

O Nível de Enlace nas Redes Locais

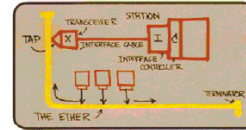
- Como já foi visto, o nível de enlace deve fornecer uma interface de serviço bem definida para o nível de rede.
- deve determinar como os bits do nível físico serão agrupados em quadros.
- Cada quadro deve ser transmitido tantas vezes quanto necessário, para assegurar que seja corretamente recebido.
- deve fornecer controle de fluxo
- deve efetuar uma comunicação segura e eficiente entre duas máquinas adjacentes.

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Ethernet

- Desenho feito por Robert Metcalfe em 1973 no centro de pesquisas da Xerox.



Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Ethernet

- Inventada pela Xerox PARC no início dos anos 70.
- tecnologia de barramento *broadcast*, que opera a 10Mbps com controle de acesso distribuído.
 - Barramento: todas as estações compartilham um único canal de comunicação;
 - *Broadcast*: todas as estações recebem todas as transmissões.
- Estima-se que mais de 90% das redes Locais instaladas a nível mundial são do tipo Ethernet.
- Tecnologia consolidada, barata e com capacidade de migração assegurada para redes de maior desempenho: Fast Ethernet de 100 Mbit/s ou Gigabit Ethernet de 1000 Mbit/s.

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Ethernet

- Principais características técnicas:
 - **Protocolo de Acesso ao Meio**: CSMA/CD *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect* (não determinístico)
 - **Taxa Nominal**: 10 Mbit/s.
 - **Meios de Transmissão**: Par Trançado, Cabo Coaxial e Fibra Ótica
 - **Tipo de Transmissão**: Banda Base com codificação Manchester Diferencial.
 - **Topologia Lógica**: Barra com terminação
 - **Topologia Física de Implementação**: HUB em Estrela.
 - **Número máximo de Segmentos por domínio de Colisão**: 5
 - **Número máximo de Repetidores** (ou HUB's ativos hierarquizados): 4

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Ethernet

- **Número máximo de conexões por segmento**: 10BaseT: 2
10Base2: 30
10Base5: 30
10Base FL: 2
- **Padronização**: ANSI (*American National Standard Institute*): IEEE 802.3 e ISO (*International Standard Organisation*): ISO 88023.

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Ethernet

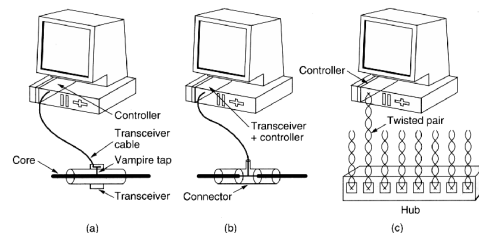


Fig. 4-18. Three kinds of 802.3 cabling. (a) 10Base5. (b) 10Base2. (c) 10Base-T.

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Técnicas de acesso múltiplo Aloha

- **Idéia básica:** deixar usuários transmitir sempre que tiverem dados a enviar
- Haverá colisões e os quadros colididos serão destruídos
- O remetente pode *ouvir* o barramento para saber se houve ou não colisão
- Se o quadro foi destruído, o remetente espera um tempo aleatório e o envia novamente

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Técnicas de acesso múltiplo Aloha

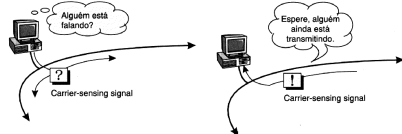
- **Vantagem:** simplicidade e, consequentemente, baixo custo
- Em que perfil de rede o método se aplicaria
 - redes onde o tráfego de rede é baixo
 - onde não há necessidade de se ter um tempo de resposta máximo limitado
 - não há preocupação com esquemas de prioridade

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Técnicas de acesso múltiplo CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*)

- Em redes locais uma estação pode detectar o que outras estações estão fazendo
- Utilização desta funcionalidade no controle de acesso ao meio
 - possibilidade de se obter melhores taxas na sua



Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

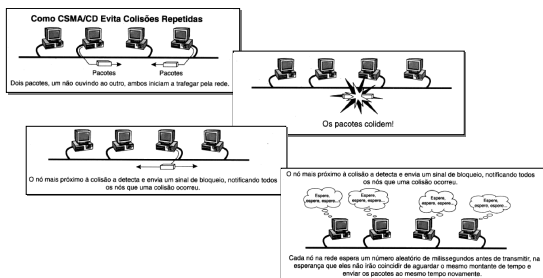
Técnicas de acesso múltiplo CSMA/CD

- CSMA with *Collision Detection*
- Método mais eficiente que o Aloha
 - garante que nenhuma estação começa a transmitir enquanto estiver *ouvindo* tráfego na rede (proveniente de outras estações)
- Estações interrompem a transmissão tão logo detectem colisão.

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Técnicas de acesso múltiplo CSMA/CD



Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Técnicas de acesso múltiplo CSMA/CD

- Após detectada uma colisão, a estação espera por um tempo para retransmitir
 - a estação, ao detectar uma colisão, espera por um tempo aleatório entre zero e um limite superior
 - com a finalidade de controlar o canal e mantê-lo estável mesmo com tráfego alto, o limite superior é dobrado a cada colisão sucessiva

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Ethernet - Controle de Acesso

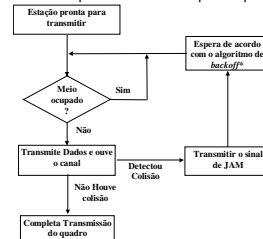
- É distribuído porque não há autoridade central concedendo acesso.
- É chamado *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect* (CSMA/CD).
 - CSMA porque cada ponto de acesso múltiplo "sente" uma onda portadora para determinar quando a rede está ociosa.
 - Cada máquina que quer transmitir "escuta" o meio para verificar se alguma mensagem está sendo transmitida.
 - Quando nenhuma transmissão é detectada, a máquina inicia a transmissão.
 - Cada transmissão tem duração limitada (porque há um tamanho máximo do pacote), e há um tempo ocioso mínimo necessário entre transmissões, para que nenhum par de máquinas use a rede sem dar oportunidade de acesso a outras máquinas.

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Ethernet - Controle de Acesso

- No caso de duas ou mais estações decidirem transmitir ao mesmo tempo, haverá uma colisão.
 - Cada estação detecta a colisão, aborta sua transmissão, espera um período de tempo randômico e repete o processo novamente.



Ethernet - Controle de Acesso

- Algoritmo Binário Exponencial de *Backoff*: determina quando a estação pode transmitir.
- O algoritmo determina o número (r) de *time slots* (τ) que o terminal deverá esperar após uma colisão, antes de fazer uma nova tentativa de transmissão.
 - $\text{time slot} \rightarrow \tau = 2$
- Nesta expressão τ é o tempo de propagação máxima pelo meio.
- **Colisão**: todos os terminais que colidiram param de transmitir e determinam o instante de uma nova tentativa de transmissão a partir de um algoritmo de retardo definido por:
 - $m = (2^i - 1)$
- em que m representa o limite máximo superior de *time slots* de espera e i indica o número de colisões.

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Ethernet - Controle de Acesso

- O terminal retransmite no *time slot* r , escolhido arbitrariamente no intervalo dado por:
 - $(0 \leq r \leq m)$.
- No caso da IEEE 802.3 o número máximo de colisões é 16, porém o valor máximo de m é fixado em 1023, ($i = 10$).
 - Ex.: 1ª tentativa ($i = 1$), após a colisão, a escolha será entre (0, 1);
 - 2ª tentativa, após nova colisão, a escolha será entre (0, 1, 2, 3),
 - 3ª tentativa, após nova colisão, a escolha será entre (0, 1, ..., 5, 6, 7), etc.
 - Só depois de um tempo τ , após iniciar a transmissão o terminal tem certeza de que adquiriu o meio.

