

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP

Deptº de Engª de Computação e Sistemas Digitais

BT/PCS/9308

**Proposta de Rede Digital
de Sistemas Integrados
para Navio**

**Cesar de Alvarenga Jacoby
Moacyr Martucci Jr.**

São Paulo - 1993

O presente trabalho é baseado na dissertação de mestrado de mesmo título, apresentada em 1993 pelo Eng^o Cesar de Alvarenga Jacoby, sob orientação do Prof. Dr. Moacyr Martucci Jr.: " Proposta de Rede Local de Serviços Integrados para Aplicações Navais Embarcadas".

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição com o autor e na biblioteca de Engenharia de Eletricidade da Escola Politécnica da USP.

Jacoby, Cesar de Alvarenga

Proposta de rede digital de sistemas integrados para navio / C. de A. Jacoby, M. Martucci Jr. -- São Paulo : EPUSP, 1993.

21p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, BT/PCS/9308)

1. Redes locais (Computadores) 2. Comunicações digitais 3. Navios - Eletrônica I. Martucci Jr., Moacyr II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais III. Título IV. Série

CDD 004

621.382

CDU 629.123:621.38

Proposta de Rede Digital de Sistemas Integrados para Navio

Cezar de Alvarenga Jacoby

Moacyr Martucci Jr.

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Computação e Sistemas Digitais

Resumo

Com o objetivo de integrar em um único sistema digital todos os tipos de comunicações comerciais, as Redes Digitais de Serviços Integrados, em diversos países, começam a deixar de ser proposta para tornarem-se sistemas comerciais disponíveis.

O conceito da Rede Digital de Serviços Integrados, se aplicado às comunicações existentes a bordo dos navios, traz inúmeras vantagens como facilidade de expansão, facilidade de introdução de novos serviços e facilidade de integração de diferentes sistemas, mas o emprego dos padrões existentes imporiam uma complexidade desnecessária, característica de sistemas de grande porte.

Neste artigo, é proposto o uso do conceito de Rede Digital de Serviços Integrados a bordo de navios, baseado no uso de Redes Locais de Computadores e utilizando como base o principal protocolo para sistemas de automação de manufaturas, o MAP - "Manufacturing Automation Protocol" [9], integrando todas as comunicações, como voz e dados, em um único sistema.

Abstract

With the purpose of integrating in a single digital system all kind of commercial data communication, the Integrated Services Digital Networks begin to be commercially available.

The Integrated Services Digital Network concept, when applied to ships, produce a lot of gains, of high expansion capacity, case introduction of new kind of services and case integration of new systems, but the use of the today full range standards for data communication world, impose a needless complexity.

In this paper is presented the use of the Integrated Services Digital Network concept in a board of ships, based on Computer Local Area Networks, and using the concepts of Manufacturing Automation Protocol - MAP, aiming the integration of all kind of communications needs of a ship, voice and data, in a Single Digital System.

1 - Introdução

A presença maciça de sistemas digitais com potencial emprego de redes locais (LANs) combinado com os avanços na compactação de sons e imagens digitalizados, conduz, quase naturalmente, a idéia de usar-se uma única rede digital para todo sistema de comunicações, abandonando totalmente qualquer comunicação analógica. inclusive para transmissão de som e imagem, acompanhando a tendência das redes comerciais, através do uso do conceito de Redes Digitais de Serviços Integrados (RDSI), ou como é mais comumente conhecido ISDN ("Integrated Service Digital Network"), com o objetivo de obter-se um melhor aproveitamento dos recursos utilizados, simplificação dos circuitos de comunicação existentes, alta capacidade de expansão, simplificação e facilidade de interconexão entre os sistemas.

Filosoficamente, a RDSI nasce como uma nova estrutura de rede de telecomunicações para dar suporte ao florescimento intelectual de uma nova sociedade, sucedânea da sociedade industrial que vivemos: a sociedade da informação, que tem seu centro no computador, e possibilita o surgimento de uma nova indústria cujo produto é o fornecimento de informações e conhecimentos através do uso de recursos de informática [2].

Na prática, a RDSI surge com o principal objetivo de fornecer ao usuário final, de forma transparente, uma infinidade de recursos, com capacidade de transmissão muito superior a existente hoje, a partir de um mesmo ponto de acesso.

Quando a RDSI estiver totalmente implantada, para o usuário haverá, em sua casa ou escritório, tomadas multi-uso de um sistema de comunicações, onde poder-se-á conectar um telefone, um telex, um computador ou até mesmo uma televisão, e, de forma transparente para ele usuário, os sinais de comunicações destes equipamentos serão recebidos e transmitidos de forma totalmente digital.

Em um navio não há necessidade desta versatilidade, mas em termos das comunicações, os diversos circuitos lógicos existentes para atender aos serviços de transmissão de dados, sinais de controle (comandos, alarmes, etc), voz (sistemas telefônicos e intercomunicadores) e imagem podem ser integrados em um único sistema, com o objetivo de diminuir esta quantidade de sistemas de comunicação independentes e não facilmente interconectáveis.

Integrar os sinais de controle e os demais sinais digitais, em um único sistema de transmissão, pode parecer uma solução inadequada em função da alta confiabilidade necessária para o sistema de transmissão dos sinais vitais do navio, no entanto, assumindo que esta confiabilidade só é obtida pelo uso de sistemas tolerantes a falhas, o que equivale a presença de redundâncias e degradação do sistema em caso de falhas, a integração traz a vantagem da degradação poder ser configurada para implicar na perda inicialmente das comunicações menos prioritárias, mantendo íntegro o desempenho do

sistema para os sinais vitais do navio.

O ponto chave deste sistema é o uso de uma sub-rede de largura de banda que permita a todos sistemas usarem esta única sub-rede, ou mesmo, o uso de uma sub-rede de grande largura de banda como espinha dorsal ("back-bone"), onde os principais componentes seriam conectados, havendo ainda a existência de barramentos de campo para interconexão de componentes terminais de subsistemas cujos controladores também estariam conectados a sub-rede principal.

Adicionalmente a largura de banda, o uso de compactação para transmissão de voz e imagem digitalizados [34,37] se faz necessário para que esta não se torne extremamente larga.

O desenho da figura 1.1. mostra, esquematicamente, um exemplo de topologia típica para esta rede.

Este Sistema de Comunicações Interiores Integrado, o qual, por convenção, doravante será chamado neste artigo de SCII, que possui uma clara semelhança conceitual com as redes digitais de serviços integrados (RDSI) [2, 6], possui também uma grande diferença, que é a necessidade de transmissão de dados de controle dos sistemas de automação existentes a bordo, e sua utilização para realização dos demais serviços de comunicação deve ocorrer sem o prejuízo deste.

