

Beethovem Zanella Dias
bzdias@cbpf.br

Nilton Alves Jr.
naj@cbpf.br
<http://mesonpi.cat.cbpf.br/naj>

Evolução do Padrão Ethernet

Resumo

A rápida evolução dos padrões de tecnologias de rede nós leva a várias dúvidas sobre qual seria a melhor escolha a ser utilizada em cada situação. Esta nota técnica abordará as mudanças ocorridas no padrão ethernet desde sua criação com 2,94 Mbps até a última padronização 1Gbps.

Serão descritas mudanças na taxa de transmissão, no meio físico, na formatação dos pacotes e a sua utilização nas redes de computadores.

Índice

INTRODUÇÃO	3
ETHERNET	5
CARACTERÍSTICAS GERAIS	5
REGRAS DE CONTROLE DE ACESSO AO MEIO	5
TIPOS DE CABOS E TOPOLOGIAS	6
QUADRO ETHERNET	6
FAST ETHERNET	7
CARACTERÍSTICAS GERAIS	7
TIPOS DE CABOS E TOPOLOGIAS	8
GIGABIT ETHERNET	9
CARACTERÍSTICAS GERAIS	9
TRANSMISSÃO EM HALF-DUPLEX	9
TRANSMISSÃO EM FULL-DUPLEX	10
TIPOS DE CABOS E TOPOLOGIAS	10
10 GIGABIT ETHERNET	11
CARACTERÍSTICAS GERAIS	11
TIPOS DE CABOS E TOPOLOGIAS	11
CONCLUSÃO	11
REFERÊNCIAS	15

Introdução

A necessidade de diminuir custos, aumentar a confiabilidade, disponibilizar o compartilhamento de recursos físicos (HD, impressoras,...) e informações (banco de dados, programas,...) fez surgir as redes de computadores. Estas características fazem com que estas redes não parem de evoluir.

O padrão ethernet surgiu em 1972 nos laboratórios da Xerox com Robert Metcalfe. Com uma rede onde todas as estações compartilhavam do mesmo meio de transmissão, um cabo coaxial; a configuração utilizada para esta conexão foi a de barramento, utilizava uma taxa de transmissão de 2,94 Mbps.

No início este padrão era chamado de “Network Alto Aloha” , depois foi modificado para “ethernet” para deixar claro que este padrão pode suportar qualquer computador e para mostrar que pode ser desenvolvido fora de seus laboratórios. Metcalfe optou pela palavra “ether” de maneira a descrever uma característica imprescindível do sistema: o meio físico transporta os bits para todas as estações, como se acreditava que acontecia com o éter, o meio que preenchia o universo e o espaço entre os corpos celestes que propagava as ondas eletromagnéticas pelo espaço.

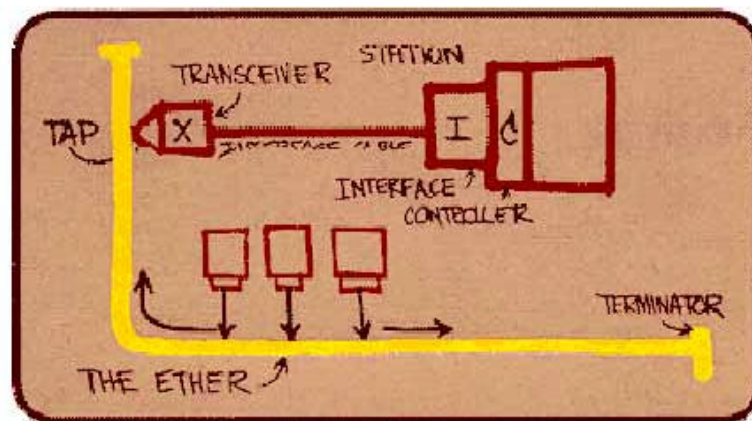


Figura: rascunho da primeira rede ethernet

A falta de padronização dificultava o progresso das pesquisas e a venda de equipamentos, com o intuito de resolver este problema foi homologado ao IEEE - Institute of Electrical and Electronic Engineers, em 1980, a responsabilidade de criar e administrar a padronização da ethernet. Desde a sua regulamentação pelo IEEE suas especificações foram totalmente disponibilizadas. Esta abertura combinada com a facilidade na utilização e com sua robustez resultou no largo emprego desta tecnologia.

