậy hiện tượng xuyên âm không đáng kể so với ở cáp đôi dây xoắn. Bên cạnh đó, hiệu ứng bề

mặt² cũng làm giảm sự tổn hao trên đường truyền khi sử dụng cáp truyền có đường kính lớn. Hình 3.6 biểu thị sự suy giảm đường truyền giữa cáp đồng trục so sánh với đôi dây xoắn. Về đặc tính động học, cáp đồng trục có dải tần lớn hơn đôi dây xoắn nên việc tăng tần số nhịp để nâng tốc độ truyền cũng dễ thực hiện hơn. Tốc độ truyền tối đa cho phép có thể tới 1-2 Gbit/s. Với tốc độ thấp, khoảng cách truyền có thể tới vài nghìn mét mà không cần bộ lặp. Tuy nhiên, bên cạnh giá thành cao hơn đôi dây xoắn thì việc lắp đặt, đấu dây phức tạp cũng là một nhược điểm của chúng. Vì vậy trong truyền thông công nghiệp, cáp đồng trục chủ yếu được dùng ở các cấp trên (bus hệ thống, bus xí nghiệp) như ControlNet và Ethernet.



Hình 3.6: Suy giảm đường truyền của đôi dây xoắn và cáp đồng trục

3.1.3 Cáp quang

Cáp quang được sử dụng trong các lĩnh vực ứng dụng đòi hỏi tốc độ truyền tải rất cao, phạm vi truyền dẫn lớn hoặc trong các môi trường làm việc chịu tác động mạnh của nhiễu. Với kỹ thuật tiên tiến hiện nay, các loại cáp quang có thể đạt tới tốc độ truyền 20Gbit/s. Các hệ thống được lắp đặt thông thường có tốc độ truyền khoảng vài Gbit/s. Sự suy giảm tín hiệu ở đây rất nhỏ, vì vậy chiều dài cáp dẫn có thể tới hàng chục, thậm chí hàng trăm kilômét mà không cần một bộ lặp hay một bộ khuếch đại tín hiệu.

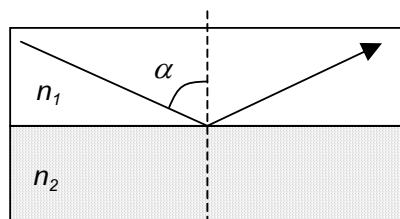
Một ưu điểm lớn của cáp quang là tính năng kháng nhiễu cũng như tính tương thích điện-từ. Cáp quang không chịu tác động của nhiễu ngoại cảnh như trường điện từ, sóng vô tuyến. Ngược lại, bản thân cáp quang cũng hầu như không bức xạ nhiễu ra môi trường xung quanh, vì thế không ảnh hưởng tới hoạt động của các thiết bị khác. Bên cạnh đó, sử dụng cáp quang cũng nâng cao độ bảo mật của thông tin được truyền. Thực tế rất khó có thể gắn bí mật các thiết bị nghe trộm đường truyền mà không gây ra sụt giảm tín hiệu một cách đột ngột. Với các thiết bị kỹ thuật đặc biệt người ta có thể dễ dàng xác định được vị trí bị can thiệp.

Nguyên tắc làm việc của cáp quang dựa trên hiện tượng phản xạ toàn phần của ánh sáng tại bề mặt tiếp xúc giữa hai vật liệu có hệ số khúc xạ n_1 và n_2 khác nhau thỏa mãn điều kiện:

² Ở các tần số cao, dòng điện tập trung chủ yếu ở bề mặt của dây dẫn.

$$\alpha \geq \arctan\left(\frac{n_1}{n_2}\right)$$

với α là góc lệch của tia ánh sáng tới so với đường trục giao, như Hình 3.7 minh họa. Thông thường n_1 được chọn lớn hơn n_2 khoảng 1%.

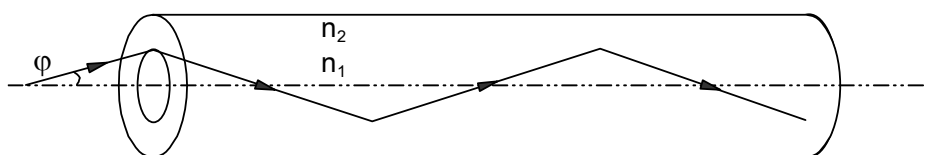


Hình 3.7: Nguyên tắc phản xạ toàn phần ($n_1 > n_2$)

Một sợi cáp quang bao gồm một sợi lõi, một lớp bọc và một lớp vỏ bảo vệ. Sợi lõi cũng như lớp bọc có thể được làm bằng thủy tinh hoặc chất dẻo trong suốt. Một tia ánh sáng với góc lệch φ so với chiều dọc cáp dẫn - tính theo công thức sau - sẽ được nắn đi theo một đường rích rắc đều đặn:

$$\sin \varphi = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Nguyên tắc làm việc của cáp quang được minh họa trên Hình 3.8.



Hình 3.8: Nguyên tắc làm việc của cáp quang

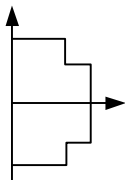
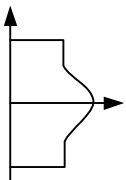
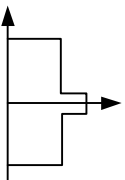
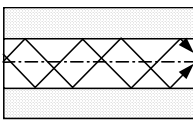
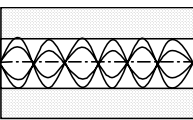
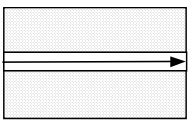
Tỉ lệ của các hệ số khúc xạ cũng như đường kính của sợi lõi và lớp bọc ảnh hưởng tới đặc tính đường đi của tia ánh sáng. Người ta phân loại cáp quang sợi thủy tinh thành hai nhóm chính sau:

- **Sợi đa chế độ (Multimode Fiber, MMF):** Sợi quang nhiều kiểu sóng, tín hiệu truyền đi là các tia laser có tần số không thuần nhất. Các LED được sử dụng trong các bộ phát. Hiện tượng tán xạ gây khó khăn trong việc nâng cao tốc độ truyền và chiều dài cáp dẫn. Khả năng truyền hạn chế trong phạm vi Gbit/s * km.
- **Sợi đơn chế độ (Single-Mode Fiber, SMF):** Sợi quang một kiểu sóng, tín hiệu truyền đi là các tia laser có tần số thuần nhất. Các điôt laze được sử dụng trong các bộ phát. Tốc độ truyền có thể đạt tới hàng trăm Gbit/s ở khoảng cách 1km.

Nhóm thứ nhất cũng được chia tiếp thành hai loại: Sợi có hệ số bước (Step Index Fiber) và sợi có hệ số dốc (Gradient Index Fiber). Bảng 3.2 tóm tắt một số đặc tính và thông số tiêu biểu của ba loại cáp quang này.

Bên cạnh sợi thủy tinh, một số loại sợi chất dẻo cũng được sử dụng tương đối rộng rãi. Sợi chất dẻo cho phép truyền với tốc độ thấp (khoảng vài chục tới vài trăm Mbit/s) và khoảng cách truyền ngắn (tối đa 80m), nhưng giá thành thấp và lắp đặt dễ dàng hơn nhiều.

Bảng 3.2: Các loại sợi thủy tinh

	Sợi đa chế độ		Sợi đơn chế độ
	Hệ số bước	Hệ số dốc	
Đường đặc tính của hệ số khúc xạ			
Đường đi của tia sáng			
Đường kính trong	50 μm		9 μm
Đường kính ngoài	250 μm	125 μm	125 μm
Độ suy giảm 1dB/100m ở tần số	100 MHz	1GHz	100GHz
Bộ phát / bộ thu	LED / Điốt PIN hoặc APD ¹		Điốt laze / APD
Tốc độ truyền * Khoảng cách	$\sim 1\text{Gbit/s} * \text{km}$		$\sim 100\text{Gbit/s} * \text{km}$
Giá thành	Cao		Thấp

¹ LED: Light-emitting Diode, APD: Avalanche Photodiode

3.1.4 Vô tuyến

Trong một số lĩnh vực ứng dụng không thể sử dụng cáp truyền, hoặc với chi phí cho lắp đặt rất cao - ví dụ trong công nghiệp khai thác dầu khí trên biển hoặc trong lĩnh vực theo dõi khí tượng thủy văn - các phương pháp truyền vô tuyến đóng vai trò quan trọng. Trong những năm gần đây, phương pháp truyền dữ liệu trên các phương tiện vô tuyến được ứng dụng ngày càng rộng rãi, nhờ sự có mặt của các công nghệ hiện đại, dễ sử dụng và tin cậy.

Một trong các vấn đề của việc truyền dữ liệu qua vi sóng là phải sử dụng một tần số thích hợp, được phép của các cơ quan hữu quan để tránh gây nhiễu đối với các hệ thống khác. Ở nhiều nước, sự nới lỏng trong các qui định cấp phép tạo điều kiện dễ dàng cho việc trang bị và đưa vào sử dụng các thiết bị. Giá thành tổng thể cho một hệ thống - kể

cả chi phí cho trang thiết bị và bảo trì hệ thống - có thể thấp hơn rất nhiều so với chi phí cho cáp dẫn.

Hai phương tiện chính được sử dụng rộng rãi là vi sóng mặt đất và vi sóng qua vệ tinh. Đối với vi sóng mặt đất, có thể sử dụng các dịch vụ công cộng hoặc tự lắp đặt hệ thống riêng.

Các hệ thống truyền dẫn mặt đất riêng có thể xây dựng trên cơ sở hàng loạt các thiết bị tương tự và kỹ thuật số, phục vụ các nhu cầu ứng dụng khác nhau, cần trao đổi dữ liệu theo một chiều hoặc cả hai chiều. Phạm vi phủ sóng có thể từ vài mét cho tới hàng chục kilômét. Giá thành cũng rất khác nhau, từ các hệ thống đơn giản, rẻ tiền với giao tiếp đơn kênh, một chiều cho đến các hệ thống rất đắt cho phép sử dụng nhiều kênh và liên lạc hai chiều cùng một lúc. Một số hệ thống đơn giản được sử dụng không cần giấy phép.

Các hệ thống dịch vụ công cộng mặt đất cũng rất đa dạng như mạng dịch vụ tích hợp kỹ thuật số (ISDN), mạng điện thoại di động (GSM, AMPS, UTSM), đài phát di động công cộng (MPT1327, TETRA), các sóng phát thanh và truyền hình. Bên cạnh chi phí mua sắm hoặc thuê các trang thiết bị thì giá thành tổng thể bao gồm cả tiền thuê bao và phí sử dụng tính theo thời gian. Vì vậy, mặc dù đầu tư ban đầu không cao, song chi phí cho vận hành lại có thể rất lớn.

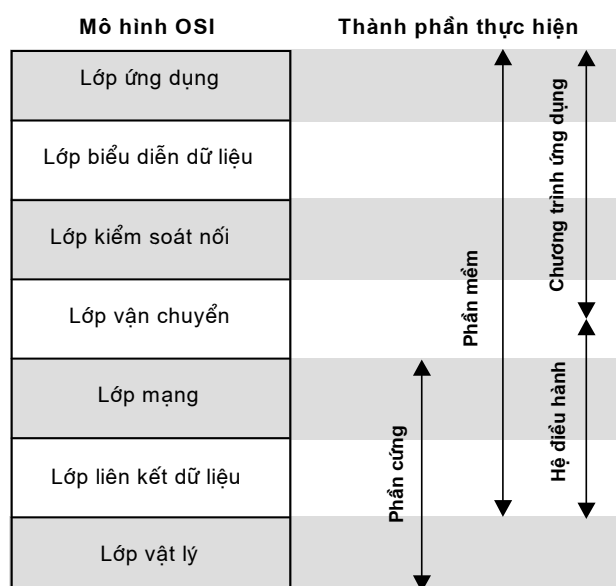
Sử dụng vệ tinh (Eutelsat, Intelsat, Inmarsat, Panamsat, Orbcomm) phù hợp với các ứng dụng đòi hỏi liên lạc ở khoảng cách lớn, nhưng có thể không liên tục. Truyền dẫn qua vệ tinh có thể đòi hỏi đầu tư cho thuê bao tương đối lớn, phụ thuộc vào hợp đồng sử dụng và chất lượng dịch vụ, tuy nhiên trong nhiều trường hợp thì đây là sự lựa chọn duy nhất.

3.2 Giao diện mạng

3.2.1 Cấu trúc giao diện mạng

Một giao diện mạng bao gồm các thành phần xử lý giao thức truyền thông (phần cứng và phần mềm) và các thành phần thích ứng cho thiết bị được nối mạng. Hình 3.9 mô tả phạm vi thực hiện chức năng có thể thực hiện được do các thành phần giao diện mạng đối chiếu với mô hình OSI.

Lưu ý rằng, nhiều khi ta không thể định nghĩa ranh giới rõ ràng giữa phần cứng và phần mềm. Phạm vi chức năng của các thành phần này có thể giao nhau. Phần cứng thực hiện chức năng của lớp vật lý và có thể một phần hoặc toàn bộ chức năng của các lớp liên kết dữ liệu và lớp mạng. Phạm vi chức năng của phần mềm là xử lý giao thức, có thể từ lớp liên kết dữ liệu cho tới lớp ứng dụng. Tuy nhiên, vì các lý do về tính năng thời gian trong vấn đề tạo xung nhịp, đồng bộ nhịp, trích mẫu tín hiệu và mã hóa bit, lớp vật lý bắt buộc phải do các vi mạch cứng đảm nhiệm. Phần mềm có thể thực hiện dưới dạng phần dẻo (*firmware*) đồ cứng trong vi xử lý, phần mềm giao thức tích hợp trong hệ điều hành (hiểu với nghĩa rộng) hoặc dưới dạng các hàm thư viện được gọi trong chương trình ứng dụng.



Hình 3.9: Phạm vi chức năng của các thành phần giao diện mạng

Hình 3.10 mô tả một cấu trúc tiêu biểu phần cứng ghép nối bus trường cho các thiết bị, sử dụng chủ yếu các vi mạch tích hợp cao. Phần cứng này có thể thực hiện dưới dạng một bảng mạch riêng để có thể ghép bổ sung, hoặc tích hợp sẵn trong bảng mạch của thiết bị.

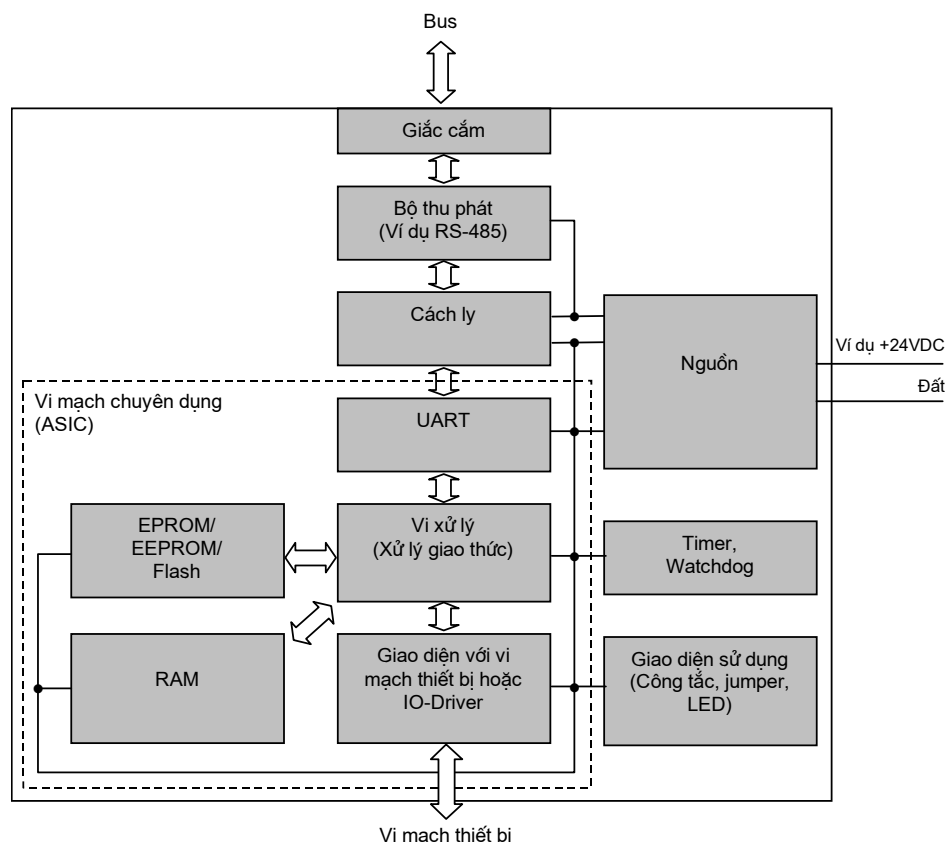
Chức năng xử lý giao thức truyền thông có thể được thực hiện bằng một bộ vi xử lý thông dụng kết hợp với vi mạch thu phát không đồng bộ đa năng UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*). Vi mạch UART thực hiện việc chuyển đổi các dữ

liệu song song từ vi xử lý sang một dây bit nối tiếp. Phần mềm xử lý giao thức được lưu trữ trong bộ nhớ EPROM/EEPROM hoặc Flash-ROM. Phương pháp này có nhược điểm là tính năng thời gian xử lý truyền thông rất khó xác định và kiểm nghiệm một cách chính xác. Bên cạnh đó chi phí cho thiết kế, phát triển, thử nghiệm và chứng nhận hợp chuẩn phần mềm xử lý giao thức cho một loại vi xử lý cụ thể có thể rất lớn.

Để khắc phục các vấn đề trên đây, nhiều công ty cho sản xuất hàng loạt các vi mạch chuyên dụng cho một loại bus, được gọi là ASIC (*Application Specific Integrated Circuit*), đa dạng về chất lượng, hiệu năng và giá thành. Một số ASIC thậm chí còn được tích hợp sẵn một số phần mềm ứng dụng như các thuật toán điều khiển, chức năng tiền xử lý tín hiệu và chức năng tự chẩn đoán. Nhờ đó, việc phân tán các chức năng tự động hóa xuống các thiết bị trường được nối mạng không những giảm tải cho máy tính điều khiển cấp trên, mà còn cải thiện tính năng thời gian thực của hệ thống.

Tuy nhiên, thông thường các bảng mạch vi điện tử “cứng” không đảm nhiệm toàn bộ chức năng xử lý giao thức truyền thông, mà chỉ thực hiện dịch vụ thuộc các lớp dưới trong mô hình OSI, còn các phần trên thuộc trách nhiệm của phần mềm thư viện hoặc phần mềm ứng dụng. Trong một số hệ thống bus hoặc trong một số sản phẩm, nhà sản xuất tạo điều kiện cho người sử dụng tự lựa chọn một trong nhiều khả năng.

Hầu hết các mạch giao diện bus đều thực hiện cách ly với đường truyền để tránh gây ảnh hưởng lẫn nhau. Ngoài ra, cần một bộ cung cấp nguồn nuôi trong trường hợp đường truyền tín hiệu không đồng tải nguồn. Đa số các thành phần ghép nối cũng cho phép thay đổi chế độ làm việc hoặc tham số qua các công tắc, jumper và hiển thị trạng thái qua các đèn LED.



Hình 3.10: Cấu trúc tiêu biểu một bảng mạch giao diện bus

3.2.2 Ghép nối PLC

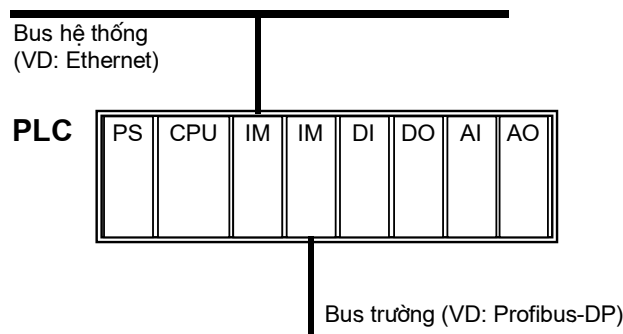
Để ghép nối PLC trong một hệ thống mạng, ví dụ bus trường hoặc bus hệ thống, có thể sử dụng các module truyền thông riêng biệt hoặc trực tiếp các CPU có tích hợp giao diện mạng.

Module giao diện mạng

Đối với các PLC có cấu trúc kiểu linh hoạt, mỗi thành phần hệ thống như nguồn (PS), bộ xử lý trung tâm (CPU) và các vào/ra (I/O) đều được thực hiện bởi một module riêng biệt, mỗi module chiếm một khe cắm (slot) trên giá đỡ. Việc giao tiếp giữa CPU và các module khác được thực hiện thông qua một bus nội bộ đặt trên giá đỡ (*backplane bus*), theo chế độ truyền dữ liệu song song. Khi đó, phương pháp được dùng rộng rãi nhất để nối mạng là bổ sung thêm một module giao diện (*interface module*, IM) riêng biệt, tương tự như việc ghép nối các module vào/ra. Các module giao diện mạng nhiều khi cũng được gọi là bộ xử lý truyền thông (*communication processor*, CP), module giao diện truyền thông (*communication interface module*, CIM) hoặc ngắn gọn hơn nữa là module truyền thông (*communication module*, CM). Trong hầu hết các trường hợp, các module giao diện này cũng phải do chính nhà sản xuất PLC cung cấp.

Hình 3.11 mô tả phương pháp sử dụng hai module giao diện riêng biệt để ghép nối một PLC với hai cấp mạng khác nhau. Bus trường (ví dụ PROFIBUS-DP) ghép nối

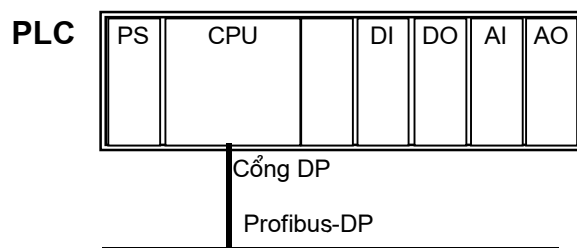
PLC với các thiết bị vào/ra phân tán và các thiết bị trường khác. Bus hệ thống (ví dụ Ethernet) ghép nối các PLC với nhau và với các máy tính điều khiển giám sát và vận hành. Lưu ý rằng, ở đây mỗi module giao diện chính là một trạm và có một địa chỉ riêng trong mạng của nó.



Hình 3.11: Giao diện bus cho PLC với module truyền thông

CPU tích hợp giao diện mạng

Bên cạnh phương pháp thực hiện thành phần giao diện mạng của một thiết bị dưới dạng một module tách rời, có một bộ vi xử lý riêng như giới thiệu trên đây thì một giải pháp kinh tế cho các thiết bị điều khiển khả trình là lợi dụng chính CPU cho việc xử lý truyền thông. Các vi mạch giao diện mạng cũng như phần mềm xử lý giao thức được tích hợp sẵn trong CPU. Phương pháp này thích hợp cho cả các PLC có cấu trúc module và cấu trúc gọn nhẹ. Hình 3.12 minh họa việc ghép nối bus trường cho PLC bằng giải pháp sử dụng một loại CPU thích hợp, ví dụ có sẵn một cổng PROFIBUS-DP.



Hình 3.12: Sử dụng CPU tích hợp giao diện PROFIBUS-DP

3.2.3 Ghép nối PC

Các mạch giao diện mạng cho máy tính cá nhân cũng có cấu trúc tương tự như cho PLC. Tuy nhiên, vì tính chất đa năng của bộ xử lý trung tâm cũng như của bảng mạch chính (*main-board*), phương án thứ hai cho PLC (CPU tích hợp khả năng truyền thông) không thể thực hiện được ở đây. Các module giao diện mạng cho PC thường được thực hiện dưới một trong các dạng sau:

- Card giao diện mạng cho các khe cắm ISA, PCI, Compact-PCI, ...

- Bộ thích ứng mạng qua cổng nối tiếp hoặc cổng song song
- Card PCMCIA

Ngoài ra, sử dụng Modem (trong hoặc ngoài) cũng là một phương pháp thông dụng để có thể truy nhập mạng qua PC và một đường điện thoại sẵn có.

Card giao diện mạng

Tương tự như các PLC, CPU của một máy tính cá nhân sử dụng hệ thống bus nội bộ (bus song song) để giao tiếp với các module vào/ra cho các thiết bị ngoại vi như máy in, bàn phím, màn hình, v.v... Bên cạnh một số module được tích hợp sẵn trên bảng mạch chính, các máy tính cá nhân còn có một số khe cắm cho các module vào/ra khác và hỗ trợ việc mở rộng hệ thống. Một card giao diện mạng cho PC được lắp vào một khe cắm, thông thường theo chuẩn ISA, PCI hoặc Compact-PCI. Trên *Hình 3.13* là ví dụ một sản phẩm của Siemens cho ghép nối máy tính cá nhân PC với PROIBUS-FMS hoặc PROFIBUS-DP.

Trên một card giao diện mạng cho PC thường có một bộ vi xử lý đảm nhiệm chức năng xử lý giao thức. Tuy nhiên, tùy theo từng trường hợp cụ thể mà toàn bộ hay chỉ một phần chức năng thuộc lớp 7 (lớp ứng dụng) được vi xử lý của card thực hiện, phần còn lại sẽ thuộc trách nhiệm của chương trình ứng dụng, thông qua CPU của máy tính.

CP 5412 (A2)



Hình 3.13: Card giao diện PROFIBUS CP5412 Siemens)

Sử dụng card giao diện, một máy tính cá nhân (công nghiệp) đặt tại trung tâm có thể đồng thời thực hiện nhiệm vụ điều khiển cơ sở thay cho một PLC và đảm nhiệm chức năng hiển thị quá trình, điều khiển giám sát từ xa qua hệ thống bus trường. Thế mạnh của giải pháp “PC-based control” này chính là giá thành thấp và tính năng mở của hệ thống. Một vấn đề cố hữu của máy tính cá nhân là độ tin cậy thấp trong môi trường công nghiệp một phần được khắc phục bởi vị trí đặt xa quá trình kỹ thuật. Hơn thế nữa, có thể thiết kế một cấu hình dự phòng nóng nâng cao độ tin cậy của giải pháp.

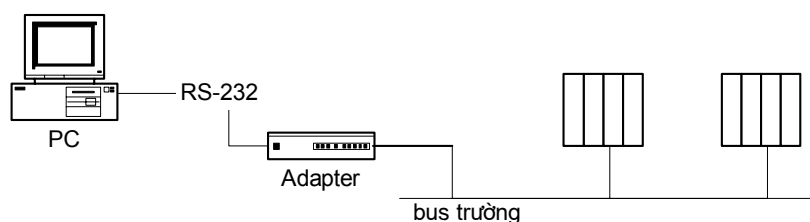
Bộ thích ứng mạng qua cổng nối tiếp/song song

Trong các cấu hình ứng dụng đơn giản, có thể dùng các bộ thích ứng mạng (*adapter*) nối qua các cổng của máy tính như:

- Các cổng nối tiếp theo chuẩn RS-232 (COM1, COM2)

- Cổng nối tiếp theo chuẩn USB (*Universal Serial Bus*)
- Các cổng song song (LPT1, LPT2)

Như được minh họa trên Hình 3.14, một bộ thích ứng mạng có vai trò như một trạm trong mạng, thực hiện chuyển đổi tín hiệu từ một cổng nối tiếp hoặc song song của máy tính sang tín hiệu theo chuẩn của mạng, đồng thời đảm nhiệm việc xử lý giao thức truyền thông.



Hình 3.14: Ghép nối PC với bus trường qua cổng RS-232

Giải pháp sử dụng bộ thích ứng mạng có ưu điểm là đơn giản và linh hoạt. Tuy nhiên, tốc độ truyền bị hạn chế bởi khả năng cố hữu của các cổng máy tính.

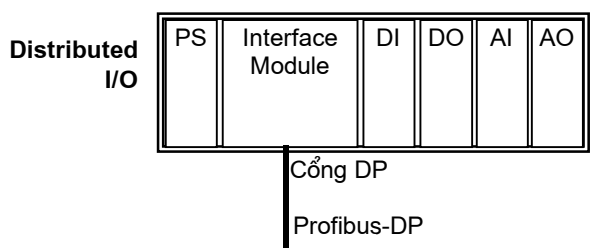
Card PCMCIA

Đối với các loại máy tính xách tay không có khả năng mở rộng qua các khe cắm, bên cạnh phương pháp sử dụng bộ thích ứng mạng, ta có thể ghép nối qua khe PCMCIA với kích cỡ của card bằng một thẻ điện thoại. Phương pháp này đặc biệt tiện lợi cho các máy lập trình, đặt cấu hình, tham số hóa và chẩn đoán hệ thống cho các bộ điều khiển và thiết bị trường.

3.2.4 Ghép nối vào/ra phân tán

Được lắp đặt gần kề với quá trình kỹ thuật, các thiết bị vào/ra phân tán cho phép tiết kiệm một cách triệt để cáp truyền tín hiệu từ các cảm biến và cơ cấu chấp hành tới bộ điều khiển. Bên cạnh đó, cấu trúc vào/ra phân tán còn cho phép sử dụng các module vào/ra khác nhau, không nhất thiết phải đồng bộ với máy tính điều khiển (PLC, PC, DCS).

Thực ra, một thiết bị vào/ra phân tán chỉ khác với một PLC ở chỗ nó không có bộ xử lý trung tâm (CPU). Thay vào đó, nó được tích hợp các vi mạch giao diện mạng cũng như phần mềm xử lý giao thức. Tùy theo cấu trúc của thiết bị vào/ra phân tán là dạng module hay dạng gọn mà phần giao diện mạng được thực hiện bằng một module riêng biệt hay không. Hình 3.15 minh họa cách nối mạng PROFIBUS-DP cho một thiết bị vào/ra phân tán có cấu trúc module. Về nguyên tắc, phương pháp này không khác so với cách ghép nối các bộ PLC như đã trình bày trên đây.

