

## REDES METROPOLITANAS (MAN)

Sérgio de Figueirêdo Brito e William F. Giozza  
Grupo de Redes de Computadores  
DSC/CCT/UFPB CP 10.032  
58.100 - Campina Grande - PB  
Tel: (083)322-7839, E-mail: giozza@brufpb2.bitnet

### RESUMO

Com a crescente demanda de recursos de comunicação de dados mais rápidos e com maior banda de passagem, os serviços oferecidos pelas concessionárias de telecomunicações, estão tornando-se lentos e ineficientes. Para atender este novo contexto surge como uma das soluções, as Redes Metropolitanas (MAN). Este artigo apresenta uma visão geral das Redes Metropolitanas (MAN), abordando os requisitos técnicos e conceitos básicos, a proposta de rede MAN padrão IEEE 802.6 e outras propostas de redes MAN existentes. Inclui, também, uma discussão das reações das empresas de telecomunicações públicas frente esta nova tecnologia.

### ABSTRACT

Services provided by telecommunications companies (PTT's) seem to become slow and inefficient to suport the growing user applications requesting for large bandwidth data communications resources. Metropolitan Area Networks (MAN) have been proposed to fill up this lack of services in metropolitan geographics areas. This paper presents a survey about MAN's including their main characteristics and requirements, the proposed standard IEEE 802.6 and others existing configurations. Also, this work discusses the impact of this new technology at the PTT's.

### 1 ) INTRODUÇÃO

A tecnologia de Redes Metropolitanas (MAN) permite, hoje em dia, conceber uma rede dorsal ("backbone"), eficiente e segura para interconexão de várias Redes Locais (LAN), e oferecer serviços de comunicação de dados a altas-velocidades em redes públicas, possibilitando inclusive a integração de dados, voz e vídeo em áreas metropolitanas.

Atualmente os serviços de comunicação de dados podem ser classificados em: serviços de comunicação para áreas geograficamente limitadas e serviços de comunicação para grandes áreas. A primeira classe de serviços é dominada pela tecnologia de redes locais, com taxas de transmissão alcançando velocidades típicas da ordem de 10 Mbps, cobrindo regiões limitadas em até alguns poucos quilômetros [1]. Já a segunda classe de serviços de comunicação de dados, abrangendo vastas regiões, é operacionalizada pelas empresas concessionárias de serviços de telecomunicações públicos. Nesta última várias soluções são oferecidas aos usuários, tais como; linhas dedicadas, redes PCM/T1, comutação de circuitos via rede telefônica e comutação de pacotes através do protocolo X.25, disponível em taxas de transmissão tipicamente de até 2 Mbps.

Estudos recentes revelam uma crescente expansão na utilização da tecnologia de redes locais, requisitando inclusive integração de serviços (dados, voz e vídeo). Paralelo a isto os usuários desejam interligar-se com as redes públicas de telecomunicações através de taxas de transmissão compatíveis. Dentro das tecnologias existentes atualmente pode-se, a princípio, delinear três possíveis soluções para suportar os serviços acima requisitados; os sistemas PABX's, a tecnologia CATV banda larga e, as Redes Locais de computadores (LAN).

Os sistemas PABX atuais (juntamente com os sistemas de comutação de pacotes) fornecem baixas taxas de transmissão de informações e, apesar da tecnologia oferecer bons resultados transmitindo dados e voz individualmente, a integração é difícil. Por outro lado, o meio de transmissão comumente usado (par trançado), cuja taxa de erro é aceitável para voz, é geralmente desaconselhável para transmissão de dados.

A tecnologia CATV banda larga, ideal para redes de vídeo, permite altas taxas de transmissão e cobre distâncias metropolitanas; contudo, o custo por conexão tende a ser muito alto devido à complexidade do seu hardware (analogico). Aliado a este último fator, a integração de serviços (voz, dados e vídeo) é uma tarefa bastante complexa.

As redes locais (LAN), por sua vez, foram padronizadas e desenvolvidas basicamente para transmissão de dados visando a integração de sistemas computacionais em áreas geográficas limitadas (p. ex., um edifício). Portanto, a integração de dados, voz e vídeo é complexa e os padrões definidos limitam sua utilização no caso de alcance metropolitano.

Por outro lado, considerando a evolução da tecnologia de sistemas de telecomunicações, observa-se que a filosofia RDSI (Redes Digitais de Serviços Integrados) [2] já está presente no cenário mundial através da RDSI banda estreita. O desenvolvimento da RDSI banda estreita, aponta para a RDSI banda larga (RDSI-BL) [3,4], que tende a representar a base futura para a formação de redes com possibilidade de abrangência global (WAN - Wide Area Network). A RDSI-BL acena com uma solução para o problema proposto ao nível de taxas de transmissão, visto que, na sua proposta padrão, as centrais RDSI-BL deverão oferecer canais com capacidades de transmissão de 155 Mbps e 620 Mbps. Contudo, a implantação da RDSI-BL está atrelada ao aperfeiçoamento da tecnologia ATM ("Asynchronous Transfer Mode") [3,4], uma nova técnica de comutação de pacotes que será o coração das centrais RDSI-BL. Como a tecnologia ATM ainda encontra-se em desenvolvimento, surge a necessidade da implementação a curto e médio prazo de uma outra solução já desenvolvida para a interligação e integração dos serviços de comunicação em regiões metropolitanas.

Desde 1982, o grupo de padronização IEEE 802.6, desenvolve estudos propondo uma rede metropolitana denominada MAN ("Metropolitan Area Network") [5,6]. O padrão MAN IEEE 802.6, baseia-se no modelo OSI/ISO [7], sendo compatível com a RDSI-BL. É uma rede discreta e de alta velocidade para voz, dados e imagem, que provê a conexão LAN/LAN ou LAN/WAN e de sistemas de comunicação públicos ou privados (dispersos em uma região considerada metropolitana).

