

Redes de Computadores

Protocolos: Fundamentos

Fabricio Breve

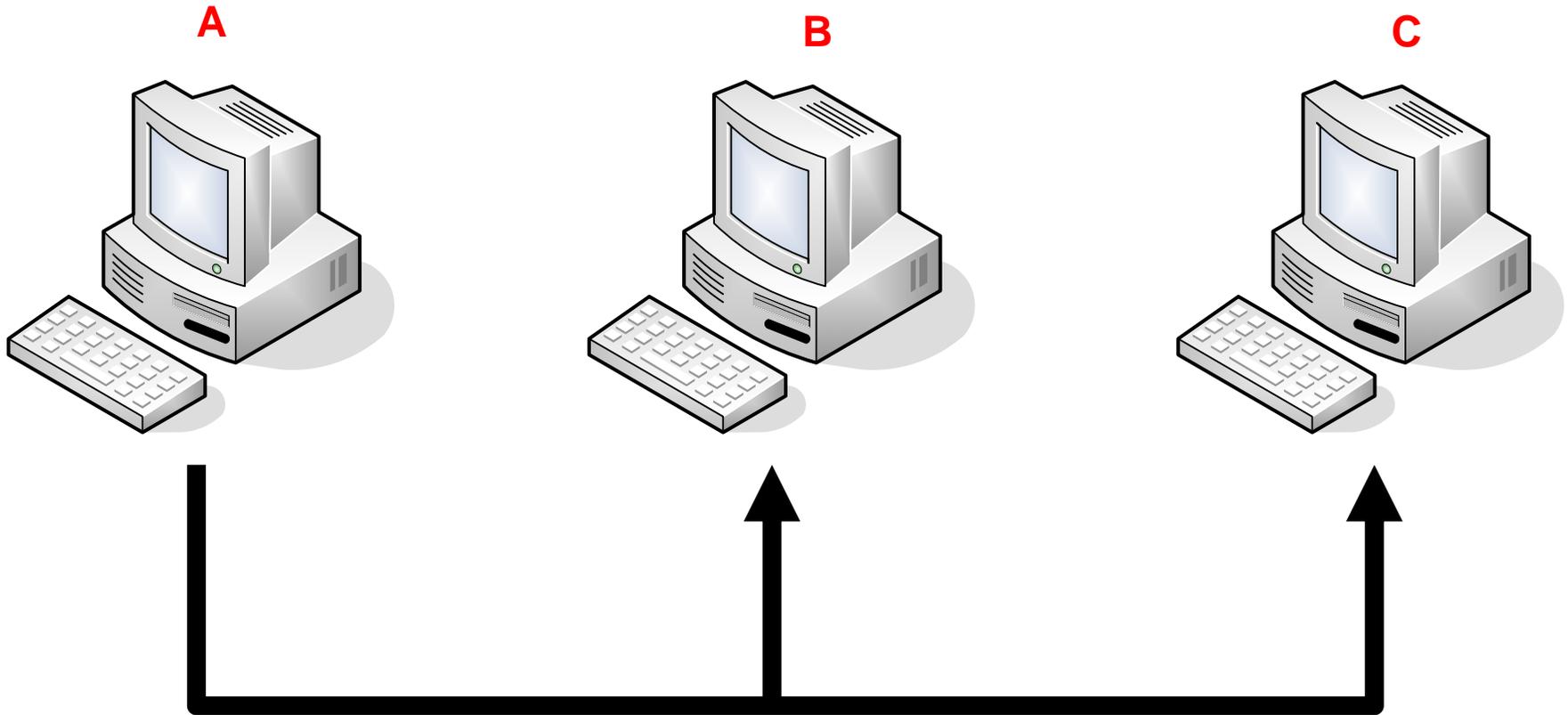
Protocolos

- linguagem utilizada pelos diversos dispositivos para trocar informações
 - Exemplos: TCP/IP, NetBEUI, SPX/IPX

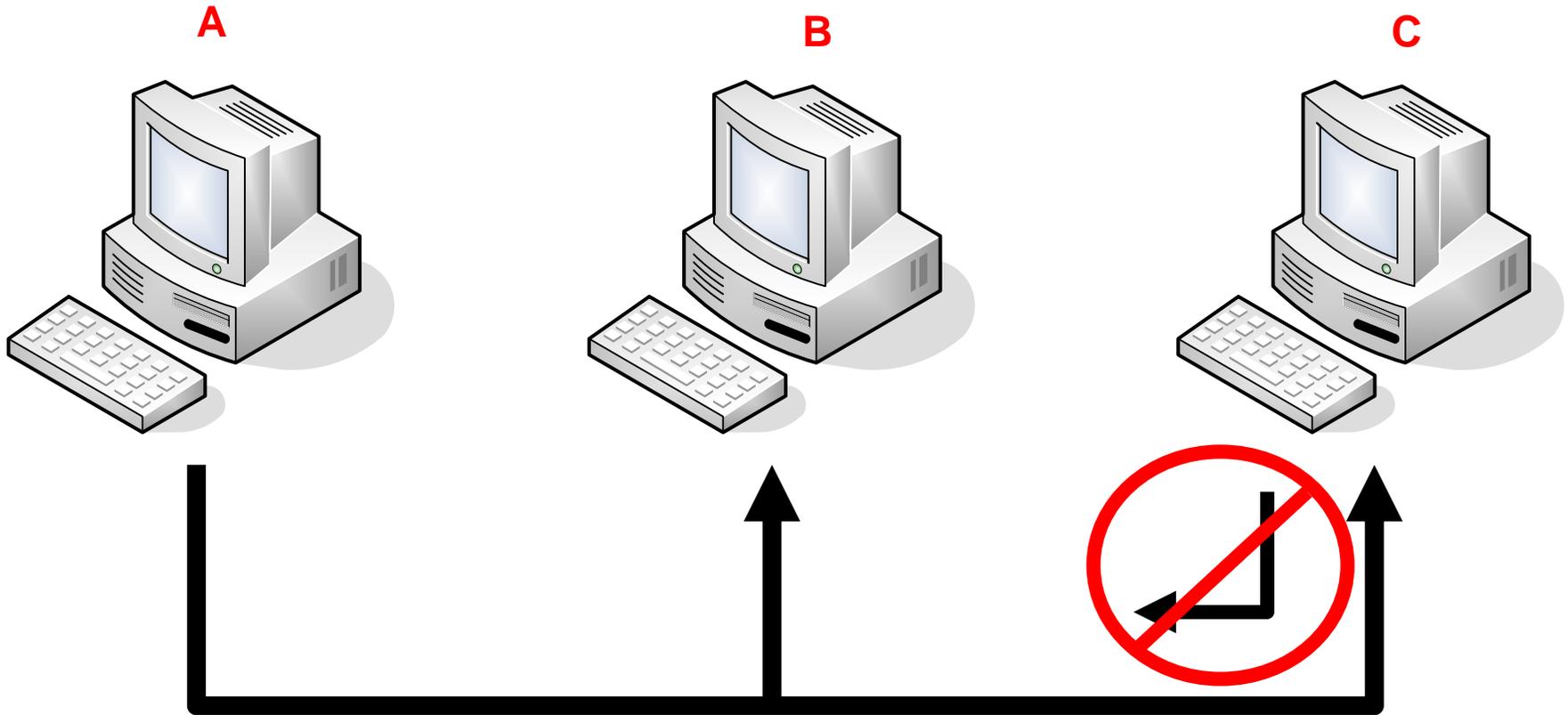
Premissas básicas

- A maioria das transmissões de dados em redes locais é do tipo half-duplex
- Todos os computadores em uma rede compartilham o mesmo cabo e recebem as mesmas informações ao mesmo tempo
- Se uma transmissão está sendo feita entre dois dispositivos, nenhuma outra transmissão poderá ocorrer ao mesmo tempo

Enviando um dado em uma rede



Nenhum computador pode transmitir dados enquanto o cabo está sendo usado



Premissas básicas

- Se um arquivo muito grande tiver de ser transmitido, os demais dispositivos da rede terão de esperar muito tempo para começarem a transmitir
- Poderão ocorrer interferências no caminho e o dado não chegar corretamente ao seu destino

