

INTERCONEXÃO DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS ABERTOS EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Manuel de Jesus Mendes
UNICAMP - FEC - DEE
Caixa Postal 6122 - Campinas - SP

José Roberto Emiliano Leite
CPqD - Telebrás - GTR
Caixa Postal 1579 - Campinas - SP

Luís Roberto Ferreira
CPqD - Telebrás - CACI - GCM
Caixa Postal 1579 - Campinas - SP

Resumo

A Interconexão de Sistemas Computacionais Abertos, isto é, interconexão independente de fabricante e tipo de equipamento, é possível através da utilização do Modelo de Referência OSI da ISO. Devido à complexidade existente nessa interligação, este modelo divide a comunicação em sete camadas, cada uma delas executando um conjunto de funções específicas. Mostram-se, neste trabalho, maiores detalhes sobre cada uma dessas camadas, o que vem sendo feito a nível internacional no setor de Automação Industrial para possibilitar essa Interconexão Aberta e o que está sendo aproveitado da Área de Telemática, realçando-se a compatibilidade com os padrões internacionais da ISO e do CCITT já existentes. Em particular descrevem-se os Projetos MAP, TOP e PROWAY, como os exemplos mais notáveis de redes locais para Automação Industrial e de Escritórios.

OPEN COMPUTATIONAL SYSTEMS INTERCONNECTION IN MANUFACTURING AUTOMATION

Abstract

The Open Computational Systems Interconnection, that is, interconnection independent of manufacturer and of equipments, is possible utilizing the ISO OSI Reference Model. Due to the complexity existing in that interconnection, this model divides the communication in seven layers, each one executing a set of specific functions. In this paper more details are shown about each one of these layers, what is being done internationally in the Manufacturing Automation Sector to make possible this Open Interconnection and what is being used from the Telematic Area, with emphasis on the compatibility with the international standards from ISO and CCITT already existents. In particular the MAP, TOP and PROWAY Projects are described, as the most notable examples of local area networks for industrial and office automation.

1. INTRODUÇÃO

A diversidade de sistemas computacionais existentes, a complexidade inerente à troca de informações numa rede de comunicação de dados e a necessidade crescente da interconexão desses sistemas fizeram com que a ISO (International Standards Organization) estudasse esse assunto desde 1979 e lançasse em 1983 a Norma DIS 7498 com o Modelo de Referência para a Interconexão de Sistemas Abertos (Modelo OSI), com o objetivo de interligar sistemas computacionais, independentemente de fabricante e do tipo de equipamento; esse modelo atualmente já se tornou uma Norma Internacional, IS 7498 (ISO, 1985).

O envolvimento crescente das Empresas Públicas de Telecomunicações em serviços oferecidos sobre as redes de comunicação de dados

fez com que o CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique) participasse dos trabalhos desenvolvidos pela ISO e lançasse em 1984 a Recomendação X.200 (CCITT, 1984) com o seu Modelo de Referência, totalmente compatível com o Modelo da ISO. Esse movimento internacional de padronização conta com o apoio e participação de outros órgãos internacionais importantes: ECMA (European Computer Manufacturers Association), ANSI (American National Standards Institute), IEC (International Electrotechnical Commission), NBS (National Bureau of Standards) e IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), entre outros.

O Modelo OSI teve seus primeiros impactos nas redes geográficas e nas aplicações do tipo transacional de serviços comerciais

e bancários. No setor industrial houve inicialmente relutância na adoção de todas as camadas, em virtude do "overhead" de software resultante e do conseqüente prejuízo do tempo-real. Em 1975 a IEC propôs o primeiro protocolo para a Área de Controle de Processos (Tempo-Real), o Protocolo PROWAY.

No final da década de 70, a General Motors começou a se preocupar com a crescente perda de competitividade da empresa com relação à manufatura japonesa, com a incompatibilidade entre sistemas computacionais industriais, e os altíssimos gastos para a interconexão desses sistemas, complexidade e até mesmo impossibilidade de interconexão desses sistemas. Essas preocupações fizeram com que a GM criasse um Grupo de Trabalho que deveria estudar detalhadamente o problema de Interconexão de Equipamentos em Automação Industrial. Em 1982, esse grupo lançou a primeira versão de um protocolo voltado para automação industrial: MAP (Manufacturing Automation Protocol) (GM, 1985). Na definição desse protocolo aproveitaram-se ao máximo os protocolos já existentes no Modelo OSI; o Protocolo MAP pode ser visto como um Subconjunto dos Protocolos do Modelo OSI, sendo mesmo assim, totalmente compatível com este último. O Protocolo MAP especifica um meio físico único de transmissão de informação numa rede local com topologia de barramento com passagem de permissão ("Token"). Esse Grupo de Trabalho teve que desenvolver o Protocolo da Camada de Aplicação, pois essa comunicação é específica a cada tipo de aplicação. Atualmente, o MAP encontra-se na Versão "2.1". Grupos de Usuários de MAP foram criados internacionalmente com o objetivo de pressionar os fornecedores de equipamentos a construir produtos compatíveis com o MAP. Atualmente esses Grupos de Trabalho e de Usuários já estão recebendo apoio de diversas empresas fabricantes de equipamentos: HP, IBM, Westinghouse, Philips, Intel, Motorola e Texas Instruments.

As mesmas preocupações de interconexão de sistemas computacionais fizeram também com que a Boeing Company montasse um Grupo de Trabalho que deveria estudar o problema de Interconexão de Equipamentos de Automação de Escritórios. Em 1985 esse grupo lançou a primeira, e atual, versão de um protocolo voltado para Automação de Escritórios: TOP (Technical And Office Protocols) (Boeing, 1985). Este protocolo é bastante próximo do Protocolo MAP; isso foi feito objetivando-se a integração futura da parte fabril com a parte de escritório de uma indústria.