A compatibilidade das redes MAN com a RDSI-BL é necessária para que a integração posterior das redes MAN com as redes WAN, através das centrais RDSI-BL, seja possível. A Figura 1.1 apresenta uma futura perspectiva para a estruturação das redes pú-

blicas integrando as redes MAN com as redes RDSI-BL.

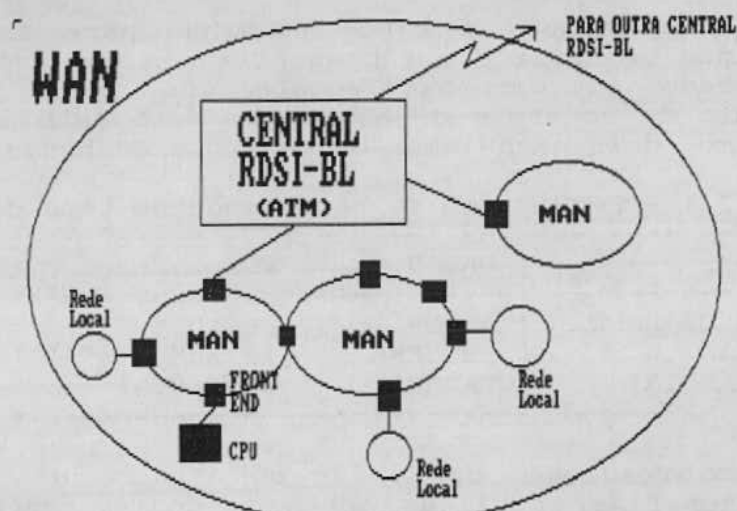


Figura 1.1-Perspectiva do futuro sistema público de telecomunicações em regiões metropolitanas

Na próxima Seção, são introduzidas as características técnicas e os conceitos importantes referentes às redes MAN. Na sequência a proposta de padrão para redes MAN do grupo IEEE 802.6, é apresentada, abordando aspectos de sua arquitetura e seu funcionamento. Na seção 4 são apresentadas outras propostas de redes MAN não padronizadas e, finalmente, na última seção, é feita uma análise do impacto nas empresas de serviços de telecomunicações públicos desta tecnologia emergente.

## 2 ) OS REQUISITOS DAS REDES MAN

Para suprir os serviços requisitados, as redes MAN precisam ter algumas características significativas, que são; grande banda passante, pequeno atraso e alta qualidade de transmissão. Estes requisitos, em aplicações para comunicação de dados, são apenas qualitativos, com poucas regras precisas existentes. Por exemplo, não existem regras referentes à quantidade de atraso que é considerada excessiva em uma transmissão de dados. Em contraste, a telefonia impõe requisitos bem explícitos para uma rede, especificamente quanto à banda passante, o atraso e a qualidade de transmissão.

A tecnologia de telefonia digital atualmente baseia-se na amostragem de uma forma de onda 8000 vezes por segundo (a cada 125  $\mu$ s) e na conversão de cada amostra em uma palavra-código de oito bits. Como a transmissão da voz é contínua, a amostragem de 8000 octetos/seg precisa ser feita permanentemente durante uma conversação (em média de 100s); assim, a banda para transmissão requerida é fixa. Em contraste, o tráfego de comunicação de dados é do tipo rajada, onde picos de demanda de banda de transmissão são tipicamente limitados apenas pela velocidade das memórias na origem e no destino, podendo variar até muitos megabytes por segundo.

A banda de transmissão requerida para o tráfego de vídeo tem características mais parecidas com as de voz do que com as de dados: moderada, mas constante, que atua durante um longo



período de tempo. A maior diferença é a demanda da banda em magnitude.

Os requisitos de banda passante para transmissão destes três tipos de tráfego estão sumarizados na Tabela 2.1. A grande disparidade em demandas sugere que, para suportá-las, um protocolo de controle de acesso ao meio (MAC) [1] precisa ter, no mínimo, dois mecanismos de controle de banda.

Tabela 2.1 - Requisitos de banda segundo tipo de tráfego

	DADOS	VOZ	IMAGEM
PICOS DE BANDA	ALTOS	BAIXOS	MODERADOS
DURAÇÃO	PEQUENA	INTERMEDIÁRIA	LONGA
CONSTÂNCIA	RAJADA	CONTÍNUA	CONTÍNUA

Como resultado do limite de atraso da voz imposto pelas concessionárias públicas de telefonia, numa rede MAN a amostragem de voz não pode ser substancialmente armazenada antes da transmissão. Contudo, uma certa quantidade de atraso é inevitável, pois, ao ser transmitida a amostra, ocorrem atrasos de propagação no meio e, em eventuais repetidores. As amostras de voz devem ser enviadas assim que são produzidas, uma a cada 125  $\mu$ s, deixando a maior quantidade de tempo possível para propagação através do meio e dos repetidores.

As companhias de telefonia têm estabelecido um padrão de qualidade para seus sistemas de transmissão digital a fim de suportar a RDSI; assim, a rede MAN, ao ser usada para telefonia, deve agir como uma extensão da RDSI e, também, observar os seus padrões de qualidade. A taxa de erro de bit menor do que  $10^{-6}$ , um dos requisitos estabelecidos, pode ser facilmente alcançada pela rede MAN porque, nesta rede, as distâncias são bem menores que as distâncias cobertas pela rede pública de telefonia. Por outro lado, o segundo requisito de qualidade de serviço, o "escorregamento", causado pela falta de sincronismo dos relógios, implica em uma taxa de erro de bit menor do que  $1,7 \times 10^{-9}$ . As redes públicas de telefonia podem alcançar esta precisão nas suas centrais através da sincronização dos relógios de todas as centrais com uma frequência padrão nacional. A maneira mais simples de alcançar uma precisão similar na frequência de operação de uma rede MAN, interfaceando com uma central digital, é sincronizar toda a rede MAN com o padrão de relógio das centrais.