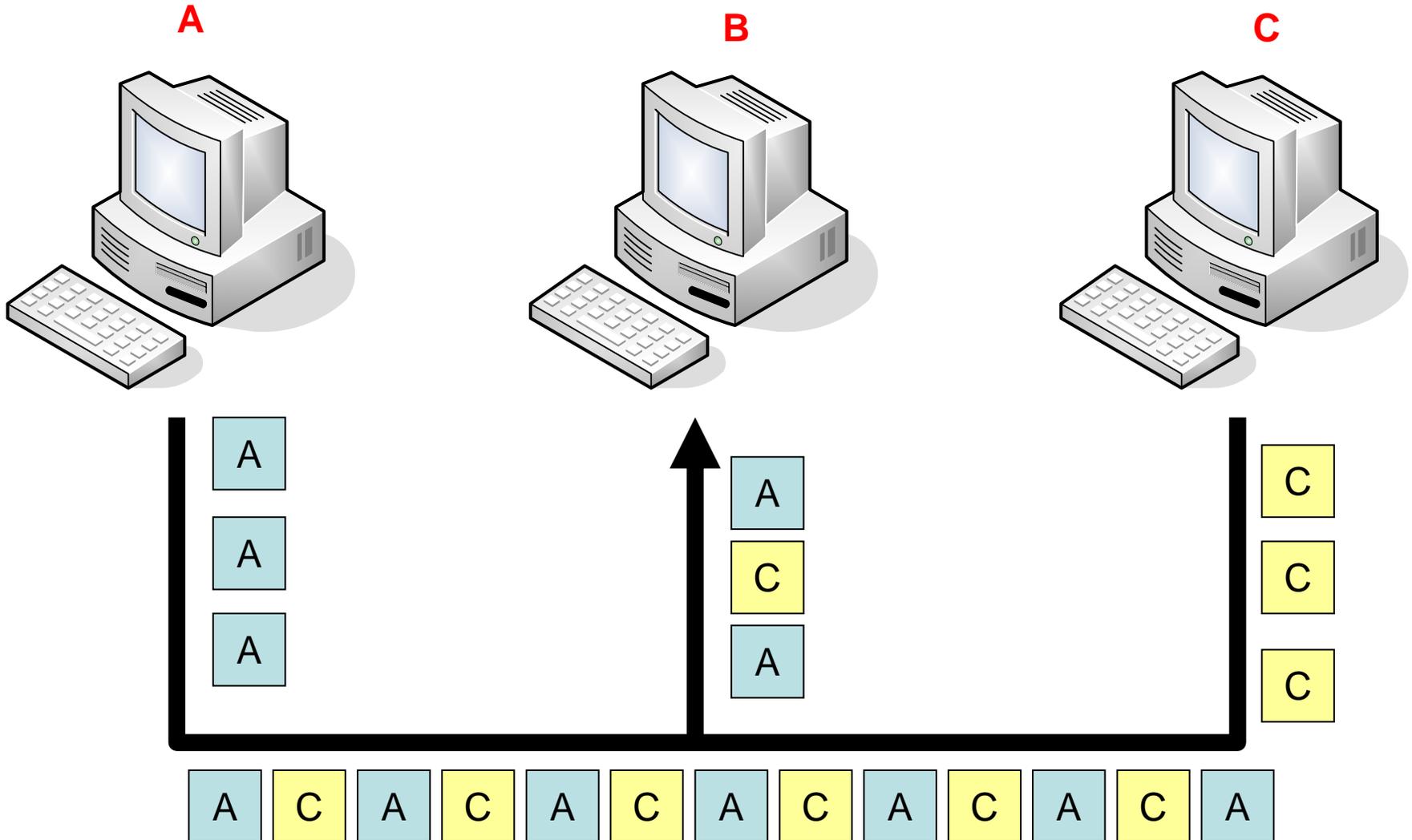
Pacotes

- Os protocolos são a solução para este problema:
 - Divide o dado a ser transmitido em pequenos *pacotes* ou *quadros*
 - Exemplo: arquivo de 100KB e tamanho do pacote de 1KB = arquivo será dividido em 100 pacotes de 1 KB
- Dentro do pacote temos:
 - Informação de origem
 - Informação de destino
 - Usada pelos dispositivos para saber se o dado é destinado a eles

Protocolo

- Placas de rede tem um endereço fixo, gravado em hardware
- Pacotes pequenos geram várias transmissões pequenas em vez de uma única grande
 - Estatisticamente: maior probabilidade de um computador encontrar o cabo livre para transmissão
- Assim vários dispositivos podem se comunicar ao mesmo tempo, intercalando as transmissões

Transmissão Simultânea



Velocidade da Rede X Número de Transmissões

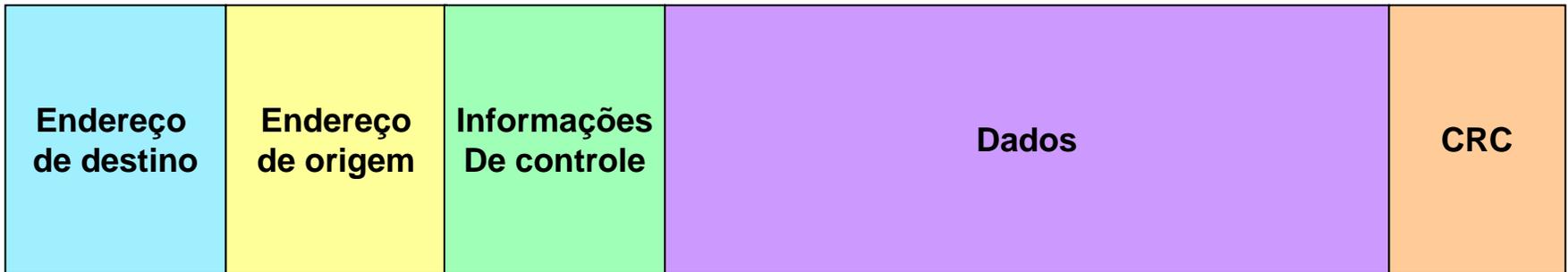
- A velocidade da rede depende diretamente do número de transmissões simultâneas
- Exemplo: rede de 100Mbps (limitada pelo meio de transmissão):
 - 1 transmissão: 100Mbps
 - 2 transmissões: 50Mbps
 - 4 transmissões: 25Mbps
- **Conclusão:** quanto mais máquinas em uma rede, mais lenta ela será

CRC

- Ao colocar um pacote na rede a placa adiciona um *checksum* ou *CRC* (Cyclical Redundancy Check)
 - Campo com a soma de todos os bytes do pacote armazenado no próprio pacote
 - Receptor refaz a conta e verifica se o resultado confere
 - Valores iguais = pacote OK
 - Valores diferentes = pacote corrompido, pedido de retransmissão

Pacote de dados

- Exemplo hipotético de um pacote de dados



Modelo OSI

- Quando as redes surgiram as soluções eram proprietárias, um único fabricante tinha que construir tudo na rede
- Para facilitar a interconexão de sistemas a ISO (International Standards Organization) criou o modelo OSI (Open System Interconnection), para que os fabricantes criassem seus dispositivos a partir desse modelo

Modelos comerciais X Modelo OSI

- Modelos comerciais (TCP/IP, IPX/SPX, NetBEUI) não seguem este modelo ao pé da letra
- O estudo de OSI é didático, pois mostra como seria um protocolo “ideal” e facilita a comparação do funcionamento dos diversos protocolos existentes