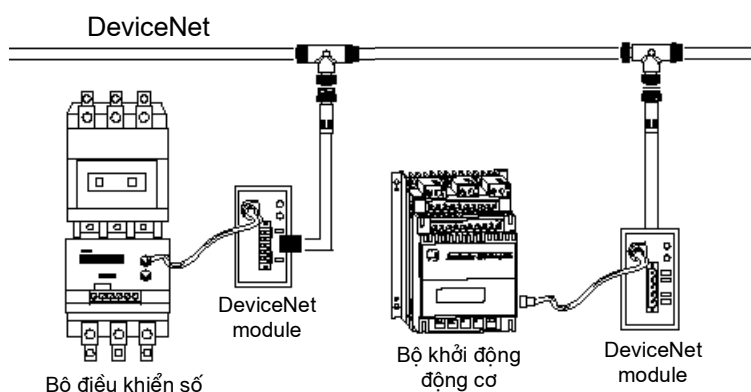


Hình 3.15: Ghép nối vào/ra phân tán qua module giao diện DP

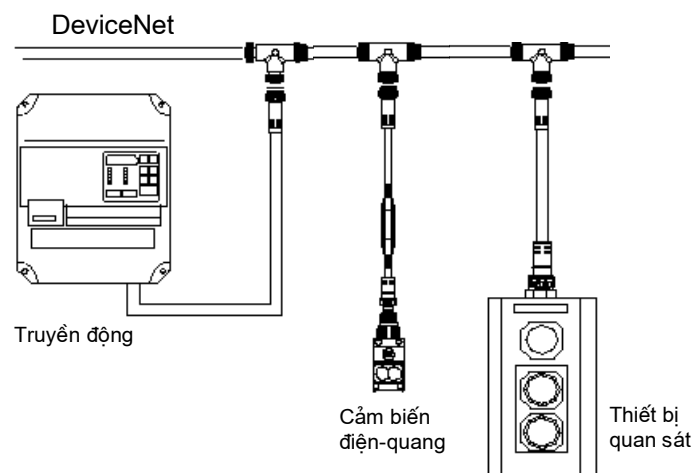
3.2.5 Ghép nối các thiết bị trường

Các thiết bị đo thông minh, các van điều khiển, các thiết bị quan sát, các bộ khởi động động cơ, các bộ điều khiển số và các biến tần là những thiết bị trường tiêu biểu có thực hiện chức năng xử lý thông tin và thậm chí chức năng điều khiển tại chỗ. Ghép nối các thiết bị trường trực tiếp với nhau và với cấp điều khiển chính là cấu trúc vào/ra tiên tiến nhất, cho phép thực hiện kiến trúc điều khiển phân tán thực sự.

Tương tự như đối với PLC hoặc vào/ra phân tán, việc nối mạng các thiết bị trường với nhau và với cấp điều khiển có thể thực hiện theo hai cách tương ứng là sử dụng một module truyền thông riêng biệt và sử dụng các thiết bị được tích hợp giao diện mạng. Trên Hình 3.16 và Hình 3.17 là các cấu hình minh họa cho các phương pháp ghép nối trên với ví dụ mạng DeviceNet.

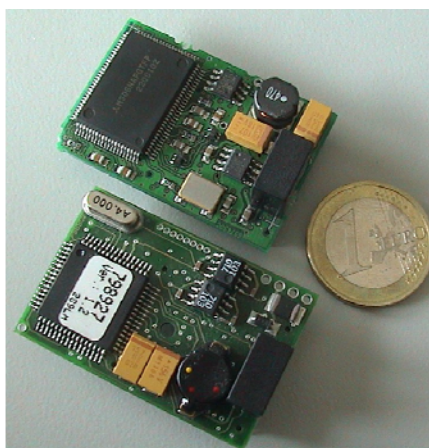


Hình 3.16: Ghép nối thiết bị trường sử dụng DeviceNet module



Hình 3.17: Ghép nối thiết bị trường tích hợp giao diện DeviceNet

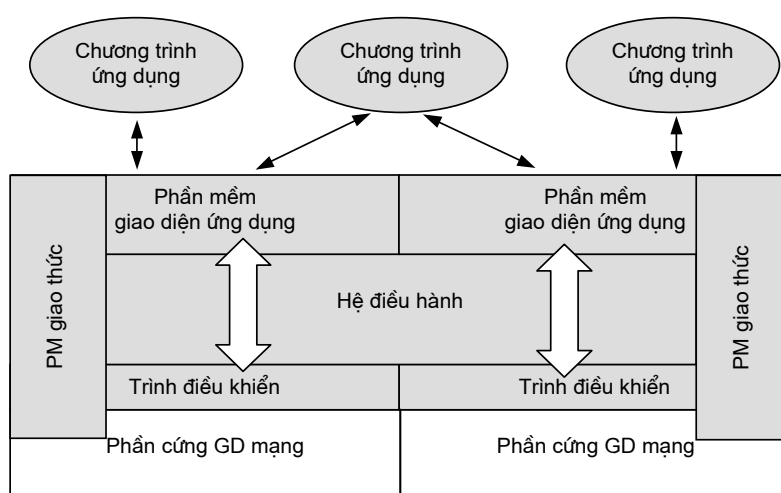
Đối với các hệ bus được sử dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp chế biến, xu hướng hiện nay một mặt là tích hợp sẵn giao diện mạng, mặt khác bổ sung các chức năng xử lý thông tin và điều khiển trên các thiết bị trường. Công nghệ vi xử lý tiên tiến ngày nay cho phép thực hiện toàn bộ các chức năng đó trên một bản vi mạch nhỏ gọn như minh họa trên Hình 3.18. Giải pháp này mang lại hàng loạt các ưu điểm như tiết kiệm dây dẫn, đầu tư ít hơn cho bộ điều khiển, tăng độ tin cậy của toàn hệ thống, tăng khả năng trao đổi thông tin. Hiện nay, Foundation Fieldbus là công nghệ đi đầu xu hướng này.



Hình 3.18: Kích cỡ bản vi mạch giao diện nối bus trường so với đồng 1 Euro
(hình ảnh chụp sản phẩm của hãng Bürkert)

3.3 Phần mềm trong hệ thống mạng

Phần mềm của hệ thống mạng có thể được chia thành các lớp là phần mềm giao thức, phần mềm hệ thống bao gồm trình điều khiển (*driver*) và các trình tích hợp trong hệ điều hành, và phần mềm giao diện ứng dụng. Phần mềm giao thức thực hiện các chức năng thuộc các lớp phía trên trong mô hình OSI (có thể từ lớp 2 trở lên), ví dụ như xây dựng bức điện, bảo toàn dữ liệu, v.v... Trình điều khiển có vai trò liên kết phần cứng giao diện mạng (ví dụ một card PCI) với hệ điều hành. Các trình tích hợp trong hệ điều hành có chức năng quản lý phần cứng, sắp đặt các vùng nhớ và ngắt cho trình điều khiển, kiểm soát giao tiếp giữa các chương trình ứng dụng và phần cứng giao diện mạng. Phần mềm giao diện ứng dụng, còn được gọi là giao diện lập trình, nằm ở lớp trên cùng trước khi tới chương trình ứng dụng. Quan hệ giữa các thành phần phần mềm của một hệ thống mạng được minh họa trên Hình 3.19.



Hình 3.19: Quan hệ giữa các phần mềm trong hệ thống mạng

3.3.1 Phần mềm giao thức

Phần mềm xử lý giao thức hay nói gọn là *phần mềm giao thức* là một thành phần giao diện mạng, có nhiệm vụ thực hiện các chức năng xử lý giao thức còn lại trong mô hình OSI. Phần mềm giao thức tồn tại dưới ba hình thức là phần dềo (*firmware*), thành phần của hệ điều hành hoặc phần mềm thư viện.

Firmware

Phần mềm dưới dạng firmware được đồ cứng trong các vi mạch ghép nối ASIC, được chứa trong các bộ nhớ lâu dài (EPROM, Flash-ROM), hoặc được nạp lên một bộ nhớ RAM trước khi đi vào hoạt động. Hình thức sau cùng còn được gọi là *bootloading* hay *downloading*, phổ biến trong các card giao diện cho PC. Hầu hết các ASIC cho bus trường đều chứa toàn bộ phần mềm xử lý giao thức cho tất cả các lớp chức năng, hoặc chỉ một phần trong đó. Trong trường hợp sau, các chức năng còn lại sẽ được thực hiện bổ sung trên ASIC hoặc qua CPU chủ thông qua sử dụng các phần mềm thư viện.

Trong một số trường hợp, CPU chủ chỉ cần truy nhập trực tiếp vào một số vùng trong bộ nhớ của ASIC (ví dụ vùng nhớ DPM), phần tổ chức giao tiếp còn lại do ASIC đảm nhiệm hoàn toàn. Một số vùng nhớ như thanh ghi có thể chứa dữ liệu cấu hình, một số vùng nhớ khác như hộp thư (*mailbox*) có thể chứa các dữ liệu sử dụng cần trao đổi trong mạng.

Thành phần của hệ điều hành

Phần mềm giao thức có thể thực hiện dưới hình thức là một thành phần tùy chọn trong hệ điều hành. Thông thường, phần mềm này không thực hiện toàn bộ các lớp giao thức của một hệ thống mạng, mà chỉ thực hiện một số lớp phía trên. Ví dụ, một card giao diện Ethernet đã chứa sẵn firmware cho xử lý giao thức cấp thấp, trong khi hệ điều hành (Windows, UNIX) có thể bổ sung các phần mềm giao thức cấp trên như TCP/IP, IPX/SPX,... Sự khác biệt cơ bản so với dạng firmware là phần mềm xử lý giao thức ở đây do CPU của máy chủ thực hiện, trong khi firmware do vi xử lý của phần cứng giao diện mạng thực hiện. Ưu điểm của cách thực hiện này là sự linh hoạt tối đa cho nền ứng dụng.

Phần mềm thư viện

Phần mềm xử lý giao thức thực hiện dưới dạng một thư viện lập trình là hình thức linh hoạt nhất, cho phép nhúng trực tiếp mã xử lý giao thức vào chương trình ứng dụng một cách có lựa chọn. Thông thường, nhà sản xuất phần cứng giao diện mạng có thể cung cấp kèm một thư viện hàm (C/C++). Cũng giống như dạng cài đặt trong hệ điều hành, mã phần mềm thư viện do CPU của máy chủ thực hiện và thông thường chỉ đảm nhiệm chức năng xử lý giao thức của các lớp trên.

3.3.2 Phần mềm giao diện lập trình ứng dụng

Để các chương trình ứng dụng có thể sử dụng các dịch vụ mạng, lớp phần mềm giao diện ứng dụng có thể được thực hiện thông qua các hình thức phần mềm thư viện hoặc server.

Thư viện lập trình phổ thông

Các ngôn ngữ lập trình bậc cao thường được sử dụng trên nền máy tính cá nhân hoặc điều khiển nhúng, vì thế rất nhiều phần mềm giao diện ứng dụng được cung cấp dưới dạng thư viện lập trình phổ thông, đặc biệt là cho ngôn ngữ C/C++. Bên cạnh việc định nghĩa một số cấu trúc dữ liệu, các thư viện dưới dạng này cung cấp một tập hợp các hàm hoặc lớp để khai thác các dịch vụ mạng như trao đổi dữ liệu, xác định và thiết lập cấu hình. Một số nhà sản xuất còn cung cấp cả mã nguồn ANSI-C để có thể dịch trên nhiều vi xử lý khác nhau.

Việc sử dụng các thư viện lập trình phổ thông thường gặp một khó khăn lớn. Đó là sự phụ thuộc không những vào các dịch vụ của một mạng cụ thể, mà còn vào cách xây dựng thư viện của nhà cung cấp sản phẩm. Điều đó có nghĩa là, đối với các mạng khác nhau hay thậm chí với cùng một loại mạng, người sử dụng cũng sẽ không có một thư viện lập trình thống nhất. Vì thế, việc tuân theo một chuẩn giao tiếp như MMS (*Manufacturing Message Specification*) sẽ góp phần giảm bớt sự không thống nhất này.

Thư viện hàm hoặc khối chức năng chuyên dụng

Lập trình sử dụng hàm và khối chức năng là phương pháp phổ biến trong phát triển các phần mềm điều khiển. Vì thế, các nhà sản xuất PLC hoặc các bộ điều khiển khác (ví dụ trong một hệ DCS) thường cung cấp một số hàm và khối chức năng giao tiếp để có thể sử dụng tích hợp trong môi trường lập trình. Các hàm/khối chức năng này có thể có giao diện theo một chuẩn quốc tế, hoặc do riêng hãng tự đặt. Ví dụ, mô hình giao tiếp và một tập hợp các khối chức năng giao tiếp theo chuẩn IEC 61131-5 có thể tìm thấy nguyên bản hoặc biến thể trong hầu hết các công cụ lập trình cho PLC. Chuẩn 61131-5 sẽ được giới thiệu khái quát trong chương 5 của bài giảng này.

Công nghệ đối tượng thành phần

Một đối tượng thành phần được có thể thực hiện thông qua một thư viện liên kết động, ví dụ DLL (*Dynamic Link Library*) hoặc một chương trình server, cho phép sử dụng bằng nhiều ngôn ngữ lập trình khác nhau. Tốt hơn nữa là nếu các đối tượng thành phần này được thực hiện theo một mô hình chuẩn quốc tế hay chuẩn công nghiệp. Hai mô hình đối tượng thành phần cho các ứng dụng phân tán được sử dụng rộng rãi nhất hiện nay là CORBA (*Common Object Request Broker Architecture*) chuẩn hóa quốc tế bởi tổ chức OMG (*Object Management Group*) và chuẩn Microsoft DCOM (*Distributed Component Object Model*). OPC chính là một chuẩn công nghiệp dựa trên mô hình DCOM và có ý nghĩa quan trọng hơn cả trong lĩnh vực tự động hóa công nghiệp, sẽ được đề cập chi tiết hơn ở chương 5.

3.4 Thiết bị liên kết mạng

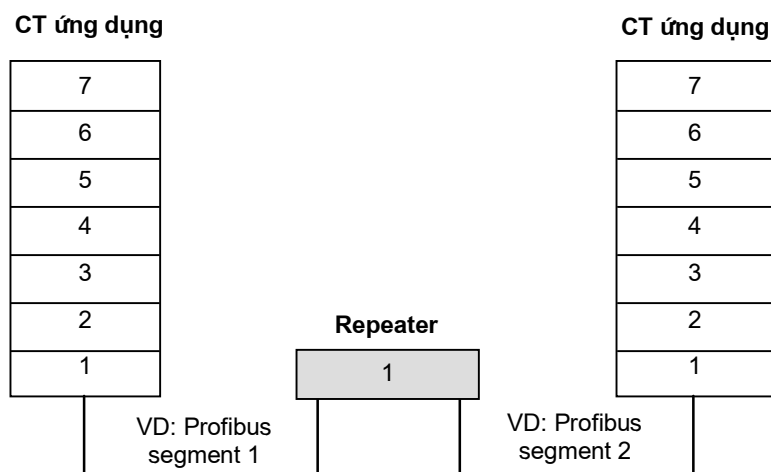
Để cho dòng dữ liệu giữa hai phần mạng có thể truyền qua lại cho nhau được người ta sử dụng các thiết bị liên kết đặc biệt. Thông thường thì mỗi phần mạng được thiết lập các giao thức truyền thông riêng, các giao thức này có thể giống nhau hoặc khác so với các phần mạng còn lại. Vấn đề là làm thế nào có thể liên kết hai mạng lại, mà người sử dụng hoàn toàn không phải thiết lập lại giao thức truyền thông. Tùy theo những đặc điểm giống và khác nhau giữa hai phần mạng cần liên kết, có thể thực hiện được bằng cách chọn các loại thiết bị liên kết cho phù hợp trong số các loại kết nối như bộ lặp (*repeater*), cầu nối (*bridge*), *router* và *gateway*. Những thiết bị liên kết này được chọn theo nhiệm vụ của chúng theo mô hình ISO/OSI.

3.4.1 Bộ lặp

Tín hiệu từ một trạm phát ra trên đường truyền khi tới các trạm khác bao giờ cũng bị suy giảm và biến dạng, ít hay nhiều tùy theo đặc tính của cáp truyền và đặc tính tần số của tín hiệu. Chính vì vậy mà có sự liên quan ràng buộc giữa tốc độ truyền (quyết định tần số tín hiệu) với chiều dài tối đa của dây dẫn. Mặt khác, các chuẩn truyền dẫn như RS-485 cũng qui định chặt chẽ đặc tính điện học của các thiết bị ghép nối (được coi như tải), dẫn đến sự hạn chế về số trạm tham gia. Để mở rộng khoảng cách truyền cũng như nâng cao số trạm tham gia thì cách thông thường là sử dụng các bộ lặp (*repeater*).

Vai trò của bộ lặp là sao chép, khuếch đại và hồi phục tín hiệu mang thông tin trên đường truyền. Hai phần mạng có thể liên kết với nhau qua một bộ lặp được gọi là các đoạn mạng (*segment*), chúng phải giống nhau hoàn toàn cả về tất cả các lớp giao thức và kể cả đường truyền vật lý. Mặc dù các đoạn mạng về mặt logic vẫn thuộc một mạng duy nhất, tức các trạm của chúng phải có địa chỉ riêng biệt, mỗi đoạn mạng được coi như cách ly về mặt điện học. Vì vậy, số lượng các trạm trong toàn mạng có thể lớn hơn chuẩn truyền dẫn qui định.

Như Hình 3.20 minh họa, chức năng của một bộ lặp có thể coi như thuộc phần dưới của lớp vật lý nếu đối chiếu với mô hình OSI. Chú ý rằng, bộ lặp chỉ nối được hai đoạn đường dẫn của cùng một hệ thống truyền thông, thực hiện cùng một giao thức và môi trường truyền dẫn cũng hoàn toàn giống nhau. Trường hợp một thiết bị có chức năng kết nối hai đoạn mạng có môi trường truyền dẫn khác nhau (ví dụ một bên dùng cáp quang, một bên dùng cáp đồng trục), ta dùng khái niệm *bộ chuyển đổi* hoặc *bộ thích ứng*.



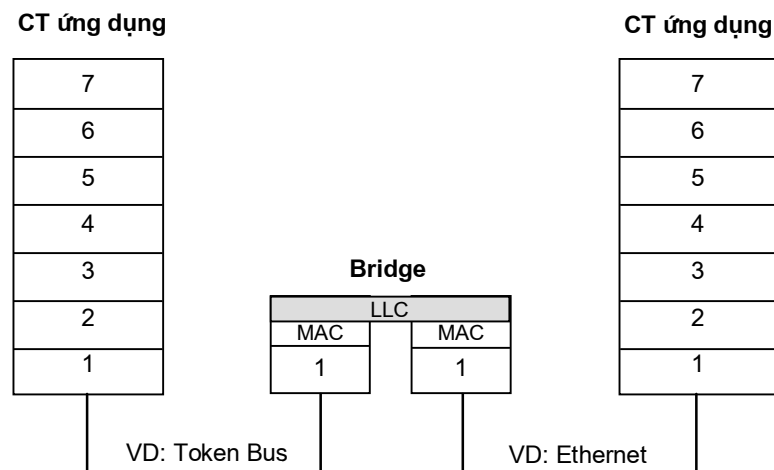
Hình 3.20: Repeater trong mô hình OSI

Khác với một bộ khuếch đại tín hiệu, một bộ lặp không chỉ làm nhiệm vụ khuếch đại các tín hiệu bị suy giảm, mà còn chỉnh dạng và tái tạo tín hiệu trong trường hợp tín hiệu bị nhiễu. Một bộ lặp tuy không có một địa chỉ riêng, không tham gia trực tiếp vào các hoạt động giao tiếp nhưng vẫn được coi là một trạm, hay một thành viên trong mạng.

3.4.2 Cầu nối

Cầu nối (*bridge*) phục vụ cho việc liên kết các mạng con với nhau, chỉ khi phần phía trên của lớp 2 của chúng (được gọi là lớp điều khiển kết nối logic, *Logical Link Control-LLC*) làm việc với cùng một giao thức. Môi trường truyền dẫn và phương pháp điều khiển truy nhập đường dẫn cho mỗi một mạng con có thể khác nhau. Cầu nối được sử dụng khi liên kết các mạng con có cấu trúc khác nhau hoặc do một yêu cầu thiết kế đặc biệt nào đó. Nhiệm vụ của cầu nối nhiều khi chỉ để giải quyết vấn đề điều khiển truy nhập môi trường (MAC), còn chức năng của lớp LLC không bị thay đổi gì. Trong trường hợp này, cầu nối có thể được sử dụng cho ghép nối các mạng con mà môi trường truyền dẫn có thể khác nhau, ví dụ giữa cáp đồng trục với cáp quang, hoặc ghép nối các mạng con có phương pháp truy nhập bus khác nhau, ví dụ giữa Token Ring và Ethernet.

Hình 3.21 minh họa nguyên tắc làm việc của một cầu nối. Đối chiếu với mô hình OSI thì một cầu nối làm việc trên cơ sở lớp LLC, tức phần trên của lớp 2. Như vậy, nó sẽ phải thực hiện các giao thức phía dưới lớp này cho cả hai phần mạng để có thể chuyển đổi các bức điện qua lại. Bản thân một cầu nối không có địa chỉ mạng riêng.



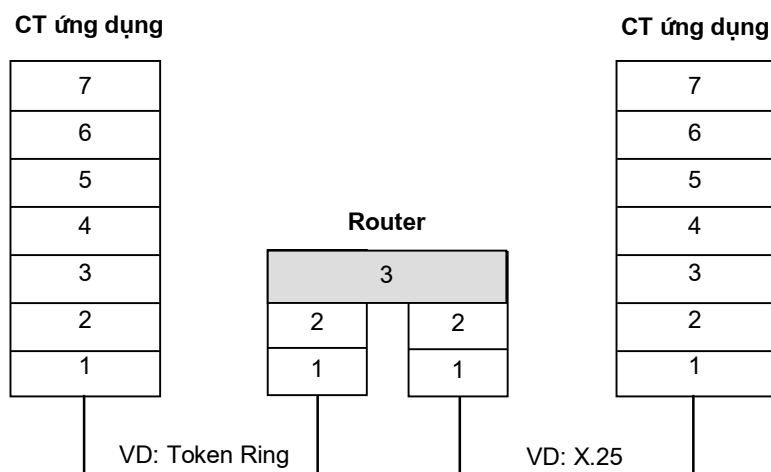
Hình 3.21: Bridge trong mô hình OSI

3.4.3 Router

Router có nhiệm vụ liên kết hai mạng với nhau trên cơ sở lớp 3 theo mô hình OSI. Router cũng có chức năng xác định đường đi tối ưu cho một gói dữ liệu cho hai đối tác thuộc các mạng khác nhau (*routing*). Các mạng được liên kết có thể khác nhau ở hai lớp 1 và 2, nhưng bắt buộc phải giống nhau ở lớp 3. Mỗi mạng đều có một địa chỉ riêng biệt và một không gian địa chỉ riêng. Điều đó có nghĩa là, hai trạm thuộc hai mạng khác nhau có thể có cùng một địa chỉ, tuy nhiên chúng được phân biệt bởi địa chỉ của mạng. Cũng như các nút mạng khác, tương ứng với mỗi mạng router có một địa chỉ riêng. Như vậy, nếu một router ghép nối n mạng thì bản thân nó có n địa chỉ - các trạm trong một mạng chỉ nhìn thấy một địa chỉ của router.

Hình 3.22 mô tả nguyên tắc làm việc của router trong mô hình OSI. Đối với bus trường, lớp 3 hầu như không có ý nghĩa, vì vậy router chỉ có vai trò quan trọng trong các hệ thống mạng cao cấp hơn như mạng cục bộ (LAN) hoặc mạng diện rộng (WAN).

Trong việc giao tiếp liên mạng thì mã địa chỉ trong một bức điện bao gồm nhiều thành phần, trong đó có địa chỉ của nơi gửi, nơi nhận cũng như các thành phần mô tả địa chỉ mạng mà bức điện cần đi qua. Để thực hiện được việc tìm đường đi tối ưu, router phải thay đổi các thành phần liên quan trong mã địa chỉ này trước khi truyền tiếp dữ liệu đi, nhờ một thuật toán cho trước và một bảng chứa những thông tin cần thiết của các mạng tham gia. Tiêu chuẩn cho đường đi tối ưu phụ thuộc vào qui định cụ thể, ví dụ đường truyền đến địa chỉ cần gửi là ngắn nhất, thời gian truyền thông tin ngắn nhất, qua ít thiết bị truyền tin trung gian nhất hay giá thành hợp lý nhất, hoặc cũng có thể kết hợp nhiều yếu tố khác nhau.

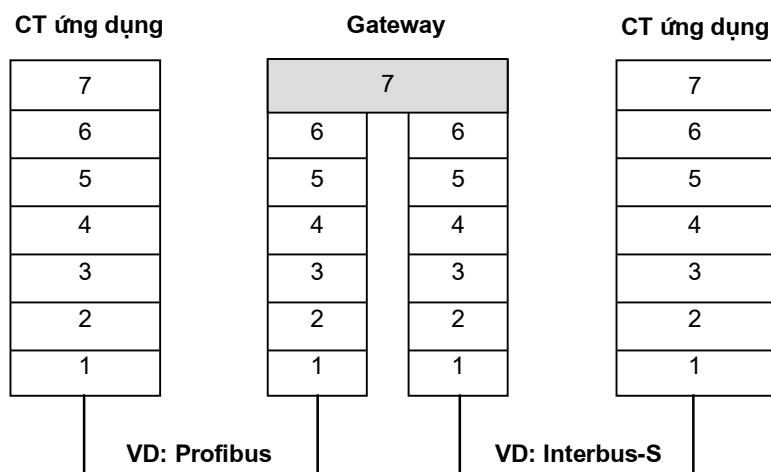


Hình 3.22: Router trong mô hình OSI

3.4.4 Gateway

Gateway được sử dụng để liên kết các hệ thống mạng khác nhau (các hệ thống bus khác nhau). Nhiệm vụ chính của gateway là chuyển đổi giao thức ở cấp cao, thường được thực hiện bằng các thành phần phần mềm. Như vậy, gateway không nhất thiết phải là một thiết bị đặc biệt, mà có thể là một máy tính PC với các phần mềm cần thiết. Tuy nhiên, cũng có các sản phẩm phần cứng chuyên dụng thực hiện chức năng gateway.

Hình 3.23 minh họa nguyên tắc làm việc của một gateway. Chính vì nguyên tắc hoạt động trên lớp ứng dụng, nên gateway cho phép liên kết các hệ thống theo mô hình kiến trúc bảy lớp OSI và cả các hệ thống không theo mô hình này.



Hình 3.23: Gateway trong mô hình OSI

Một câu hỏi mang tính chất lý thuyết nhiều hơn là ý nghĩa thực tế là khả năng liên kết hay khả năng chuyển đổi giữa các hệ thống mạng khác nhau, đặc biệt là giữa các hệ

thống bus trường³. Trong khi việc chuẩn hóa các hệ thống bus còn mang nhiều vấn đề thì người sử dụng thường mong đợi sự tương thích giữa chúng ở một mức độ nào đó. Tuy nhiên, trước khi trả lời câu hỏi này ta cần phải làm rõ hai vấn đề sau:

- Sự liên kết hay chuyển đổi giữa hai hệ thống mạng nói chung và ở cấp trường nói riêng nhằm mục đích cụ thể gì?
- Hai hệ thống mạng có cùng thực hiện một số dịch vụ tương đương hay không?

Nếu như mục đích của việc liên kết chỉ là khả năng truy nhập dữ liệu xuyên suốt mạng, thì không nhất thiết phải dùng những bộ chuyển đổi “trực tuyến” (*on-wire*). Một giải pháp đơn giản, thông dụng hơn nhiều là sử dụng một thiết bị trung gian có vai trò tương tự như một gateway, ví dụ một PLC hay một PC, như trong các cấu hình hệ thống phân cấp thường gặp trong thực tế.

³ Phải nói một cách chính xác hơn là khả năng liên kết giữa các thiết bị hỗ trợ hai hệ thống mạng khác nhau.

3.5 Các linh kiện mạng khác

Bộ nối (connector)

Bộ nối là linh kiện liên kết giữa cáp truyền với phần cứng giao diện mạng của một thiết bị tham gia. Các phích cắm Sub-D (RS-485, RS-232), các bộ nối chữ T (Ethernet), các bộ nối cáp quang (*optical link module*, OLM) là một vài ví dụ tiêu biểu. Đối với cấu trúc mạng đường thẳng kiểu *daisy-chain*, người ta có thể kết hợp chức năng trở đầu cuối trên bộ nối. Trên Hình 3.24 là hình ảnh một phích cắm PROFIBUS, trên đó có công tắc chuyển chế độ trở đầu cuối (ON = chặn, OFF = không chặn).



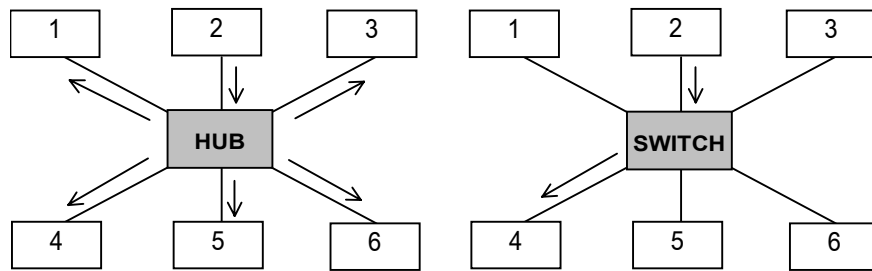
Hình 3.24: Một bộ nối PROFIBUS (Sub-D)

Thông thường, các bộ nối chỉ có chức năng thích ứng giao diện cơ học. Đối với một mạng cáp quang, các bộ nối thường phức tạp hơn rất nhiều. Bên cạnh việc thực hiện việc chuyển đổi qua lại giữa các tín hiệu điện và quang, một số bộ nối quang còn có chức năng cách ly và by-pass để có thể tách một trạm ra khỏi mạng trong trường hợp có sự cố trên trạm.