### Serviços ISÓCRONO E NÃO-ISÓCRONO

Um conceito básico no projeto das redes MAN é a integração da sinalização de telefonia com a transferência de dados de computadores. As propriedades da voz digitalizada, em termos de temporização e sincronização, compõem as restrições ao projeto. O padrão atual para transmissão de voz digitalizada é uma taxa fixa de um octeto a cada 125  $\mu$ s. O serviço de transmissão para voz e outros tipos de informações similares é chamado de ISÓCRONO ("isócrono" significa algo que é uniforme no tempo e se repete em intervalos regulares).

O protocolo de controle de acesso ao meio (MAC) da rede MAN provê a integração do serviço ISÓCRONO com o serviço NÃO-ISÓCRONO, usado tipicamente para transferir dados concernentes

as redes locais interligadas pela rede MAN e dados concernentes à sinalização das redes telefônicas.

### 3 ) A PROPOSTA IEEE 802.6 DE PADRÃO PARA REDE MAN

A proposta do padrão para rede MAN é proveniente do grupo 802.6 do IEEE [5,6]. O padrão proposto pelo IEEE 802.6 surgiu de um projeto da Universidade WESTERN AUSTRALIA em conjunto com a TELECOM AUSTRALIA, em torno da arquitetura DQDB (Distributed Queue Dual Bus)[8], que se adequava perfeitamente à caracterização das redes MAN em processo de elaboração no grupo 802.6.

#### 3.1 ) Arquitetura IEEE 802.6

O IEEE 802.6 definiu a rede MAN abrangendo os dois primeiros níveis da arquitetura OSI/ISO (nível Físico e de Enlace). A camada Física é subdividida em duas sub-camadas; uma dedicada efetivamente à transmissão (sincronização, codificação e transmissão), enquanto a outra, nomeada subcamada PLCP, é responsável pelo mapeamento dos octetos DQDB da subcamada superior em um determinado sistema de transmissão desejado (hierarquia 1,544 Mbps, 2,048 Mbps, etc). A camada de Enlace para o padrão IEEE 802.6 compreende até a sub-camada MAC (Media Access Control), usada para resolver as contenções e regular os modos de acesso ao meio. Para completar a camada de enlace, os dispositivos conectados à rede MAN IEEE 802.6 podem usar, por exemplo, o protocolo IEEE 802.2 Logical Link Control (LLC) [1].

A sub-camada MAC na rede MAN IEEE 802.6 apresenta características que a distingue das sub-camadas MAC hoje existentes para as redes locais:

- . oferece um serviço para tráfego ISÓCRONO completamente livre de todos encargos típicos de uma sub-camada MAC (controle de formato, endereçamento, CRC e confirmação de recepção);
- . os dados são transmitidos em pacotes (segmentos) de comprimento fixo [9];
- . inclui o conceito de uma ponte como componente integral da sub-camada.

A proposta de sub-camada MAC IEEE 802.6 integra serviços de voz e vídeo com serviços de dados de maneira natural. A estrutura apropriada para integração nas camadas superiores, no entanto, não é tão aparente. Certas funções de nível superior, como o estabelecimento de conexão, são fundamentais para voz e vídeo e, no entanto, o controle de erro e o controle de fluxo são totalmente desnecessários.

Devido à topologia física da rede MAN IEEE 802.6 não ser ponto-a-ponto, os protocolos padrões de telefonia para controle de conexão não podem operar. A alternativa é o uso do serviço de dados em pacotes para suportar o tráfego de controle de conexão de voz.

#### 3.2 ) Topologia IEEE 802.6

A topologia proposta para a rede MAN IEEE 802.6 baseia-se em um barramento duplo que consiste de dois barramentos paralelos com os nodos acessando ambos os barramentos, conforme ilustrado na Figura 3.1.

Os nodos acessam os dois barramentos para ler e escrever, através das AU's (Access Units). A Estação Controladora gera

quadros de sincronização para o barramento principal (A), enquanto a Estação Escrava gera quadros de sincronização, com o mesmo relógio da Estação Controladora, no barramento oposto. Os quadros são gerados de tal forma que cada octeto de mesma posição dentro de dois quadros consecutivos guardem uma distância de 125  $\mu$ s.

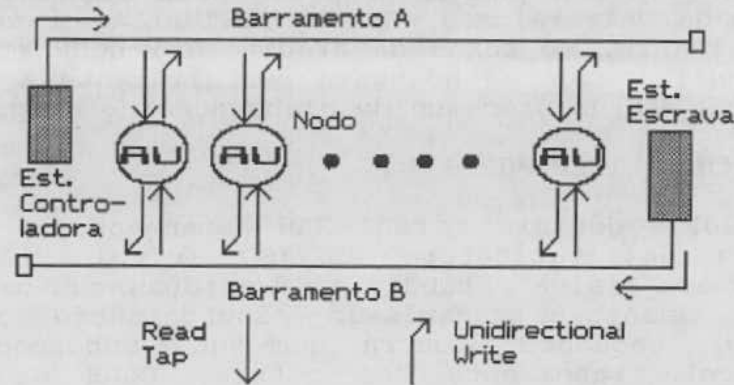


Figura 3.1-Barramento duplo MAN IEEE 802.6

As AU's acessam os dois barramentos com conexões de leitura e escrita (READ TAP e UNIDIRECTIONAL WRITE). A escrita no barramento é feita através de um OU lógico entre os dados recebidos da estação mais à esquerda e os dados da própria unidade de acesso (Fig. 3.2). A conexão de leitura é colocada antes da de escrita e permite que todos os dados possam ser copiados do barramento sem afetar a escritura.

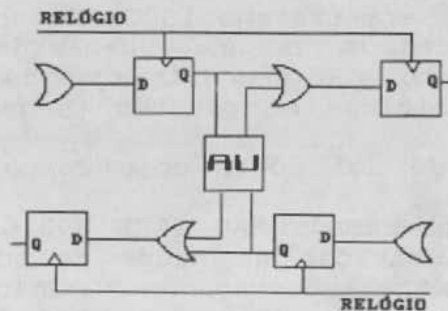


Figura 3.2-Implementação digital da AU ("Access Unit")

Observe na Figura 3.2, que os dados passam diretamente por cada nodo da rede e, com isto, a falha de um nodo ou sua retirada não traz consequências na operação do resto da rede. Assim, reconfigurações da rede ocorrerão apenas no caso de falha do meio de transmissão.