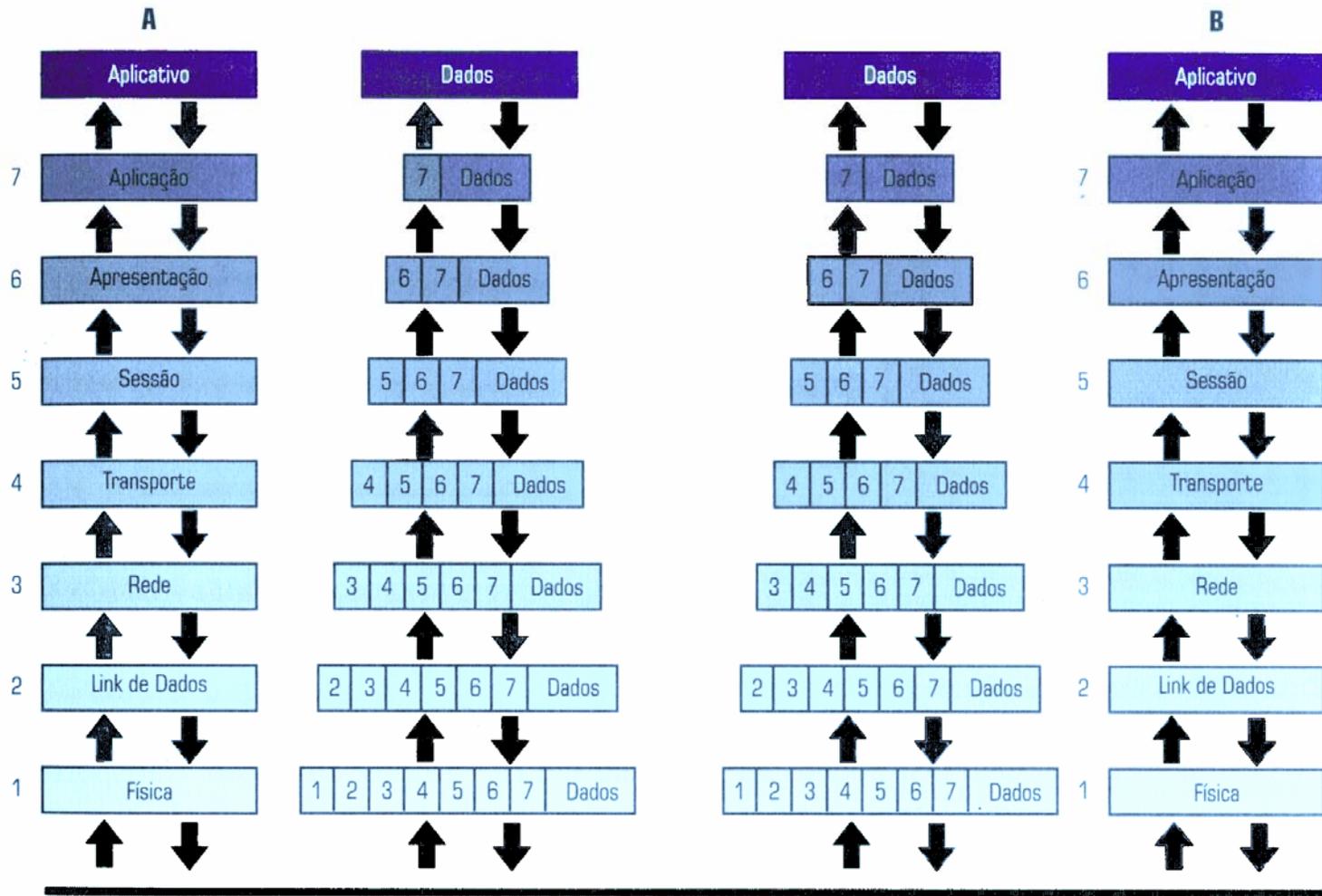
Modelo OSI



Encapsulamento

- Na transmissão cada camada pega as informações passada pela camada superior, acrescenta suas informações e passa os dados para a camada abaixo
- Na recepção ocorre o processo inverso

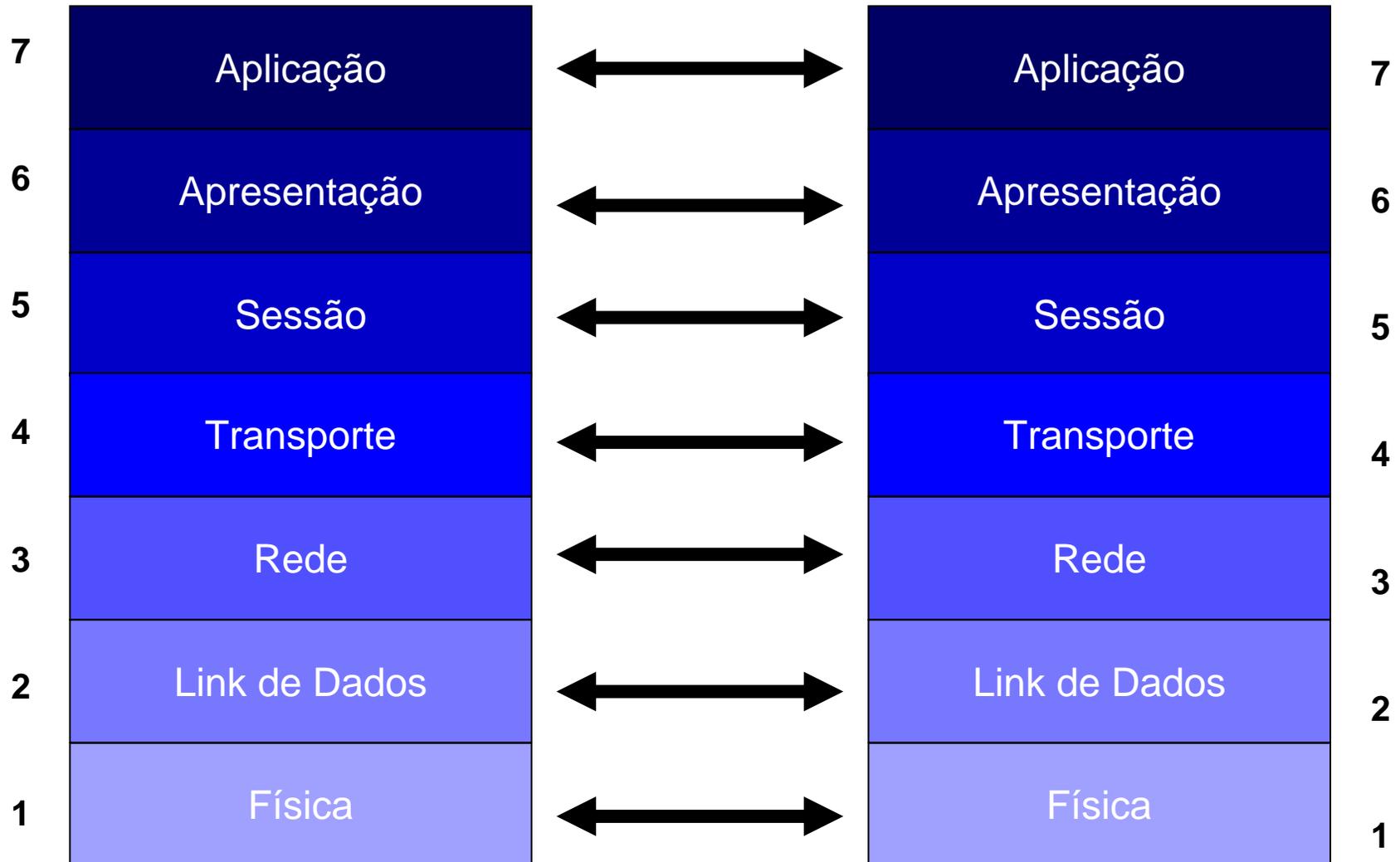
Comunicação entre as camadas do modelo OSI



