

Redes de Computadores 2

Parte 04 – camada de enlace – Ethernet

Prof. Kleber Vieira Cardoso



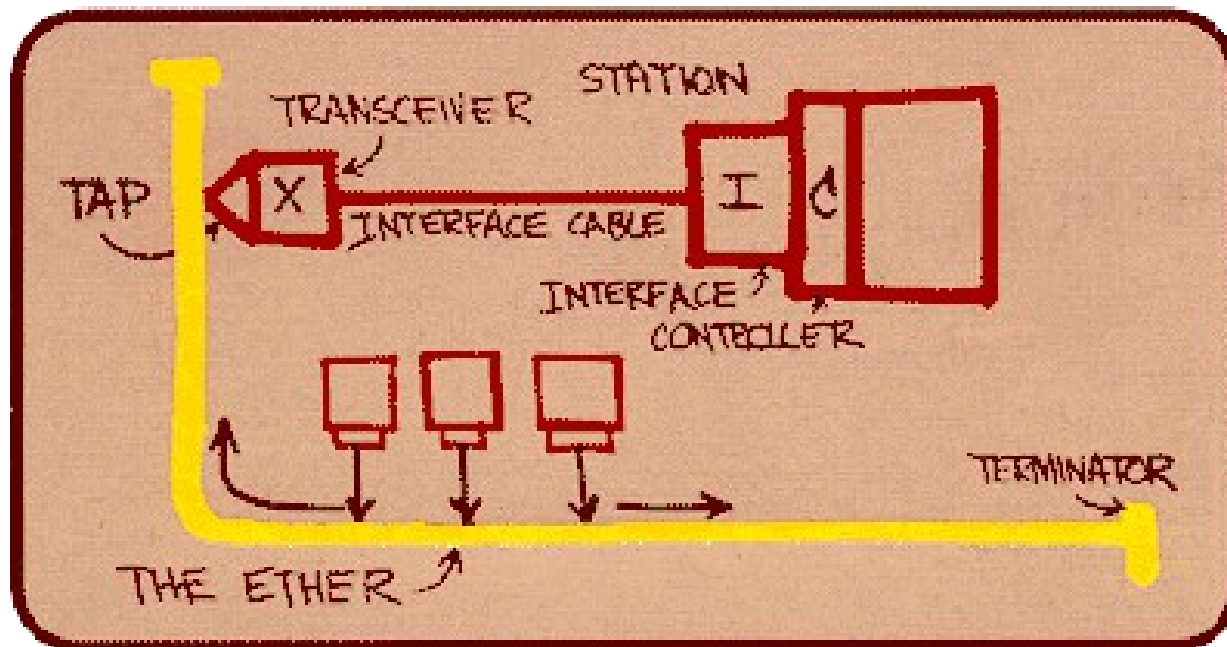
INSTITUTO DE
INFORMÁTICA
UFG

Tópicos

- Breve histórico
- Estrutura do quadro
- CSMA/CD
- Eficiência
- IEEE 802.3: 10 Mbps, 100 Mbps, 1 Gbps, 10 Gbps

Breve histórico

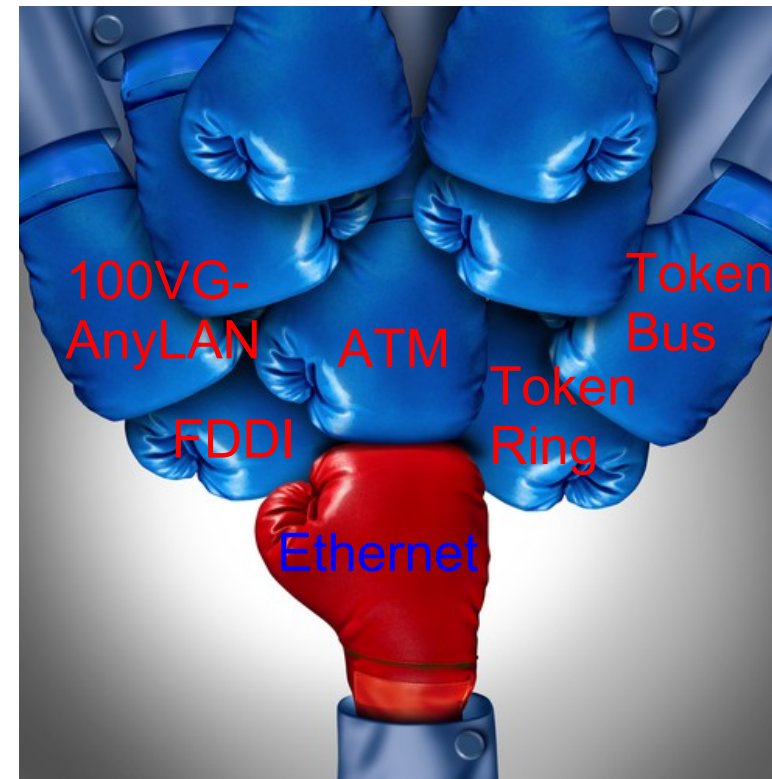
- Em meados da década de 1970, a Ethernet foi inventada por Robert Metcalfe e David Boggs
- A Ethernet foi desenvolvida sobre um canal de difusão, utilizando o protocolo CSMA/CD para controlar o acesso ao meio
- Originalmente, a Ethernet utilizava cabo coaxial para interligar as estações
 - Até meados da década de 1990 o cabo coaxial foi utilizado



Rascunho de Robert Metcalfe sobre a Ethernet

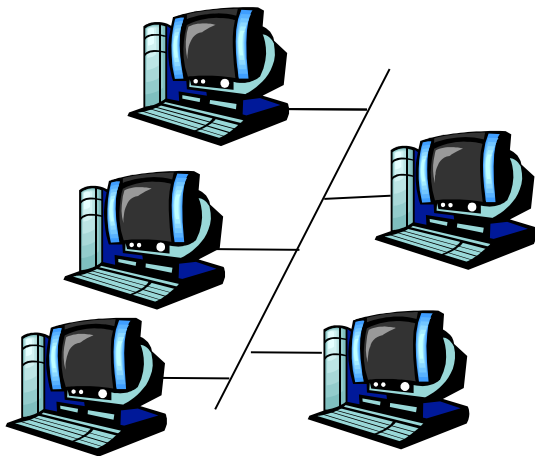
Breve histórico (cont.)