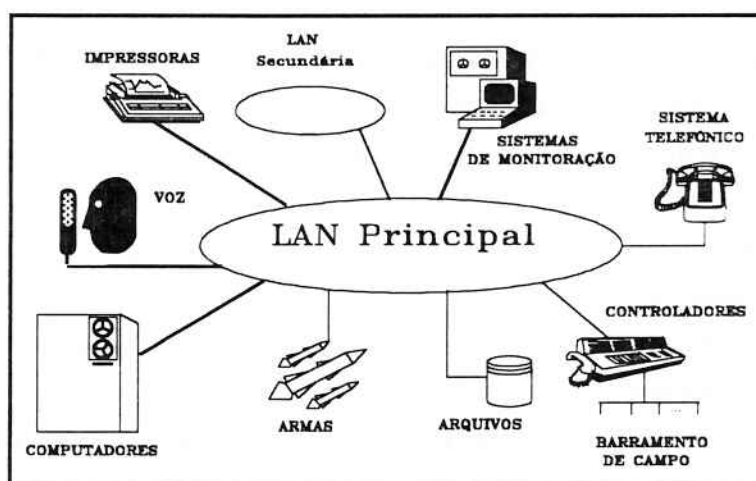


figura 1.1 - Exemplo de Topologia Típica

Atentando para o fato de que o principal tipo de comunicação que o SCII deve atender é para os sistemas de automação, que têm necessidades semelhantes a sistemas de automação de manufatura, é imediata a colocação do principal padrão internacional de protocolo para sistemas de automação, o MAP ("Manufacturing Automation Protocol"), [9] para servir de base para sua definição.

Assim, neste artigo, é proposto o uso de uma rede local (LAN) integrando todos

os serviços de comunicação a bordo dos navios, baseada no protocolo MAP, e com esta finalidade, no item 2, estas características de rede são detalhadas utilizando-se o RM-OSI [1,5,40] e os padrões (protocolos) ISO [30], para no item 3, concluindo, ser resumida a proposta detalhada no item anterior.

2 - Proposta de Ambiente Embarcado

Este item tem por finalidade detalhar a proposta para o SCII (Sistema de Comunicações Interiores Integrado), avaliando os possíveis protocolos padrões a serem utilizados, selecionando-os para uma configuração padrão, utilizando-se nesta seleção a estrutura OSI.

Inicialmente é apresentada a proposta, descrevendo-se as estações típicas existentes no SCII, identificando-se os serviços a serem fornecidos pelo protocolo a cada uma das estações típicas, para em seguida, baseando-se no protocolo MAP ("Manufacturing Automation Protocol"), e mostrando sua adequação, seguindo um procedimento "top-down", serem selecionados os protocolos de cada camada, indicando os motivos de sua escolha.

2.1 - Sistema de Comunicações Proposto

O sistema de comunicações proposto deve ser tal que, independente da tecnologia utilizada, o usuário tenha acesso aos recursos de forma transparente, sendo portanto o ponto de partida para sua definição, o levantamento dos tipos de estações existentes em termos de serviços fornecidos.

Existem três principais tipos de serviços a serem atendidos pelo SCII:

- transmissão de sinais do sistema de automação;
- transferência de arquivos e interconexão de sub-redes secundárias (servir de espinha dorsal); e
- transmissão de sinais som digitalizados e opcionalmente transmissão de imagens digitalizadas.

Baseando-se nos dados a serem transmitidos, identifica-se nesses serviços, três classes principais de estações:

- Estações denominadas de classe A, que forneçam serviços de comunicação ao sistema de automação;
- Estações denominadas classe B, que forneçam serviços de comunicações aos demais dispositivos programáveis existentes a bordo; e
- Estações denominadas classe C, para transmissão de sinais de som e imagem.

Para permitir que a sub-rede principal sirva de espinha dorsal para outras sub-redes secundárias, a solução mais simples consiste em utilizar-se um sistema de endereçamento global, o que leva a utilização de pontes (dispositivos que possuem

apenas as camadas de enlace e física) para interconexão das diversas sub-redes [36].

As estações classe A têm por principal característica a capacidade de manusear sinais de controle com características de tempo real, o que significa definir que o protocolo utilizado deve impor um "overhead" compatível com as aplicações.

As estações classe B têm como característica a capacidade suportar as necessidades normais comunicações de sistemas de processamento de dados, incluindo transmissão de arquivos, processamento remoto, e acesso a bancos de dados, todos estes processos executados sem restrições de tempo.

As estações classe C atendem às necessidades de comunicações tradicionalmente analógicas, que ao serem digitalizadas passam a ter restrições no tempo para transmissão, mas tipicamente suportam perda de informação sem nenhum efeito colateral¹.

Estas estações são tratadas separadamente, por serem logicamente independentes, no entanto, em uma implementação real existe a possibilidade de estações mistas, ou seja estações de diferentes classes na mesma localização física, fato que é ignorado em função do nível de abstração deste trabalho.

2.2. O Protocolo MAP e o SCII

O MAP, utilizando as sete camadas do RM-OSI, foi projetado para fornecer comunicação por mensagens de/para dispositivos programáveis no CIM ("Computer Integrated Manufacturing" ou Integração Total da Manufatura) em diversos níveis do ambiente do sistema de automação.

O CIM é um conceito cujo emprego objetiva integrar todo sistema de informação da fábrica, facilitando o fluxo contínuo de dados entre todos os elementos.

Como mostrado na figura 2.1, um paralelo entre os sistemas de automação de manufaturas, empregando o conceito de CIM, e o ambiente naval embarcado, pode ser feito, como fez Burrowes [3], ficando evidenciado a estreita semelhança, sugerindo o uso da filosofia do CIM e do protocolo MAP, com as adaptações necessárias, para aplicações navais embarcadas.

A principal diferença, e de grande relevância, é a existência nos navios de sistemas de comunicações vocais no mesmo ambiente físico onde se localizam os sistemas de automação, normalmente interligando os diversos operadores e o coordenador do processo, inexistente em manufaturas.

Numa manufatura, um sistema de comunicações como o existente em ambientes navais, além de desnecessário pode ser indesejável por poder tirar a atenção dos

¹Por exemplo, para transmissão de voz digitalizada sem compactação, utilizando codificação PCM, a perda de até 2% dos pacotes é totalmente imperceptível, até 5% provoca pequenos efeitos [22,40], e mesmo que momentaneamente haja uma degradação maior, esta dificilmente poderá resultar numa falha crítica.

operadores, não havendo por isto previsão de facilidades com esta finalidade no protocolo MAP, e em um ambiente naval é imprescindível para coordenação das diversas atividades relativas a um mesmo processo.