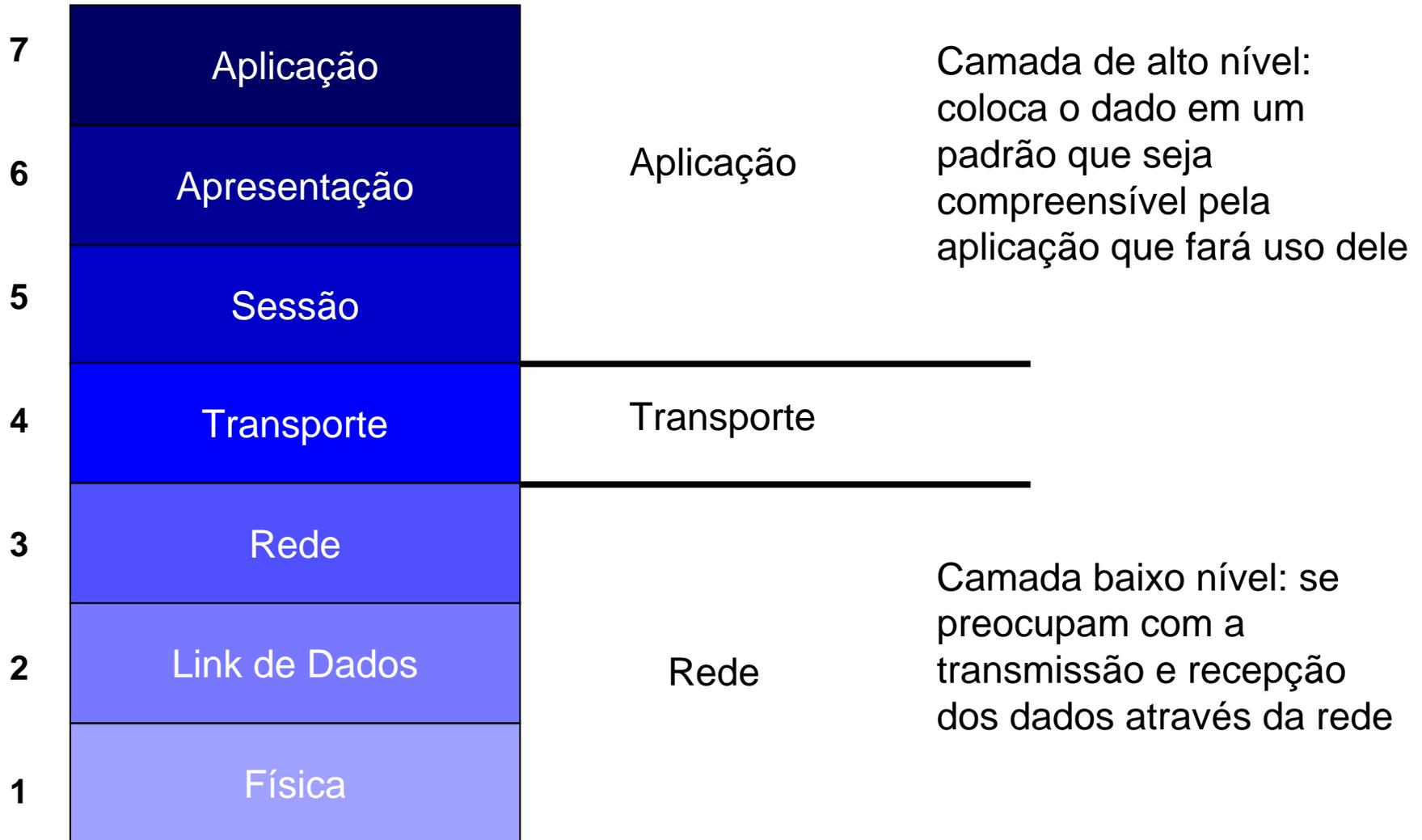
Comunicação entre camadas

- Na prática não nos preocupamos com os detalhes da comunicação, não precisamos nos preocupar com a camada inferior aquela em que estamos trabalhando
 - Exemplo: ao enviar um e-mail sabemos que nosso programa de e-mail vai se conectar ao servidor, mas não precisamos saber os detalhes de como isso será feito

Comunicação Virtual no Modelo OSI



Grupos das Camadas do Modelo OSI



Quadros e Pacotes

- Quadro: conjunto de dados enviado através da rede (baixo nível)
 - Endereçamento físico (Exemplo: MAC)
 - Nível 1 e 2 do modelo OSI
- Pacote: informação proveniente de vários quadros (nível mais alto)
 - Endereçamento virtual (Exemplo: IP)
 - Nível 3 e 4 do modelo OSI

Camada 7 – Aplicação

- Faz interface entre o protocolo de comunicação e o aplicativo que pediu ou receberá informação através da rede
 - Exemplo: baixar o e-mail com o aplicativo de e-mail

Camada 6 – Apresentação

- Também chamada Tradução
- Converte o formato do dado recebido da camada de aplicação em um formato comum, a ser usado na transmissão desse dado
 - Exemplos:
 - conversão do padrão de caracteres (código de página)
 - Compressão de dados
 - Criptografia

Camada 5 – Sessão

- Permite que duas aplicações em computadores diferentes estabeleçam uma sessão de comunicação
 - Definem inicialmente como será feita a transmissão e a partir daí usam marcadores
 - Se a transmissão falhar, reiniciam a partir da última marcação
 - Exemplos:
 - Você está baixando e-mails e a rede falha, quando ela voltar o programa de e-mails continua baixando de onde parou

Camada 4 – Transporte

- Responsável por pegar os dados enviados pela camada de Sessão e dividi-los em pacotes que serão transmitidos pela rede (repassados para a camada de rede)
- No receptor a Camada de Transporte pega os pacotes recebidos da rede e remonta o dado original para enviá-lo a camada de Sessão
- Essa camada inclui:
 - Controle de fluxo: reordena pacotes fora de ordem
 - Correção de erros: aviso se pacote chegou OK

Camada 3 – Rede

- Responsável pelo endereçamento dos pacotes, convertendo endereços lógicos em endereços físicos, de forma que os pacotes consigam chegar corretamente ao destino, baseada em fatores como condições de tráfego de rede e prioridades
- Essa camada também é responsável por escolher a rota quando há diversos caminhos para um pacote trafegar até o destino

Camada 2 – Link de Dados

- Também chamada de Enlace
- Pega os pacotes de dados recebidos da camada de Rede e os transforma em quadros que serão trafegados pela rede, adicionando informações:
 - endereço da placa de rede de origem
 - endereço da placa de rede de destino
 - dados de controle
 - os dados em si
 - CRC
- O receptor confere o CRC e manda uma confirmação de recebimento (*acknowledge* ou *ack*)
 - Se essa confirmação não for recebida a camada reenvia o quadro

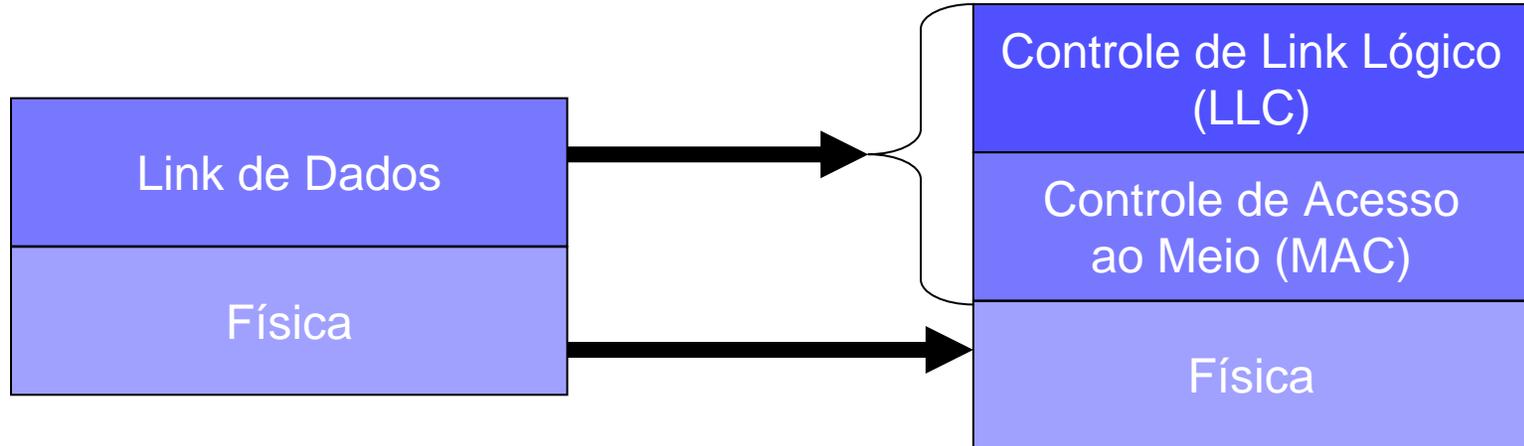
Camada 1 – Física

- Pega os quadros enviados pela camada Link de Dados e os transforma em sinais compatíveis com o meio onde os dados deverão ser transmitidos (elétrico, óptico, etc...)
- A camada Física:
 - Não sabe o significado dos dados que está transmitindo
 - Não inclui o meio onde os dados circulam (cabo de rede), apenas precisa saber qual o meio e tipo de conector para fazer a conversão correta.