O surgimento de avanços tecnológicos, sua padronização e o aumento da quantidade de redes que utilizavam este padrão no decorrer do tempo estão descritos no gráfico a seguir.

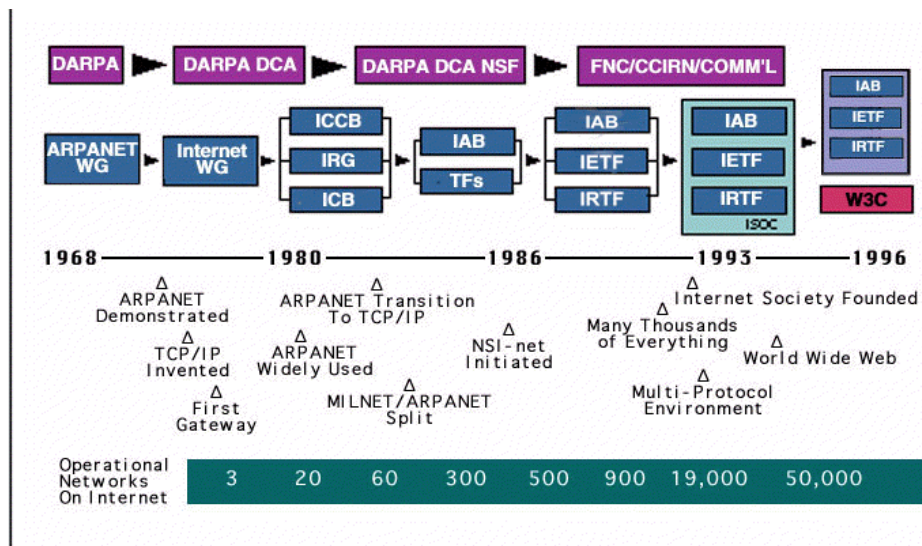


Figura com ordem cronológica dos principais acontecimentos e da criação de órgãos padronizadores

A tecnologia ethernet, basicamente, consiste de três elementos: o meio físico, as regras de controle de acesso ao meio e o quadro ethernet.

O modo de transmissão é uma característica importante da ethernet, podendo ser:

- ✍ Simplex: durante todo o tempo apenas uma estação transmite, a transmissão é feita unilateralmente;
- ✍ Half-duplex: cada estação transmite ou recebe informações, não acontecendo transmissão simultânea;
- ✍ Full-duplex: cada estação transmite e/ou recebe, podendo ocorrer transmissões simultâneas.

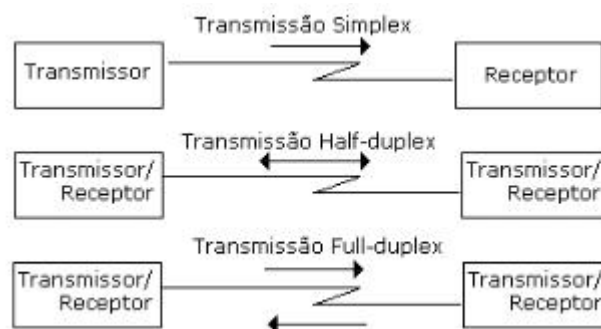


Figura do diagrama dos modos de transmissão

Ethernet

Características Gerais

A Ethernet é um padrão de camada física e camada de enlace, opera à 10 Mbps, com quadros que possuem tamanho entre 64 e 1518 bytes. O endereçamento é feito através de uma numeração que é única para cada host com 6 bytes sendo os primeiros 3 bytes para a identificação do fabricante e os 3 bytes seguintes para o número sequencial da placa. Esta numeração é conhecida como endereço MAC – Media Access Control.

A sub-camada MAC, pertencente a camada 2 da pilha de protocolos OSI, controla a transmissão, a recepção e atua diretamente com o meio físico, conseqüentemente cada tipo de meio físico requer características diferentes da camada MAC.