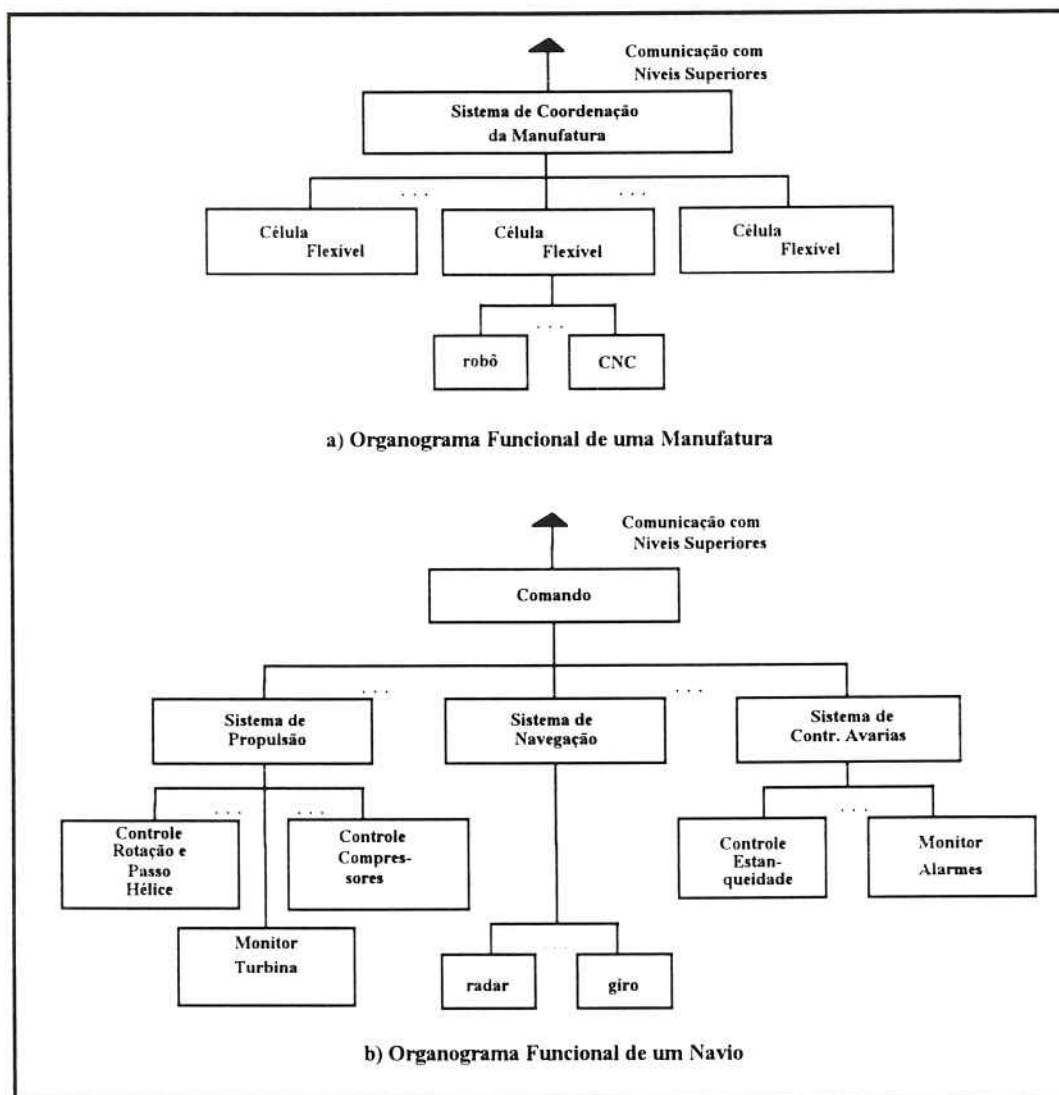


figura 2.1 - Comparação entre uma Manufatura e um Navio

Criado inicialmente para ser utilizado como espinha dorsal ("back-bone") de sistemas de automação de grande porte, respondendo aos requisitos de níveis superiores, a arquitetura MAP ao implementar todas as sete camadas do RM-OSI, tem como consequência as vantagens de grande versatilidade e segurança na transmissão de mensagens e as desvantagens de impor um considerável "overhead" além de ter um custo elevado e ser bastante complexo.

Com o propósito de diminuir o custo e o "overhead" imposto pela implementação das sete camadas do RM-OSI, foram criadas pelo grupo MAP duas estruturas: a

EPA-MAP ("Enhanced Performance Architecture-MAP") e o MINI-MAP, que passaram a ser utilizadas em sistemas de tempo real que não possuam grandes restrições de tempo.

O MINI-MAP, para diminuir o "overhead", utiliza uma estrutura reduzida com apenas três camadas, aplicação, enlace e física, mapeando diretamente as PDUs ("Protocol Data Units", Unidades de Dados do Protocolo) da camada de aplicação nas primitivas de serviço da camada de enlace.

Para permitir que em um mesmo ambiente hajam estruturas MINI-MAP e MAP (ou "FULL-MAP", como se costuma chamar para enfatizar que é a estrutura completa), existe a estrutura EPA-MAP, apresentada na figura 2.4, que possuindo uma estrutura dupla, é capaz de comunicar-se com estações de ambos os tipos (FULL-MAP e MINI-MAP).

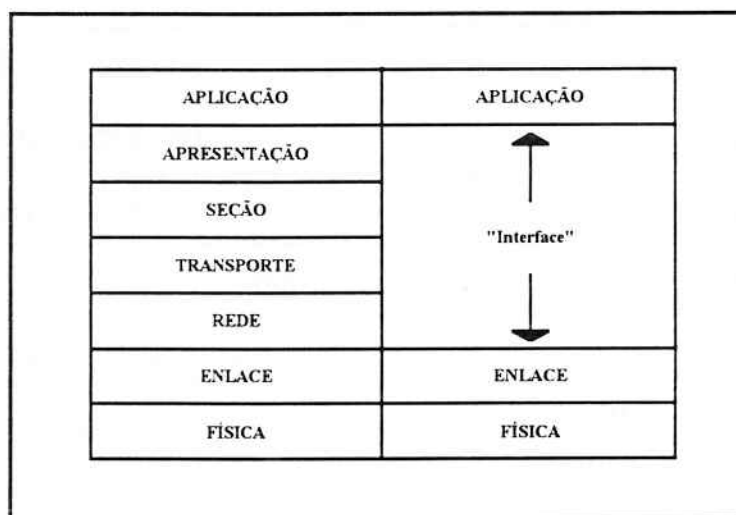


figura 2.2 - Estrutura do EPA-MAP

Em sua última versão, MAP 3.0, o grupo MAP estabeleceu os protocolos listados na tabela 2.1 para as sete camadas do modelo OSI.

Para camada de aplicação são previstos 5 protocolos para implementação das 5 possíveis ASEs ("Application Service Element") de um protocolo MAP. FTAM ("File Transfer and Management"), para gerenciamento e transferência de arquivos, o MMS ("Manufacturing Message Specification"), para troca de mensagens entre sistemas programáveis de um sistema de automação de manufatura, a ACSE ("Access Control Service Element"), responsável pelo estabelecimento e liberação de associações, o DSE ("Directory Service Element"), para gerenciamento de diretórios (gerenciamento dos nomes lógicos utilizados nos processos), e o NM ("Network Management") para gerenciamento da rede.

Para camada de apresentação é utilizado o protocolo "Connection-Oriented Presentation Protocol", que como seu próprio nome diz, é um protocolo orientado a conexão, e tem por característica permitir a negociação das sintaxes abstratas e de transferência de dados, definidos pelo ASN.1 ("Abstract Syntax Notation" - ISO 8824-2) [18,25].

Tabela 2.1 - PROTOCOLOS MAP 3.0

CAMADA DO RM- OSI		PROTOCOLO				
Aplicação		FTAM ISO 8571	ACSE ISO 8649 ISO 8650	MMS ISO 9506	DSE ISO 9594	NM ISO 9595 ISO 9596
Apresentação		ISO 8822/ISO 8823				
Sessão		ISO 8326/ISO 8327				
Transporte		ISO 8072 - classe 4				
Rede		ISO 8473		ISO 9542		
Enlace	LLC	ISO 8802.2 Classe 3 (IEEE 802.2 Classe 3)				
	MAC	ISO 8802.4 (MAC)				
Física		ISO 8802.4 (PHY e PMD-10 Mb Banda Larga ou 5 Mb Banda Portadora)				

A camada de sessão também utiliza um protocolo orientado a conexão especificando comunicação tipo "Full Duplex".

Para camada de transporte é utilizado protocolo ISO classe 4 (TP4)[17], cuja utilização é característica do uso de serviços de rede no modo sem conexão. Além de prover a segmentação e remontagem dos pacotes, provê ainda detecção e recuperação de erros.