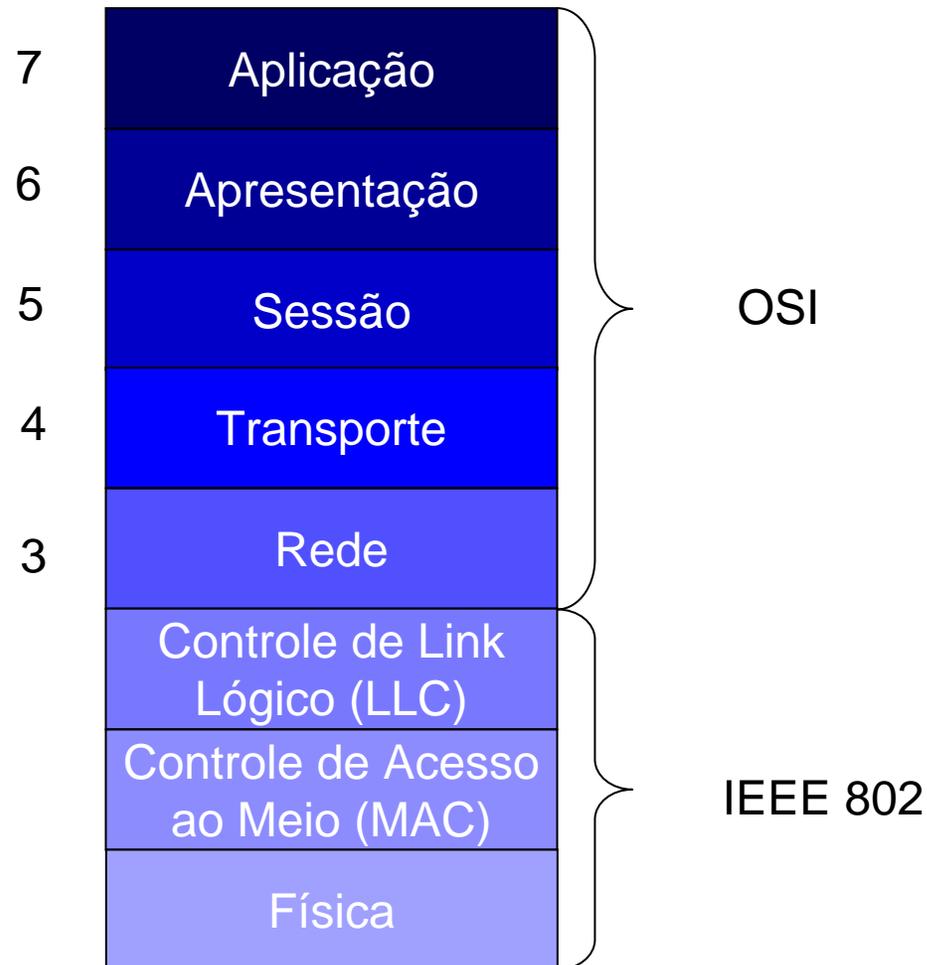
Padrão IEEE 802

- IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) criou uma série de padrões de protocolos
- 802 é a série mais importante: conjunto de protocolos usados no acesso à rede
 - Três camadas que equivalem as duas primeiras do modelo OSI
 - Camada 2 do modelo OSI é dividida em duas:
 - Controle do Link Lógico (LLC, Logic Link Control)
 - Controle de Acesso ao meio (MAC, Media Access Control)

Camada dos Protocolos IEEE 802



Modelo de protocolo usado por dispositivos que usam o protocolo IEEE 802



Padrões IEEE

Padrão OSI	Padrão 802			
Link de Dados	Controle Lógico de Link (LLC)	802.2		
	Controle de Acesso ao Meio (MAC)	802.3	802.4	802.5
Física				

802.3 (Ethernet)

- Detecção de Colisão CSMA/MD (Carrier Sense, Multiple Access with Collision Detection)
 - Todos os dispositivos no mesmo cabo
 - Só pode enviar dados quando cabo está livre
 - Em caso de colisão, dispositivos esperam tempo aleatório antes de reenviar
 - Mais amplamente usados em redes locais
 - Velocidade: 10Mbps, 100Mbps e 1Gbps

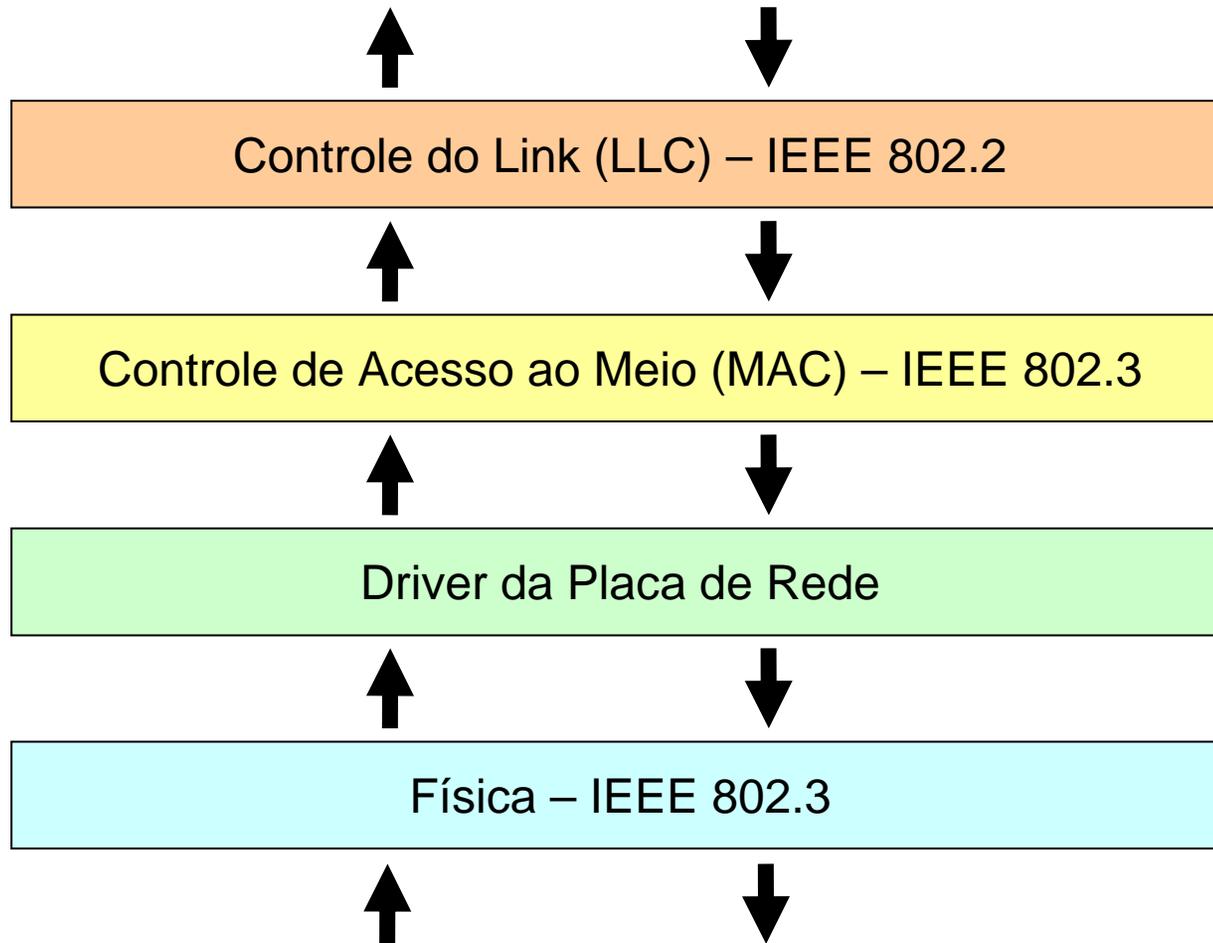
802.5 (Token Ring)

- Redes com topologia em anel
- Token (ficha) é um pacote especial que circula no anel de dispositivo em dispositivo
- Só quem está com o token pode transmitir colocando seus dados dentro do token
- A ficha circula até chegar a seu destino
 - O dado é descarregado
 - O Token fica livre para receber outro dado

Protocolos na prática

- Um protocolo atua em uma ou mais camadas do modelo OSI
- Na prática vários protocolos são combinados para uma rede funcionar
 - Exemplo: Ethernet + TCP/IP