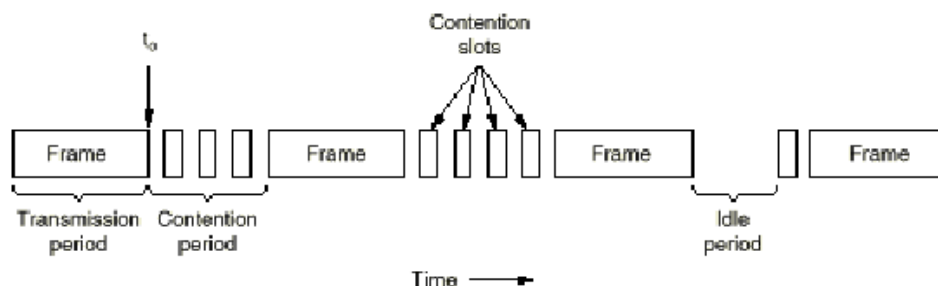
As características da camada de MAC:

- ✍ Modo de transmissão half-duplex, evoluindo para full-duplex;
- ✍ Encapsulamento dos dados das camadas superiores;
- ✍ Desencapsulamento dos dados para as camadas superiores;
- ✍ Transmissão dos quadros;
- ✍ Recepção dos quadros.

Regras de Controle de Acesso ao Meio

O modo de transmissão em half-duplex requer que apenas uma estação transmita enquanto que todas as outras aguardam em “silêncio” esta é uma característica básica de um meio físico compartilhado. O controle deste processo fica a cargo do método de acesso *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection* - CSMA/CD qualquer estação pode transmitir quando “percebe” o meio livre. Pode ocorrer que duas ou mais estações tentem transmitir simultaneamente; nesse caso, ocorre uma colisão e os pacotes são corrompidos. Quando a colisão é detectada, a estação tenta retransmitir o pacote após um intervalo de tempo aleatório. Isto implica que o CSMA/CD pode estar em três estados transmitindo, disputando ou inativo.

A figura a seguir mostra o comportamento do CSMA/CD no tempo.



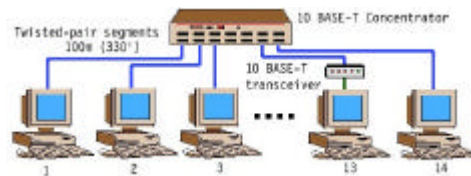
Tipos de Cabos e Topologias

Os principais cabos utilizados são:

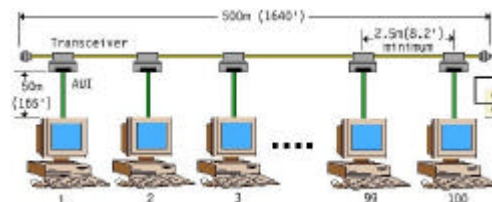
- ✍ Coaxial fino;
- ✍ Coaxial grosso;
- ✍ Par trançado sem blindagem.

As topologias suportadas são:

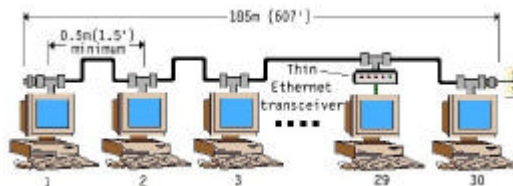
- ✍ Barramento: utilizando cabos coaxiais fino ou grosso;
- ✍ Estrela: utilizando cabos de par trançado sem blindagem;
- ✍ Árvore: combinação das anteriores.



