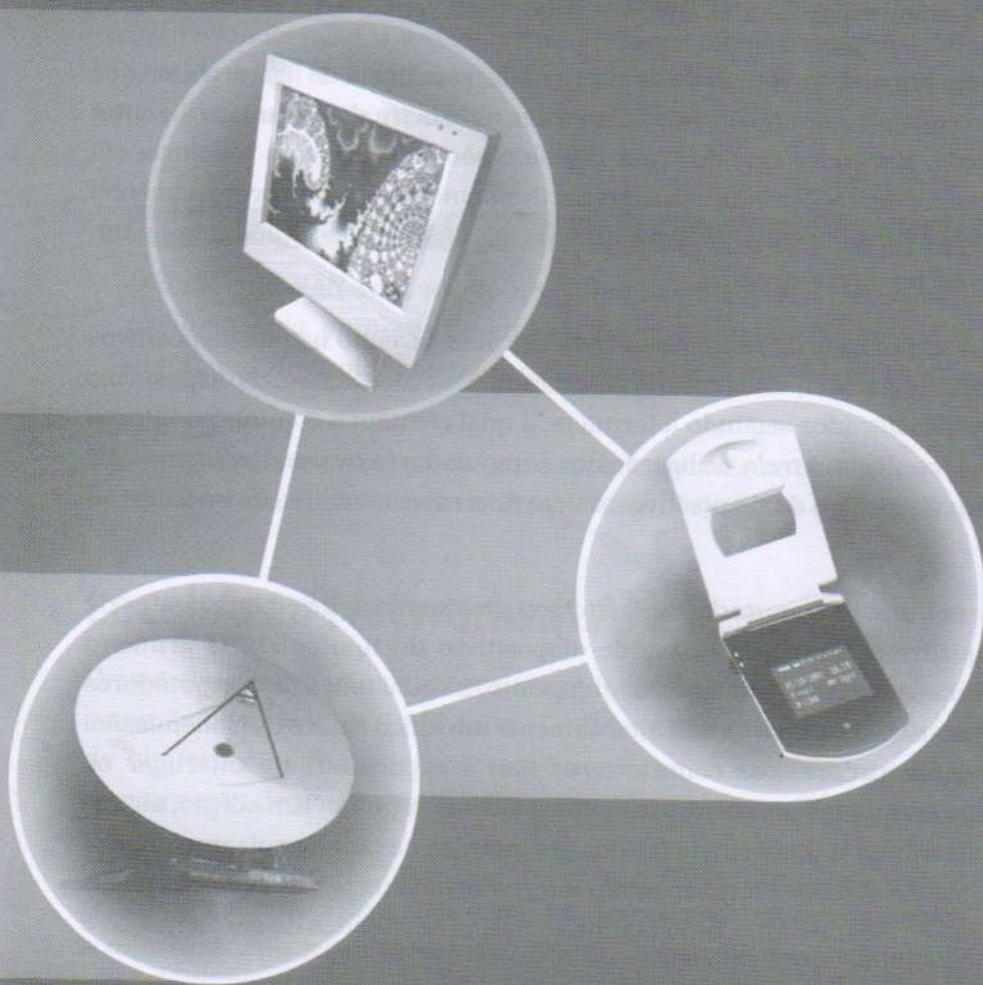


Capítulo

6

LANs e SANs



Introdução

As redes de comunicação são ambientes que se caracterizam pela interligação de um conjunto de elementos com capacidade computacional através de enlaces físicos guiados e não-guiados. Em adição, pacotes de *software* são empregados para permitir uma transparência na utilização da configuração.

NOTA

O termo transparência é empregado (usualmente) nas áreas de redes de comunicação e computadores para indicar que detalhes de implementação dos serviços não são conhecidos necessariamente pelos processos requintes.

Tradicionalmente, um dos aspectos mais utilizados para a classificação das redes diz respeito a sua dispersão geográfica. Assim, é convencional a classificação das redes em locais (LANs – *Local Area Networks*), metropolitanas (MANs – *Metropolitan Area Networks*) e geographicamente distribuídas (WANs – *Wide Area Networks*).

Historicamente, em um ambiente de rede de computadores a forma de ligação física dos computadores ao *cabo da rede* indicava muitas vezes a maneira de comunicação entre as estações da rede. Exemplos que ilustram este fato são as redes com topologia em *barra* e *anel*. Estas configurações indicavam, respectivamente, que (muito provavelmente) teríamos os computadores fazendo um acesso com contenção (no caso do *barra*) e um acesso ordenado na topologia em *anel*.

Por outro lado, as tecnologias de redes estão cada vez mais fazendo uso de dispositivos do tipo concentradores (*caixas*). Diferente da abordagem das redes a *cabo*, os dispositivos do tipo *caixa* são classificados segundo a forma pela qual efetuam a comutação interna de seus enlaces. A topologia *estrela* de ligação dos computadores nestes dispositivos é a mais comum. Todavia, dentro do dispositivo existem diferentes maneiras de interligação de suas portas.

Os *concentradores (hubs)* e *comutadores (switches)* são exemplos de equipamentos de rede que se enquadram dentro da classe de dispositivos do tipo *caixa*. O primeiro dispositivo é um clássico exemplo de ligação *multiponto*, na qual todos os computadores interligados ao dispositivo compartilham internamente um único enlace de transmissão. Diferente dos concentradores, os *comutadores* têm a capacidade de interligar os computadores ligados às suas portas de uma maneira *ponto-a-ponto*. Em adição, alguns dispositivos comutadores já dispõem de facilidades internas de ponte e roteamento. Em outras palavras, alguns *switches* implementam internamente funções de rede nos níveis 2 e 3 (segmentação e roteamento). Como resultado destas facilidades de segmentação e

roteamento internas no switch, podemos dispor de mais de um segmento de rede ou de redes com diferentes endereços numa pequena área geográfica.

NOTA

Os dispositivos de rede das classes 2 e 3, no nosso ponto de vista, quebram o paradigma de classificação por dispersão geográfica. Apesar de adotarmos os termos LANs, MANs e WANs, nossa classificação será focada nos aspectos referentes a largura de banda, latência, taxa de transmissão e erros. De uma outra forma, o leitor deve entender que não vamos neste livro propor nenhuma nova taxonomia para as redes, mas sim considerar aspectos mais relevantes a sua classificação.

Com o objetivo de atender as aplicações que solicitam um processamento de alto desempenho, uma nova abordagem no campo das redes de computadores vem ganhando espaço. Esta abordagem é denominada de SAN (System Area Network). Uma SAN visa o compartilhamento de processadores, sistemas de memórias dos diferentes sistemas computacionais ligados à rede, além de menor latência, alta disponibilidade e grande largura de banda de comunicação. Configurações de *cluster* de computadores e sistemas *Beowulf* são exemplos de ambientes onde as SANs são encontradas.

NOTA

O acrônimo SAN será usado neste livro como System Area Network, embora também seja empregado em várias outras referências para representar ambientes de armazenagem conhecidos por Storage Area Network.

Neste capítulo, vamos estudar as características de algumas das principais tecnologias de LANs (*Ethernet, Fast-Ethernet e Gigabit Ethernet*) e SANs (*Myrinet e Memory Channel*).

Local Area Networks (LANs)

Uma definição preliminar sobre uma rede local de computadores pode ser visualizada como: “uma rede local (LAN) é uma facilidade de comunicação que provê uma conexão de alta velocidade entre processadores, periféricos, terminais e dispositivos de comunicação de uma forma geral em um único prédio (ou campus).”

No princípio, as LANs eram vistas como ambientes ideais para o compartilhamento de recursos computacionais, tais como as impressoras, os discos rígidos, as plotters e os scanners. Numa segunda fase, as LANs eram vistas como a espinha dorsal (*backbone*)

na descentralização das corporações. Este fato nos leva, consequentemente, à necessidade de uma abordagem de computação distribuída. Nesta etapa, muitas vezes conhecida como a *era do downsizing*, os grandes centros de processamento de dados (CPDs) eram reduzidos nas grandes corporações.

Um outro aspecto interessante a ser observado é que a utilização das redes locais não representa a única solução tecnológica para a interligação dos elementos computacionais. Na Figura 6.1, ilustramos que uma LAN é a tecnologia que apresenta uma boa resposta para a interligação de dispositivos com distâncias relativamente pequenas e com uma considerável largura de banda (na ordem de Mbps). É importante, também, saber que os barramentos dos computadores (*Computer Bus*) têm sido utilizados para a interconexão de computadores. Esta nova abordagem, surgida no final dos anos 90, é conhecida como SAN (*System Area Network*). Outro fato interessante que a Figura 6.1 demonstra é a interseção entre os serviços das LANs e das Redes Públicas de Telefonia (PTN – *Public Telephone Network*). Esta interseção indica que alguns serviços podem ser oferecidos tanto por uma LAN quanto por uma PTN.

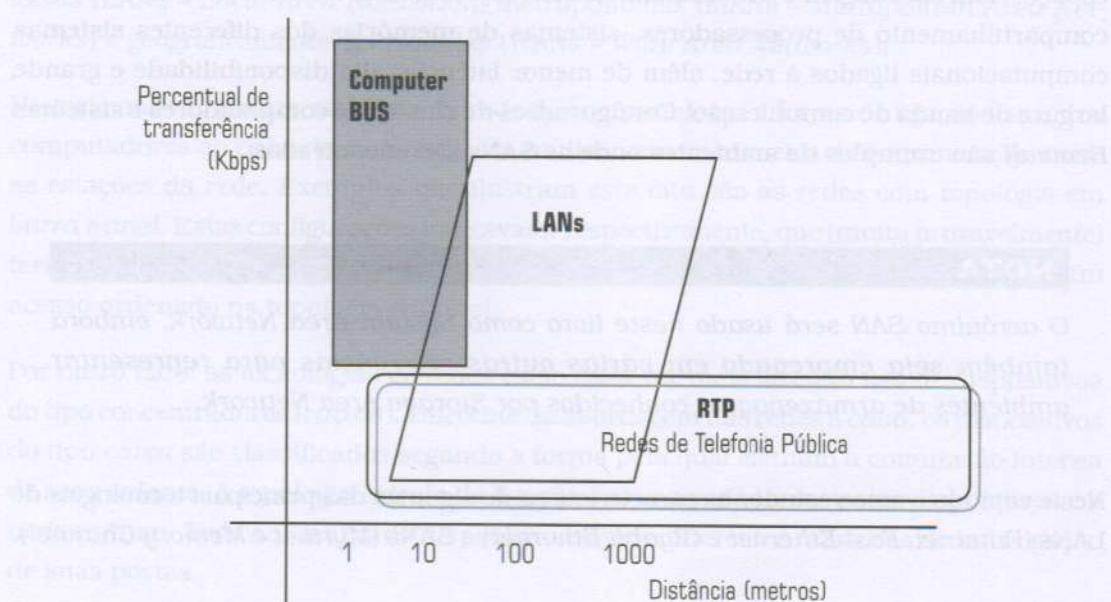


Figura 6.1 Comparação entre algumas tecnologias de rede de comunicação e computadores.

NOTA

Nas organizações modernas tem-se observado que os serviços de comunicação da rede (voz, dados e imagem) vêm utilizando os enlaces compartilhados e gerenciados de forma única. Em outras palavras, visando reduzir custos

operacionais, as corporações, sempre que possível, têm optado por um suporte único. O objetivo é que o hardware, o software, as diferentes interfaces, a manutenção, a administração e a gerência do ambiente estejam sob responsabilidade de um mesmo grupo. Muitas vezes, o termo redes de comunicação (communication networks) é empregado para ilustrar o conceito de uma rede onde os serviços são integrados. Por causa deste fato, os profissionais envolvidos com as redes de comunicação devem ter uma melhor capacitação nas áreas de comunicação e redes de computadores.

Um projeto de rede local deve ser caracterizado pela possibilidade de prover um fácil acesso às informações do ambiente de rede, de maneira semelhante às tomadas elétricas numa instalação predial. Em outras palavras, é importante que todos tenham acesso à rede em qualquer local da organização. Em adição, é desejável que o ambiente tenha modularidade. Quanto ao aspecto da modularidade da rede, o projeto de uma rede local deve contemplar o número de equipamentos existentes na empresa, deve levar em consideração as possíveis mudanças de local dos equipamentos e, ainda, estabelecer parâmetros para uma previsão futura de mais dispositivos na rede. Então, podemos enumerar que os objetivos de uma rede local, de uma maneira macro, devem englobar os seguintes pontos:

- A distribuição da informação de maneira uniforme ao longo do ambiente da corporação.
- Possibilidade de interligar dispositivos de diferentes fabricantes permitindo também o uso de modelos distintos.
- Prever que a movimentação dos telefones, computadores, impressoras, discos rígidos e faxes seja tão fácil quanto a troca de uma lâmpada.

Por outro lado, na prática, é verificado que algumas instalações não conseguem atingir muitos dos objetivos acima mencionados. Dentre alguns motivos que causam certa limitação nos ambientes das LANs podemos apontar os seguintes problemas:

- Falta de planejamento cuidadoso no projeto inicial e durante a fase de instalação.
- Falta de aderência aos padrões (exemplos: cabos, conectores e interfaces).
- Solicitações de transferência dos dados (voz, vídeo, correio eletrônico, textos e gráficos) sem o estabelecimento de critérios diferenciados para os serviços.
- Falta de uma gerência unificada do ambiente, incluindo-se um controle mais detalhado das características de utilização dos enlaces de comunicação.

Para entendermos as redes locais (LANs), é interessante, também, conhecermos algumas de suas características mais intrínsecas:

- Dispersão geográfica: podemos dizer que as redes locais são ambientes projetados para abranger até centenas de metros (ou, no máximo, poucos quilômetros).

- Propriedade: o ambiente de rede local e todos os sistemas computacionais interligados geralmente pertencem a uma única organização.
- Tecnologia de transmissão: a forma de comunicação *multiponto* é bastante comum nas redes locais por causa do uso dos cabos como elemento de transmissão entre os computadores da LAN. Por outro lado, os dispositivos comutadores (*switches*) proveem nas LANS ligações do tipo *ponto-a-ponto*.
- Topologia: as ligações físicas em *estrela*, *barra* e *anel* são as configurações mais comuns de interligação dos computadores nas LANs.
- Alta taxa de transmissão quando comparada com as MANs e WANs.
- Baixa latência e baixa taxa erros quando comparada com as MANs e WANs.

NOTA

Alguns autores costumam dar uma grande importância à dispersão geográfica das LANs, inclusive quantificando o quanto em metros/quilômetros uma LAN deve abranger. Todavia, não concordamos com esta suposta precisão de dispersão geográfica. Assim, vamos discutir a seguir outras características mais relevantes das LANs.

Tecnologia de Transmissão

De maneira geral, as LANs utilizam as abordagens de *multiponto* e *ponto-a-ponto* na transmissão do sinal. A Figura 6.2 ilustra um ambiente (a) *multiponto* e outro (b) *ponto-a-ponto*.

Um exemplo de rede local *multiponto*, como ilustrado na Figura 6.2(a), é um cabo que efetua a interligação de todos os computadores de uma LAN. Em outras palavras, podemos dizer que em uma configuração *multiponto*, três (ou mais) dispositivos têm a possibilidade de utilização do mesmo enlace físico. Por outro lado, numa ligação *ponto-a-ponto*, como ilustrado na Figura 6.2 (b), a transmissão é efetuada entre apenas dois pontos interligados um ao outro.

Exemplos clássicos de redes locais comerciais que empregam a transmissão *multiponto* são a Ethernet e o Token-Ring. A interligação lógica destas tecnologias é apresentada na Figura 6.3 (a) e (b). Nos dois ambientes de rede, embora a topologia de ligação física seja diferente, o método de transmissão *multiponto* é igual para as duas configurações. Isto significa dizer que apenas uma estação (utilizamos os termos computador(es), host(s), estação(ões), nó(s) e elementos computacionais com o mesmo significado) estará transmitido seus dados por vez no meio de comunicação. Enquanto estiver ocorrendo a transmissão, os demais computadores (obedecendo um determinado paradigma de acesso ao meio) estarão na espera da liberação do meio físico de transmissão.

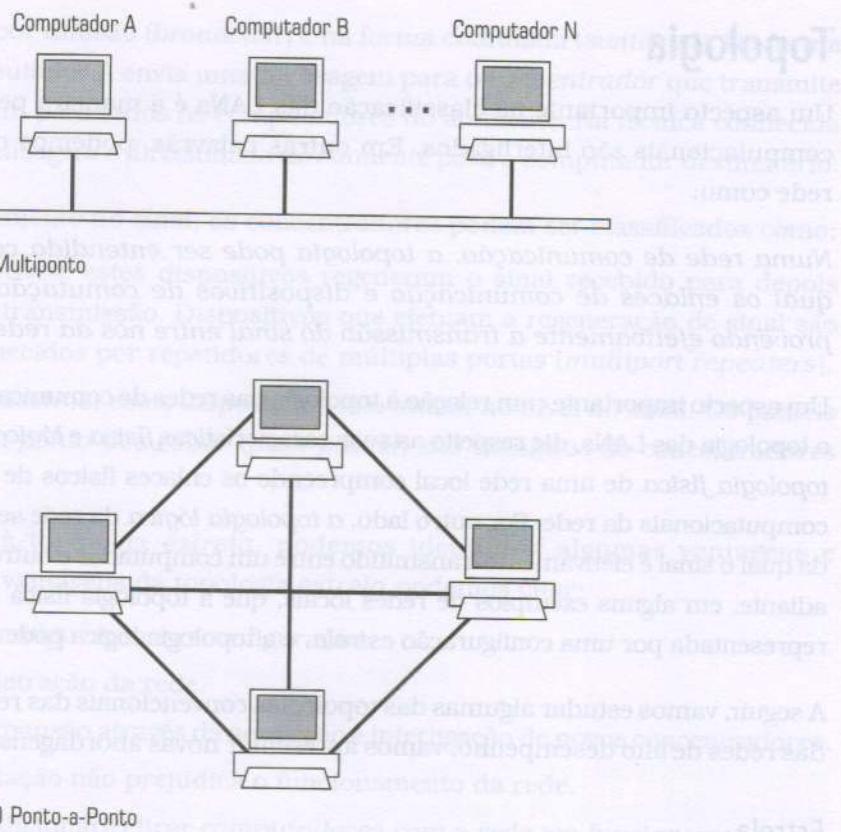


Figura 6.2 Redes (a) multiponto e (b) ponto-a-ponto.

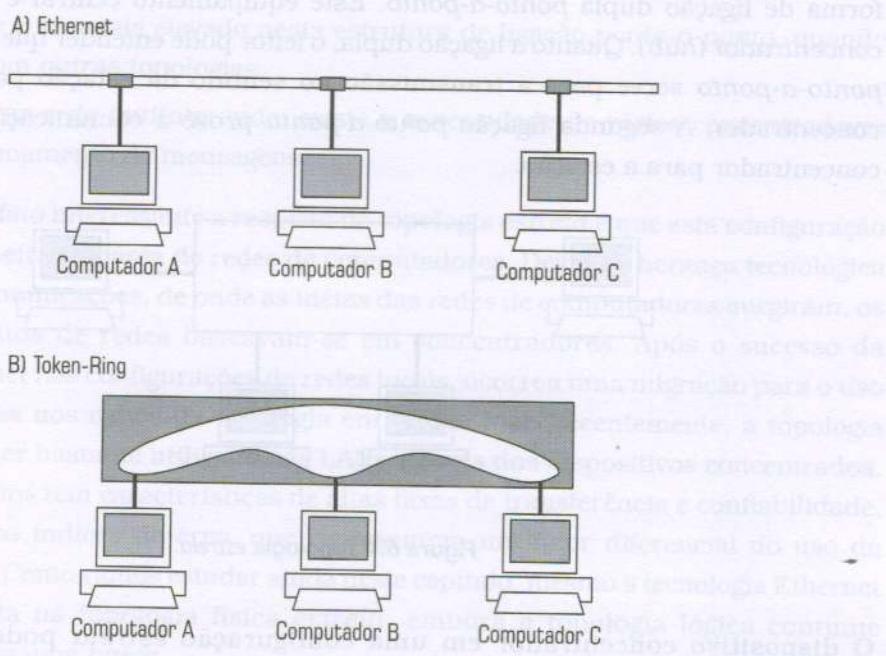


Figura 6.3 Exemplo de transmissão nas LANs (a) Ethernet e (b) Token-Ring.