Os Protocolos MAP e TOP farão com que se torne cada vez mais realidade a Manufatura Integrada por Computador (CIM: Computer Integrated Manufacturing). Essa integração possibilitará a interconexão total de "Ilhas de Automação": CAD, CAM, Robôs, Controladores Programáveis e Numéricos, Equipamentos de Escritórios e Computadores.

2. O MODELO DE REFERÊNCIA OSI

Devido à complexidade da interconexão dos sistemas computacionais, o Modelo de Referência divide a comunicação entre sistemas em sete camadas, cada uma delas executando um conjunto de funções específicas, utilizando para isso os serviços oferecidos pela camada inferior (Ver Figura 1) (Emiliano, 1985). As três primeiras camadas (Física, Enlace e Rede) se preocupam com os Protocolos de Acesso à Rede e de Interconexão de Redes. A quarta camada (Transporte) se preocupa com o Protocolo de Transporte de Dados Fim-a-Fim entre sistemas, melhorando assim a qualidade da comunicação. As camadas superiores (Sessão, Apresentação e Aplicação) se preocupam com os Protocolos de Alto Nível existentes em diversas Aplicações. Acima da Camada 7 estão os Programas de Usuários que utilizam essa arquitetura de comunicação para a troca de informações.

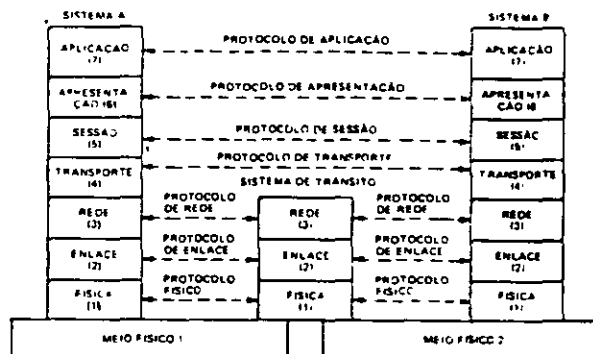


Fig. 1: Arquitetura do Modelo de Referência OSI da ISO.

As interações existentes entre duas camadas num mesmo sistema são chamadas de SERVIÇO e entre dois sistemas numa mesma camada são chamadas de PROTOCOLO. Cada camada é composta por um conjunto de entidades distribuídas nos diversos sistemas, executando diversas funções em conjunto. As informações transmitidas de um sistema para outro são acrescidas de informações de controle, podendo existir um cabeçalho para cada nível de comunicação (Ver figura 2).

Com o esquema de camadas, os sistemas seguindo o Modelo OSI são flexíveis de mudanças a serem introduzidas numa Camada (inovação tecnológica), e podem mesmo desconsiderar algumas delas, ou subconjuntos de serviços, por conveniências de implementação. A seguir, descreve-se cada camada resumidamente (Mendes, 1986).

Camada 7 de Aplicação ("Application Layer")

Esta camada providencia todos os serviços diretamente necessários para os programas do usuário, que constituem o software de aplicação (não pertencente ao Modelo OSI e gerado-

res/consumidores de mensagens). Esta camada oferece aos Processos de Aplicação dos Sistemas uma "janela" de comunicação para a troca de informações, sendo a camada mais alta do modelo. Esta camada preocupa-se com a Semântica das Informações trocadas. Os inúmeros protocolos existentes nessa camada são classificados nas seguintes classes:

.CASE = "Common Application Service Elements", constituída por todos os serviços comuns de comunicação, como a metodologia de aplicação de custos, determinação de recursos oferecidos na rede, de finição da qualidade dos serviços (tempos de resposta, taxas de erros, etc);

.SASE = "Specific Application Service Elements". Esta é a classe mais importante que considera os serviços específicos solicitados pelo programa aplicativo. Citam-se aqui, entre outros, os seguintes protocolos:

- ..FTAM = "File Transfer Access and Management";
- ..VTP = "Virtual Terminal Protocol";
- ..JTM = "Job Transfer and Manipulation";
- ..MHS = "Message Handling Systems";
- ..Outros (Electronic Mail, Server's, etc);

"System Management", representando a autoridade da comunicação, em geral implementada numa estação-monitora e que procede à definição da privacidade e criptografia dos dados, sincroniza as sessões de comunicação, seleciona disciplinas de diálogo, controla, detecta e recupera erros, etc;

"Directories", contendo toda a informação necessária à comunicação como nomes de programas, endereços e características.

Em Redes Locais alcança-se hoje grande confiabilidade na transmissão, de tal forma que alguns aspectos de processamento distribuído passam a ser realidade. Por exemplo, os tempos de acesso e as taxas de transferência de dados são comparáveis com os valores de acesso a memórias de massa (discos). Daqui resulta a idéia de implementação de Servidores ("Server's"), ou seja, subsistemas que forneçam serviços específicos para qualquer estação da rede. Como exemplo de servidores apontam-se:

- .Servidores para uso de recursos comuns ("File Server", "Print Server" e "Processing Server");
- .Aplicações especiais (Banco de Dados, Correio Eletrônico, Calendário, Editores, Documentação e Biblioteca);
- .Serviços comuns do sistema ("Name Server", "Time Server", "Authentication Server", "Configuration Server", "Gateway Server", etc).