Topologia em estrela com cabo de par trançado

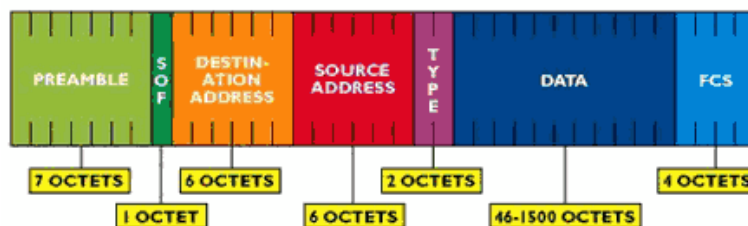


Topologia em barramento utilizando cabo coaxial grosso



Topologia em barramento utilizando cabo coaxial fino

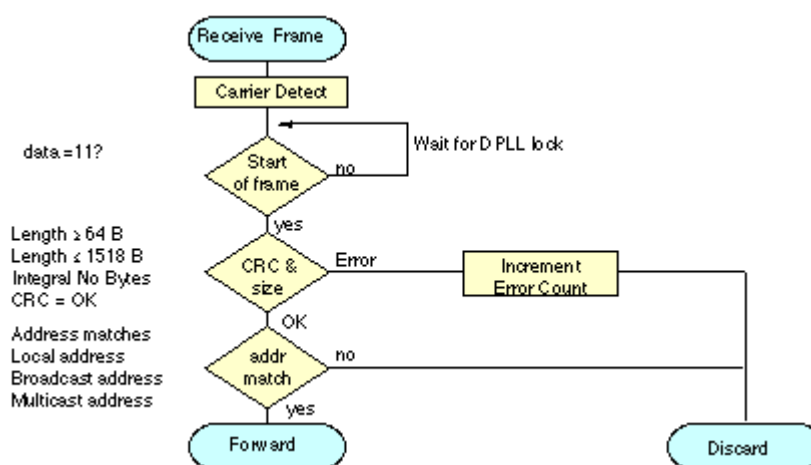
Quadro Ethernet



O quadro ethernet é dividido em campos. Os principais campos podem ser descritos da seguinte maneira:

- ✍ Destination Address: contem o endereço MAC do destinatário;
- ✍ Source Address: contem o endereço MAC do remetente;
- ✍ Type/Length: indica o tamanho em Bytes do campo de dados;
- ✍ Data: contem os dados que deverão ser passados a próxima camada, deve ter tamanho mínimo de 46 bytes e máximo de 1500 bytes;
- ✍ FCS – Frame Check Sequence: contem o Cyclic Redundancy Check (CRC).

O algoritmo de reconhecimento de um quadro ethernet para uma máquina que compartilha o meio é:



Fast Ethernet

Características Gerais

O padrão fast ethernet manteve do padrão ethernet o endereçamento, o formato do pacote, o tamanho e o mecanismo de detecção de erro. As mudanças mais significativas em relação ao padrão Ethernet são o aumento de velocidade que foi para 100 Mbps e o modo de transmissão que pode ser half-duplex ou full-duplex.

Com modo de operação half-duplex não aconteceram mudanças no método de acesso – CSMA/CD. Porém no modo full-duplex aconteceram as seguintes mudanças:

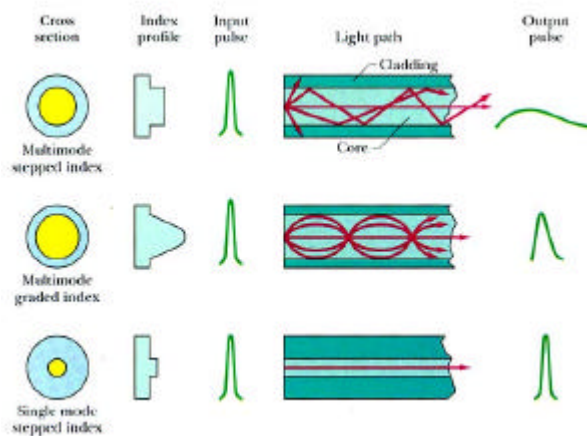
- ✍ Criação dos *pause frames*, são pacotes que a máquina que está recebendo a informação envia a fonte para avisá-la que deve pausar a transmissão durante um período de tempo;
- ✍ Não existe mais diferenciação entre estar transmitindo e estar recebendo;

- ✍ Não é mais necessário “perceber” o silêncio da linha, a transmissão se faz quando o receptor se diz apto;
- ✍ Aumento da banda (200 Mbps).

Tipos de Cabos e Topologias

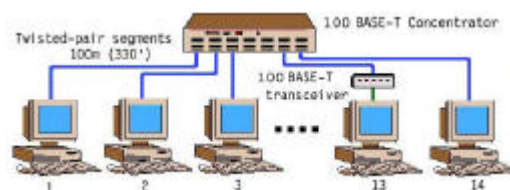
Os cabos que podem ser utilizados são:

- ✍ Coaxial fino;
- ✍ Par trançado sem blindagem;
- ✍ Fibra ótica, multimodo e monomodo.



As topologias suportadas são:

- ✍ Barramento: utilizando cabo coaxial fino;
- ✍ Estrela: utilizando cabos de par trançado sem blindagem.