Topologia

Um aspecto importante na classificação das LANs é a maneira pela qual os elementos computacionais são interligados. Em outras palavras, podemos definir a topologia de rede como:

Numa rede de comunicação, a topologia pode ser entendida como a maneira pela qual os enlaces de comunicação e dispositivos de comutação estão interligados, provendo efetivamente a transmissão do sinal entre nós da rede.

Um aspecto importante com relação à topologia das redes de comunicação, e em especial com a topologia das LANs, diz respeito às suas características *física* e *lógica*. Podemos dizer que a *topologia física* de uma rede local compreende os enlaces físicos de ligação dos elementos computacionais da rede. Por outro lado, a *topologia lógica* da rede se refere à forma através da qual o sinal é efetivamente transmitido entre um computador e outro. Vamos verificar mais adiante, em alguns exemplos de redes locais, que a topologia física de uma rede pode ser representada por uma configuração *estrela*, e a topologia lógica pode ser em barra.

A seguir, vamos estudar algumas das topologias convencionais das redes locais. No capítulo das redes de alto desempenho, vamos apresentar novas abordagens de topologias de rede.

Estrela

Na Figura 6.4, é mostrado um exemplo de uma topologia *estrela*. A característica da topologia *estrela* é a ligação de todos os computadores a um equipamento central numa forma de ligação dupla *ponto-a-ponto*. Este equipamento central é conhecido como *concentrador (hub)*. Quanto à ligação dupla, o leitor pode entender que uma das ligações *ponto-a-ponto* serve para a transmissão no sentido da estação para o dispositivo concentrador. A segunda ligação *ponto-a-ponto* provê a comunicação no sentido do concentrador para a estação.

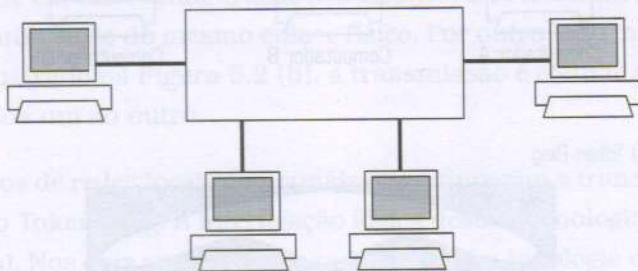


Figura 6.4 Topologia estrela.

O dispositivo concentrador em uma configuração *estrela* pode implementar a comunicação entre os computadores interligados ao equipamento central de duas maneiras: através de uma interface de rede (NIC) ou através de uma interface de comunicação serial.

maneiras distintas: por difusão (*broadcast*) e na forma comutada (*switched*). Na forma *broadcast*, um computador A envia uma mensagem para o *concentrador* que transmite (*espalha*) a mensagem para todos os computadores do ambiente. Na técnica conhecida como *switched*, a mensagem é direcionada diretamente para o computador destinatário.

Com relação ao tratamento do sinal, os concentradores podem ser classificados como:

- Concentradores ativos: estes dispositivos regeneram o sinal recebido para depois efetuarem uma retransmissão. Dispositivos que efetuam a regeneração de sinal são muitas vezes conhecidos por repetidores de múltiplas portas (*multiport repeaters*).
- Concentradores passivos: estes dispositivos não atuam no nível do sinal. Os painéis de ligação *ponto-a-ponto* dos cabos (*path panel*) são exemplos de concentradores desta categoria.

Ainda com relação à topologia *estrela*, podemos identificar algumas vantagens e desvantagens. Como vantagens da topologia *estrela* podemos citar:

- Fácil instalação, configuração e reconfiguração.
- Gerência e administração da rede.
- Possibilidade de expansão através da aquisição e interligação de novos concentradores.
- A falha de uma estação não prejudica o funcionamento da rede.
- Possibilidade de adicionar/remover *computadores* com a rede em funcionamento.

Por outro lado, as desvantagens conhecidas da topologia *estrela* são:

- O ponto único de falha representado pelo concentrador.
- O custo tende a ser mais elevado nesta estrutura de ligação *ponto-a-ponto*, quando comparada com outras topologias.
- No caso de uma rede muito grande, existe a necessidade de vários concentradores para redirecionamento de mensagens.

Finalizando, um fato interessante a respeito da topologia *estrela* é que esta configuração foi uma das primeiras na área de redes de computadores. Devido à herança tecnológica da área de telecomunicações, de onde as idéias das redes de computadores surgiram, os primeiros produtos de redes baseavam-se em concentradores. Após o sucesso da tecnologia Ethernet nas configurações de redes locais, ocorreu uma migração para o uso de redes baseadas nos cabos da topologia em *barra*. Mais recentemente, a topologia *estrela* voltou a ser bastante utilizada nas LANs através dos dispositivos concentrados. Estes equipamentos têm características de altas taxas de transferência e confiabilidade, aliadas aos baixos índices de erro, que representam um fator diferencial do uso da topologia *estrela*. Como vamos estudar ainda neste capítulo, mesmo a tecnologia Ethernet está hoje baseada na topologia física *estrela*, embora a topologia lógica continue funcionando como uma *barra*.

Barra

A topologia em *barra* que, na maioria das vezes, implementa a configuração *multiponto*, é com certeza a mais empregada tecnologia nas redes locais. Exemplos clássicos são a *Ethernet*, *Fast-Ethernet* e *Gigabit-Ethernet*. A natureza desta topologia é passiva e repetidores de sinal são usados para a extensão da rede quando a topologia física é uma barra.

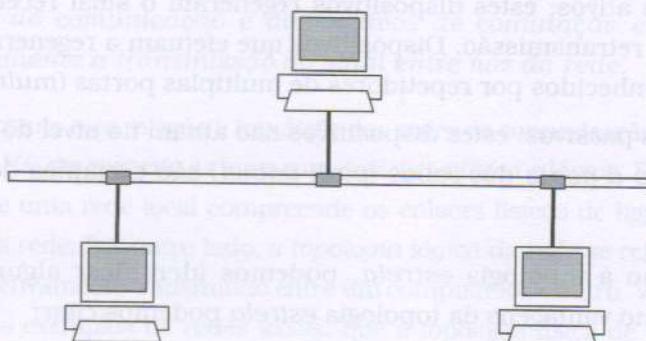


Figura 6.5 Topologia em barra.

A Figura 6.5 ilustra a comunicação entre dois computadores numa topologia em *barra*, onde são obedecidas as seguintes etapas:

1. um *nó* remetente envia sua mensagem na *barra*.
2. este sinal é recebido por todos os *nós*.
3. somente o *nó* com o endereço destinatário lê a mensagem, os demais a ignoram.
4. uma mensagem por vez circula no meio; assim, todos esperam que o canal fique livre para efetuar uma transmissão.
5. A topologia em *barra* também apresenta uma série de vantagens e algumas desvantagens. Como vantagens da topologia em *barra* podemos enumerar:
 - A instalação é simples e requer relativamente pouca manutenção.
 - A quantidade de cabeamento é menor quando comparada com outras topologias.
 - A extensão da rede é facilmente efetuada através de repetidores de sinal.
 - O baixo custo devido a grande quantidade de implementações comerciais.

Por outro lado, desvantagens da topologia em *barra* são:

- O aumento no número de *nós* pode induzir a uma taxa maior no número de colisões na rede.
- O aumento no número de *nós* ocasiona um aumento na taxa de erro de sinal na rede por causa de problemas que podem surgir nas placas e conexões.
- A gerência física da rede.

Anel

Na topologia em *anel*, cada computador, obedecendo um determinado sentido, é conectado a um computador vizinho. Por sua vez, o segundo computador é conectado em um vizinho e assim por diante formando um *anel*, como mostra a Figura 6.6. O último computador se interliga ao primeiro fechando o círculo do *anel*.

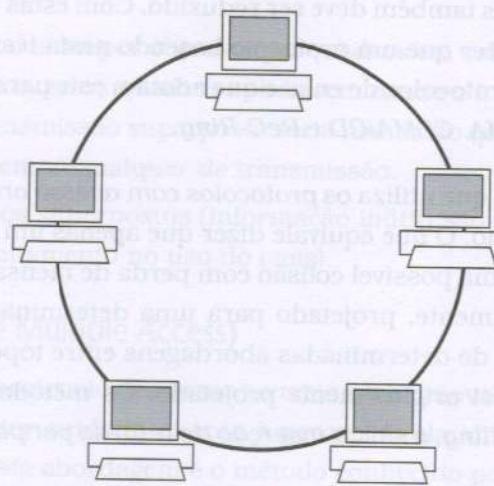


Figura 6.6 Topologia em *anel*.

A topologia em *anel* tem algumas características diferenciadas que podem ser traduzidas em vantagens do ambiente. Apesar de alguns problemas serem característicos da configuração. Vantagens da topologia em *anel* são:

- Geralmente, devido aos protocolos de acesso ao meio ordenado (ou discretos), nenhum computador tem acesso ilimitado à rede.
- Por causa dos protocolos discretos de acesso à rede, com o aumento de nós não ocorre uma degradação como na topologia em *barra*.

Desvantagens da topologia em *anel* são:

- No caso de uma falha de computador, toda a rede pode ficar comprometida.
- A necessidade de parada da rede para expansão, desconexão e manutenção de nós.
- A dificuldade de gerência.

Protocolos de Acesso ao Meio

Os protocolos de acesso ao meio, característicos nas redes locais, são os *com contenção* e os *ordenados*.

A abordagem de acesso *baseado em contenção* em uma rede local não disciplina o acesso ao meio físico. Isso quer dizer que mais de um *host* pode ter acesso à rede, fato

este que poderá provocar uma colisão com provável perda de quadros. Este tipo de acesso foi projetado de uma forma na qual a estratégia de controle de contenção está sob a responsabilidade de cada computador da rede. De uma outra forma, podemos dizer que o protocolo de acesso ao meio deve ter a habilidade de detecção de colisão e efetuar uma posterior retransmissão do(s) quadro(s) perdidos. Ainda com relação ao acesso baseado em contenção, o número de colisões deve ser pequeno e, por conseguinte, o número de retransmissões também deve ser reduzido. Com estas condições de contorno de ambiente, podemos dizer que um protocolo baseado nesta técnica pode ser bastante eficiente. Dentre alguns protocolos de enlace que adotam este paradigma, vamos estudar os protocolos *Aloha*, *CSMA*, *CSMA/CD* e *ReC-Ring*.

Por outro lado, uma rede, que utiliza os *protocolos com acesso ordenado* (ou discretos), disciplina o acesso ao meio. O que equivale dizer que apenas um *host* pode ter acesso à rede, fato este que evita uma possível colisão com perda de mensagens. Cada método de acesso ordenado é, geralmente, projetado para uma determinada topologia. Todavia, este fato não limita o uso de determinadas abordagens entre topologias diferentes para as quais o método não foi originalmente projetado. Os métodos de acesso ordenado mais conhecidos são o *polling*, o *slot*, a *inserção de retardo por passagem de permissão e por reserva*.

Protocolos com Contenção

Aloha

Este método de contenção foi desenvolvido na Universidade do Havaí, nos anos 70, visando uma interligação entre um computador de grande porte (*mainframe*) e seus terminais. O *mainframe* estava localizado no *campi* principal e os terminais espalhados em diversas ilhas.

O sistema de comunicação era uma rede de radiodifusão via satélite. A rede *Aloha* era composta por dois canais de freqüência de rádio. Um primeiro canal pelo qual a difusão de mensagens era efetuada no sentido *mainframe-terminais*. O segundo canal era alocado para a difusão no sentido *terminais-mainframe*. Como características do método, podemos apontar os seguintes exemplos:

- Os terminais utilizavam o primeiro canal somente para *ouvir* o meio.
- O segundo canal era utilizado por qualquer terminal para a transmissão de quadros, independente se o mesmo estivesse sendo usado ou não.
- A detecção de colisão era efetuada através de um temporizador (*timer*) na operação de transmissão da mensagem. Caso o quadro de confirmação (*ACK*) não chegasse ao final do *timer*, uma retransmissão era solicitada.
- O intervalo dos *timers* era aleatório, visando diminuir a probabilidade de colisões.
- O *mainframe* percebia a colisão pela análise do campo de controle do quadro (*CRC*).

Slotted-Aloha

Uma melhoria de implementação no protocolo de acesso ao meio *Aloha* foi batizado de *Slotted-Aloha*. Dentre as principais características do método podemos citar:

- A restrição do tempo que um terminal podia começar a transmitir, visando reduzir o tempo gasto por informações inúteis presentes no canal, oriundas de quadros colididos.
- A limitação de tempo tinha por objetivo que quadros em colisão se sobreponessem ao máximo. Desta forma, se os quadros colidissem desde o início de uma transmissão, o tempo total de transmissão superposta seria menor do que aquele no qual a colisão aconteceu em um tempo qualquer de transmissão.
- Os quadros colididos superpostos (informação inútil) são menores, o que implicará num melhor aproveitamento no uso do canal.

CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

Da experiência com o protocolo de acesso ao meio *Aloha*, novas propostas de protocolos surgiram com um maior cuidado quanto à percepção do sinal da portadora no meio físico. Um exemplo desta abordagem é o método conhecido por *Carrier Sense Multiple Access* (CSMA) e suas variações. Características gerais do método do CSMA são:

- Sincronização dos quadros em colisão, fazendo com que se superponham desde o início, mas não pela divisão de tempo.
- Existe um esforço para evitar colisão.
- Em algumas variações do protocolo, existe a detecção dos quadros que se chocaram em tempo de transmissão; como consequência, a transmissão é interrompida.
- É objetivo desta abordagem que, caso ocorra o choque dos quadros, este seja o menor tempo possível, melhorando a eficiência do uso do canal.

As etapas comuns de protocolo de acesso ao meio CSMA são:

- O computador *ouve* o meio físico para saber se este está livre para transmitir seus quadros.
- No caso de o meio estar disponível, o computador inicia sua transmissão.
- No caso de o meio estar ocupado, o computador espera por um tempo e após um determinado período tenta mais uma vez a transmissão. Os diferentes métodos de acesso ao meio baseados no CSMA são implementados de maneira distinta quanto à política da *espera para transmissão*.
- Uma colisão só ocorre quando dois computadores tentam transmitir no mesmo instante.

np – CSMA

Na abordagem *np* (*non-persistent*)-CSMA, o computador ao *ouvir* o meio físico de transmissão e notar uma comunicação em andamento, fica esperando por um período de tempo aleatório antes de tentar novamente o acesso.

p-CSMA

O método *p* (*persistent*)-CSMA é caracterizado pela contínua operação de *ouvir* o meio até que este fique livre para uma transmissão. Assim que o meio físico estiver disponível, o computador faz sua transmissão com uma probabilidade. De outra forma, podemos dizer que o computador espera um intervalo *p* antes de transmitir para evitar colisão. No caso da implementação CSMA 1-Persistent, após o meio ficar livre, a transmissão é imediatamente inicializada.

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)

O método de transmissão conhecido como *Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection* (CSMA/CD) é a mais popular implementação da abordagem CSMA. Este método de acesso tem as seguintes características:

- A detecção de colisão é realizada durante a transmissão.
- Durante a transmissão, o computador fica *ouvindo* o meio o tempo todo. Caso uma colisão venha a ocorrer, a transmissão é abortada.
- Após a detecção da colisão, o computador aguarda por um tempo para uma nova tentativa de transmissão.
- Considerando-se que a propagação no meio é finita, os quadros devem ter um tamanho mínimo para que todos os computadores possam detectar uma colisão.

Como Tanenbaum (1996) comenta, no método CSMA/CD, as relações apresentadas a seguir devem ser observadas para que os computadores possam fazer uma detecção de colisão.

$$M \geq 2 \times C \times tp - \text{Redes em banda base.}$$

$$M \geq 4 \times C \times tp - \text{Redes em banda larga.}$$

Onde:

M - tamanho do quadro.

C - taxa de transmissão.

tp - tempo de propagação.

Com relação à eficiência (E) do método CSMA/CD, verifica-se a relação:

$$E = 1 / (1 + (3.4 \times tp \times C/M))$$

Na qual podemos concluir que, quanto maior a distância, maior será o tempo de propagação, menor a eficiência e maior o tamanho mínimo do quadro para a detecção de colisão. Em adição, quanto maior a taxa de transmissão, maior será o tamanho mínimo do quadro e menor a eficiência. Então, a eficiência é maior para quadros maiores.

ReC-Ring (Resolvable Contention Ring)

O exemplo do protocolo de acesso *ReC-Ring* é interessante, uma vez que o mesmo é baseado em contenção em uma rede com topologia em *anel*. O método obedece as seguintes etapas:

- Um computador começa a transmitir quando sabe que o *anel* está livre.
- Um quadro transmitido é enviado em um único sentido, perfazendo uma volta completa no *anel*. O remetente o remove quando este retornar.
- Um computador espera que um conjunto de quadros acabe de passar pelo *anel* até que comece a sua transmissão.
- Todos os computadores sabem sua posição no *anel* em relação a um nó de referência.
- A colisão ocorre quando um computador estiver transmitindo e chega um quadro com um índice de um computador anterior.
- Detectada uma colisão, o computador suspende sua transmissão e efetua uma comparação no índice do computador que enviou o quadro e o seu. Se seu índice for maior com relação ao nó de referência, então o computador espera que o conjunto de quadros seja transmitido. Caso contrário, o computador retransmite imediatamente, descartando o quadro recebido.

Protocolos com Acesso Ordenados

Polling

A técnica *polling* é caracterizada por um *host central* periodicamente enviando quadros aos *hosts secundários* solicitando se estes têm algo para transmissão. Cada *host*, de forma ordenada, faz sua transmissão, quando for o caso, após o questionamento do *host central* (*ou master*). Na falta de quadros a transmitir, um *host secundário* responde ao mestre com um quadro status que está vivo, mas que não tem nada para ser transmitido.

Para melhorar a eficiência do *host central*, algumas variações do método *polling* implementam uma tática de começar o questionamento pelo *host* mais distante. Após ser questionado, este passa o quadro de questionamento para o seu vizinho e assim por diante, até que um *host* tenha algo para transmitir. Neste ponto, o *host central* volta a tomar conta do ambiente.

Caminhos específicos para controle e informações de controle enviados junto com quadros de informação são algumas variações de implementações de *polling* que melhoraram o desempenho desta técnica.

Slot

O *Slot* é uma abordagem desenvolvida nos anos 70 para redes de topologia em anel (exemplos de redes que usam slot são Fasnet e ATM Ring). A idéia é dividir o espaço de comunicação em um número inteiro de pequenos segmentos, conhecidos como *slots*, dentro dos quais uma mensagem pode ser armazenada. Uma ilustração clássica desta técnica é um movimento circular de caminhões, onde uns estão com carga e outros vazios. Um *host* que deseja transmitir deve esperar por um caminhão vazio (*slot vazio*)

e então carregá-lo com carga (mensagem). Muitos slots correm em vazio quando não existem mensagens a transmitir.