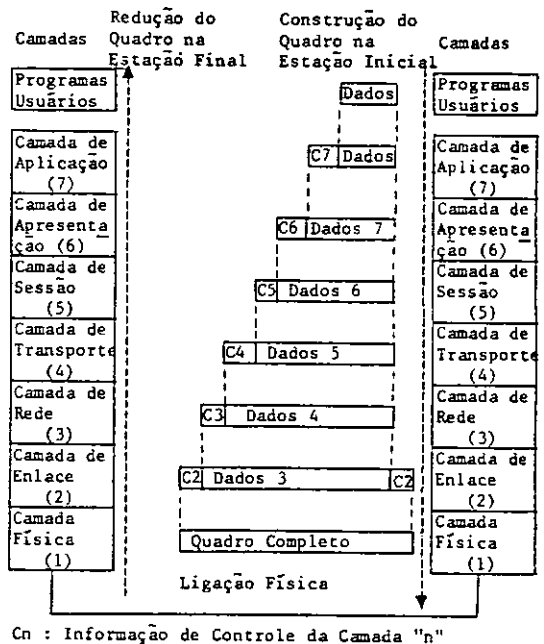


Fig. 2 : Empacotamento das Informações dos Processos Aplicativos.

Os protocolos correspondentes são em geral específicos de certas aplicações (por exemplo na automação de escritórios). São inúmeros os documentos elaborados ou em elaboração destes protocolos como ISO DP 8571 (FTAM) e 8831/8832 (JTM).

Camada 6 de Apresentação (Presentation Layer)

Esta camada elimina os problemas resultantes dos diversos modos de representação dos dados em cada estação ou em cada programa (emissor e receptor) ocupando-se da sua sintaxe e não da semântica. São cobertos três aspectos complementares:

- .Representação dos dados transferidos (ASCII/EBCDIC, dados gráficos, etc);
- .Representação das estruturas de dados às quais o programa do usuário tem acesso;
- .Representação do conjunto de ações envolvidas no acesso aos dados.

Os serviços oferecidos englobam a requisição à Camada de Sessão de início/término de uma sessão de comunicação, a negociação da representação específica a ser usada e a transferência da mensagem pela interface.

Dentro da ISO e do CCITT existem muitas indefinições sobre este nível resultantes dos estágios preliminares em que se encontram os protocolos de aplicação. Os principais documentos publicados são o ISO DP 8824/8825 baseados no CCITT X.409.

Camada 5 de Sessão ("Session Layer")

Esta camada providencia os meios de cooperação entre processos-finais dos usuários (ou mais corretamente na terminologia da ISO, entre as entidades da camada de apresentação) de forma a coordenar a troca de mensagens e a organizar e sincronizar o diálogo estabelecido.

Os serviços incluem os seguintes aspectos:

- .Início/término de conexões de sessão entre as entidades da camada de apresentação ("Session Connections");
- .Transferência de dados normais/urgentes de ou para a camada superior;
- . Notificação de condições excepcionais, como erros de sessão irrecuperáveis;
- .Suporte ao nível de apresentação, com a inserção de pontos de sincronização no fluxo de dados, aos quais se possa retornar, no caso de falha irrecuperável de comunicação;
- .Administração do diálogo entre as entidades de apresentação do tipo "Full-duplex", "Half-duplex" e "Simplex".

Essa camada oferece quatro classes de serviço:

- ."SESSION-KERNEL", providenciando as funções básicas: início/término da conexão e transferência de dados, em Full-duplex/Half-duplex;
- .BCS - "Basic Combined Subset", que além das funções básicas Kernel fornece serviços básicos que não exijam sincronização, como transferência de dados urgentes e relatórios de eventos;
- .BSS - "Basic Synchronized Subset", que além de BCS oferece sincronização para aplicações mais sofisticadas como a de transferência sincronizada de arquivos e transferência de grande quantidade de dados, com tipos especiais de dados (Data Sent Out Of Turn) ou "negotiated release";
- .BAS - "Basic Activity Subset", que além de BSS fornece serviços para aplicações mais complexas como os serviços de telemática previstos pelo CCITT.

Os documentos básicos desta camada são ISO 8326/8327.

Camada 4 de Transporte ("Transport Layer")

Esta camada providencia os serviços que tornam transparentes, para as entidades de sessão, todos os detalhes físicos de transporte dos dados através da rede, constituindo-se num protocolo Fim-a-Fim (entre a estação emissora e a estação receptora). Esta camada oferece à Camada de Sessão, conexões de transporte com melhor qualidade do que a existente nas conexões de rede; otimiza a utilização da rede e libera as camadas superiores de qualquer preocupação com comunicação. A camada de Transporte completa a lacuna existente entre a qualidade de serviço oferecida pela Camada de Rede e a qualidade de serviço desejada pela Camada de Sessão. Essa camada oferece cinco classes de serviço:

- .Classe 0 ("Simple Class"), que considera o estabelecimento/liberação ou aceitação/recusa de conexões de transporte e correspondente processamento de erros finais. É adequada para ambientes simples de transmissão não multiplexada (por ex. Teletex);
- .Classe 1 ("Basic Error Recovery Class"), para a mesma família de conexões não multiplexadas que na classe 0, mas com a capacidade suplementar a concatenação

de múltiplas unidades de dados e mecanismos mais sofisticados de recuperação de erros;

- .Classe 2 ("Multiplexing Class"), usada para conexões com multiplexagem que necessitem de mecanismos de otimização de custos. Pressupõe-se, nesta classe, uma rede segura de transmissão não sendo, por isso, fornecidos serviços de recuperação/detecção de erros;
- .Classe 3 ("Error Recovery Class"), como a classe 2 mais mecanismos de recuperação de erros;
- .Classe 4 ("Error Detection and Recovery"), a mais sofisticada, com todos os serviços de multiplexagem, detecção e recuperação de erros.

Os documentos básicos desta camada são ISO 8072/8073.