- Houve grande disputa entre tecnologias de rede local nas décadas de 1980 e 1990
 - Em 1983, é publicado o padrão IEEE 802.3
- Outras tecnologias ofereciam: atraso limitado, banda garantida, mais banda, etc.
 - Naturalmente, eram mais complexas e mais caras

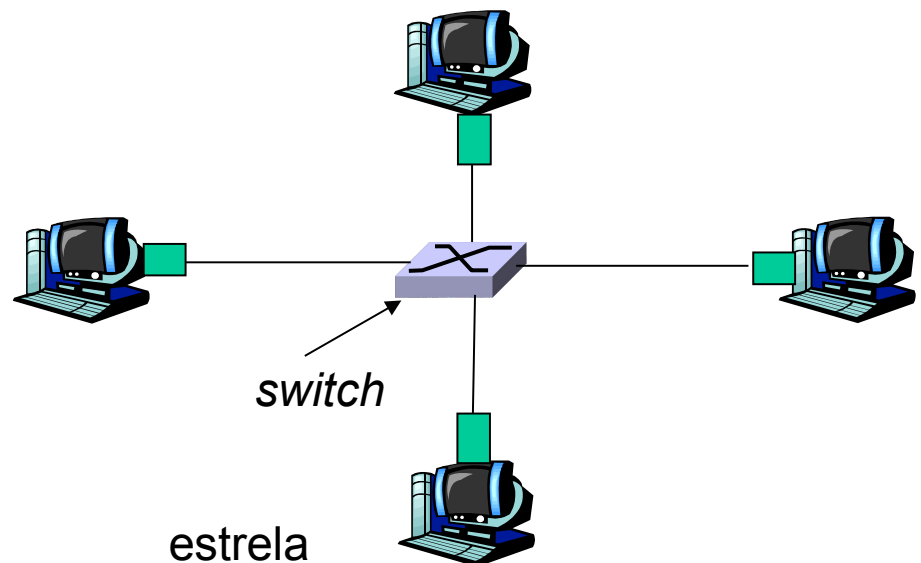


Breve histórico (cont.)

- Topologia de **barramento** popular até meados da década de 1990
 - Todos os nós no mesmo domínio de colisão
 - Uso de um concentrador (*hub*) trouxe alguma melhoria, mas logicamente continuava como um barramento
- Agora prevalência de topologia em **estrela**
 - Comutador (*switch*) no centro
 - Cada porta executa o protocolo Ethernet separadamente (os nós não colidem uns com os outros)



barramento: físico (cabo coaxial) ou lógico (*hub*)



Breve histórico (cont.)

- Ethernet tem persistido na liderança do mercado de redes locais, em parte, graças a:
 - Por ser a mais antiga tecnologia, é mais familiar para os administradores de rede
 - É muito simples
 - Tem acompanhado a evolução da oferta por mais banda: de 10 Mbps a 100 Gbps
 - Passou também a oferecer transmissão sem colisão, banda garantida, filas com prioridade, redes virtuais, etc.
 - Se tornou muita barata: ~R\$ 10 uma placa 10/100 Mbps

Serviço oferecido pela Ethernet

- Sem conexão
 - Não há sinalização antes do envio
- Sem confiabilidade
 - Se um quadro falha na verificação do CRC, é simplesmente descartado
 - Ausência de confiabilidade ajuda Ethernet a ser simples e barata

Estrutura do quadro Ethernet

Interface remetente encapsula pacote IP (ou pacote de outro protocolo da camada de rede) num **quadro Ethernet**



Dados:

- 46 a 1500 *bytes* (mas pode ser maior: *jumbo frames*)

Preâmbulo:

- 7 bytes com o padrão 10101010 seguidos por um *byte* com o padrão 10101011
- Usado para “despertar” o receptor e sincronizar seu relógio ao do remetente (relógios nunca são exatos, é muito provável que exista algum desvio entre eles)

Estrutura de quadro Ethernet (cont.)

- **Endereços:** 6 bytes para cada endereço MAC
 - Se a interface recebe um quadro com endereço destino igual ao seu, ou com endereço de difusão (ex.: solicitação ARP), ela passa os dados do quadro para a camada superior
 - Caso contrário, a interface descarta o quadro
- **Tipo (2 bytes):** se ≤ 1536 ou 0x0600 (IEEE 802.3) indica o tamanho do pacote, se > 1536 (DIX Ethernet) indica o protocolo da camada superior, usualmente IP (v4: 0x0800), mas existe suporte para outros (tais como IPX)
- **CRC (4 bytes):** verificado pelo receptor. Se for detectado um erro, o quadro será descartado

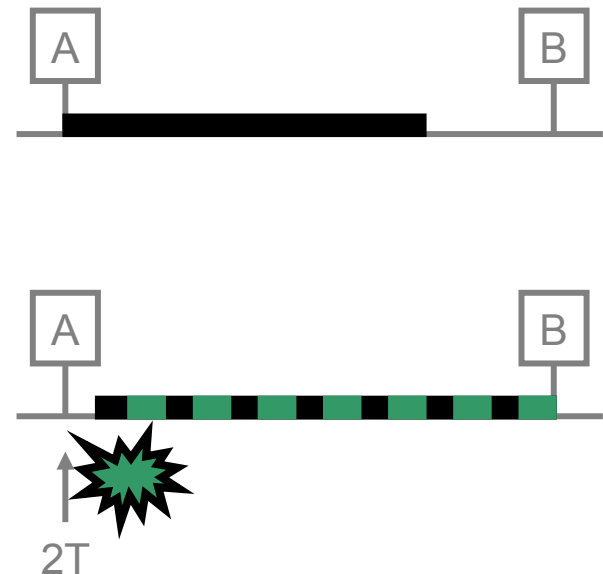
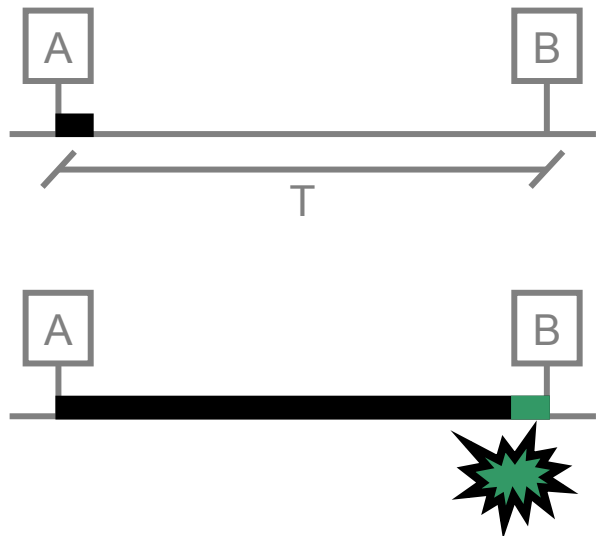


Tamanho do quadro

- Tamanho máximo (de 1.500 *bytes*) foi influenciado por custo de memória
 - Na década de 1970, memória era cara
 - Atualmente, *jumbo frames* suportam até 9.000 *bytes*
- Tamanho mínimo (64 *bytes*, sendo 46 de dados) foi definido para garantir detecção de colisão
 - Embora 0 *byte* de dados (i.e. apenas cabeçalho) possa ser útil, não atende a distância máxima definida pelo IEEE 802.3: 2.500 metros com 4 repetidores a 10 Mbps, a qual resulta em um RTT de aproximadamente 50µs

Tamanho do quadro (cont.)

