

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-nhiễu S/N (*signal-to-noise ratio*) được tính theo công thức:

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

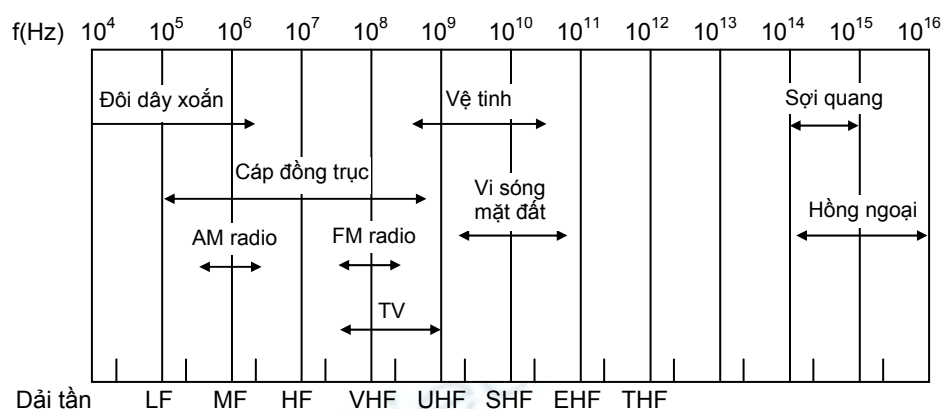
Từ các phân tích trên đây, ta có thể thấy rằng độ rộng băng thông và khả năng kháng nhiễu là hai yếu tố quyết định tới chất lượng của đường truyền. Bên cạnh đó, khoảng cách truyền tối đa phụ thuộc vào độ suy giảm của tín hiệu trên đường truyền.

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 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.

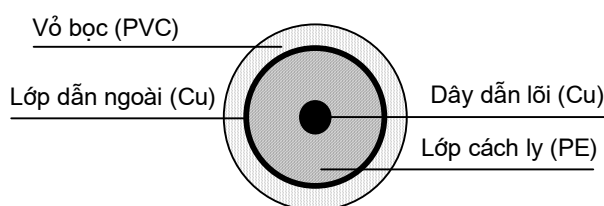
Hình 3.4: Cáp đôi dây xoắn STP
(Siemens)



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.

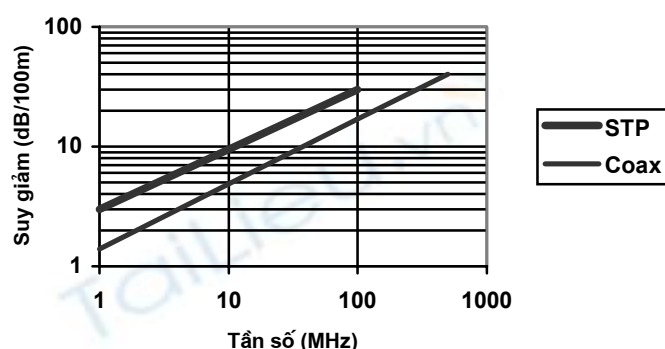


Hình 3.5: Cấu tạo cáp đồng trục

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.

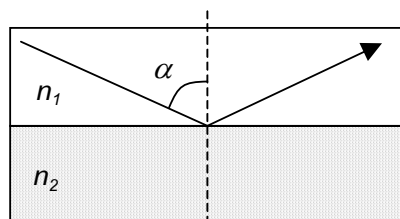
Một ưu điểm lớn của cáp quang là tính năng kháng nhiễu cũng như tính tương thích điện-từ. Cáp quang không chịu tác động của nhiễu ngoại cảnh như trường điện từ, sóng vô tuyến. Ngược lại, bản thân cáp quang cũng hầu như không bức xạ nhiễu ra môi trường xung quanh, vì thế không ảnh hưởng tới hoạt động 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%.