Para camada de rede é utilizado protocolo CLNS ("Connection Less Network Service"), utilizando serviço sem conexão, sendo que a GM estabeleceu seu próprio algoritmo de roteamento.

As camadas de enlace e física receberam tratamento de redes locais, sendo divididas em LLC ("Logical Link Control"), MAC ("Medium Access Control"), para camada de enlace, e PHY ("Physical Medium Independent") e PMD ("Physical Medium

Dependent"), para camada física.

A figura 2.3 exemplifica um ambiente MAP, sendo usada a convenção de apresentar-se entre parênteses, após a designação do tipo de estação (FULL-MAP, EPA-MAP e MINI-MAP), as ASEs presentes que compõe a camada de aplicação.

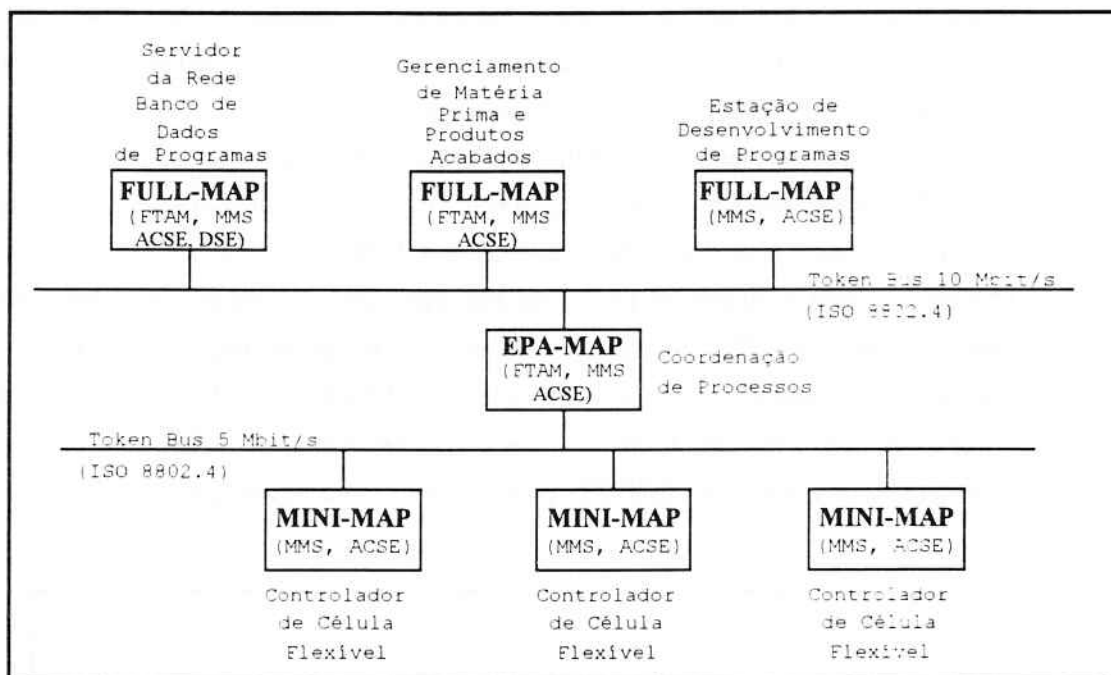


figura 2.3 - Exemplo de Ambiente MAP

2.3. Camada de Aplicação do SCII

Na camada de aplicação, para atender as necessidades das estações classe A do SCII (sistema de automação), a aplicação do MAP é direta, podendo serem utilizados todos os protocolos padronizados para esta camada, sendo o MMS o principal deles.

A adequação do MMS ao SCII para fornecimento de serviços de comunicação e interconexão de dispositivos programáveis diretamente ligados ao sistema do automação, é considerada como certa não só por ser um protocolo dedicado, com aceitação internacional para sua finalidade, como por sua própria estrutura que oferece uma abrangente gama de serviços já havendo o precedente de proposta de seu uso para aplicações navais embarcadas, realizada por BURROWES [3].

O MMS possui uma classe de serviços, destinada a prover as facilidades para gerenciamento e transferência de pequenos arquivos, suficiente às necessidades normais de sistemas de automação a bordo dos navios, no entanto, é inadequado para atender às necessidades das estações classe B do SCII (serviços administrativos internos e comunicações exteriores, por exemplo).

O protocolo padronizado pela ISO com esta finalidade, e que o grupo MAP adotou, é o FTAM [31], sendo considerado a melhor opção por suas características de segurança no manuseio dos arquivos, mas deve-se ter em mente que para serviços exteriores ao navio, o padrão mais comumente utilizado é o protocolo FTP ("File Transfer Protocol"), da DARPA ("Defense Advance Research Projects Agency" do Departamento de Defesa Norte Americano), utilizado na rede internacional "INTERNET" apesar do Departamento de Defesa Norte Americano, como outras instituições estarem migrando para os padrões ISO.

O principal trabalho hoje disponível para efetivação desta migração é o ISODE ("ISO Development Environment"), que é uma coleção de bibliotecas e programas de aplicação, dentre eles o FTAM, utilizando a Linguagem de Sintaxe Abstratas ASN.1 ("Abstract Syntax Notation One") na interface com a camada de apresentação, e os demais protocolos ISO necessários nas camadas de apresentação e seção. Na camada de transporte há opção do uso do protocolo ISO TP4 (ISO 8072 - classe 4, o mesmo do MAP), ou do TP0 (ISO 8072 - classe 0) em cima do TCP ("Transport Control Protocol") [4] da rede INTERNET, como mostrado na figura 2.4.

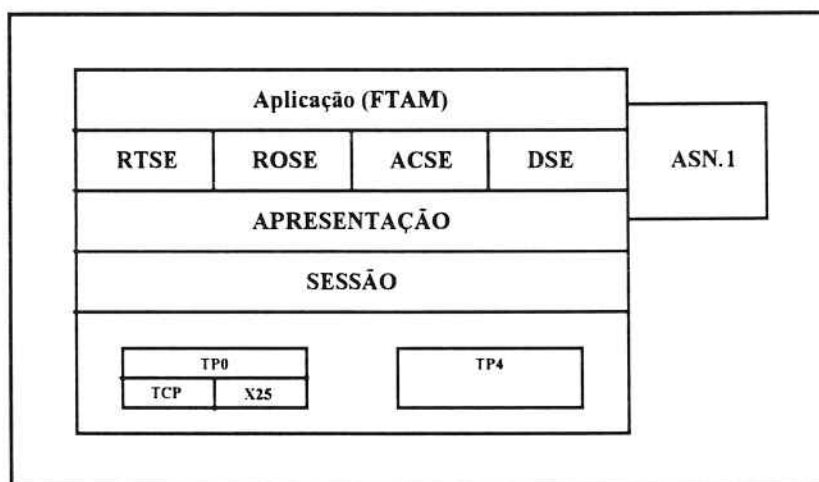


figura 2.4 - Estrutura do ISODE

Na realidade, acompanhando a tendência do uso do ISODE para implementações com as mesmas necessidades do SCII, deve ser usado uma estrutura com mais de uma pilha, habilitando a estações a comunicações internas externas, respectivamente, através de uma rede local (LAN - "Local Area Network") ou uma rede de longa distância (WAN - "Wide Area Network").