Bộ chia (hub)

Trong một mạng hoặc một phần mạng có cấu trúc hình sao, một trạm trung tâm đóng vai trò trung chuyển thông tin một cách thụ động được gọi là bộ chia (*hub*, *tap*, *ports*,...). Giống như một ổ chia điện, bộ chia chỉ có chức năng đơn thuần là phân chia và chuyển tiếp thông tin từ một cổng sang tất cả các cổng còn lại. Nguyên tắc làm việc của bộ chia được minh họa trên Hình 3.25. Ví dụ, thông tin từ trạm 2 gửi cho một trạm bất kỳ cũng sẽ được chuyển tới tất cả các trạm khác. Vì vậy, tuy cấu trúc về mặt vật lý ở đây là hình sao, nhưng cấu trúc về mặt logic lại là dạng bus.

Lưu ý rằng trong một số mạng đơn giản, ví dụ DeviceNet hoặc AS-Interface, một module vào/ra cũng có thể kết hợp đóng vai trò một bộ chia.



Hình 3.25: Nguyên tắc làm việc của bộ chia và bộ chuyển mạch

Bộ chuyển mạch (switch)

Một bộ chuyển mạch được sử dụng để ghép nối nhiều thiết bị vào mạng, tương tự như một bộ chia. Khác với một bộ chia, một bộ chuyển mạch đóng vai trò chủ động, kiểm soát toàn bộ các hoạt động giao tiếp trong mạng. Thông tin từ một trạm gửi tới một trạm khác không được chuyển tới các cổng khác ngoài cổng tương ứng với trạm đích. Hình 3.25 bên phải minh họa nguyên tắc hoạt động của một bộ chuyển mạch. Một bức điện từ trạm 2 gửi cho trạm 4 chỉ được chuyển tới cổng tương ứng với trạm 4. Cơ chế này giúp cho hạn chế xung đột trên đường truyền, đặc biệt với các phương pháp truy nhập bus ngẫu nhiên.

3.6 Tài liệu tham khảo

- [1] Siemens: SIMATIC NET - Industrial Communication Networks. Siemens AG 1998.
- [2] Rockwell Automation: *Manuals On-line, DataDisc 1*. Rockwell International Corporation, Inc. 1999.
- [3] SISCO: *Overview and Introduction to the Manufacturing Message Specification (MMS)*. Revision 2, SISCO Inc., 1995.
- [4] IEC 61131-5: *Programmable Controllers – Part 5: Communication*. International Electrotechnical Commission.
- [5] OPC Taskforce: *OLE for Process Control - Data Access Specification*, Version 2.0A, 1998, www.opcfoundation.org.

Các trang Web về bus trường

- [6] AS-Interface: <http://www.as-interface.com>
- [7] Bitbus: <http://www.bitbus.org>
- [8] CAN: <http://www.can-cia.de>
- [9] ControlNet: <http://www.controlnet.org>
- [10] DeviceNet: <http://www.odva.org>
- [11] EIB: <http://www.eiba.org>
- [12] Foundation Fieldbus: <http://www.fieldbus.org>
- [13] INTERBUS: <http://www.interbusclub.com>
- [14] LON: <http://www.echelon.com>
- [15] Modbus: <http://www.modicon.com>
- [16] P-NET: <http://www.p-net.dk>
- [17] PROFIBUS: <http://www.profibus.com>
- [18] SwiftNet: <http://www.shipstar.com>
- [19] WorldFIP: <http://www.worldfip.org>

Chương 4: Các hệ thống bus tiêu biểu

4.1 PROFIBUS

PROFIBUS (*Process Field Bus*) là một hệ thống bus trường được phát triển tại Đức từ năm 1987, do 21 công ty và cơ quan nghiên cứu hợp tác. Sau khi được chuẩn hóa quốc gia với DIN 19245, PROFIBUS đã trở thành chuẩn châu Âu EN 50 170 trong năm 1996 và chuẩn quốc tế IEC 61158 vào cuối năm 1999. Bên cạnh đó, PROFIBUS còn được đưa vào trong chuẩn IEC 61784 – một chuẩn mở rộng trên cơ sở IEC 61158 cho các hệ thống sản xuất công nghiệp. Với sự ra đời của các chuẩn mới IEC 61158 và IEC 61784 cũng như với các phát triển mới gần đây, PROFIBUS không chỉ dừng lại là một *hệ thống truyền thông*, mà còn được coi là một *công nghệ tự động hóa*.

Với mục đích quảng bá cũng như hỗ trợ việc phát triển và sử dụng các sản phẩm tương thích PROFIBUS, một tổ chức người sử dụng đã được thành lập, mang tên *PROFIBUS Nutzerorganisation* (PNO). Từ năm 1995, tổ chức này nằm trong một hiệp hội lớn mang tên *PROFIBUS International* (PI) với hơn 1.100 thành viên trên toàn thế giới.

PROFIBUS định nghĩa các đặc tính của một hệ thống bus cho phép kết nối nhiều thiết bị khác nhau, từ các thiết bị trường cho tới vào/ra phân tán, các thiết bị điều khiển và giám sát. PROFIBUS định nghĩa ba loại giao thức là PROFIBUS-FMS, PROFIBUS-DP và PROFIBUS-PA. FMS là giao thức nguyên bản của PROFIBUS, được dùng chủ yếu cho việc giao tiếp giữa các máy tính điều khiển và điều khiển giám sát. Bước tiếp theo là sự ra đời của DP vào năm 1993 - một giao thức đơn giản và nhanh hơn nhiều so với FMS. PROFIBUS-DP được xây dựng tối ưu cho việc kết nối các thiết bị vào/ra phân tán và các thiết bị trường với các máy tính điều khiển. PROFIBUS-FMS và PROFIBUS-DP lúc đầu được sử dụng phổ biến trong các ngành công nghiệp chế tạo, lắp ráp. Tuy nhiên gần đây, vai trò của PROFIBUS-FMS ngày càng mờ nhạt bởi sự cạnh tranh của các hệ dựa trên nền Ethernet (Ethernet/IP, PROFINet, High-Speed Ethernet,...). Trong khi đó, phạm vi ứng dụng của PROFIBUS-DP ngày càng lan rộng sang nhiều lĩnh vực khác. PROFIBUS-PA là kiểu đặc biệt được sử dụng ghép nối trực tiếp các thiết bị trường trong các lĩnh vực tự động hóa các quá trình có môi trường dễ cháy nổ, đặc biệt trong công nghiệp chế biến. Thực chất, PROFIBUS-PA chính là sự mở rộng của PROFIBUS-DP xuống cấp trường cho lĩnh vực công nghiệp chế biến. Ngày nay, PROFIBUS là hệ bus trường hàng đầu thế giới với hơn 20% thị phần và với hơn 5 triệu thiết bị lắp đặt trong khoảng 500.000 ứng dụng. Có thể nói, PROFIBUS là giải pháp chuẩn, đáng tin cậy cho nhiều phạm vi ứng dụng khác nhau, đặc biệt là các ứng dụng có yêu cầu cao về tính năng thời gian.

4.1.1 Kiến trúc giao thức

PROFIBUS chỉ thực hiện các lớp 1, lớp 2 và lớp 7 theo mô hình qui chiếu OSI, như minh họa trên *Hình 4.1*. Tuy nhiên, PROFIBUS-DP và -PA bỏ qua cả lớp 7 nhằm tối ưu hóa việc trao đổi dữ liệu quá trình giữa cấp điều khiển với cấp chấp hành. Một số chức năng còn thiếu được bổ sung qua lớp giao diện sử dụng nằm trên lớp 7. Bên cạnh các hàm dịch vụ DP cơ sở và mở rộng được qui định tại lớp giao diện sử dụng, hiệp hội PI còn đưa ra một số qui định chuyên biệt (*profiles*) về đặc tính và chức năng đặc thù của thiết bị cho một số lĩnh vực ứng dụng tiêu biểu. Các đặc tả này nhằm mục đích tạo khả năng tương tác và thay thế lẫn nhau của thiết bị từ nhiều nhà sản xuất.

	PROFIBUS-FMS	PROFIBUS-DP	PROFIBUS-PA
Giao diện sử dụng	FMS-Profiles	DP-Profiles	PA-Profiles
		Các chức năng DP mở rộng	
		Các chức năng DP cơ sở	
Lớp 7	Fieldbus Message Specification (FMS)		
Lớp 3-6	K h ô n g t h ể h i ệ n		
Lớp 2	Fieldbus Data Link (FDL)		
Lớp 1	RS-485/RS-485IS/Cáp quang		MBP (IEC 1158-2)

Hình 4.1: Kiến trúc giao thức của PROFIBUS

Cả ba giao thức FMS, DP và PA đều có chung lớp liên kết dữ liệu (lớp FDL). PROFIBUS-PA có cùng giao diện sử dụng như DP, tuy nhiên tính năng của các thiết bị được qui định khác nhằm phù hợp với môi trường làm việc dễ cháy nổ. Kỹ thuật truyền dẫn MBP (*Manchester coded, Bus Powered*) theo IEC 1158-2 cũ được áp dụng ở đây đảm bảo vấn đề an toàn và cung cấp nguồn cho các thiết bị qua cùng dây dẫn bus. Để tích hợp các đoạn mạng DP và PA có thể dùng các bộ chuyển đổi (*DP/PA-Link, DP/PA-Coupler*) có sẵn trên thị trường.

Lớp ứng dụng của FMS bao gồm hai lớp con là FMS (*Fieldbus Message Specification*) và LLI (*Lower Layer Interface*), trong đó FMS chính là một tập con của chuẩn MMS (xem chi tiết trong chương 5). Lớp FMS đảm nhiệm việc xử lý giao thức sử dụng và cung cấp các dịch vụ truyền thông, trong khi LLI có vai trò trung gian cho FMS kết nối với lớp 2 mà không phụ thuộc vào các thiết bị riêng biệt. Lớp LLI còn có nhiệm vụ thực hiện các chức năng bình thường thuộc các lớp 3-6, ví dụ tạo và ngắt nối, kiểm soát lưu thông. PROFIBUS-FMS và PROFIBUS-DP sử dụng cùng một kỹ thuật truyền dẫn và phương pháp truy nhập bus, vì vậy có thể cùng hoạt động trên một đường truyền vật lý duy nhất.

Lớp vật lý của PROFIBUS qui định về kỹ thuật truyền dẫn tín hiệu, môi trường truyền dẫn, cấu trúc mạng và các giao diện cơ học. Các kỹ thuật truyền dẫn được sử dụng ở đây là RS-485, RS-485-IS và cáp quang (đối với DP và FMS) cũng như MBP (đối với PA). RS-485-IS (*IS: Intrinsically Safe*) được phát triển trên cơ sở RS-485 để có thể sử dụng trong môi trường đòi hỏi an toàn cháy nổ.

Lớp liên kết dữ liệu ở PROFIBUS được gọi là FDL (*Fieldbus Data Link*), có chức năng kiểm soát truy nhập bus, cung cấp các dịch vụ cơ bản (cấp thấp) cho việc trao đổi dữ liệu một cách tin cậy, không phụ thuộc vào phương pháp truyền dẫn ở lớp vật lý.

4.1.2 Cấu trúc mạng và kỹ thuật truyền dẫn

Truyền dẫn với RS-485

Chuẩn PROFIBUS theo IEC 61158 qui định các đặc tính điện học và cơ học của giao diện RS-485 cũng như môi trường truyền thông, trên cơ sở đó các ứng dụng có thể lựa chọn các thông số thích hợp. Các đặc tính điện học bao gồm:

- Tốc độ truyền thông từ 9,6 kbit/s đến 12 MBit/s
- Cấu trúc đường thẳng kiểu đường trục/đường nhánh (*trunk-line/drop-line*) hoặc *daisy-chain*, trong đó các tốc độ truyền từ 1,5 Mbit/s trở lên yêu cầu cấu trúc *daisy-chain*.
- Cáp truyền được sử dụng là đôi dây xoắn có bảo vệ (STP). Hiệp hội PI khuyến cáo dùng cáp loại A.
- Trở kết thúc có dạng tin cậy (*fail-safe biasing*) với các điện trở lần lượt là 390Ω-220Ω-390Ω.
- Chiều dài tối đa của một đoạn mạng từ 100 đến 1200m, phụ thuộc vào tốc độ truyền được lựa chọn. Quan hệ giữa tốc độ truyền và chiều dài tối đa của một đoạn mạng được tóm tắt trong bảng 4.1.
- Số lượng tối đa các trạm trong mỗi đoạn mạng là 32. Có thể dùng tối đa 9 bộ lặp tức 10 đoạn mạng. Tổng số trạm tối đa trong một mạng là 126.
- Chế độ truyền tải không đồng bộ và hai chiều không đồng thời.
- Phương pháp mã hóa bit NRZ.

Bảng 4.1: Chiều dài tối đa của một đoạn mạng PROFIBUS (cáp STP loại A)

Tốc độ (kbit/s)	9,6/19,2/ 45,45/93,75	187.5	500	1500	3000/6000/ 12000
Chiều dài (mét)	1200	1000	400	200	100

Về giao diện cơ học cho các bộ nối, loại D-Sub 9 chân được sử dụng phổ biến nhất với cấp bảo vệ IP20. Trong trường hợp yêu cầu cấp bảo vệ IP65/67, có thể sử dụng một trong các loại sau đây:

- Bộ nối tròn M12 theo chuẩn IEC 947-5-2
- Bộ nối Han-Brid theo khuyến cáo của DESINA
- Bộ nối kiểu lai của Siemens.

Truyền dẫn với RS-485IS

Một trong những ưu điểm của RS-485 là cho phép truyền tốc độ cao, vì thế nó được phát triển để có thể phù hợp với môi trường đòi hỏi an toàn cháy nổ. Với RS-485IS (*IS* : *Intrinsically Safe*), tổ chức PNO đã đưa ra các chỉ dẫn và các qui định ngặt nghèo về mức điện áp và mức dòng tiêu thụ của các thiết bị làm cơ sở cho các nhà cung cấp. Khác với mô hình FISCO chỉ cho phép một nguồn tích cực an toàn riêng, ở đây mỗi trạm đều là một nguồn tích cực. Khi ghép nối tất cả các nguồn tích cực, dòng tổng cộng của tất cả các trạm không được phép vượt quá một giá trị tối đa cho phép. Các thử nghiệm cho thấy cũng có thể ghép nối tối đa 32 trạm trong một đoạn mạng RS-485IS.

Truyền dẫn với cáp quang

Cáp quang thích hợp đặc biệt trong các lĩnh vực ứng dụng có môi trường làm việc nhiều mạnh hoặc đòi hỏi phạm vi phủ mạng lớn. Các loại cáp quang có thể sử dụng ở đây là:

- Sợi thủy tinh đa chế độ với khoảng cách truyền tối đa 2-3km và sợi thủy tinh đơn chế độ với khoảng cách truyền có thể trên 15km.
- Sợi chất dẻo với chiều dài tối đa 80m và sợi HCS với chiều dài tối đa 500m.

Do đặc điểm liên kết điểm-điểm ở cáp quang, cấu trúc mạng chỉ có thể là hình sao hoặc mạch vòng. Trong thực tế, cáp quang thường được sử dụng hỗn hợp với RS-485 nên cấu trúc mạng phức tạp hơn.

Truyền dẫn với MBP

Trong một số ngành công nghiệp chế biến, đặc biệt là ngành xăng dầu, hóa chất, môi trường làm việc rất nhạy cảm với xung điện nên mức điện áp cao trong chuẩn truyền dẫn RS-485 không thích hợp. PROFIBUS-PA sử dụng lớp vật lý theo phương pháp MBP (chuẩn IEC 1158-2 cũ). Phương pháp mã hóa bit Manchester rất bền vững với nhiễu nên cho phép sử dụng mức tín hiệu thấp hơn nhiều so với RS-485, đồng thời cho phép các thiết bị tham gia bus được cung cấp nguồn với cùng đường dẫn tín hiệu.

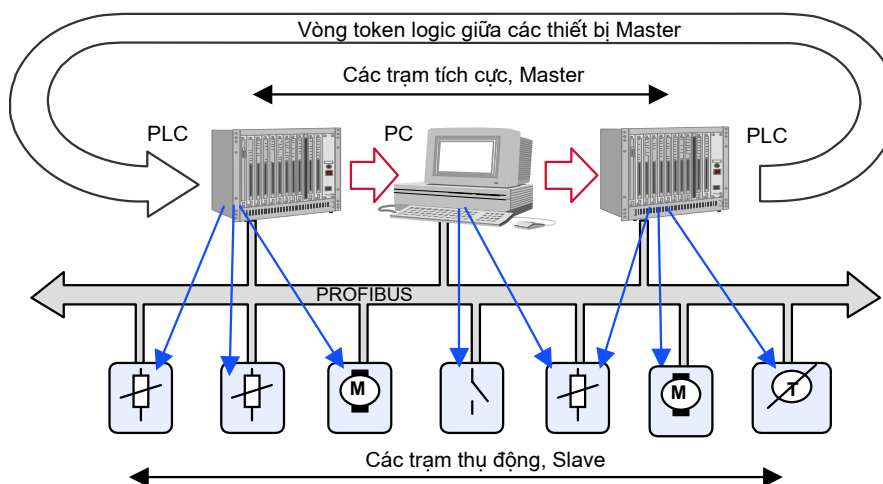
Kỹ thuật truyền dẫn MBP thông thường được sử dụng cho một đoạn mạng an toàn riêng (thiết bị trường trong khu vực dễ cháy nổ), được ghép nối với đoạn RS-485 qua các bộ nối đoạn (*segment coupler*) hoặc các liên kết (*link*). Một *segment coupler* hoạt động theo nguyên tắc chuyển đổi tín hiệu ở lớp vật lý, vì vậy có sự hạn chế về tốc độ truyền bên đoạn RS-485. Trong khi đó, một *link* ánh xạ toàn bộ các thiết bị trường trong một đoạn MBP thành một trạm tử duy nhất trong đoạn RS-485, không hạn chế tốc độ truyền bên đoạn RS-485.

Với MBP, các cấu trúc mạng có thể sử dụng là đường thẳng (đường trục/đường nhánh), hình sao hoặc cây. Cáp truyền thông dụng là đôi dây xoắn STP với trở đầu cuối dạng RC (100Ω và $2\mu F$). Số lượng trạm tối đa trong một đoạn là 32, tuy nhiên số lượng thực tế phụ thuộc vào công suất bộ nạp nguồn bus. Trong khu vực nguy hiểm, công suất bộ nạp nguồn bị hạn chế, vì thế số lượng thiết bị trường có thể ghép nối tối đa thông thường là 8-10. Số lượng bộ lặp tối đa là 4, tức 5 đoạn mạng. Với chiều dài tối đa một đoạn mạng là 1900m, tổng chiều dài của mạng sử dụng kỹ thuật MBP có thể lên tới 9500m.

4.1.3 Truy nhập bus

PROFIBUS phân biệt hai loại thiết bị chính là trạm chủ (*master*) và trạm tớ (*slave*). Các trạm chủ có khả năng kiểm soát truyền thông trên bus. Một trạm chủ có thể gửi thông tin khi nó giữ quyền truy nhập bus. Một trạm chủ còn được gọi là trạm tích cực. Các trạm tớ chỉ được truy nhập bus khi có yêu cầu của trạm chủ. Một trạm tớ phải thực hiện ít dịch vụ hơn, tức xử lý giao thức đơn giản hơn so với các trạm chủ, vì vậy giá thành thường thấp hơn nhiều. Một trạm tớ còn được gọi là trạm thụ động.

Hai phương pháp truy nhập bus có thể được áp dụng độc lập hoặc kết hợp là Token-Passing và Master/Slave. Nếu áp dụng độc lập, Token-Passing thích hợp với các mạng FMS dùng ghép nối các thiết bị điều khiển và máy tính giám sát đẳng quyền, trong khi Master/Slave thích hợp với việc trao đổi dữ liệu giữa một thiết bị điều khiển với các thiết bị trường cấp dưới sử dụng mạng DP hoặc PA. Khi sử dụng kết hợp (Hình 4.2), nhiều trạm tích cực có thể tham gia giữ Token. Một trạm tích cực nhận được Token sẽ đóng vai trò là chủ để kiểm soát việc giao tiếp với các trạm tớ nó quản lý, hoặc có thể tự do giao tiếp với các trạm tích cực khác trong mạng.



Hình 4.2: Cấu hình Multi-Master trong PROFIBUS

Chính vì nhiều trạm tích cực có thể đóng vai trò là chủ, cấu hình truy nhập bus kết hợp giữa Token-Passing và Master/Slave còn được gọi là nhiều chủ (Multi-Master). Thời gian vòng lặp tối đa để một trạm tích cực lại nhận được Token có thể chỉnh được bằng tham số. Khoảng thời gian này chính là cơ sở cho việc tính toán chu kỳ thời gian của cả hệ thống.

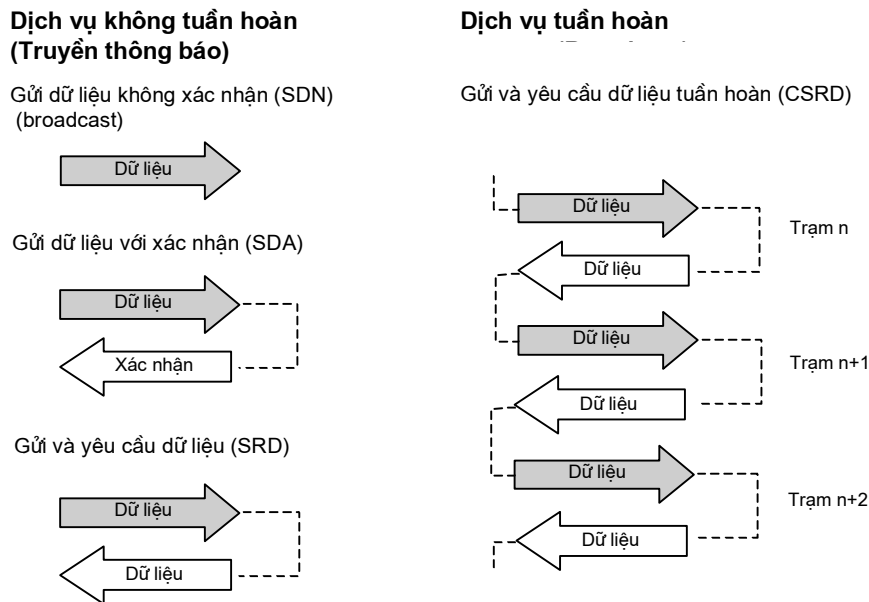
4.1.4 Dịch vụ truyền dữ liệu

Các dịch vụ truyền dữ liệu thuộc lớp 2 trong mô hình OSI, hay còn gọi là lớp FDL (Fieldbus Data Link), chung cho cả FMS, DP và PA. PROFIBUS chuẩn hóa bốn dịch vụ trao đổi dữ liệu, trong đó ba thuộc phạm trù dịch vụ không tuần hoàn và một thuộc phạm trù dịch vụ tuần hoàn, cụ thể là:

- SDN (Send Data with No Acknowledge): Gửi dữ liệu không xác nhận
- SDA (Send Data with Acknowledge): Gửi dữ liệu với xác nhận

- SRD (*Send and Request Data with Reply*): Gửi và yêu cầu dữ liệu
- CSRD (*Cyclic Send and Request Data with Reply*): Gửi và yêu cầu dữ liệu tuần hoàn.

Hình thức thực hiện các dịch vụ này được minh họa trên *Hình 4.3*. Các dịch vụ không tuần hoàn thường được sử dụng để truyền các dữ liệu có tính chất bất thường, ví dụ các thông báo sự kiện, trạng thái và đặt chế độ làm việc, vì vậy còn được gọi là các dịch vụ truyền thông báo.



Hình 4.3: Các dịch vụ truyền dữ liệu PROFIBUS

Dịch vụ SDN được dùng chủ yếu cho việc gửi đồng loạt (*broadcast*) hoặc gửi tới nhiều đích (*multicast*). Một trạm tích cực có thể gửi một bức điện đồng loạt tới tất cả hoặc tới một số trạm khác mà không cần cũng như không thể đòi hỏi xác nhận. Có thể lấy một vài ví dụ tiêu biểu như việc tham số hóa, cài đặt và khởi động chương trình trên nhiều trạm cùng một lúc. Để thực hiện theo các chế độ này, không cần phải gửi các bức điện tới từng địa chỉ mà chỉ cần gửi một bức điện duy nhất mang địa chỉ đặt trước là 127. Chính vì vậy, các trạm chỉ có thể nhận địa chỉ từ 0-126.

Các dịch vụ còn lại chỉ phục vụ trao đổi dữ liệu giữa hai đối tác. SDA và SRD đều là những dịch vụ trao đổi dữ liệu không tuần hoàn cần có xác nhận, trong đó với SRD bên nhận có trách nhiệm gửi kết quả đáp ứng trở lại. Hai dịch vụ này được dùng phổ biến trong việc trao đổi dữ liệu giữa trạm chủ và trạm tớ. Ví dụ máy tính điều khiển (trạm chủ) dùng SDA để thay đổi chế độ làm việc của một thiết bị trường (trạm tớ), hoặc dùng SRD để đòi một thiết bị trường thông báo trạng thái làm việc.

Dịch vụ trao đổi dữ liệu tuần hoàn duy nhất (CSRD) được quy định với mục đích hỗ trợ việc trao đổi dữ liệu quá trình ở cấp chấp hành, giữa các module vào/ra phân tán, các thiết bị cảm biến và cơ cấu chấp hành với máy tính điều khiển. Dịch vụ này khác với SRD ở chỗ là chỉ cần một lần yêu cầu duy nhất từ một lớp trên xuống, sau đó các đối tác logic thuộc lớp 2 tự động thực hiện tuần hoàn theo chu kỳ đặt trước. Một trạm chủ sẽ có

trách nhiệm hỏi tuần tự các trạm tớ và yêu cầu trao đổi dữ liệu theo một trình tự nhất định. Phương pháp đó được gọi là *polling*. Vì thế, dữ liệu trao đổi luôn có sẵn sàng tại lớp 2, tạo điều kiện cho các chương trình ứng dụng trao đổi dữ liệu dưới cấp trường một cách hiệu quả nhất. Khi một chương trình ứng dụng cần truy nhập dữ liệu quá trình, nó chỉ cần trao đổi với thành phần thuộc lớp 2 trong cùng một trạm mà không phải chờ thực hiện truyền thông với các trạm khác.

Ngoài các dịch vụ trao đổi dữ liệu, lớp 2 của PROFIBUS còn cung cấp các dịch vụ quản trị mạng. Các dịch vụ này phục vụ việc đặt cấu hình, tham số hóa, đặt chế độ làm việc, đọc các thông số và trạng thái làm việc của các trạm cũng như đưa ra các thông báo sự kiện.

4.1.5 Cấu trúc bức điện

Một bức điện (*telegram*) trong giao thức thuộc lớp 2 của PROFIBUS được gọi là khung (*frame*). Ba loại khung có khoảng cách Hamming là 4 và một loại khung đặc biệt đánh dấu một token được qui định như sau:

- Khung với chiều dài thông tin cố định, không mang dữ liệu:

SD1	DA	SA	FC	FCS	ED
-----	----	----	----	-----	----

- Khung với chiều dài thông tin cố định, mang 8 byte dữ liệu:

SD3	DA	SA	FC	DU	FCS	ED
-----	----	----	----	----	-----	----

- Khung với chiều dài thông tin khác nhau, với 1-246 byte dữ liệu:

SD2	LE	LEr	SD2	DA	SA	FC	DU	FCS	ED
-----	----	-----	-----	----	----	----	----	-----	----

- Token:

SD4	DA	SA
-----	----	----

Các ô DA, SA, FC và DU (nếu có) được coi là phần mang thông tin. Trừ ô DU, mỗi ô còn lại trong một bức điện đều có chiều dài 8 bit (tức một ký tự) với các ý nghĩa cụ thể như sau:

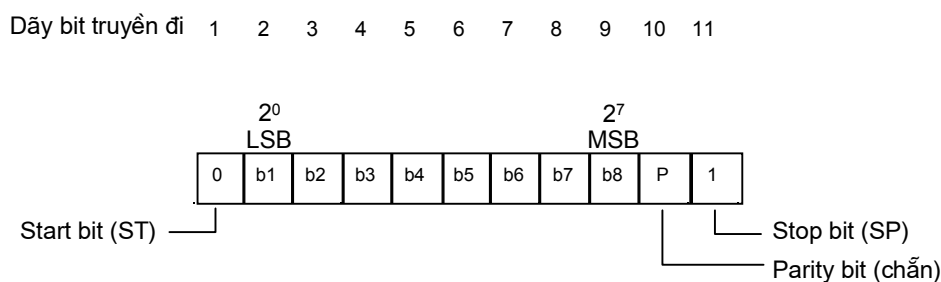
Bảng 4.2: Ngữ nghĩa khung bức điện FDL

Ký hiệu	Tên đầy đủ	Ý nghĩa
SD1... SD4	Start Delimiter	Byte khởi đầu, phân biệt giữa các loại khung SD1 = 10H, SD2=68H, SD3 = A2H, SD4=DCH
LE	Length	Chiều dài thông tin (4-249 byte)
LEr	Length repeated	Chiều dài thông tin nhắc lại vì lý do an toàn
DA	Destination Address	Địa chỉ đích (trạm nhận), từ 0-127
SA	Source Address	Địa chỉ nguồn (trạm gửi), từ 0-126

DU	Data Unit	Khối dữ liệu sử dụng
FC	Frame Control	Byte điều khiển khung
FCS	Frame Check Sequence	Byte kiểm soát lỗi, HD = 4
ED	End Delimiter	Byte kết thúc, ED = 16H

Byte điều khiển khung (FC) dùng để phân biệt các kiểu bức điện, ví dụ bức điện gửi hay yêu cầu dữ liệu (*Send and/or Request*) cũng như xác nhận hay đáp ứng (*Acknowledgement/Response*). Bên cạnh đó, byte FC còn chứa thông tin về việc thực hiện hàm truyền, kiểm soát lưu thông để tránh việc mất mát hoặc gửi đúp dữ liệu cũng như thông tin kiểu trạm, trạng thái FDL.