Inserção de Retardo

Na *inserção de retardo*, a técnica empregada é, como o nome diz, a inserção de um determinado tempo entre as transmissões e recepções. O retardo é efetuado através da placa de rede, que dispõe de circuitos para recepção e transmissão. O retardo existe, pois ocorre um chaveamento de seleção entre a recepção e a transmissão. Isso que significa dizer que, se a placa de rede estiver recebendo um quadro, ocorrerá um retardo na transmissão de um quadro, pois é necessário que seja efetuado um chaveamento para o circuito de transmissão.

Passagem de Permissão

No protocolo de acesso por *passagem de permissão*, existe um esquema de controle de uma permissão (*token*), que é um padrão pré-definido, passado seqüencialmente de uma estação para outra. Somente o *host* que dispõe do *token* pode efetuar a transmissão. Não é necessário que a ordem física seja igual a ordem lógica de transmissão. A abordagem de passagem de permissão é muito empregada em redes em anel e de topologia em *barra*. Algumas implementações não consideram um padrão como o *token*, e sim a presença e a ausência de quadros a transmitir fazendo avançar um ponteiro, interno a cada *host*, que fará a sinalização do próximo *host* que poderá transmitir. Os principais exemplos de protocolos de acesso que empregam este método são o *token-bus* e *token-ring*. Alguns outros protocolos menos conhecidos, tais como *expressnet* e *fast-ring*, também usam a passagem de permissão.

Redes Locais Ethernet, Fast Ethernet e Gigabit Ethernet

Ethernet

A rede local *Ethernet* (*The Ethernet Local Area Network*) foi criada há cerca de 30 anos pelos engenheiros Bob Metcalfe e David Boggs como uma rede local de 3 Mbps. Os dois engenheiros trabalhavam no centro de pesquisa da Xerox conhecido como PARC (*Palo Alto Research Center*). Mais tarde, Bob Metcalfe fundou a 3Com e popularizou o uso da *Ethernet* como um padrão de rede local para diferentes fabricantes. Metcalfe, como membro atuante no IEEE, fez uma proposta de padronização da *Ethernet*. O padrão inicial da *Ethernet*, conhecido como *DIX* (*Digital, Intel e Xerox*), foi publicado como uma recomendação em 1980. A padronização definitiva no IEEE ocorreu em 1982 como uma rede local de 10 Mbps sob os cuidados do *Projeto 802*. O comitê que estabeleceu a norma da nova tecnologia de rede local foi denominado de 802.3 CSMA/CD.

No final de 1982, os padrões DIX e IEEE se juntaram numa única versão. O padrão IEEE 802.3 foi adotado por inúmeras outras entidades, tais como:

- NIST – *National Institute of Standards and Technology*.
- ECMA – *European Computer Manufacturers Association*.
- ANSI – *American National Standards Institute*.
- ISO – *International Standardization Organization* (na qual foi batizado de ISO/IEC 8802-3).

O padrão 802.3 estabeleceu uma série de especificações para suporte a 10 Mbps em vários tipos de mídias. Inicialmente, o padrão contemplou os cabos coaxiais grossos (10BASE5 ou *thick-wire*). Com desenvolvimento tecnológico, as especificações evoluíram para os cabos coaxiais finos (10BASE2 ou *thin-wire*), pares trançados sem blindagem (10Baset ou UTP) e fibras ópticas. Importante ressaltar que o sucesso do 802.3 fez com que fosse produzida até uma especificação de banda larga (*broadband*) de 10 Mbps em mídia de TV a cabo (CATV).

Todavia, a norma IEEE 802.3 para o cabeamento UTP foi responsável pelo crescimento na utilização do padrão de uma forma nunca antes imaginada. Por causa do sucesso das redes UTP, o protocolo CSMA/CD tornou-se *dominante* no mercado de LANs com bilhões de adaptadores, repetidores e outros dispositivos de diferentes fabricantes necessários para a conexão da rede.

Nos últimos anos, o 802.3 vem evoluindo à medida em que a chamada pressão do silício (*silicon pressure*) torna-se um fator tecnológico de melhoria na relação custo-benefício. Em outras palavras, as redes locais do padrão têm migrado dos convencionais *backbones* de cabo para os dispositivos concentradores. Como um exemplo que ratifica nossa afirmação, temos o padrão *Fast Ethernet* com taxa de transmissão a 100 Mbps. Mais recentemente, foi proposta a especificação IEEE 802.3z, o *Gigabit Ethernet*, com taxa de transmissão na casa dos Gbps.

Formato e Transmissão em LANs Ethernets

A seguir, na Figura 6.7, são apresentados respectivamente os formatos dos quadros Ethernet e IEEE 802.3.

Ethernet

Preamble	Endereço Destinatário	Endereço Origem	Tipo	Dados	FCS
8 bytes	6 bytes	6 bytes	2 bytes	46 - 1500 bytes	4 bytes

IEEE 802.3

Preamble	SFD	Endereço Destinatário	Endereço Origem	Tamanho	Dados	FCS
8 bytes	1 byte	2/6 bytes	2/6 bytes	2/6 bytes	46 - 1500 bytes	4 bytes

Figura 6.7 Diferenças dos quadros Ethernet e IEEE 802.3.

No quadro Ethernet, ilustrado na Figura 6.7, seus campos têm as seguintes funções:

- Preâmbulo: este campo de 64 bits que inicia o quadro Ethernet é composto de 0s e 1s que permitem ao destinatário sincronizar o quadro enviado pelo remetente.
- Endereço do destinatário e origem: estes dois campos de 48 bits contêm os endereços físicos, respectivamente, do computador destinatário e do computador remetente. Estes endereços são compostos por uma identificação do fabricante na primeira metade dos bits e, a segunda parte, identifica a placa.
- Tipo: o campo *Tipo* (*EtherType Field*) do Ethernet foi criado pela Xerox e administrado pela empresa até 1997. A partir de 1998, o IEEE se tornou responsável pela administração deste campo. O Tipo permite que o equipamento transmissor indique o tipo de protocolo que está usando. Desta forma, o destinatário poderá saber se entende ou não o quadro. Com 2 bytes de tamanho, um grande conjunto de protocolos pode ser estabelecido (exemplos: 80D5 – SNA da IBM, 6004 – LAT da Digital, 8137/8138 – IPX da Novell, 0805 – X25, 0800 – IPv4).
- Dados: este campo contém os dados (*payload*) propriamente ditos.
- FCS: o controle do quadro é efetuado pela técnica CRC.

Por outro lado, os campos de um quadro IEEE 802.3 são:

- Preâmbulo: este campo de 64 bits que inicia o quadro Ethernet é composto de 0s e 1s que permitem ao destinatário sincronizar o quadro enviado pelo remetente.
- SFD (Start of Frame Delimiter): o início do quadro delimitador é caracterizado pela seqüência 10101011 que sinaliza o começo do quadro.
- Endereço do destinatário e origem: estes dois campos de 48 bits contêm os endereços físicos, respectivamente, do computador destinatário e do computador remetente. Estes endereços são compostos por uma identificação do fabricante na primeira metade dos bits e, a segunda, parte identifica a placa.
- Tamanho: indica o quanto em bytes existe no campo de dados, o limite está entre 0 e 1500. Embora seja válido o mínimo de 0 bytes, o padrão estabelece que 46 bytes é o tamanho mínimo para que uma colisão seja mais facilmente identificada.

- Dados: este campo contém os dados (*payload*) propriamente ditos.
- FCS: o controle do quadro é efetuado pela técnica CRC.

A necessidade de um cabeçalho especial para o nível de controle de enlace (*LLC*) foi verificada por aqueles que trabalhavam com a especificação Ethernet. Assim, o quadro IEEE 802.3 ganhou campos (veja Figura 6.8) de informações como:

- DSAP (Destination Service Access Point).
- SSAP (Source Service Access Point).
- Organizationally Unique identifier.
- Control – informação do tipo 1 indica um datagrama, do tipo 2 connection-oriented e do tipo 3 semireliable.

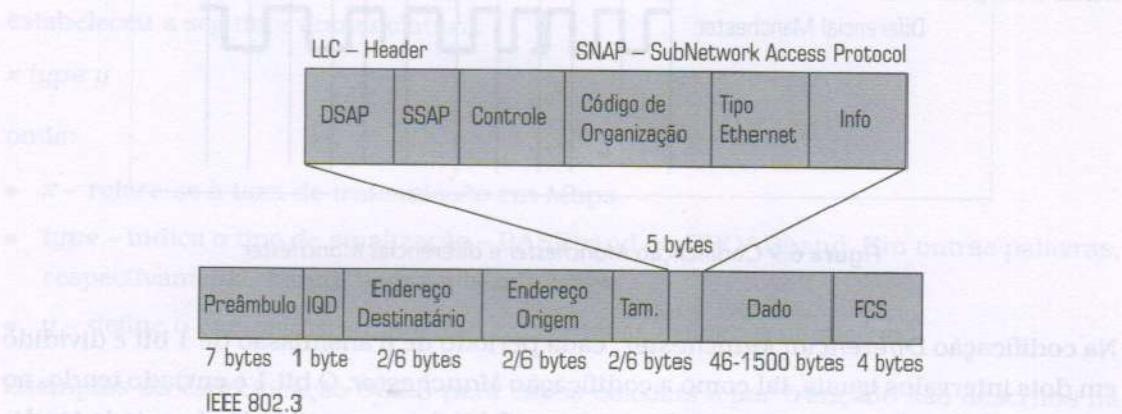


Figura 6.8 Quadro Etherne-SNAP.

Um outro ponto que deve ser observado na especificação 802.3 é que nenhum dos padrões utiliza uma codificação binária *simple*s. Em outras palavras, a representação de 0 volts para um bit 0 e x volts para um bit 1. A razão para tal decisão é uma possível ambigüidade que pode ocorrer com a codificação binária simples. Por exemplo, um remetente ocioso pode ser interpretado pelo destinatário como um bit 0 (0 volt). Devido à necessidade de um computador *destinatário* saber determinar de forma unívoca o *íncio*, *meio* e *fim* de cada bit, as codificações *Manchester* e diferencial *Manchester* são usualmente utilizadas. A Figura 6.9 apresenta um exemplo destas duas codificações.

Na codificação *Manchester*, cada período de transmissão de 1 bit é dividido em dois intervalos iguais. O bit 1 é enviado apresentando no primeiro intervalo uma voltagem alta (+0.85 v) e, no segundo, uma voltagem baixa (-0.85 v). O bit 0, por outro lado, é enviado tendo no primeiro intervalo uma voltagem baixa (-0.85 v) e, no segundo, uma voltagem alta (+0.85 v). O esquema da codificação *Manchester* garante que cada bit tenha uma transição no meio, facilitando inclusive a sincronização entre remetente e destinatário. A desvantagem da codificação *Manchester* é que esta requer duas vezes mais largura de banda que outros métodos de codificação, porque os pulsos são a metade

da largura usada. A codificação *Manchester*, por sua simplicidade, é empregada em todos os sistemas de banda base (BASEband) do 802.3.

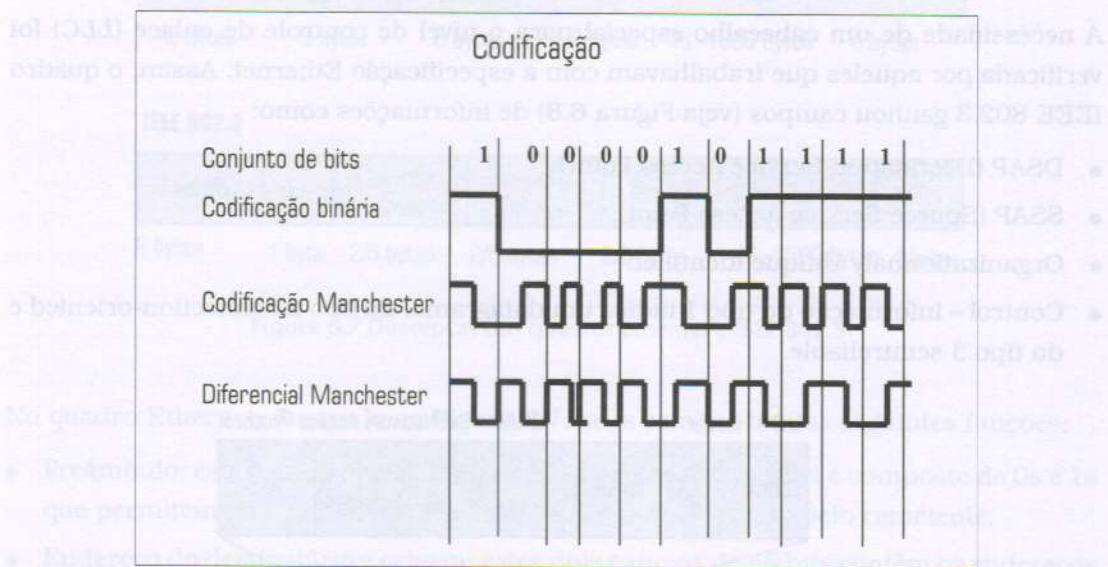


Figura 6.9 Codificação Manchester e diferencial Manchester.

Na codificação *Diferencial Manchester*, cada período de transmissão de 1 bit é dividido em dois intervalos iguais, tal como a codificação *Manchester*. O bit 1 é enviado tendo, no primeiro intervalo, uma ausência de voltagem. O bit 0, por outro lado, é enviado tendo, no primeiro intervalo, uma voltagem.

Ainda com relação à transmissão efetiva dos quadros pelos dispositivos de rede do padrão 802.3, estes efetuam a operação de comunicação do bit menos significativo para o mais significativo. Os ambientes *Token-Ring* e *FDDI* efetuam a transmissão dos quadros de uma maneira inversa, ou seja, o mais significativo para o menos. Devido a esta diferença, algumas vezes encontramos problemas de interoperabilidade entre tais ambientes. Desta forma, todos os dispositivos da rede, tais como as pontes (*bridges*), roteadores (*routers*) e comutadores (*switches*) devem estar preparados para fazer a conversão necessária.

A forma da especificação 802.3 nos leva a entender que a identificação de *um endereço de um nó ou um endereço multicast* dentro do campo de endereço é o primeiro que aparece na mídia. Assim, não é necessário considerar o endereço mais ou menos significativo.

Exemplo – Vamos considerar o endereço:

c2-34-56-78-9a-bc

Deste endereço podemos concluir que este não é multicast, pois:

c2 - 1100 0010

O bit menos significativo do primeiro byte (ou seja de c_2) é 0.

- (a) Representação do endereço $c2\text{-}34\text{-}56\text{-}78\text{-}9a\text{-}bc$ armazenado para transmissão iniciando-se no bit menos significativo.

1100 0010 0011 0100 0101 0110 0111 1000 1001 1010 1011 1100

- (b) Representação do endereço $c2\text{-}34\text{-}56\text{-}78\text{-}9a\text{-}bc$ armazenado para transmissão iniciando-se no bit mais significativo.

0100 0011 0010 1100 0110 1010 0001 1110 0101 1001 0011 1101

Características do Cabeamento Ethernet

Devido a grande diversidade de opções de cabeamento e técnicas de sinalização, o IEEE estabeleceu a seguinte nomenclatura:

$x \text{ type } y$

onde:

- x – refere-se à taxa de transmissão em Mbps.
- type – indica o tipo de sinalização – BASEband ou BROADband. Em outras palavras, respectivamente, banda base ou banda larga.
- y – define o comprimento máximo em centenas/milhares de metros.

Exemplos da especificação 802.3 para cabos coaxiais e par trançado são descritos na Tabela 6.1:

Tabela 6.1 Características dos cabos do padrão IEEE 802.3.

Padrão	Taxa de transmissão	Tipo de sinalização	Tamanho máximo da rede	Tipo de cabo e distâncias mínimas*
10BASE5	10 Mbps	BASEband	500 metros	Coaxial grosso – 2.5 metros
10BASE2	10 Mbps	BASEband	200 metros (185)	Coaxial fino – 0.5 metro
10Baset	10 Mbps	BASEband	100 metros	Par trançado
10BROAD36	10 Mbps	BROADband	3.6km	Coaxial grosso

*As distâncias mínimas se referem ao espaçamento que deve ser observado nas ligações dos computadores aos cabos da rede.

As especificações do padrão IEEE 802.3, referente à forma de ligação dos cabos coaxiais e pares trançados, são apresentadas nas Figuras 6.10, 6.11 e 6.12.

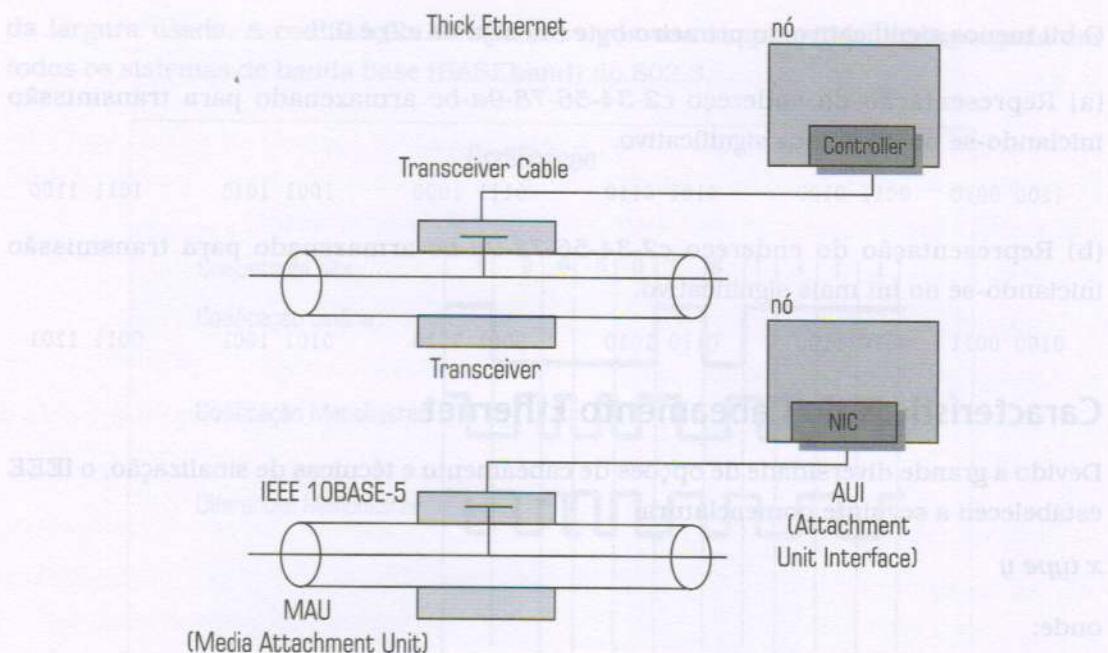


Figura 6.10 Diferenças do Ethernet e 10BASE5.