O ISODE, para um mesmo conjunto de camadas de aplicação, apresentação e sessão, permite que sejam utilizadas diferentes camadas de transporte.

Assim, para comunicação com estações exteriores ao navio, o protocolo MAP

deve ser abandonado e em seu lugar utilizado o ambiente ISODE.

Para prestar seus serviços, tanto o MMS como o FTAM utilizam os serviços da ASE ACSE e da camada de apresentação.

Para os serviços de transmissão de voz (e imagem) das estações classe C do SCII, uma vez que foi abandonado os padrões RDSI, não foi encontrado, nas pesquisas realizadas, nenhum protocolo que atendesse às necessidades do SCII sendo necessário o desenvolvimento de um protocolo que atenda às necessidades de comunicação de voz a bordo, que genericamente são as seguintes:

- a) Circuitos de voz (e imagem) com comunicação "multicast";
- b) Circuitos de voz (e imagem) com conexão ponto a ponto (telefonia); e
- c) Circuitos de voz tipo difusão.

2.4 - Camadas de Apresentação, Seção, Transporte e Rede do SCII

Estas quatro camadas só existem nas estações SCII classe B (serviços administrativos e de coordenação), e opcionalmente nas estações SCII classe A (uso nos sistemas de automação), se houver a presença do protocolo FTAM, quando então estas estações deverão ter uma estrutura dupla (com duas pilhas), como no EPA-MAP.

Nas estações classe B é previsto o uso do ambiente ISODE, e o principal protocolo da camada de aplicação é o FTAM, podendo ainda existirem o MMS e outros protocolos para serviços acessórios, tendo sido selecionado para seu uso uma estrutura multipilha, como apresentada na figura 2.5., com uso do TP0, TCP/IP e X25 para comunicações externas e TP4, CLNS ("Connection Less Network Service") para comunicações internas.

O ISODE tem ainda a vantagem de possuir uma comporta ("gateway") para transformações de mensagens entre os protocolos FTP ("File Transfer Protocol"), definido pela DARPA, e o FTAM

2.5 - Subcamada LLC do SCII

A subcamada LLC ("Logical Link Control") é a camada mais alta de uma arquitetura de comunicação de uma rede local, tendo como principal propósito prover os meios de troca de dados entre usuários LLC, através do controle MAC de enlace².

A norma IEEE 802.2 [14] define três tipos de estações: tipo 1, sem conexão e sem reconhecimento; tipo 2, com conexão e com reconhecimento; e tipo 3, sem conexão e com reconhecimento; que combinados fornecem quatro classes de protocolos LLC, apresentadas na tabela 2.2.

²Em redes locais, as funções da camada de enlace do modelo OSI são subdivididas nas subcamadas LLC e MAC.

As necessidades do SCII levam ao uso de protocolos LLC classe III para estações cuja camada de aplicação exista uma ASE MMS, e classe I, para as demais estações, incluindo aquelas cuja camada de aplicação conste o protocolo para transmissão de voz.

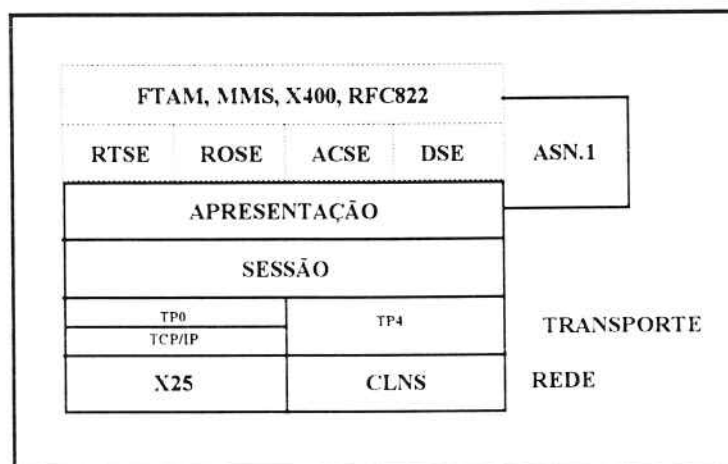


figura 2.7 - Estrutura dos Módulos ISODE para o SCII

Tabela 2.2 - Classes de Protocolos LLC

		Classes			
		I	II	III	IV
Tipos de Serviços Presentes	1	sim	sim	sim	sim
	2	não	sim	não	sim
	3	não	não	sim	sim

2.6 - Subcamadas MAC, PHY e PMD do SCII

Estas subcamadas são determinadas pelo protocolo do meio escolhido para transmissão, sendo necessário inicialmente identificar claramente as características físicas a serem satisfeitas pelo protocolo.

O primeiro item a ser satisfeito é possuir suficiente largura de banda (ter capacidade de transmitir tráfego máximo previsto para rede), o que conduz a necessidade de definir-se o porte do navio para o qual o SCII está sendo definido.

Em um estudo superficial, levando em conta diversas classes de navios, constatou-se que para um navio de qualquer classificação, exceto de "grande porte", uma taxa real de 45 Mbit/s, que equivale a uma taxa nominal em torno de 60 Mbit/s, levando

em conta, de forma conservadora, a eficiência³ da rede (normalmente em torno de 0,8 para os protocolos envolvidos no estudo, tendo sido adotado 0,75 para este cálculo).

A tabela 2.3 apresenta, como exemplo, uma possível configuração para utilização total da banda prevista.

Como consequência imediata deste estudo, temos que o protocolo adotado pelo MAP, o ISO 8802.4 ("token bus") [15,19], apesar de possuir uma taxa de transmissão alta em termos absolutos, 10 Mbit/s, é extremamente modesto para as necessidades do SCII.

Mantendo-se o procedimento de utilização de protocolos padronizados, surgem dois candidatos com largura de banda compatíveis com as necessidades [35]: o FDDI ("Fiber Distributed Data Interface" - ISO/IEC DIS 9314) [20,23,39], tipo "token ring", e o DQDB ("Distributed Queue Dual Bus" [7,16,27,28,32,41], tipo "dual slotted bus".

Tabela 2.3 - Banda Prevista para uma Possível Configuração

SERVIÇO	QDADE	TAXA UNITÁRIA	BANDA REQUERIDA
Tráfego de dados Relativos a Sistemas de Automação	-	-	5 Mbit/s
Tráfego de dados para Serviços Administrativos	-	-	10 Mbit/s
Circuitos de voz multicast	20	4,8 Kb/s	0,8 Mbit/s
Circuitos Ponto a Ponto de Voz (telefonia)	150	16 Kb/s	19,2 Mbit/s
Circuitos de Voz de difusão de alta qualidade	3	300 Kb/s	7,2 Mbit/s
TOTAL	-	-	45,2 Mbit/s

O SONET⁴, utilizado no RDSI banda larga, apesar de já padronizado pelo CCITT, foi descartado por ainda não ser um protocolo disponível na prática, além de prever o uso de centrais, em uma topologia tipo estrela, assim como outros protocolos propostos para integração de voz e dados como o Orwell [8], Fastnet [22], Expressnet [38], foram descartados por serem propostas não padronizadas.

O padrão ISO 8802.6, DQDB, prevê a possibilidade de diversas taxas e meios físicos de transmissão [16]. Neste artigo, para efeito de comparação, é analisado apenas o de taxa mais alta.

³ Eficiência de uma rede é uma medida de desempenho definida como a relação entre a capacidade nominal de tráfego na rede com relação ao tráfego que consegue manter.