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Ethernet - Endereçamento

- Todas as interfaces recebem uma cópia de todos os pacotes, mesmo aqueles endereçados a outras máquinas.
- Há um mecanismo de endereçamento que evita que pacotes não desejados sejam passados a máquina.
- Os mecanismos de endereçamento e filtragem são necessários para evitar que um computador seja sobrecarregado com dados que chegam.
- Cada computador conectado a Ethernet possui um endereço Ethernet ou endereço MAC, o qual é um inteiro de 6 bytes.
- Este endereço normalmente é setado na placa, sendo único no mundo.
- Também chamados endereços físicos ou endereços de hardware.
- Exemplo de um endereço Ethernet: 20:11:05:A6:13:2B

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Ethernet - Endereçamento

- O endereço Ethernet pode ser um dos seguintes tipos:
 - O endereço físico de uma interface de rede,
 - O endereço *broadcast* de rede, ou
 - Um endereço *multicast*.
- Endereço *broadcast* (todos os bits setados em 1, exemplo: FF:FF:FF:FF:FF:FF)
 - reservado para enviar para todas as estações simultaneamente.
- Endereço *multicast* um subconjunto dos computadores em uma rede responde a um endereço *multicast*.
 - Todos os computadores em um grupo *multicast* podem ser alcançados simultaneamente, sem afetar computadores fora do grupo.
- A interface da máquina aceita, 2 tipos de transmissões: o endereço físico da interface e o endereço *broadcast*.

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Formato do Quadro IEEE 802.3

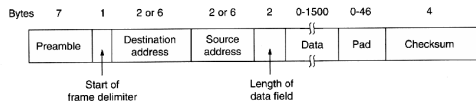


Fig. 4-21. The 802.3 frame format.

- **Preâmbulo**
 - 7 bytes contendo o padrão 10101010
 - código Manchester deste padrão produz uma onda quadrada de 10MHz por 5.6 μ s para permitir que o clock do receptor sincronize com o do transmissor

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Formato do Quadro IEEE 802.3

- **Delimitador de início**
 - contém o padrão 10101011 e marca o início do quadro
- **Endereços**
 - endereço do destino e endereço do remetente
 - podem ter dois formatos alternativos (2 ou 6 bytes)
 - bit mais significativo do endereço destino é 0 para um endereço comum ou 1 para endereço de grupo
 - bit 46 indica se o endereço é local ou global

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Formato do Quadro IEEE 802.3

- **Tamanho do campo de dados**
 - indica o número de bytes do campo de dados (0 a 1500)
 - tamanho mínimo do quadro deve ser igual a 64 bytes
 - quadros muito pequenos causam **confusão** com restos de quadros colididos
 - o quadro **deve** ter um tamanho mínimo de modo a prevenir que uma estação complete sua transmissão antes de seu início alcançar toda a extensão do cabo
 - pode ser necessário preencher com informação insignificante (pad) para a obtenção de um quadro com o tamanho mínimo
- **CRC: verificação de erros de transmissão**

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Formato do Quadro IEEE 802.3

- Sob o ponto de vista da Internet, a principal característica dos pacotes Ethernet é que eles são auto-identificáveis
 - possuem o endereço origem e destino, bem como a identificação do protocolo (tipo).
 - Quando um pacote chega em uma dada máquina, o Sistema Operacional usa o campo "tipo" para determinar qual módulo de software de protocolo usar para processar o pacote.
 - Vantagem: permitir que múltiplos protocolos sejam usados em uma única máquina e permitir que múltiplos protocolos sejam usados na mesma rede física, sem interferência.
 - Exemplo: pode haver uma aplicação usando um protocolo Internet, enquanto outra usa um protocolo experimental local.
 - O Sistema Operacional decide para onde enviar os pacotes que chegam, baseado no campo "tipo" existente no pacote.