PROFIBUS-FMS và -DP sử dụng phương thức truyền không đồng bộ, vì vậy việc đồng bộ hóa giữa bên gửi và bên nhận phải thực hiện với từng ký tự. Cụ thể, mỗi byte trong bức điện từ lớp 2 khi chuyển xuống lớp vật lý được xây dựng thành một ký tự UART dài 11 bit, trong đó một bit khởi đầu (*Start bit*), một bit chẵn lẻ (parity chẵn) và một bit kết thúc (*Stop bit*).



Hình 4.4: Ký tự khung UART sử dụng trong PROFIBUS

Việc thực hiện truyền tuân thủ theo các nguyên tắc sau đây:

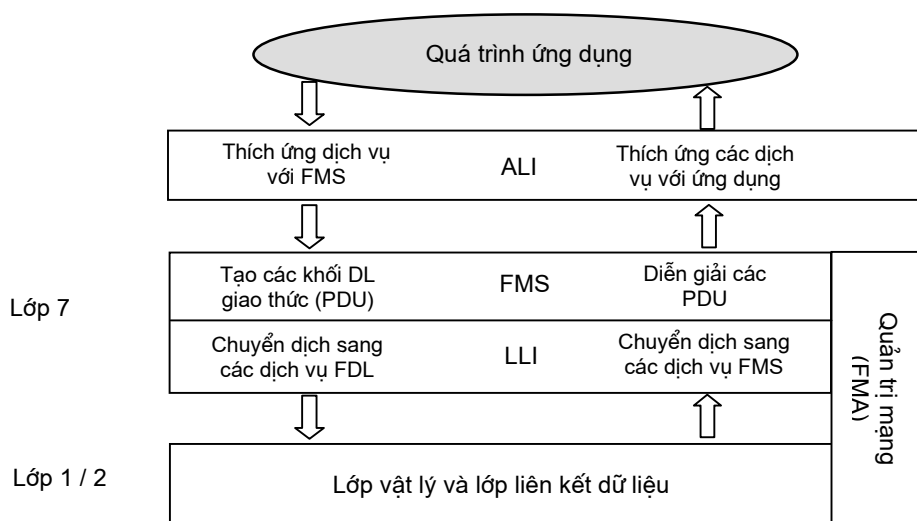
- Trạng thái bus rỗi tương ứng với mức tín hiệu của bit 1, tức mức tín hiệu thấp theo phương pháp mã hóa bit NRZ (0 ứng với mức cao).
- Trước một khung yêu cầu (*request frame*) cần một thời gian rỗi tối thiểu là 33 bit phục vụ mục đích đồng bộ hóa giữa hai bên gửi và nhận.
- Không cho phép thời gian rỗi giữa các ký tự UART của một khung.
- Với mỗi ký tự UART, bên nhận kiểm tra các bit khởi đầu, bit cuối và bit chẵn lẻ (parity chẵn). Với mỗi khung, bên nhận kiểm tra các byte SD, DA, SA, FCS, ED, LE/LEr (nếu có) cũng như thời gian rỗi trước mỗi khung yêu cầu. Nếu có lỗi, toàn bộ khung phải hủy bỏ.

Trong trường hợp gửi dữ liệu với xác nhận (SDA), bên nhận có thể dùng một ký tự duy nhất SC=E5H để xác nhận. Ký tự duy nhất SC này cũng được sử dụng để trả lời yêu cầu dữ liệu (SRD) trong trường hợp bên được yêu cầu không có dữ liệu đáp ứng.

4.1.6 PROFIBUS-FMS

Mặc dù PROFIBUS-FMS không được chuẩn hóa trong IEC 61158 và một phần vì thế vai trò của nó cũng mờ nhạt dần trong các phát triển tiếp theo, ứng dụng của nó đã có một vai trò nhất định trong một số lĩnh vực công nghiệp chế tạo, lắp ráp. Sử dụng PROFIBUS-FMS là bus hệ thống, các máy tính điều khiển có thể được ghép nối theo cấu hình nhiều chủ để giao tiếp với nhau và với các thiết bị trường thông minh dưới hình thức gửi các thông báo. Ở đây, phạm vi chức năng, dịch vụ cao cấp là tính năng được coi trọng hơn so với thời gian phản ứng của hệ thống. Do đặc điểm của các ứng dụng trên cấp điều khiển và điều khiển giám sát, dữ liệu được trao đổi chủ yếu với tính chất không định kỳ.

Đối chiếu với mô hình OSI, lớp ứng dụng của PROFIBUS-FMS bao gồm hai lớp con là FMS và LLI (*Lower Layer Interface*). Bởi các lớp từ 3 đến 6 không xuất hiện ở đây, lớp LLI có vai trò thích ứng, chuyển dịch các dịch vụ giữa lớp FMS và lớp FDL (lớp 2). Giao diện giữa FMS với các quá trình ứng dụng được thực hiện bởi lớp ALI (*Application Layer Interface*).



Hình 4.5: Kiến trúc FMS trong mô hình OSI

FMS (*Fieldbus Message Specification*) thực chất là một tập con của MMS (*Manufacturing Message Specification*), một chuẩn giao thức và dịch vụ lớp 7 theo mô hình OSI cho kiểu giao tiếp hướng thông báo (*message-oriented communication*) được áp dụng rộng rãi trong công nghiệp. Cũng như các giao thức khác, FMS không chỉ chuẩn hóa ý nghĩa của các thông báo (ngữ nghĩa), mà còn cả cấu trúc bức điện của các thông báo (cú pháp).

Giao tiếp hướng đối tượng

PROFIBUS-FMS cho phép thực hiện các hoạt động giao tiếp hướng đối tượng theo cơ chế Client/Server. Ở đây, ý nghĩa của phương thức hướng đối tượng là quan điểm thống nhất trong giao tiếp dữ liệu, không phụ thuộc vào các đặc điểm của nhà sản xuất thiết bị hay của lĩnh vực ứng dụng cụ thể.

Các phần tử có thể truy nhập được từ một trạm trong mạng, đại diện cho các đối tượng thực hay các biến quá trình được gọi là các đối tượng giao tiếp. Ví dụ, giá trị đo của một cảm biến nhiệt hoặc trạng thái logic của một van đóng/mở có thể được đại diện qua các đối tượng giao tiếp tương ứng. Các thành viên trong mạng giao tiếp thông qua các đối tượng này.

Việc truy nhập các đối tượng có thể thực hiện theo nhiều cách khác nhau. Phương pháp hiệu quả nhất là sử dụng chỉ số đối tượng (*object index*), còn gọi là phương pháp định địa chỉ logic. Chỉ số có thể coi là căn cước của một đối tượng nội trong một thành viên của mạng, được biểu diễn bằng một số thứ tự 16 bit. Nhờ vậy, các khung thông báo sẽ có chiều dài ngắn nhất so với các phương pháp khác. Một khả năng thứ hai là truy nhập thông qua tên hình thức (nhãn) của đối tượng, hay còn gọi là *tag*. Mỗi đối tượng có một tên hình thức phân biệt thống nhất. Phương pháp này thể hiện ưu điểm ở tính trực quan, dễ theo dõi trong quá trình thực hiện một dự án.

Thiết bị trường ảo (VFD)

Thiết bị trường ảo (*Virtual Field Device, VFD*) là một mô hình trừu tượng, mô tả các dữ liệu, cấu trúc dữ liệu và đặc tính của một thiết bị tự động hóa dưới góc độ của một đối tác giao tiếp. Một đối tượng VFD chứa tất cả các đối tượng giao tiếp và danh mục mô tả các đối tượng mà các đối tác giao tiếp có thể truy nhập qua các dịch vụ. Một đối tượng VFD được sắp xếp tương ứng với đúng một quá trình ứng dụng.

Một thiết bị thực có thể chứa nhiều đối tượng VFD, trong đó địa chỉ của mỗi đối tượng VFD được xác định qua các điểm đầu cuối giao tiếp của nó. Việc mô tả một đối tượng VFD được qui định chặt chẽ trong chuẩn EN 50170.

Quan hệ giao tiếp

Ngoại trừ các hình thức gửi đồng loạt (*broadcast* và *multicast*), việc trao đổi thông tin trong FMS luôn được thực hiện giữa hai đối tác truyền thông dưới hình thức có nối theo cơ chế Client/Server. Một client được hiểu là một chương trình ứng dụng (nói chính xác hơn là một quá trình ứng dụng) gửi yêu cầu để truy nhập các đối tượng. Còn một server chính là một chương trình cung cấp các dịch vụ truyền thông thông qua các đối tượng. Mỗi quan hệ giao tiếp giữa một client và một server được gọi là một kênh logic. Về nguyên tắc, một chương trình ứng dụng có thể đóng cả hai vai trò là client và server.

Mỗi thành viên trong mạng có thể đồng thời có nhiều quan hệ giao tiếp với cùng một thành viên khác, hoặc với các thành viên khác nhau. Mỗi quan hệ giao tiếp được mô tả bởi một số các thông số trong một *communication reference* (CR), bao gồm địa chỉ trạm đối tác (*remote addresss*), điểm truy nhập dịch vụ (*service access point, SAP*), các loại dịch vụ được hỗ trợ và chiều dài các bộ nhớ đệm.

Mỗi CR phải được người sử dụng định nghĩa trong quá trình thực hiện dự án, trước khi mạng đưa vào hoạt động. Tất cả các CR của một thành viên cần được đưa vào một danh sách quan hệ giao tiếp (*communication relationship list, CRL*). Trước khi hai đối tác thực hiện truyền thông, chúng phải tạo một kênh tương ứng. Khi đó các thông số định nghĩa trong CR sẽ được hai bên kiểm tra để khẳng định tính tương thích.

Dịch vụ truyền thông

Với mục đích hỗ trợ nhiều thể loại ứng dụng mạng khác nhau, PROFIBUS-FMS chuẩn hóa một loạt các dịch vụ, có thể chia thành hai phạm trù là các dịch vụ ứng dụng và các dịch vụ quản trị.

Các dịch vụ ứng dụng bao gồm:

- *Variable Access*: Truy nhập dữ liệu
- *Program Invocation*: Đối tượng chương trình, liên kết các domain thành một chương trình và kiểm soát các hoạt động của chương trình
- *Domain Management*: Quản lý miền nhớ, truyền nạp và quản lý các vùng nhớ có liên kết logic
- *Event Management*: Hỗ trợ xử lý sự kiện (kiểm soát bởi các chương trình ứng dụng).

Các dịch vụ quản lý gồm có:

- *VFD Support*: Hỗ trợ thiết bị ảo, cung cấp thông tin về các thiết bị trường thông qua đối tượng thiết bị trường ảo VFD (*Virtual Field Device*)
- *Object List Management*: Quản lý danh mục các đối tượng
- *Context Management*: Quản lý ngữ cảnh, có nghĩa là quản lý các mối liên kết (tạo nối, ngắt nối).

4.1.7 PROFIBUS-DP

PROFIBUS-DP được phát triển nhằm đáp ứng các yêu cầu cao về tính năng thời gian trong trao đổi dữ liệu dưới cấp trường, ví dụ giữa thiết bị điều khiển khả trình hoặc máy tính cá nhân công nghiệp với các thiết bị trường phân tán như I/O, các thiết bị đo, truyền động và van. Việc trao đổi dữ liệu ở đây chủ yếu được thực hiện tuần hoàn theo cơ chế chủ/tớ. Các dịch vụ truyền thông cần thiết được định nghĩa qua các chức năng DP cơ sở theo chuẩn EN 50 170. Bên cạnh đó, DP còn hỗ trợ các dịch vụ truyền thông không tuần hoàn, phục vụ tham số hóa, vận hành và chẩn đoán các thiết bị trường thông minh.

Đối chiếu với mô hình OSI, PROFIBUS-DP chỉ thực hiện các lớp 1 và 2 vì lý do hiệu suất xử lý giao thức và tính năng thời gian. Tuy nhiên, DP định nghĩa phía trên lớp 7 một lớp ánh xạ liên kết với lớp 2 gọi là DDLM (*Direct Data Link Mapper*) cũng như một lớp giao diện sử dụng (*User Interface Layer*) chứa các hàm DP cơ sở và các hàm DP mở rộng. Trong khi các hàm DP cơ sở chủ yếu phục vụ trao đổi dữ liệu tuần hoàn, thời gian thực, các hàm DP mở rộng cung cấp các dịch vụ truyền dữ liệu không định kỳ như tham số thiết bị, chế độ vận hành và thông tin chẩn đoán.

Với các phát triển mới gần đây, PROFIBUS-DP được coi là *kỹ thuật truyền thông*, là *giao thức truyền thông* duy nhất trong công nghệ PROFIBUS. Giao thức PROFIBUS-DP được chia thành ba phiên bản với các ký hiệu DP-V0, DP-V1 và DP-V2.

Phiên bản DP-V0 qui định các chức năng DP cơ sở, bao gồm:

- Trao đổi dữ liệu tuần hoàn

- Chẩn đoán trạm, module và kênh
- Hỗ trợ đặt cấu hình với tập tin GSD.

Phiên bản DP-V1 bao gồm các chức năng của DP-V0 và các chức năng DP mở rộng, trong đó có:

- Trao đổi dữ liệu không tuần hoàn giữa PC hoặc PLC với các trạm tớ
- Tích hợp khả năng cấu hình với các kỹ thuật hiện đại EDD (*Electronic Device Description*) và FDT (*Field Device Tool*)
- Các khối chức năng theo chuẩn IEC 61131-3
- Giao tiếp an toàn (*PROFIsafe*)
- Hỗ trợ cảnh báo và báo động.

Phiên bản DP-V2 mở rộng DP-V1 với các chức năng sau đây:

- Trao đổi dữ liệu giữa các trạm tớ theo cơ chế chào hàng/đặt hàng (*publisher/subscriber*)
- Chế độ giao tiếp đẳng thời
- Đồng bộ hóa đồng hồ và đóng dấu thời gian
- Hỗ trợ giao tiếp qua giao thức HART
- Truyền nạp các vùng nhớ lên và xuống
- Khả năng dự phòng.

Các phiên bản DP được mô tả chi tiết trong chuẩn IEC 61158. Phần dưới đây chỉ giới thiệu một cách sơ lược các điểm quan trọng.

Cấu hình hệ thống và kiểu thiết bị

PROFIBUS-DP cho phép sử dụng cấu hình một trạm chủ (Mono-Master) hoặc nhiều trạm chủ (Multi-Master). Cấu hình hệ thống định nghĩa số trạm, gán các địa chỉ trạm cho các địa chỉ vào/ra, tính nhất quán dữ liệu vào/ra, khuôn dạng các thông báo chẩn đoán và các tham số bus sử dụng. Trong cấu hình nhiều chủ, tất cả các trạm chủ đều có thể đọc ảnh dữ liệu đầu vào/ra của các trạm tớ. Tuy nhiên, duy nhất một trạm chủ được quyền ghi dữ liệu đầu ra.

Tùy theo phạm vi chức năng, kiểu dịch vụ thực hiện, người ta phân biệt các kiểu thiết bị DP như sau:

- Trạm chủ DP cấp 1 (*DP-Master Class 1*, DPM1): Các thiết bị thuộc kiểu này trao đổi dữ liệu với các trạm tớ theo một chu trình được qui định. Thông thường, đó là các bộ điều khiển trung tâm, ví dụ PLC hoặc PC, hoặc các module thuộc bộ điều khiển trung tâm.
- Trạm chủ DP cấp 2 (*DP-Master Class 2*, DPM2): Các máy lập trình, công cụ cấu hình và vận hành, chẩn đoán hệ thống bus. Bên cạnh các dịch vụ của cấp 1,

các thiết bị này còn cung cấp các hàm đặc biệt phục vụ đặt cấu hình hệ thống, chẩn đoán trạng thái, truyền nạp chương trình, v.v...

- Trạm tớ DP (*DP-Slave*): Các thiết bị tớ không có vai trò kiểm soát truy nhập bus, vì vậy chỉ cần thực hiện một phần nhỏ các dịch vụ so với một trạm chủ. Thông thường, đó là các thiết bị vào/ra hoặc các thiết bị trường (truyền động, HMI, van, cảm biến) hoặc các bộ điều khiển phân tán. Một bộ điều khiển PLC (với các vào/ra tập trung) cũng có thể đóng vai trò là một trạm tớ thông minh.

Trong thực tế, một thiết bị có thể thuộc một kiểu riêng biệt nói trên, hoặc phối hợp chức năng của hai kiểu. Ví dụ, một thiết bị có thể phối hợp chức năng của DPM1 với DPM2, hoặc trạm tớ với DPM1.

Việc đặt cấu hình hệ thống được thực hiện bằng các công cụ (phần mềm). Thông thường, một công cụ cấu hình cho phép người sử dụng bổ sung và tham số hóa nhiều loại thiết bị của cùng một nhà sản xuất một cách tương đối đơn giản, bởi các thông tin tính năng cần thiết của các thiết bị này đã được đưa vào cơ sở dữ liệu của công cụ cấu hình. Còn với thiết bị của các hãng khác, công cụ cấu hình đòi hỏi tập tin mô tả đi kèm, gọi là tập tin GSD (*Geräte-stammdaten*).

Đặc tính vận hành hệ thống

Chuẩn DP mô tả chi tiết đặc tính vận hành hệ thống để đảm bảo tính tương thích và khả năng thay thế lẫn nhau của các thiết bị. Trước hết, đặc tính vận hành của hệ thống được xác định qua các trạng thái hoạt động của các thiết bị chủ:

- STOP: Không truyền dữ liệu sử dụng giữa trạm chủ và trạm tớ, chỉ có thể chẩn đoán và tham số hóa.
- CLEAR: Trạm chủ đọc thông tin đầu vào từ các trạm tớ và giữ các đầu ra ở giá trị an toàn
- OPERATE: Trạm chủ ở chế độ trao đổi dữ liệu đầu vào và đầu ra tuần hoàn với các trạm tớ. Trạm chủ cũng thường xuyên gửi thông tin trạng thái của nó tới các trạm tớ sử dụng lệnh gửi đồng loạt vào các khoảng thời gian đặt trước.

Các hàm DP cơ sở cho phép đặt trạng thái làm việc cho hệ thống. Phản ứng của hệ thống đối với một lỗi xảy ra trong quá trình truyền dữ liệu của trạm chủ (ví dụ khi một trạm tớ có sự cố) được xác định bằng tham số cấu hình “auto-clear”. Nếu tham số này được chọn đặt, trạm chủ sẽ đặt đầu ra cho tất cả các trạm tớ của nó về trạng thái an toàn trong trường hợp một trạm tớ có sự cố, sau đó trạm chủ sẽ tự chuyển về trạng thái CLEAR. Nếu tham số này không được đặt, trạm chủ sẽ vẫn tiếp tục giữ ở trạng thái OPERATE.

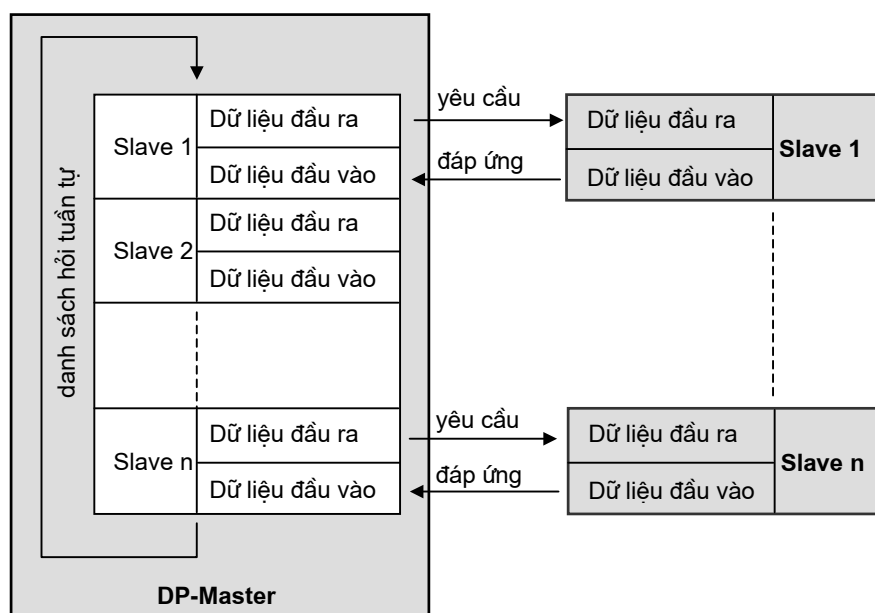
Trao đổi dữ liệu tuần hoàn

Trao đổi dữ liệu giữa trạm chủ và các trạm tớ gán cho nó được thực hiện tự động theo một trình tự qui định sẵn. Khi đặt cấu hình hệ thống bus, người sử dụng định nghĩa các trạm tớ cho một thiết bị DPM1, qui định các trạm tớ tham gia và các trạm tớ không tham gia trao đổi dữ liệu tuần hoàn.

Trước khi thực hiện trao đổi dữ liệu tuần hoàn, trạm chủ chuyển thông tin cấu hình và các tham số đã được đặt xuống các trạm tớ. Mỗi trạm tớ sẽ kiểm tra các thông tin về kiểu thiết bị, khuôn dạng và chiều dài dữ liệu, số lượng các đầu vào/ra. Chỉ khi thông tin cấu hình đúng với cấu hình thực của thiết bị và các tham số hợp lệ thì nó mới bắt đầu thực hiện trao đổi dữ liệu tuần hoàn với trạm chủ.

Trong mỗi chu kỳ, trạm chủ đọc các thông tin đầu vào lần lượt từ các trạm tớ lên bộ nhớ đệm cũng như đưa các thông tin đầu ra từ bộ nhớ đệm xuống lần lượt các trạm tớ theo một trình tự qui định sẵn trong danh sách (*polling list*). Mỗi trạm tớ cho phép truyền tối đa 246 Byte dữ liệu đầu vào và 246 Byte dữ liệu đầu ra. Nguyên tắc trao đổi dữ liệu tuần hoàn chủ/tớ được minh họa trên Hình 4.6.

Với mỗi trạm tớ, trạm chủ gửi một khung yêu cầu và chờ đợi một khung đáp ứng (bức điện trả lời hoặc xác nhận). Thời gian trạm chủ cần để xử lý một lượt danh sách hỏi tuần tự chính là chu kỳ bus. Đương nhiên, chu kỳ bus cần phải nhỏ hơn chu kỳ vòng quét của chương trình điều khiển. Thực tế, thời gian cần thiết để truyền 512 bit dữ liệu đầu vào và 512 bit dữ liệu đầu ra với 32 trạm và với tốc độ truyền 12Mbit/s nhỏ hơn 2ms.



Hình 4.6: Nguyên tắc trao đổi dữ liệu tuần hoàn Master/Slave

Mô hình DP-Slave hỗ trợ cấu trúc kiểu module của các thành viên. Mỗi module được xếp một số thứ tự khe cắm bắt đầu từ 1, riêng module có số thứ tự khe cắm 0 phục vụ việc truy nhập toàn bộ dữ liệu của thiết bị. Toàn bộ dữ liệu vào/ra của các module được chuyển chung trong một khối dữ liệu sử dụng của trạm tớ. Giao tiếp dữ liệu được giám sát bởi cả hai bên trạm chủ và trạm tớ. Bên trạm tớ sử dụng cảnh giới (*watchdog*) để giám sát việc giao tiếp với trạm chủ và sẽ đặt đầu ra về một giá trị an toàn, nếu nội trong một khoảng thời gian qui định không có dữ liệu từ trạm chủ đưa xuống.

Đồng bộ hóa dữ liệu vào/ra

Trong các giải pháp điều khiển sử dụng bus trường, một trong những vấn đề cần phải giải quyết là việc đồng bộ hóa các đầu vào và đầu ra. Một thiết bị chủ có thể đồng bộ hóa việc đọc các đầu vào cũng như đặt các đầu ra qua các bức điện gửi đồng loạt. Một trạm chủ có thể gửi đồng loạt (*broadcast, multicast*) lệnh điều khiển để đặt chế độ đồng bộ cho một nhóm trạm tớ như sau:

- Lệnh SYNC: Đưa một nhóm trạm tớ về chế độ đồng bộ hóa đầu ra. Ở chế độ này, đầu ra của tất cả các trạm tớ trong nhóm được giữ nguyên ở trạng thái hiện tại cho tới khi nhận được lệnh SYNC tiếp theo. Trong thời gian đó, dữ liệu đầu ra được lưu trong vùng nhớ đệm và chỉ được đưa ra sau khi (đồng loạt) nhận được lệnh SYNC tiếp theo. Lệnh UNSYNC sẽ đưa các trạm tớ về chế độ bình thường (đưa đầu ra tức thì).
- Lệnh FREEZE: Đưa một nhóm các trạm tớ về chế độ đồng bộ hóa đầu vào. Ở chế độ này, tất cả các trạm tớ trong nhóm được chỉ định không được phép cập nhật vùng nhớ đệm dữ liệu đầu vào, cho tới khi (đồng loạt) nhận được lệnh FREEZE tiếp theo. Trong thời gian đó trạm chủ vẫn có thể đọc giá trị đầu vào (không thay đổi) từ vùng nhớ đệm của các trạm tớ. Lệnh UNFREEZE sẽ đưa các trạm tớ về chế độ bình thường (đọc đầu vào tức thì).

Tham số hóa và chẩn đoán hệ thống

Trong trường hợp có thông tin chẩn đoán, ví dụ báo cáo trạng thái vượt ngưỡng hay các báo động khác, một DP-Slave có thể thông báo cho trạm chủ của nó qua bức điện trả lời. Nhận được thông báo, trạm chủ sẽ có trách nhiệm tra hỏi trạm tớ liên quan về các chi tiết thông tin chẩn đoán.

Để thực hiện truyền nạp các bộ tham số hoặc đọc các tập dữ liệu tương đối lớn, PROFIBUS-DP cung cấp các dịch vụ không tuần hoàn là DDLM_Read và DDLM_Write. Trong mỗi chu kỳ bus, trạm chủ chỉ cho phép thực hiện được một dịch vụ. Tốc độ trao đổi dữ liệu tuần hoàn vì thế không bị ảnh hưởng đáng kể. Dữ liệu không tuần hoàn được định địa chỉ qua số thứ tự của khe cắm và chỉ số của tập dữ liệu thuộc khe cắm đó. Mỗi khe cắm cho phép truy nhập tối đa là 256 tập dữ liệu.

Các hàm chẩn đoán của DP cho phép định vị lỗi một cách nhanh chóng. Các thông tin chẩn đoán được truyền qua bus và thu thập tại trạm chủ. Các thông báo này được phân chia thành ba cấp:

- Chẩn đoán trạm: Các thông báo liên quan tới trạng thái hoạt động chung của cả trạm, ví dụ tình trạng quá nhiệt hoặc sụt áp
- Chẩn đoán module: Các thông báo này chỉ thị lỗi nằm ở một khoảng vào/ra nào đó của một module
- Chẩn đoán kênh: Trường hợp này, nguyên nhân của lỗi nằm ở một bit vào/ra (một kênh vào/ra) riêng biệt.

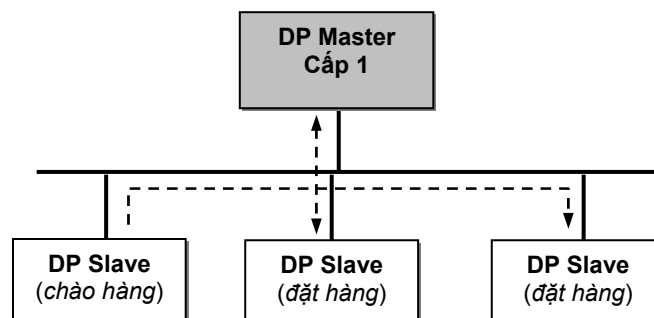
Ngoài ra, phiên bản DP-V1 còn mở rộng thêm hai loại thông báo chẩn đoán nữa là:

- Thông báo cảnh báo/báo động liên quan tới các biến quá trình, trạng thái cập nhật dữ liệu và các sự kiện tháo/lắp module thiết bị.
- Thông báo trạng thái phục vụ mục đích bảo trì phòng ngừa, đánh giá thống kê số liệu,...

Giao tiếp trực tiếp giữa các trạm tớ (DXB)

Trao đổi dữ liệu giữa các trạm tớ là một yêu cầu thiết thực đối với cấu trúc điều khiển phân tán thực sự sử dụng các thiết bị trường thông minh. Như ta đã biết, cơ chế giao tiếp chủ-tớ thuần túy làm giảm hiệu suất trao đổi dữ liệu cho trường hợp này. Chính vì thế, phiên bản DP-V2 đã bổ sung một cơ chế trao đổi dữ liệu trực tiếp theo kiểu chào hàng/đặt hàng giữa các trạm tớ.

Như trên *Hình 4.7* minh họa, một trạm tớ (ví dụ một cảm biến) có thể đóng vai trò là “nhà xuất bản” hay “nhà cung cấp” dữ liệu. Khối dữ liệu sẽ được gửi đồng loạt tới tất cả các trạm tớ (ví dụ một van điều khiển, một biến tần) đã đăng ký với vai trò “người đặt hàng” mà không cần đi qua trạm chủ. Với cơ chế này, không những hiệu suất sử dụng đường truyền được nâng cao, mà tính năng đáp ứng của hệ thống còn được cải thiện rõ rệt. Điều này đặc biệt quan trọng đối với các ứng dụng đòi hỏi tính năng thời gian thực ngặt nghèo, hoặc đối với các ứng dụng sử dụng kỹ thuật truyền dẫn tốc độ thấp (ví dụ MBP).



Hình 4.7: Giao tiếp trực tiếp giữa các trạm tớ

Chế độ đẳng thời

Đối với một số ứng dụng như điều khiển truyền động điện, điều khiển chuyển động, cơ chế giao tiếp theo kiểu hỏi tuần tự hoặc giao tiếp trực tiếp tớ-tớ chưa thể đáp ứng được đòi hỏi cao về tính năng thời gian thực. Vì vậy, phiên bản DP-V2 bổ sung chế độ đẳng thời (*isochronous mode*), cho phép thực hiện giao tiếp theo cơ chế chủ/tớ kết hợp với TDMA. Nhờ một thông báo điều khiển toàn cục gửi đồng loạt, toàn bộ các trạm trong mạng được đồng bộ hóa thời gian với độ chính xác tới micro-giây. Việc giao tiếp được thực hiện theo một lịch trình đặt trước, không phụ thuộc vào tải tức thời trên bus. Do hạn chế được độ rung (*jitter*), cơ chế này cho phép phối hợp hoạt động một cách chặt chẽ và nhịp nhàng giữa các trạm trên bus. Một ví dụ ứng dụng tiêu biểu là bài toán điều khiển chuyển động, trong đó trạm chủ đóng vai trò bộ điều khiển vị trí và một số trạm tớ là các biến tần với chức năng điều khiển tốc độ động cơ.