Camada 3 de Rede ("Network Layer")

Esta camada fornece os serviços necessários ao roteamento das mensagens numa rede complexa, quando a informação tem que circular entre diversos nodos (não necessariamente adjacentes) pertencentes ou não ao mesmo segmento de rede (sub-rede). Esta camada oferece os meios para estabelecer, manter e terminar conexões de rede entre sistemas com tendo entidades de transporte que se comunicam entre si. Esta camada oculta da Camada de Transporte qualquer conhecimento a respeito dos sistemas de trânsito (retransmissões), roteamento e tecnologia utilizada no meio de comunicação (fibra ótica, comutação de pacotes, satélites, redes locais, etc), devendo a Camada de Transporte, se preocupar apenas com a qualidade e o custo do Serviço de Rede. A camada de Rede possibilita também um melhor aproveitamento dos meios de transmissão, através do uso de Multiplexação de conexões de rede em conexões de enlace. É uma camada complexa e por isso decomposta internamente em quatro subcamadas, que obedecem aos mesmos princípios de estruturação do Modelo OSI:

- .SNACF = "SubNetwork Access Facility" = subcamada 3.1: é a subcamada mais baixa, que implementa os serviços para a Camada 2 de Enlace e a interface correspondente. O protocolo SNACP ("SNAC Protocol") contém em geral serviços para ajustes das diferentes sub-redes que possam existir nos níveis 1 e 2;
- .SNDCF = "SubNetwork Dependent Convergence Facility" = subcamada 3.2, que cuida do roteamento e comutação de mensagens entre os nodos de uma mesma sub-rede ("Intranetwork-Routing");
- .SNICF = "SubNetwork Independent Convergence Facility" = subcamada 3.3, que harmoniza a subcamada 3.2, com a subcamada superior 3.4, e permite a comunicação entre redes distintas, procedendo, por exemplo, à conversão de endereços "Intranetwork" (dentro de uma rede) para endereços "Internetwork" (entre redes);
- ."Internetwork-sublayer" = subcamada 3.4, que contém a informação de roteamento "Fim-a-Fim" (função de "relay"), de tal

forma que as mensagens/pacotes/datagramas possam circular entre redes distintas sem preocupação com os aspectos específicos de cada uma.

Opera-se, nesta camada, a conversão da informação de endereços globais em instruções de roteamento, através de tabelas e/ou algoritmos próprios. Em geral estes serviços usam os diretórios da Camada de Aplicação. No âmbito das redes geográficas, nesta camada o Protocolo X.25 do CCITT tornou-se bastante popular internacionalmente.

Camada 2 de Enlace ("Data-Link Layer")

Esta camada oferece os meios para estabelecer, manter e terminar conexões de enlace entre sistemas contendo entidades de rede que se comunicam entre si. Esta camada detecta e possivelmente corrige erros que podem ocorrer na Camada Física, melhorando assim a qualidade de aparente do meio físico. Esta camada possibilita à Camada de Rede controlar a interconexão de circuitos físicos dentro da Camada Física. Os protocolos e serviços de enlace são muito dependentes da tecnologia utilizada na transferência física, sendo necessários protocolos específicos para tecnologias específicas. Nesta Camada são fornecidos os serviços que garantem a transmissão de dados, sem erros, entre dois nodos adjacentes da sub-rede. São recentemente a ISO procurou padronizar este nível para Redes Locais com o ISO 8802, adotando os trabalhos do IEEE 802. Esses trabalhos são os seguintes:

- ..802.1 - Glossário de Redes Locais;
- ..802.2 - Descrição do Nível LLC em Redes Locais;
- ..802.3 - CSMA/CD, Barramento, Banda Básica (1/5/10/20 Mbps) e Banda Larga (10 Mbps);
- ..802.4 - Token-Passing, Barramento, Banda Modulada, Phase-Continuous (1 Mbps), Phase-Coherent (5/10 Mbps);
- ..802.5 - Token-Passing, Anel (1/4/20/40 Mbps).

A ISO distingue duas camadas de protocolos:

.Camada MAC = "Medium Access Control" com a interface para o nível físico e a apresentação dos métodos de controle de acesso CSMA/CD e "Token-Passing"; a ISO está transferindo essa subcamada para a Camada Física;

.Camada LLC = "Logical Link Control" com todos os serviços de conexão, detecção/recuperação de erros e endereçamento.

Estes serviços são classificados em três classes;

..Tipo 1: "Connectionless-Oriented", protocolo muito simples, tipo datagrama, em que os pacotes de informação são enviados diretamente, sem medidas prévias de estabelecimento de conexão, e sem reconhecimento no sequenciamento das mensagens, controle de fluxo ou recuperação de erros;

ros;

..Tipo 2: "Connection-Oriented", ou seja, com o prévio estabelecimento de uma conexão virtual através de mensagens de controle de estabelecimento e subsequente troca de mensagens com controle de fluxo e manutenção da ordem por numeração;

..Tipo 3: Protocolo definido como no Tipo 1 mais as funções de reconhecimento.

Camada 1 Física ("Physical Layer")

Esta camada oferece os meios mecânicos, elétricos e funcionais para ativar, manter e desativar conexões físicas entre as entidades de enlace, e para a transmissão dos bits de informação. As Entidades Físicas são interconectadas através do meio físico. Dentro deste âmbito da ISO/CCITT foram realizados inúmeros trabalhos neste nível, fixando-se as características mecânicas e elétricas das interfaces, principalmente nas redes públicas e telefônicas. Muitos protocolos foram divulgados no mundo inteiro desde a série da EIA, RS-232-C, RS-422-A, RS-423-A, até a série do CCITT X.21 (Redes Públicas), X.21-bis (equivalente a RS-232-C), X.20 (Redes Assíncronas), X.24 e I.431 ("Basic User Interface Specification" para redes RDSI). No campo das Redes Locais a ISO adotou a Norma ISO 8802 com os diversos protocolos do IEEE 802.