⁴ SONET/SDH [11,24] ("Synchronous Optical Network/Synchronous Digital Hierarchy"), originalmente proposto pela BELLCORE (Bell Communications Research Inc.), e posteriormente adotado pelo CCITT, e o ATM ("Asynchronous Transfer Mode"), que é a técnica de chaveamento utilizada em conjunto com o SONET, só foram padronizados no final dos anos 90, sendo que as chaves ATM só são previstas estarem disponíveis comercialmente entre 1993 e 1994.

Baseado em um par vias de dados de fibra ótica, com fluxos em direções opostas na taxa de 155 Mbit/s, o DQDB, também conhecido como QPSX ("Queued Packet and Synchronous Circuit Exchange"), foi adotado pelo comitê IEEE 802.6 como padrão para redes de áreas metropolitanas (MAN - "Metropolitan Area Network"), com principal propósito de interconectar redes locais e suportar tráfego integrado.

Utilizando a topologia da figura 2.6., em cada extremidade existe uma estação mestre que continuamente gera "slots" vazios com dois campos: um de controle de acesso e um de informação.

O DQDB é capaz de integrar tráfego em duas classes principais de prioridades. A prioridade mais baixa é ainda subdividida em 4 níveis de prioridades. A classe de prioridade mais alta é alocada pela estação mestre para ser compartilhada por um número limitado de estações, enquanto os níveis de prioridades da classe de prioridade mais baixa podem ser compartilhados por todas as estações.

Já o FDDI, baseado numa topologia tipo anel, como mostrado na figura 2.7, usa controle de acesso ao meio tipo ficha ("token"), tem uma taxa de 100 Mbit/s, suporta tráfego de diferentes larguras de banda e com diferentes requisitos de atraso, empregando temporizações e mecanismos de prioridade com esta finalidade.

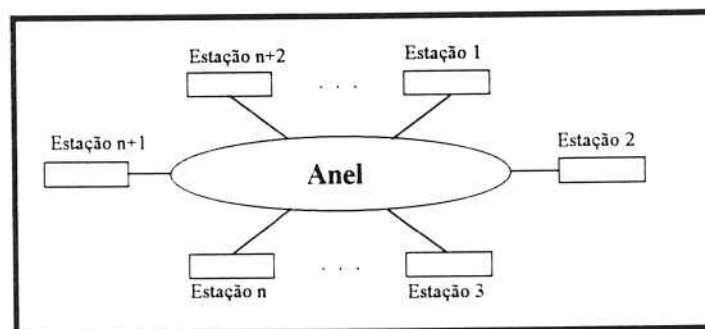


figura 2.7 - Topologia FDDI

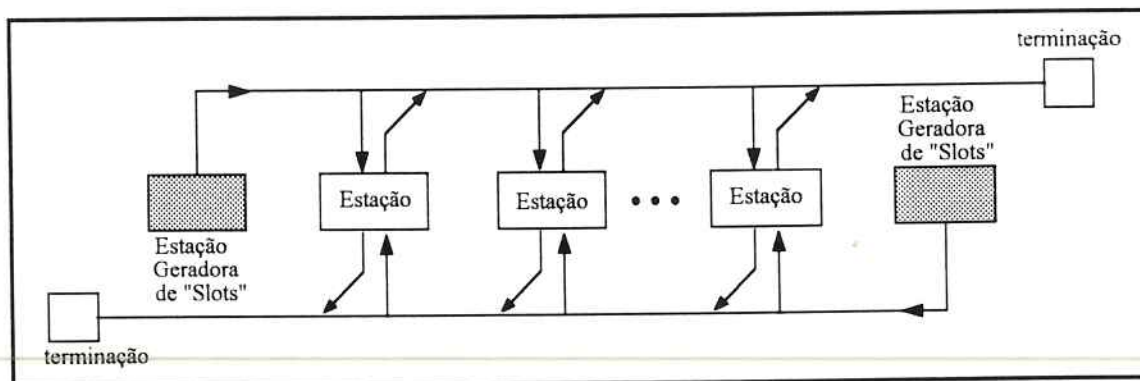


figura 2.8 - Topologia do DQDB

O tempo máximo que uma estação pode reter a ficha para transmissão de mensagens é limitado, e este tempo é negociado por todas as estações durante o processo de iniciação do anel.

O tráfego é dividido em duas classes, síncrono e assíncrono, o tráfego assíncrono é ainda subdividido em restrito e irrestrito, e o tráfego assíncrono irrestrito possui ainda oito níveis de prioridades.

A figura 2.8 apresenta, esquematicamente, esta capacidade de alocação de tráfego.

O padrão FDDI implementa ainda, de forma explícita, sistema de tolerância a falhas, pelo estabelecimento da existência de dois anéis de fibra ótica, um principal sempre ativo, conectado a todas estações, e um redundante, conectado somente a estações privilegiadas, ativado por mecanismo de recuperação de falhas, no caso de haver alguma irregularidade com o anel principal.

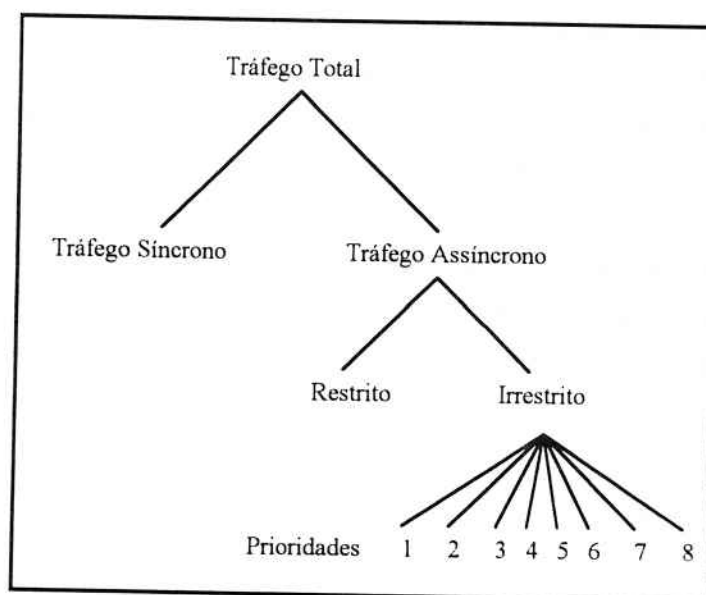


figura 2.8 - Capacidade de Alocação do Tráfego FDDI

Este fato tem levado ao surgimento de propostas de seu emprego em projetos militares [12,13,21,26], onde os requisitos de confiabilidade normalmente requerem a presença de redundâncias.

Um estudo comparativo da eficiência entre estes dois protocolos [10,28], em situação de múltiplo acesso a rede revelou os seguintes fatos:

- a) Para redes com um valor constante de estações (1000 nós), a eficiência do FDDI decresce linearmente com o comprimento da rede, com valor inicial pouco menor do que 0,8 (comprimento zero), chegando a cerca de 0,3 para comprimento em torno de 1000 Km, enquanto o DQDB se mantém constante em toda faixa com

valor pouco superior a 0,8.

- b) Para redes de mesmo comprimento (100 Km), a eficiência do FDDI inicialmente cresce, chegando a um valor em torno de 0,9 para cerca de 10 estações, e em seguida decresce linearmente com o aumento do número de estações, chegando a um valor pouco acima de 0,4, para 2500 estações, enquanto o DQDB se mantém constante em toda faixa, com valor pouco superior a 0,8.