4.1.8 PROFIBUS-PA

PROFIBUS-PA (*Process Automation*) là một thể loại bus trường thích hợp cho các hệ thống điều khiển trong các ngành công nghiệp chế biến, đặc biệt là trong hóa chất và hóa dầu. Thực chất, PROFIBUS-PA là một sự mở rộng của PROFIBUS-DP với kỹ thuật truyền dẫn MBP theo IEC 1158-2 cũ và một số qui định chuyên biệt (*profile*) về thông số và đặc tính của cho các thiết bị trường. Các qui định chuyên biệt này tạo điều kiện cho khả năng tương tác và thay thế lẫn nhau giữa các thiết bị của nhiều nhà sản xuất khác nhau. Việc mô tả các chức năng và đặc tính hoạt động của các thiết bị dựa mô hình khối chức năng quen thuộc. Xét về mặt kỹ thuật, PROFIBUS-PA không những hoàn toàn có thể thay thế các phương pháp truyền tín hiệu với 4-20 mA hoặc HART, mà còn đem lại nhiều ưu thế của một hệ thống bus trường.

Với khả năng đồng tải nguồn, PROFIBUS-PA cho phép nối mạng các thiết bị đo lường và điều khiển tự động trong các ứng dụng công nghiệp chế biến bằng một cáp đôi dây xoắn duy nhất, sử dụng tốc độ truyền cố định là 31.25 kbit/s. PROFIBUS-PA cũng cho phép thực hiện bảo trì, bảo dưỡng cũng như thay thế các trạm thiết bị trong khi vận hành. Đặc biệt, PROFIBUS-PA được phát triển để thích hợp sử dụng trong các khu vực nguy hại, dễ cháy nổ thuộc kiểu bảo vệ “an toàn riêng”⁴ (Ex ia/ib) hoặc “đóng kín”⁵ (Ex d).

Kiến trúc giao thức

Xét theo mô hình qui chiếu OSI, PROFIBUS-PA giống hoàn toàn PROFIBUS-DP từ lớp liên kết dữ liệu (FDL) trở lên. Vì vậy việc ghép nối giữa hai hệ thống có thể thực hiện đơn giản qua các bộ chuyển đổi (*DP/PA-Link* hoặc *DP/PA-Coupler*), như được minh họa trên *Hình 4.8*. Mỗi thiết bị trường PA cũng được coi như một DP-Slave. Các giá trị đo, giá trị điều khiển và trạng thái của các thiết bị trường PA trao đổi tuần hoàn với DP-Master (DPM1) qua các chức năng DP cơ sở (DP-V0). Mặt khác, các dữ liệu không tuần hoàn như tham số thiết bị, chế độ vận hành, thông tin bảo dưỡng và chẩn đoán được trao đổi với các công cụ phát triển (DPM2) qua các chức năng DP mở rộng (DP-V1). Bên cạnh các chức năng DP chuẩn, PA còn bổ sung một hàm quản trị hệ thống có đồng bộ hóa thời gian.

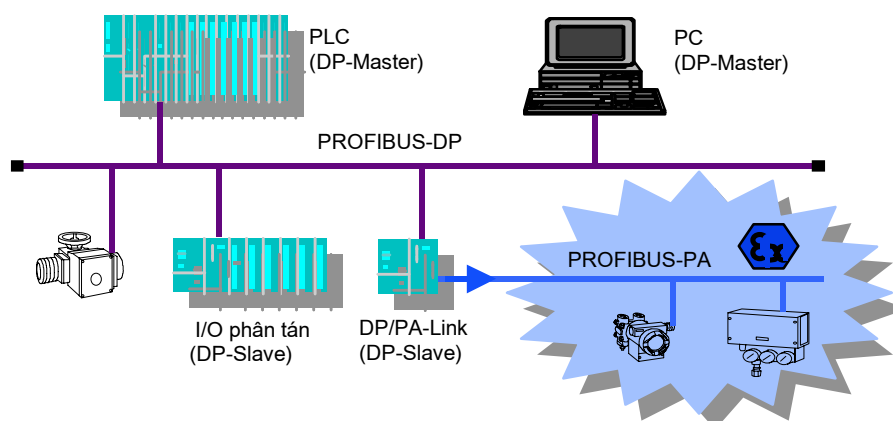
Giao diện bus an toàn riêng (Ex ia/ib)

Các yêu cầu cụ thể đặt ra cho một giao diện bus PROFIBUS-PA an toàn riêng bao gồm:

- Một đoạn mạng chỉ được phép có một nguồn nuôi tích cực.
- Mỗi trạm tiêu thụ một dòng cơ sở cố định ($\geq 10\text{mA}$) ở trạng thái xác lập.
- Mỗi trạm được coi như một tải tiêu thụ dòng thụ động, điện cảm và điện dung nội bộ qua được.
- Mỗi trạm khi phát tín hiệu đi không được phép nạp thêm nguồn vào đường bus.

⁴ “intrinsically safe”

⁵ “encapsulation”



Hình 4.8: Cấu hình ghép nối PROFIBUS-DP/PA

PA-Profile

PA-Profile hỗ trợ khả năng tương tác và thay thế lẫn nhau giữa các thiết bị của nhiều nhà sản xuất khác nhau. Các thiết bị trường PA được chia thành hai loại, dựa theo các profile như sau:

- *Profile cấp A*: Qui định đặc tính và chức năng cho các thiết bị đơn giản như các cảm biến nhiệt độ, áp suất, đo mức hoặc lưu lượng và các cơ cấu truyền động. Các giá trị cũng như tham số có thể truy nhập là giá trị và trạng thái biến quá trình, đơn vị đo, phạm vi làm việc, giới hạn trễ (*hysteresis*) và ngưỡng cảnh báo.
- *Profile cấp B*: Qui định đặc tính và chức năng cho các thiết bị có chức năng phức hợp, hay còn gọi là các thiết bị trường thông minh. Bên cạnh các chức năng của cấp A, các chức năng này bao hàm khả năng gán địa chỉ tự động, đồng bộ hóa thời gian, cơ sở dữ liệu phân tán, tự mô tả thiết bị qua ngôn ngữ DDL (*Device Description Language*) và lập lịch khối chức năng.

Các khối PA

PA-Profile sử dụng mô hình khối để mô tả các chức năng và tham số thiết bị. Mỗi khối đại diện cho một chức năng sử dụng, ví dụ vào hoặc ra tương tự. Các khối chức năng có thể được liên kết logic với nhau qua các đầu vào và đầu ra, tạo ra một chương trình ứng dụng. Trên thực tế, một mối liên kết logic giữa hai khối chức năng thuộc hai trạm thiết bị sẽ được thực hiện bằng một mối liên kết truyền thông của hệ thống bus.

Ba loại khối đặc thù cho các thiết bị PA là:

- Khối vật lý (*physical block*) chứa các thông tin chung của một thiết bị như tên thiết bị, nhà sản xuất, chủng loại, mã số serie.
- Khối biến đổi (*transducer block*) chứa các tham số cần thiết cho việc ghép nối một thiết bị trường với quá trình kỹ thuật, ví dụ các thông tin phục vụ chỉnh định (*calibration*) và chẩn đoán vào/ra.

- Khối chức năng có trách nhiệm thực hiện chức năng vào/ra (AI, AO, DI, DO) nằm trong một sách lược điều khiển.

Các khối được các nhà sản xuất thực hiện và tích hợp trong các thiết bị trường. Các công cụ phát triển có thể truy nhập các khối, đặt tham số và liên kết chúng với nhau tạo nên các chương trình ứng dụng.

4.1.9 Tài liệu tham khảo

- [1] Chuẩn DIN 19245: *PROFIBUS-Norm*. Beuth-Verlag, Berlin, 1995.
- [2] Chuẩn EN 50170 (Vol. 2): *PROFIBUS Specification, Normative Parts*. PROFIBUS International, 1998.
- [3] Chuẩn IEC 61158 (Part 2-6): *Digital data communications for measurement and control - Fieldbus for use in industrial control systems*.
- [4] K. Bender: *PROFIBUS - Der Feldbus für die Automation*. 2. Auflage, Hanser-Verlag, München 1992.
- [5] PROFIBUS International: *PROFIBUS Technical Overview*. PROFIBUS International, 1999. www.profibus.com.
- [6] PROFIBUS International: *PROFIBUS Technology and Application*. PROFIBUS International, 2003. www.profibus.com.
- [7] Jonas Berge: *Fieldbuses for Process Control: Engineering, Operation and Maintenance*. ISA, 2002.

4.2 Modbus

Modbus là một giao thức do hãng Modicon (sau này thuộc AEG và Schneider Automation) phát triển. Theo mô hình ISO/OSI thì Modbus thực chất là một chuẩn giao thức và dịch vụ thuộc lớp ứng dụng, vì vậy có thể được thực hiện trên các cơ chế vận chuyển cấp thấp như TCP/IP, MAP (*Manufacturing Message Protocol*), Modbus Plus và ngay cả qua đường truyền nối tiếp RS-232.

Modbus định nghĩa một tập hợp rộng các dịch vụ phục vụ trao đổi dữ liệu quá trình, dữ liệu điều khiển và dữ liệu chẩn đoán. Tất cả các bộ điều khiển của Modicon đều sử dụng Modbus là ngôn ngữ chung. Modbus mô tả quá trình giao tiếp giữa một bộ điều khiển với các thiết bị khác thông qua cơ chế yêu cầu/đáp ứng. Vì lý do đơn giản nên Modbus có ảnh hưởng tương đối mạnh đối với các hệ PLC của các nhà sản xuất khác. Cụ thể, trong mỗi PLC người ta cũng có thể tìm thấy một tập hợp con các dịch vụ đã đưa ra trong Modbus. Đặc biệt trong các hệ thống thu thập dữ liệu và điều khiển giám sát (SCADA), Modbus hay được sử dụng trên các đường truyền RS-232 ghép nối giữa các thiết bị dữ liệu đầu cuối (PLC, PC, RTU) với thiết bị truyền dữ liệu (Modem).

4.2.1 Cơ chế giao tiếp

Cơ chế giao tiếp ở Modbus phụ thuộc vào hệ thống truyền thông cấp thấp. Cụ thể, có thể phân chia ra hai loại là mạng Modbus chuẩn và Modbus trên các mạng khác (ví dụ TCP/IP, Modbus Plus, MAP).

Mạng Modbus chuẩn

Các cổng Modbus chuẩn trên các bộ điều khiển của Modicon cũng như một số nhà sản xuất khác sử dụng giao diện nối tiếp RS-232C. Các bộ điều khiển này có thể được nối mạng trực tiếp hoặc qua modem. Các trạm Modbus giao tiếp với nhau qua cơ chế chủ/tớ (Master/Slave), trong đó chỉ một thiết bị chủ có thể chủ động gửi yêu cầu, còn các thiết bị tớ sẽ đáp ứng bằng dữ liệu trả lại hoặc thực hiện một hành động nhất định theo như yêu cầu. Các thiết bị chủ thông thường là các máy tính điều khiển trung tâm và các thiết bị lập trình, trong khi các thiết bị tớ có thể là PLC hoặc các bộ điều khiển số chuyên dụng khác.

Một trạm chủ có thể gửi thông báo yêu cầu tới riêng một trạm tớ nhất định, hoặc gửi thông báo đồng loạt (broadcast) tới tất cả các trạm tớ. Chỉ trong trường hợp nhận được yêu cầu riêng, các trạm tớ mới gửi thông báo đáp ứng trả lại trạm chủ. Trong một thông báo yêu cầu có chứa địa chỉ trạm nhận, mã hàm dịch vụ bên nhận cần thực hiện, dữ liệu đi kèm và thông tin kiểm lỗi.

Modbus trên các mạng khác

Với một số mạng như Modbus Plus và MAP sử dụng Modbus là giao thức cho lớp ứng dụng, các thiết bị có thể giao tiếp theo cơ chế riêng của mạng đó. Ví dụ trong giao tiếp tay đôi (*Peer-to-Peer*), mỗi bộ điều khiển có thể đóng vai trò là chủ hoặc tớ trong các lần giao dịch (một chu kỳ yêu cầu-đáp ứng) khác nhau. Một trạm có thể cùng một

lúc có quan hệ logic với nhiều đối tác, vì vậy nó có thể đồng thời đóng vai trò là chủ và tớ trong các giao dịch khác nhau.

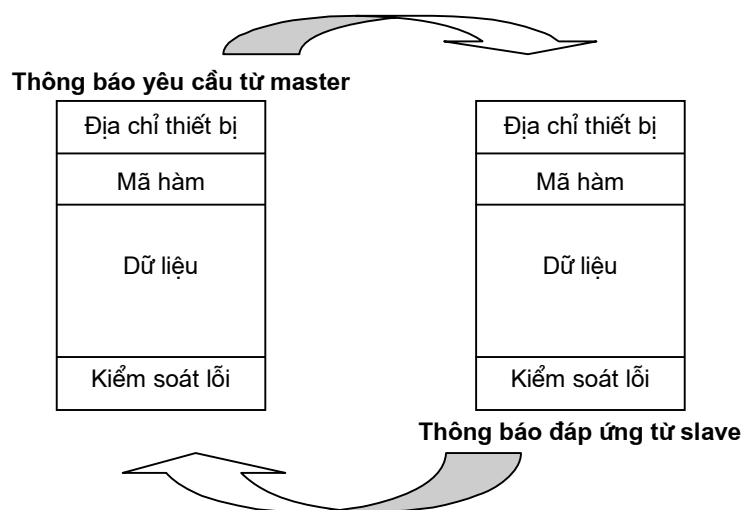
Nhìn nhận ở mức giao tiếp thông báo, giao thức Modbus vẫn tuân theo nguyên tắc chủ/tớ mặc dù phương pháp giao tiếp mạng cấp thấp có thể là tay đôi. Khi một bộ điều khiển gửi một yêu cầu thông báo thì nó đóng vai trò là chủ và chờ đợi đáp ứng từ một thiết bị tớ. Ngược lại, một bộ điều khiển sẽ đóng vai trò là tớ nếu nó nhận được thông báo yêu cầu từ một trạm khác và phải gửi trả lại đáp ứng.

Chu trình yêu cầu-đáp ứng

Giao thức Modbus định nghĩa khuôn dạng của thông báo yêu cầu cũng như của thông báo đáp ứng, như được minh họa trên *Hình 4.9*.

Một thông báo yêu cầu bao gồm các phần sau:

- Địa chỉ trạm nhận yêu cầu (0-247), trong đó 0 là địa chỉ gửi đồng loạt.
- Mã hàm gọi chỉ thị hành động trạm tớ cần thực hiện theo yêu cầu. Ví dụ, mã hàm 03 yêu cầu trạm tớ đọc nội dung các thanh ghi lưu dữ và trả lại kết quả.
- Dữ liệu chứa các thông tin bổ sung mà trạm tớ cần cho việc thực hiện hàm được gọi. Trong trường hợp đọc thanh ghi, dữ liệu này chỉ rõ thanh ghi đầu tiên và số lượng các thanh ghi cần đọc.
- Thông tin kiểm lỗi giúp trạm tớ kiểm tra độ vẹn toàn của nội dung thông báo nhận được.



Hình 4.9: Chu trình yêu cầu-đáp ứng Modbus

Thông báo đáp ứng cũng bao gồm các thành phần giống như thông báo yêu cầu. Địa chỉ ở đây là của chính trạm tớ đã thực hiện yêu cầu và gửi lại đáp ứng. Trong trường hợp bình thường, mã hàm được giữ nguyên như trong thông báo yêu cầu và dữ liệu chứa kết quả thực hiện hành động, ví dụ nội dung hoặc trạng thái các thanh ghi. Nếu

xảy ra lỗi, mã hàm quay lại được sửa để chỉ thị đáp ứng là một thông báo lỗi, còn dữ liệu mô tả chi tiết lỗi đã xảy ra. Phần kiểm lỗi giúp trạm chủ xác định độ chính xác của nội dung thông báo nhận được.

4.2.2 Chế độ truyền

Khi thực hiện Modbus trên các mạng khác như Modbus Plus hoặc MAP, các thông báo Modbus được đưa vào các khung theo giao thức vận chuyển/liên kết dữ liệu cụ thể. Ví dụ, một lệnh yêu cầu đọc nội dung các thanh ghi có thể được thực hiện giữa hai bộ điều khiển ghép nối qua Modbus Plus.

Đối với các thiết bị ghép nối qua mạng Modbus chuẩn, có thể sử dụng một trong hai chế độ truyền là ASCII hoặc RTU. Người sử dụng lựa chọn chế độ theo ý muốn, cùng với các tham số truyền thông qua cổng nối tiếp như tốc độ truyền, parity chẵn/lẻ, v.v... Chế độ truyền cũng như các tham số phải giống nhau đối với tất cả các thành viên của một mạng Modbus.

Chế độ ASCII

Khi các thiết bị trong một mạng Modbus chuẩn giao tiếp với chế độ ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*), mỗi byte trong thông báo được gửi thành hai ký tự ASCII 7 bit, trong đó mỗi ký tự biểu diễn một chữ số hex. Ưu điểm của chế độ truyền này là nó cho phép một khoảng thời gian trống tối đa một giây giữa hai ký tự mà không gây ra lỗi. Cấu trúc một ký tự khung gửi đi được thể hiện như sau:

Start	0	1	2	3	4	5	6	P	Stop
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	------

Mỗi ký tự khung bao gồm

- 1 bit khởi đầu (Startbit)
- 7 bit biểu diễn một chữ số hex của byte cần gửi dưới dạng ký tự ASCII (0-9 và A-F), trong đó bit thấp nhất được gửi đi trước
- 1 bit parity chẵn/lẻ, nếu sử dụng parity
- 1 bit kết thúc (Stopbit) nếu sử dụng parity hoặc 2 bit kết thúc nếu không sử dụng parity

Chế độ RTU

Khi các thiết bị trong một mạng Modbus chuẩn được đặt chế độ RTU (*Remote Terminal Unit*), mỗi byte trong thông báo được gửi thành một ký tự 8 bit. Ưu điểm chính của chế độ truyền này so với chế độ ASCII là hiệu suất cao hơn. Tuy nhiên, mỗi thông báo phải được truyền thành một dòng liên tục. Cấu trúc một ký tự khung gửi đi được thể hiện như sau:

Start	0	1	2	3	4	5	6	7	P	Stop
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------

Mỗi ký tự khung bao gồm

- 1 bit khởi đầu (*start bit*)
- 8 bit của byte thông báo cần gửi, trong đó bit thấp nhất được gửi đi trước
- 1 bit parity chẵn/lẻ nếu sử dụng parity và
- 1 bit kết thúc (*stop bit*) nếu sử dụng parity hoặc 2 bit kết thúc nếu không sử dụng parity.

4.2.3 Cấu trúc bức điện

Một thông báo Modbus bao gồm nhiều thành phần và có chiều dài có thể khác nhau. Trong một mạng Modbus chuẩn, nếu một trong hai chế độ truyền (ASCII hoặc RTU) được chọn, một thông báo sẽ được đóng khung. Mỗi khung bao gồm nhiều ký tự khung có cấu trúc như được mô tả ở phần trên. Các ký tự này sẽ được truyền đi liên tục thành dòng ở chế độ RTU, hoặc có thể gián đoạn với khoảng cách thời gian tối đa một giây ở chế độ ASCII. Mục đích của việc đóng khung là để đánh dấu khởi điểm và kết thúc của một thông báo, cũng như bổ sung thông tin kiểm lỗi. Trường hợp thông báo không được truyền trọn vẹn có thể phát hiện được và báo lỗi.

Hai chế độ truyền ASCII và RTU không những chỉ khác nhau ở cách mã hóa thông tin gửi đi và cấu trúc ký tự khung, mà còn khác nhau ở cấu trúc một bức điện gửi đi - hay nói cách khác là cấu trúc khung thông báo, cũng như biện pháp kiểm lỗi.

Trong một mạng khác như MAP hay Modbus Plus, giao thức mạng có qui định riêng về cấu trúc khung thông báo. Hình thức định địa chỉ và phương thức truyền cũng hoàn toàn do giao thức mạng cụ thể định nghĩa, vì vậy phần địa chỉ nằm trong một thông báo Modbus có thể trở nên không cần thiết trong quá trình truyền dẫn. Tuy nhiên, một địa chỉ Modbus sẽ được chuyển đổi thành một địa chỉ trạm tương ứng của mạng phía dưới.

Khung ASCII

Trong chế độ ASCII, một thông báo bắt đầu với dấu hai chấm (:), tức ký tự ASCII 3A, và kết thúc bằng hai dấu quay lại-xuống dòng (CRLF), tức hai ký tự ASCII 0D và 0A (Hình 4.10). Mỗi byte trong thông báo được truyền đi bằng hai ký tự ASCII, vì vậy các ký tự được phép xuất hiện trong các phần còn lại của khung là 0-9 và A-F.

Khởi đầu	Địa chỉ	Mã hàm	Dữ liệu	Mã LCR	Kết thúc
1 Ký tự :	2 Ký tự	2 Ký tự	n Ký tự	2 Ký tự	2 Ký tự CR + LF

Hình 4.10: Khung thông báo Modbus chế độ ASCII

Mỗi thiết bị tham gia mạng có trách nhiệm liên tục theo dõi đường truyền và phát hiện sự xuất hiện của dấu hai chấm. Khi dấu hai chấm nhận được thì hai ký tự tiếp theo sẽ mang địa chỉ của thiết bị được yêu cầu nhận thông báo hoặc thiết bị đã gửi thông báo đáp ứng. Khoảng cách thời gian tối đa cho phép giữa hai ký tự trong một thông báo là một giây. Nếu vượt quá giá trị này, bên nhận sẽ coi là lỗi.

Khung ASCII sử dụng phương pháp LRC (*Longitudinal Redundancy Check*) để cho việc kiểm lỗi. Chi tiết về phương pháp này sẽ được mô tả trong chương mục tiếp theo (*Bảo toàn dữ liệu*).

Khung RTU

Trong chế độ RTU, một thông báo bắt đầu với một khoảng trống yên lặng tối thiểu là 3.5 thời gian ký tự. Thực tế, người ta chọn thời gian đó bằng một số nguyên lần thời gian ký tự, như được biểu thị bằng dãy (- - -) trên *Hình 4.11*. Ô đầu tiên được truyền sẽ là 8 bit địa chỉ, sau đó đến 8 bit mã hàm, một số byte tùy ý dữ liệu và cuối cùng là thông tin kiểm lỗi CRC. Sau khi truyền ký tự cuối của mã CRC, khung thông báo cũng phải được kết thúc bằng một khoảng trống yên lặng tối thiểu là 3.5 thời gian ký tự, trước khi bắt đầu một thông báo mới. Thực chất, khoảng trống kết thúc của một thông báo cũng có thể chính là phần khởi đầu bắt buộc của thông báo tiếp theo.

Khởi đầu	Địa chỉ	Mã hàm	Dữ liệu	Mã CRC	Kết thúc
(- - -)	8 bit	8 bit	n x 8 bit	16 bit	(- - -)

Hình 4.11: Khung thông báo Modbus chế độ RTU

Khác với chế độ ASCII, toàn bộ khung thông báo RTU phải được truyền thành một dòng liên tục. Nếu một khoảng trống yên lặng lớn hơn 1.5 thời gian ký tự xuất hiện trước khi truyền xong toàn bộ khung, thiết bị nhận sẽ hủy bỏ thông báo chưa đầy đủ đó và cho rằng byte tiếp theo sẽ là địa chỉ của một thông báo mới.

Địa chỉ

Phần địa chỉ trong một khung thông báo bao gồm hai ký tự (ASCII) hoặc tám bit (RTU). Các giá trị địa chỉ hợp lệ nằm trong khoảng 0-247, trong đó địa chỉ 0 dành riêng cho các thông báo gửi đồng loạt tới tất cả các trạm tớ. Nếu Modbus được sử dụng trên một mạng khác, có thể phương thức gửi đồng loạt không được hỗ trợ, hoặc được thay thế bằng một phương pháp khác. Ví dụ, Modbus Plus sử dụng một cơ sở dữ liệu toàn cục, được cập nhật trong mỗi chu kỳ quay vòng token.

Một thiết bị chủ sử dụng ô địa chỉ để chỉ định thiết bị tớ nhận thông báo yêu cầu. Sau khi thực hiện yêu cầu, thiết bị tớ đưa địa chỉ của mình vào khung thông báo đáp ứng, nhờ vậy thiết bị chủ có thể xác định thiết bị tớ nào đã trả lời. Trong một mạng Modbus chuẩn chỉ có một trạm chủ duy nhất, vì thế ô địa chỉ không cần thiết phải chứa cả địa chỉ trạm gửi và trạm nhận.

Mã hàm

Giống như địa chỉ, phần mã hàm trong một khung thông báo bao gồm hai ký tự (ASCII) hoặc tám bit (RTU). Các giá trị hợp lệ nằm trong khoảng từ 1-255, trong đó các mã hàm trong thông báo yêu cầu chỉ được phép từ 1-127. Tuy nhiên, hầu hết các thiết bị chỉ hỗ trợ một phần nhỏ số hàm trên và một số mã hàm được dự trữ cho sau này. Một số hàm tiêu biểu được liệt kê trong bảng 4.8.

Khi một thông báo gửi từ thiết bị chủ tới một thiết bị tớ, mã hàm chỉ định hành động mà thiết bị tớ cần thực hiện. Khi thiết bị tớ trả lời, nó cũng dùng chính mã hàm đó trong

thông báo đáp ứng bình thường. Trong trường hợp xảy ra lỗi, mã hàm trả lại sẽ là mã hàm trong yêu cầu với bit cao nhất được đặt bằng 1 và phần dữ liệu sẽ chứa thông tin chi tiết về lỗi đã xảy ra.

Dữ liệu

Trong một thông báo yêu cầu, nội dung phần dữ liệu nói lên chi tiết hành động mà bên nhận cần thực hiện. Ví dụ trong một yêu cầu đọc các thanh ghi thì phần dữ liệu chứa thông tin về địa chỉ thanh ghi đầu tiên, số lượng các thanh ghi cần đọc và chiều dài thực tế của chính phần dữ liệu.

Trong trường hợp bình thường, phần dữ liệu trong thông báo đáp ứng sẽ chứa kết quả của hành động đã thực hiện, ví dụ nội dung các thanh ghi đã đọc. Nếu xảy ra lỗi, phần dữ liệu chứa mã ngoại lệ, nhờ đó mà thiết bị chủ xác định hành động tiếp theo cần thực hiện. Lưu ý rằng, một số hàm không đòi hỏi tham số, vì vậy phần dữ liệu có thể trống.

4.2.4 Bảo toàn dữ liệu

Mạng Modbus chuẩn sử dụng hai biện pháp bảo toàn dữ liệu ở hai mức: kiểm soát khung thông báo và kiểm soát ký tự khung. Đối với hai chế độ truyền ASCII hay RTU, có thể lựa chọn kiểm tra bit chẵn/lẻ cho từng ký tự khung. Hơn thế nữa, cả khung thông báo lại được kiểm soát một lần nữa bằng mã LRC (chế độ ASCII) hoặc mã CRC (chế độ RTU).

Khi đặt cấu hình cho một thiết bị chủ, có thể chọn một khoảng thời gian timeout mà nó có thể chờ đợi đáp ứng từ trạm tớ. Khoảng thời gian này cần phải đủ lớn để bất cứ thiết bị tớ nào cũng có thể trả lời trong điều kiện bình thường. Trường hợp thiết bị tớ phát hiện lỗi ở thông báo yêu cầu, nó sẽ không trả lời. Vì thế thiết bị chủ cũng tự động nhận biết lỗi và chương trình chủ sẽ có trách nhiệm thực hiện các hành động cần thiết. Lưu ý rằng, một thông báo gửi tới địa chỉ một trạm không tồn tại cũng sẽ gây ra timeout.

Các mạng khác như MAP hoặc Modbus Plus sử dụng biện pháp kiểm lỗi riêng cho cả khung (bao gồm cả nội dung thông báo Modbus), vì vậy các ô CRC hoặc LRC không được đưa vào trong khung thông báo Modbus nguyên bản. Trong trường hợp xảy ra lỗi truyền, giao thức mạng cụ thể sẽ báo với thiết bị gửi và cho phép thực hiện gửi lại. Nếu thông báo được gửi tới đích nhưng trạm tớ không thể trả lời, lỗi timeout cũng sẽ được chương trình chủ phát hiện.

Kiểm soát LRC

Trong chế độ ASCII, phần thông tin kiểm lỗi của khung thông báo dựa trên phương pháp LRC (*Longitudinal Redundancy Check*). Dãy bit nguồn được áp dụng để tính mã LRC bao gồm phần địa chỉ, mã hàm và phần dữ liệu. Các ô khởi đầu cũng như kết thúc khung không tham gia vào tính toán. Mã LRC ở đây dài 8 bit (truyền hai ký tự ASCII), được tính bằng cách cộng đại số toàn bộ các byte của dãy bit nguồn (không để ý tới tràn), sau đó lấy phần bù hai của kết quả.

Kiểm soát CRC

Mã CRC được áp dụng trong chế độ RTU dài 16 bit. Đa thức phát được sử dụng $G = 1010\ 0000\ 0000\ 0001$. Khi đưa vào khung thông báo, byte thấp của mã CRC được gửi đi trước, tiếp sau là byte cao.

4.2.5 Tài liệu tham khảo

- [1] *Modicon Modbus Protocol Reference Guide PI-MBUS-300*, Rev. J. Modicon, Inc. (Schneider Automation), 1996.