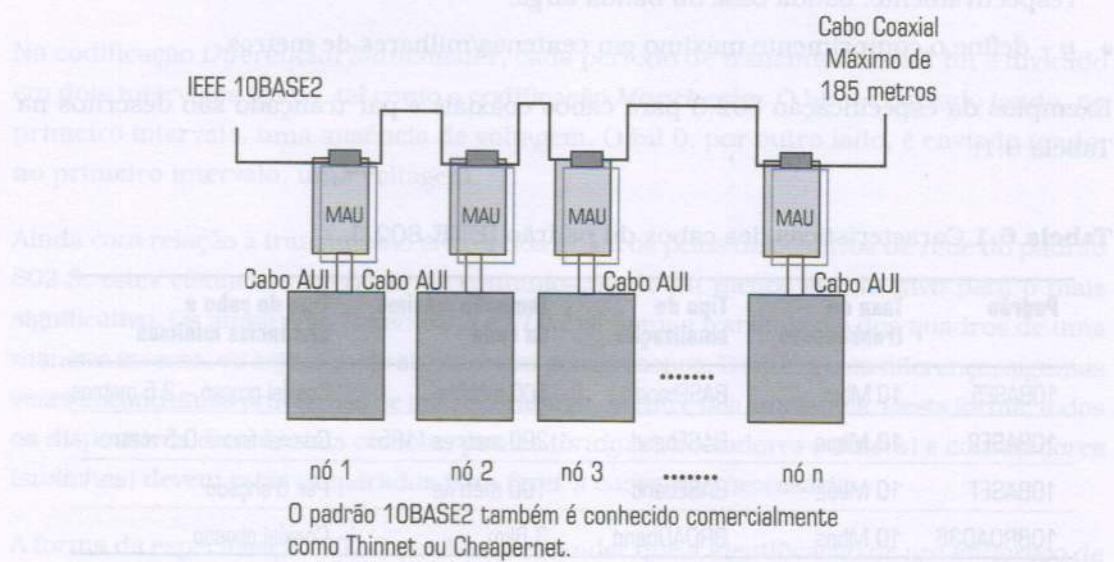


Figura 6.11 IEEE 10BASE2.

A versão original do Ethernet, baseada em cabo coaxial, fazia com que tivéssemos uma fácil configuração de rede como uma árvore estruturada. O princípio básico do CSMA/CD é que um sinal transmitido dentro da rede deve alcançar todos os pontos num determinado intervalo de tempo. Em outras palavras, cada elemento que compõe a LAN (repetidores e pontes), que impõe um certo atraso na comunicação, deve propagar o sinal transmitido

sem que o retardo cause prejuízo ao método de CSMA/CD. Desta forma, algumas regras foram criadas para que empiricamente os projetistas de rede tomassem os devidos cuidados para que a rede não perdesse o desempenho esperado, à medida que novas extensões ocorressem. Vamos, então, comentar uma regra denominada de 5-4-3.

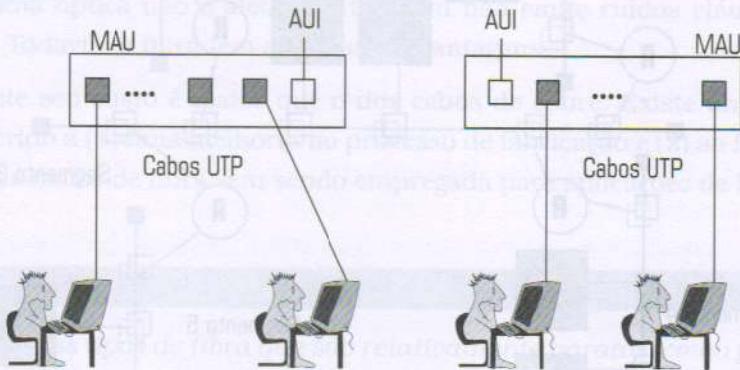


Figura 6.12 IEEE 10BASET.

A regra 5-4-3 estabelece que:

- A transmissão entre dois nós numa rede Ethernet não pode percorrer mais do que cinco segmentos conectados por quatro repetidores com o máximo de três segmentos povoados.

A primeira parte da regra diz respeito à existência de, no máximo, *cinco segmentos* entre quaisquer dos computadores da rede. Esta regra é baseada no fato de que o limite do cabo por segmento é de 500 metros e o tamanho máximo, de 2.500 metros. Esta configuração resulta numa janela de colisão em um sentido de 23 segundos. Importante lembrar que o tamanho máximo de uma LAN Ethernet é de 2.500 metros composto da seguinte forma:

- 1500 metros de cabo com característica *multiponto*.
- 1000 metros de cabo adicional para uma ligação *ponto-a-ponto* de dois segmentos.

Com relação à segunda parte da regra, esta diz respeito ao máximo de *quatro repetidores*. A idéia é estabelecer o *máximo retardo (delay)* permitido pelo qual os quadros Ethernet podem ser submetidos sem que ocorra um erro na análise da colisão.

A consideração de *três segmentos* povoados na terceira parte da regra, ou seja, segmentos com um ou mais dispositivos conectados, vem ratificar a atenção para o tempo de transmissão dos quadros em redes com cabeamento de cobre. Neste tipo de rede, o retardo é bastante elevado; assim, a regra 5-4-3 não se aplica às instalações onde cabos de fibra óptica são empregados. O exemplo da Figura 6.13 ilustra um exemplo de uma configuração que respeita a regra 5-4-3.

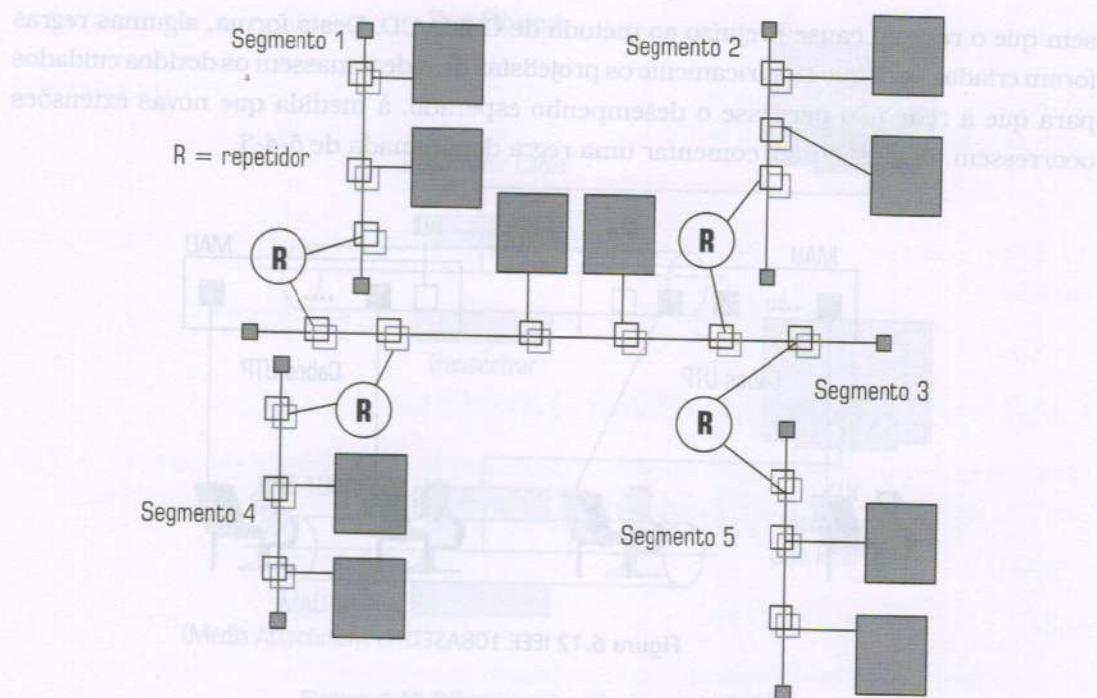


Figura 6.12 Diferenças do Ethernet e Token Ring.

Figura 6.13 Exemplo de um ambiente sob a regra 5-4-3.

O padrão IEEE 10BROAD36 foi projetado para ser a Ethernet para operar considerando uma largura de banda larga sobre um ambiente de TV a cabo (CATV – *Community Antenna Television*). Numa distância de até 3,6 Km é efetuada uma sinalização de 10 Mbps em BROADband.

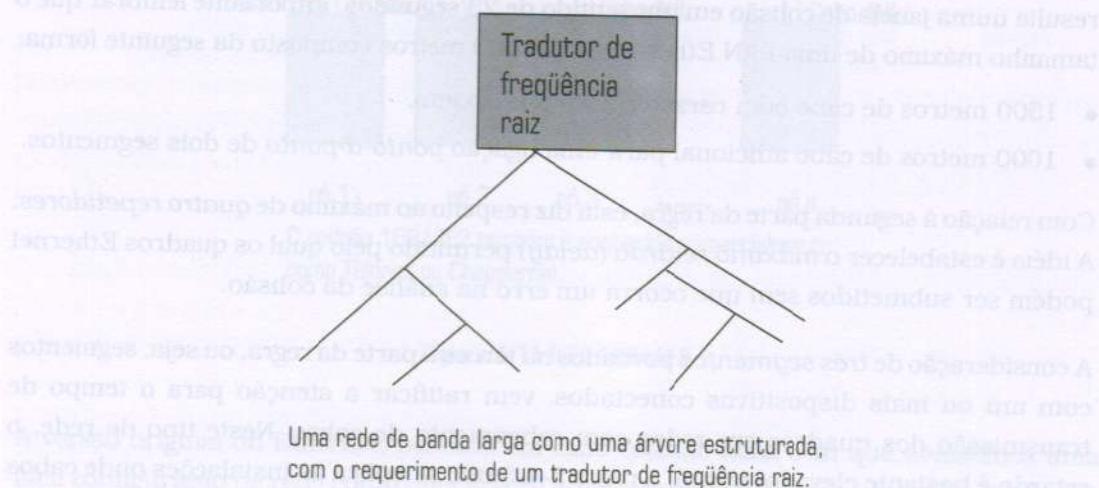


Figura 6.14 Exemplo de uma rede Ethernet de banda larga.

A Figura 6.14 mostra uma rede de banda larga como uma árvore estruturada, com o requerimento de um tradutor de freqüência na raiz (*cabeça da árvore*).

Os benefícios das redes que utilizam a fibra óptica como meio físico de transmissão se baseiam nas suas características de enorme largura de banda e a baixa atenuação. Em adição, a mídia óptica não é afetada e também não emite ruídos elétricos com altas freqüências. Todavia, a fibra tem algumas desvantagens:

- Geralmente seu custo é maior que o dos cabos de cobre. Existe uma tendência de queda, devido a (1) uma melhoria no processo de fabricação e (2) ao fato de que uma quantidade maior de fibra vem sendo empregada para aplicações de longa distância.

NOTA

Existem alguns tipos de fibra que são relativamente baratos, como por exemplo a POF (Plastic Optical Fiber). Todavia, estas fibras não atendem a alta demanda de transferência de dados e cabos longos para as implementações de LANs. Por esta razão, o IEEE não tem nenhuma especificação de padrão para estes modelos de fibras.

- Os conectores são mais onerosos e o processo de efetuar as conexões é mais complexo. Neste processo, é necessário um pessoal especializado (e muitas vezes caro) para efetuar a instalação.
- Devido ao uso do padrão IEEE 802.3 em 10 Mbps, uma enorme capacidade de largura de banda da fibra não é utilizada. Esta pequena utilização é devido à sinalização em banda base. Por esta razão, a fibra somente é empregada nas versões de Ethernet quando longas distâncias são requeridas e onde existe a necessidade de imunidade a ruído e a segurança, e o custo é um fator secundário.

Nas especificações dos equipamentos MAU (*Medium Attachment Unit*) de fibra são comuns as determinações de duas fibras para que seja provido um caminho de sinalização para o envio e outro para o recebimento de mensagens. Em todas as especificações é empregada uma fibra multimodo de 62.5/125 μm , onde 62.5 refere-se ao núcleo do cabo e 125 ao revestimento.

O padrão de fibra óptica, devido à existência de quatro especificações, é um pouco complexo quando comparado com o cabeamento de cabo coaxial e par trançado. Considerando a fibra óptica como meio físico, a especificação 802.3 estabeleceu os padrões FOIRL (*Fiber Optic Inter Repeater Link*), 10BASEFL (*Fiber Link*), 10BASEFB (*Fiber Backbone*) e 10BASEFP (*Fiber Passive*). As características físicas destes padrões são:

- FOIRL - 10 Mbps, BASEband, 1 km
- 10BASEFL - 10 Mbps, BASEband, 2 km

- 10BASEFB – 10 Mbps, BASEband, 2 km.
- 10BASEFP – 10 Mbps, BASEband, 2 km.

O FOIRL (*Fiber Optic Inter-Repeater Link*) foi o primeiro padrão de fibra a ser definido. Semelhante ao padrão 10BASET, requer o uso de repetidores para agir como centro principal para um grupo de nós. Quando foi desenvolvido, o padrão FOIRL foi restrito para a ligação apenas de repetidores distantes em até 1 km. Esta restrição foi estabelecida apenas no padrão, uma vez que não existia nenhum impedimento técnico para a ligação entre um DTE e um repetidor. Como o FOIRL utiliza diferentes caminhos para a sinalização de transmissão e recepção, o MAU em cada extremidade da fibra verifica as conexões para garantir a continuidade do enlace. O padrão FOIRL especifica que um *sinal inativo* é representado por uma transmissão de 1 MHz entre MAUs na ausência do tráfego de pacotes de dados. No caso da não detecção da atividade de 1 MHz, definida como *low-light condition*, o MAU entra em estado de *link-fail* (falha de enlace) e evita que um DTE ou repetidor transmita para a rede. Semelhante aos repetidores 10BASET, o teste de pulso de enlace, ou seja, o sinal de não atividade, é passado somente entre MAUs. Isto significa que o mesmo não é passado entre o concentrador e o DTE. O FOIRL emprega um conector denominado de F-SMA (plug-and-socket), utilizado entre o cabo de fibra e MAU.

O padrão 10BASEFL (10BASE-Fiber Link) foi projetado para substituir a especificação original FOIRL, permitindo a ligação não somente entre os repetidores, mas também enlaces entre repetidor e DTE. A especificação 10BASEFL é compatível com o FOIRL em muitas funções, incluindo a sinalização de 1MHz de detecção de inatividade e o assincronismo entre pacotes e sinais de controle entre repetidores. Na Figura 6.15 é apresentado um exemplo da configuração 10BASEFL.

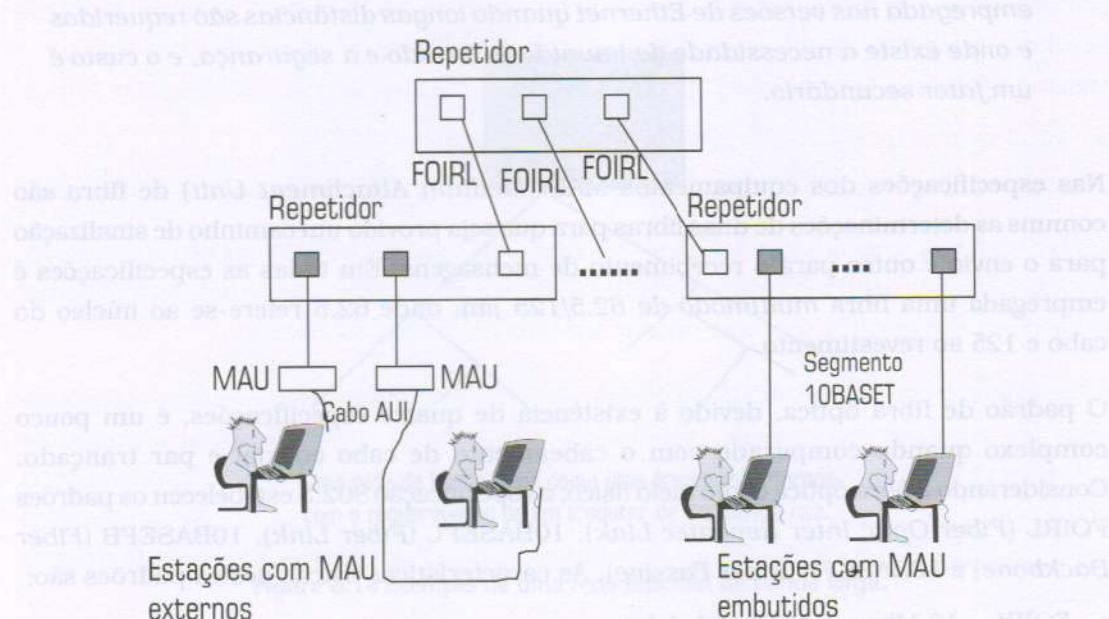


Figura 6.15 Exemplo de um ambiente 10BASEFL.

As melhorias do 10BASEFL sobre o FOIRL podem ser entendidas pelos pontos:

- Extensão da distância entre os pontos para 2 Km.
- Conector BFOC (*Bayonet Fiber Optical Connector*), também conhecido como conector STa, é especificado para o cabo de fibra e para o MAU.
- A especificação da sinalização para o número de aumentos/quedas é relaxada, fato que permite a redução de exigência de um drive de alimentação de potência elétrica.
- Outro fator interessante é que a especificação adotou a mesma abordagem do padrão 10Baset para o estado dos nós para o MAU. O que significa dizer que implementadores precisam apenas entender de um conjunto adicional de requisições para os MAUs.

O padrão 10BASEFB (*10BASE-Fiber Backbone*) foi projetado como uma interface melhor de interconexão entre os enlaces de repetidores. O MAU 10BASEFB é essencialmente definido dentro do equipamento, ou seja, não considera o AUI. Uma sinalização de 2.5 MHz é usada para indicar que o caminho de transmissão está livre. Em adição, a transmissão entre dados entre repetidores é sincronizada utilizando este sinal de 2.5 MHz.

NOTA

Um exemplo da melhoria de desempenho do tempo de resposta de MAU com o padrão 10BASEFB pode ser observado pelo fato:

No caso do FOIRL, a função de recebimento de pacotes do repetidor fica bloqueada por um relógio local durante o tempo de inatividade. Quando um preâmbulo é recebido, esta função do repetidor necessita gastar alguns segundos para poder fazer uma reserva para processar a chegada dos pacotes.

As melhorias do 10BASEFB podem ser notadas nos seguintes pontos:

- Extensão da distância entre os pontos para 2 Km.
- Conector BFOC (*Bayonet Fiber Optical Connector*), também conhecido como conector STa, é especificado para o cabo de fibra e para o MAU.
- A existência de uma estratégia de sinalização que permite a detecção de uma falha remota, permitindo ao MAU de uma ponta do enlace a indicação de *jabber* (parâmetro que determina o tempo máximo que uma estação pode transmitir na rede), *low light* (ou *perda de sincronismo*) com o MAU da outra ponta.

O padrão 10BASEFB foi essencialmente projetado para servir como uma tecnologia de *backbone*. Todavia, não obteve o suporte de muitas empresas envolvidas na comercialização de produtos de rede. A razão para este desinteresse foi a pequena base instalada do ambiente e a adequação do padrão FOIRL para suprir a base existente.

O padrão 10BASEFP (*Fiber Passive*) foi projetado para uma abordagem de topologia *estrela*. A mídia da rede é composta pelo equipamento concentrador da *estrela* (que não tem elementos ativos) e o cabeamento ótico. Cada sinal ótico que entra numa determinada porta é ecoado para todas as portas, inclusive para aquela pela qual o sinal chegou. Desta forma, se múltiplos sinais chegarem simultaneamente no concentrador, uma colisão irá ocorrer. Para garantir uma detecção confiável de colisão, um MAU de fibra óptica passivo tem inúmeras diferenças de outros tipos de MAU do padrão 802.3. Pela maior complexidade exigida pelos MAUs do tipo 10BASEFP, seu uso não é largamente suportado pelos vendedores da área de rede. O uso do padrão 10BASEFP é localizado àqueles casos onde, por exemplo, o sinal elétrico/potência não está disponível.