- Detecção de colisão
 - Quadro menor que 64 *bytes*:
 - Estação terminará de transmitir antes do tempo de ida-e-volta
 - Estação poderá não escutar uma colisão e concluirá, erroneamente, que o quadro foi transmitido com sucesso



Duração do quadro $\geq 2T$ ou Duração do quadro $\geq 51,2\mu s = L_{\min}/C$, $C = 10\text{Mbps}$

Detecção de colisão (cont.)

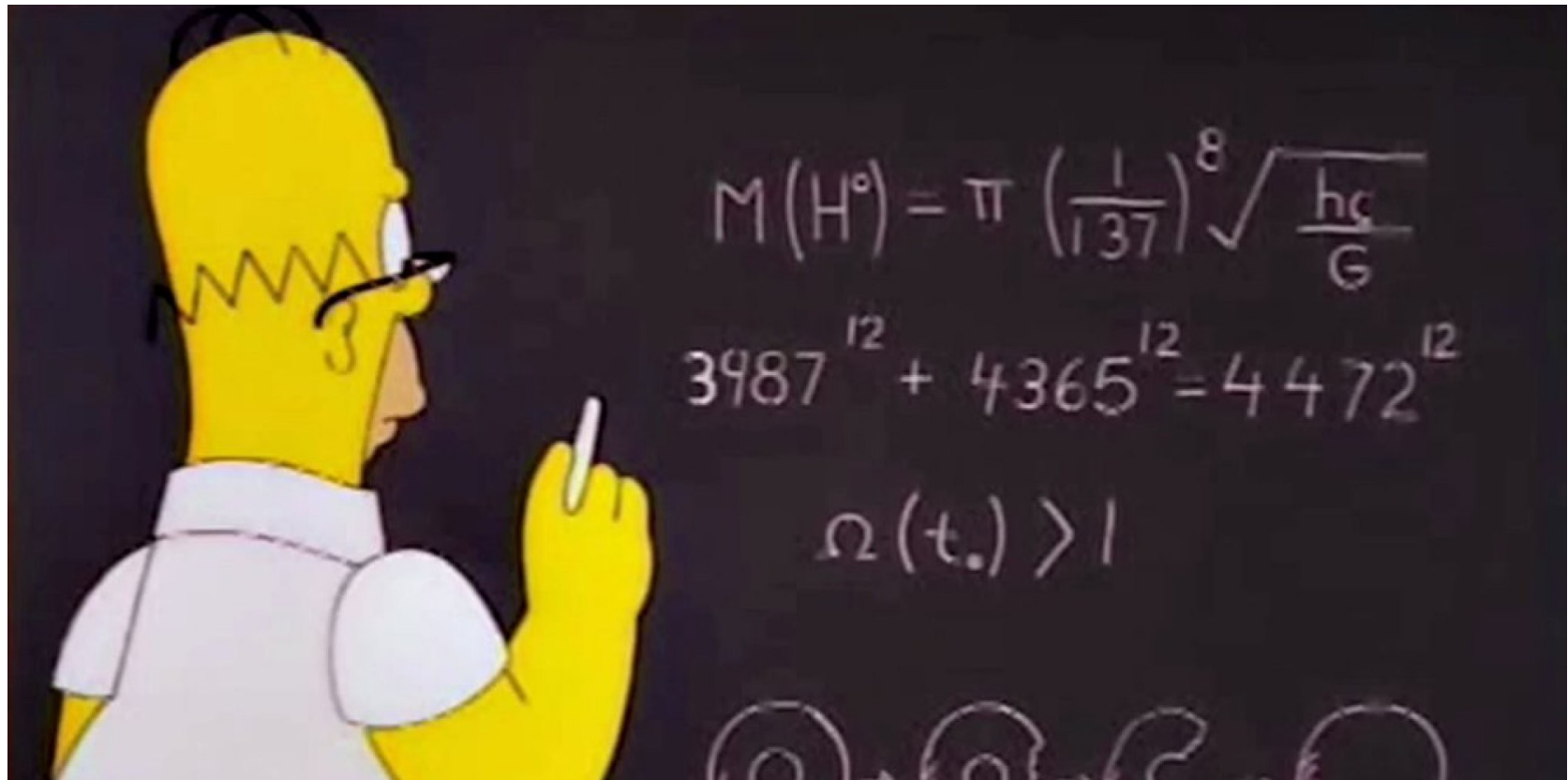
- Influência do tamanho dos quadros (cont.)
 - À medida em que a taxa de transmissão aumenta (100 Mbps, 1 Gbps, 10 Gbps):
 - tamanho mínimo de quadro deve aumentar
 - ou
 - distância máxima entre duas estações deve diminuir

Algoritmo CSMA/CD do Ethernet

1. NIC recebe pacote da camada de rede e cria um quadro
2. Se a NIC percebe que o canal está ocioso, começa a transmitir o quadro. Se percebe que o canal está ocupado, espera que o canal fique livre e transmite
3. Se a NIC transmitir todo o quadro sem detectar outra transmissão, a NIC concluiu a operação com o quadro
4. Se a NIC detectar outra transmissão enquanto estiver transmitindo, aborta e envia sinal de **reforço de colisão** (*noise burst*) de 48 bits
5. Após o cancelamento, a NIC entra no **recuo** (*backoff*) **exponencial binário**:
 - Após a n -ésima colisão, a NIC escolhe um K aleatoriamente entre $\{0, 1, 2, \dots, 2^n - 1\}$
 - Se $n > 10$, congela limite superior em 1023
 - A NIC espera $K * 512$ tempos de bit (= 1 quadro de 64 *bytes*) e retorna ao passo 2
 - Se $n > 16$, descarta quadro e volta ao passo 1