Na realidade, o barramento duplo pode ser instalado fisicamente de duas formas: como apresentado na Figura 3.1 ou de forma circular, no qual as duas unidades geradoras de quadros estão fisicamente no mesmo local, formando, assim, um barramento duplo circular (Fig. 3.3). Esta última estrutura permite que a geração de quadros seja feita numa única unidade facilitando a sincronização do relógio dos quadros.

Com a topologia em barramento duplo circular, a confiabilidade da rede cresce sensivelmente. Todos os nodos da



rede têm a capacidade de gerar quadros de sincronização. Em caso de falha no meio de transmissão, o ponto de geração de quadros efetua um curto-circuito e os nodos adjacentes ao ponto de falha assumem a geração dos quadros de sincronização. A rede volta, então, a operar 100 %, sem a necessidade de barramento reserva.

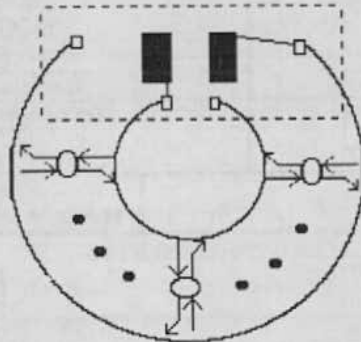


Figura 3.3-Topologia barramento duplo em anel

### 3.3 ) Camada FÍSICA IEEE 802.6

A camada Física da rede MAN IEEE 802.6 baseia-se em uma rede usando fibra óptica como meio de transmissão. A técnica de sincronização a nível de bit utilizada pela rede MAN 802.6 é a síncrona não-coerente [1]. O código de linha é do tipo ON-OFF com embaralhamento de bits ("SCRAMBLING") [1], e uma das taxas de transmissão típicas é de 155 Mbps. Esta taxa foi escolhida visando a integração com a RDSI Banda Larga, cujas propostas de padronização estabelecem serviços a 155 Mbps e, futuramente, a 620 Mbps.

Dentro do comitê de padronização IEEE 802.6 planeja-se que a rede MAN suporte várias taxas de transmissão e formatos de quadros, incluindo sistemas de hierarquia 1,544 Mbps, 2,048 Mbps e o padrão SONET (Synchronous Digital Hierarchy) a 155 Mbps. Para tal, uma sub-camada da camada Física nomeada por PLCP ("Physical Layer Convergence Procedures") [9], efetua o mapeamento dos octetos DQDB da sub-camada superior (MAC) no formato do quadro do sistema de transmissão desejado.

### 3.4 ) Sub-Camada MAC IEEE 802.6

O protocolo da sub-camada MAC para as redes MAN IEEE 802.6, denominado por FILA DISTRIBUÍDA ("DISTRIBUTED QUEUE"), é classificado como um protocolo de acesso sob demanda, com a transmissão dos quadros de cada nó feito sob o esquema de reserva de SLOT.

Devido à necessidade das redes MAN transmitirem voz e vídeo conjuntamente com dados, a sub-camada MAC para a rede MAN tem características que diferem bastante das redes locais. Uma delas é a segmentação das informações para o SLOT, visando acomodar o tráfego em uma banda fixa. O tamanho do segmento foi dimensionado para se ajustar às futuras RDSI-BL.

Para suprir os serviços ISÓCRONOS e NÃO-ISÓCRONOS o protocolo de acesso ao meio provê dois sub-protocolos básicos: FILA ARBITRADA ("QUEUE ARBITRATED") e FILA NÃO ARBITRADA ("QUEUE NONARBITRATED"). O sub-protocolo FILA ARBITRADA é es-

pecificado para prover o acesso ao meio das informações NÃO-ISÓCRONAS, enquanto que o sub-protocolo NÃO ARBITRADO prove o acesso ao meio das informações ISÓCRONAS (Fig. 3.4).

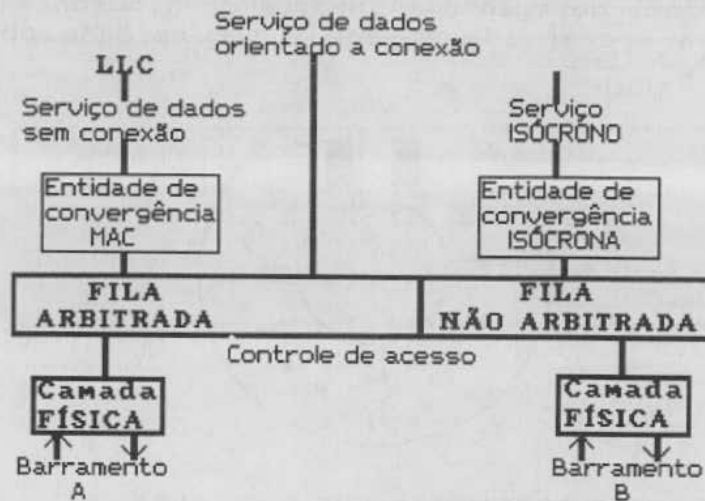


Figura 3.4-Tipos de serviços oferecidos pela MAC IEEE 802.6

O sub-protocolo FILA ARBITRADA oferece dois serviços para as informações NÃO ISÓCRONAS. O primeiro é equivalente à sub-camada MAC das redes locais e opera sob o protocolo LLC (802.2)[1]. Este serviço de conexão recebe PDU's (Unidades de Dados de Protocolos) de até 9 kbytes, segmentando-os (na fonte) e reconstruindo-os (no destino) durante a transferência. O controle de erros ocorre como nos outros padrões IEEE 802, e as PDU's com erros não são passadas para a sub-camada LLC receptora. O segundo serviço, orientado a conexão, é utilizado para voz compactada e vídeo comprimido. Não tem controle de erros e objetiva permitir a conexão às futuras ATM's (RDSI-BL)[4].