3. O PROTOCOLO MAP

O objetivo do Protocolo MAP é interligar Sistemas Computacionais de Automação Industrial, independentemente de fabricante e tipo. A versão atual do MAP é a "2.1", lançada em Março de 1985; suas principais funções estão mostradas na tabela da Figura 3.

Camada do Modelo OSI	Protocolos Utilizados no MAP versão 2.1	Principais Funções desses Protocolos
Aplicação(7)	MMFS OSI CASE OSI FTAM Gerenciamento de Rede Serviços de Diretório	Troca de Informações, Transferência de Arquivos, Serviços de Usuários e Gerenciamento de Rede
Apresentação (6)	nulo (ASCII)	Interpretação de Dados
Sessão (5)	OSI Session(Kernel)	Coordenação do Diálogo e Sincronização
Transporte(4)	OSI Transport (Classe 4)	Entrega confiável de Dados Fim-a-Fim
Rede (3)	OSI CLNS (Internet)	Encaminhamento de Dados
Enlace de Dados (2)	IEEE 802.2 (LLC- Classe 1) e IEEE 802.4(MAC)	Transmissão de Dados Local com detecção e correção de Erro (Melhoria da Qualidade da Comunicação)
Física (1)	IEEE 802.4 (Broadband, 10Mbps)	Sinalização Elétrica e Transmissão Física dos Dados

Fig. 3: Protocolos utilizados no MAP Versão 2.1.

A Camada Física é responsável pela sinalização elétrica e transmissão física dos dados;

é baseada na norma IEEE 802.4, Banda Larga, 2 canais ("Midsplit"), com taxa de transmissão de 10 Mbps. Utiliza como meio de comunicação um cabo coaxial banda larga em RF, com técnica de sinalização AM-PSK. A tecnologia banda larga possibilita a transmissão simultânea de dados, voz e imagens. Devido à utilização de altas frequências, da ordem de 300 a 400 Mhz, esse meio é bastante imune a ruído, característica bastante importante no meio fabril.

A Camada de Enlace de Dados é responsável pela Transmissão Lógica dos Dados, melhorando a qualidade sobre o meio físico de transmissão, através de procedimentos de detecção e correção automática de erros. Está dividida em duas subcamadas: MAC (Media Access Control) e LLC (Logical Link Control). A subcamada MAC controla o acesso ao cabo coaxial através da passagem da Ficha de Permissão ("Token"), estando descrita também na norma IEEE 802.4, utilizando um meio físico do tipo TOKEN BUS e 48 bits de endereçamento (Ver Fig.4). A subcamada LLC controla a troca de quadros de Nível 2, detectando e corrigindo erros de comunicação, estando descrita na norma IEEE 802.2, utilizando um Serviço do tipo "Sem Conexão" (Classe 1), possibilitando que dois sistemas possam trocar dados sem uma conexão formal prévia de enlace, resultando numa maior eficiência. O Protocolo "Token-Passing" é de natureza determinística, fator importante para os sistemas de controle de processo onde o tempo de resposta na comunicação tem que ser conhecido e limitado, e não incerto; esse protocolo possibilita a utilização de prioridades nas mensagens trocadas. Existe uma forte tendência mundial desses dois primeiros níveis de protocolos serem implementados quase que totalmente em Circuito Integrado.

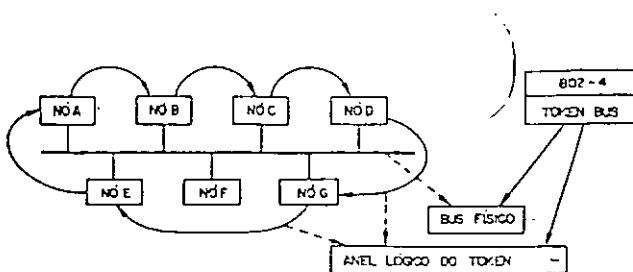


Fig. 4: Esquema de Circulação do Bastão em uma Rede Local "Token-Passing Bus".

A Camada de Rede é responsável pelo encaminhamento dos dados trocados. Adota a subcamada 3.4, "Internetwork" (ISO DIS 8473), Serviço de Rede Sem Conexão (CLNS: "Connectionless Network Service") mais os serviços da camada 3.2 (SNDCF). A GM adicionou seu próprio algoritmo de roteamento que difere um pouco daquele do Modelo OSI.

A Camada de Transporte é responsável pela entrega confiável dos dados fim-a-fim,

entre sistemas; é baseada nas normas ISO IS 8072/8073, Classe 4, Serviço de Transporte orientado para Conexão, com algumas restrições.

A Camada de Sessão é responsável pela Coordenação do Diálogo e a Sincronização entre os Sistemas; é baseada nas normas ISO IS 8326/8327, subconjunto núcleo básico "Kernel"; esse subconjunto provê funcionamento no modo Full-Duplex (TWS: Two Way Simultaneous) e Terminação da Conexão de Transporte de forma controlada.

A Camada de Apresentação é responsável pela sintaxe das informações trocadas, executando, quando necessária, a conversão de sintaxes específicas dos sistemas para uma sintaxe comum de comunicação. Na Versão 2.1 do Protocolo MAP, devido a não existência ainda de uma norma internacional, essa camada é nula, não existindo dessa forma negociação e conversão de representação de dados, utilizando apenas codificação ASCII e Binária; deve-se observar que uma camada nula não fornece serviços suplementares, mas faz-se necessária para a realização do caminho lógico. Quando estiver disponível a norma internacional da ISO sobre essa camada, ela será acrescentada dentro do Protocolo MAP.