Topologia em estrela com cabo de par trançado

Gigabit Ethernet

Características Gerais

Este novo padrão agregou valor não só ao tráfego de dados como também ao de voz e vídeo. O gigabit ethernet foi desenvolvido para suportar o quadro padrão ethernet, isto significa manter a compatibilidade com a base instalada de dispositivos ethernet e fast ethernet e não requerer tradução do quadro. Possui taxa de transmissão de 1Gbps e, na sua essência, segue o padrão ethernet com detecção de colisão, regras de repetidores, aceita modo de transmissão half-duplex e full-duplex. Algumas mudanças foram necessárias para obter o suporte ao modo half-duplex.

Transmissão em Half-Duplex

O controle da transmissão em modo half-duplex é realizado pelo CSMA/CD, com a finalidade de tornar possível a comunicação e a recuperação devido a colisões. Os princípios do CSMA/CD utilizados no ethernet e no fast ethernet são os mesmos dos utilizados no gigabit ethernet, isto é permitiriam a utilização do gigabit em redes que utilizassem *hubs*.

O fato do CSMA/CD utilizar o tempo de espera, torna necessária a criação de um quadro mínimo para o domínio de colisão. Um domínio de colisão é determinado pelo tempo de transmissão do menor quadro válido. Esta transmissão determinará o valor máximo entre duas estações terminais em um segmento compartilhado. O crescimento da taxa de transmissão leva ao decréscimo do tempo de transmissão de um quadro, assim como diminui o diâmetro máximo de colisão. O tamanho do menor quadro para um domínio de colisão é determinado pelo atraso máximo dos vários dispositivos da rede, como repetidores, pela camada MAC das estações e pelo meio físico em si.

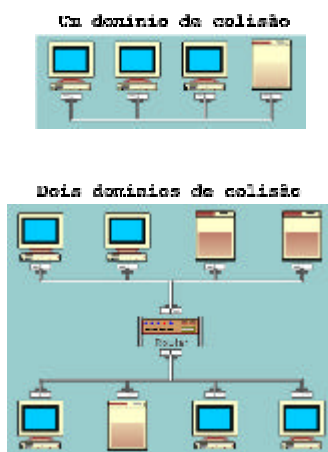
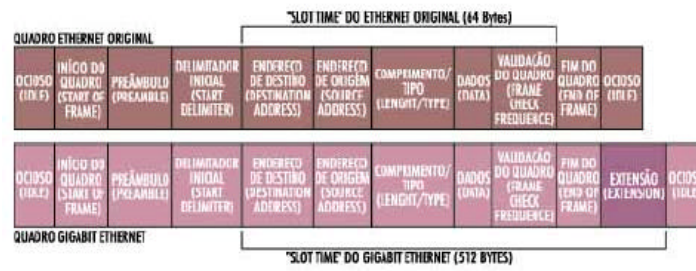
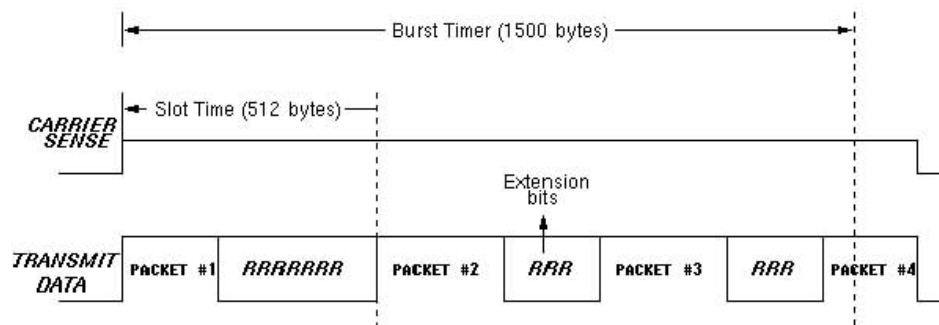


Figura ilustrando domínios de colisão

O crescimento de 10 Mbps para 1 Gbps criou alguns impasses em relação a implementação do CSMA/CD. Para taxas acima de 100 Mbps, os menores pacotes são menores que o tamanho do *slot-time* – unidade de tempo MAC ethernet para verificar colisões. Com a finalidade de resolver este problema foram adicionados bits ao quadro ethernet – um processo chamado *carrier extension*.