Fast Ethernet

As inúmeras vantagens da implementação 10BASET induziram pesquisadores e técnicos a proposição de desenvolvimento de um novo padrão de produtos a 100 Mbps. O desenvolvimento da nova especificação foi caracterizado pelo surgimento de dois grupos de trabalhos:

- Grupo I: aqueles que acreditavam que o Ethernet MAC deveria ser mantido, modificando-se o mínimo para atingir 100 Mbps. Os principais paradigmas da corrente do Grupo I de desenvolvimento foram fazer trocas mínimas nas operações do protocolo MAC, adicionar funções ao nível físico/repetidores e suportar várias categorias de cabos UTP (com ênfase inicial na Categoria 5) e fibra. A proposta do grupo foi baseada no bom nome da tecnologia Ethernet, na grande base instalada de *hardware* e *software* e no grande número de profissionais que conheciam a tecnologia Ethernet. Este grupo ficou conhecido como 802.3 u *Task Force* e desenvolveu o padrão 100 Mbps baseado em melhorias em cima da especificação original Ethernet. A disputa para o desenvolvimento do padrão *Fast Ethernet* foi cercada por inúmeras brigas técnicas, políticas e de marketing. O Grupo I foi apoiado por um grande número de empresas fabricantes de dispositivos de rede, auto-denominadas de FEA (*Fast Ethernet Alliance*).
- Grupo II: os participantes desta segunda corrente acreditavam que o protocolo CSMA/CD deveria ser substituído. O Grupo II acreditava que o protocolo de MAC da Ethernet, o CSMA/CD, poderia ser substituído por um protocolo de acesso ao meio mais eficiente. Em adição seria, semelhante ao Grupo I, necessário uma nova definição de funções na camada física e repetidores. Esta nova definição é essencial para o suporte de uma grande variedade de topologias que empregam os cabos UTP e fibra óptica. Este grupo formou o 802.12 *Task Force* e desenvolveu um novo protocolo de acesso ao meio. O novo MAC, desenvolvido, foi batizado de *Demand Priority Access Method (DPAM)*.

Ao final, foram aprovadas pelo IEEE as duas propostas de especificações de 100 Mbps. Estes padrões foram, respectivamente, normalizados como IEEE 802.3 u e IEEE 802.12.

A especificação 802.3 u foi denominada de *Fast Ethernet* (100BASET) devido ao marketing original do poderoso nome 802.3 e foi abraçada pela maioria dos fabricantes de

produtos de rede. Embora seja também reconhecido o valor das alterações efetuadas pela especificação 802.12 (também conhecida como 100VG-AnyLAN).

O *Fast Ethernet* é o termo empregado para referência a uma série de três especificações físicas de LANs de 100 Mbps, descritas no IEEE 802.3 uS (um addendum do padrão 802.3).

As três especificações do *Fast Ethernet* são:

- 100BASET4
- 100BASETX
- 100BASEFX

As três especificações mantêm o uso do protocolo de controle de acesso CSMA/CD e a função dupla de velocidade de 10/100 Mbps na rede. Isto significa que o investimento nas placas de rede 10 Mbps é preservado, e que a futura troca para 100 Mbps pode ser efetuada sem traumas (ou gastos adicionais) na rede. O custo de um ambiente de 100 Mbps foi estabelecido em torno de duas vezes o custo de uma configuração de 10 Mbps. A idéia do Grupo I, que desenvolveu a tecnologia, pode ser expressa pela seguinte frase:

Obter dez vezes o aumento de desempenho pelo custo 2 vezes maior que o padrão 10 Mbps.

Subdivisão do Nível Físico

Da mesma forma que o nível de enlace foi subdividido na especificação IEEE 802.3 uS, o nível físico também sofreu uma subdivisão. A idéia da subdivisão do meio físico foi baseada nos três diferentes tipos de mídias suportadas pelo padrão: par trançado (UTP), par trançado blindado (STP) e cabo de fibra óptica. As Figuras 6.16 e 6.17 ilustram a idéia da subdivisão.

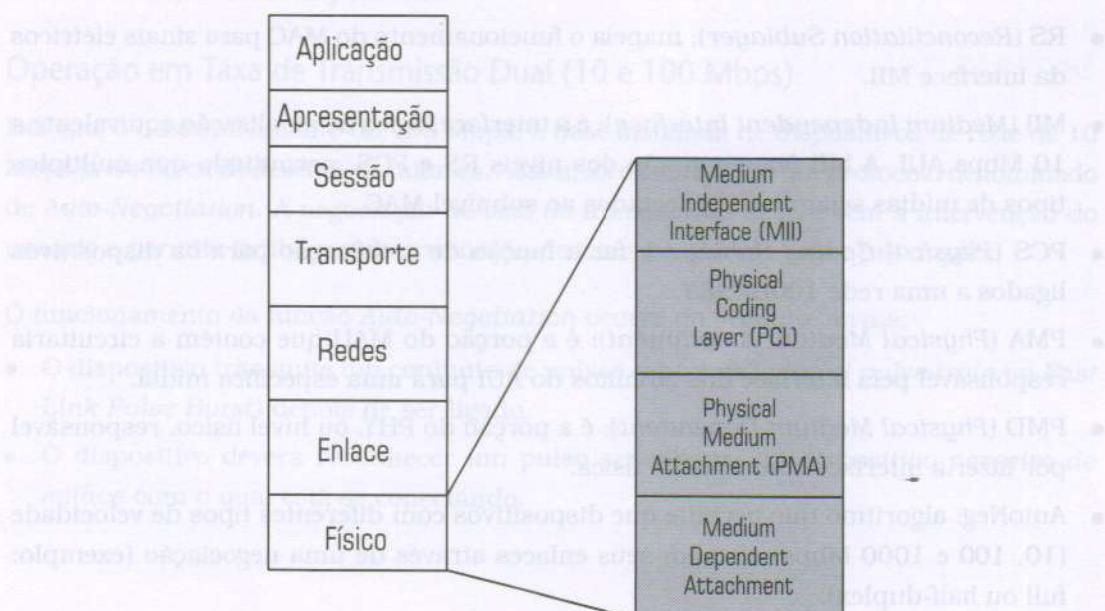


Figura 6.16 Fast Ethernet e a subdivisão do meio físico.

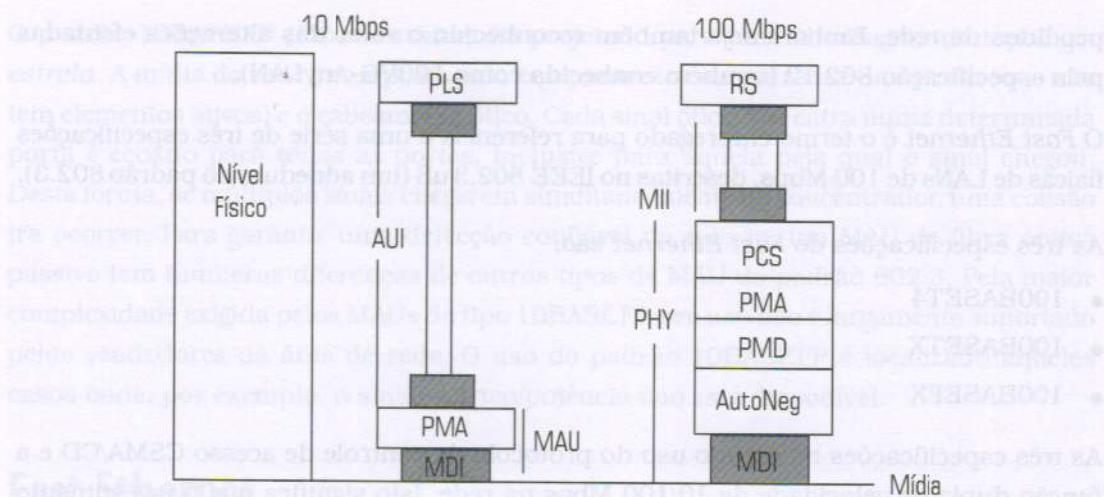


Figure 6.17 Comparação entre o Ethernet e o Fast Ethernet.

Considerando o nível físico 10 Mbps do Ethernet, devemos observar:

- PLS (*Physical Layer Signaling*): especifica o esquema de sinalização empregado. No caso de 10 Mbps, o PLS é implementado empregando a função *Manchester* de codificação/decodificação.
- AUI (*Attachment Unit Interface*): é a interface de conexão de um nó ou repetidor para um MAU.
- PMA (*Physical Medium Attachment*): é a porção do MAU que contém a circuitaria responsável pela interface dos circuitos do AUI para uma específica mídia.
- MDI (*Medium Device Interface*): é a interface que faz a conexão com o meio físico.

Por outro lado, no nível físico do *Fast Ethernet* 100 Mbps, temos:

- RS (*Reconciliation Sublayer*): mapeia o funcionamento do MAC para sinais elétricos da interface MII.
- MII (*Medium Independent Interface*): é a interface lógica de sinalização equivalente a 10 Mbps AUI. A MII faz a conexão dos níveis RS e PCS, permitindo que múltiplos tipos de mídias sejam interconectados ao subnível MAC.
- PCS (*Physical Coding Sublayer*): faz a função de codificação para os dispositivos ligados a uma rede 100BASET.
- PMA (*Physical Medium Attachment*): é a porção do MAU que contém a circuitaria responsável pela interface dos circuitos do AUI para uma específica mídia.
- PMD (*Physical Medium Dependent*): é a porção do PHY, ou nível físico, responsável por fazer a interface com a mídia física.
- AutoNeg: algoritmo que permite que dispositivos com diferentes tipos de velocidade (10, 100 e 1000 Mbps) efetuam seus enlaces através de uma negociação (exemplo: full ou half-duplex).

Como diferenças entre os padrões 10 e 100 Mbps vale observar os cinco pontos a seguir.

MII vs AUI

É importante observar que a função exercida pela interface *MII* é a mesma que a da *AUI* – fazer a decomposição em nível de MAC para diferentes níveis físicos. A interface *AUI* não é recomendada para altas taxas de transmissão de dados devido às altas freqüências envolvidas.

A interface *MII*, ao invés de utilizar uma abordagem de *bit-serial* como o *AUI*, utiliza 4 bits (*nibble*) em cada direção de transmissão e recepção. Esta opção permite que tenhamos uma freqüência de 25 MHz ao invés de 100 MHz. Isto significa dizer que o uso de 4 bits faz com que não seja necessário o uso de 100 MHz.

Algumas outras características interessantes da *MII* são:

- Permitir a gerência e controle de erro dedicado entre o MAC e o PHY.
- Um outro fator importante observado na implementação da *MII* é o número de pinos de sinal, uma vez que a interface deveria atender também ao padrão 10 Mbps. A interface emprega um conector de 40 pinos para acomodar 18 pinos de sinal (dados transmitidos e recebidos, sinal de clock, controle de erro e detecção de colisão).
- Uma outra diferença refere-se a distâncias; a *AUI* permite um comprimento de até 50 metros e a *MII* de 0,5 metros.

Reconciliation Sublayer (RS)

A função do *RS* é a manutenção das características do padrão Ethernet original. Assim, o *Reconciliation Sublayer* converte informações originais do MAC de bit-serial para uma informação definida pela *MII*.

Operação em Taxa de Transmissão Dual (10 e 100 Mbps)

Durante o desenvolvimento do 100 Mbps, a base instalada de dispositivos de rede de 10 Mbps já era cerca de dezenas de milhões. Assim, foi desenvolvido um protocolo denominado de *Auto-Negotiation*. A negociação de taxa de transmissão ocorre sem a intervenção do usuário e permite também a determinação de transmissão em *half* e *full-duplex*.

O funcionamento da função *Auto-Negotiation* ocorre da seguinte forma:

- O dispositivo transmite um conjunto de pulsos especiais (*special pulse train* ou *Fast Link Pulse Burst*) depois de ser ligado.
- O dispositivo deverá reconhecer um pulso semelhante do dispositivo parceiro de enlace com o qual está se conectando.

Se o dispositivo reconhece que o *dispositivo parceiro de enlace* é compatível com sua forma operacional, o chamado modo ótimo é selecionado e os dispositivos mudam para o estado operacional.

Categoria de Cabos e Número de Pares Trançados

Na Ethernet 10 Mbps, é possível a utilização híbrida de cabos coaxiais e trançados na instalação ao mesmo instante. Em outras palavras, é possível termos um 10BASE5 (*thick-wire*), no qual são conectados dispositivos (exemplo: *hubs*) onde existem conexões em UTP. No caso do padrão 100 Mbps, não é permitida a *mistura* de cabeamento. Assim, todas as ligações são efetuadas *ponto-a-ponto* usando UTP, STP ou fibra óptica como um enlace físico permitido. O padrão 100 Mbps inicialmente suportava três tipos de cabos de pares trançados, duas versões para a UTP categoria dos tipos 3 e 5 e uma versão para STP. A especificação 100BASETX define a operação em dois pares da categoria 5 ou STP. Por outro lado, a 100BASET4 estabelece a operação sobre quatro pares da categoria 3. Já a operação em fibra, 100BASEFX, estabelece um par de 50/100 µm. Uma outra especificação, a 100BASET2, mais recentemente desenvolvida, define a operação em dois pares da categoria 3.

Topologia

O diâmetro de abrangência de uma rede 100BASET é reduzido quando comparado com uma rede 10BASET. A razão para esta diferença é:

- Redução do *bit-time*; o efeito direto da redução do *bit-time* no parâmetro latência de retardo (*round-trip delay*).

Visando diminuir os efeitos das restrições de topologias, dois tipos de repetidores foram definidos. Estes são conhecidos como Classe I e Classe II.

100BASE-T4

A especificação 100BASET4 representa uma rede 100 Mbps, CSMA/CD, que opera sobre quatro pares da categoria 3, 4 e 5 de cabos de pares trançados sem blindagem (UTP) ou com blindagem (STP). O padrão 100BASET4 é similar ao 10BASET, ou seja, é uma rede baseada no concentrador (ou *hub*). A diferença de paradigma está baseada na melhor detecção de colisão através da redução permitida da área da rede. Uma rede 100BASET4 permite uma distância de, no máximo, 250 metros e a distância entre um *nó* e um *hub* é de 100 metros.

Para obtenção de velocidade de 100Mbps são necessárias três alterações no nível físico:

- Três pares de cabos são usados para a transmissão (o quarto é empregado para detecção de colisão); isto provê uma melhoria de três vezes quando comparados com o 10BASET. A Figura 6.18 ilustra o uso dos três pares no padrão 100BASET4.

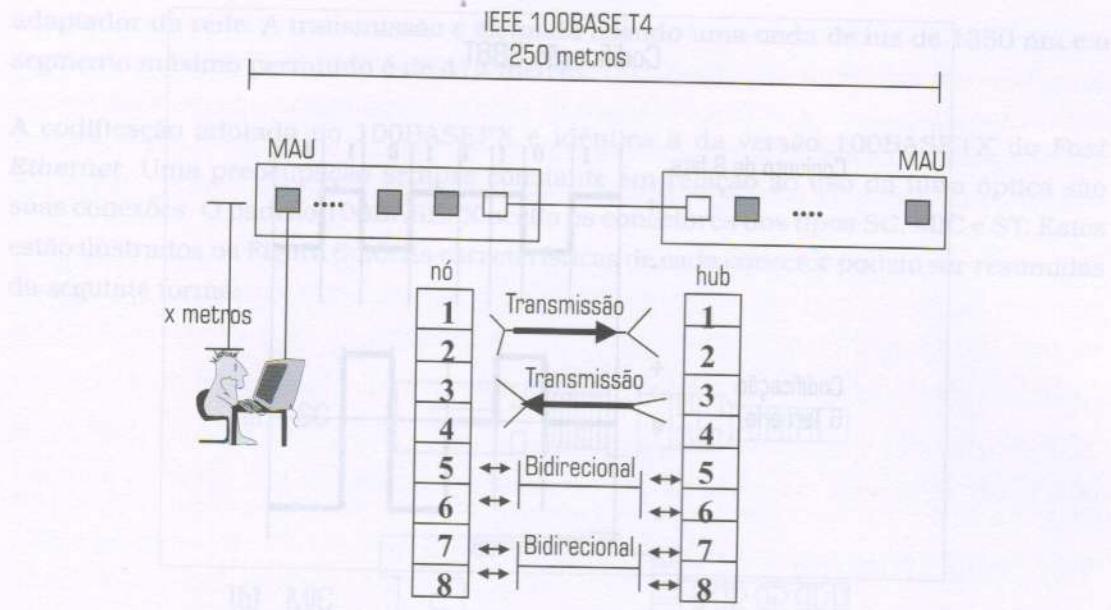


Figura 6.18 IEEE 100BASET4.

Observações:

- A figura anterior ilustra as dimensões permitidas no padrão. É importante observar que a distância máxima de 250 metros deve levar em conta a distância do *hub* ao nó. Assim, os 250 metros da figura já consideram os *x* metros do nó mais distante.
- As conexões usadas para o 100BASET4 são RJ45, que simplificam as conexões de cabos a *hubs* e a nós.
- A figura, assim como numa configuração 10BASET, ilustra que dois pares são empregados para a detecção da colisão. Isto é, os pares de transmissão, no sentido *nó-hub* e *hub-nó*, assim que detectam recepção na porta oposta (ou seja, no *hub* a porta de recepção do nó e no nó a porta do *hub*) e estes estão transmitindo, evidenciam a situação de colisão.
- A codificação 8B6T é utilizada. Nesta codificação, 8 bits de entrada são transformados em um código único de seis símbolos ternários. Como exemplo, considere a transmissão do seguinte conjunto de bits 1 0 1 1 1 0 10. Como você imagina que a transmissão seria efetuada empregando a codificação 8B6T? A Figura 6.19 ilustra uma tabela de codificação 8B6T e um exemplo da codificação do conjunto de bits 1 0 1 1 1 0 10 (BA em hexadecimal) para sua transmissão. Como resultado da codificação, teríamos a seqüência 0 + 0 - + - . para ser transmitida.
- A última alteração foi a modificação do relógio de sinalização de velocidade de 20 MHz para 25 MHz. Esta mudança representou um aumento de 1,25 vezes em relação ao padrão 10BASET.

adaptador da rede. A transmissão é efetuada usando uma onda de luz de 1350 nm e o segmento máximo permitido é de 412 metros.

A codificação adotada no 100BASEFX é idêntica à da versão 100BASETX do *Fast Ethernet*. Uma preocupação sempre constante em relação ao uso da fibra óptica são suas conexões. O padrão 100BASEFX aceita os conectores dos tipos SC, MIC e ST. Estes estão ilustrados na Figura 6.20. As características de cada conector podem ser resumidas da seguinte forma:

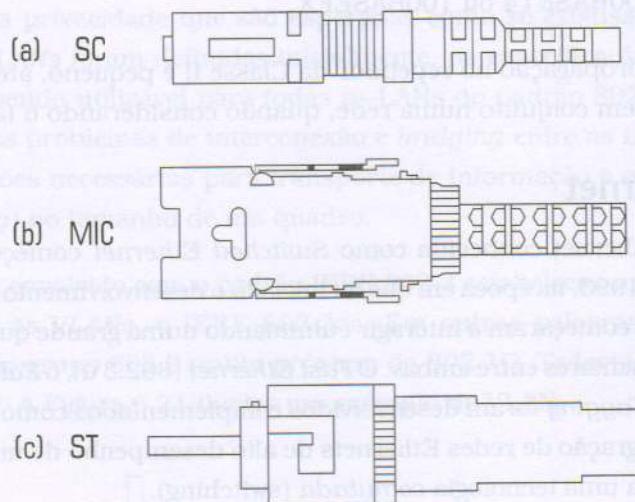


Figura 6.20 Conectores (a) SC, (b) MIC e (c) ST.

- SC: este conector foi projetado para o fácil manuseio e pode ser empurrado levemente para que seja colocado no seu lugar.
- MIC (*Media Interface Connector*): o conector MIC representa o conector padrão usado em redes locais FDDI. Este foi projetado para facilitar a interconexão, assegurando que o cabo está devidamente conectado.
- ST: este conector é caracterizado por uma chave interna. A conexão é efetuada alinhando-se o conector com a chave interna, que posteriormente é fechada.