### 3.4.1 ) Estrutura do Quadro

A combinação das facilidades da sub-camada MAC IEEE 802.6 provê uma multiplexação baseada em demanda, ideal para redes RDSI-BL. Isto tem feito com que o padrão IEEE 802.6 seja recomendado como o método de multiplexação para o RDSI-BL. É necessário, entretanto, compatibilizar os quadros que serão usados na rede RDSI-BL com os quadros das redes MAN. Por exemplo, o mesmo cabeçalho (HEADER) deve ser usado tanto no padrão IEEE 802.6 quanto no padrão RDSI-BL.

Os quadros MAC nas redes MAN IEEE 802.6 são compostos de SLOT's, e cada SLOT tem 53 octetos (Fig. 3.5). O detalhamento de cada SLOT é apresentado na Figura 3.6.

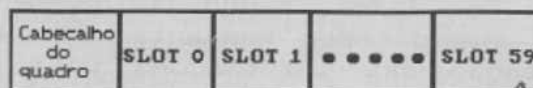


Figura 3.5-Formato QUADRO MAC IEEE 802.6

*53*  
*incorreta*



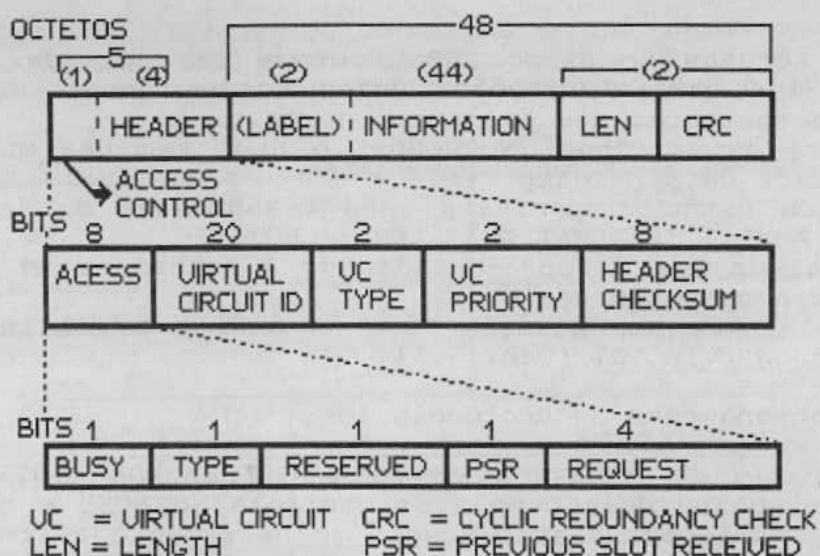


Figura 3.6-Formato de cada SLOT do QUADRO MAC IEEE 802.6

A descrição de cada campo do SLOT é efetuada na Tabela 3.1 e a funcionalidade do SLOT, enfoca os serviços NÃO-ISÓCRONOS e ISÓCRONOS.

Tabela 3.1 - Descrição dos campos do quadro MAC IEEE 802.6

-----  
**\*\* ACCESS CONTROL**

- . **BUSY**: identifica quando um SLOT já está sendo usado para uma transmissão .
- . **TYPE**: ISÓCRONO ou NÃO-ISÓCRONO.
- . **PSR (Previous-Slot-Received)**: quando um SLOT é recebido, o receptor modifica o valor do PSR, indicando que o SLOT pode ser reutilizado na rede.
- . **REQUEST**: utilizado para indicar que uma estação deseja transmitir.

-----  
**\*\* HEADER**

- . **VCI (Virtual Circuit Identification)**:
  - .. para o serviço NÃO-ISÓCRONO o VCI é preenchido com todos os bits=1, ficando a definição do destinatário no campo de informação.
  - .. para o serviço ISÓCRONO estes bits identificarão o destinatário da informação.
- . **VC TYPE**: tipo do circuito virtual.
- . **VC PRIORITY**: informações de prioridade.

obs : os campos VC TYPE e VC PRIORITY estão previstos para serem usados em conexões com a rede RDSI.

-----

Nos serviços NÃO-ISÓCRONOS (serviços de dados por pacotes), onde a segmentação é necessária para se obter uma banda passante fixa, temos a seguinte caracterização do SLOT:

- . apenas 44 octetos, do campo INFORMATION estão disponíveis para transmissão de informação. Este campo contém os segmentos das PDU's passadas pela sub-camada LLC superior, incluindo o endereço, a nível de sub-camada MAC, da fonte e do

destino;

- . os dois octetos do campo LABEL formam uma "camada de adaptação". Eles contêm um valor único no barramento DQDB, que guia a reconstrução dos segmentos no destino.

Já para os serviços ISÓCRONOS, o SLOT tem uma mudança na funcionalidade de seus campos :

- . 48 octetos estão disponíveis para transmissão de informação (campos LABEL + INFORMATION + LEN + CRC);
- . cada canal de voz é representado por 1 octeto em um SLOT que se repete a cada 125  $\mu$ s;
- . o octeto mantém uma posição fixa no SLOT e o destinatário é identificado pelo VCI (Tab. 3.1).

### 3.4.2 ) Funcionamento do Protocolo

A operação do protocolo de FILA DISTRIBUÍDA ("DISTRIBUTED QUEUE") usa apenas dois campos de controle, o BUSY e o REQUEST (Fig. 3.6), para controlar o acesso ao barramento à frente (por exemplo, o barramento A na Fig. 3.1).