Outra mudança foi a introdução da rajada de quadros – *frame burst*. A rajada de quadros é uma característica opcional, através da qual uma estação pode transmitir vários pacotes para o meio físico sem perder o controle. A transmissão em rajada é feita preenchendo-se o espaço entre os quadros com bits, de maneira que o meio físico não fique livre para as outras estações transmitirem.



Transmissão em Full-Duplex

Sua utilização no gigabit ethernet aumenta a banda de 1 Gbps para 2 Gbps, aumenta as possíveis distâncias para meio e elimina a colisão. O controle não será mais feito pelo CSMA/CD e sim pelo *Flow Control*.

O mecanismo *flow control* deve ser utilizado em enlaces ponto-a-ponto. Quando a estação receptora se torna congestionada, ela envia de volta um quadro chamado *pause frame*, este quadro contém instruções para que seja parado o envio de informações durante um intervalo de tempo específico. A estação que estava enviando aguarda o tempo requisitado e então re-inicia a transmissão, ou a estação receptora envia um outro pacote com *time-to-wait* igual a zero e instruções para recomençar o envio de informações.

Tipos de Cabos e Topologias

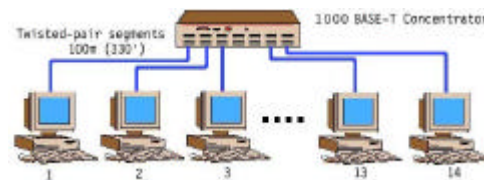
Os cabos que podem ser utilizados são:

- ✍ Coaxial fino;
- ✍ Par trançado sem blindagem;
- ✍ Fibra ótica monomodo e multimodo.

As topologias suportadas são :

- ✍ Barramento: utilizando cabo coaxial fino;
- ✍ Estrela: utilizando cabos de par trançado sem blindagem;

☞ Árvore: combinação das anteriores.



Topologia em estrela com cabo UTP

10 Gigabit Ethernet

Características Gerais

O órgão que comanda as pesquisas e a padronização é o “10 Gigabit Ethernet Alliance”. O padrão 10 gigabit ethernet, na sua essência, segue o padrão gigabit ethernet, porém seu modo de transmissão é, única e exclusivamente, full-duplex e o meio físico é a fibra ótica – multimodo ou monomodo. Em virtude do aumento da distância abrangida pela fibra ótica (40 km), o 10 gigabit ethernet já está sendo utilizado em rede metropolitanas. A sua limitação de meio físico, por enquanto somente a fibra ótica, só permite ligações ponto-a-ponto.

Tipos de Cabos e Topologias

Os cabos que podem ser utilizados são:

- ☞ Fibra ótica monomodo;
- ☞ Fibra ótica multimodo;
- ☞ Cabo par trançado, ainda está em estudos para padronização.

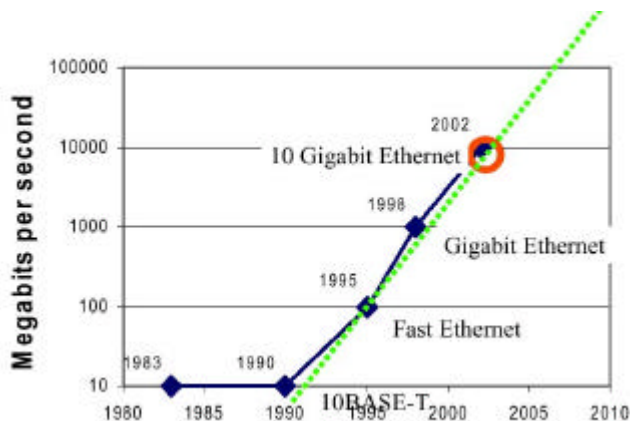
A topologia suportada é:

- ☞ Estrela: fazendo ligações ponot-a-ponto com dispositivos de rede;

Conclusão

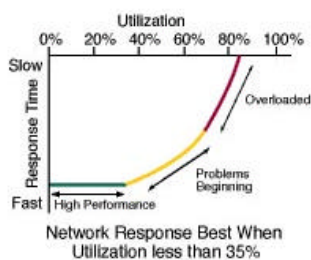
O aumento da utilização da banda, a necessidade de qualidade de serviço, a mudança no perfil do tráfego, entre outros fatores impulsionaram a evolução da ethernet. Porém as mudanças não aconteceram somente no aumento da taxa, aconteceram mudanças no meio físico, e em outros aspectos, que serão analisados agora.