Repetidores Fast Ethernet

O padrão *Fast Ethernet* provê a opção de dois tipos de repetidores, denominados de Classe I e Classe II.

O repetidor de Classe I primeiro traduz o sinal na porta de chegada para um determinado formato digital e, depois, retraduz o sinal digital para um sinal apropriado para a transmissão na porta de saída. A operação de tradução e retradução consome, como era de se esperar, um tempo considerável neste tipo de repetidor. Por outro lado, um repetidor

Fast Ethernet da Classe I é a opção correta a ser utilizada onde diferentes segmentos de *Fast Ethernet* existem (exemplo: 100BASET4 e 100BASETX). Num dado ambiente de *Fast Ethernet*, quando o tamanho máximo de cabo é utilizado, somente um repetidor da Classe I pode ser usado. A razão para esta restrição é o enorme tempo gasto nas traduções/retraduções, operações estas que podem prejudicar o domínio de colisões.

O repetidor da Classe II é utilizado em ambientes onde somente segmentos com idênticos métodos de sinalização são empregados. Assim, um repetidor da Classe II pode ser encontrado exclusivamente com segmentos de um tipo de *Fast Ethernet*, ou seja, 100BASETX, ou 100BASET4 ou 100BASEFX.

Como o tempo de propagação no repetidor da Classe II é pequeno, até dois repetidores podem ser usados em conjunto numa rede, quando considerando o tamanho máximo.

Switched Ethernet

Solução de rede Ethernet conhecida como *Switched Ethernet* começou a aparecer no mercado no ano de 1993, na época em que foi iniciado o desenvolvimento do *Fast Ethernet*. As duas tecnologias começaram a interagir culminando numa grande quantidade de troca de funções complementares entre ambas. O *Fast Ethernet* (802.3 u), o *Full Duplex Ethernet* (802.3 x) e o *VLAN Tagging* foram desenvolvidos e implementados como uma iniciativa da indústria para a migração de redes Ethernets de alto desempenho de uma base de *mídia compartilhada* para uma tecnologia *comutada* (switching).

Um *switch*, semelhante a uma ponte (*bridge*), permite que múltiplas portas estejam ativas simultaneamente e pode ainda ter a facilidade para a abordagem de *VLAN Tagging* (vamos explicar ainda nesta seção o conceito de *VLAN Tagging*). Um *switch* pode ter outras características que podem ser implementadas em *hardware*, tais como:

- Operação de portas nos modos de half e full-duplex.
- Sensibilidade para detecção de 10 e 100 Mbps por porta.
- Aprendizagem de desempenho.
- Classificação do tráfego.
- Sofisticado sistema de gerenciamento.

Switches de Nível 2

Um dispositivo denominado de *switch de nível 2* é na verdade uma ponte (*bridge*). A razão para a denominação de *switch de nível 2* vem dos dois seguintes aspectos:

- Este dispositivo efetua a maioria de suas funções em termos de hardware. Por outro lado, uma *bridge* é um dispositivo orientado (ou baseado) a software – este software faz a filtragem, aprende a configuração e repassa quadros, dentre outras funções. Os *switches* utilizam *ASIC* (*Application Specific Integrated Circuit*), que são circuitos integrados que efetuam algumas funções predeterminadas.

- Uma razão de mercado da migração do *bridging* para o *switching* foram as séries limitações apresentadas pelas *bridges* (exemplos: tempestades de broadcast, instabilidades topológicas).

VLAN

O conceito de *VLAN* (Virtual LAN) é uma facilidade de operação numa rede comutada (*switched*). Esta facilidade permite que o administrador da rede configure a mesma como sendo uma única entidade interligada. Todavia, são asseguradas aos usuários a conectividade e a privacidade que são esperadas como se existissem múltiplas redes separadas. As *VLANs* foram definidas inicialmente, na especificação 802.1Q, de forma genérica, como sendo utilizável para todas as LANs do padrão 802. O padrão 802.1 é responsável pelos problemas de interconexão e *bridging* entre as LANs. O IEEE 802.1 define as condições necessárias para transporte de informação e o uso da informação *VLAN* (*VLAN Tag*) no tamanho de um quadro.

Assim, o pessoal envolvido com o padrão IEEE 802.3 estabeleceu um grupo de trabalho para atuar com as *VLANs*, o IEEE 802.3ac. Em outras palavras, o 802.3ac é uma recomendação do grupo 802.3 muito próxima do 802.1Q. Todavia, é específica para o padrão Ethernet. A Figura 6.21 ilustra um exemplo de *VLAN*.

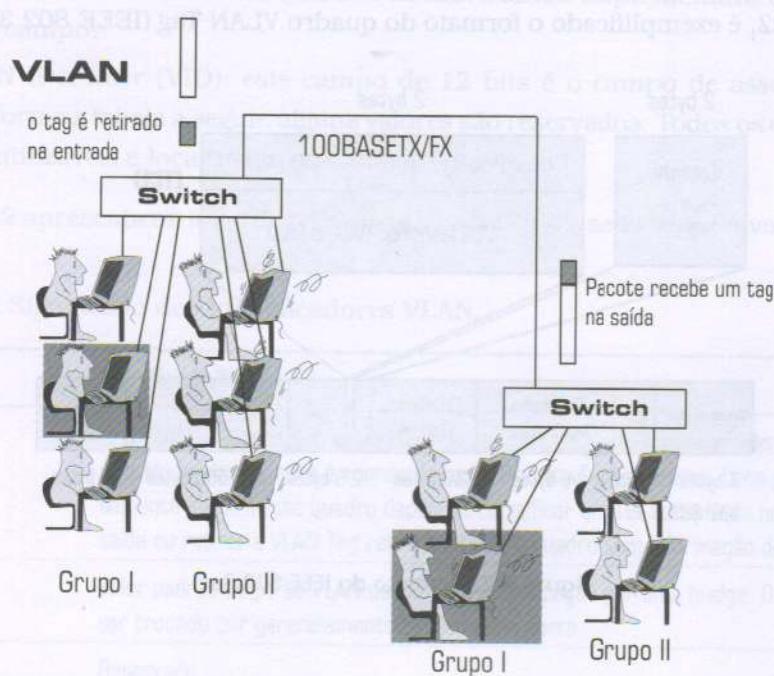


Figura 6.21 Exemplo de uma VLAN.

Na figura anterior, os dois comutadores (*switches*) representam duas redes. Observando-se, por exemplo, um dos comutadores, temos dois grupos distintos de pessoas trabalhando juntas de uma forma lógica ou virtual. Embora todos estejam ligados no mesmo *switch*, foram criados dois grupos (Grupo I e II).

Uma definição mais precisa para uma *VLAN* seria um domínio lógico de difusão (*broadcast*). Em outras palavras, temos um domínio no qual todos os participantes de um mesmo grupo estão se vendo. Os demais, embora ligados no mesmo *switch*, não pertencem à *VLAN*.

Administração VLAN

O exemplo apresentado sobre a *VLAN* é uma associação simples de uma *VLAN*. Um *switch* pode aplicar associações alternadas para a *VLAN* baseadas na inspeção do quadro Ethernet nos campos de *MAC*, *subnet* e *protocolos*. Este tipo de associação é conhecida como *VLAN binding*. Embora a *VLAN* baseada em portas pareça consistente para muitos produtos de fabricantes de rede, os produtos *VLAN* baseados em *MAC*, *subnet* e *protocolos* vêm ganhando uma grande aceitação. Um exemplo é o advento de *switches do nível 3*.

As *VLANs Tagging*, definidas nos padrões IEEE 802.3ac e 802.1Q, são campos de 4 bytes inseridos no quadro Ethernet original, entre os campos do endereço do remetente e o campo tipo/tamanho. Este campo permite a identificação de diferentes redes lógicas *VLANs*. Na Figura 6.22, é exemplificado o formato do quadro *VLAN Tag* (IEEE 802.3ac).

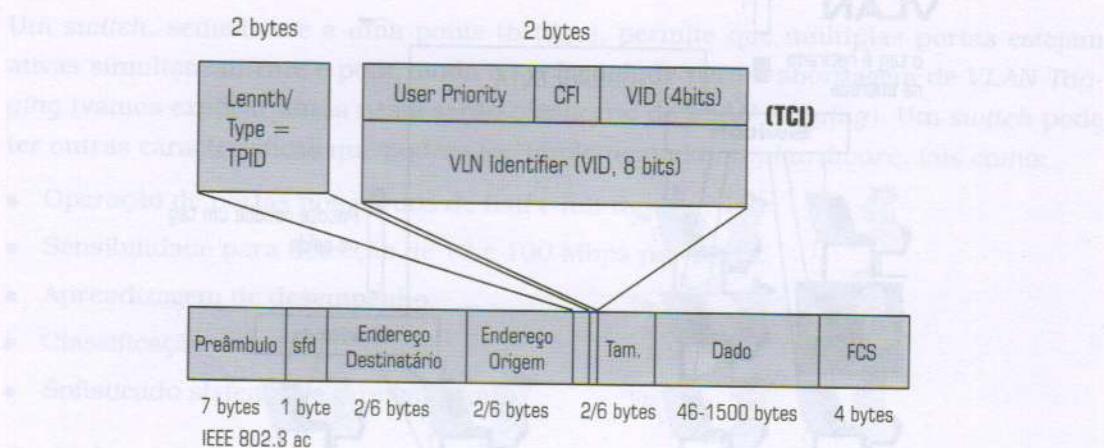


Figura 6.22 Formato do IEEE 802.3ac.

Observações:

- Como o *tag* é inserido dentro do quadro, este é considerado um *tag intruso* e não um simples encapsulamento.

- A inserção do campo de *tag* significa que o CRC deverá ser recomputado todas as vezes que este for inserido ou retirado.
- O tamanho do quadro ficará 4 bytes maior quando o *tag* estiver presente.
- O padrão 802.3 foi alterado para aceitar o *tag*. Assim, os quadros Ethernet passam a ser caracterizados entre 64 até 1522 bytes. Dos quadros que têm o campo VLAN EtherType setado, é esperado que tenha este tamanho máximo de 1522 bytes. Caso contrário, o quadro deve ter 1518 bytes.

Os dois campos de 16 bits do *VLAN Tag* são:

- *VLAN Tag Protocol IDentifier (TPID)*: é globalmente atribuído e reservado ao campo EtherType com o valor 0x8100.
- *Tag Control Information*: é composto dos três campos:
 - *Prioridade do usuário*: campo de 3 bits que pode ser composto de até oito níveis de prioridade e existe em todos os quadros *VLAN Tag*. As prioridades estão especificadas na recomendação 802.1p. Os fabricantes usam, na prática, poucos valores de prioridade. O valor 0 é a menor propriedade e o 7 é o maior. Este campo permite que tenhamos o conceito de *classe de serviço* suportado em redes Ethernets.
 - *Canonical Formt Indicator (CFI)*: este é um campo de 1 bit, cujo uso real foi projetado para o encapsulamento de um quadro Token-Ring. Não existe menção deste fato no documento 802.3 e os fabricantes implementam o valor 0 para este campo.
 - *VLAN IDentifier (VID)*: este campo de 12 bits é o campo de associação VLAN. Conforme a tabela a seguir, alguns valores são reservados. Todos os demais valores são utilizáveis e localmente administrados.

A Tabela 6.2 apresenta os identificadores de VLAN (VID) e seus respectivos significados.

Tabela 6.2 Significado dos identificadores VLAN.

VID	Significado/Uso
0x0-00	Null VLAN ID. Indica que o tag não contém informação VID, apenas informação de prioridade. Assim, este é conhecido como Priority Tagged Frame. Uma ponte VLAN somente enviará este quadro depois de classificar um TCI apropriado na porta de saída ou retirar a VLAN Tag retransmitindo o quadro sem informação de tag.
0x0-01	Valor padrão de porta VLAN usado para classificação por uma bridge. O valor pode ser trocado por gerenciamento baseado por porta.
0x-F-FF	Reservado.

Gigabit Ethernet

O *Gigabit Ethernet* representa a última versão da Ethernet (Março - 1996) padronizada pelo IEEE. Esta versão da Ethernet é originada de um projeto batizado de *PAR* (*Project Authorization Request*). O *Gigabit Ethernet* opera a 1 Gbps. O *PAR* resultou numa especificação denominada de *IEEE 802.3z*, cobrindo a transmissão em fibra óptica e cabos de cobre para pequenas distâncias (Julho - 1997). Nesta época, um outro Comitê (*802.3ab*) foi formado para gerar a especificação para o *Gigabit Ethernet* para rodar em cabos de pares trançados.

Por que Gigabit Ethernet?

O sucesso da tecnologia 100BASET indicou que um *backbone* com maior largura de banda era necessário para a conexão de dispositivos de 100 Mbps. *Intranets*, *Extranets* e ligações convencionais à Internet impulsionaram o desenvolvimento de redes de Gbps. Os *backbones*, até então, eram implementados usando as tecnologias de *FDDI* (100 Mbps) e *ATM* (622 Mbps, OC-12, até 2.4 Gbps, OC-48). A desvantagem dos *backbones FDDI* e *ATM* ficam latentes na necessidade de troca de formato dos quadros Ethernet para as tecnologias FDDI e ATM.

Em redes onde a comutação (*switching*) e o roteamento (*routing*) em alta velocidade existem, os preços de segmentação, montagem, encapsulamento/desencapsulamento e conversão do quadro são muito elevados. Isto significa dizer custos em termos de eficiência de implementação e velocidade de operação para a porção de software, *silicon* e capacidade dos sistemas para efetuar tais operações na mesma velocidade da linha de transmissão.

A Figura 6.23 ilustra as diferenças entre as camadas físicas do *Gigabit Ethernet* e do *Fast Ethernet*.

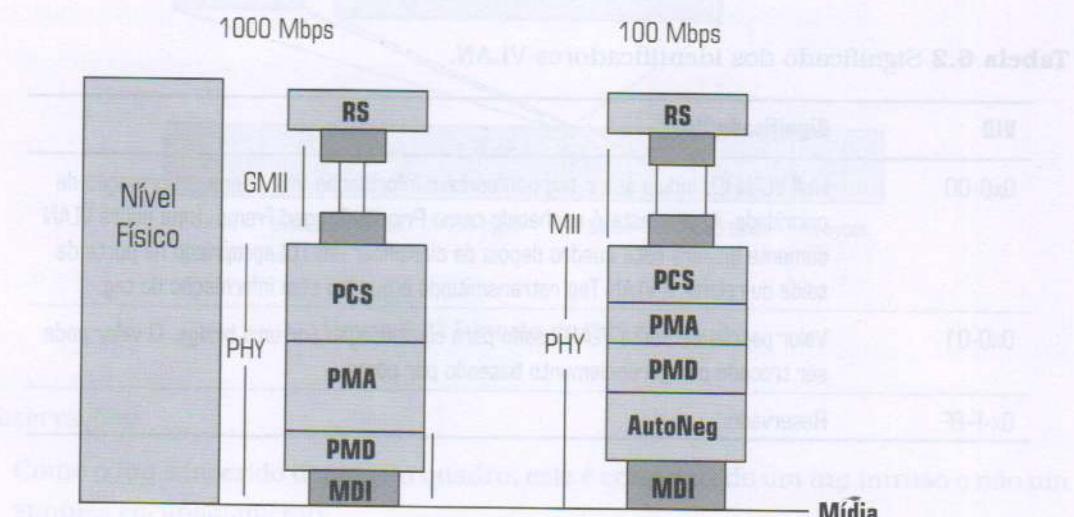


Figura 6.23 Diferenças da camadas físicas do *Gigabit Ethernet* e do *Fast Ethernet*.

Nível Físico 100 Mbps:

- RS (*Reconciliation Sublayer*): faz o mapeamento do funcionamento do MAC para sinais elétricos da interface MII.
- MII (*Medium Independent Interface*): é a interface lógica de sinalização equivalente a 10 Mbps AUI. A MII faz a conexão dos níveis RS e PCS, permitindo que múltiplos tipos de mídias sejam interconectados ao subnível MAC.
- PCS (*Physical Coding Sublayer*): faz a função de codificação para os dispositivos ligados a uma rede 100BASET.
- PMA (*Physical Medium Attachment*): é a porção do MAU que contém a circuitaria responsável pela interface dos circuitos do AUI para uma específica mídia.
- PMD (*Physical Medium Dependent*): é a porção do PHY, ou nível físico, responsável por fazer a interface com a mídia física.
- AutoNeg: é um algoritmo que permite que dispositivos com diferentes tipos de velocidade (10, 100 e 1000 Mbps) possam efetuar seus enlaces através de uma negociação (exemplo: full ou half-duplex).

Diferenças entre *Gigabit Ethernet* e *Fast Ethernet*:

- *GMII e MII*: ocorreu uma manutenção quanto ao aspecto de sinalização. Todavia, o tamanho dos caminhos de dados de transmissão e recepção foram aumentados para 8 bits (no *MII* estes eram de 4 bits).
- Com o aumento do tamanho de caminhos foi possível uma elevação razoável da freqüência dos *clocks* e caminhos de transmissão. Apesar destas alterações, a freqüência foi aumentada para 125 MHz.
- *Auto-Negotiation*: na especificação Gbps, a função de autonegociação é definida como uma função na camada PCS. O esquema de operação é semelhante ao 100BASET, ou seja, o nó estabelece a capacidade do link remoto e determina um modo ótimo de operação compartilhado pelos dois dispositivos.
- Adoção da codificação do Fiber Channel: visando a adoção de um padrão de sinalização de Gbps reconhecidamente eficiente, o comitê do *Gigabit Ethernet* resolveu adotar o sistema utilizado pelo padrão ANSI X3, Fiber Channel.

A sinalização usada pelo Fiber Channel é a de 8B10B, que codifica cada 8 bits de dados em 10 bits de código. Ainda são incorporados bits adicionais para conferência de erro.

A Figura 6.24 apresenta um exemplo da conversão 8B10B. Por outro lado, a Figura 6.25 apresenta o nível PMD da arquitetura *Gigabit Ethernet*.

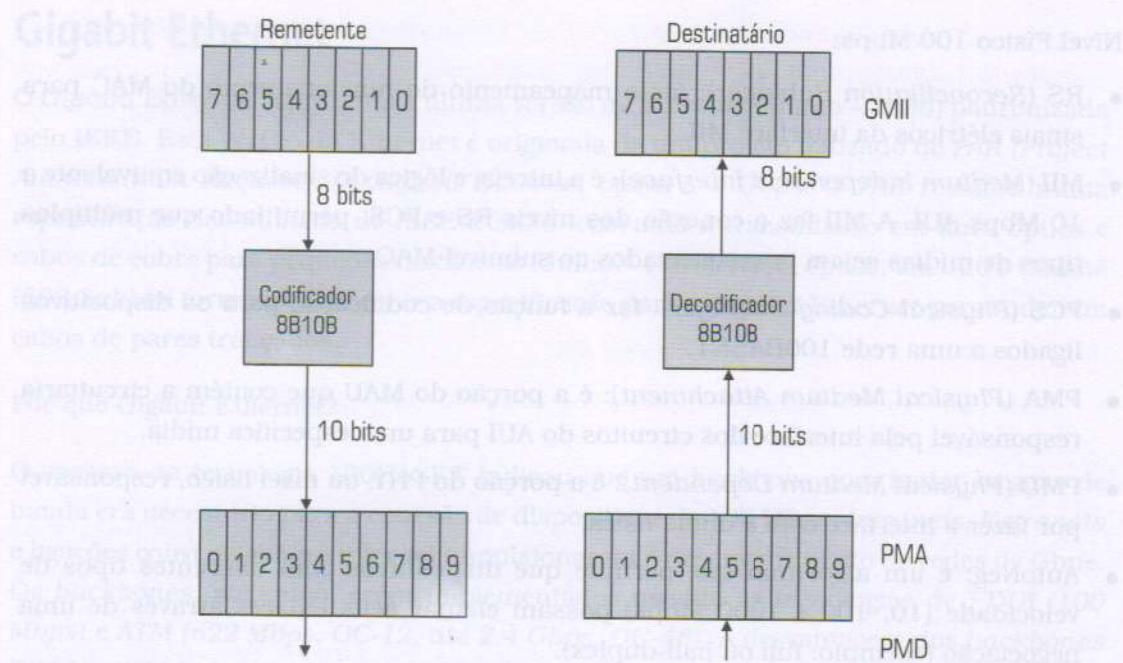


Figura 6.24 Exemplo de conversão 8B10B.