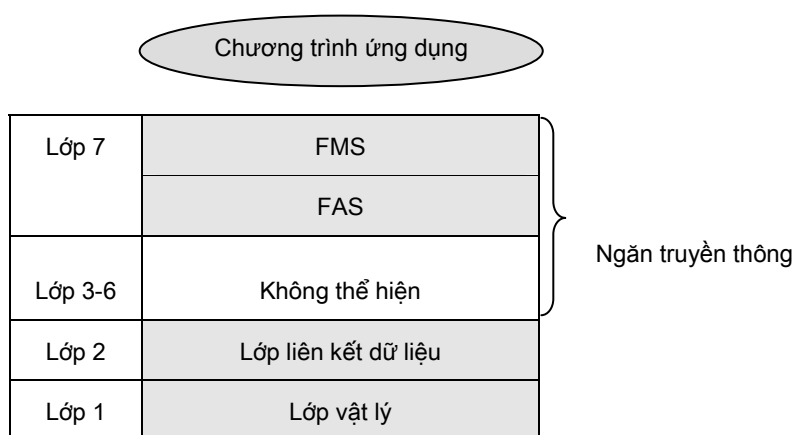
4.3 Foundation Fieldbus

Sự xuất hiện của nhiều hệ bus trường khác nhau dẫn đến việc ra đời của hai tổ chức ISP và WorldFIP vào năm 1993, với cùng mục đích là xây dựng một chuẩn bus trường thống nhất. Trong khi ISP về cơ bản dựa trên nền tảng là PROFIBUS, WorldFIP đại diện cho giới sản xuất và sử dụng các sản phẩm FIP. Cuối năm 1994, các thành phần đại diện phía Bắc Mỹ trong hai tổ chức này đi tới thống nhất thành lập hiệp hội mang tên *Fieldbus Foundation* (FF) nhằm chấm dứt sự phân nhánh trong việc xây dựng chuẩn. Tuy nhiên, các tư tưởng đại diện trong tổ chức mới này không dựa hẳn vào PROFIBUS hay FIP, mà hướng tới một hệ bus trường mới sử dụng lớp vật lý theo IEC 1158-2. Điều này dẫn tới việc các thành phần đại diện châu Âu đã rút lui và quay trở lại với hệ thống của họ trong khuôn khổ PNO (*PROFIBUS Nutzerorganisation*) cũng như WorldFIP.

Hiện nay Fieldbus Foundation có hơn 130 công ty thành viên trên khắp thế giới, chiếm đại đa số các nhà cung cấp thiết bị đo lường và điều khiển. Hệ thống bus trường được phát triển trong khuôn khổ của FF được gọi là *Foundation Fieldbus*. Trong dự định phát triển, hệ bus này sẽ hỗ trợ 3 loại mạng với các tốc độ truyền 31,25 kbit/s, 1 Mbit/s và 2,5 Mbit/s. Tuy nhiên, cho đến nay chỉ loại mạng 31,25 kbit/s - còn gọi là H1 - mới có đầy đủ các đặc tả và được chuẩn hóa trong IEC 61158. Các phiên bản tốc độ cao hơn được thay thế bằng High-Speed Ethernet (HSE) cũng được chuẩn hóa trong IEC 61158. Tương tự như PROFIBUS-PA, phạm vi ứng dụng tiêu biểu của H1 là các ngành công nghiệp chế biến. Các công ty lớn như ABB, Fisher-Rosemount (Emerson Process Management), Honeywell, National Instruments, Endress+Hauser và Yokogawa đều có hàng loạt sản phẩm hỗ trợ. Phần trình bày trong mục này cũng chỉ đề cập tới mạng H1, mạng HSE sẽ được nói tới trong mục 4.8.

4.3.1 Kiến trúc giao thức

Công nghệ Foundation Fieldbus bao gồm lớp vật lý, “ngăn” truyền thông (*Communication “Stack”*) và các chương trình ứng dụng (*User Application*), trong đó ngăn truyền thông tương ứng với lớp 2 và lớp 7 theo mô hình OSI (*Hình 4.12*). Cũng như nhiều hệ bus trường khác, các lớp 3-6 không được thực hiện.



Hình 4.12: Kiến trúc giao thức Foundation Fieldbus

Lớp vật lý được thực hiện dựa theo chuẩn IEC 1158-2 (nay là IEC 61158-2) và ISA S50.02-1992. Lớp liên kết dữ liệu dựa trên chuẩn IEC/ISA DLL. Lớp ứng dụng thực hiện các dịch vụ *Fieldbus Message Specification* (FMS) giống như PROFIBUS (xem 4.1.6). Lớp con FAS (*Fieldbus Access Sublayer*) có chức năng liên kết FMS với lớp liên kết dữ liệu. Các chương trình ứng dụng nằm ngoài phạm vi của mô hình OSI, được mô tả dưới dạng các khối chức năng (*Function Block*, FB) và một ngôn ngữ mô tả thiết bị (*Device Description Language*, DDL).

4.3.2 Cấu trúc mạng và kỹ thuật truyền dẫn

Hai phương tiện truyền dẫn được sử dụng trong Foundation Fieldbus là cáp điện và cáp quang. Phần trình bày dưới đây chỉ đề cập tới cấu trúc mạng và kỹ thuật truyền dẫn liên quan tới cáp điện.

Chiều dài tổng cộng tối đa cho phép trong một đoạn mạng phụ thuộc vào loại cáp truyền. Có 4 loại cáp truyền được đặt tên là A, B, C và D theo thứ tự chất lượng từ cao đến thấp. Bảng 4.9 liệt kê kích cỡ và chiều dài tổng cộng tối đa của một đoạn mạng đối với từng loại cáp. D là loại cáp trơn nhiều lõi có một vỏ bọc chống nhiễu bên ngoài, có chất lượng thấp nhất nên hầu như không được sử dụng. C là loại cáp đôi dây xoắn một hoặc nhiều lõi không có bọc lót chống nhiễu, có thể sử dụng trong một số lĩnh vực ứng dụng ít nhiễu và khoảng cách truyền ngắn. Loại B tương tự như C, nhưng có bọc lót chống nhiễu cho từng đôi dây. Loại A lượng cao nhất, chính là đôi dây xoắn STP một lõi.

Bảng 4.3: Các loại cáp điện Foundation Fieldbus

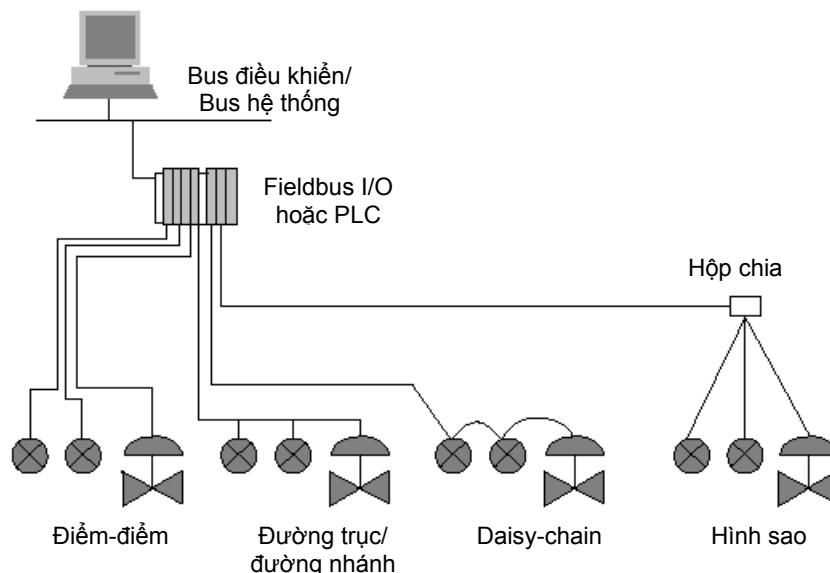
Loại cáp	Mô tả	Kích cỡ	Chiều dài tối đa
A	Đôi dây xoắn STP	#18 AWG (0,8 mm ²)	1900 m
B	Đôi dây xoắn nhiều lõi có bọc lót	#22 AWG (0,32 mm ²)	1200 m
C	Đôi dây xoắn nhiều lõi không bọc lót	#26 AWG (0,13 mm ²)	400 m
D	Cáp trơn nhiều lõi, một lớp bọc lót	#16 AWG (1,25 mm ²)	200 m

Foundation Fieldbus hỗ trợ các cấu trúc mạng khác nhau như đường trực/đường nhánh, daisy-chain và hình sao (*Hình 4.13*). Trong nhiều trường hợp cũng có thể sử dụng cách ghép nối điểm-điểm, tuy nhiên cách này không mang nhiều lợi ích của một hệ bus trường.

Trong cấu trúc đường trực/đường nhánh, đường nhánh (được gọi là *spur*) có thể có chiều dài từ 1-120 mét, tùy theo số lượng thiết bị tham gia. Ví dụ, với số trạm từ 1-12 thì chiều dài đường nhánh có thể là 120 mét, nhưng với số trạm từ 25 trở lên đường nhánh chỉ được phép dài tối đa 1 mét.

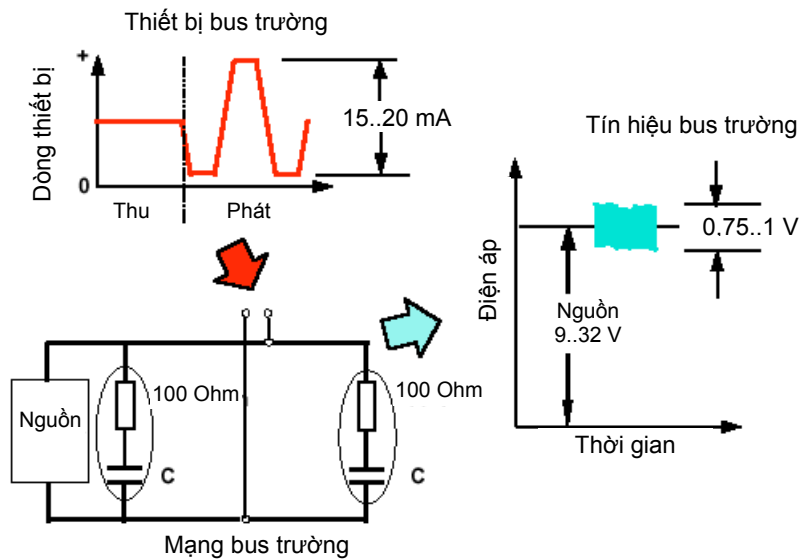
Số trạm cho phép trong một đoạn mạng phụ thuộc vào các yếu tố như công suất nguồn, tiêu hao công suất ở các thiết bị và loại cáp truyền, tuy nhiên không vượt quá 32

nếu không sử dụng bộ lặp. Có thể sử dụng tối đa 4 bộ lặp, cho phép tăng khoảng cách truyền tối đa lên tổng cộng 9500 mét và nâng tổng số trạm trong toàn mạng lên 240.



Hình 4.13: Các cấu trúc mạng Foundation Fieldbus

Để thích hợp với các ứng dụng trong công nghiệp chế biến, đặc biệt trong môi trường dễ cháy nổ, các tín hiệu truyền được mã hóa theo phương pháp Manchester. Bit 1 ứng với sườn xuống và bit 0 ứng với sườn lên của tín hiệu ở giữa một chu kỳ bit. Bên gửi và bên nhận có thể đồng bộ nhịp cho từng bức điện dựa vào chính tín hiệu mang thông tin, vì thế chế độ truyền ở đây là đồng bộ. Một trạm phát cũng có thể lợi dụng đặc tính triệt tiêu dòng một chiều của phương pháp mã hóa bit này để cung cấp nguồn nuôi cho các thiết bị khác trên cùng đường truyền. Điện áp nguồn nuôi DC có thể từ 9-32 Volt, nhưng công suất bị hạn chế trong các ứng dụng yêu cầu an toàn cháy nổ. Với dòng đầu ra của bộ phát $\pm 10\text{mA}$, mức tín hiệu mang thông tin dao động trong phạm vi 0,75 - 1,0 V. Hình 4.14 minh họa các mức tín hiệu trong mạng Foundation Fieldbus.



Hình 4.14: Các tín hiệu trong mạng Foundation Fieldbus

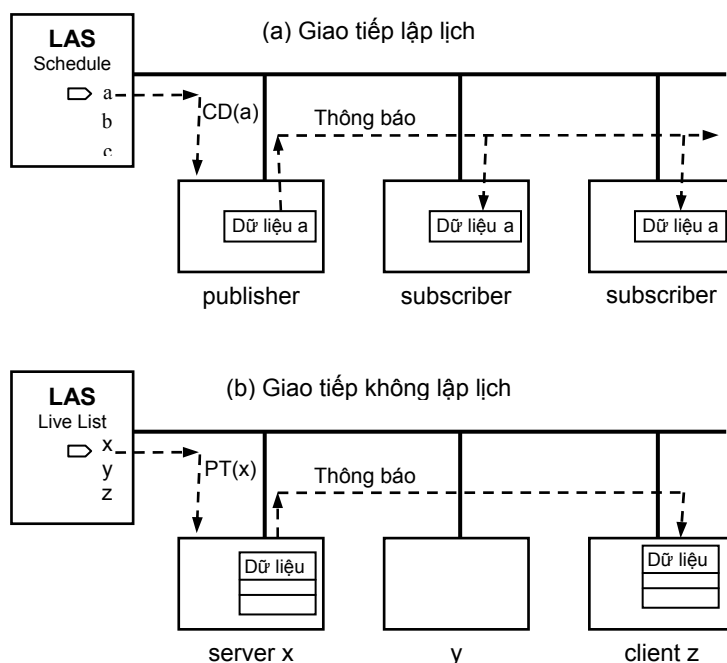
4.3.3 Cơ chế giao tiếp

Phương pháp truy nhập bus ở Foundation Fieldbus là một kết hợp giữa Master/Slave, Token Passing và TDMA. Một thiết bị với vai trò trạm chủ - được gọi là *Link Active Scheduler* (LAS) – có chức năng phân chia và kiểm soát quyền truy nhập cho toàn bộ mạng. Tuy nhiên, bộ LAS không nhất thiết tham gia vào các hoạt động giao tiếp, trao đổi dữ liệu trong mạng. Các thiết bị mạng Foundation Fieldbus được chia làm hai loại là thiết bị cơ sở (*Basic Device*) và trạm chủ liên kết (*Link Master*). Chỉ các trạm chủ liên kết mới có khả năng trở thành bộ LAS (*Link Active Scheduler*).

Lớp liên kết dữ liệu của Foundation Fieldbus qui định hai cơ chế giao tiếp là lập lịch (*scheduled communication*) và không lập lịch (*unscheduled communication*). Giao tiếp lập lịch đặc trưng cho trao đổi dữ liệu tuần hoàn, định kỳ giữa các thiết bị, trong khi giao tiếp không lập lịch được sử dụng chủ yếu trong việc truyền tham số và gửi các thông báo báo động.

Hình 4.15: Các cơ chế giao tiếp trong Foundation Fieldbus

Hình 4.15 minh họa hai cơ chế giao tiếp cơ bản của Foundation Fieldbus. Trong cơ chế giao tiếp lập lịch (Hình 4.15a), bộ LAS lưu giữ trong một danh sách tất cả các bộ nhớ đệm chứa dữ liệu tuần hoàn của các thiết bị cũng như thời gian cần thiết để truyền các dữ liệu đó. Khi đến lượt, một trạm sẽ nhận được một thông báo *Compel Data* (CD) từ bộ LAS. Sau khi nhận được CD, nó sẽ gửi dữ liệu trong vùng nhớ đệm tới tất cả các trạm khác trong mạng. Trạm gửi đóng vai trò là *publisher*, các trạm muốn được nhận là *subscriber*. Cơ chế này tương tự như việc sử dụng một vùng nhớ chung trong một số hệ khác. Kiểu dữ liệu trao đổi ở đây thông thường là giá trị các biến quá trình sử dụng



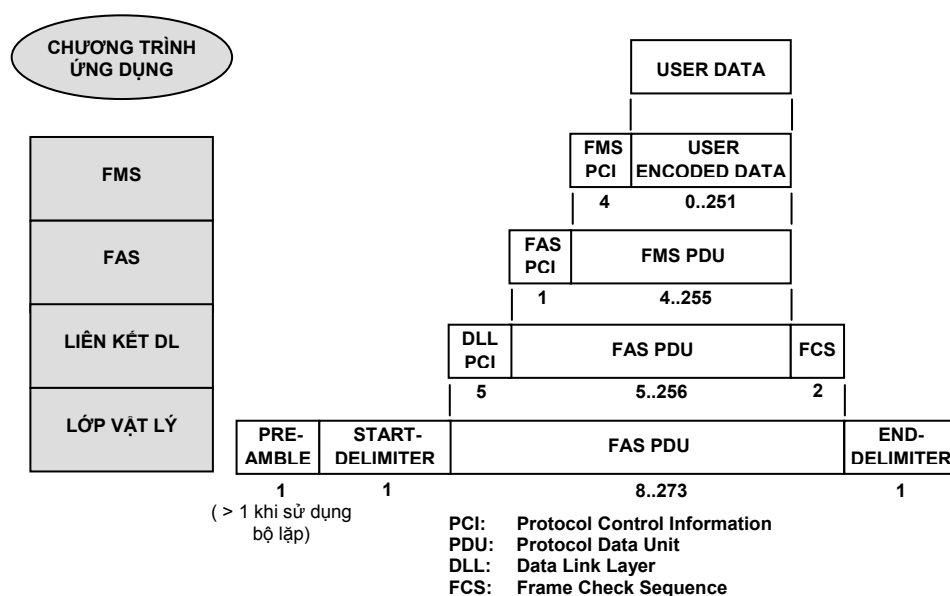
trong các mạch vòng điều khiển.

Xen giữa các hoạt động trao đổi dữ liệu mang tính chất tuần hoàn, mỗi thiết bị trên bus còn có cơ hội gửi các thông báo không lập lịch (Hình 4.15b). Bộ LAS quản lý tất cả các trạm tham gia vào mạng thông qua một “Danh sách sống” (*Live List*). Bộ LAS lần lượt gửi *pass token* (PT) tới từng thiết bị trong danh sách. Khi nhận được PT, một thiết bị có thể gửi thông báo đến một hoặc nhiều trạm khác. Nếu không có nhu cầu gửi nữa, thiết bị gửi trả lại token cho bộ LAS. Thời gian tối đa một trạm được giữ token do LAS hạn chế và kiểm soát. Cơ chế giao tiếp này được sử dụng trong việc gửi các bản tin cảnh báo hoặc thay đổi tham số.

4.3.4 Cấu trúc bức điện

Quá trình xây dựng bức điện qua từng lớp giao thức của Foundation Fieldbus được minh họa trên *Hình 4.16*. Độ dài mỗi ô trong bức điện được tính bằng byte. Dữ liệu sử dụng tối đa là 251 byte trong một bức điện. Qua mỗi lớp trong ngăn giao thức, bức điện lại được gắn thêm phần thông tin liên quan tới việc xử lý giao thức ở lớp đó. Ví dụ, phần FMS PCI mô tả kiểu đối tượng VFD và dịch vụ FMS được sử dụng, phần DLL PCI mang thông tin về cơ chế giao tiếp và kiểu liên kết. Ở lớp vật lý, khung tạo ra từ lớp liên kết dữ liệu còn được gắn thêm ô khởi đầu và các ô ngăn cách phục vụ mục đích đồng bộ hóa nhịp cũng như nhận biết đầu cuối của bức điện.

Foundation Fieldbus sử dụng phương pháp mã hóa bit Manchester lưỡng cực. Việc đồng bộ hóa được thực hiện cho từng bức điện thông qua 8 bit 1 và 0 luân phiên trong ô đánh dấu mở đầu (*Preamble*). Trong trường hợp sử dụng thêm các bộ lặp thì độ dài ô mở đầu này có thể hơn 1 byte. Riêng các ô ngăn cách đầu (*Start Delimiter*) và ngăn cách cuối (*End Delimiter*) được mã hóa theo một sơ đồ đặc biệt.



Hình 4.16: Cấu trúc bức điện trong Foundation Fieldbus

4.3.5 Dịch vụ giao tiếp

Fieldbus Access Sublayer (FAS)

Lớp con FAS sử dụng hai cơ chế giao tiếp ở lớp 2 để cung cấp các dịch vụ cho lớp FMS. Kiểu dịch vụ FAS được mô tả bởi các quan hệ giao tiếp ảo VCR (*Virtual Communication Relationships*). Ba kiểu VCR được định nghĩa như sau:

- Kiểu *Client/Server*: Giao tiếp không lập lịch giữa một trạm gửi (*server*) và một trạm nhận (*client*), các thông báo được xếp trong hàng đợi theo thứ tự có ưu tiên. Kiểu VCR này thường được sử dụng trong việc nạp chương trình lên xuống, thay đổi các tham số điều khiển hoặc xác nhận báo cáo.

- Kiểu phân phối báo cáo (*Report Distribution*): Giao tiếp không lập lịch giữa một trạm gửi và một nhóm trạm nhận, thường được sử dụng trong việc gửi các thông báo báo động.
- Kiểu *Publisher/Subscriber*: Giao tiếp lập lịch giữa một trạm gửi (*publisher*) và nhiều trạm nhận (*subscriber*), dữ liệu được cập nhật mang tính toàn cục như nằm trong một vùng nhớ chung cho toàn bộ mạng.

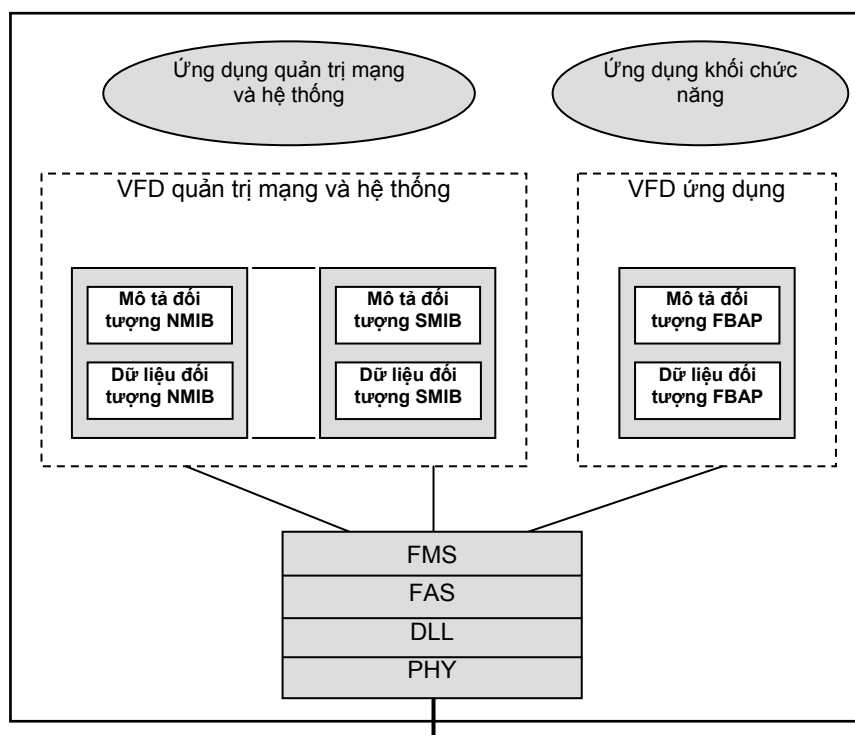
Fieldbus Message Specification (FMS)

Các dịch vụ FMS cho phép các chương trình ứng dụng gửi thông báo cho nhau trên bus theo một chuẩn thống nhất về tập dịch vụ cũng như cấu trúc thông báo (xem chi tiết trong 4.1.6). Ngoại trừ một số dịch vụ báo cáo thông tin và sự kiện, hầu hết các dịch vụ FMS khác đều sử dụng kiểu VCR Client/Server.

Dữ liệu cần trao đổi qua bus được biểu diễn qua một “Mô tả đối tượng” (*object description*). Các mô tả đối tượng được tập hợp thành một cấu trúc gọi là danh mục đối tượng (*object dictionary*, OD). Mỗi mô tả đối tượng được phân biệt qua chỉ số trong danh mục đối tượng. Chỉ số 0 được gọi là đầu danh mục, cung cấp phần mô tả cho bản thân danh mục, cũng như định nghĩa chỉ số đầu tiên cho mô tả các đối tượng của chương trình ứng dụng. Mỗi đối tượng của chương trình ứng dụng có thể bắt đầu từ một chỉ số bất kỳ lớn hơn 255. Chỉ số 255 và các chỉ số nhỏ hơn định nghĩa các kiểu dữ liệu chuẩn, ví dụ kiểu bool, kiểu nguyên, kiểu số thực, chuỗi bit và cấu trúc dữ liệu dùng xây dựng tất cả các mô tả đối tượng khác.

Trong FMS, mô hình thiết bị trường ảo (*Virtual Field Device*, VFD) đóng vai trò trung tâm. Một VFD là một đối tượng mang tính chất logic, được sử dụng để quan sát dữ liệu từ xa mô tả trong danh mục đối tượng. Một thiết bị thông thường có ít nhất hai VFD, như minh họa trên Hình 4.17.

Các dịch vụ FMS cung cấp một phương thức giao tiếp chuẩn trên bus, ví dụ thông qua các khối chức năng. Đối với mỗi kiểu đối tượng, FMS qui định một số dịch vụ riêng biệt, ví dụ đọc/ghi dữ liệu, thông báo/xác nhận sự kiện, nạp lên/nạp xuống chương trình, v.v...



Hình 4.17: Các thiết bị trường ảo tiêu biểu trong Foundation Fieldbus

4.3.6 Khối chức năng ứng dụng

Hiệp hội Fieldbus Foundation đã xây dựng một mô hình chương trình ứng dụng dựa trên cơ sở các khối (*block*). Một chương trình ứng dụng là một tổ chức của các khối được liên kết với nhau, trong đó mỗi khối là một đại diện cho một chức năng riêng. Có ba loại khối cơ bản là khối tài nguyên (*Resource Block*), khối chức năng (*Function Block*) và khối biến đổi (*Transducer Block*).

Khối tài nguyên

Khối tài nguyên mô tả các đặc tính của thiết bị bus trường như tên thiết bị, nhà sản xuất và mã số. Trong mỗi thiết bị chỉ có một khối tài nguyên duy nhất. Một khối tài nguyên chỉ đứng một mình, không bao giờ có liên kết với các khối khác.

Khối chức năng

Các khối chức năng định nghĩa chức năng và đặc tính của một hệ thống điều khiển. Các tham số đầu vào và đầu ra của các khối chức năng có thể được liên kết với nhau qua bus, tạo ra cấu trúc của chương trình ứng dụng. Việc thực hiện mỗi khối chức năng được lập lịch một cách chính xác. Một chương trình ứng dụng có thể bao gồm nhiều khối chức năng. Hiệp hội FF định nghĩa một tập chuẩn các khối chức năng, trong đó các khối quan trọng nhất là:

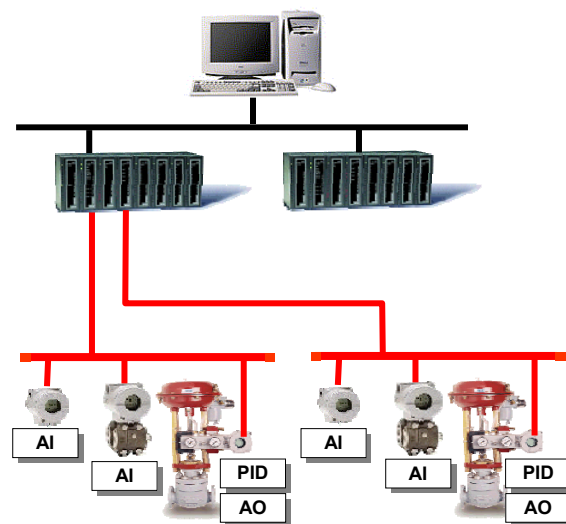
- AI (*Analog Input*): Đại diện cho một đầu vào tương tự
- AO (*Analog Output*): Đại diện cho một đầu ra tương tự

- B (*Bias*): Biểu diễn độ dịch
- CS (*Control Selector*): Khối lựa chọn điều khiển
- DI (*Digital Input*): Đại diện cho một đầu vào số
- DO (*Digital Output*): Đại diện cho một đầu ra số
- ML (*Manual Loader*): Khối nạp bằng tay
- PD (*Proportional/Derivative*): Bộ điều chỉnh tỉ lệ/vi phân
- PID (*Proportional/Integral/Derivative*): Bộ điều chỉnh PID
- RA (*Ratio*): Khối tỉ lệ.

Tư tưởng khác biệt so với các hệ bus khác là ở đây các khối chức năng được tích hợp trong các thiết bị bus trường để cung cấp chức năng cụ thể của thiết bị. Ví dụ, một cảm biến nhiệt độ có thể chứa một khối AI, một van điều chỉnh có thể chứa một khối PID và một khối AO. Nhờ vậy, một vòng điều khiển chỉ cần sử dụng ba khối chức năng ở trong hai thiết bị này, như *Hình 4.18* mô tả.

Khối biến đổi

Các khối biến đổi có chức năng tách biệt các khối chức năng khỏi sự phụ thuộc vào cơ chế vào/ra vật lý cụ thể. Thông thường, mỗi khối chức năng vào/ra có một khối biến đổi tương ứng. Một khối biến đổi chứa các thông tin chi tiết như ngày tháng hiệu chỉnh, kiểu cảm biến hoặc cơ cấu chấp hành.



Hình 4.18: Ví dụ các khối chức năng trong một vòng kín điều khiển

Bên cạnh ba kiểu khối cơ bản, các đối tượng sau đây cũng được định nghĩa:

- Các khối liên kết (*Link Objects*) định nghĩa liên kết giữa các đầu vào/ra của các khối chức năng, nội bộ trong một thiết bị cũng như xuyên mạng bus trường.

- Các đối tượng ghi đồ thị (*Trend Objects*) cho phép ghi lại dữ liệu thời gian thực tại chỗ các tham số khối chức năng để có thể truy nhập từ máy chủ hoặc từ các thiết bị khác.
- Các đối tượng cảnh báo (*Alert Objects*) cho phép gửi các báo động, sự kiện trên bus.
- Các đối tượng hiển thị (*View Objects*) là các nhóm các tập tham số khối được định nghĩa trước để có thể sử dụng trên các giao diện người-máy.