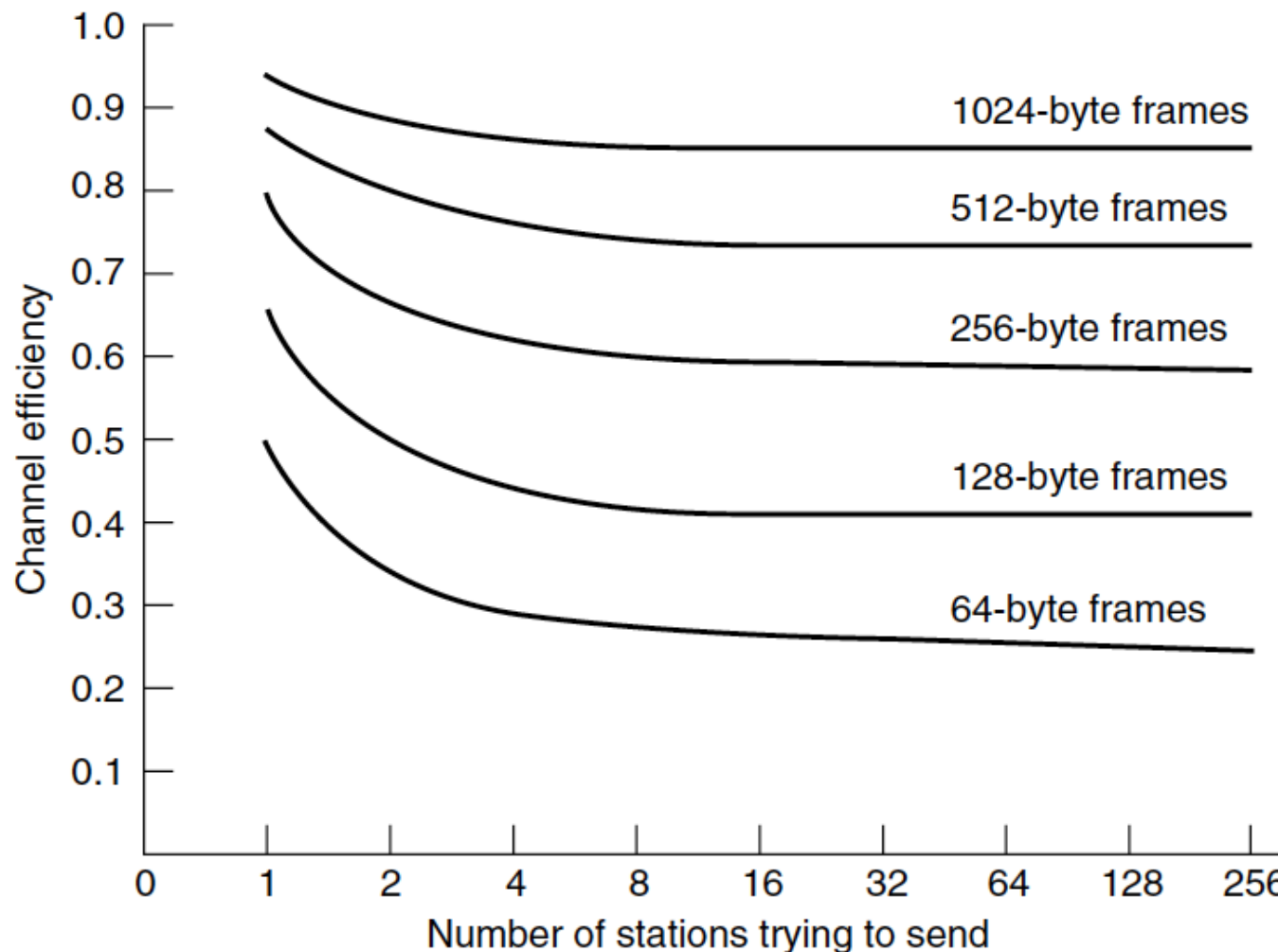
Desempenho do Ethernet

- Cálculo aproximado da eficiência do Ethernet será apresentado no quadro



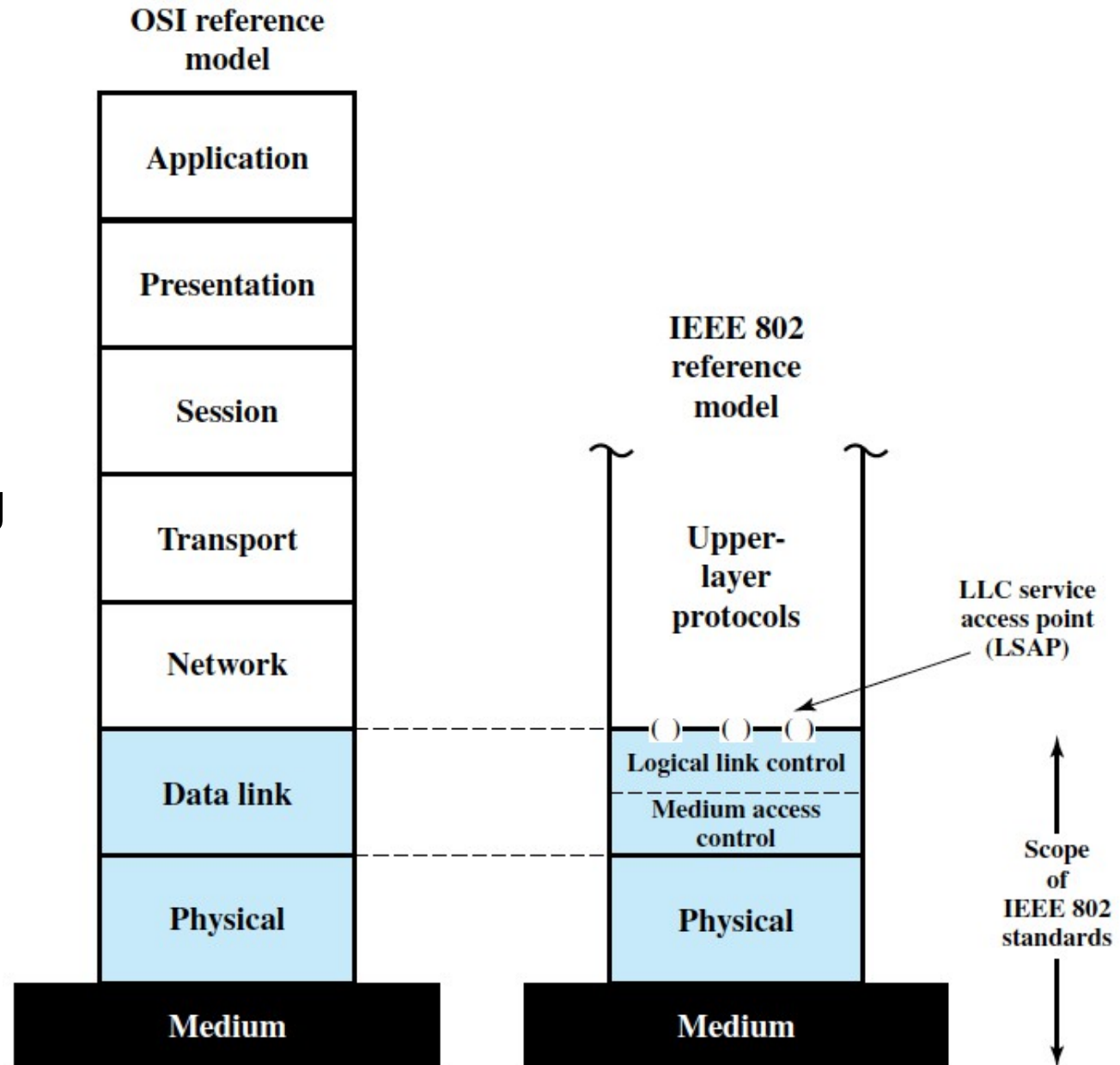
Desempenho do Ethernet (cont.)