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Fast Ethernet

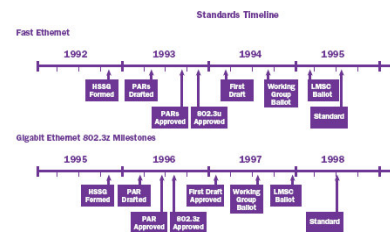
- Padrão IEEE 802.3u – 1995
- **Switches** com função:
 - Full duplex / Controle de Fluxo (802.3x)
 - Virtual LAN (VLAN) (802.3ac)
- **Codificação:**
 - NRZ, pois Manchester gera muita interferência a alta velocidade.
- **Protocolo de Controle de Acesso ao Meio:**
 - CSMA/CD
- **Cabeamento:**
 - 100BaseTx (Par trançado categoria 5) ou
 - 100BaseFx (Fibra ótica – até 2Km)

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Gigabit Ethernet

- Padrão IEEE 802.3z - 1998

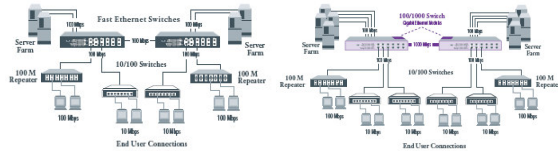


Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Gigabit Ethernet

- Surge como opção mais barata que ATM em situações que necessitam de grande largura de banda.
- Surge como nova (e forte) opção para backbone de rede local corporativa.



Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Gigabit Ethernet

- Mantém compatibilidade com 10BaseT e 100BaseTx.
- Cabeamento:
 - 1000BaseT (Par Trançado UTP Categoria 5– 100m)
 - 1000BaseCx (Cabo Coaxial – 25m)
 - 1000BaseSx (Fibra Ótica Multimodo 62.5µm/50µm – 260/550m)
 - 1000BaseLx (Fibra Ótica Multimodo 62.5µm/50µm - Monomodo – 440/550m - 5Km)

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Gigabit Ethernet

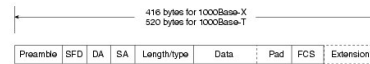
- Protocolo de Controle de Acesso ao Meio:
 - Para *half duplex*: CSMA/CD modificado
 - mantém um diâmetro de colisões em 200m (exigência do próprio algoritmo).
 - Sem isso, pequenos pacotes poderiam ser totalmente transmitidos por uma estação sem que ela "percebesse" que houve uma colisão, violando a regra do CSMA/CD.
 - Assim, a estação não "saberia" que precisa enviar novamente o pacote que se perdeu na colisão e a informação transmitida ficaria incompleta.
 - A solução encontrada: alterar o CSMA/CD.
 - O tamanho mínimo do pacote, 64 bytes, não foi modificado.
 - O tempo mínimo da portadora CSMA/CD e o *slot-time* do Ethernet é que foram estendidos de 64 bytes para 512 bytes.
 - Assim, pacotes menores que 512 bytes recebem a adição de uma extensão de portadora (*carrier extension*) no quadro do Gigabit Ethernet.
 - Estas modificações, que podem afetar o desempenho na transmissão de pacotes pequenos, foram resolvidas implementando-se um recurso chamado *packet bursting*, que, em suma, dá a capacidade a servidores, computadores e outros tipos de equipamentos de entregar "conjuntos" (*bursts*) de pequenos pacotes para utilizar a largura de banda disponível.

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Gigabit Ethernet

- Tamanho do quadro:
 - Mantém compatibilidade com Ethernet 10/100.
 - Usa quadro útil mínimo de 64 bytes, mas usa quadro real mínimo de 520 bytes.
 - Quando um quadro útil a ser transmitido não tem 520 bytes, é preenchido até chegar ao tamanho necessário (*carrier extension*).



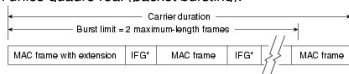
* The extension field is automatically removed during frame reception

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

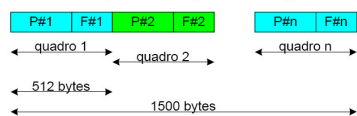
Gigabit Ethernet

- Alternativa possível para maximizar uso do meio quando muitos quadros úteis pequenos precisam ser transferidos é agrupá-los em um único quadro real (*packet bursting*).