Em resumo, conclui-se que o FDDI para pequenas distâncias, e poucas estações, que é a característica do SCII, tem eficiência pouco superior ao DQDB.

Por outro lado, o mesmo estudo [28] revelou que com relação ao tempo de resposta⁵, o DQDB demonstra ser superior ao FDDI em qualquer situação (tráfego leve e pesado, qualquer distância, e qualquer número de estações).

Em termos de desempenho, o DQDB mostra-se superior ao FDDI, entretanto, o ganho em desempenho, para o SCII, não foi considerado suficientemente grande para compensar a vantagem do FDDI com relação a confiabilidade, além de um maior número de níveis de prioridade.

Ainda com relação a confiabilidade, este critério pesa decisivamente a favor do FDDI pelo fato deste ter controle de acesso ao meio distribuído, que conceitualmente é superior ao controle de acesso ao meio centralizado, como é o caso do DQDB. O controle de acesso ao meio centralizado possui, em termos de confiabilidade, um "Calcanhar de Aquiles" que é a estação que realiza este controle, e no caso do DQDB, são dois os "calcanhares", as duas "estações mestres", localizadas nas extremidades das vias de dados para geração dos slots.

Assim as subcamadas MAC, PHY e PMD são as definidas no protocolo FDDI.

3 - Conclusão

Conforme foi anteriormente selecionado, o SCII utiliza uma topologia tipo anel, baseado no protocolo FDDI. Na camada de enlace é utilizado o protocolo ISO 8802.2, (LLC) classes I e III, conforme o tipo de estação.

São previstos três tipos de estações SCII: estações classe A, para os sistemas de automação do navio, estações classe B, com aplicação na administração e coordenação, e estações classe C, para comunicação de voz e opcionalmente imagem.

As estações classe A podem ser subdivididas em de estrutura reduzida ou mista, conforme seu protocolo utilize uma estrutura reduzida, com apenas três camadas, ou mista, com uma estrutura dupla, incorporando de um lado todas as sete camadas do protocolo OSI, e do outro lado, apenas as três que compõe a estrutura reduzida, a semelhança do MINI-MAP e EPA-MAP.

⁵Tempo de resposta é o tempo que uma pequena mensagem leva para ir de um nó ao destino e retornar a origem.

Nas estações classe A de estrutura reduzida, além dos protocolos FDDI e LLC (classe III), são utilizados na camada de aplicação os protocolos MMS e ACSE.

Nas estações classe A de estrutura mista, como mostrado na figura 3.1, o lado da pilha com três camadas possui exatamente os mesmos protocolos da estrutura reduzida e o lado da pilha completa possui até a camada de apresentação os mesmos protocolos das estações classe B, e na camada de aplicação somente os protocolos FTAM e ACSE.

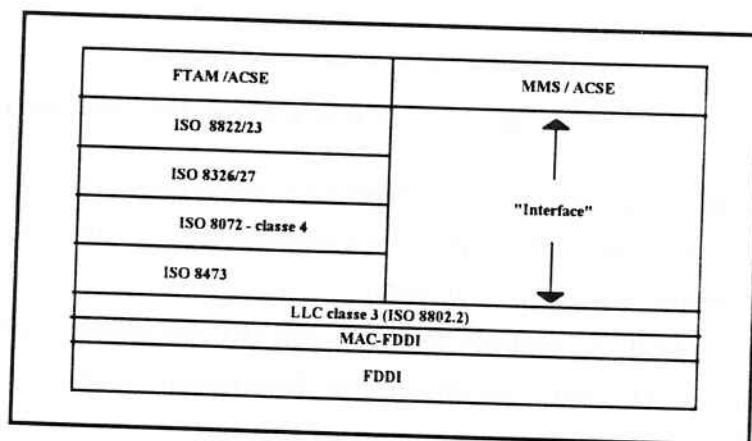


figura 3.1 - Estrutura Mista

As estações SCII classe C sempre utilizam estrutura reduzida e o protocolo LLC classe I. O protocolo da camada de aplicação, a ser desenvolvido, deve atender às comunicações se sinais originalmente analógicos.

As estações SCII classe B, sempre utilizam estrutura completa, podendo possuir uma estrutura dupla, utilizando o ambiente ISODE.

Caso não seja utilizada a estrutura dupla, a subcamada LLC é classe I, e a camada de aplicação possui no mínimo os protocolos FTAM, ACSE, e opcionalmente o MMS, e caso seja utilizada a estrutura dupla, como mostrado na figura 3.2, não é previsto a presença do protocolo MMS, devendo existir no mínimo os protocolos FTAM e ACSE além de facilidades como correio eletrônico, não tendo sido também definido os protocolos inferiores da pilha relativa a comunicações exteriores por ser dependente da rede a qual deve ser conectada.

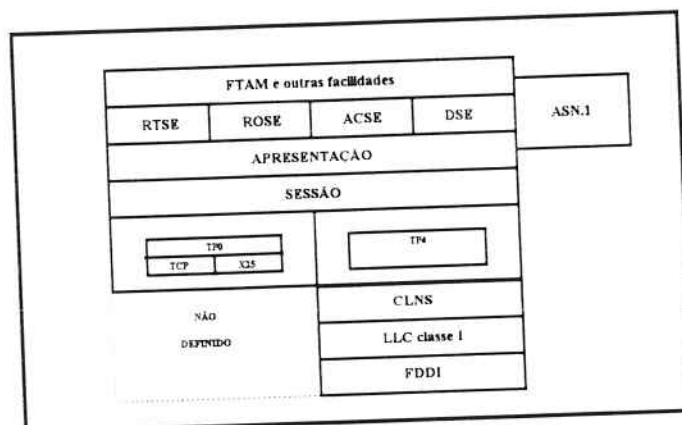


figura 3.2 - Estação SCII com Estrutura Dupla

Das diversas classes e prioridades possíveis do protocolo FDDI, a classe de tráfego assíncrono restrito não é utilizado por poder impor um "overhead" inaceitável para os sinais de prioridades inferiores.

Os sinais de controle de tempo real são classificados como tráfego síncrono. Os sinais de voz também deveriam ter esta classificação, no entanto, para não sobrecarregar esta classe, apenas os sinais oriundos de estações de voz tipo I, circuitos lógicos "multicast", normalmente utilizados pelos participantes do controle de um processo, recebem esta classificação. Os demais sinais de voz, por não serem críticos, recebem classificação de tráfego assíncrono, irrestrito, prioridade 3 para telefonia e prioridades 2 e 4 para difusão.