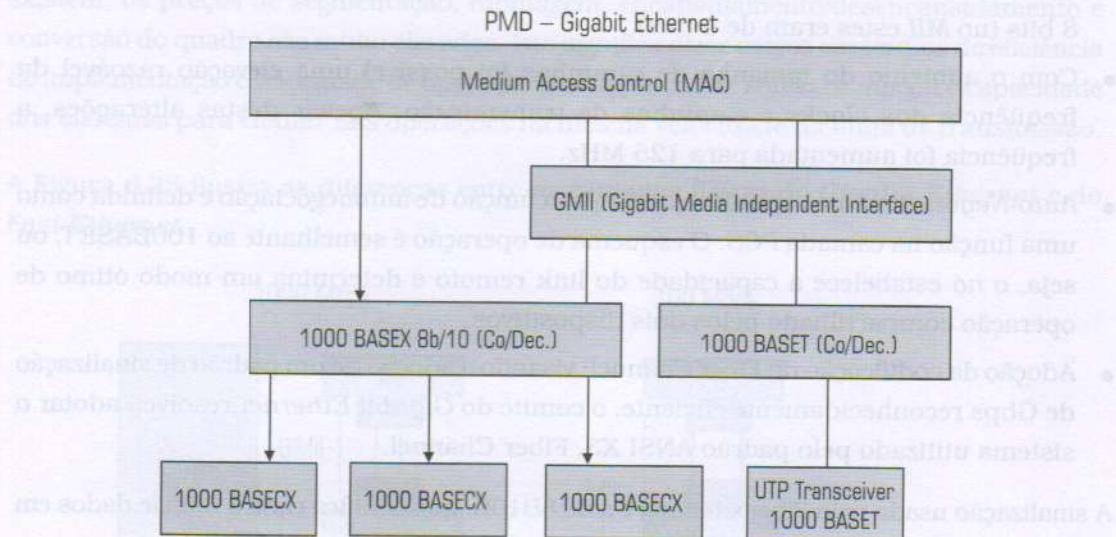


Figura 6.25 PMD da arquitetura Gigabit Ethernet.

Fibre Channel: é uma arquitetura de transferência de dados desenvolvida por um consórcio de fabricantes de computadores e de dispositivos de armazenamento de massa que foi padronizado pela ANSI. Este padrão foi projetado para dispositivos de armazenagem de massa que necessitam de uma largura grande de banda. O padrão suporta velocidade de transferência em full-duplex a 100 Mbps.

- Modificação de Operação do CSMA/CD: o retardo de transferência de um quadro (*round-trip-delay*) afeta de maneira direta o tamanho da rede. Este fato pode ser explicado pelo fato de que o MAC precisa estar pronto para detectar uma colisão durante um certo período de tempo (*slot time*).

Para os padrões 10 e 100 Mbps, o *slot time* era de 512 bit times. Caso este *slot time* fosse mantido para a rede Gbps, a topologia de rede, em termos de tamanho, seria reduzida de maneira não razoável para um rede local.

A modificação de operação do CSMA/CD foi efetuada alterando-se o slot time para 512 bytes. Num modo de operação de *full-duplex*, desde que nenhum conceito de colisão esteja presente, a operação do protocolo MAC fica inalterada, exceto pelo aumento de velocidade.

- Prioridade da Fibra sobre outros tipos de mídias: diferente do *Fast Ethernet*, que visa a interconexão de dispositivos no cabeamento de UTP já existente, o comitê compreendeu que a tecnologia *Gigabit Ethernet* deveria ser focada como uma solução backbone, ou seja, utilizando a fibra óptica como o meio de transmissão adequado. Assim, a prioridade da especificação foi orientada para a tecnologia de fibra óptica.
- Utilização de *Repeater* Único: a especificação de *Gigabit Ethernet* considerou que era aceitável o uso de um único tipo de repetidor. Mesmo considerando-se as modificações efetuadas no MAC para a extensão dos limites da rede e sua operação em Full-Duplex, o comitê não achou razoável o uso de diferentes repetidores.
- Topologia: um aumento na velocidade do protocolo CSMA/CD leva a uma redução no tamanho da rede, desde que nenhum parâmetro do MAC seja reescalado.

No aumento de 10 para 100 Mbps, o tamanho da rede foi reduzido de 2 km para 200 m. Desta forma, surgiu a necessidade de alteração no MAC para que tivéssemos a rede de Gbps numa abrangência superior a 20 m. Com a alteração do MAC, a rede Gbps foi mantida com uma distância de até 200 m.

Switch de Nível 3

Paralelamente com o desenvolvimento do padrão *Gigabit Ethernet*, os fabricantes de rede começam a disponibilizar os dispositivos que aplicavam em nível de hardware, o esquema de *switching* um nível de rede.

Meios Físicos

O *Gigabit Ethernet* suporta a transmissão sobre os seguintes meios:

- Três tipos de cabos de fibras ópticas – 9. 50 e 62.5 μm .
- Cabos coaxiais duplos trançados de curta distância de cobre.
- Cabos UTP das categorias 4 e 5.

A transmissão do *Gigabit Ethernet* sobre cada um dos meios físicos mencionados é normalizada pela especificação 1000BASEX. A Tabela 6.3 apresenta o padrão 1000BASEX descrevendo o meio físico.

Tabela 6.3 Padrão 1000BaseX.

Padrão 1000BASEX	Suporte de Meio Físico
1000BASESX	850 nm transmissão a laser em fibra multimodo.
1000BASELX	1300 nm transmissão a laser em fibra multimodo, ou single mode.
1000BASECX	Cabo trançado com par de cobre duplo com proteção.
1000Baset	Cabos de cobre trançados UTP das categorias 4 e 5.

MAC

O protocolo de acesso ao meio (MAC) usado pela Ethernet convencional é o CSMA/CD. Este protocolo estabelece que todos os quadros, independente dos seus tamanhos, devem obedecer a uma *percepção* de propagação *round-trip time*. O tamanho da rede máxima no padrão Ethernet é de 2,5 km. Assim, para manter a escalabilidade, o Fast Ethernet reduziu o tamanho máximo dos cabos entre *nós* para até 250 metros e o tamanho máximo entre um *hub* e uma *workstation* para 100 metros.

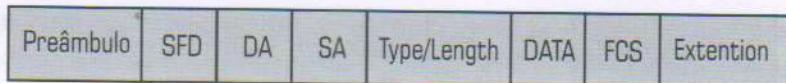
No padrão *Gigabit Ethernet* decidiu-se alterar o tamanho do quadro. Caso o tamanho do quadro não fosse alterado, o tamanho máximo de transmissão seria de aproximadamente 25 metros entre dois *nós* via uma mídia de cobre. É evidente que a distância de 25 metros não é um comprimento desejável, ou flexível, para a utilização de uma LAN. No *Gigabit Ethernet* foi estendido o tamanho de todos os quadros menores que 512 bytes. A técnica utilizada foi o *empacotamento* de uma extensão no quadro com símbolos especiais que não ocorrem dentro do quadro.

A técnica de estender o quadro é conhecida como *carrier extension*. Por outro lado, um método denominado de *packet bursting* auxilia na compensação do efeito do *carrier extension*, não permitindo que ocorra uma degradação na performance da rede.

Carrier Extension

Os quadros *Gigabit Ethernet* que não excedem 64 bytes em tamanho, 72 bytes quando consideramos os campos *préambulo* e *start of frame delimiter (sfd)*, são estendidos para 512 bytes com a adição de símbolos especiais. A Figura 6.26 apresenta o formato de um quadro *Gigabit Ethernet*.

que no padrão de rede de iluminação oficial, que é o IEEE 802.3-2011, de arquitetura de rede que necessita de alta latência e baixa jitter, que suporta velocidades de transmissão em duplo-duplex de 10 Gbps.



SFD – delimitador de início do quadro

DA – endereço do destinatário

SA – endereço de origem

Extention – extensão

Figura 6.26: Formato do quadro *Gigabit Ethernet*.

É importante observar que a extensão de símbolos *non-data* estendem o quadro para fins de detecção de colisão. Como a extensão é efetuada após o campo de FCS, apenas o quadro original, sem a extensão, será computado. Por outro lado, como a extensão é removida pelo destinatário, os protocolos de mais alto nível na pilha são inóquos para a extensão.

Exemplo: Imagine que você está em frente a um terminal e que recebe a seguinte mensagem de uma aplicação:

Entre 1 para Continuar, S para Sair.

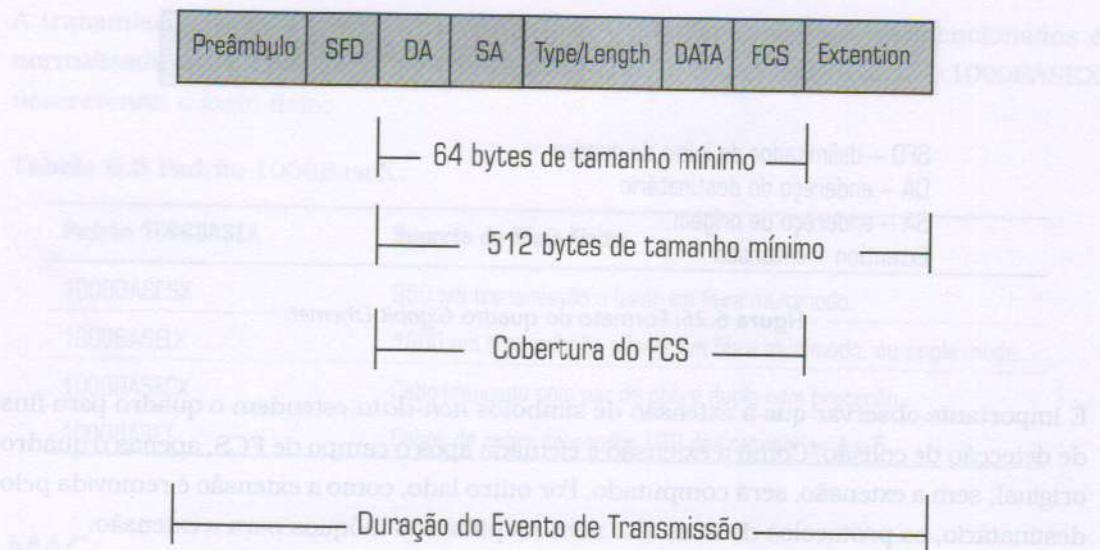
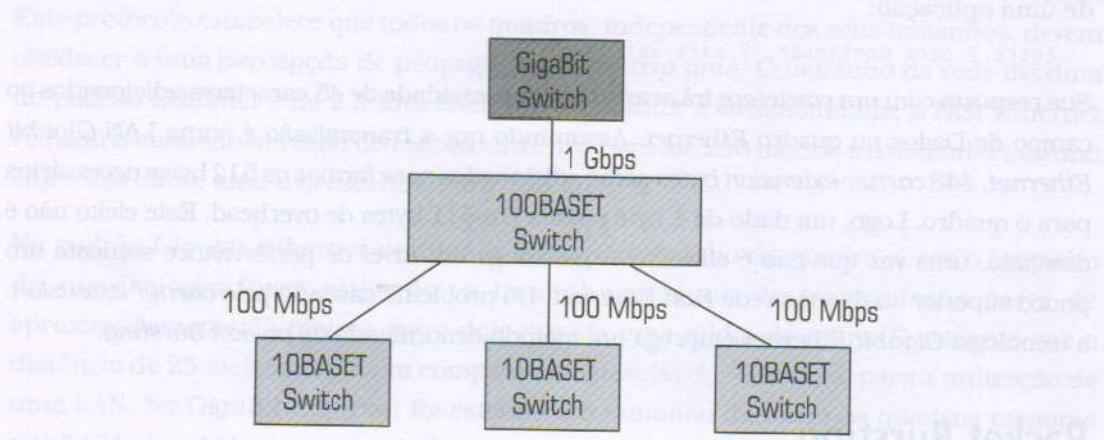
Sua resposta com *um caractere* irá acarretar na necessidade de 45 caracteres adicionados ao campo de Dados no quadro Ethernet. Assumindo que a transmissão é numa LAN *Gigabit Ethernet*, 448 *carrier extension bytes* serão adicionados para formar os 512 bytes necessários para o quadro. Logo, um dado de 1 byte resulta em 511 bytes de overhead. Este efeito não é desejado, uma vez que não é eficiente e que atinge um nível de performance somente um pouco superior ao de uma rede *Fast Ethernet*. Do problema causado pelo *carrier extension*, a tecnologia *Gigabit Ethernet* emprega um método denominado de *packet bursting*.

Packet Bursting

Com o método de *packet bursting*, o computador, que tem dois (ou mais) pacotes a serem transmitidos, envia o primeiro pacote usando a técnica *carrier extension* se este é menor que 512 bytes em tamanho.

No caso da transmissão ser efetuada com sucesso, ou seja, sem que haja uma colisão, todos os demais pacotes são enviados subsequentemente até que expire um *burst time*, cuja duração é de 1.500 bytes. Neste momento, qualquer pacote que estiver sendo enviado é transmitido até se completar. O exemplo da Figura 6.27 ilustra o uso da técnica *carrier extension*.

A grande largura de banda que o *Gigabit Ethernet* fornece faz com que esta tecnologia de LAN seja aproveitada como o uso de *backbone* para a interconexão de LANs *Ethernet* convencionais e *Fast Ethernets*. Nesta tendência natural, como a Figura 6.28 ilustra, para uso como *backbone*, fabricantes já dispõem de *switches* com várias portas de Gbps e *switches* com 100/1000 bps. Estes últimos representam dispositivos com uma porta (ou mais) de Gbits e as demais de 100 Mbps.

Figura 6.27 Exemplo da técnica *carrier extension*.Figura 6.28 Exemplo de um ambiente com *Gigabit Ethernet*.

Muitas placas de rede de *Fast Ethernet* podem ser auto-sensíveis para operações de 10 e 100 Mbps. É possível construir LANs interestruturadas permitindo-se o uso de 10, 100 e 1000 Mbps.

Nossos próximos passos serão em direção ao efetivo uso da tecnologia de rede de *Giga-bit Ethernet* na prática. Assim, vamos abordar aspectos como: atender ao desafio de largura de banda, migração para a nova técnica, gerência, upgrades de *switches*, compartilhamento com os ambientes de *FDDI*, upgrade do desktop, qualidade de serviço, *RSVP* (*Reservation Protocol*), nível 3 switching, IP e Tag switching.

A maior tendência de evolução das redes está diretamente relacionada ao uso da Internet. Desta forma, as tecnologias de redes, semelhantes à Internet, devem ser capazes de atender solicitações de aplicações tão distintas como *e-mail*, *e-business*, *on-line shopping*, *aplicações multimídia* e outras.

É importante frisar que o uso de diferentes aplicações faz com que as redes tenham que ser capazes de suportar o crescimento exponencial no tráfego e os diferentes tipos de requerimentos de largura de banda.

Outro ponto interessante sobre a necessidade da largura de banda é a obsolescência da *Regra 80/20*. Esta estabelecia empiricamente que 80 % de todo o tráfego de um rede era local. Os restantes 20 % eram de acesso remoto. Assim, numa rede corporativa, qualquer rede local deveria estar projetada para acesso muitas vezes superiores ao do acesso local de rede. Um exemplo são as *Extranets*. A Figura 6.29 apresenta comparações entre as mídias comutadas e compartilhadas, bem como entre os padrões de 10, 100 e 1000 Mbps.

Facilidade	10BaseT	100BaseT	1000BaseT
Velocidade	10 Mbps	100 Mbps	1000 Mbps
Cat. 5 UTP	100 m	100 m	100 m
STP	500 m	100 m	25 m
Fibra Multimodo	2 km	412 m (hd) 2 km (fd)	220 m (hd)
Fibra Monomodo	25 km	20 km	5 km

Figura 6.29 Comparações entre os padrões 10 (10 BaseT), 100 (100 BaseT) e 1000 Mbps (Gigabit).

A tecnologia *Gigabit Ethernet* funciona com o mesmo formato de quadro do padrão IEEE 802.3, assim como funções de gerência. Em adição, já vimos que o *Gigabit* pode operar sobre a infraestrutura de cabeamento existente para 10 e 100 Mbps. O cabeamento suportado pelo *Gigabit* também é aquele empregado em redes *FDDI* e *ATM*.

Na migração para o *Gigabit*, existe uma facilidade de a organização migrar preservando as aplicações de software existentes, sistemas operacionais, aplicações de gerência de rede e protocolos de rede (exemplo: TCP/IP). Os elementos gerenciados, tais como objetos, atributos e ações, foram especificados no padrão 1000 Mbps de maneira idêntica a das especificações 10 e 100 Mbps.

A gerência da rede pode ser efetuada da mesma forma que anteriormente. Todavia, os usuários, terão uma maior largura de banda. O custo de gerenciamento é muito menor num ambiente *Gigabit Ethernet* quando comparado com outras redes, como por exemplo *ATM*. Num ambiente não-Ethernet, diferentes especificações são utilizadas.

Os comutadores podem ser classificados nas categorias não-modulares, modulares e empilháveis. A Figura 6.30 ilustra exemplos destas categorias.

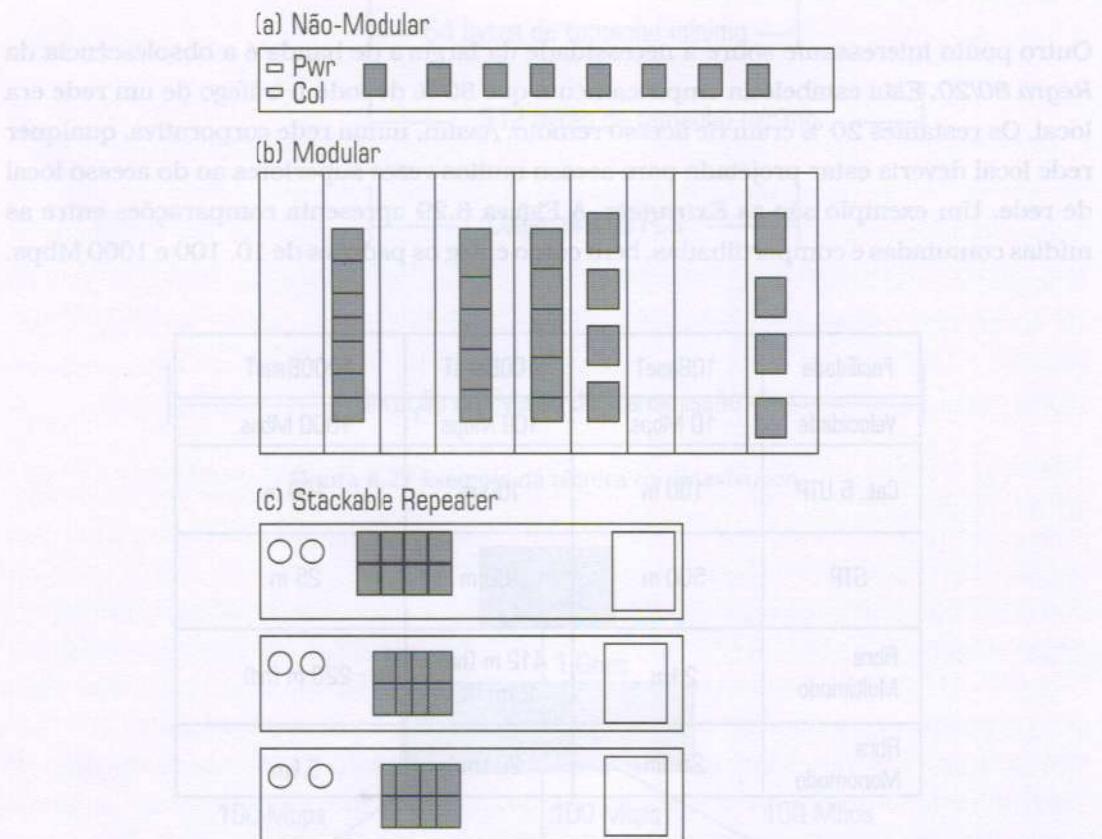


Figura 6.30 Exemplos de comutadores (a) não-modulares, (b) modulares e (c) empilháveis.