* Extension bits are sent during interframe gaps to ensure an uninterrupted carrier during the entire burst sequence

Gigabit Ethernet (packet bursting)



Gigabit Ethernet

- Vantagens:
 - Popularidade da tecnologia Ethernet e o seu custo.
 - Oferece um aumento de 10 vezes em relação ao desempenho da tecnologia mais popular atualmente para conexão entre computadores e de servidores: o Fast Ethernet.
 - Trata-se de uma tecnologia conhecida, protegendo o investimento feito em recursos humanos e em equipamentos.
 - Não há nenhuma nova camada de protocolo para ser estudada, tendo conseqüentemente, uma pequena curva de tempo de aprendizagem em relação a atualização dos profissionais.
 - A implementação dos computadores e *hubs* Gigabit Ethernet deverá acontecer de forma simples e rápida, após um projeto que analise e defina onde os mesmos devem ser colocados dentro do *backbone*.

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

Gigabit Ethernet

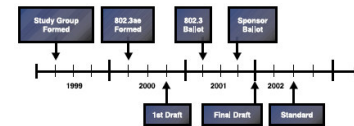
- Desvantagens:
 - Apesar da alta velocidade, o padrão Gigabit Ethernet não suporta QoS, que é um dos pontos mais fortes da tecnologia ATM.
 - Ele não pode garantir o cumprimento das exigências de aplicações, como a videoconferência com grande número de participantes, ou mesmo uma transmissão de vídeo em tempo-real de um ponto para muitos pontos.
 - Para minimizar este problema, o IEEE trabalha no sentido de desenvolver um padrão que defina um **esquema de prioridade** (IEEE 802.1p) e possibilite algo "parecido" com o QoS.

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

10 Gigabit Ethernet

- Padrão IEEE 802.3ae - 2002
- Opera somente no modo *full duplex*.
 - Não há contenção (CSMA/CD).
 - Uma estação pode transmitir sempre que desejar.
- Mantém o mesmo formato do quadro Ethernet e Fast Ethernet.
 - Carrier extension* não é necessário.
- Não fornece qualidade de serviço.



Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

10 Gigabit Ethernet

- Cabo de cobre também pode ser utilizado.

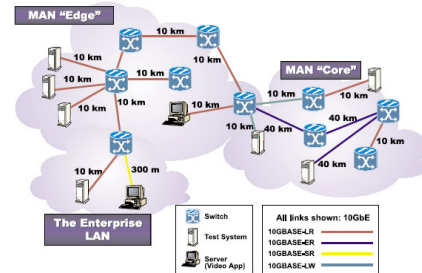
| Interface | Type of media | Estimated Distance |
|------------|----------------------------------|--------------------|
| 10GBase-SX | Multi-Mode Fiber | 100-300 m |
| 10GBase-LX | Single Mode and Multi-Mode Fiber | 5 - 15 km |
| 10GBase-EX | Single Mode Fiber | > 40 km |
| 10GBase-CX | Copper Wire | < 20 m |

Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

10 Gigabit Ethernet

- Interoperabilidade

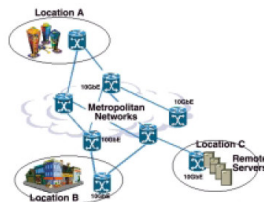


Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

10 Gigabit Ethernet

- Exemplo MAN

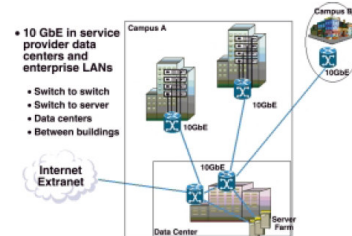


Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes

10 Gigabit Ethernet

- Exemplo LAN



Redes e Sistemas Distribuídos

Profa. Cristina Nunes