- Eficiência do Ethernet a 10 Mbps



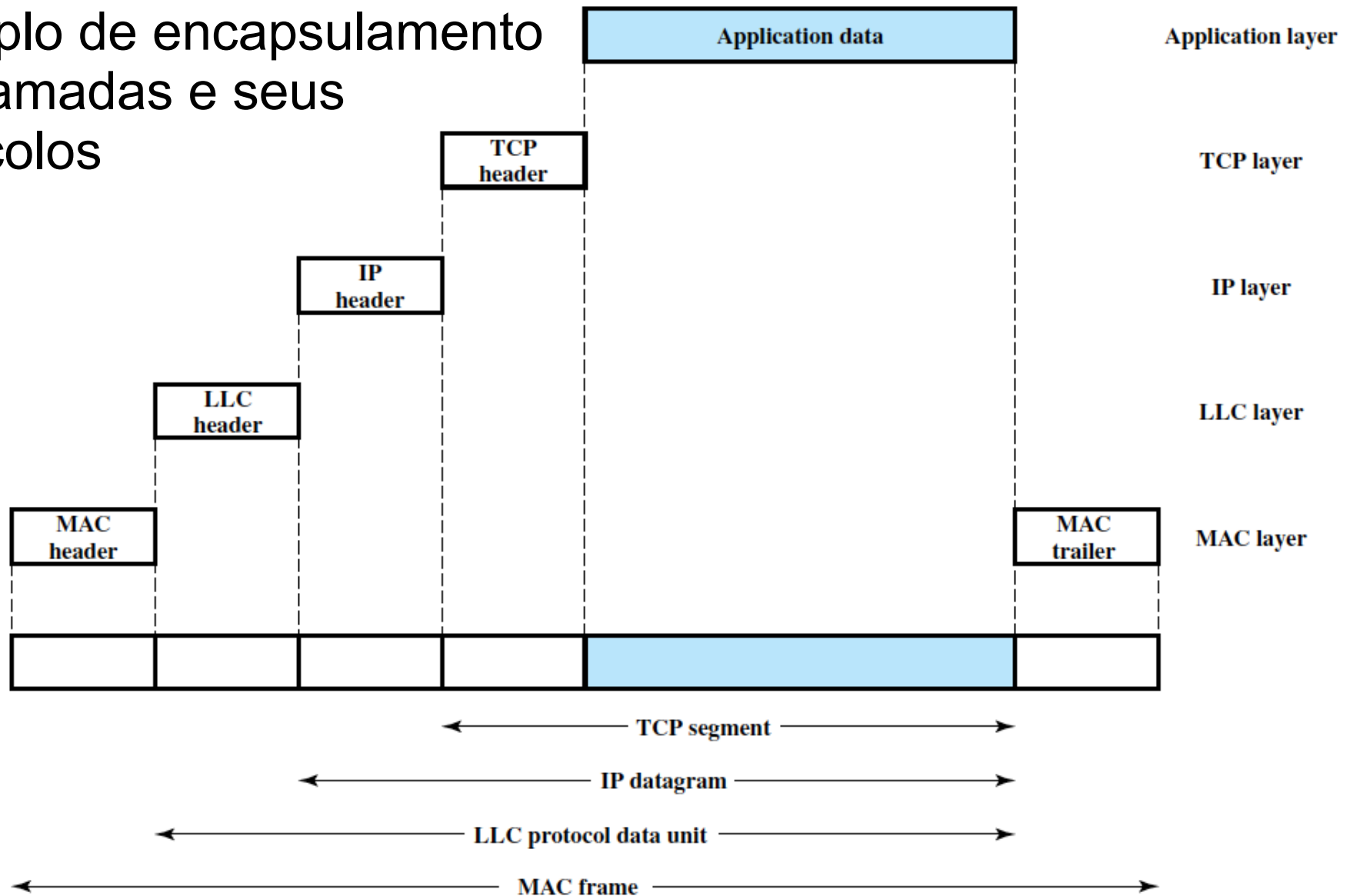
IEEE 802

- Padrões IEEE para redes locais.
Exemplos:
 - 802.2 – LLC,
802.3 – Ethernet,
802.4 – Token Bus,
802.5 – Token Ring
802.6 – DQDB, ...,
802.11 – WiFi



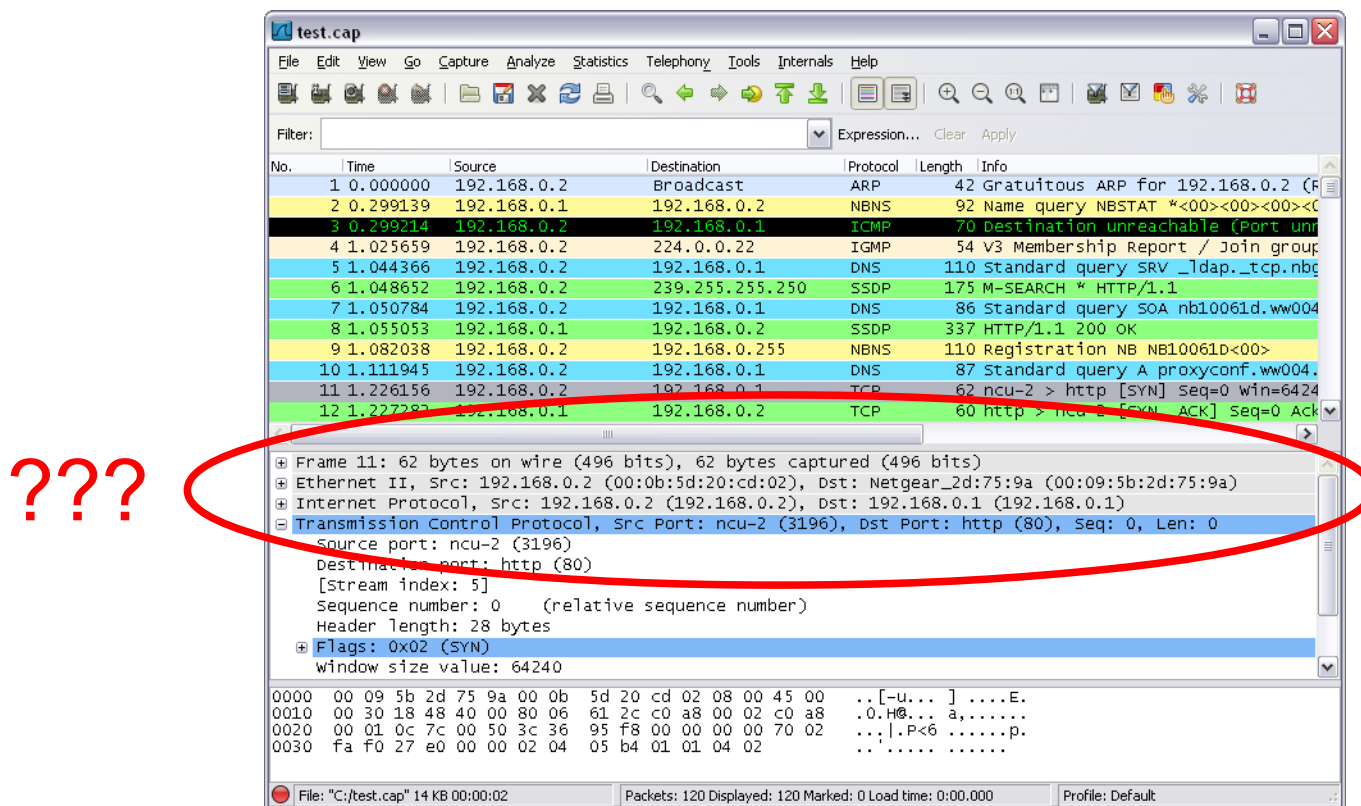
IEEE 802 (cont.)