Toda a evolução da ethernet foi acompanhada pela padronização feita pelo IEEE, fazendo parte do projeto 802.3, conforme o diagrama cronológico a seguir:



onde as marcações do gráfico dizem respeito ao ano de padronização da tecnologia e para o 10 gigabit ethernet está prevista a sua padronização em março de 2002.

O aumento da utilização da banda, com voz e vídeo, gerou um decréscimo na qualidade da transmissão, o que implica na necessidade de aumento da banda para melhorar a qualidade da transmissão. O gráfico a seguir mostra como se comporta a rede de acordo com o aumento da utilização.

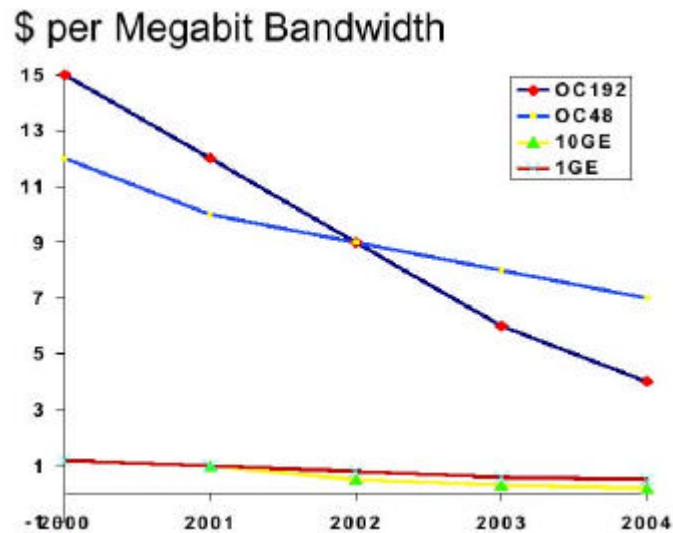


O meio físico também sofreu alterações, como materiais novos e maior alcance dos cabos. A tabela a seguir mostra a evolução das distâncias permitidas juntamente com o aumento da taxa de transmissão.

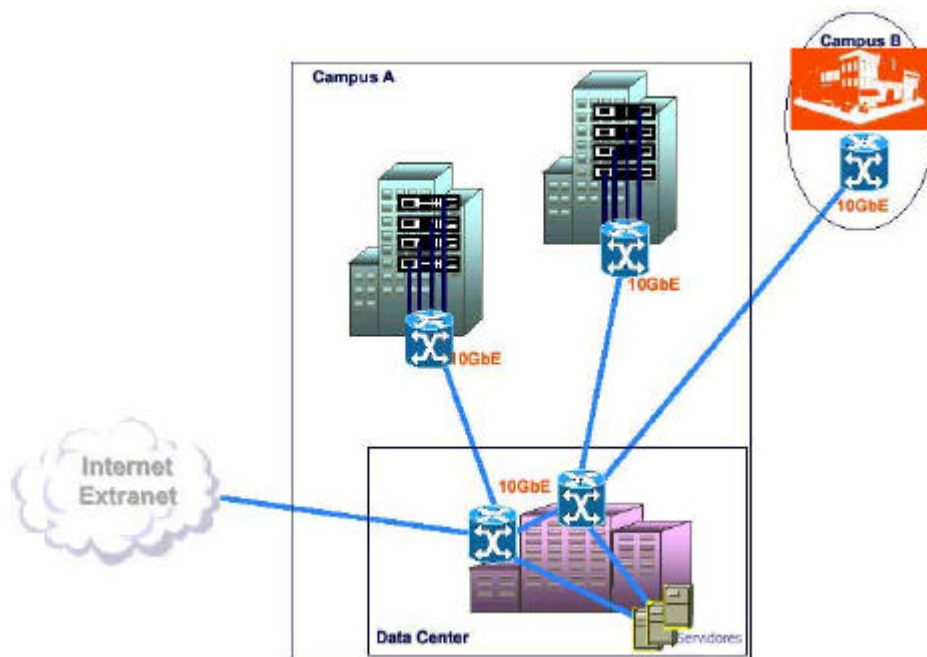
	10 Mbps	100 Mbps	1 Gbps	10 Gbps
Fibra Monomodo	25 km	20 km	3 km	40 km
Fibra Multimodo	2 km	2 km	500 m	300 m
STP/ COAX	500 m	100 m	25 m	-
UTP cat5	100 m	100 m	100 m	*