A Camada de Aplicação é responsável pela Semântica das Informações trocadas; é composta por diversos tipos de Protocolos:

- MMFS (Manufacturing Messaging Format Standard);
- CASE (Common Application Service Elements);
- FTAM (File Transfer, Access and Management);
- Gerenciamento de Rede;
- Serviços de Diretório.

O Protocolo MMFS está definido na Especificação MAP, sendo responsável pela Troca de Informações utilizadas na Manufatura; especifica a codificação de mensagens e a transferência de arquivos limitados para nós de manufatura, tais como: Sistemas de Controle Numérico, Controladores Programáveis e Robôs.

O Protocolo CASE faz parte de uma subcamada da Camada de Aplicação, sendo utilizado pela Aplicação MMFS; é baseado na norma ISO DP 8649/8650, provendo associações entre pares de aplicações.

O Protocolo FTAM é responsável pela Transferência de Arquivos de Dados; é baseado na norma ISO DP 8571, provendo acesso completo a arquivos, suportando um conjunto limitado de atributos de arquivos e não permitindo acesso individual a registro.

O Protocolo Gerenciamento de Rede está definido na Especificação MAP, sendo responsável pela Monitoração e Análise de Tráfego de toda a Rede.

O Protocolo Serviços de Diretório está na Especificação MAP, sendo responsável pelo fornecimento de Endereçamento para os sistemas.

A GM está preparando um novo protocolo

de aplicação, chamado RS-511, que deverá substituir o MMFS em 1987, possuindo melhores características para utilização em tempo-real para controle de células e processos. Esse Protocolo deverá ter um grande impacto na indústria, uma vez que ele fornece todos os serviços, que o usuário chamará diretamente do seu programa aplicativo. Definem-se, para tal, nomes e operações para quatro classes de equipamentos: comandos numéricos, controladores lógicos programáveis, robôs e sistemas de controle de processos (SDCD's). Os serviços considerados englobam:

- "Basic Kernel-Functions", englobando os serviços básicos, como de início/termino do diálogo entre os programas-cooperantes;
- "Remote Memory Access Functions", permitindo READ, WRITE, DEFINE TYPE/VARIABLE NAME a variáveis armazenadas em locais remotos (por exemplo, para monitoração de processos);
- "Remote Event Definition And Management", fornecendo os serviços das inúmeras situações de tempo-real condicionadas a eventos específicos (por exemplo: interrupção), locais ou remotos;
- "Semaphore Management", com o controle (remoto) de recursos de forma a evitar interferências (Exemplo: Robô, Buffer de memória, ciclo de varredura de um CLP);
- "Job Scheduling", com a definição de Job's a serem executados por dispositivo remoto (por exemplo: programa de Robô com parâmetros variáveis de "offset's de eixos);
- "File Transfer And Management", serviços mais simples que FTAM's para CLP's, CNR's e CNC's (exemplo: UP/DOWN-Load de programa de usinagem de uma peça para CNC);
- "Operator Communication", mais simples que ISO-VTP para suporte de ações locais/remotas do operador em terminais alfanuméricos.

3.1. ARQUITETURAS DO MAP

A Especificação MAP define dois tipos de Arquiteturas:

- Arquitetura MAP de Tronco ("Backbone");
- Arquitetura MAP de Célula ("Enhanced Performance Architecture": EPA).

A Arquitetura MAP de Tronco possui um meio de transmissão que suporta a comunicação entre Sistemas MAP com todas as camadas do Modelo de Referência mostrado anteriormente (ver Fig. 5).

A Arquitetura MAP de Célula, conhecida como EPA (Enhanced Performance Architecture), é utilizada para aplicações que envolvam tempo-real, utilizando na comunicação apenas as camadas 1, 2 e 7, provendo comunicação econômica e eficiente com os controladores programáveis, sensores inteligentes e sistemas de visão (ver Fig. 5).

Uma simplificação da Arquitetura EPA é o MINIMAP que utiliza apenas seus dois primeiros níveis de protocolo (ver Fig. 5), possibilitando a comunicação apenas no mesmo segmento; utiliza comunicação em Banda Modulada, cujos custos são bem menores em virtude de serem modems e circuitos de interface mais simples, sendo no entanto, limitado a um único canal de frequência e menos imune a ruído.

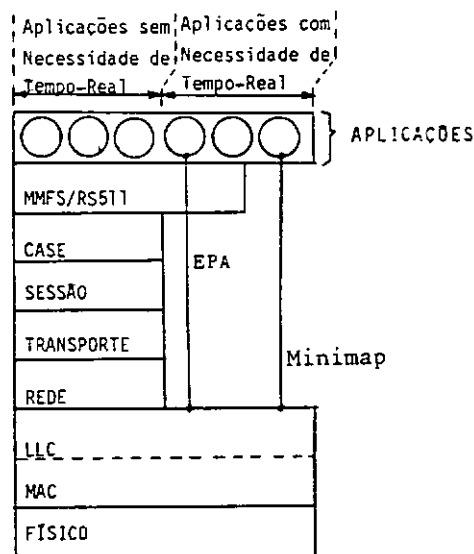


Fig. 5: Arquiteturas MAP.