Uma direção natural de atualização é o uso de um *switch* de Gigabit como backbone naqueles ambientes onde *switches* de 100 Mbps eram empregados como enlaces da LAN. Nos últimos anos, a tecnologia de *switching* tem ajudado a melhorar o desempenho das LANs, através da substituição das LANs com mídias compartilhadas e largura de banda fixas. Os usuários se beneficiam das LANs *Switched* efetuando suas ligações *ponto-a-ponto*, evitando o compartilhamento das redes a cabo. Para melhorar o desempenho das LANs *Switched*, criando ambientes lógicos de redes, o nível 3 era uma função que deveria ser implementada nos *switches*, semelhante àquela função dos roteadores.

Multilayer switching é uma evolução prática das tecnologias de LAN *switching* e de *routing*. Esta técnica, de baixo custo em comparação com o *routing*, remove os problemas de *escalabilidade* e *throughput* que limitam o crescimento de uma LAN. O *Multilayer switching* permite que tenhamos uma LAN, ou um conjunto de LANs, conhecida pelo *Switch*. Desta forma, não somente *segmentos* de LANs podem existir num *switch*, mas diferentes LANs *Multilayer switching* têm inúmeras abordagens para a implementação da solução de ping, aplicando-se *multicamadas* e outras.

switching. Estas técnicas diferem umas das outras na forma pela qual a comutação de pacotes será efetuada. Entre as mais conhecidas técnicas de comutação temos:

- IP Switching
- Tag Switching
- ARIS

O *IP Switching* foi desenvolvido pela Ipsilon em 1996, permitindo o reencaminhamento em altavelocidade de pacotes em redes ATM. A solução *IP Switching* foi rotulada como mais simples e eficaz do que o protocolo *MPOA* (*MultiProtocol Over ATM*). Um *switch IP* faz o mapeamento das funções de reencaminhamento de um roteador na matriz do hardware de um *switch*. A técnica pode ser usada por qualquer aplicação que empregue o *IP*, não sendo restrita a nenhum tipo de protocolo de roteamento em particular.

O conceito de *fluxo* é o utilizado pelo *IP Switching*. Nesta abordagem, o reencaminhamento é determinado pelos primeiros pacotes no fluxo. Um exemplo da operação do *IP Switching* é o envio de uma seqüência de pacotes de uma determinada porta de origem para uma porta de destino com os mesmos requisitos de Qualidade de Serviços (*QoS*). Os primeiros pacotes determinam a classificação do fluxo. Esta classificação é armazenada e utilizada para os próximos pacotes do fluxo. Com esta ação é evitada a consulta à tabela de roteamento.

O *Tag Switching* foi uma abordagem desenvolvida pela CISCO em setembro de 1996. Esta técnica recai numa categoria de roteamento conhecida como *label-swapping*. O conceito de *label-swapping* são pacotes Ethernet, ou células ATM, que carregam uma etiqueta de tamanho fixo que diz para os nós *switches* como processar a informação. Este protocolo, em coordenação com outros protocolos da camada de rede (exemplo: OSPF), estabelece enlaces comutados numa rede de Roteadores Comutados Integrados (*Integrated Switch Routers – ISR*).

O protocolo *ARIS* propõe uma pequena modificação na abordagem de comutação de *labels*. O diferencial da proposta é que o *label* usado para rotear ou comutar pacotes entre nós é carregado na porção de endereço do destinatário. Para *unicast*, o endereço MAC do ponto egresso da rede é identificado pelos *ARIS*. O protocolo *ARIS* difere do *Tag Switching* no uso do algoritmo baseado em rotas, ao contrário do algoritmo comutado por fluxo empregado no *Tag Switching*.

Redes Locais Token-Passing

Devido à contenção existente nas redes CSMA, o que pode algumas vezes gerar situações indesejáveis, as redes *Token-Passing* foram idealizadas para prover aos computadores um acesso ordenado à rede local. Mas, surge a dúvida:

Como é efetuado esse acesso ordenado?

A maneira de acessar a rede de forma ordenada é caracterizada pelo uso de um *token* (uma permissão). Em outras palavras, aquele *computador da rede* que dispõe da permissão pode fazer sua transmissão. A permissão é passada de computador para computador até que o computador que está pendente da mensagem receba o pacote. A próxima questão seria:

Qual a próxima estação a ter acesso ao *token*?

Depois da mensagem ter sido transmitida, o *token* é passado para a próxima estação. A abordagem das redes *Token-Passing* baseiam-se no *polling distribuído*. Exemplos clássicos de redes locais que utilizam o *polling distribuído* são as redes a *token-ring* e *token-bus*.

Uma rede em anel Token-Ring apresenta a necessidade de um módulo ativo em série no enlace de transmissão. Nesta configuração em anel, diferente da barra, a distorção do sinal é menor. Uma rede Token-Ring é implementada ponto-a-ponto. Por outro lado, na configuração de barra, múltiplas conexões (transceivers) implicam na distorção da qualidade de sinal e controle do mesmo. No anel, não existe limitação inerente de distância, porque cada ponto de acesso das estações representa um elemento regenerador do sinal digital. Numa configuração em barra, existe a alocação do canal inteiro para um elemento ativo. Uma configuração com topologia em barra deve estar naturalmente empregando uma mídia de acesso *multiponto* de banda base. Numa rede *Token-Ring*, é possível criarmos subcanais empregando a técnica de multiplexação por divisão de tempo.

As implementações *ARCnet* e *Token-Ring* utilizam a abordagem de *token* em suas configurações de rede.

Topologia Física – Rede ARCnet

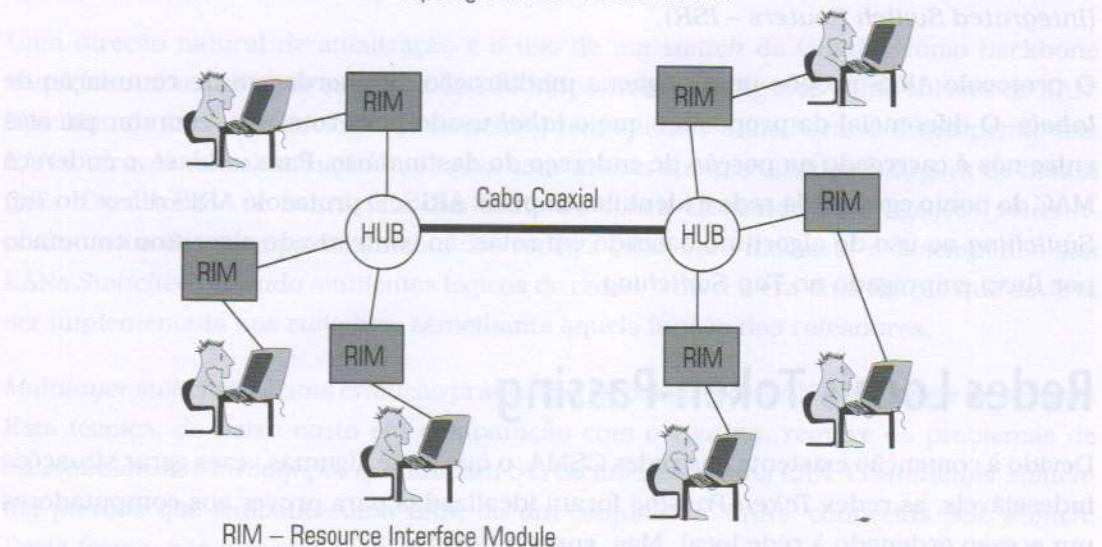


Figura 6.31 Um exemplo da rede ARCnet.

A ARCnet (*Attached Resource Computer network*) foi a primeira rede americana implementada na filosofia token-passing, desenvolvida pela empresa Datapoint Corp. Os protocolos e a rede eram, a princípio, proprietários, tornando abertos, em 1982. Uma configuração ARCnet é funcionalmente uma *token-passing bus*, embora sua topologia seja híbrida *barra/estrela*. A Figura 6.31 ilustra um exemplo da rede ARCnet.

As características gerais de uma rede *ARCnet* são: transmissão em Baseband 2,5 Mbps, as estações podem estar distantes até quase 8 km; os *hubs* podem ter distâncias entre si de até 2.000 pés; em uma configuração máxima podemos ter até dez *hubs* e a existência de cinco formatos básicos de pacotes de mensagem. As quatro primeiras mensagens são utilizadas para informação de controle e a quinta é responsável por carregar informação entre computadores. A Figura 6.32 ilustra os cinco diferentes tipos de mensagens.

Tipo de Mensagem								
1	Alert	EOT	DID	DID				Token
2	Alert	ENQ	DID	DID				Free-buffer enquiry
3	Alert	ACK			ACK – Buffer Disponível			
4	Alert	NACK			Nack – Buffer Não Disponível			
5	Alert	SOH	SID	DID	DID	COUNT	DATA	CRC
								Dados

Figura 6.32 Mensagens ARCnet.

Em meados dos anos 80, a IBM lançou sua *token-passing*, que tem uma característica híbrida entre uma abordagem física em estrela e um funcionamento em forma de anel. Esta rede foi batizada de *Token-Ring*.

A rede *Token-Ring*, semelhante ao caso da Ethernet, foi padronizada pelo IEEE como o padrão 802.5. Em comparação com o padrão 802.3, os dispositivos do 802.5 são mais caros devido ao maior grau de sofisticação de controle da rede. Um exemplo de nossa afirmação é a utilização dos cabos de par trançado com blindagem (STP).

As características gerais de uma rede *Token-Ring* são:

- Taxa de transmissão de 4 e 16 Mbps.
- A rede local *Token-Ring* de 4 Mbps pode suportar 72 dispositivos (nove MAUs com oito portas) e os cabos podem ser UTP e STP.

Figura 6.33 Exemplo de uma rede Memory Channel.

- A rede de 16 Mbps pode suportar 250 dispositivos e somente cabos STP podem ser usados.
- Monitor ativo da rede é aquele que tem o maior endereço de rede.

A Figura 6.33 ilustra um exemplo de uma rede *Token-Ring*.

Topologia Física – Rede Token-Ring

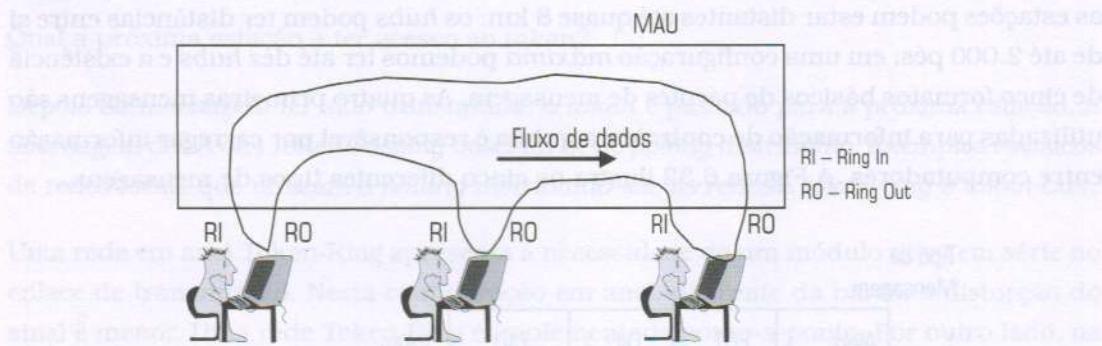


Figura 6.33 Exemplo de uma rede *Token-Ring*.

System Area Networks (SANs)

O termo *System Area Network* (SAN) foi proposto pelo famoso pesquisador Gordon Bell, que é um grande incentivador da área de computação de alto desempenho. Esse tipo de rede pode ser compreendido como uma *retirada do hardware* das chamadas redes de interconexão de computadores paralelos de alta capacidade de processamento – exemplos são o SP da IBM e Origin da SGI –, utilizadas para conectar máquinas numa sala. Em outras palavras, uma SAN pode ser interpretada como uma rede de interconexão oriunda das arquiteturas paralelas e utilizada como uma rede para conexão de computadores visando um alto desempenho.

Neste tipo de ambiente, ao contrário dos demais, o elemento dispersão geográfica é uma característica do ambiente. Uma vez que essa abordagem considera uma *extensão* do sistema de comunicação interno de computador, usualmente essas redes permitem distâncias de até poucos metros.

As SANs, diferente das atuais LANs, têm sua largura de banda na casa dos Gbps (ou até Gbytes/segundo) com uma ligação do tipo ponto-a-ponto. É importante lembrar que por outro lado a maioria das LANs implementa ligações multiponto.

Existe um extenso número de grandes empresas (o consórcio é formado por 100 organizações entre as quais IBM, Intel, SGI, 3COM, Cisco, Oracle, e Informix) que estão estudando alguns padrões para o efetivo uso das SANs. O objetivo dessas empresas é o

Exercícios

- 1) Defina o que é uma LAN e apresente algumas características intrínsecas do ambiente.
- 2) Comente sobre os problemas conhecidos que limitam a operação de uma LAN.
- 3) Estabeleça as diferenças entre as redes *multiponto* e *ponto-a-ponto*.
- 4) O que você entende por topologia de uma rede local?
- 5) Faça uma descrição funcional de uma configuração com topologia *estrela*, apresentando suas principais vantagens e desvantagens.
- 6) Explique o funcionamento de uma LAN Ethernet considerando que a topologia utilizada é em barra.
- 7) Comente a configuração de uma rede com topologia em *anel*.
- 8) Quais as técnicas que geralmente os protocolos de acesso ao meio utilizam nas redes locais?
- 9) Explique de uma maneira detalhada as diferenças de abordagem dos protocolos da questão anterior.
- 10) Descreva o funcionamento do protocolo *Aloha*.
- 11) Descreva o funcionamento do protocolo *CSMA*.
- 12) Descreva o funcionamento do protocolo *CSMA/CD*.
- 13) Explique o funcionamento de uma LAN ReC-Ring.
- 14) Comente a diferença entre os padrões Ethernet e IEEE 802.3.
- 15) Qual o significado do campo preâmbulo no quadro Ethernet?
- 16) Qual o significado do campo *SFD* no quadro IEEE 802.3?
- 17) Explique a importância do quadro Ethernet-SNAP.
- 18) Faça uma comparação das características dos padrões 10BASE5, 10BASE2 e 10Baset.
- 19) Qual o propósito do padrão 10Broad36?
- 20) O que estabelece a regra 5-4-3?
- 21) Faça uma descrição comparativa dos padrões Foon, 10BASEFL, 10BASEFB e 10BASEFP.
- 22) Comente sobre o desenvolvimento original do Fast-Ethernet com relação aos Grupos I e II.
- 23) Qual o protocolo de acesso ao meio empregado no padrão IEEE 802.12?
- 24) Faça uma comparação funcional entre os padrões 100Baset4, 100BasetX e 100BASEFX.
- 25) Quais as diferenças existentes no nível físico entre os padrões IEEE 802.3 e IEEE 802.3 u?

- 26) Apresente as diferenças entre as interfaces MII e AUI.
- 27) Qual a função do nível RS no *Fast-Ethernet*?
- 28) Quais as diferenças entre os repetidores da Classe I e II do *Fast-Ethernet*?
- 29) Descreva a função de comutadores dos níveis 2 e 3.
- 30) Explique a abordagem de uma rede VLAN.
- 31) Apresente as principais vantagens do *Gigabit Ethernet* com relação às redes FDDI e ATM.
- 32) Faça uma tabela comparativa entre os padrões *Fast Ethernet* e *Gigabit Ethernet* com relação às funções da camada física.
- 33) Explique a função das técnicas de *packet bursting* e *carrier extention* no *Gigabit Ethernet*.
- 34) Comente sobre o funcionamento das abordagens *IP Switching*, *Tag Switching* e *ARIS*.
- 35) Comente sobre o funcionamento dos protocolos de acesso ao meio *token-ring* e *ReC-Ring*.

Referências

Nossa recomendação de leitura adicional com relação às redes locais deve se iniciar com referências clássicas, tais como Comer (2001), Held (1999), Soares (1995), Stallings (1997, 1999, 2000) e Tanenbaum (1996).

Quanto às redes locais *Fast Ethernet* e *Gigabit Ethernet*, já existe uma vasta literatura específica que pode ser encontrada em Breyer (1999), Cunningham (1999), Kalkunte (1998), Saunder (1998), Seifert (1998) e Singh (1997).

A leitura recomendada sobre as SANs pode se encontrada em Buyya (1999, 1999), Foster (1998) e Pfister (1998).

Bibliografia

- BREYER, R., RILEY, S. *Switched, Fast, and Gigabit Ethernet*. MacMillan Computer, 1999.
- BUYYA, R., *High Performance Cluster Computing. V.1 – Architectures and Systems*. Prentice Hall, 1999.
- _____, *High Performance Cluster Computing; Programming and Applications. V.2*. Prentice Hall, 1999.
- CUNNINGHAM, D. *Gigabit Ethernet Networking*. MacMillan Computer, 1999.
- COMER, D. E. *Computer Networks and Internet*, 3rd, Prentice Hall, 2001.

- HELD, G. *Understanding Data Communications*, 6th ed. New Riders Publishing, 1999.
- FOSTER, I. *Grid – Blueprint for a New Computing Infrastructure*. Academic Press, 1998.
- KALKUNTE, M. KADAMBI, J. *Gigabit Ethernet: Migrating to High Bandwidth Lans*. Prentice Hall, 1998.
- PFISTER, G. *In Search of Clusters*. Prentice Hall, 1998.
- SAUNDERS, S. *Gigabit Ethernet*. McGraw-Hill, 1998.
- SEIFERT, R. *Gigabit Ethernet – Technology and Applications for High Speed Lans*. Addison Wesley Pub, 1998.
- SINGH, C. *Gigabit Ethernet Handbook*, McGraw-Hill, 1997.
- SOARES, L.F. *Redes de Computadores – Das LANs, MANs e WANs às Redes ATM*. 2^a ed., Campus, 1995.
- STALLING, W. *Local and Metropolitan Area Networks*. 6th ed. Prentice Hall, 1999.
- _____, *Business Data Communications*, 6th ed. Prentice Hall, 2000.
- _____, *Data and Computer Communications*, 5th ed. Prentice Hall, 1997.
- TANENBAUM, A S. *Computer Networks*, 3th e2sd, Prentice Hall, 1996.