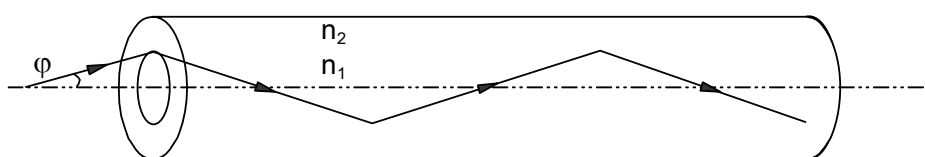


Hình 3.7: Nguyên tắc phản xạ toàn phần ($n_1 > n_2$)

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

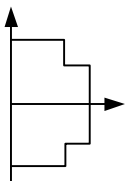
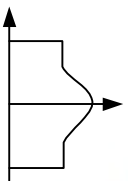
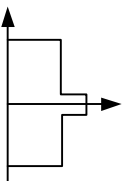
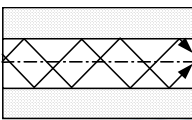
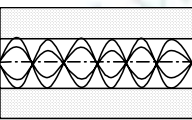
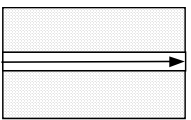
Tỉ lệ của các hệ số khúc xạ cũng như đường kính của sợi lõi và lớp bọc ảnh hưởng tới đặc tính đường đi của tia ánh sáng. Người ta phân loại cáp quang sợi thủy tinh thành hai nhóm chính sau:

- **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.

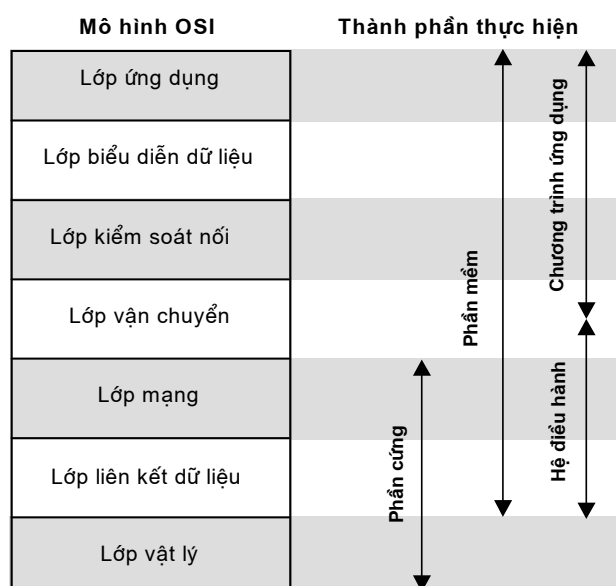
Sử dụng vệ tinh (Eutelsat, Intelsat, Inmarsat, Panamsat, Orbcomm) phù hợp với các ứng dụng đòi hỏi liên lạc ở khoảng cách lớn, nhưng có thể không liên tục. Truyền dẫn qua vệ tinh có thể đòi hỏi đầu tư cho thuê bao tương đối lớn, phụ thuộc vào hợp đồng sử dụng và chất lượng dịch vụ, tuy nhiên trong nhiều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

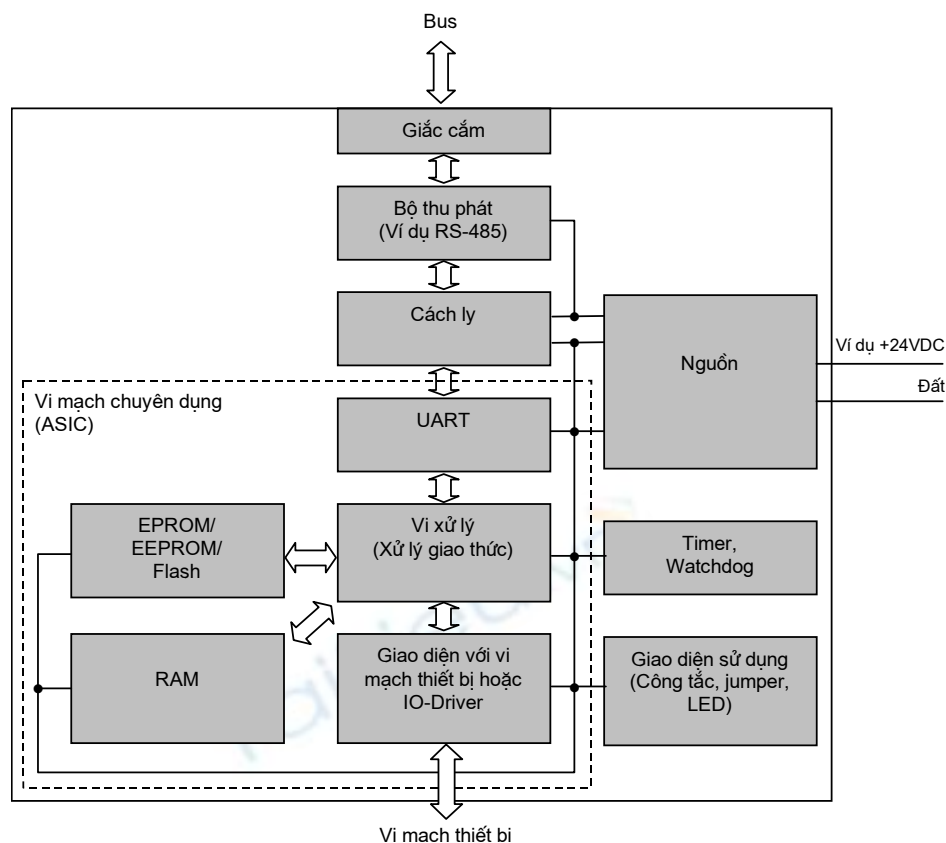
Chức năng xử lý giao thức truyền thông có thể được thực hiện bằng một bộ vi xử lý thông dụng kết hợp với vi mạch thu phát không đồng bộ đa năng UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*). Vi mạch UART thực hiện việc chuyển đổi các dữ