O protocolo MAC IEEE 802.6 prevê dois estados possíveis para uma estação (o de monitorando e o de desejando transmitir), conforme ilustrado na Figura 3.7. O funcionamento do protocolo no caso em que uma estação deseja transmitir informações no barramento A (Fig. 3.1) é o seguinte :

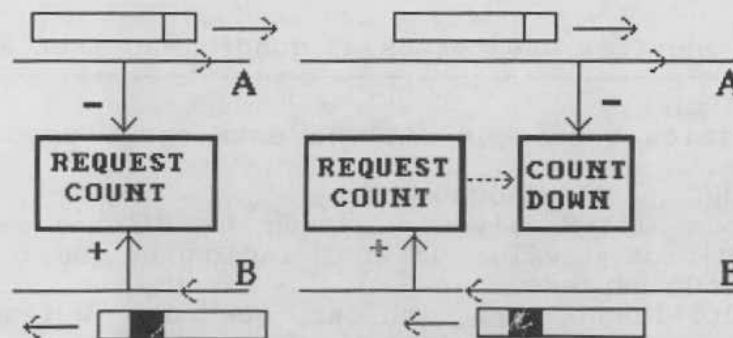


Figura 3.7- MONITORAMENTO NÓ DESEJANDO TRANSMITIR

#### a) ESTADO "ESTAÇÃO MONITORANDO"

- . o nó permanece contabilizando, através do contador REQUEST COUNT, o número de pedidos de transmissão (SLOT'S REQUEST) que passa pelo barramento oposto B. Neste caso, os pedidos referem-se às estações à direita da atual tomando-se por referência o barramento A (Fig. 3.7);
- . ao passar um quadro vazio pelo barramento A (identificado pelo campo BUSY) o nó diminui de 1 o REQUEST COUNT, visto que este SLOT vai ser utilizado por uma das estações que enviou o REQUEST.

#### b) ESTADO "ESTAÇÃO DESEJANDO TRANSMITIR"

- . quando a estação do barramento A necessita transmitir informações na rede, ela ativa o campo REQUEST no barramento B e transfere o número de REQUEST'S que já passaram por ele (contador REQUEST COUNT) para o contador COUNT DOWN. Assim, o contador COUNT DOWN, terá o número de SLOT'S referentes a ou-

tros nós que solicitaram acesso ao barramento antes dele. A partir de então, para cada quadro vazio (identificado pelo campo BUSY) que passa, ele decreta 1 do contador COUNT DOWN e quando este chegar a zero, significa que aquele é o SLOT em que ele pode enviar sua informação.

É importante observar que uma operação inversa é feita quando se deseja transmitir no barramento B e, para tal, um hardware similar (porém inverso) supre esta condição.

#### 4 ) OUTRAS PROPOSTAS DE REDES MAN

Apesar da rede DQDB ter sido estabelecida como um padrão IEEE 802.6, têm sido desenvolvidas outras redes que procuram suprir os requisitos de uma rede MAN.

##### 4.1 ) ExpressMAN

A rede ExpressMAN na realidade é derivada de uma proposta de rede local de alta velocidade (HSLAN), com integração de voz e dados chamada ExpressNET [10,11,12]. Nesse tipo de rede à medida que as taxas de transmissão e distâncias aumentam, há uma melhora significativa no aproveitamento da banda passante.

A ExpressNET é uma rede baseada em um barramento linear, que implementa um algoritmo de acesso distribuído baseado na passagem de ficha implícita [11]. Este algoritmo, diferentemente das redes em anel, não precisa de rotinas complexas de controle, tanto para prevenir recirculação de pacotes como para preservar a integridade da ficha.

Na Figura 4.1 são apresentadas as possíveis topologias na ExpressNET. O meio de transmissão consiste de dois canais principais: W (Write) e R (Read), sendo que tanto as informações de escrita como de leitura de um nó passam na mesma direção.

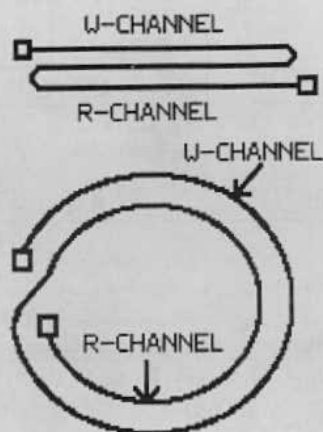


Figura 4.1-Topologia ExpressNET

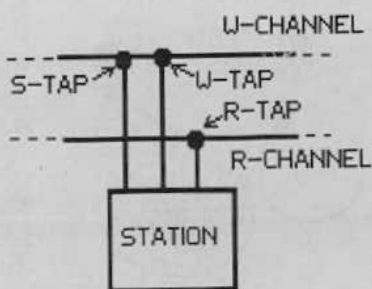


Figura 4.2-Conexão ExpressNET

A Figura 4.2 mostra como as estações da ExpressNET ligam-se ao barramento através dos seus conectores (TAP's): S-TAP, W-TAP e R-TAP. O protocolo da rede ExpressNET baseia-se em uma ficha implícita que aparece no final de cada pacote colocado pela estação transmissora no canal W.

A estação da extremidade começa o ciclo de transmissão pela inserção da ficha. Após detectada a ficha (através do S-



TAP), a estação que deseja transmitir irá adicionar o seu pacote à ficha (através do W-TAP).

Se existir mais de uma estação transmitindo, um trem de pacotes será formado após a ficha. Cada estação precisa estar em condições de localizar o final do trem de pacotes para inserir o seu pacote nele. Esta função é executada usando uma técnica de monitoração; após a detecção do final da transmissão do pacote (ou ficha) pelo S-TAP, a estação que deseja transmitir inicia a transmissão do preâmbulo do seu pacote pelo W-TAP. Enquanto isso, o S-TAP continua monitorando o canal W. Se, durante a transmissão, a estação que está transmitindo o pacote detecta que existem mais pacotes, além daquele que ela detectou o final, ela imediatamente aborta a transmissão, "deferindo" a passagem do pacote seguinte e, ao final deste, tenta transmitir novamente. O resultado desta colisão é a perda de alguns bits do preâmbulo. O preâmbulo deve ser longo o suficiente para que a aquisição de sincronismo não seja comprometida pela colisão.