Chức năng của một thiết bị được xác định bởi sự sắp xếp và liên kết giữa các khối. Các chức năng này được mô tả ra bên ngoài thông qua thiết bị trường ảo VFD, như đã nói trên đây.

4.3.7 Tài liệu tham khảo

- [1] Fieldbus Foundation: *Foundation Fieldbus Specifications*, Rev. 1.3, 1998.
- [2] Fieldbus Foundation: *Foundation Fieldbus Technical Overview*. Tài liệu FD-043, Rev. 2.0, 1998.
- [3] Fieldbus Foundation: *Foundation Fieldbus Application Guide – 31,25 kbit/s Wiring and Installation*. Tài liệu AG-140, Rev. 1.0, 1996.
- [4] Jonas Berge: *Fieldbuses for Process Control: Engineering, Operation and Maintenance*. ISA, 2002.

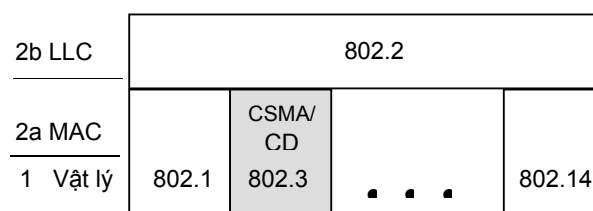
4.4 Ethernet

Ethernet là kiểu mạng cục bộ (LAN) được sử dụng rộng rãi nhất hiện nay. Thực chất, Ethernet chỉ là mạng cấp dưới (lớp vật lý và một phần lớp liên kết dữ liệu), vì vậy có thể sử dụng các giao thức khác nhau ở phía trên, trong đó TCP/IP là tập giao thức được sử dụng phổ biến nhất. Tuy vậy, mỗi nhà cung cấp sản phẩm có thể thực hiện giao thức riêng hoặc theo một chuẩn quốc tế cho giải pháp của mình trên cơ sở Ethernet. *High Speed Ethernet* (HSE) của Fieldbus Foundation chính là một trong tám hệ bus trường được chuẩn hóa quốc tế theo IEC 61158.

Ethernet có xuất xứ là tên gọi một sản phẩm của công ty Xerox, được sử dụng đầu tiên vào năm 1975 để nối mạng 100 trạm máy tính với cáp đồng trục dài 1km, tốc độ truyền 2,94 Mbit/s và áp dụng phương pháp truy nhập bus CSMA/CD. Từ sự thành công của sản phẩm này, Xerox đã cùng DEC và Intel đã xây dựng một chuẩn 10 Mbit/s-Ethernet. Chuẩn này chính là cơ sở cho IEEE 802.3 sau này. Đặc biệt, với phiên bản 100 Mbit/s (Fast Ethernet, IEEE 802.3u), Ethernet ngày càng đóng một vai trò quan trọng trong các hệ thống công nghiệp. Bên cạnh việc sử dụng cáp đồng trục, đôi dây xoắn và cáp quang, gần đây Ethernet không dây (*Wireless LAN*, IEEE 802.11) cũng đang thu hút sự quan tâm lớn.

4.4.1 Kiến trúc giao thức

Hình 4.19 minh họa kiến trúc giao thức của Ethernet/IEEE 802.3 trong tập chuẩn IEEE 802. Lớp liên kết dữ liệu được chia thành 2 lớp con là lớp LLC (*Logical Link Control*) và MAC (*Medium Access Control*). Như vậy, phạm vi của Ethernet/IEEE 802.3 chỉ bao gồm lớp vật lý và lớp MAC.

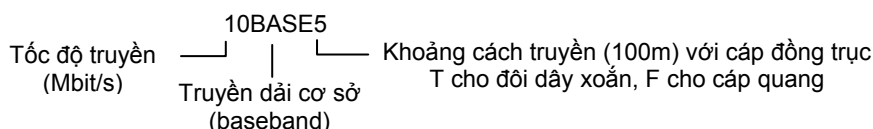


Hình 4.19: Ethernet/IEEE 802.3 trong tập chuẩn IEEE 802

Điểm khác biệt cơ bản so với đặc tả Ethernet lúc đầu là chuẩn 802.3 đã đưa ra một họ các hệ thống mạng trên cơ sở CSMA/CD, với tốc độ truyền từ 1-10 Mbit/s cho nhiều môi trường truyền dẫn khác nhau. Bên cạnh đó, trong cấu trúc bức điện cũng có sự khác biệt nhỏ: ô chứa chiều dài bức điện theo 802.3 chỉ định kiểu giao thức phía trên ở Ethernet (xem mục *Mã hóa bit và cấu trúc bức điện*). Tuy nhiên, ngày nay khi ta nói tới Ethernet cũng là chỉ một loại sản phẩm thực hiện theo chuẩn IEEE 802.3.

4.4.2 Cấu trúc mạng và kỹ thuật truyền dẫn

Về mặt logic, Ethernet có cấu trúc bus. Cấu trúc mạng vật lý có thể là đường thẳng hoặc hình sao tùy theo phương tiện truyền dẫn. Bốn loại cáp thông dụng nhất cùng các đặc tính được liệt kê trong bảng 4.10. Các tên hiệu 10BASE5, 10BASE2, 10BASE-T và 10BASE-F được sử dụng với ý nghĩa như sau:



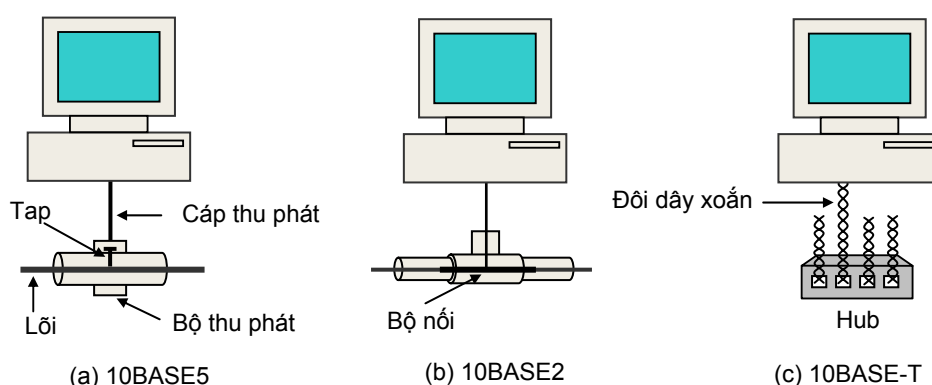
Loại 10BASE5 còn được gọi là cáp dày (*thick Ethernet*), loại cáp đồng trục thường có màu vàng theo đề nghị trong 802.3. Ký hiệu 10BASE5 có nghĩa là tốc độ truyền tối đa 10 Mbit/s, phương pháp truyền tải dải cơ sở và chiều dài một đoạn mạng tối đa 500 mét. Loại cáp đồng trục thứ hai có ký hiệu 10BASE2 được gọi là cáp mỏng (*thin Ethernet*), rẻ hơn nhưng hạn chế một đoạn mạng ở phạm vi 200 mét và số lượng 30 trạm.

Bảng 4.4: Một số loại cáp truyền Ethernet thông dụng

Tên hiệu	Loại cáp	Chiều dài đoạn tối đa	Số trạm tối đa/đoạn
10BASE5	Cáp đồng trục dày	500 m	100
10BASE2	Cáp đồng trục mỏng	200 m	30
10BASE-T	Đôi dây xoắn	100 m	1024
10BASE-F	Cáp quang	2000 m	1024

Ba kiểu nối dây với cáp đồng trục và đôi dây xoắn được minh họa trên Hình 4.20. Với 10BASE5, bộ nối được gọi là vòi hút (*vampire tap*), đóng vai trò một bộ thu phát (*transceiver*). Bộ thu phát chứa vi mạch điện tử thực hiện chức năng nghe ngóng đường truyền và nhận biết xung đột. Trong trường hợp xung đột được phát hiện, bộ thu phát gửi một tín hiệu không hợp lệ để tất cả các bộ thu phát khác cũng được biết rằng xung đột đã xảy ra. Như vậy, chức năng của module giao diện mạng được giảm nhẹ. Cáp nối giữa bộ thu phát và card giao diện mạng được gọi là cáp thu phát, có thể dài tới 50 mét và chứa tới năm đôi dây xoắn bọc lót riêng biệt (STP). Hai đôi dây cần cho trao đổi dữ liệu, hai đôi cho truyền tín hiệu điều khiển, còn đôi dây thứ năm có thể sử dụng để cung cấp nguồn cho bộ thu phát. Một số bộ thu phát cho phép nối tới tám trạm qua các cổng khác nhau, nhờ vậy tiết kiệm được số lượng bộ nối cũng như công lắp đặt.

Với 10BASE2, card giao diện mạng được nối với cáp đồng trục thông qua bộ nối thụ động BNC hình chữ T. Bộ thu phát được tích hợp trong bảng mạch điện tử của module giao diện mạng bên trong máy tính. Như vậy, mỗi trạm có một bộ thu phát riêng biệt.



Hình 4.20: Ba kiểu mạng Ethernet với cáp đồng trục và đôi dây xoắn

Về bản chất, cả hai kiểu dây với cáp đồng trục như nói trên đều thực hiện cấu trúc bus (vật lý cũng như logic), vì thế có ưu điểm là tiết kiệm dây dẫn. Tuy nhiên, các lỗi phần cứng như đứt cáp, lỏng bộ nối rất khó phát hiện trực tuyến. Mặc dù đã có một số biện pháp khắc phục, phương pháp tin cậy hơn là sử dụng cấu trúc hình sao với một bộ chia (*hub*) hoặc một bộ chuyển mạch (*switch*, xem 3.5). Cấu trúc này thông thường được áp dụng với đôi dây xoắn, nhưng cũng có thể áp dụng được với cáp đồng trục (ví dụ Industrial Ethernet).

Với 10BASE-T, các trạm được nối với nhau qua một bộ chia giống như cách nối các máy điện thoại. Trong cấu trúc này, việc bổ sung hoặc tách một trạm ra khỏi mạng cũng như việc phát hiện lỗi cáp truyền rất đơn giản. Bên cạnh nhược điểm là tốn dây dẫn và công đi dây thì chi phí cho bộ chia chất lượng cao cũng là một vấn đề. Bên cạnh đó, khoảng cách tối đa cho phép từ một trạm tới bộ chia thường bị hạn chế trong vòng 100-150 mét.

Bên cạnh cáp đồng trục và đôi dây xoắn thì cáp quang cũng được sử dụng nhiều trong Ethernet, trong đó đặc biệt phổ biến là 10BASE-F. Với cách ghép nối duy nhất là điểm-điểm, cấu trúc mạng có thể là daisy-chain, hình sao hoặc hình cây. Thông thường, chi phí cho các bộ nối và chặn đầu cuối rất lớn nhưng khả năng kháng nhiễu tốt và tốc độ truyền cao là các yếu tố quyết định trong nhiều phạm vi ứng dụng.

Trong nhiều trường hợp, ta có thể sử dụng phối hợp nhiều loại trong một mạng Ethernet. Ví dụ, cáp quang hoặc cáp đồng trục dày có thể sử dụng là đường trục chính hay xương sống (*backbone*) trong cấu trúc cây, với các đường nhánh là cáp mỏng hoặc đôi dây xoắn. Đối với mạng qui mô lớn, có thể sử dụng các bộ lặp. Một hệ thống không hạn chế số lượng các đoạn mạng cũng như số lượng các bộ lặp, nhưng đường dẫn giữa hai bộ thu phát không được phép dài quá 2,5km cũng như không được đi qua quá bốn bộ lặp.

Toàn bộ các hệ thống theo chuẩn 802.3 sử dụng chế độ truyền đồng bộ với mã Manchester (xem 2.7). Bit 0 tương ứng với sườn lên và bit 1 ứng với sườn xuống của xung ở giữa một chu kỳ bit. Mức tín hiệu đối với môi trường cáp điện là +0,85V và -0,85V, tạo mức trung hòa là 0V.

4.4.3 Cơ chế giao tiếp

Sự phổ biến của Ethernet có được là nhờ tính năng mở. Thứ nhất, Ethernet chỉ qui định lớp vật lý và lớp MAC, cho phép các hệ thống khác nhau tùy ý thực hiện các giao thức và dịch vụ phía trên. Thứ hai, phương pháp truy nhập bus ngẫu nhiên CSMA/CD (xem 2.5) không yêu cầu các trạm tham gia phải biết cấu hình mạng, vì vậy có thể bổ sung hay tách một trạm ra khỏi mạng mà không ảnh hưởng tới phần mạng còn lại. Thứ ba, việc chuẩn hóa sớm trong IEEE 802.3 giúp cho các nhà cung cấp sản phẩm thực hiện dễ dàng hơn.

Trong một mạng Ethernet, không kể tới bộ chia hoặc bộ chuyển mạch thì tất cả các trạm đều có vai trò bình đẳng như nhau. Mỗi trạm (hay nói cách khác là mỗi module giao diện mạng, mỗi card mạng) có một địa chỉ Ethernet riêng biệt, thống nhất toàn cầu. Việc giao tiếp giữa các trạm được thực hiện thông qua các giao thức phía trên, ví dụ NetBUI, IPX/SPX hoặc TCP/IP. Tùy theo giao thức cụ thể, căn cước (tên, mã số hoặc địa chỉ) của bên gửi và bên nhận trong một bức điện của lớp phía trên (ví dụ lớp mạng) sẽ được dịch sang địa chỉ Ethernet trước khi được chuyển xuống lớp MAC.

Bên cạnh cơ chế giao tiếp tay đôi, Ethernet còn hỗ trợ phương pháp gửi thông báo đồng loạt (*multicast* và *broadcast*). Một thông báo *multicast* gửi tới một nhóm các trạm, trong khi một thông báo *broadcast* gửi tới tất cả các trạm. Các loại thông báo này được phân biệt bởi kiểu địa chỉ, như được trình bày trong mục sau.

4.4.4 Cấu trúc bức điện

IEEE 802.3/Ethernet chỉ qui định lớp MAC và lớp vật lý, vì vậy một bức điện còn được gọi là *khung MAC*. Cấu trúc một khung MAC được minh họa trên Hình 4.21.

7 byte	1 byte	2/6 byte	2/6 byte	2 byte	46-1500 byte	4 byte	
Mở đầu (555..5H)	SFD (D5H)	Địa chỉ đích	Địa chỉ nguồn	Độ dài/ Kiểu gói	Dữ liệu	PAD	FCS

Hình 4.21: Cấu trúc khung MAC theo IEEE 802.3/Ethernet

Mở đầu một khung MAC là 56 bit 0 và 1 luân phiên, tức 7 byte giống nhau có giá trị 55H. Với mã Manchester, tín hiệu tương ứng sẽ có dạng tuần hoàn, được bên nhận sử dụng để đồng bộ nhịp với bên gửi. Như vậy, việc đồng bộ hóa chỉ được thực hiện một lần cho cả bức điện. Ở tốc độ truyền 10 Mbit/s, khoảng thời gian đồng bộ hóa là 5,6μs. Tiếp sau là một byte SFD (*Start of Frame Delimiter*) chứa dãy bit 10101011, đánh dấu khởi đầu khung MAC. Đúng ra, dãy bit mở đầu và byte SFD không thực sự thuộc vào khung MAC.

Theo 802.3, địa chỉ đích và địa chỉ nguồn có thể là 2 hoặc 6 byte, nhưng chuẩn qui định cho truyền dài cơ sở 10 Mbit/s (tức 10BASEx) chỉ sử dụng địa chỉ 6 byte. Bit cao nhất trong địa chỉ đích có giá trị 0 cho các địa chỉ thông thường và giá trị 1 cho các địa chỉ nhóm. Đối với các thông báo gửi cho tất cả các trạm (*broadcast*), tất cả các bit trong địa chỉ đích sẽ là 1.

Có hai loại địa chỉ Ethernet là các địa chỉ cục bộ và các địa chỉ toàn cầu, được phân biệt bởi bit 46 (bit gần cao nhất). Các địa chỉ cục bộ có thể đồ cứng hoặc đặt bằng phần mềm và không có ý nghĩa ngoài mạng cục bộ. Ngược lại, một địa chỉ toàn cầu được IEEE cấp phát, luôn được đồ cứng trong vi mạch để đảm bảo sự thống nhất trên toàn thế giới. Với 46 bit, có thể có tổng cộng $7 \cdot 10^{13}$ địa chỉ toàn cầu, cũng như $7 \cdot 10^{13}$ địa chỉ cục bộ. Tuy nhiên, số lượng các trạm cho phép trong một hệ thống mạng công nghiệp còn phụ thuộc vào kiểu cáp truyền, giao thức phía trên cũng như đặc tính của các thiết bị tham gia mạng.

Một sự khác nhau giữa Ethernet và IEEE 802.3 là ý nghĩa ô tiếp sau phần địa chỉ. Theo đặc tả Ethernet, hai byte này chứa mã giao thức chuyên gói phía trên. Cụ thể, mã 0800H chỉ giao thức IP (*Internet Protocol*) và 0806H chỉ giao thức ARP (*Address Resolution Protocol*). Theo 802.3, ô này chứa số byte dữ liệu (từ 0 tới 1500). Với điều kiện ràng buộc giữa tốc độ truyền v (tính bằng bit/s), chiều dài bức điện n và khoảng cách truyền l (tính bằng mét) của phương pháp CSMA/CD (xem 2.5.5)

$$lv < 100.000.000n,$$

để đảm bảo tốc độ truyền 10 Mbit/s và khoảng cách 2.500m thì một bức điện phải dài hơn 250 bit hay 32 byte. Xét tới cả thời gian trễ qua bốn bộ lặp, chuẩn 802.3 qui định chiều dài khung tối thiểu là 64 byte (51,2 μ s), không kể phần mở đầu và byte SFD. Như vậy, ô dữ liệu phải có chiều dài tối thiểu là 46 byte. Trong trường hợp dữ liệu thực ngắn hơn 46 byte, ô PAD (*padding*) được sử dụng để lấp đầy.

Ô cuối cùng trong khung MAC chứa mã CRC 32 bit với đa thức phát

$$G(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$

Phần thông tin được kiểm soát lỗi bao gồm các ô địa chỉ, ô chiều dài và ô dữ liệu.

4.4.5 Truy nhập bus

Một vấn đề lớn thường gây lo ngại trong việc sử dụng Ethernet ở cấp trường là phương pháp truy nhập bus ngẫu nhiên CSMA/CD và sự ảnh hưởng tới hiệu suất cũng như tính năng thời gian thực của hệ thống. Ở đây, một trong những yếu tố quyết định tới hiệu suất của hệ thống là thuật toán tính thời gian chờ truy nhập lại cho các trạm trong trường hợp xảy ra xung đột.

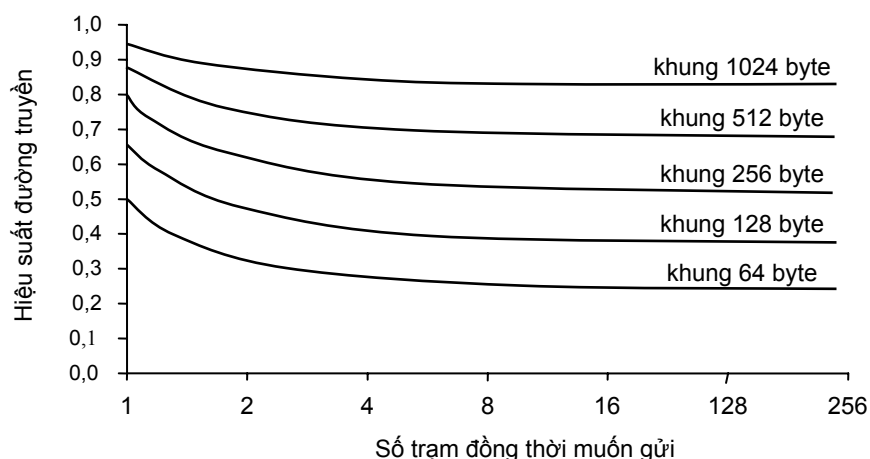
Thời gian lan truyền tín hiệu một lần qua lại đường truyền được gọi là khe thời gian. Giá trị này được tính cho tối đa 2,5km đường truyền và bốn bộ lặp là 512 thời gian bit hay 51,2 μ s. Sau lần xảy ra xung đột đầu tiên, mỗi trạm sẽ chọn ngẫu nhiên 0 hoặc 1 lần khe thời gian chờ trước khi thử gửi lại. Nếu hai trạm ngẫu nhiên cùng chọn một khoảng thời gian, hoặc có sự xung đột mới với một trạm thứ ba, thì số khe thời gian lựa chọn chờ sẽ là 0, 1, 2 hoặc 3. Sau lần xung đột thứ i , số khe thời gian chọn ngẫu nhiên nằm trong khoảng từ 0 tới $2^i - 1$. Tuy nhiên, sau mười lần xung đột, số khe thời gian chờ tối đa sẽ được giữ lại ở con số 1023. Sau 16 lần xung đột liên tiếp, các trạm sẽ coi là lỗi hệ thống và báo trở lại lớp giao thức phía trên. Thuật toán nổi tiếng này được gọi là *Binary Exponential Backoff* (BEB).

4.4.6 Hiệu suất đường truyền và tính năng thời gian thực

Với giả thiết tải tương đối lớn và không thay đổi, hiệu suất đường truyền tối ưu trong mạng Ethernet được xác định theo công thức ([1])

$$\text{Hiệu suất tối ưu} = \frac{1}{1 + 2evl/cn},$$

với e là giá trị tối ưu cho số khe thời gian tranh chấp trên một khung, v là tốc độ truyền, l là chiều dài dây dẫn, c là tốc độ lan truyền tín hiệu và n là chiều dài trung bình của một khung tính bằng bit. Hiệu suất tối ưu là một giá trị lý tưởng, chỉ đạt được khi đường truyền được sử dụng liên tục và hầu như không có xung đột trên đường truyền. Khi số lượng trạm tăng lên, nếu không có sự điều khiển ở lớp giao thức phía trên thì hiệu suất sẽ giảm đi đáng kể. Trên Hình 4.22 là đồ thị mô tả quan hệ giữa hiệu suất đường truyền và số lượng trung bình các trạm đồng thời chờ gửi thông tin. Lưu ý, số trạm ghi trên trục hoành không phải là số trạm trong mạng. Hiệu suất thực tế rất khó có thể xác định một cách chính xác cho một cấu hình mạng.



Hình 4.22: Hiệu suất đường truyền Ethernet 10 Mbit/s

Bên cạnh vấn đề bất định trong truy nhập bus, cần phải xét tới độ tin cậy của mạng Ethernet. Mặc dù Ethernet có khả năng phát hiện lỗi xung đột và các lỗi khung, các trạm không hề có xác nhận về trạng thái các bức điện nhận được. Như vậy, việc trao đổi thông tin một cách tin cậy nhất thiết phải nhờ vào một giao thức thích hợp phía trên. Trong các hệ thống mạng cục bộ văn phòng cũng như các mạng công nghiệp dựa trên Ethernet, tập giao thức TCP/IP được sử dụng rộng rãi nhất. Thông qua các cơ chế xác nhận thông báo, gửi lại dữ liệu và kiểm soát luồng giao thông, độ tin cậy cũng như tính năng thời gian thực của hệ thống được cải thiện đáng kể.

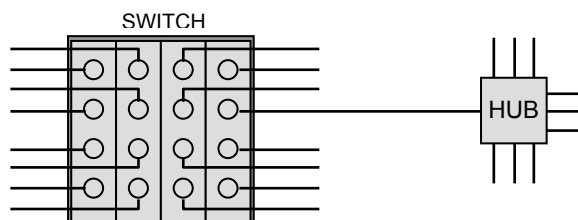
4.4.7 Mạng LAN 802.3 chuyển mạch

Khi số trạm tham gia tăng lên nhiều, hoạt động giao tiếp trong mạng sẽ bị tắc nghẽn một mặt do tốc độ truyền hạn chế, mặt khác cơ chế truy nhập bus không còn đảm bảo được hiệu suất như trong điều kiện bình thường. Để khắc phục ta có thể sử dụng mạng Ethernet tốc độ cao hoặc/và sử dụng cơ chế chuyển mạch. Mạng LAN 802.3 chuyển

mạch được xây dựng trên cơ sở 10BASE-T với tốc độ truyền 10 Mbit/s thông thường. Mục đích của việc sử dụng các bộ chuyển mạch là để phân vùng xung đột và vì thế hạn chế xung đột.

Hình 4.23: Sử dụng bộ lặp trong mạng LAN 802.3 chuyển mạch

Hình 4.23 minh họa cấu trúc ghép nối mạng LAN 802.3 với một bộ chuyển mạch



(switch, xem 3.4). Một bộ chuyển mạch tốc độ cao thường gồm 4 đến 32 module, mỗi module có 1 đến 8 cổng nối. Các trạm có thể nối trực tiếp vào một cổng của bộ chuyển mạch, hoặc qua một bộ chia.

Có hai kiểu phân vùng xung đột (*collision domain*) là theo từng module hoặc theo từng cổng. Một bộ lặp hỗ trợ phân vùng xung đột theo module cho không cho phép các trạm nối chung một module cùng gửi tín hiệu, nhưng cho phép các module hoạt động song song, độc lập. Nếu trạm đích nằm ở một module khác, bộ chuyển mạch sẽ sao chép bức điện và gửi tới module tương ứng. Một bộ lặp phân vùng xung đột theo từng cổng không những cho phép các module hoạt động song song, mà còn cho phép tất cả các cổng trên một module đồng thời tiếp nhận tín hiệu gửi. Cũng với cơ chế sao chép vào bộ đệm, mỗi bức điện sẽ chỉ được gửi ra cổng tương ứng với trạm đích.

Nguyên tắc hoạt động của LAN 802.3 chuyển mạch được ứng dụng rộng rãi trong hệ thống mạng công nghiệp. Với kỹ thuật chuyển mạch hiện đại, không những băng thông tổng thể của hệ thống được nâng cao, mà tính năng thời gian thực cũng được cải thiện đáng kể.

4.4.8 Fast Ethernet

Fast Ethernet là sự phát triển tiếp theo của Ethernet, được chuẩn hóa trong IEEE 802.3u. Fast Ethernet cho phép truyền với tốc độ 100 Mbit/s. Để đảm bảo tương thích với Ethernet, toàn bộ cơ chế giao tiếp và kiến trúc giao thức được giữ nguyên, duy chỉ có thời gian bit được giảm từ 100ns xuống 10ns. Về mặt kỹ thuật, cáp đồng trục loại 10BASE5 và 10BASE2 vẫn có thể sử dụng cho Fast Ethernet với chiều dài tối đa giảm xuống mười lần. Tuy nhiên, phương pháp nối mạng sử dụng đôi dây xoắn và bộ chia có ưu thế vượt trội, vì vậy tất cả các hệ Fast Ethernet đều không hỗ trợ cáp đồng trục. Ba loại cáp chuẩn cho Fast Ethernet được liệt kê trong bảng 4.11.

Bảng 4.5: Một số loại cáp truyền Fast Ethernet thông dụng

Tên hiệu	Loại cáp	Chiều dài đoạn tối đa
100BASE-T4	Đôi dây xoắn hạng 3	100 m

100BASE-TX	Đôi dây xoắn hạng 5	100 m
100BASE-FX	Cáp quang	2000 m

Loại 100BASE-T4 sử dụng bốn đôi dây xoắn UTP hạng 3. Dải tần của hạng cáp này bị giới hạn ở 25MHz, trong khi mã Manchester sử dụng trong Ethernet thông thường tạo tần số tín hiệu cao gấp đôi so với tần số nhịp, tốc độ truyền trên mỗi đôi dây lẽ ra chỉ là 12,5 Mbit/s. Để đạt được tốc độ truyền 100 Mbit/s, một phương pháp mã hóa bit với tín hiệu ba mức thay vì hai mức được sử dụng ở đây. Đồng thời, 100BASE-T4 phải dùng tới bốn đôi dây xoắn (vì thế có ký hiệu T4), trong đó một đôi luôn truyền tín hiệu vào bộ chia, một đôi luôn truyền ra và hai đôi còn lại được sử dụng linh hoạt theo chiều đang truyền. Với ba đôi dây và ba mức tín hiệu, trong một nhịp có thể truyền được 4 bit, nâng tốc độ truyền tổng cộng lên 100 Mbit/s.

Với 100BASE-TX, đôi dây xoắn hạng 5 được sử dụng có khả năng làm việc ở tần số nhịp 125MHz và cao hơn nữa. Việc sử dụng hai đôi dây xoắn tạo khả năng truyền hai chiều đồng thời. Khác với 100BASE-T4, một phương pháp mã hóa bit có tên là *4B5B* được sử dụng ở đây. Dây bit từ khung MAC được mã hóa lại thành các tổ hợp 5 bit trên đường truyền. Chỉ có 16 trong 32 tổ hợp biểu diễn dữ liệu, các tổ hợp còn lại được sử dụng cho đánh dấu, điều khiển và tín hiệu phần cứng.

Đối với mỗi loại mạng trên, việc nối dây có thể thông qua một bộ chia hoặc một bộ chuyển mạch. Một bộ chuyển mạch có chi phí cao hơn nhiều so với một bộ chia, nhưng nâng cao hiệu suất của hệ thống một cách đáng kể nhờ chức năng phân vùng xung đột.

Loại 100BASE-FX cũng cho phép truyền hai chiều toàn phần, sử dụng hai sợi quang đa chế độ cho hai chiều. Đối với các ứng dụng đòi hỏi khoảng cách truyền lớn hoặc khả năng kháng nhiễu cao thì đây là giải pháp thích hợp.

4.4.9 High Speed Ethernet

High Speed Ethernet (HSE) là một công nghệ bus do *Fieldbus Foundation* (FF) phát triển trên cơ sở Fast Ethernet và cũng là một trong tám hệ bus được chuẩn hóa trong IEC 61158 vào cuối năm 1999. Với tốc độ truyền 100 Mbit/s, HSE được thiết kế cho việc nối mạng trên cáp điều khiển và điều khiển giám sát, bổ sung cho mạng H1 cấp thấp (xem 4.7). HSE sử dụng địa chỉ 48-bit và 64-byte khung MAC tối thiểu như Ethernet chuẩn, trong khi có thể đồng thời truyền các thông báo dịch vụ H1 cũng như các thông báo riêng của HSE. Bên cạnh đó, HSE hỗ trợ rất tốt việc dự phòng, đồng bộ thời gian cũng liên kết nhiều giao thức.