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

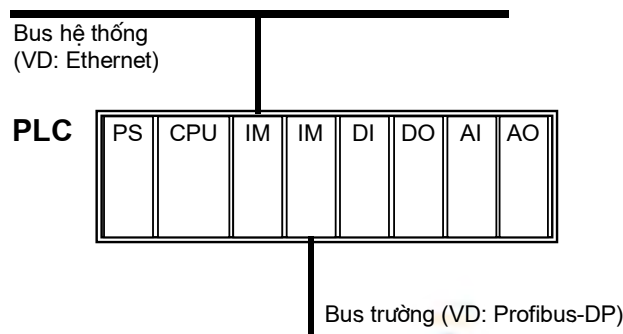
Để ghép nối PLC trong một hệ thống mạng, ví dụ bus trường hoặc bus hệ thống, có thể sử dụng các module truyền thông riêng biệt hoặc trực tiếp các CPU có tích hợp giao diện mạng.

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

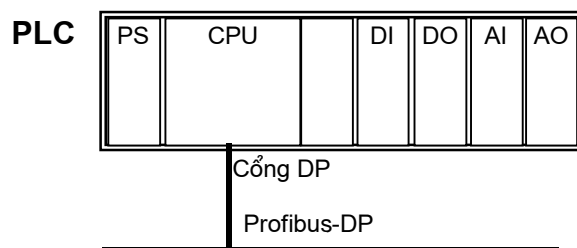
PLC với các thiết bị vào/ra phân tán và các thiết bị trường khác. Bus hệ thống (ví dụ Ethernet) ghép nối các PLC với nhau và với các máy tính điều khiển giám sát và vận hành. Lưu ý rằng, ở đây mỗi module giao diện chính là một trạm và có một địa chỉ riêng trong mạng của nó.



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.

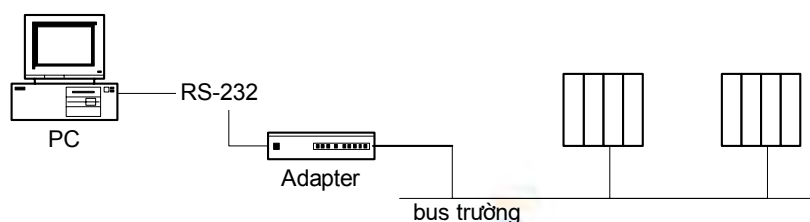
Bộ thích ứng mạng qua cổng nối tiếp/song song

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.

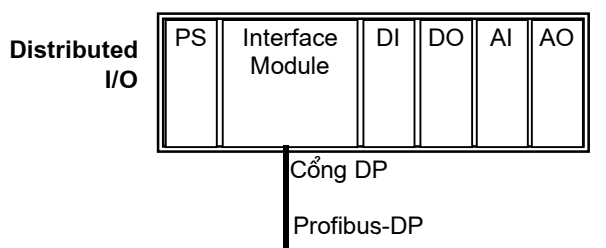
Card PCMCIA

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.