Representação do que ocorre no mundo real



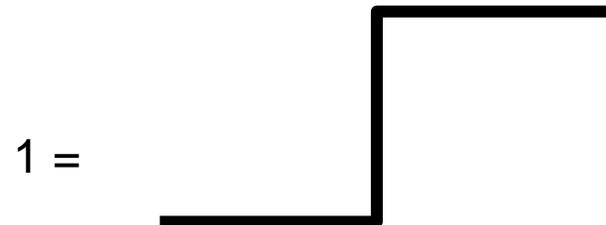
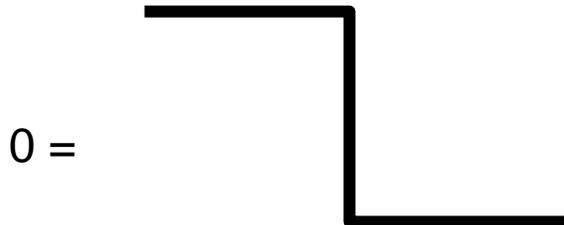
Cabo da rede

Camada Física

- Pega os dados enviadas pela camada de Controle de Acesso ao Meio e os envia para o meio físico (cabejamento)
- Define:
 - Topologia da rede
 - Tipos de conectores
 - Cabo a ser utilizado

Codificação

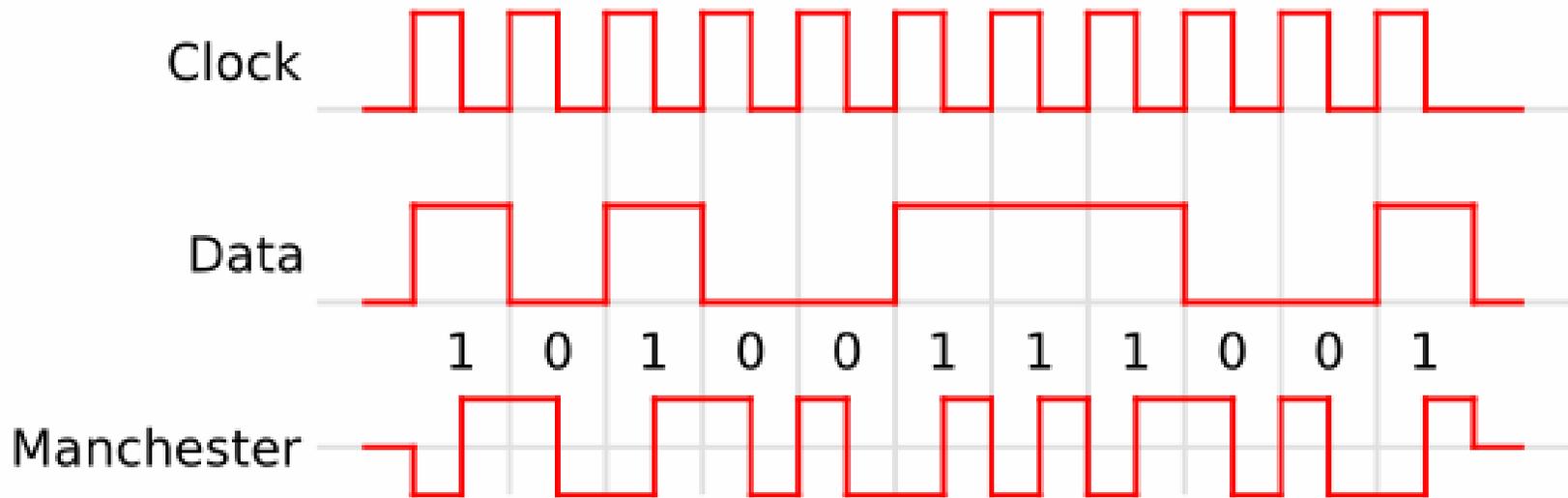
- A camada física do padrão IEEE 802 pega os 0's e 1's enviados pela camada de Controle de Acesso ao Meio e codifica esses dados antes de enviá-los.
 - Exemplo: Codificação Manchester (802.3 operando a 10Mbps)



Codificação Manchester

- O dado é transmitido com uma inversão de fase
 - Exemplo: 00000000 terá oito inversões de fase onde originalmente não haveria nenhuma
- Assim para cada bit enviado existe uma inversão de fase, o que cria um sistema de sincronismo (clock)

Exemplo de Codificação Manchester



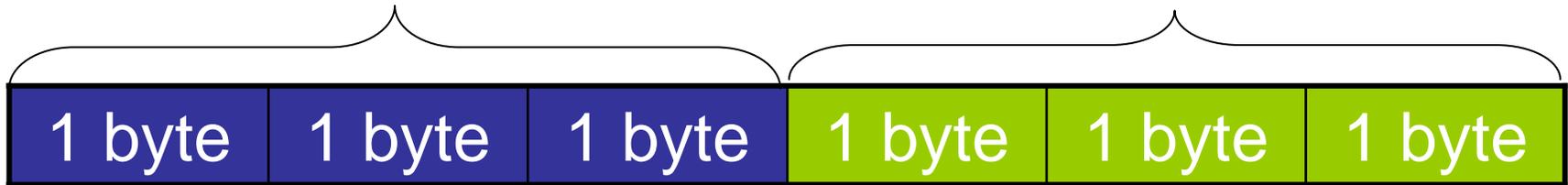
Controle de Acesso ao Meio (MAC)

- Cada placa tem seu endereço MAC único gravado em hardware (teoricamente não pode ser alterado)
 - Um endereço MAC tem 6 bytes
 - Exemplo: 02-60-8C-42-81-97

Estrutura do Endereço MAC

Código OUI definido pelo IEEE
(indica quem é o fabricante)

Definido pelo fabricante



- OUI (Organization Unique Identifier)
- Cada fabricante deve se cadastrar no IEEE para obter seu OUI
- Cada fabricante é responsável por controlar sua numeração
- Um mesmo fabricante pode ter mais de um OUI

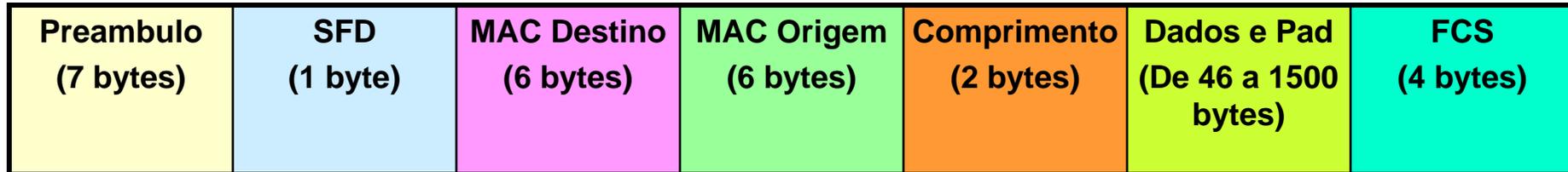
Controle de Acesso ao Meio (MAC)

- No quadro enviado a rede, a camada MAC irá incluir o endereço MAC de origem e de destino
- A placa de rede cujo MAC é o receptor receberá o pacote e as outras permanecerão inativas

MAC: controle de uso do cabo

- A camada MAC verifica se o cabo está sendo usado naquele momento
 - Se o cabo estiver ocupado o quadro não é enviado
 - Caso duas máquinas enviem quadros ao mesmo tempo há uma colisão que é detectada pelas camadas MAC de cada dispositivo
 - Elas esperam o cabo ficar livre para tentar uma retransmissão, esperando um tempo aleatório para que não ocorra uma nova colisão
- A camada MAC usa um driver que ensina como lidar com o modelo de placa de rede instalado no micro

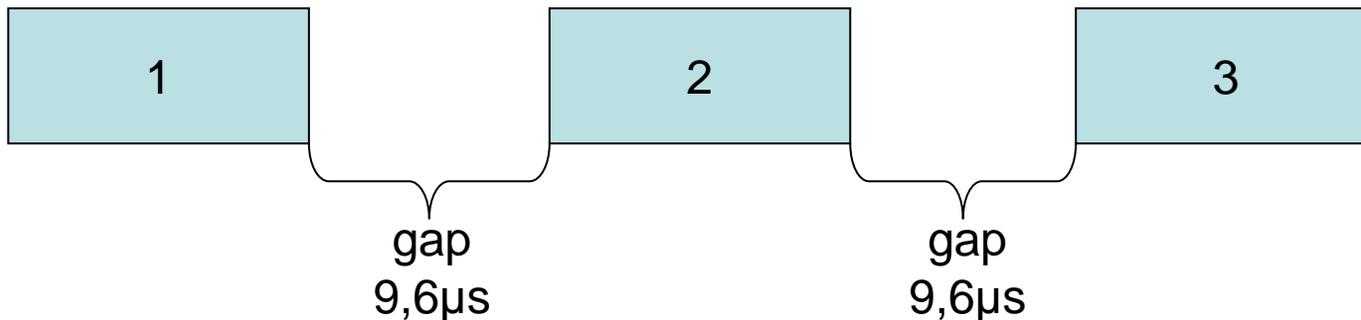
Estrutura de um quadro MAC



- **Preâmbulo:** marca o início do quadro. São sete bytes 10101010. Junto com SFD forma um padrão de sincronismo. (sinal de clock)
- **SFD (Start of Frame Delimiter):** um byte 10101011
- **Comprimento:** indica quantos bytes serão transmitidos no campo de dados
- **Dados:** enviados pela camada de Controle de Link Lógico, tem tamanho variável.
- **PAD:** caso os dados sejam menos que 46 bytes, serão inseridos dados pad até que se atinja o limite mínimo
- **FCS (Frame Check Sequence):** informações para controle de correção de erro (CRC)