Kiến trúc giao thức

Hình 4.24 mô tả kiến trúc giao thức HSE. Phía dưới, HSE sử dụng hoàn toàn lớp vật lý và lớp MAC theo IEEE 802.3. Cũng như nhiều hệ thống dựa trên Ethernet khác, lớp mạng sử dụng giao thức IP (*Internet Protocol*) và lớp vận chuyển sử dụng TCP (*Transmission Control Protocol*) hoặc UDP (*User Datagram Protocol*). Đặc biệt, HSE đã bổ sung mười một đặc tả, trong đó hầu hết thuộc lớp ứng dụng như qui định về các khối chức năng ứng dụng, các dịch vụ quản trị mạng, quản lý hệ thống, cơ chế dự phòng, truy nhập thiết bị trường...

Cấp phát địa chỉ động

High Speed Ethernet sử dụng các giao thức chuẩn DHCP (*Dynamic Host Control Protocol*) và IP (*Internet Protocol*) cũng như chức năng quản lý hệ thống để cấp phát động địa chỉ cho các trạm. Sau khi nhận được yêu cầu cấp địa chỉ từ một thiết bị, DHCP Server sẽ tìm một địa chỉ IP còn trống và cấp phát cho thiết bị đã yêu cầu. Tiếp theo, thiết bị thông báo cho phần quản lý hệ thống (*System Manager*) và được cấp phát một nhãn thiết bị vật lý (*Physical Device Tag*). Một khi địa chỉ và mối liên kết được thiết lập, phần quản lý hệ thống có thể nạp cấu hình xuống thiết bị.

NMA: Network Management Agent (Điệp viên quản trị mạng)

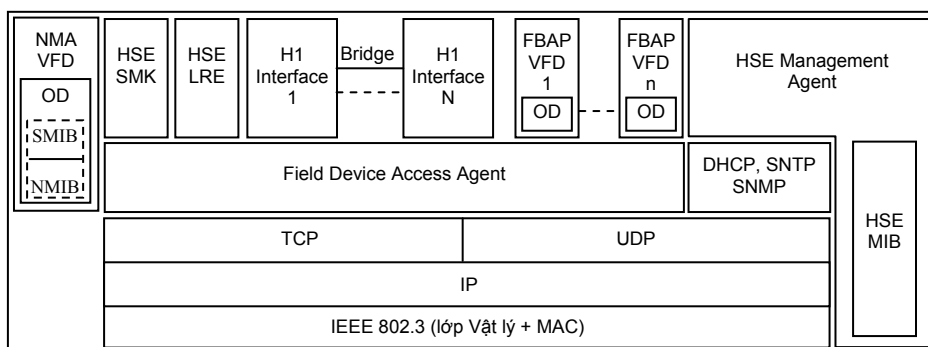
VFD: Virtual Field Device (Thiết bị trường ảo)

OD: Object Directory (Thư mục đối tượng)

SMIB: System Management Information Base (Cơ sở thông tin quản lý hệ thống)

NMIB: Network Management Information Base (Cơ sở thông tin quản trị mạng)

SMK: System Management Kernel (Nhân quản trị hệ thống)



LRE: LAN Redundancy Entity

DHCP: Dynamic Host Control Protocol (Giao thức điều khiển cấp phát địa chỉ động)

SNTP: Simple Network Time Protocol (Giao thức thời gian mạng đơn giản)

SNMP: Simple Network Management Protocol (Giao thức quản trị mạng đơn giản)

FBFA: Function Block Application (Ứng dụng khối chức năng)

Hình 4.24: Kiến trúc giao thức HSE

Cấu trúc dự phòng

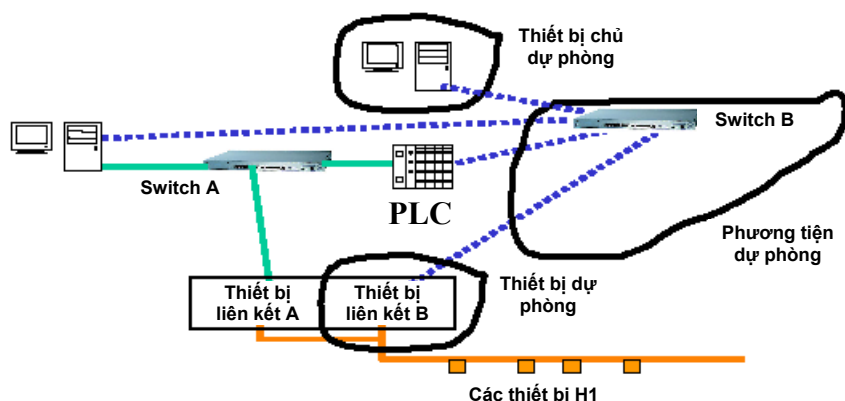
Về cơ bản, giải pháp dự phòng HSE dựa vào các cấu trúc và thành phần Ethernet thông dụng. Cả hai dạng dự phòng - dự phòng mạng và dự phòng thiết bị - đều được hỗ trợ. Một ví dụ cấu hình dự phòng tiêu biểu được minh họa trên Hình 4.25.

Khối chức năng linh hoạt

Khối chức năng (*Function Block*, FB) là một khái niệm trọng tâm trong Foundation Fieldbus H1 và HSE. Mở rộng mô hình khối chức năng cho các ứng dụng sản xuất gián đoạn, các khối chức năng linh hoạt (*Flexible Function Block*, FFB) được coi như phần mềm bao bọc, đại diện cho các thuật toán ứng dụng đặc biệt hoặc các cổng vào/ra tương tự cũng như số. Các ngôn ngữ chuẩn được định nghĩa trong IEC 61131-3 có thể sử dụng

để tạo các khối chức năng linh hoạt, tương tự như với các khối chức năng thông thường. Cũng thông qua các khối chức năng linh hoạt này, việc liên kết với H1 cũng như với các hệ thống sử dụng giao thức khác được thực hiện một cách thống nhất.

Hình 4.25: Một cấu hình dự phòng HSE tiêu biểu



4.4.10 Industrial Ethernet

Tại thời điểm tác giả biên soạn bài giảng này, Industrial Ethernet (IE) chưa phải là một chuẩn quốc tế, mà chỉ là tên của một loạt các dòng sản phẩm do một số nhà sản xuất (trong đó có Synergetic, Siemens) đưa ra. Thực chất, IE chỉ là Ethernet với các thành phần mạng thích hợp trong môi trường công nghiệp. Ví dụ, loại cáp đồng trục bọc lót kép hoặc cáp đôi dây xoắn STP được sử dụng thay cho các loại cáp thông thường. Các phần cứng mạng như module giao diện, bộ chia hoặc router được thiết kế với kiểu dáng công nghiệp, có độ tin cậy cao, chịu được trong điều kiện làm việc khắc khe hơn so với mạng Ethernet văn phòng. Đặc biệt, các bộ chuyển mạch và các bộ chia thường được trang bị tính năng dự phòng.

4.4.11 Tài liệu tham khảo

Tài liệu tham khảo

- [1] Andrew S. Tanenbaum: *Computer Networks*. 3th Edition, Prentice-Hall, 1998.
- [2] H.W. Johnson: *Fast Ethernet – Dawn of New Network*, Englewood Cliff, NJ.
- [3] Fieldbus Foundation, www.fieldbus.org.
- [4] Industrial Ethernet Association, www.industrialethernet.com.

Chương 5: Thiết kế hệ thống mạng

Chương này đề cập tới một số vấn đề liên quan tới bài toán tích hợp hệ thống sử dụng mạng truyền thông công nghiệp. Bên cạnh các vấn đề về thiết kế hệ thống mạng, việc đánh giá và lựa chọn giải pháp mạng cũng được bàn tới. Cuối cùng, các vấn đề liên quan tới chuẩn công nghiệp có vai trò quan trọng trong việc tích hợp hệ thống sẽ được thảo luận.

5.1 Thiết kế hệ thống mạng

5.1.1 Phân tích yêu cầu

Các yếu tố kỹ thuật

Khi thiết kế một hệ thống mạng ta cần quan tâm tới hàng loạt các yếu tố như cấu trúc mạng, khoảng cách truyền, chống nhiễu, kiểu thông tin cần trao đổi, kích cỡ bức điện, tốc độ hệ thống, trễ truyền thông, số lượng và mật độ các điểm vào/ra, chủng loại thiết bị điều khiển, sách lược điều khiển, khả năng tương thích, biện pháp an toàn hệ thống, đào tạo nhân lực, khả năng bảo trì và mở rộng trong tương lai. Các yếu tố liên quan tới môi trường làm việc như nhiễu điện từ, cấp an toàn điện, độ rung, chất ăn mòn, không gian và vị trí lắp đặt cũng cần được lưu ý.

Thiết kế mới, nâng cấp hoặc thay thế

Với một hệ thống được xây dựng mới hoàn toàn, nhà tích hợp hệ thống có nhiều sự lựa chọn hơn trong thiết kế mới. Vấn đề cần bàn sâu hơn là đối với các hệ thống đã và đang hoạt động. Khi các yếu tố kỹ thuật đã được khảo sát, nhà tích hợp hệ thống cần nghiên cứu và trao đổi với chủ đầu tư về sự lựa chọn giải pháp nâng cấp hoặc thay thế.

Một giải pháp nâng cấp có thể chỉ là tìm cách nối mạng các thiết bị đã có, hoặc nâng cấp một hệ thống mạng cũ lạc hậu trong khi sử dụng tối đa các thành phần có sẵn. Giải pháp nâng cấp có thể tiết kiệm cho đầu tư, tuy nhiên có thể sẽ không thỏa mãn được một số chức năng theo yêu cầu đặt ra và có thể gây ra các vấn đề trong sự không tương thích giữa các thành phần mới và cũ.

Một giải pháp thay thế đưa ra một thiết kế hoàn toàn mới cho một hệ thống lạc hậu. Bên cạnh bổ sung các thành phần hệ thống mạng mới thì ở đây việc thay mới các thiết bị và là điều khó tránh khỏi. Thiết kế mới có thể đưa ra một giải pháp nhất quán, tuy nhiên đầu tư cao có thể làm giảm tính thuyết phục của dự án.

Giá thành, tính sẵn sàng và khả năng hỗ trợ

Nếu so sánh tới đầu tư tổng thể cho thời gian 15-20 năm kể cả chi phí cho phát triển, lắp đặt, đưa vào vận hành và bảo trì, giá mua một hệ thống điều khiển thông thường chỉ

chiếm khoảng 20%. Hơn nữa, độ tin cậy và tính sẵn sàng của hệ thống cũng là các yếu tố then chốt quyết định tới lợi nhuận của một dự án đầu tư. Vì vậy, việc đánh giá lợi thế lâu dài do sử dụng bus trường đem lại là một điều rất quan trọng, ảnh hưởng tới quyết định đầu tư và quyết định giải pháp.

Tuy nhiên, trong thực tế nhiều nhà tích hợp hệ thống cũng như nhiều nhà đầu tư e ngại việc đưa vào sử dụng công nghệ bus trường bởi lý do về hiểu biết cũng như lý do bảo thủ. Áp dụng công nghệ mới đòi hỏi phải đầu tư cho tìm hiểu và nghiên cứu thử nghiệm, trong khi vẫn tồn tại một sự mạo hiểm trong đầu tư. Cũng phải nói rằng, nếu như một giải pháp cổ điển vẫn hoạt động hiệu quả cả về mặt kỹ thuật cũng như về mặt kinh tế thì ít có lý do phải từ bỏ. Song với một tình thế cạnh tranh và toàn cầu hóa như hiện nay, ngay cả các tập đoàn công nghệ tự động hóa có tên tuổi nhất cũng phải tự tiến hóa và thay đổi tư duy về giải pháp tích hợp hệ thống.

5.1.2 Các bước tiến hành

Dựa vào các yêu cầu cụ thể như đã nêu, quá trình thiết kế và đưa vào vận hành một hệ thống mạng có thể tiến hành theo các bước sau đây:

- Lựa chọn kiến trúc điều khiển: Điều khiển tập trung, điều khiển phân tán kiểu DCS hoặc điều khiển phân tán trường.
- Lựa chọn giải pháp mạng: Giải pháp mạng nhiều khi cũng phụ thuộc vào giải pháp hệ thống, song trong thực tế vẫn có thể có một vài sự lựa chọn. Thông thường ta có thể lựa chọn một tổ hợp giải pháp bus hệ thống và bus trường “ăn ý” với nhau, như sẽ trình bày chi tiết trong mục 5.2.
- Lựa chọn cơ chế giao tiếp: Cơ chế hỏi đáp tuần tự, vào/ra tuần hoàn hay không tuần hoàn, chào hàng/đặt hàng, lập lịch hoặc không lập lịch, vào/ra theo sự kiện hoặc thông báo theo yêu cầu.
- Lựa chọn thiết bị: Đánh giá hiệu suất làm việc của các thiết bị trên cơ sở thời gian cập nhật dữ liệu vào/ra, độ rung của chu kỳ điều khiển và hiệu suất thực hiện thuật toán điều khiển. Khảo sát các đặc tính truyền thông của các thiết bị như tốc độ truyền, cơ chế giao tiếp, kiểu giao tiếp, chứng chỉ tương thích giao thức.
- Thiết kế cấu trúc mạng: Sử dụng cấu trúc mạng thích hợp như đường trực/đường nhánh, mạch vòng, hình sao hoặc cây, đảm bảo được các yêu cầu về số trạm, tốc độ truyền và khoảng cách truyền.
- Chọn cấu hình các bộ nguồn cho mạng: Đánh giá và tính toán công suất các bộ nguồn cấp sao cho phù hợp với số trạm, kiểu thiết bị và cấp nối/bộ nối cũng như thỏa mãn các yêu cầu về chống nhiễu, chống cháy nổ.
- Đặt cấu hình mạng: Sử dụng các máy tính với phần mềm cấu hình mạng, các công cụ cấu hình chuyên dụng, các công tắc và chốt tại thiết bị để đặt địa chỉ, tốc độ truyền, quan hệ giao tiếp,... Đối với nhiều hệ thống, việc đặt cấu hình mạng liên quan trực tiếp tới lập trình ứng dụng.

- Tiếp đất: Nối các đường dây trung tính của nguồn DC cũng như vỏ bọc với đất có trở kháng thấp. Nếu sử dụng nhiều nguồn cấp, chỉ sử dụng đường tiếp đất tại một nguồn, tốt nhất là gần với trung tâm của mạng.
- Chạy thử: Kiểm tra hoạt động truyền thông với nhiều sách lược thử khác nhau, có thể với một số hoặc toàn bộ các thiết bị bật nguồn. Lưu ý rằng hầu hết các lỗi truyền thông liên quan tới cáp truyền, trở đầu cuối, tiếp đất, nguồn cho mạng, địa chỉ và tốc độ truyền.
- Chẩn đoán lỗi: Lỗi thiết bị, lỗi hở mạch, nhiễu điện từ, tín hiệu méo hoặc suy giảm có thể nhận biết bằng nhiều phương pháp. Một số lỗi có thể phát hiện bằng cách tách một phần mạng ra và quan sát phần còn lại. Có thể sử dụng các công cụ chuyên dụng như *bus monitor* hoặc các máy lập trình với các phần mềm cấu hình mạng để chẩn đoán. Phần trình bày trong chương 2 chính là các kiến thức cơ sở quan trọng giúp ích cho việc phân tích và chẩn đoán lỗi.

5.2 Đánh giá và lựa chọn giải pháp mạng

Từ nhiều năm nay, các chủ đề bàn cãi trong việc tích hợp hệ thống dựa trên cơ sở mạng truyền thông công nghiệp đã không còn là vấn đề “nên” hay “không nên”, mà thường xoay quanh câu hỏi “mạng gì?”. Sự hiện diện của hàng loạt các hệ thống truyền thông công nghiệp khác nhau trong kỹ thuật tự động hóa mang đến cho người sử dụng nhiều cơ hội lựa chọn, nhưng cũng không ít thách thức. Vấn đề mấu chốt khi đánh giá, lựa chọn một giải pháp không chỉ nằm ở yêu cầu về các đặc tính kỹ thuật, mà còn liên quan tới độ linh hoạt, khả năng mở rộng và giá thành tổng thể của hệ thống.

Mỗi hệ thống truyền thông công nghiệp có những thế mạnh riêng và được trọng dụng trong một số lĩnh vực nhất định. Trong một tương lai gần, khó có một loại nào có thể chiếm được ưu thế tuyệt đối. Cũng chính vì vậy, cố gắng chuẩn hóa một hệ bus trường thống nhất trong khuôn khổ IEC 61158 đã không thành như mục đích đặt ra ban đầu. Thay vào đó, các thành viên trong ban xây dựng chuẩn và các đại gia tự động hóa đã phải ngồi lại với nhau nhiều lần và vào cuối năm 1999 đã đưa ra một giải pháp thỏa hiệp gồm nhiều hệ bus thông dụng. Bên cạnh chuẩn IEC 1158-2 cũ thì PROFIBUS, P-Net, WorldFIP, INTERBUS, ControlNet, SwiftNet và Foundation Fieldbus's HSE đã được đưa vào. Chuẩn mới này vẫn đang tiếp tục được phát triển và cho đến nay cũng đã bao gồm cả Foundation Fieldbus H1, Ethernet/IP và PROFINet.

Đối với các nhà làm công việc thiết kế và tích hợp hệ thống, việc đánh giá giải pháp không phải bao giờ cũng là điều dễ dàng. Để có một quyết định đúng đắn trong việc chọn lựa một hệ thống bus, hoặc cũng có khi phải kết hợp một vài hệ thống cho một giải pháp tự động hóa, ta phải chú ý tới không ít những khía cạnh kỹ thuật cũng như đặc điểm ứng dụng cụ thể. Dưới đây, tác giả đưa ra một qui trình lựa chọn giải pháp mạng lần lượt dựa theo 4 tiêu chí: Đặc thù của cấp ứng dụng, đặc thù của lĩnh vực ứng dụng, yêu cầu kỹ thuật chi tiết và yêu cầu kinh tế.

5.2.1 Đặc thù của cấp ứng dụng

Ngay trong chương mở đầu, phần 1.3 đã phân tích rất rõ đặc thù của các cấp ứng dụng và yêu cầu đối với các hệ thống mạng truyền thông công nghiệp tương ứng. Trong thực tế ngày nay, chúng ta chỉ cần tập trung vào hai cấp là bus hệ thống (bus điều khiển) và bus trường (bus thiết bị). Sự khác nhau về yêu cầu giữa hai cấp này thể hiện ở các điểm sau đây:

- Bus hệ thống yêu cầu tốc độ truyền cao hơn nhiều so với bus trường.
- Số lượng trạm ghép nối với bus hệ thống thường ít hơn ở bus trường, chủng loại thiết bị ghép nối với bus hệ thống cũng đồng nhất hơn.
- Bus hệ thống đòi hỏi tính năng thời gian thực ít ngặt nghèo hơn bus trường.

Có thể nói, việc lựa chọn bus hệ thống ngày nay gần như xoay quanh một số không nhiều hệ dựa trên nền Ethernet, trong khi sự lựa chọn đối với bus trường lớn hơn nhiều. Gần đây có xu hướng xuất hiện một số tổ hợp công nghệ như HSE với Foundation Fieldbus H1, PROFINet với PROFIBUS và AS-i, Ethernet/IP với ControlNet và

DeviceNet. Đây chính là một yếu tố tiếp thị quan trọng, có lợi cho các nhà sản xuất nhưng đồng thời cũng dễ cho người sử dụng khi phải đứng trước một sự lựa chọn.

5.2.2 Đặc thù của lĩnh vực ứng dụng

Khi xây dựng một giải pháp ứng dụng mạng truyền thông công nghiệp, ta phải quan tâm tới qui mô và đặc thù của lĩnh vực ứng dụng. Có thể kể ra một số các lĩnh vực ứng dụng tiêu biểu như:

- Tự động hóa các thiết bị và máy móc đơn lẻ
- Tự động hóa quá trình
- Tự động hóa xí nghiệp
- Tự động hóa tòa nhà
- Điều khiển và giám sát các hệ thống giao thông-vận tải
- Điều phối và giám sát các hệ thống phân phối năng lượng.

Tự động hóa các thiết bị và máy móc đơn lẻ

Tự động hóa các thiết bị và máy móc đơn lẻ bao gồm các lĩnh vực điều khiển cần cầu, điều khiển thang máy, điều khiển máy công cụ, điều khiển robot, điều khiển phương tiện giao thông. Ở đây hầu như người ta chỉ quan tâm tới nhiệm vụ điều khiển tự động, còn phần điều khiển giám sát nếu có thì cũng chỉ dừng lại ở chức năng giao diện người-máy đơn giản. Các bài toán điều khiển có thể rất khác nhau, từ điều khiển logic tới điều khiển quá trình và điều khiển chuyển động. Đặc thù của các ứng dụng này là yêu cầu rất cao về tính năng thời gian thực, trong khi lượng dữ liệu trao đổi không lớn. Các máy móc, thiết bị được sản xuất hàng loạt, vì vậy đầu tư cho giải pháp điều khiển trên một thành phẩm phải thật tiết kiệm. Các yêu cầu này dẫn đến phải sử dụng các giải pháp bus thiết bị với kiến trúc giao thức đơn giản, phù hợp cho ghép nối trực tiếp các cảm biến và cơ cấu chấp hành, có tính tiền định và giá thành thấp. Một vài ví dụ tiêu biểu là CAN, AS-i, SwiftNet và Sercos.

Tự động hóa quá trình

Tự động hóa công nghiệp thường được chia thành hai mảng là *tự động hóa quá trình (process automation)* và *tự động hóa xí nghiệp (factory automation)*, tương ứng với hai lĩnh vực ứng dụng cơ bản là công nghiệp chế biến, khai thác (*process industry*) và công nghiệp chế tạo, lắp ráp (*manufacturing*). Công nghiệp chế biến và khai thác bao gồm các ngành dầu khí, than, hóa dầu, hóa chất, thực phẩm, dược phẩm, điện lực, xi măng, giấy, ... Các ngành còn lại như xe hơi, chế tạo máy công cụ, luyện kim, cán thép, điện tử được xếp vào công nghiệp chế tạo, lắp ráp.

Đặc thù của các ngành công nghiệp khai thác và chế biến là các quá trình liên tục diễn biến chậm. Vì vậy tần suất trao đổi dữ liệu thấp, tuy nhiên bức điện thường dài để đủ chứa thông tin về các biến tương tự. Công nghệ bus trường ở đây không đòi hỏi tốc độ cao, nhưng độ phủ mạng lớn, phải có tính tiền định và có sự lựa chọn cho phù hợp trong môi trường dễ cháy nổ. Không nghi ngờ gì, hai công nghệ bus trường đi đầu trong lĩnh vực này là Foundation Fieldbus H1 và PROFIBUS-PA.

Tự động hóa xí nghiệp

Trong các ngành công nghiệp chế tạo và lắp ráp, bài toán điều khiển logic và điều khiển trình tự đóng vai trò trung tâm, nếu không kể tới bài toán điều khiển máy móc và thiết bị đơn lẻ, điều khiển chuyển động. Các hệ thống điều khiển và giám sát ở đây thường có qui mô nhỏ hơn so với trong công nghiệp chế biến, lượng dữ liệu cần trao đổi thường ít hơn nhưng có yêu cầu cao hơn về thời gian phản ứng. Các giải pháp mạng tiêu biểu là INTERBUS, DeviceNet, PROFIBUS-DP và AS-i.

Tự động hóa tòa nhà

Tự động hóa tòa nhà là một lĩnh vực ứng dụng có nhiều tiềm năng, đặc biệt tại các khu vực đang phát triển xây dựng mạnh như ở Việt Nam. Các tòa nhà công sở, các khách sạn, các sân bay và ngay cả các nhà chung cư cũng có nhu cầu tự động hóa cao. Các hệ thống lò sưởi, điều hòa nhiệt độ, hệ thống đóng mở cửa, hệ thống thang máy, hệ thống chiếu sáng, hệ thống cảnh báo cháy,... đều là các đối tượng cần điều khiển và giám sát từ trung tâm. Tuy các bài toán điều khiển không phải quá phức tạp, nhưng số lượng các thiết bị thì rất lớn và chủng loại thì đa dạng. Một số công nghệ bus có ưu thế trong lĩnh vực này là LON, EIB và gần đây là truyền thông qua đường điện lực.

Các hệ thống giao thông-vận tải

Các hệ thống điều khiển và giám sát trong lĩnh vực giao thông, ví dụ điều khiển giao thông đô thị, đường sắt, hàng hải hoặc hàng không là các hệ thống có cấu trúc phân tán một cách tự nhiên. Các bài toán tiêu biểu trong lĩnh vực này điều khiển tín hiệu ở các nút giao thông, điều khiển phân luồng giao thông, điều động phương tiện giao thông và trong tương lai là các hệ thống xe tự hành. Việc nối mạng có thể thực hiện qua nhiều phương thức khác nhau, ví dụ qua đường điện lực, qua sóng vô tuyến, qua đường điện thoại. Đến nay, hầu hết các ứng dụng này đều dựa trên các giải pháp đặc biệt, đóng kín. Tuy nhiên, ở đây ta cũng có thể nghĩ tới áp dụng một số hệ thống mạng công nghiệp chuẩn như INTERBUS hoặc PROFIBUS-DP kết hợp với sử dụng cáp quang, hoặc giao thức Modbus kết hợp qua đường điện lực hoặc điện thoại công cộng.

Các hệ thống phân phối năng lượng

Tương tự như các hệ thống giao thông, các mạng lưới phân phối năng lượng như cung cấp điện, nước, ga đều có bản chất lai và phân tán một cách tự nhiên. Đặc biệt, điều phối và giám sát các mạng điện lực quốc gia là một bài toán tương đối phức tạp bởi mức độ trải rộng và phân tán cao, mô hình bất định, tính năng thời gian thực ngặt nghèo. Việc sử dụng các công nghệ truyền thông qua đường điện lực, hoặc đường cáp quang kết hợp với một số giao thức chuẩn như MODBUS có thể là một giải pháp hợp lý.

5.2.3 Yêu cầu kỹ thuật chi tiết

Một phương pháp được áp dụng phổ biến khi lựa chọn một hệ thống bus là phương pháp loại trừ dần dựa trên cơ sở các tiêu chuẩn kỹ thuật như sau:

- Cấu trúc: Topology, chiều dài tối đa của mạng, số trạm tối đa trong một đoạn (*segment*).

- Đặc tính thời gian: Tính năng thời gian thực (đủ nhanh, kịp thời, dự đoán được), thời gian phản ứng tiêu biểu.
- Khả năng truyền tải dữ liệu: Tốc độ tối đa và độ dài dữ liệu hữu ích tối đa trong một bức điện (*telegram*).
- Đồng tải nguồn: Khả năng cung cấp nguồn của bus cho các thiết bị tham gia (trạm).
- Độ linh hoạt: Khả năng lắp đặt và thay thế các trạm trong khi vận hành, khả năng mở rộng hệ thống (ví dụ khi mở rộng sản xuất).
- Độ an toàn: Loại trừ khả năng gây cháy nổ, gây các ảnh hưởng xấu tới môi trường xung quanh.
- Độ bền vững, tin cậy: Hoạt động ổn định trong khi có ảnh hưởng, nhiễu từ môi trường xung quanh.
- Chuẩn hóa: Điều kiện cho khả năng tương tác, tính năng mở của hệ thống, tránh lạc hậu trong tương lai.
- Công cụ hỗ trợ: Phần mềm quản trị mạng, hỗ trợ giám sát, chẩn đoán sự cố.

Đối với một ứng dụng cụ thể, có thể có nhiều giải pháp tỏ ra thích hợp mà chỉ khác nhau ở một số điểm nhỏ. Trong những trường hợp như vậy, cần phân tích và đánh giá một cách thận trọng, kỹ lưỡng. Ngay cả trong các thông số kỹ thuật tương chừng tương đương, nhưng lại khác nhau một cách cơ bản, vì thế đòi hỏi phải cân nhắc thận trọng. Ví dụ, không phải trong một lĩnh vực ứng dụng nào cũng cần một hệ thống bus có tốc độ truyền tải dữ liệu thật cao mà yếu tố quan trọng hơn là thời gian phản ứng phải nhỏ và dự đoán trước được.

5.2.4 Yêu cầu kinh tế

Trong yêu cầu mang tính chất kinh tế ta cần xét hai yếu tố chính:

- Giá thành tổng thể: Tổng hợp giá thành trang thiết bị, công thiết kế, lắp đặt và bảo trì
- Hiện trạng thị trường: Cơ hội mua sắm thiết bị và dịch vụ.

Kinh nghiệm thực tế cho thấy, người sử dụng thường hay coi nhẹ việc hạch toán giá thành tổng thể trong khi quá tập trung vào các đặc tính kỹ thuật và giá cả trang thiết bị phần cứng. Ví dụ, trình độ và kinh nghiệm sẵn có cũng như giá dịch vụ thiết kế, lắp đặt và bảo trì đóng vai trò rất quan trọng trong đầu tư tổng thể và lâu dài.

Trong hoàn cảnh Việt nam, việc mua sắm các thiết bị, công cụ phần mềm cũng như các dịch vụ hỗ trợ có nhiều hạn chế, vì vậy yếu tố hiện trạng thị trường, kiến thức và kinh nghiệm sẵn có ảnh hưởng lớn tới một quyết định. Tuy nhiên, ta cũng cần thận trọng với thói quen và sự ảnh hưởng của nhãn mác, cũng như không nên cố giữ những mặc cảm, định kiến về một hệ thống nào. Cũng như bất cứ lĩnh vực nào trong điện tử, tin học, các công nghệ bus trường có những đổi mới, tiến bộ không ngừng. Xu hướng thâm nhập của Ethernet vào cấp điều khiển và cấp chấp hành là một ví dụ tiêu biểu.