A ficha e o trem de pacotes move-se do canal W para o canal R, onde cada estação inspeciona o endereço de cada pacote através do R-TAP. Se o endereço do pacote corresponde a determinada estação, ela copia o pacote em sua memória. No barramento R, a estação da extremidade monitora o final do trem de pacotes. Após detectar o final do trem, ela libera uma nova ficha no barramento W, iniciando o novo ciclo.

ExpressMAN é uma rede MAN que usa os canais do barramento unidirecional WRITE e READ em sua topologia como na ExpressNET. Ela baseia-se em várias estruturas locais conectadas em grupo e uma estrutura "backbone" conectando esses grupos (Fig. 4.3).

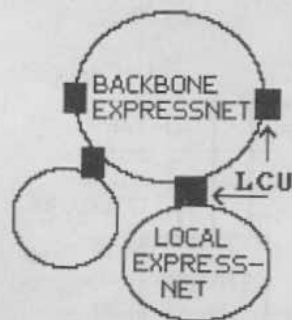


Figura 4.3-  
Topologia ExpressMAN

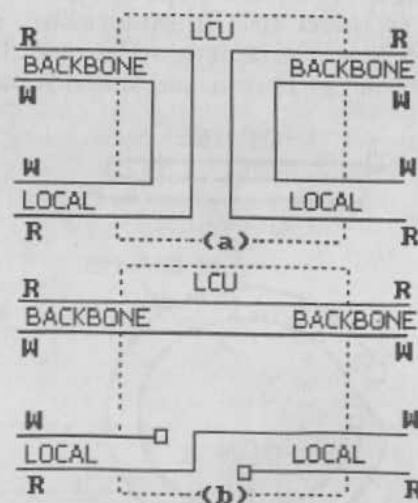


Figura 4.4-  
Detalhamento da LCU  
(a) Conf. Longa Distância (LD)  
(b) Conf. Local (LO)

As estações são conectadas em barramentos locais como na ExpressNET, enquanto que as conexões entre os barramentos locais e o "backbone" são feitas através de LCU's (Local Control Units). As LCU's são unidades de comutação que permitem diferentes conexões entre os canais do "backbone" e os canais locais (Fig. 4.4). Quando as conexões estão ligadas como na Fi-

gura 4.4(a) (configuração LD), a rede aparece como uma única estrutura ExpressNET e permite a circulação do trem de quadros de longa distância (LD), i.e., trem de quadros que tem diferentes origens e destinos. Na Figura 4.4(b) (configuração LO), as conexões são ligadas de modo a formar diferentes ExpressNET's, uma para cada grupo de estações, as quais permitem a circulação de diferentes trens de quadros locais independentemente.

O protocolo de acesso da rede ExpressMAN baseia-se no protocolo de acesso ExpressNET; contudo, o ciclo é dividido em dois sub-ciclos e a configuração de rede é alternadamente mudada pelas LCU's no começo de cada sub-ciclo. No primeiro sub-ciclo, um trem LD é lançado, se propagando na configuração de rede LD. No segundo sub-ciclo, que ocorre depois de um determinado tempo, um ou mais trens LO são lançados separadamente em cada grupo e se propagam nas configurações LO, forçando então transmissões paralelas.

#### 4.2 ) TREE-NET

A rede TREE-NET é uma arquitetura FOLAN (Fiber Optic Local Area Network), cujas características de funcionalidade permitem a sua utilização como rede MAN [13]. A TREE-NET tem uma topologia estruturada em árvore (à qual as estações são conectadas através de elementos passivos), não tem componentes de processamento intermediário (apesar de ser possível a inserção de amplificadores de sinal, ou seja, repetidores, para aumentar o número de estações suportadas) e provê um atraso de acesso limitado através de um protocolo de ficha implícita. Devido à falta de componentes de processamento intermediário, cada pacote é difundido por toda a rede.

O esquema básico da rede TREE-NET permite suportar centenas de estações. A partir deste limite, a potência necessária e carga da rede indicam a interconecção de várias TREE-NET's com comportas através de uma configuração multinível.

A topologia TREE-NET pode ser vista como uma topologia de dois níveis, onde o maior nível é uma árvore, e o menor nível é um barramento linear (tipo ExpressNET) (Fig. 4.5). As estações são conectadas ao barramento linear através de conectores passivos e a árvore é construída usando acopladores passivos.

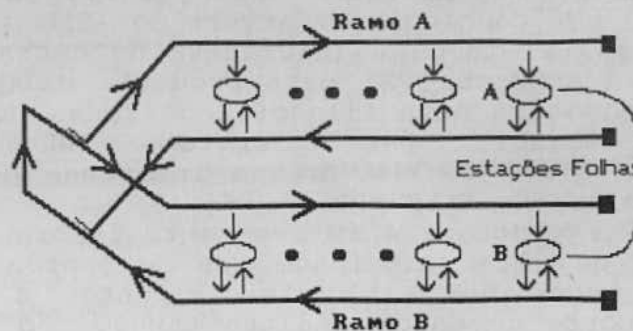


Figura 4.5-Topologia TREE-NET

Pode-se ver a arquitetura da TREE-NET como uma extensão da ExpressNET. E, como na seção anterior foi explicado o funcionamento do barramento linear, a seguir será apresentado apenas a explicação do funcionamento da árvore como um todo.

Os barramentos lineares são combinados em "paralelo"

usando o esquema ilustrado na Figura 4.5. Essencialmente, uma "extensão" do barramento é conectada ao primeiro barramento via dois acopladores. O protocolo de ficha original pode ser facilmente estendido para atender às duas configurações de barramento paralelas. Nomeada Estação Folha, a estação A começa o ciclo da ficha no ramo A. Durante o ciclo A, todas as demais estações do ramo A podem transmitir e as estações em ambos os ramos A e B podem receber. No final do trem de quadros A, a Estação Folha B começa o ciclo no ramo B, inicializando as transmissões no ramo B. Portanto, a operação consiste de uma alternância de ciclos A e B.