3.2. SISTEMAS DE INTERCONEXÃO NO MAP

A Especificação MAP mostra 3 tipos de Sistemas de Interconexão: Ponte ("Bridge"), Roteador ("Router") e Gateway (ver Figura 6). A Ponte provê expansão da rede através da conexão de dois segmentos de rede diferentes, a nível de enlace de dados. O Roteador é usado para fazer a ligação de várias redes a um ponto comum, utilizando para isso os três primeiros níveis de protocolo; ele tem um endereço de rede que é único e conhecido por todas as redes conectadas a ele; o Roteador provê seleção de caminho, melhoria no serviço de rede e roteamento alternativo baseado no endereço da rede destino e no estado de operacionalidade das redes conectadas.

O Gateway é o mais complexo dos três sistemas de interconexão, sendo usado para conectar redes diferentes em todos os níveis de protocolo.

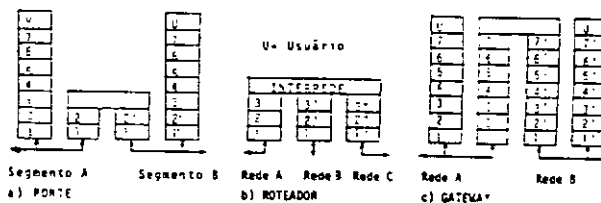


Fig. 6: Sistemas de Interconexão da Rede MAP.

Esses Sistemas de Interconexão permitem que equipamentos já existentes e que não sigam o padrão MAP possam continuar sendo utilizados normalmente na indústria, não sendo necessário sua substituição. Na Figura 7 mostra-se a utilização desses diversos tipos de Sistemas de Interconexão. Um outro tipo de Sistema de Interconexão utilizado em Rede Local é o Repetidor ("Repeater"), que permite a regeneração de sinal para expansão num novo segmento de rede do mesmo tipo, a nível físico.

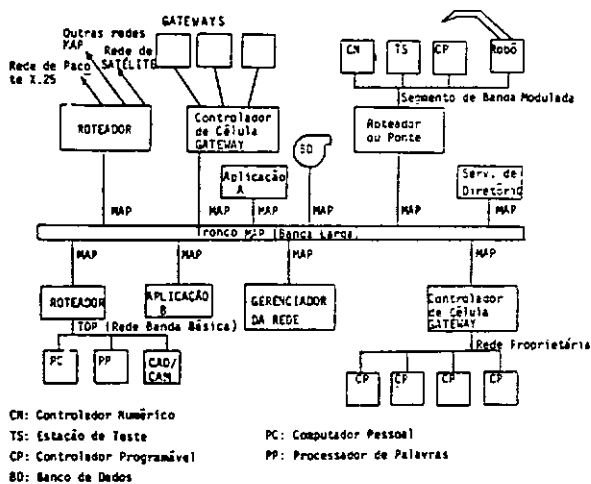


Fig. 7: Utilização dos Sistemas de Interconexão para Comunicação Aberta na Rede MAP.

3.3. EVOLUÇÃO DO MAP

O Plano de Implementação do Protocolo MAP da GM prevê cinco fases:

- Rede Centralizada: Conexões de equipamentos distintos via um computador central; (1984)
- Rede Local (1984): Conexão via uma rede local, com apenas protocolos de baixo nível;
- Serviços de Aplicação (1985): Fase anterior acrescida de serviços aplicativos;
- Hardware de Baixo Custo (1986): Colocação dos protocolos das camadas 1 a 4 em placas de Hardware dedicado e acrescentar protocolos das Camadas 5 e 6.
- Rede Completa (1988-1990): Compatibilidade Total da maioria de fabricantes de equipamentos.

O MAP teve, por enquanto, quatro versões: 1.0 em 1982, 1.8 em 1983, 2.0 em Dezembro de 1984 e a 2.1 em Março de 1985. A versão

corrente do MAP não está ainda totalmente estável e completa, sendo prevista estar praticamente completa em 1988. A versão 3.0 deverá substituir em 1987 a atual, assim que estiverem disponíveis os padrões internacionais para as camadas 6 e 7. Toda nova versão do MAP tenta ser ao máximo compatível com a anterior.

3.4. PRODUTOS INTERNACIONAIS MAP

Para a instalação de uma rede MAP são diversos os produtos hoje em desenvolvimento:

- .Cabos e conectores (em princípio advindos da CATV);
- ."Head-ends" e Modem's;
- .Repetidores, Pontes e Roteadores;
- .Controladores e Interfaces de Rede (NIU = Network Interface Unit e TIM = Token Interface Unit);
- .Gateway's e Sistemas Terminais;
- .Monitores de redes.

O esforço de padronização MAP tem sido tão grande, que vendedores de robôs, computadores e controladores programáveis, muito brevemente, terão que, em virtude da demanda, incorporar interfaces compatíveis com o MAP em seus equipamentos. Sentindo um mercado potencial muito grande, vários vendedores introduziram já no final do ano passado produtos que têm tornado mais fácil incorporar compatibilidade com o MAP nos sistemas, a nível de equipamentos de interface, placas ou chips, apesar das especificações MAP ainda estarem em evolução.

Os circuitos integrados VLSI para o MAP deverão incorporar as funções dos dois primeiros níveis: físico e enlace (controle de acesso ao meio e parte do controle do enlace lógico). A Motorola foi a primeira a apresentar uma implementação do IEEE 802.4 em silício; chamado de 68824 (Controlador de Barramento "TOKEN"), ele pode ser acompanhado pelo 68184 (parte digital do modem banda larga RF) ou pelo 68194 (modem banda básica). Ainda não disponível no mercado, mas já sendo utilizado em equipamentos da Concord Data Systems, existem 3 chips da Gould-AMI (um para tratamento de dados, um controlador de DMA e um para tratamento de protocolo de enlace) que em conjunto executam o controle de acesso ao meio e ajudam na implementação de parte do controle de enlace.