Exemplo de encapsulamento das camadas e seus protocolos



IEEE 802 (cont.)

- Por que não encontro o cabeçalho LLC dos pacotes que capturo?

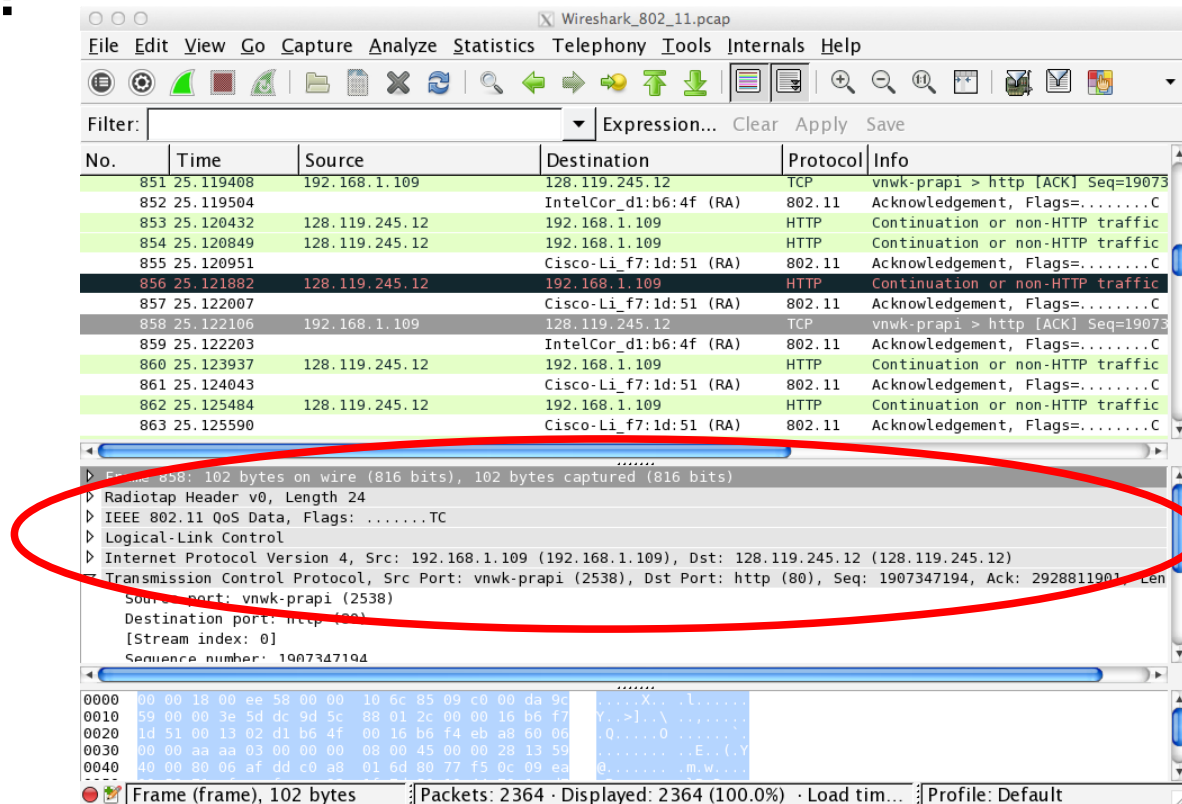


- Porque eles seguem o padrão Ethernet II (DIX), ao invés do 802.3 (IEEE)

IEEE 802 (cont.)

- Por que me preocupar com esse cabeçalho então?

!!!



- Porque ele pode aparecer em outros quadros, por exemplo, dados do 802.11 (IEEE)

IEEE 802 (cont.)