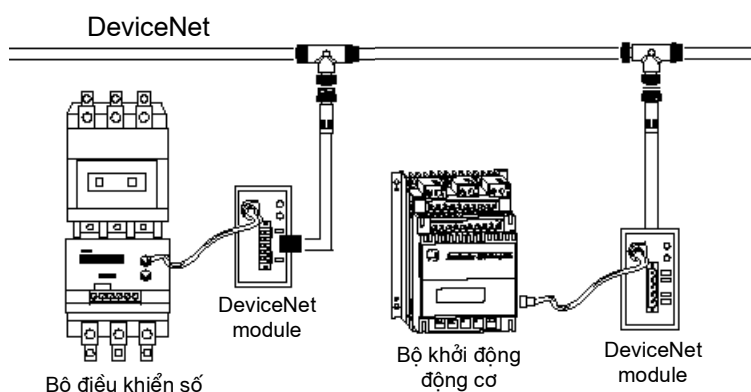


Hình 3.15: Ghép nối vào/ra phân tán qua module giao diện DP

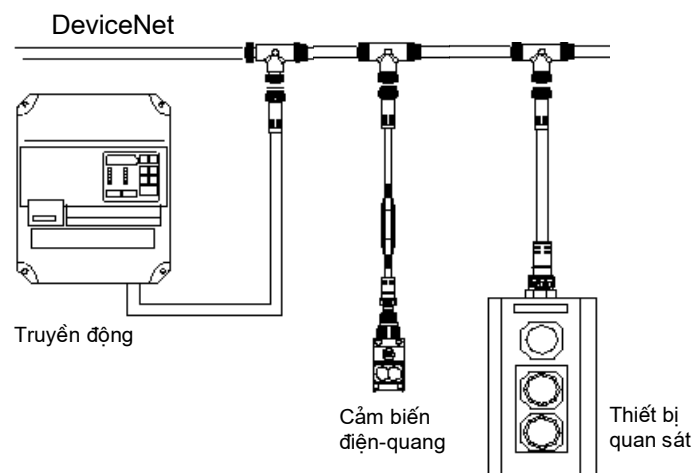
3.2.5 Ghép nối các thiết bị trường

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.

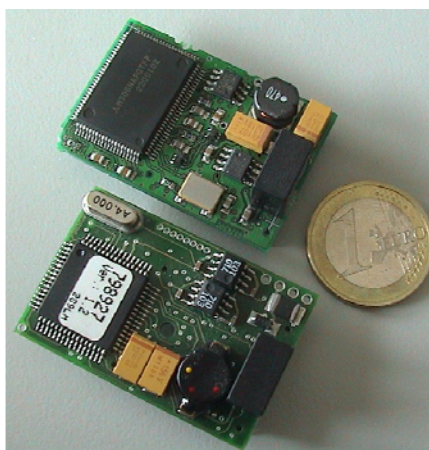


Hình 3.16: Ghép nối thiết bị trường sử dụng DeviceNet module



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

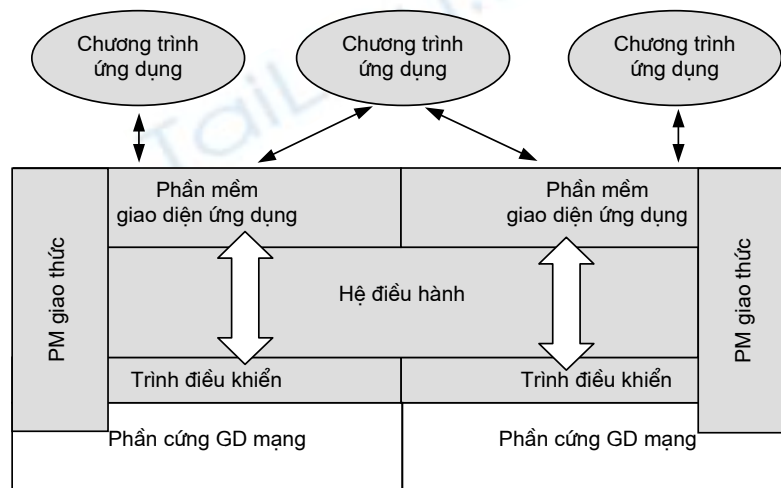
Đối với các hệ bus được sử dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp chế biến, xu hướng hiện nay một mặt là tích hợp sẵn giao diện mạng, mặt khác bổ sung các chức năng xử lý thông tin và điều khiển trên các thiết bị trường. Công nghệ vi xử lý tiên tiến ngày nay cho phép thực hiện toàn bộ các chức năng 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*.