Estrutura de um quadro MAC

- O tamanho do quadro Ethernet terá entre 72 e 1526 bytes
- Se dois quadros forem enviados em seqüência e não houver colisões, haverá um “espaço em branco” entre esses quadros chamado *gap*, que dura $9,6\mu\text{s}$ (0,0000096 segundo)

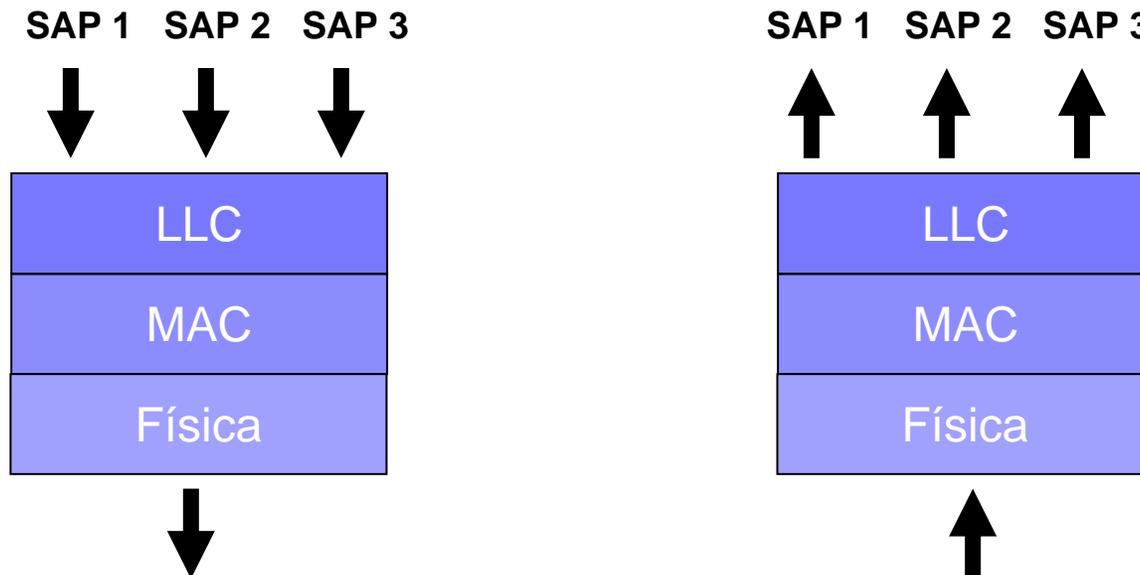


Estrutura de um quadro MAC

- O gap ocupa o espaço equivalente a 12 bytes:
 - 1s => 10.000.000 bps
 - 9,6 μ s => 96 bits = 12 bytes
- Para efeito de cálculos práticos em uma rede Ethernet:
 - Um quadro terá entre 84 e 1538 bytes (inclui o gap)
 - Serão transmitidos de 14.880 a 812,74 quadros por segundo (padrão 10 Mbps)

Controle do Link Lógico (LLC)

- Permite que mais de um protocolo seja usado acima dela (protocolos da camada 3 do modelo OSI)
 - Define pontos de comunicação entre transmissor e receptor chamado SAP (Service Access Point)

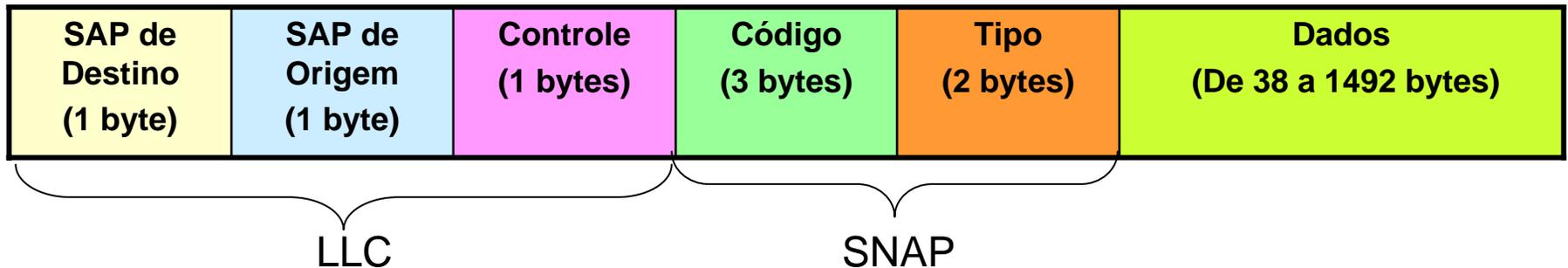


Controle de Link Lógico (LLC)

- Adiciona ao dado recebido informações de quem enviou esta informação (o protocolo que passou essa informação)
- Sem essa camada não seria possível usar mais de um protocolo no nível 3

Estrutura de um quadro LLC

- Já sabemos que a camada de baixo (MAC) recebe quadros de 46 a 1500 bytes
 - 8 destes bytes são usados para armazenar informações de controle da LLC:

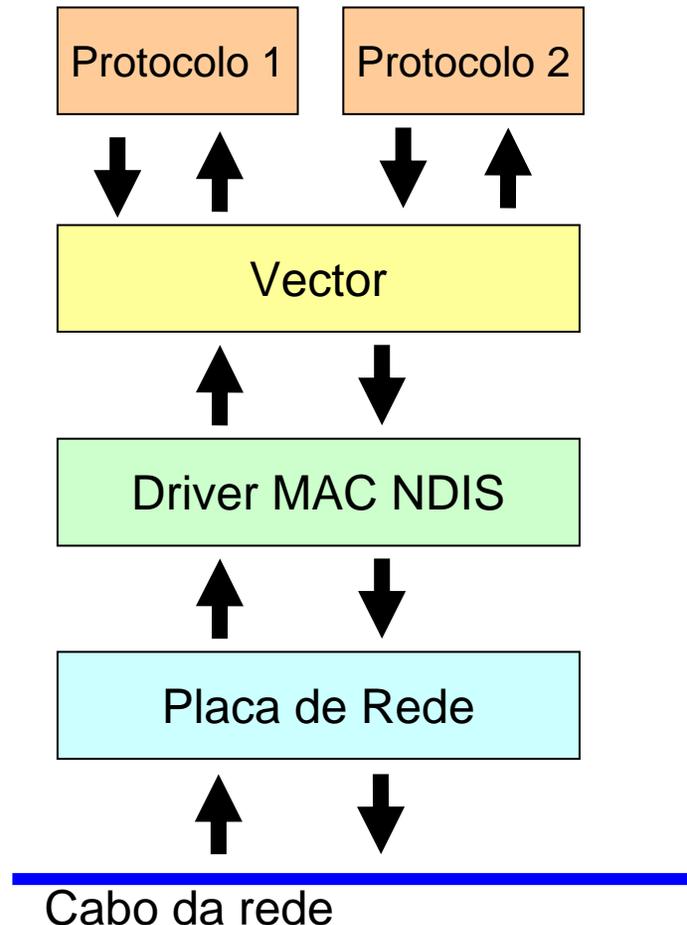


Estrutura de um quadro LLC

- SAP de origem e destino: não tinha espaço suficiente para especificar muitos protocolos e portanto foi criando o adicional SNAP
 - para usar o SNAP os campos SAP de origem e destino são fixados em 10101010
- Controle: assume três valores:
 - UI (Unnumbered Information): transmissão de dados
 - XID (eXchange IDentification): troca de dados de identificação entre emissor e receptor
 - Teste: o emissor envia um dado e o receptor manda de volta (para testar comunicação)
- Código: código do fabricante/desenvolvedor (atribuído pelo o IEEE)
- Tipo: código dado pelo fabricante ao protocolo