Aplicando a combinação paralela de processos recursivamente, obtém-se uma estrutura em árvore binária onde as folhas correspondem a segmentos de barramentos lineares. O protocolo de ficha é facilmente estendido na estrutura de árvore. Os ramos (i.e., folhas) tomam posse da ficha de acordo com uma ordem pré-definida. O pacote gerado por uma estação é difundido pelas demais. Logo, a árvore pode ser vista como um tipo de interconector de barramentos.

## 5 ) TENDÊNCIAS

Após a exposição da filosofia de funcionamento das redes MAN, do padrão IEEE 802.6 e de outras propostas é interessante abordar a questão da implantação das redes MAN e como as empresas concessionárias de telefonia estão se comportando diante deste quadro.

Quanto à solução Rede Metropolitana, as grandes empresas concessionárias consideram a sua implantação necessária e importante para superar os problemas hoje existentes (e vindouros), até a chegada da RDSI-BL. Relativo ao padrão IEEE 802.6, como alternativa de rede MAN, existem empresas que o apóiam e outras que o vêem com restrições [13].

Na Europa, as PTT's (Postal, Telephone e Telegraph), estão bastante interessadas na rede MAN baseada no padrão IEEE 802.6 (o DQDB da empresa QPSX) e já estão mantendo contatos com a AL-CATEL NV e SIEMENS AG, para que estas últimas procedam aos estudos de instalação de redes MAN. Por outro lado, a BT (British Telecom) tem reservas quanto à topologia em barramento do DQDB. A BT está desenvolvendo outras soluções baseadas no suporte das ATM's sobre uma topologia em árvore com fibra óptica [13].

Nos EUA, a AT&T tomou a iniciativa de entrar em um acordo de 5 anos com a empresa QPSX para produzir o DQDB. A BELLCORE está desenvolvendo uma nova filosofia de redes públicas chamada Switched Multimegabit Data Service (SMDS) visando a interligação de redes locais, e tem interesse de utilizar uma rede similar ao padrão IEEE 802.6 [14].

Dentro deste panorama é interessante lembrar da rede FDDI, uma rede local de alta velocidade que se propõe a suportar os requisitos de redes MAN [15]. Inicialmente, a proposta FDDI visava o transporte de dados a altas taxas, não incluindo voz. Tentando entrar no mercado das redes MAN, foi desenvolvido o FDDI-II, suportando também tráfego de voz. Apesar disso, o padrão FDDI-II tem algumas restrições referentes ao decréscimo da capacidade de transmissão dependendo da distância e, com isto, as grandes empresas têm restrições quanto à sua utilização no lugar das redes MAN. Por outro lado, os usuários de redes exteriorizam sempre o desejo de, caso seja necessária uma mudança no sistema de transmissão, que seja para uma rede



única integrando voz, dados e imagem.

A empresa IBM também está atuando, de forma indireta, no contexto de definições das redes MAN, chamando atenção de alguns aspectos de utilização do protocolo de fila distribuída. A IBM, em conjunto com a Universidade de WATERLOO (Canadá), realizou extensos testes de simulação onde foi observado que o DQDB apresenta uma taxa de vazão imprevisivelmente baixa quando opera em carga muito pesada. O ingresso da IBM neste contexto deve-se principalmente às pesquisas que ela está fazendo no desenvolvimento de HSLAN's operando em GIGABITS [10].

## 6 ) BIBLIOGRAFIA

- [1] GIOZZA, W. F. ; ARAÚJO, J. F. M. ; MOURA, J. A. B. e SAUVE, J. P. - Redes Locais de Computadores - Tecnologia e Aplicações, McGraw-Hill, 1986.
- [2] BAPTISTELLA, L. F. B. e LOBO, M. P. - RDSI - Rede Digital de Serviços Integrados. McGraw-Hill, 1990.
- [3] ARMBRUSTER, H. e ARNDT, G. - "Broadband Communication and Realization with Broadband ISDN". IEEE Commun. Mag., v. 25, n. 11, nov. 1987, p. 8-19.
- [4] MINZER, S. E. - "Broadband ISDN and Asynchronous Transfer Mode (ATM)". IEEE Commun. Mag., v. 27, n. 9, set. 1989, p. 17-24.
- [5] MOLLENAUER J. F. - "METROPOLITAN AREA NETWORK update : the global LAN is getting closer". Data Communications, v. 18, n. 16, dez. 1989, p. 109-118.
- [6] MOLLENAUER, J.F. - "Standards for METROPOLITAN AREA NETWORKS". IEEE Commun. Mag., v. 26, n. 4, abr. 1988, p. 15-19.
- [7] TANENBAUM, A. S. - Computer Networks. Prentice-Hall, 1981.
- [8] NEWMAN, R. M. e outros - "The QPSX MAN". IEEE Commun. Mag., v. 26, n. 4, abr. 1988, p. 20-28.
- [9] BRANDWEIN, R. e outros - "The IEEE 802.6 Physical Layer Convergence Procedures". IEEE LCS Mag., n. 5, maio 1990, p. 26-34.
- [10] STRAUSS, P. R. - "IBM committee drive GBIT's LAN's". Data Communications, v. 19, n. 2, fev. 1990, p. 43.
- [11] FRATTA L. e outros - "The ExpressNET : a local area communications network integrating voice and data". Proc. Int. Conf. Performance of Data Commun. Syst. and Appl., Paris, França, set. 1981, p. 77-88.
- [12] BORGONOVO, F. - "ExpressMAN : exploiting traffic locality in ExpressNET". IEEE JSAC, v. SAC-5, n. 9, dez. 1987, p. 1436-1443.
- [13] HEYWOOD, P. - "The rise of METROPOLITAN AREA NETWORKS". Data Communications, v. 18, n. 16, dez. 1989, p. 70-78.
- [14] HEMRICK, C. F. e outros - "Switched Multi-Megabit Data Service and early availability via MAN technology". IEEE Commun. Mag., v. 26, n. 4, abr. 1988, p. 9-14.
- [15] HANSON, D. C. - "Progress in Fiber Optic LAN and MAN Standards". IEEE LCS Mag., n. 5, maio 1990, p. 17-25.