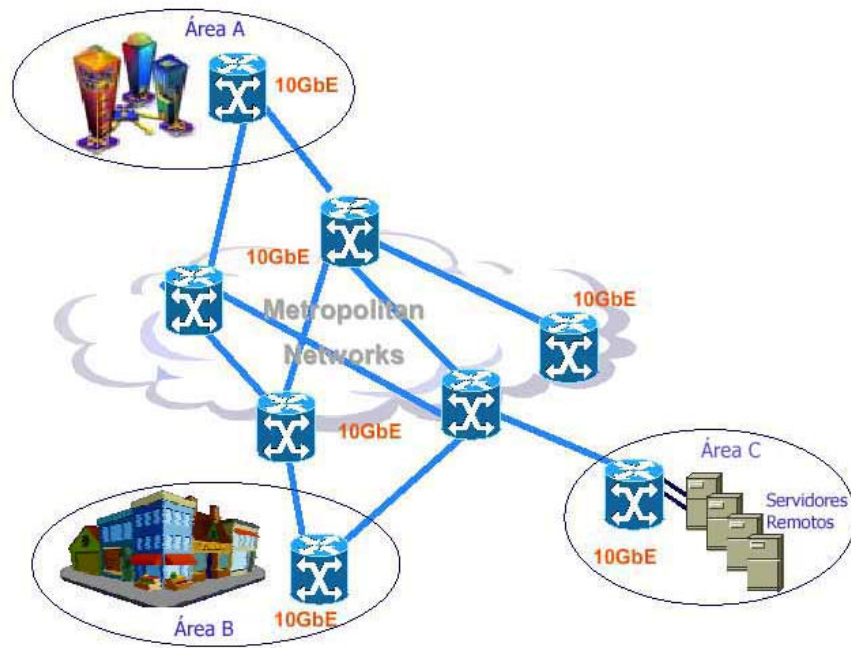
* ainda sobre estudos de viabilidade no IEEE.

A utilização para enlaces de redes metropolitanas dos padrões “gigabit ethernet” e do “10 gigabit ethernet” fez deles novos concorrentes nesta área, sua utilização tem várias vantagens, tais como: menor curva de apredizagem, menores investimentos. O gráfico abaixo representa o custo das várias tecnologias para redes metropolitanas no decorrer do tempo.



O perfil de utilização do padrão “10 gigabit ethernet” é mais abrangente do que do “ethernet”, uma vez que o ethernet está limitado a redes locais enquanto que o 10 gigabit ethernet abrange desde redes locais à redes metropolitanas. Alguns exemplos, além da sua utilização em redes locais, são:





Referências

- ✎ “IEEE 802.3 CSMA/CD (Ethernet)”, <http://grouper.ieee.org/groups/802/3/index.html>
- ✎ ‘Charles Spurgeon’s Ethernet (IEEE 802.3)’, <http://wwwhost.ots.utexas.edu/ethernet/>
- ✎ “RNP News Generation vol.2 / No.2 – Gigabit Ethernet: Um novo Horizonte”,
<http://www.rnp.br/newsgen/9802/gbe-intr.shtml>
- ✎ “Cisco – Ethernet”, http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/ethernet.htm
- ✎ ‘Internet Society (ISOC) All About the Internet: History of the Internet’,
<http://www.isoc.org/internet/history/>
- ✎ “Internet Technical Resources”, <http://www.cs.columbia.edu/~hgs/internet/>
- ✎ “Protocol Directory for WAN, LAN and ATM”,
<http://www.protocols.com/pbook/pdf/index.html>
- ✎ “Internet Encyclopedia”, <http://ars.freessoft.org/CIE/>
- ✎ “Ethernet”, <http://pc12m229.unh.edu/Networks/Ethernet/Enetmap.html>
- ✎ “10 Gigabit Ethernet Alliance”, <http://www.10gea.org>