Um número maior e crescente de fabricantes oferecem placas para serem incorporadas em produtos que usem um barramento padrão de processador, principalmente os barramentos VME (Motorola), Multibus (Intel) e QBus (Dec). Muitas dessas placas deverão incluir software para os níveis 2 a 7, liberando totalmente o computador-hospedeiro da carga de comunicação.

No entanto, a maneira mais fácil de se conseguir compatibilidade com o MAP hoje é a través de equipamentos conversores, que tipicamente provêem acesso à rede MAP a partir de uma porta RS-232C ou RS-449/422. Módulos de

Interface, modems para banda básica e banda larga, servidores de terminais e até analisadores de dados de rede estão começando a surgir no mercado.

4. O PROTOCOLO TOP

A idéia de Interconexão Aberta do MAP foi aproveitada pela BOEING para Automação de Escritórios através do Protocolo TOP (Technical And Office Protocols); este protocolo objetiva interligar estações de trabalho de engenharia, computadores e periféricos. O Protocolo TOP é bastante próximo do Protocolo MAP e estão sendo conduzidos de forma integrada, tendo como objetivo a futura interligação do escritório com a parte fabril de uma indústria.

As diferenças se encontram nas camadas 1 e 7. Na camada Física, utiliza-se o modo de transmissão CSMA/CD ("Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection"), Banda Básica, especificado na norma IEEE 802.3. Na Camada de Aplicação, utiliza-se por enquanto apenas o Protocolo FTAM (File Transfer, Access And Management) da ISO. O Protocolo TOP também sofrerá atualizações devendo ter no futuro outros tipos de Aplicações: MHS (Message Handling System), Correio Eletrônico, Serviços de Diretório, Troca de Documentos, Processadores de Texto, Computação Gráfica, Ferramentas de Análise Administrativa e Gerenciamento de Banco de Dados.

5. O PROTOCOLO PROWAY

A IEC (International Electrotechnical Commission) propôs desde 1975 o Protocolo PROWAY (Process Data Highway) para a área de Controle de Processos. Sob a influência do Projeto IEEE 802 para Redes Locais, o PROWAY sofreu uma redefinição que levou ao PROWAY C. Com o surgimento do Projeto MAP, o PROWAY começou também a ter novos rumos. A própria Arquitetura EPA do MAP foi adotada seguindo-se a filosofia PROWAY, para Segmentos de Rede de Tempo-Real.

Tendo em vista as aplicações de Tempo-Real, o PROWAY parece estabilizar-se no seguinte conjunto de protocolos:

- .Nível 1 - "Token-passing", Banda Modulada, "phase-continuous", 1/5 Mbps;
- .Nível 2 - Prioridade da resposta imediata, lista de opções de estações ativas, nível LLC segundo ISA S 72.01 com serviços "Send Data With Acknowledge" e "Request Data With Reply Services" do tipo 3 da ISO, conhecidos como Serviços SDA e RDR;
- .Níveis 3, 4, 5, 6 = nulos;
- .Nível 7 - Diretório do Tipo MAP e Protocolo RS-511.

6. CONCLUSÃO

Os Protocolos MAP e TOP são necessários para compatibilizar sistemas heterogêneos em Automação Industrial e de Escritórios.

Grandes esforços de padronização já foram dedicados pelos órgãos internacionais na área de Telemática, como ISO, CCITT, IEEE e ANSI. A nível Nacional, já existe bastante experiência de desenvolvimento a ser aproveitada para a Automação Industrial; diversos protocolos de comunicação de dados já foram desenvolvidos seguindo o Modelo de Referência OSI: Protocolos de Redes Locais, Protocolo X.25 de Acesso Síncrono à Rede Pública de Pacotes, Protocolo X.28 de Acesso Assíncrono à Rede Pública de Pacotes, Protocolo X.75 de Interconexão de Redes (Gateway), Protocolos de Transporte OSI (Classes 0, 1, 2, 3 e 4), Protocolos de Transferência Eletrônica de Fundos, Protocolo de Transferência de Arquivos e Protocolos de Comunicação de Texto e Mensagem.

Grandes esforços de padronização também já foram e estão sendo dedicados por empresas internacionais da área industrial, como a GM e a Boeing, e muitos protocolos já existentes puderam ser aproveitados. A existência desses padrões internacionais incentiva a produção em grande escala de circuitos integrados devido ao grande mercado existente. As facilidades de integração em larga escala (LSI) fazem com que essa comunicação padronizada se torne cada vez mais simples, modular, eficiente e barata.

Com essas considerações, não existe dúvida que os Protocolos MAP e TOP vão cumprir seus objetivos de Interconexão Total de Sistemas Abertos em Automação Industrial e de Escritórios, sendo apenas uma questão de tempo. Eles têm todo o potencial para tornar a Manufatura Integrada por Computador (CIM), tão desejada, uma realidade.

7. REFERÊNCIAS

- Boeing Company, (1985). "TOP Specification". Version 1.0, November/85.
- CCITT, (1984). "Recommendation X.200: Reference Model of Open Systems Interconnection for CCITT Applications". CCITT RED BOOK, Vol. VIII, Fascicle VIII. 5: 01-53.
- Emiliano, J.R.L., (1985). "O Modelo de Referência para a Interconexão de Sistemas Abertos". Revista Telebrás, Junho 1985: 11-15.
- GM, General Motors Corporation, (1985). "MAP Specification". Version 2.1, March/85.
- ISO, (1985). "IS 7498: Basic Reference Model for Open Systems Interconnection". ISO.
- Mendes, M.J., (1986). "Redes Locais em Comunicação em Ambiente Industrial". 6º SCNB (Seminário de Comando Numérico no Brasil), Agosto, 1986.