Referências Bibliográficas

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistemas de processamento da informação** - interconexão de sistemas abertos - modelo de referência aberto. s.n.t. Projeto de Norma OSI.
- [2] BATISTELA, B.F.L.; LOBO, L.P.M. **Rede digital de serviços integrados**. São Paulo, Ed McGraw-Hill, 1990.
- [3] BURROWES, F.B. **Protocolo MMS aplicado a sistemas navais**. Rio de Janeiro, 1992. 167p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE.
- [4] COMER, D.E. **Interconnecting with TCP/IP** - principles, protocols and architectures. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1988.
- [5] DAY, J.D.; ZIMMERMANN, H. The OSI reference model. **Proceedings of the IEEE**, v.71, n.12, p1234-1340, Dec 1980.
- [6] DI IORIO, N. Integrating ISDN and OSI: an example. **IEEE Network Magazine**, v.5, n.1, p.10-24, Jan 1991
- [7] DISHI, B.T.; FREDERICKS, A.A. Visual modeling analysis with application to IEEE 802.6, DQDB Protocol. **Computer Networks and ISDN Systems**, v.20, n.1-5, p.241-51, 1990.
- [8] FALCONER, R.M.; ADAMS, J.L. ORWELL: a protocol for integrated service local network. **ADVANCES on local Area Networks**, New York, IEEE Press, 1987, p.428-47.
- [9] GENERAL MOTORS CORPORATION. **Manufacturing automation protocol specification**, version 3.0, Warren, July 1987.
- [10] GERLA, M.; BANNISTER J.A. High speed local area networks. **IEEE Spectrum**, v.28, n.8, p.26-31, Aug. 1991.
- [11] HAAS, Z. A protocol structure for high-speed communication over broad band ISDN. **IEEE Network Magazine**, v.5, n.1, p.64-70, Jan. 1991.
- [12] HALL, O.K.; STIGALL, P.D. Distributed flight control system using fiber distributed data interface (FDDI). **IEEE AES Magazine**, V.7, n.6, p.21-33, June 1992.
- [13] HALLORAN, F. et Al. An FDDI network for tactical applications. **IEEE LCS**, v.2, n1, p.16-23, Feb. 1991.
- [14] INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERS. **IEEE standards for local area networks: logical link control**; ANSI/IEEE std 802.2. New York, IEEE, 1985. 111p.

- [15] IEEE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERS.
IEEE standards for local area networks: token passing bus access method and physical layer specification; ANSI/IEEE std draft 802.4. New York, IEEE, Aug. 1988.
- [16] IEEE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERS.
IEEE standards for local area networks: distributed queue dual bus access method and physical layer specification; ANSI/IEEE std draft 802.6. New York, IEEE, Aug. 1989.
- [17] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.
Information processing systems: open system interconnection - transport service definition; ISO 8072. 1986 (E).
- [18] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.
Information processing systems: open system interconnection - specification of abstract syntax one(ASN1); ISO 8824.2. 1986.
- [19] JANETZKY, D.; WATSON, K.S. Performance evaluation of MAP token bus in real time applications. **ADVANCES on Local Area Network**, New York, IEEE Press, 1987, p.411-25.
- [20] JOSHI, S. High-performance networks: a focus on the fiber distributed data interface standard. **IEEE MICRO**, v.6, n.3, June 1986.
- [21] KOSHANSKI, R.J.; PAIGE, J.L. SAFENET: the standard and its applications. **IEEE LCS**, p.46-51, Feb. 1991.
- [22] LIMB, J.O.; FLAMM, L.E. A distributed local area networks packet protocol combined voice & data transmission. **ADVANCES on Local Area Networks**, New York, IEEE Press, 1987, p.428-47.
- [23] LUNDY, G.M.; AKYILDIZ, I.F. Specification and analysis of FDDI MAC protocol using systems of communicating machines. **Computer Communications**, v.15, n.5, p.286-94, June 1992.
- [24] MUKHERJEE, B. Integrated vice-data communications over high-speed fiber optics. **Computer**, v.24, n.2, p.49-58, Feb. 1991.
- [25] NEUFELD, G.; VUONG, S. An overview of ASN.1. **Computer Networks and ISDN Systems**, v.23, n.5, p.393-415, 1992.
- [26] PAIGE, J.L.; HOWARD, E.A. SAFENET II: the navy's FDDI based computer network standard. **SPIE**, V.1364, p.7-13.
- [27] POTTER, P.G.; ZUKERMAN. A discrete shared processor model for DQDB. **Computer Networks and ISDN Systems**, v.20, n.1-5, p.217-22, 1990.
- [28] RODRIGUES, M.A. Evaluating performance of high-speed multicast networks. **IEEE Network Magazine**, v.4, n.3, p.36-41, May 1990.

- [29] ROSA, P.F. **Utilização da engenharia de protocolos na implementação de um protocolo de aplicação em ambiente de manufatura**. São Paulo, 1991. 120p. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- [30] ROSE, M.T. **The open book: a practical perspective on OSI**. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1990.
- [31] SARIKAYA, B. et Al. Analysis and testing of application layer protocols with an application to FTAM. **IEEE Transaction on Communication**, v.40, n.1, p.7-11, Jan. 1992.
- [32] SAUER, K.; SCHODL, W. Performance aspects of the DQDB protocol. **Computer Networks and ISDN Systems**, v.20, n.1-5, p.252-60, 1990.
- [33] SHARMA, R.L.G. Interconnecting LANs. **IEEE Spectrum**, v.28, n.8, p.32-8, Aug. 1991.
- [34] SHERIF, M.H.; SPARREL, D.K. standards and innovation in telecommunication. **IEEE Communication Magazine**, v.30, n.7, p.22-8, July 1992.
- [35] SKOV, M. Implementation of physical and media access protocol for high speed networks. **IEEE Communications Magazine**, v.27, n.3, p.45-53, June 1989.
- [36] STALLINGS, W. **Handbook of computer communications standards**, 2. ed. Carmel, Howard W. Sams, 1990. v.2.
- [37] SUTHERLAND, J. LITTERAL, L. Residential video services. **IEEE Communications Magazine**, v.30, n.7, p.37-41, July 1992.
- [38] TOBAGI, F.A.; BORGONOVO, F.; FRATTA, L. Expressnet: a high performance integrated-services local area network. **ADVANCES on Local Area Networks**, New York, IEEE Press, 1987, p.171-189.
- [39] TSAO, D. FDDI: chapter two. **Data Communications**, v.20, n.13, p.59-70, Sept. 1991.
- [40] ZIMMERMANN, H. OSI reference model - the ISO model of architecture for open systems interconnection. **IEEE Transaction on Communication**, v.28, n.4, p.425-432, Apr. 1980.
- [41] ZUKERMAN, M.; POTTER, P.G. The DQDB protocol and its performance under overload traffic conditions. **Computer Networks and ISDN Systems**, v.20, n.1-5, p.261-270, 1990.

BOLETINS TÉCNICOS - TEXTOS PUBLICADOS

- BT/PCS/9301 - Interligação de Processadores através de Chaves Ômicron - GERALDO LINO DE CAMPOS, DEMI GETSCHKO
- BT/PCS/9302 - Implementação de Transparência em Sistema Distribuído - LUÍSA YUMIKO AKAO, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9303 - Desenvolvimento de Sistemas Especificados em SDL - SIDNEI H. TANO, SELMA S. S. MELNIKOFF
- BT/PCS/9304 - Um Modelo Formal para Sistemas Digitais à Nível de Transferência de Registradores - JOSÉ EDUARDO MOREIRA, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/9305 - Uma Ferramenta para o Desenvolvimento de Protótipos de Programas Concorrentes - JORGE KINOSHITA, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9306 - Uma Ferramenta de Monitoração para um Núcleo de Resolução Distribuída de Problemas Orientado a Objetos - JAIME SIMÃO SICHMAN, ELERI CARDOSO
- BT/PCS/9307 - Uma Análise das Técnicas Reversíveis de Compressão de Dados - MÁRIO CESAR GOMES SEGURA, EDIT GRASSIANI LINO DE CAMPOS