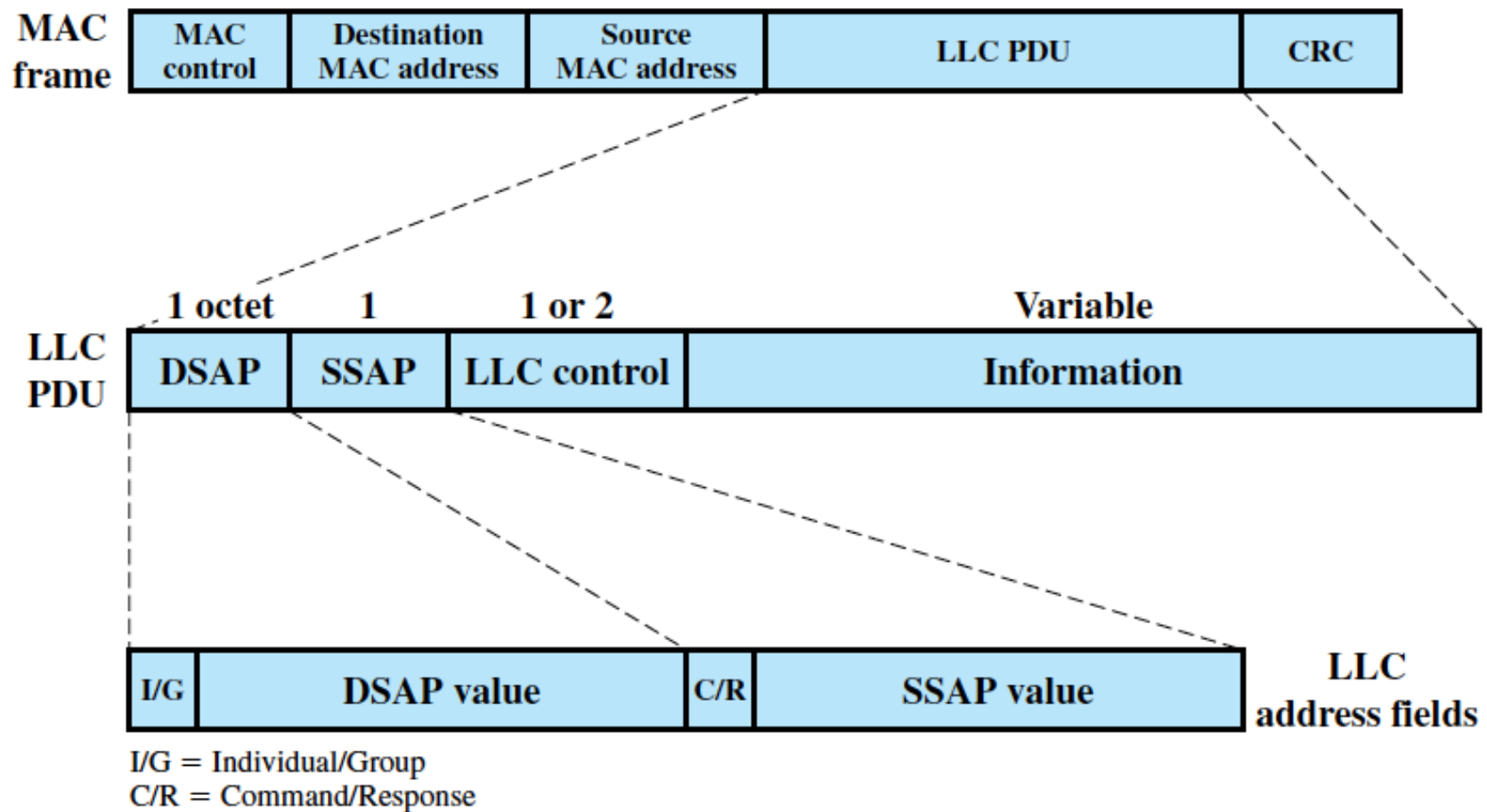
- Funções da camada de enlace
 - MAC (*Medium Access Control*)
 - Na transmissão, montar os dados dentro de um quadro com campos de endereço e verificação de erro
 - Na recepção, desmontar o quadro e realizar a detecção de erros e a identificação de endereço
 - Administrar o acesso ao meio de transmissão da rede local
 - LLC (*Logical Link Control*)
 - Fornecer uma interface às camadas superiores e realizar controle de fluxo e erro

IEEE 802.2

- LLC de redes locais
 - Trata a transmissão de PDU entre estações, sem a necessidade de elemento de comutação intermediário
 - Deve suportar acesso múltiplo, assumindo um meio compartilhado
 - Pode assumir que alguns detalhes serão tratados pela MAC
 - Pode oferecer três tipos de serviço:
 - Serviço sem conexão e sem reconhecimento (ex.: 802.3)
 - Serviço sem conexão e com reconhecimento (ex.: 802.11)
 - Serviço orientado a conexão

IEEE 802.2 (cont.)

- PDU LLC em um quadro MAC genérico



IEEE 802.3 10-Mbps (Ethernet)

- Por suportar uma grande variedade configurações físicas, o IEEE definiu uma notação concisa:

<Taxa de dados (Mbps)<Método de sinalização>Comprimento máximo do segmento(centenas de metros)>

- Algumas configurações disponíveis:

	10BASE5	10BASE2	10BASE-T	10BASE-FP
Transmission medium	Coaxial cable (50 ohm)	Coaxial cable (50 ohm)	Unshielded twisted pair	850-nm optical fiber pair
Signaling technique	Baseband (Manchester)	Baseband (Manchester)	Baseband (Manchester)	Manchester/on-off
Topology	Bus	Bus	Star	Star
Maximum segment length (m)	500	185	100	500
Nodes per segment	100	30	—	33
Cable diameter (mm)	10	5	0.4 to 0.6	62.5/125 μm

IEEE 802.3 100-Mbps (Fast Ethernet)

- Operação *Full-Duplex* – passa a ser possível transmitir e receber simultaneamente
 - Um 'X' no fim do nome indica o suporte a *Full-Duplex*, exemplo: 100BASE-TX
- Comutador (*switch*) – separa os domínios de colisão
 - CSMA/CD ainda existe nas NICs, mas nunca detectam colisão em *switch full-duplex*
- Compatibilidade retroativa – as novas NICs, *hubs* e *switches* funcionam também a 10 Mbps

IEEE 802.3 100-Mbps (Fast Ethernet) (cont.)

- Algumas configurações disponíveis:

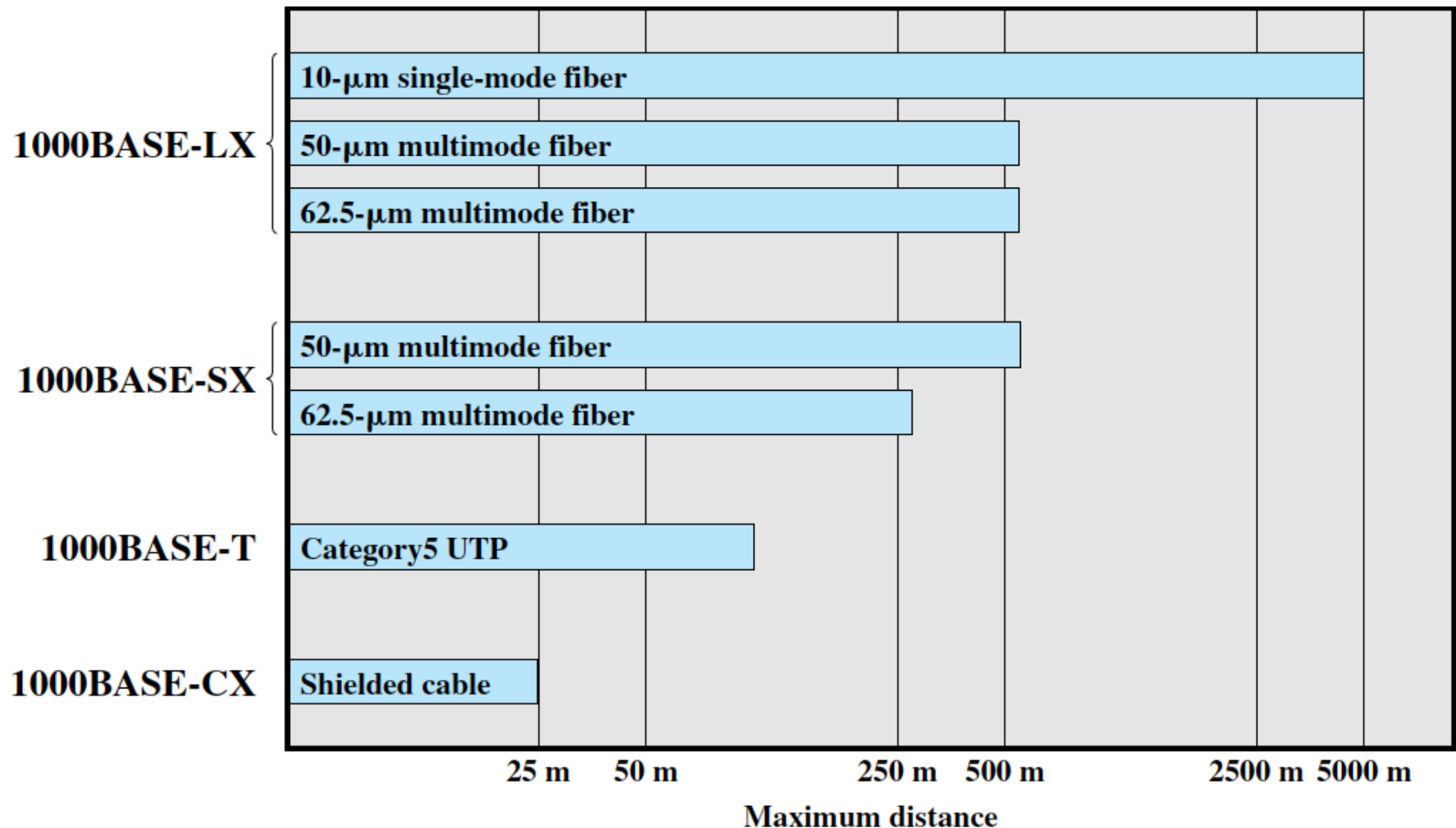
	100BASE-TX		100BASE-FX	100BASE-T4
Transmission medium	2 pair, STP	2 pair, Category 5 UTP	2 optical fibers	4 pair, Category 3, 4, or 5 UTP
Signaling technique	MLT-3	MLT-3	4B5B, NRZI	8B6T, NRZ
Data rate	100 Mbps	100 Mbps	100 Mbps	100 Mbps
Maximum segment length	100 m	100 m	100 m	100 m
Network span	200 m	200 m	400 m	200 m