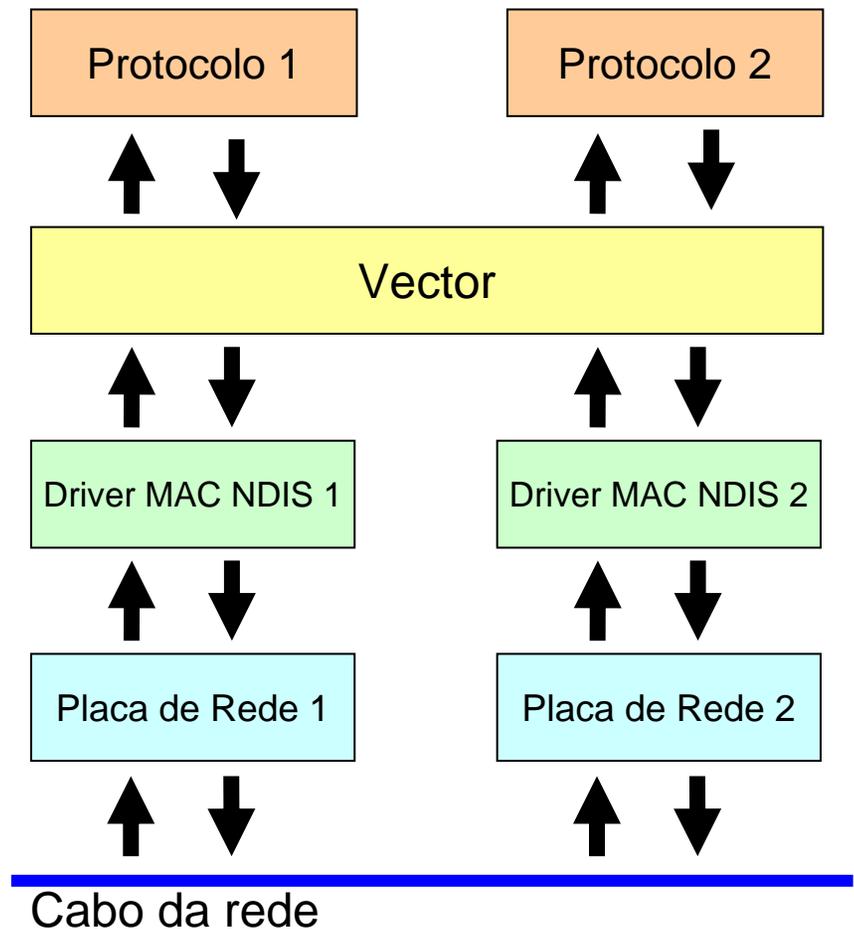
NDIS (Network Driver Interface Specification)

- Criado pela Microsoft e pela 3Com
- Permite que uma única placa de rede possa utilizar mais de um protocolo de rede ao mesmo tempo



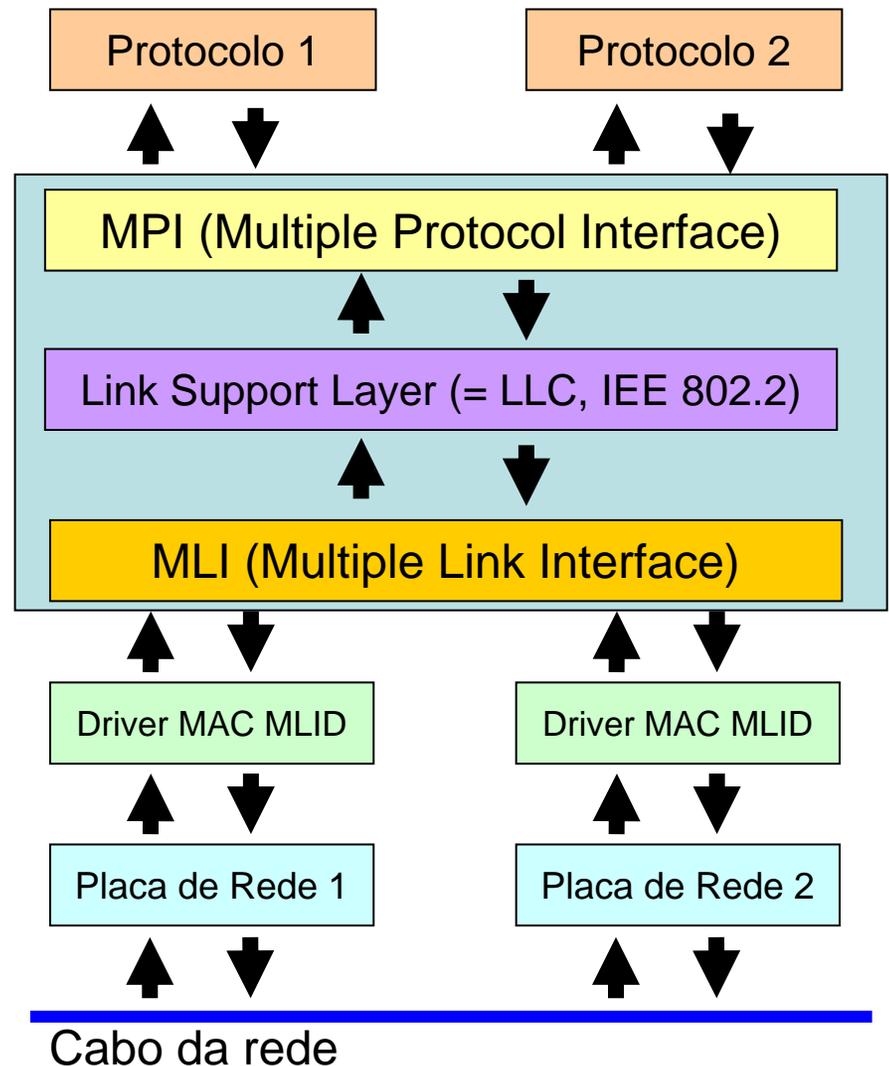
NDIS (Network Driver Interface Specification)

- Permite a existência de mais de uma placa de rede em um mesmo micro
 - Compartilha uma única pilha de protocolos (tudo que estiver do nível 3 do modelo OSI para cima) para as duas placas
 - Mesma função da LLC



ODI (Open Datalink Interface)

- Driver com mesmo objetivo do NDIS criado pela Novell e pela Apple
 - Funcionamento um pouco mais complexo e mais completo
 - Adiciona uma interface entre a LLC e os vários protocolos e outra interface entre o LLC e as várias placas de rede



NDIS x ODI

- ODI: tem campo de endereçamento de protocolo, tanto transmissor quanto receptor sabem qual o protocolo sendo usado no quadro
 - Entrega direta dos dados ao protocolo responsável
- NDIS: quando o quadro chega, envia para o primeiro protocolo que poderá aceitá-lo ou rejeitá-lo
 - Se rejeitar, tenta o segundo protocolo
 - E assim por diante até algum aceitar ou todos rejeitarem

Questões

1. A quantidade de computadores em uma rede influencia na velocidade da mesma? Por que?
2. Por que arquivos grandes são divididos para transmissão na rede?
3. Como funciona o mecanismo de CRC?
4. Explique para que servem duas camadas do modelo OSI
5. Esquematize um pacote de dados e defina seus campos

Questões

6. Qual a diferença entre um endereço MAC e um endereço IP?
7. Em uma rede Ethernet, qual camada é responsável por transformar os bits em pulsos elétricos e enviá-los pelo cabo?
8. Como a camada de link de dados verifica se o quadro que chegou não está corrompido?
9. Ao haver uma colisão, por que cada dispositivo espera um tempo aleatório para enviar o pacote? Por que não usar um tempo fixo?
10. Qual as vantagens introduzidas pelo NDIS e o ODI? E qual a diferença entre eles?

Referências Bibliográficas

- TORRES, Gabriel. *Redes de Computadores: Curso Completo*. Axcel Books, 2001.
- TANENBAUM, Andrew S. *Redes de Computadores*. Campus, 2003.