IEEE 802.3 1-Gbps (Gigabit Ethernet)

- Ainda mantém o CSMA/CD e compatibilidade com 10 e 100 Mbps
- São introduzidos:
 - Extensão de portadora – símbolos especiais são adicionados a quadros pequenos para garantir que o atraso de transmissão (a 1 Gbps) ainda seja maior que o de propagação, permitindo a detecção de colisão
 - Rajada de quadros – para reduzir o potencial desperdício da extensão de portadora, múltiplos quadros (até um limite) podem ser enviados em sequência sem CSMA/CD entre eles

IEEE 802.3 1-Gbps (Gigabit Ethernet) (cont.)

- Algumas configurações disponíveis e seus alcances:

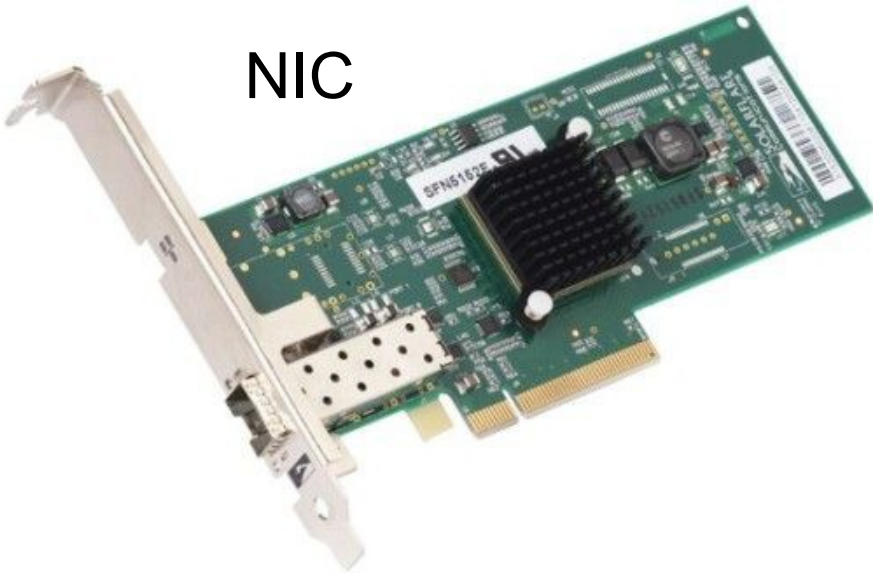


IEEE 802.3 10-Gbps (10-Gigabit Ethernet)

- Foco não é apenas redes locais, mas também redes metropolitanas
 - Alcances variam de 300 m a 40 km
 - Suporte a diversos tipos de fibra ótica
- Funciona apenas em modo *Full-Duplex*
- CSMA/CD não é mais parte do projeto
- Ainda é capaz de autonegociar para reduzir a taxa de transmissão
- É comum encontrar NICs que permitem a escolha do *transceiver*

IEEE 802.3 10-Gbps (10-Gigabit Ethernet) (cont.)

NIC



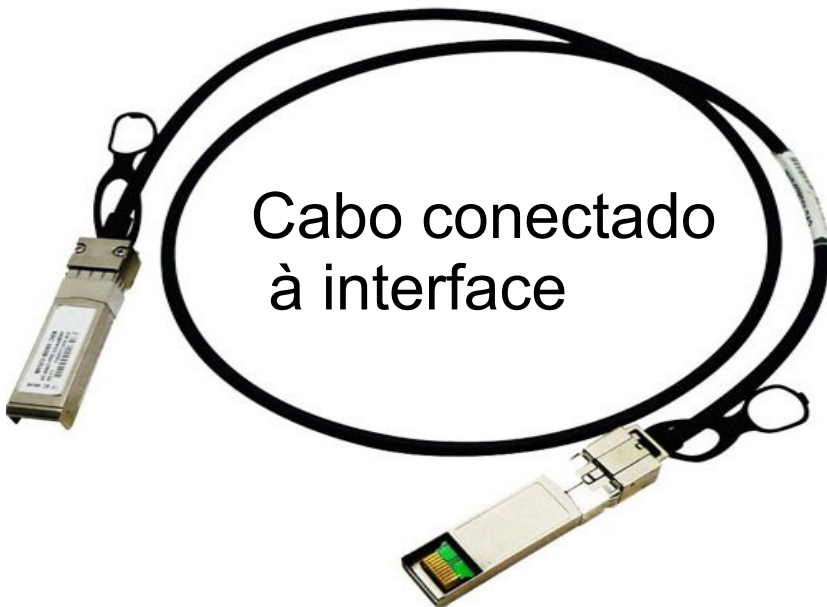
Interface
óptica



Interface
elétrica



Cabo conectado
à interface



IEEE 802.3 10-Gbps (10-Gigabit Ethernet) (cont.)

- Algumas configurações disponíveis e seus alcances:

