



INSTITUTO FEDERAL

Norte de Minas Gerais

Campus Januária

Redes de Computadores

- *Camada de Enlace* -



Camada Enlace

- A principal função da camada de Enlace de Dados (Link/Ligação de Dados) é transformar um canal de comunicação bruto em uma linha **que pareça livre de erros** para as camadas superiores.
- Em tecnologias de difusão, outra função importante da camada é controlar o **acesso ao meio de transmissão**, minimizando problemas de colisão.



Outras Funções...

- Controle de Congestionamento
- Enquadramento (Agrupamento de Bits)
- Estabelecimento de Conexão (ou não)



Soluções para a camada Física

- *“Trata de algumas limitações da camada Física”;*



Soluções para a camada Física

- *“Trata de algumas limitações da camada física”;*

A camada física não se comunica com as camadas de nível superior



Soluções para a camada Física

- *“Trata de algumas limitações da comunicação física;”*

A camada de enlace faz isso por meio do Logical Link Control (LLC)



Soluções para a camada Física

- *“Trata de algumas limitações da camada física”;*

A camada física não dá nomes ou
Identificação aos computadores



Soluções para a camada Física

- *“Trata de algumas limitações da camada física;”*

... dá nomes ou

A camada de enlace usa um processo de endereçamento físico



Soluções para a camada Física

- *“Trata de algumas limitações da camada física”;*

A camada física pode somente descrever fluxo de bits;



Soluções para a camada Física

- *“Trata de algumas limitações da camada Física”;*

ode somente

A camada de enlace usa o
enquadramento para organizar ou
agrupar os bits



Soluções para a camada Física

- *“Trata de algumas limitações da camada física”;*

A camada física não pode decidir qual computador irá transmitir os dados em um grupo em que todos tentam transmitir ao mesmo tempo



Soluções para a camada Física

- *“Trata de algumas limitações da camada Física”;*

*... não pode decidir qual
... os dados em
... emitir*

A camada de enlace usa um sistema
Chamado Media Access Control (MAC)



Camada 2 - Enlace

“Seu objetivo básico é assegurar a troca **confiável** de dados entre dispositivos conectados diretamente por um meio físico”



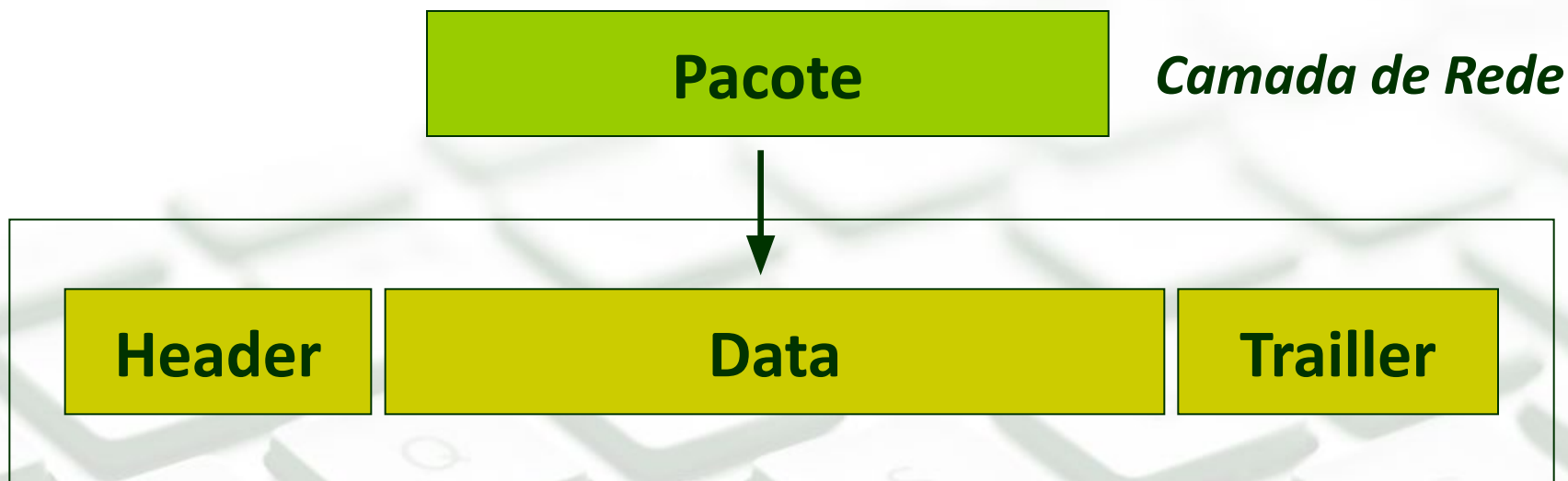
Camada 2 - Enlace

“O objetivo deste nível é detectar e opcionalmente corrigir erros que possam ocorrer no nível físico.”

- O nível de enlace vai oferecer um canal mais “confiável” para o uso do nível de rede.
- A técnica utilizada para tal é o **encapsulamento** das mensagens em *quadros*.



Quadro (Frame)



- **Header:** Endereço de Destino e Origem, Contador
- **Data:** Parte útil do quadro
- **Trailer:** Campo de checagem de Erros



Modelo Comunicação TCP/IP

Modelo OSI

Camada de aplicação

Camada de apresentação

Camada de sessão

Camada de transporte

Camada de rede

Camada de enlace

Camada de física

TCP / IP

Camada Aplicação

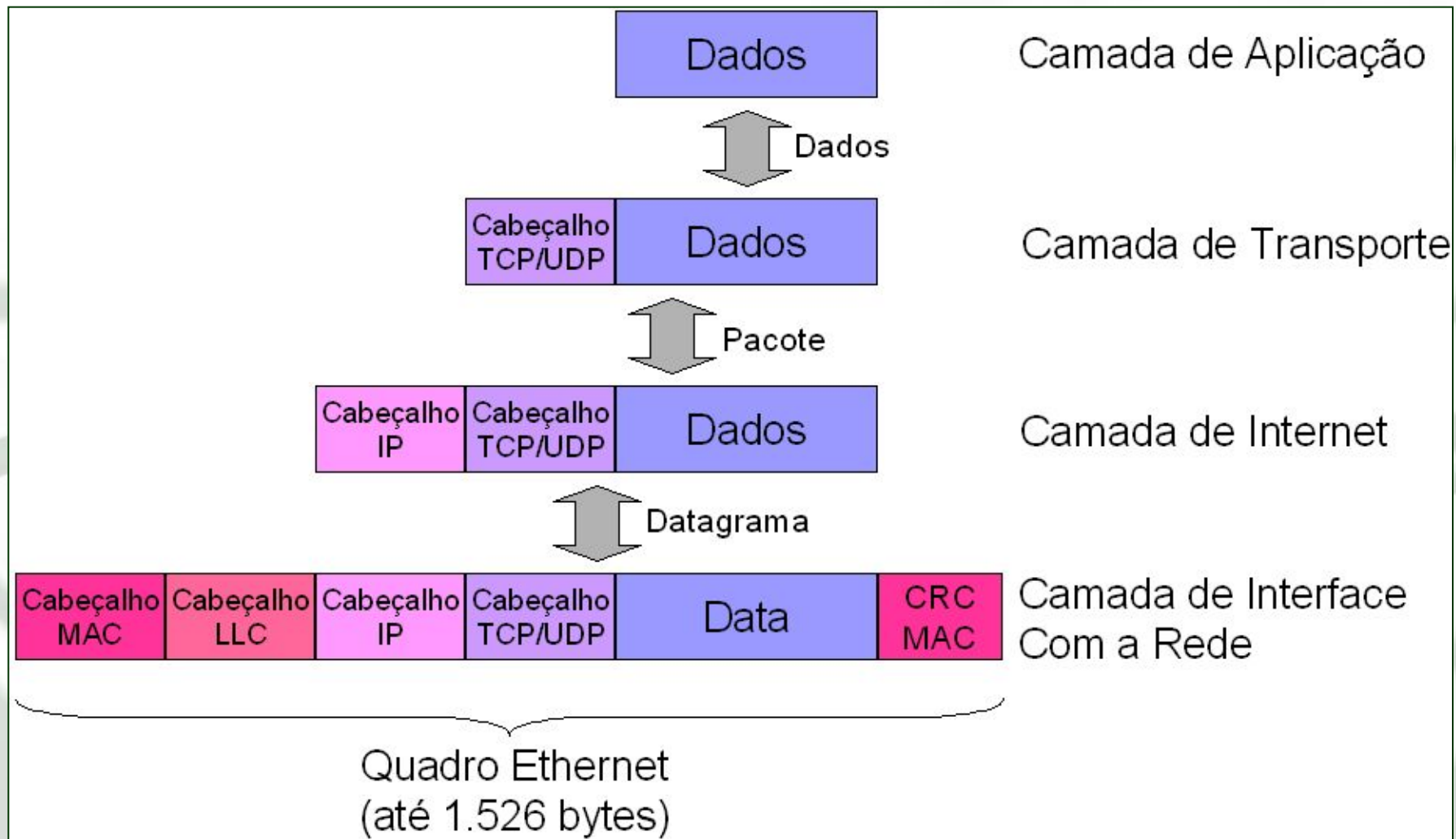
Camada Transporte

Camada Internet / Inter-Redes

Camada Host / Rede ou
Interface de Rede

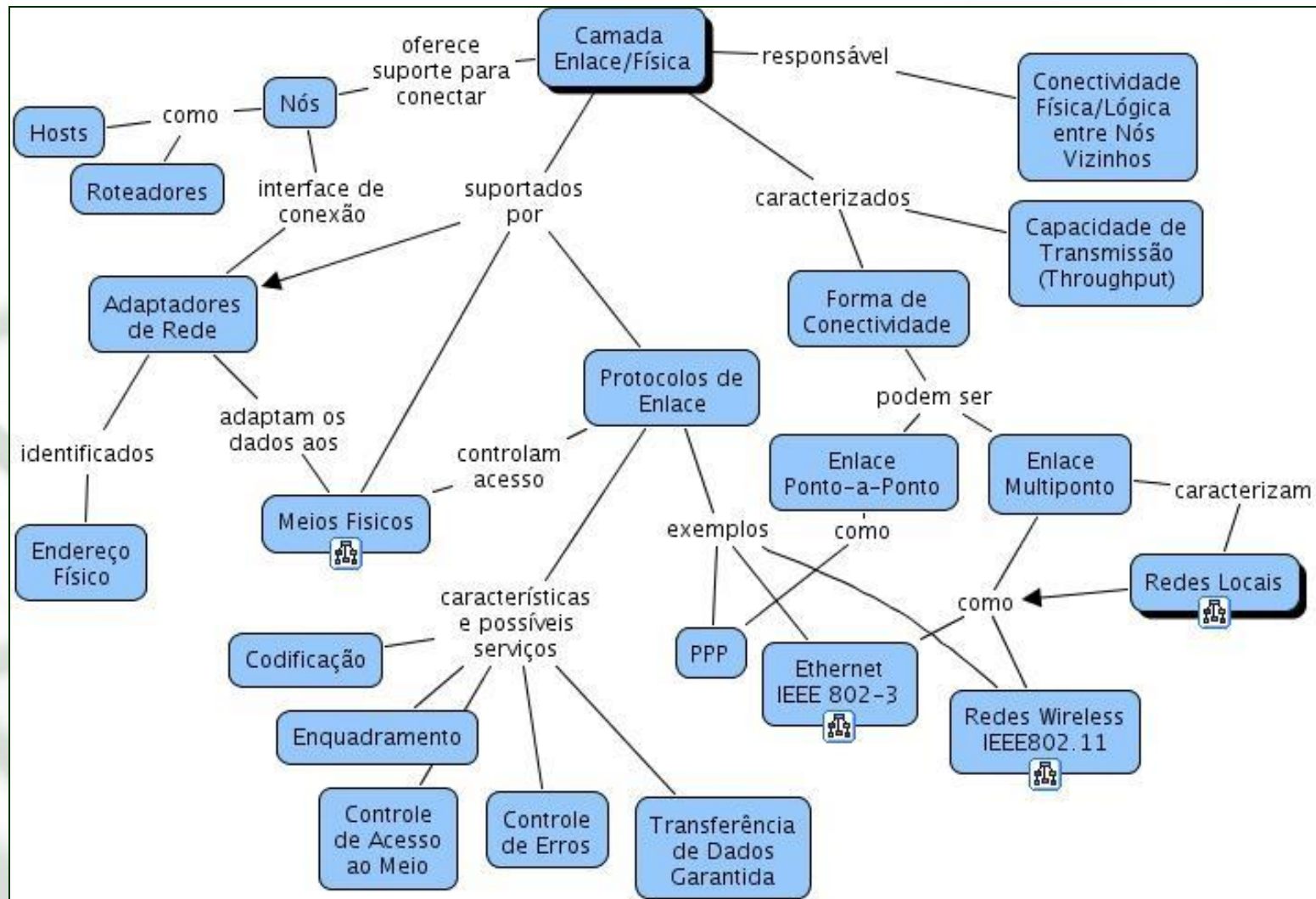


Modelo Comunicação TCP/IP





Modelo Comunicação TCP/IP





Funções

- **1. Providenciar a transmissão e recepção de dados para a camada de rede;**
- Criar e reconhecer os limites dos quadros
- Lidar com os erros que possam ocorrer no meio físico; (Controle de Erros)
- Controle de Fluxo na rede (Congestionamento)
- Controle de Acesso
- Multiplexação



Serviços oferecidos à Rede

■ Serviço sem conexão e sem Confirmação

- O T(x) envia quadros independentes ao R(x), sem estabelecimento de conexões lógicas e confirmações de recebimento ou de falhas.
- Adequado quando a taxa de erros é **baixa**;
- O controle de congestionamento deve ser feito pelas camadas superiores;
- Recomendado quando os dados atrasados causam mais problemas do que dados recebidos com falhas (exemplo: voz);
- É o padrão adotado nas redes **Ethernet**.



Serviços oferecidos à Rede

■ Serviço sem conexão e com Confirmação

- T(x) envia quadros independentes ao R(x), sem estabelecimento de conexões lógicas **porém**, a recepção dos quadros é **confirmada** (ou não);
- Caso o T(x) não receba a confirmação (**ACK**) em um intervalo de tempo específico, o quadro é reenviado.
- A perda de pacotes **ACK** pode acarretar o recebimento de quadros repetidos;
- Serviço útil em **meios não-confiáveis**, como os *wireless*.



Serviços oferecidos à Rede

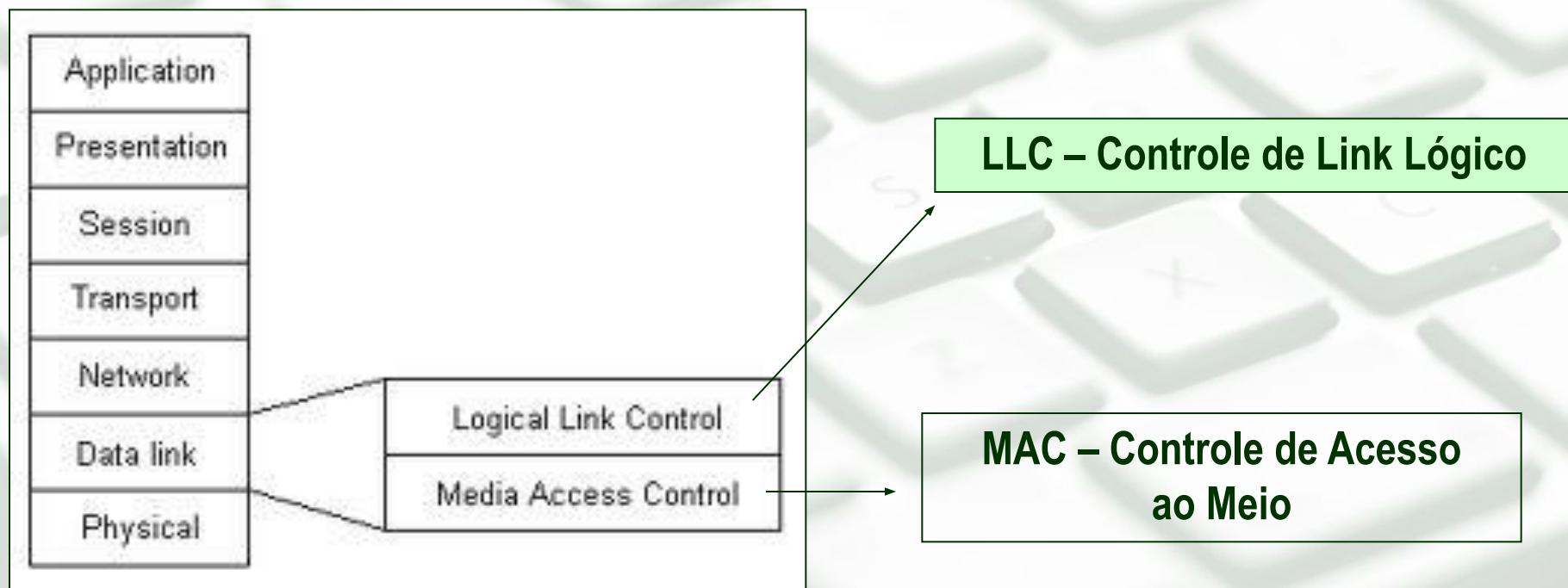
■ Serviço Orientado a conexão

- Máquinas de origem e destino estabelecem uma conexão lógica **antes** dos dados serem transferidos;
- A camada de enlace garante que cada quadro será de fato recebido e na ordem correta (sem repetição);
- A conexão é estabelecida, fazendo-se ambos inicializarem variáveis de controle; quadros são transmitidos, e após o último quadro a conexão é encerrada;
- Pode ser utilizado em algumas redes WAN;



Subdivisão da Camada 2

- O IEEE propôs a subdivisão da camada Enlace em duas subcamadas:





Controle de Link Lógico

- O objetivo da sub-camada LLC é tornar oculto para a camada superior (rede) os diferentes tipos de serviços oferecidos à ela;
- Fornece um formato único e uma única interface para a camada de rede;
- Providencia o envio e recepção de dados para a camada de rede;
- Controle de Fluxo;



Funções

- Providenciar a transmissão e recepção de dados para a camada de rede
- **2. Criar e reconhecer os limites dos quadros**
- Lidar com os erros que possam ocorrer no meio físico (Controle de Erros)
- Controle de Fluxo na rede (Congestionamento)
- Controle de Acesso
- Multiplexação



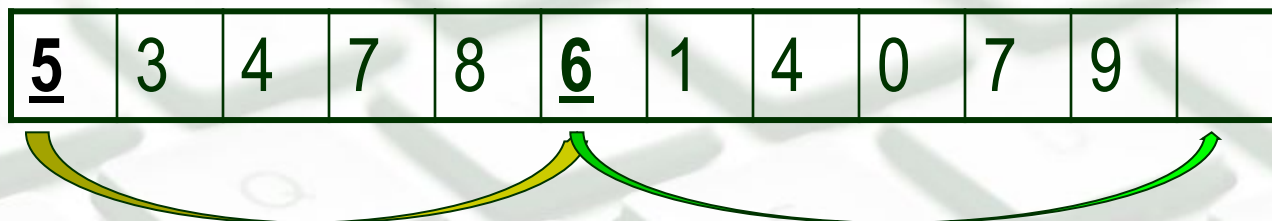
Enquadramento

- Para ser facilitar a detecção de erros, a estratégia da camada de enlace é agrupar uma seqüência de bits, provenientes da camada física, em grupos denominados ***quadros***
- Existem 04 métodos para delimitar o tamanho destes quadros...



Contagem de Caracteres

- Utiliza um campo do cabeçalho do quadro para especificar o número (tamanho) de caracteres deste.





Contagem de Caracteres

- Utiliza um campo do cabeçalho do quadro para especificar o número (tamanho) de caracteres deste.

<u>5</u>	3	4	7	8	<u>6</u>	1	4	0	7	9	
----------	---	---	---	---	----------	---	---	---	---	---	--



Problema...

<u>5</u>	3	4	7	8	<u>3</u>	1	4	0	7	9	
----------	---	---	---	---	----------	---	---	---	---	---	--





Inserção de Caracteres

- Um Byte especial (Byte FLAG) para delimitar o início e o fim do quadro; (Adotado no protocolo PPP)

FLAG	Cabeçalho	Carga Útil	Final	FLAG
-------------	-----------	------------	-------	-------------



Inserção de Caracteres

- Um Byte especial (Byte FLAG) para delimitar o início e o fim do quadro; (Adotado no protocolo PPP)

FLAG	Cabeçalho	Carga Útil	Final	FLAG
------	-----------	------------	-------	------

Problema...

FLAG	Cabeçalho	ASDKM <u>FLAG</u> LS234DA	Final	FLAG
------	-----------	---------------------------	-------	------





Inserção de bits

- Cada quadro é delimitado pela seqüência de bits 01111110 (Como se fosse um Byte FLAG);
- O quadro 001110101101001 seria enviado como...
01111110 001110101101001 01111110



Inserção de bits

- Cada quadro é delimitado pela seqüência de bits 01111110 (Como se fosse um Byte FLAG);
- O quadro 001110101101001 seria enviado como...
01111110 001110101101001 01111110

Problema...

Tentar enviar o quadro 0010110111111001010110





Violação de códigos

- Somente é usado em redes cuja codificação dos bits no meio físico possui alguma forma de redundância. Exemplo: Codificação Manchester.
- Em algumas redes para se enviar 1 bit, utiliza-se 2 bits físicos. Um par alto-baixo que representa o bit 1, e o par baixo-alto para representar o bit 0.
- As combinações baixo-baixo, ou alto-alto podem ser utilizadas para delimitação de quadros.



Enquadramento

- Em geral, para proporcionar uma maior segurança, muitos protocolos de enlace utilizam uma combinação do protocolo de contagem de caracteres, com um dos outros métodos de enquadramento.





Exercícios

- Faça o enquadramento das mensagens a seguir...
 - Contagem de Caracteres
 - A S C 3 5
 - 8 4 8 9 5 0 3 3
 - Inserção de Caracteres (Sendo o FLAG = % e ESC = *)
 - A S % D * * K S
 - % J S H % *
 - S J H % % * F K L 3 3 %
 - Inserção de Bits
 - 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 0 0 1 1 0
 - 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1



Exercícios

- Retire as mensagens dos quadros a seguir...
 - Contagem de Caracteres
 - 5 6 6 3 7 3 6 5
 - 7 6 6 5 4 1 9 5 6 6 7 2 4 3 4 3
 - Inserção de Caracteres (Sendo o FLAG = % e ESC = *)
 - % K K * * * % D D H * % %
 - % * % S G G T H * * * * * % %
 - % H D 5 6 * % * % * * %
 - Inserção de Bits
 - 0 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0 1 1 0 0 1 0 1 1 1 1 1 1 0
 - 0 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1 1 1 1 0 0 1 0 1 1 1 1 1 0 0 1 0 1 1 1 1 1
1 0



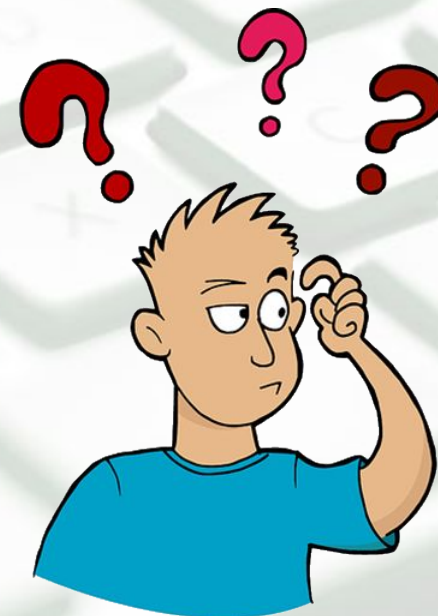
Funções

- Providenciar a transmissão e recepção de dados para a camada de rede
- Criar e reconhecer os limites dos quadros
- **3. Lidar com os erros que possam ocorrer no meio físico; (Controle de Erros)**
- Controle de Fluxo na rede (Congestionamento)
- Controle de Acesso
- Multiplexação



Controle de Erros

- Resolvido o problema de enquadramento, como ter certeza de que todos os quadros serão entregues **corretamente** e na **ordem apropriada**?
- Detecção de erros
 - Retransmitir?
 - Tentar recuperar?





Controle de Erros

- A forma mais comum de garantir uma entrega confiável é dar ao Tx algum ***feedback*** sobre o que está acontecendo no outro extremo da linha;
- Rx envia ao Tx quadros especiais carregando avisos 'positivos' (ACK) ou 'negativos' (NAK) de recepção;

Mas e quando a mensagem se perde no caminho e não chega ao Receptor?



Controle de Erros

- Quando o $T(x)$ envia um quadro 'X', ele também inicializa um **timer**. Este timer é ajustado para ser desativado após o tempo necessário para a chegada da confirmação (ACK ou NAK) do quadro 'X'.
- Se ocorrer *timeout* (tempo esgotado), então o $T(x)$ irá enviar novamente o quadro 'X';
- Outro problema potencial é quando a confirmação positiva (ACK) é perdida durante a transmissão.

Veremos detalhes desses problemas mais a frente (Controle Fluxo)



Controle de Erros

- Há duas estratégias básicas para tratamento de erros.
 - Incluir informações redundantes em cada quadro para permitir a identificação de erros;
 - Incluir informações redundantes em cada quadro para permitir a identificação e **correção** de erros
- Cada técnica é utilizada de acordo com a tecnologia de transmissão utilizada no enlace



Código de Detecção de Erros

■ Bit de Paridade

- Um bit extra é adicionado a cada informação, de modo que, a quantidade de bits '1' se torne par (ou ímpar);

- Exemplos:

- Paridade Par

1 0 0 0 1 0 1 1 0

1 0 0 0 1 0 1 0 1

1 1 1 0 1 0 1 0 1

1 1 0 0 1 0 1 0 0

- Paridade Ímpar

1 0 0 0 1 0 1 1 1

1 0 0 0 1 0 1 0 0

1 1 1 0 1 0 1 0 0

1 1 0 0 1 0 1 0 1



Código de Hamming

- O **Código de Hamming** é um aperfeiçoamento da técnica 'bit de paridade', podendo até corrigir erros.
- O código possui inúmeras variantes, contudo é representado da seguinte maneira: **Hamming (7,4)**;
Onde...
 - 7 = Número total de bits total da mensagem – *codeword*;
 - 4 = Número de bits da mensagem original;

Portanto neste caso, 3 bits (redundantes) foram inseridos para possibilitar a verificação e correção de erros.



Código de Hamming

■ Algoritmo:

- Os bits de verificação (bits de Hamming), estarão nas posições 2^K (1, 2, 4, 8, 16, 32...);
- Os bits da mensagem transmitida, estarão nas demais posições (3, 5, 6, 7, 9, 10...);

■ Exemplo:

- Deseja-se transmitir a mensagem **1101**. A mensagem enviada será conforme a estrutura a seguir: Hamming (7, 4)

<i>Posição dos Bits</i>	1	2	3	4	5	6	7
Mensagem	H1	H2	1	H3	1	0	1



Código de Hamming

■ Calculando os bits de Hamming...

<i>Posição</i>	1	2	3	4	5	6	7
Mensagem	H1	H2	1	H3	1	0	1

<i>Posição</i>	1	2	3	4	5	6	7
$3 = 1 + 2$	1	1		0			
$5 = 1 + 4$	1	0		1			
$7 = 1 + 2 + 4$	1	1		1			

Mensagem	1	0	1	0	1	0	1
----------	---	---	---	---	---	---	---



Código de Hamming

Simulando um erro simples...

Enviado	1	0	1	0	1	0	1
Recebido	1	0	1	0	0	0	1

Recalculando Bits de Hamming...

Posição	1	2	3	4	5	6	7
$3 = 1 + 2$	1	1		0			
$7 = 1 + 2 + 3$	1	1		1			

Calculado	0	0		1			
Recebido	1	0		0			



Código de Hamming

Simulando um erro simples...

Enviado	1	0	1	0	1	0	1
Recebido	1	0	1	0	0	0	1

Recalculando Bits de Hamming...

Posição	1	2	3	4	5	6	7
$3 = 1 + 2$	1	1		0			
$7 = 1 + 2 + 3$	1	1		1			

Calculado	0	0		1			
Recebido	1	0		0			
$(1 + 4 = 5)$	1	0		1			



Exercícios

- Informe qual deverá ser o bit de paridade (Par) nas mensagens a seguir:
 - a) 1 0 0 1 1 0 1 c) 1 1 1 0 1 1 0 1
 - b) 1 1 1 0 1 0 1 d) 0 0 1 1 0 1 1 1
- Faça o algoritmo de Hamming (7,4) e descubra qual será a **codeword** (mensagem enviada) para os seguintes dados:
 - a) 1 0 1 1 c) 1 1 1 1
 - b) 0 0 1 1 d) 1 0 0 1
- Obtenha a mensagem original a partir das *codeword's* abaixo. (Em alguns casos poderão ter ocorrido erros simples)
 - a) 0 0 1 0 1 1 1 c) 1 0 1 0 1 1 0
 - b) 1 0 1 0 0 1 0 d) 1 1 0 1 0 0 0



Exercícios

- Faça o algoritmo de Hamming (11,7) e descubra qual será a **codeword** (mensagem enviada) para os seguintes dados:
 - a) 1 0 0 1 0 0 0 c) 1 1 0 1 1 0 1
 - b) 1 1 0 0 0 0 1 d) 1 1 0 1 0 0 1

- Obtenha a mensagem original a partir das *codeword's* abaixo. (Em alguns casos poderão ter ocorrido erros simples)
 - a) 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1 c) 0 1 1 0 1 0 1 1 1 0 1
 - b) 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 0 d) 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0



Custo x Benefício

- Códigos de correção de erros são muito úteis em meios instáveis (como *wireless*), contudo, necessitam de muitos bits redundantes
- Suponha quadros de 1000 bits. Em uma transmissão de 1 Mb de informação, seria necessário 10.000 bits para corrigir um erro simples de um quadro defeituoso.
- Enquanto que, se cada bloco tivesse apenas um bit de paridade (portanto, mais 1000 bits), ocorrendo um erro simples, seria necessário apenas retransmitir o quadro defeituoso = $1000 + 1000 \text{ bits} = 2.000 \text{ bits}$.



CRC

- O CRC - Código de Redundância Cíclica é o método mais utilizado para detecção de erros.
- É capaz de detectar uma grande faixa de erros de transmissão, isolados ou em rajadas.
- Consiste na ideia de acrescentar ao final de uma mensagem T, o resto da divisão da mensagem T por um polinômio gerador P.
- A mensagem final então, para ser válida, deverá ser divisível pelo mesmo polinômio gerador P.



CRC

Exemplo:

Informação a ser enviada:

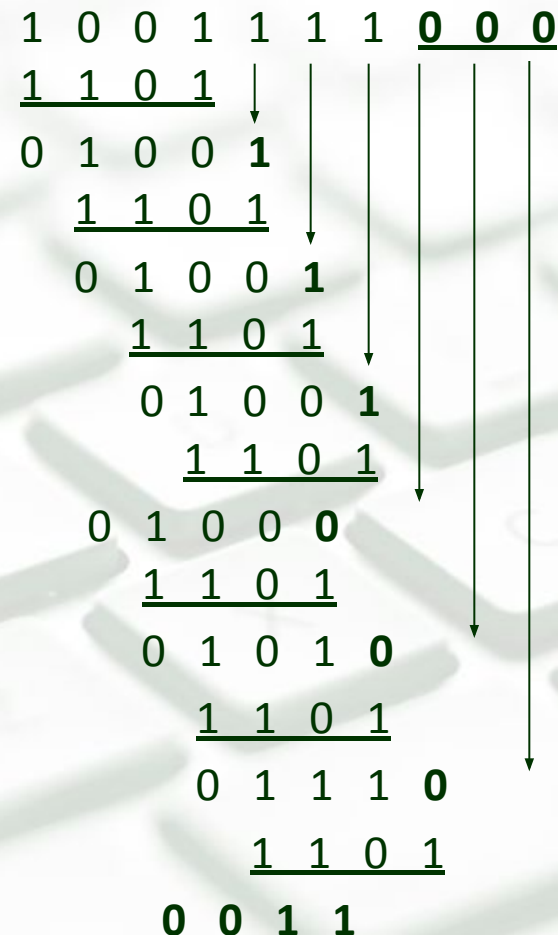
1 0 0 1 1 1 1

Polinômio Gerador G(x):

$$X^3 + X^2 + 1$$

Acrescenta-se:

A mensagem original, a
Qtde. de Zeros equivalentes
ao Grau de G(x).



MENSAGEM ENVIADA = 1 0 0 1 1 1 1 0 1 1



CRC

- O CRC-16 consegue detectar: 100% de erros simples, duplos, e qtde ímpar; 99,998% de rajadas > 18 bits;
- O CRC-32 se tornou o algoritmo padrão de detecção de erros nas redes locais cabeadas.

Padrão Internacional - IEEE 802:

$$CRC_{32}(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x^1 + x^0$$



Exercícios

- Informe qual deverá ser o fluxo de bits transmitidos pela camada de enlace, utilizando o método CRC, sendo o polinômio gerador = $X^3 + 1$
 - a) 1 0 0 1 1 1 c) 1 0 1 0 1 1
 - b) 1 1 1 0 1 0 d) 1 1 0 0 0 1
- Os quadros a seguir foram recebidos pela camada de enlace. Verifique se ocorreu erro durante a transmissão, sabendo que foi utilizado o método CRC, sendo o polinômio gerador: $X^3 + X^1 + 1$
 - a) 1 1 1 0 1 1 0 1 1 c) 1 0 0 1 1 1 0 1 1
 - b) 1 0 0 0 1 0 1 1 0 d) 1 1 1 0 1 1 0 1 1



Funções

- Providenciar a transmissão e recepção de dados para a camada de rede
- Criar e reconhecer os limites dos quadros
- Lidar com os erros que possam ocorrer no meio físico; (Controle de Erros)
- **4. Controle de Fluxo na rede (Congestionamento)**
- Controle de Acesso
- Multiplexação



Controle de Fluxo

- Um problema recorrente na camada de enlace é quando um transmissor que enviar quadros mais rapidamente do que o receptor é capaz de aceitar.
- Existem duas abordagens:
 - Controle de Fluxo baseado em ***Feedback***
 - Controle de Fluxo baseado na **Velocidade**
- Na camada de enlace, somente a primeira abordagem é utilizada.

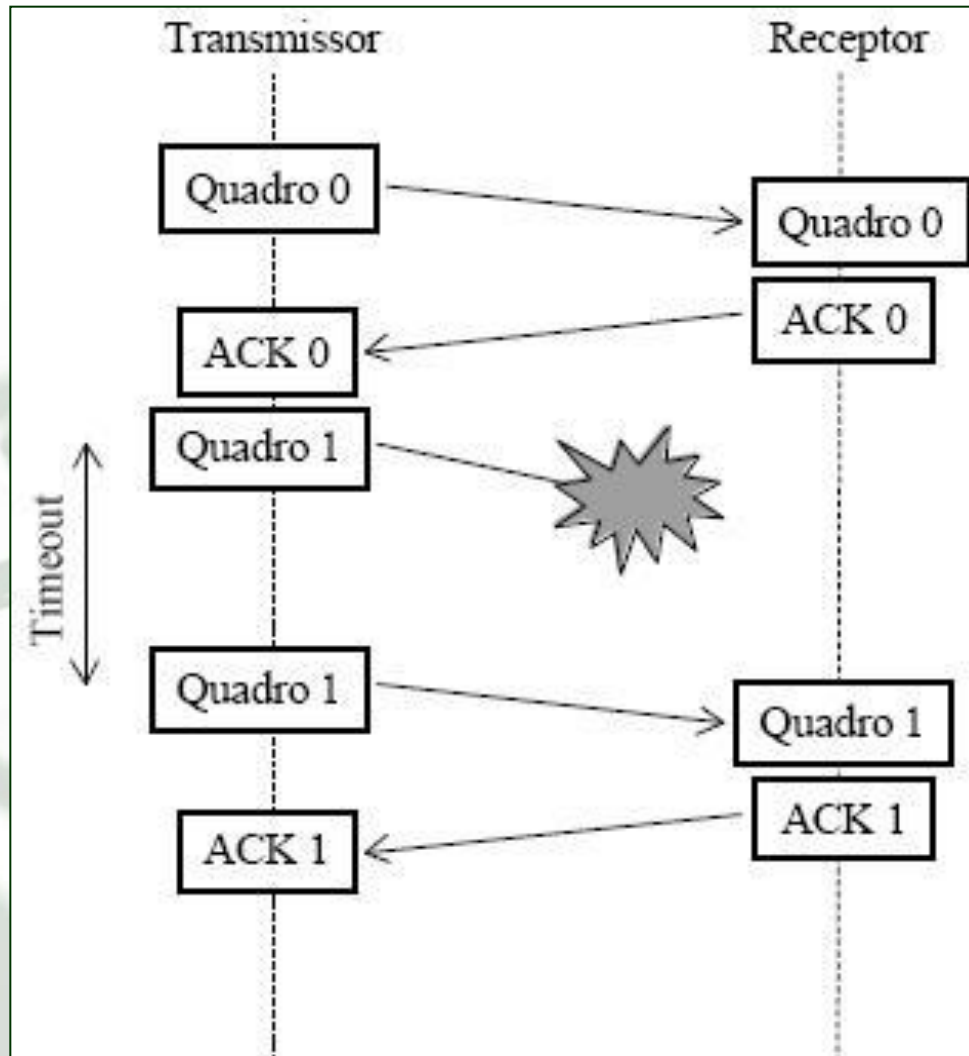


Algoritmo Stop-and-Wait

- O TX só envia um novo quadro quando recebe a confirmação (ACK) do quadro enviado anteriormente, ou quando o ***timeout*** é atingido.
- Como o TX só envia um quadro de cada vez, só é preciso 1 bit para diferenciar um 'novo' quadro de um quadro retransmitido.



Algoritmo Stop-and-Wait



Vantagem:
Simplicidade

Desvantagem:
Ineficiente



Algoritmos Stop-and-Wait

- A técnica mostrada é uma solução simples porém ineficiente, pois enquanto o TX espera por reconhecimentos o canal não é utilizado.



Janela Deslizante

- O TX pode enviar vários quadros mesmo sem ter recebido reconhecimentos dos quadros anteriores.
- O número máximo de quadros (devidamente numerados) que podem ser enviados sem reconhecimento define a largura da janela de transmissão (n).
- O Rx envia um reconhecimento para o quadro ' n ', e o Tx considera que este quadro, e todos os anteriores a ' n ' foram recebidos corretamente.



Janela Deslizante

■ Retransmissão Integral

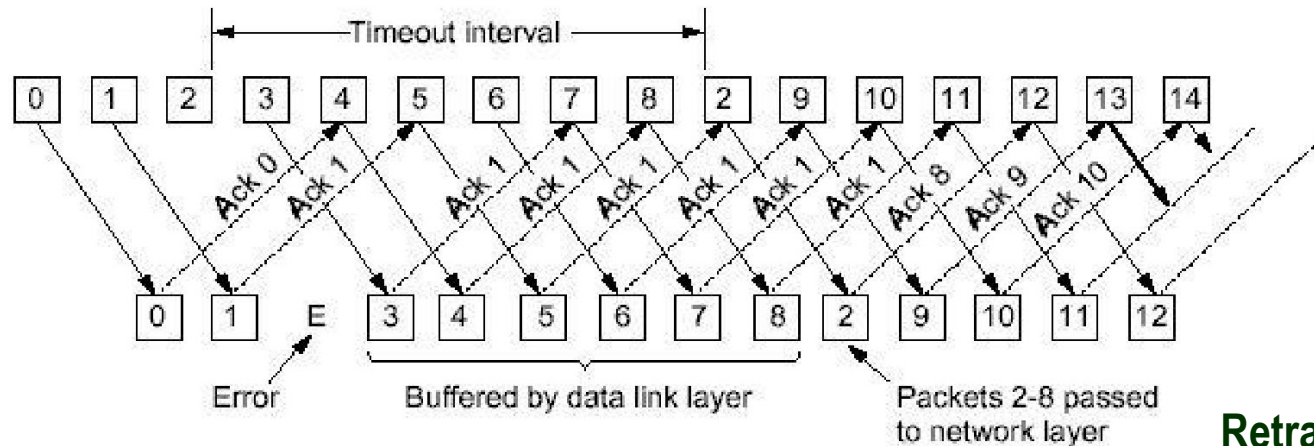
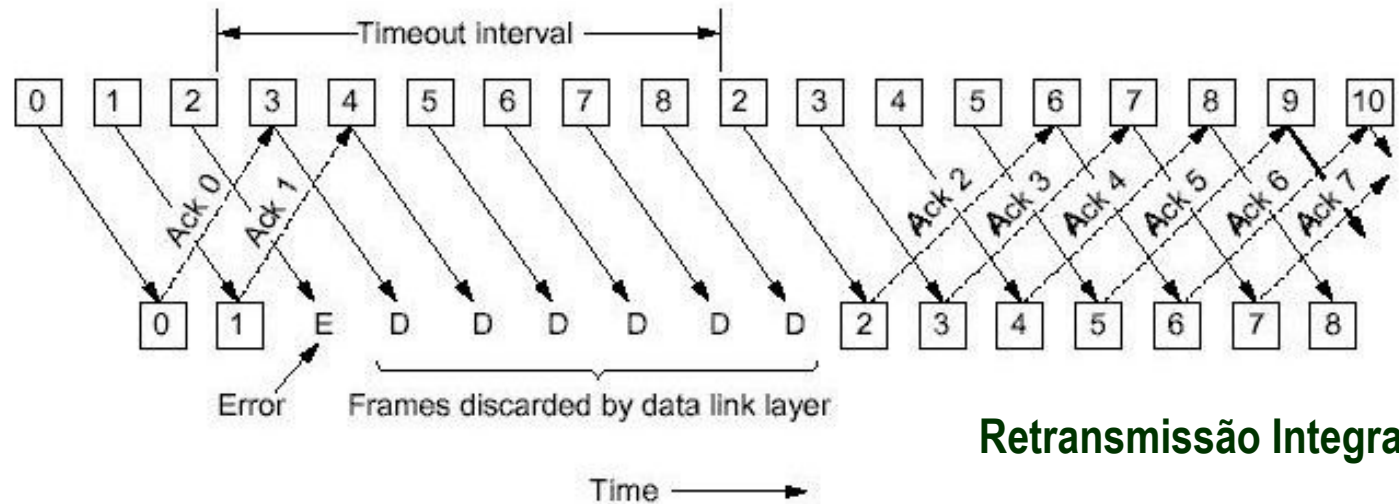
- Todos os quadros a partir do que não foi reconhecido são retransmitidos.

■ Retransmissão Seletiva

- Apenas o quadro que não foi reconhecido é retransmitido.



Janela Deslizante





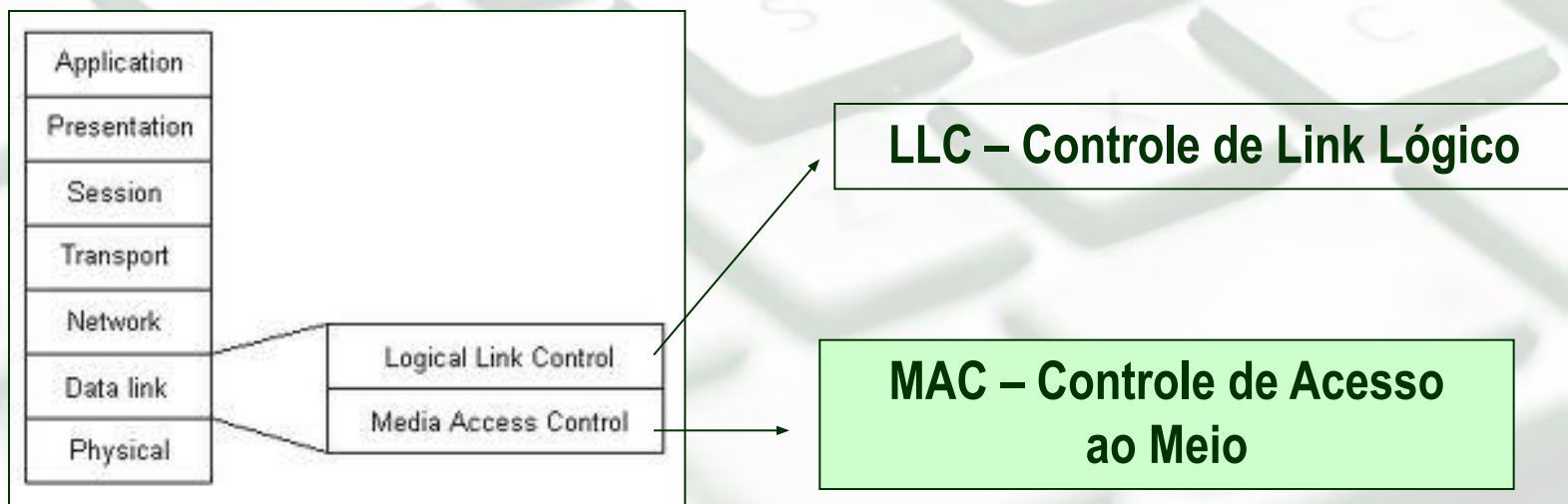
Funções

- Providenciar a transmissão e recepção de dados para a camada de rede
- Criar e reconhecer os limites dos quadros
- Lidar com os erros que possam ocorrer no meio físico (Controle de Erros)
- Controle de Fluxo na rede (Congestionamento)
- **Controle de Acesso ao meio**
- **Multiplexação**



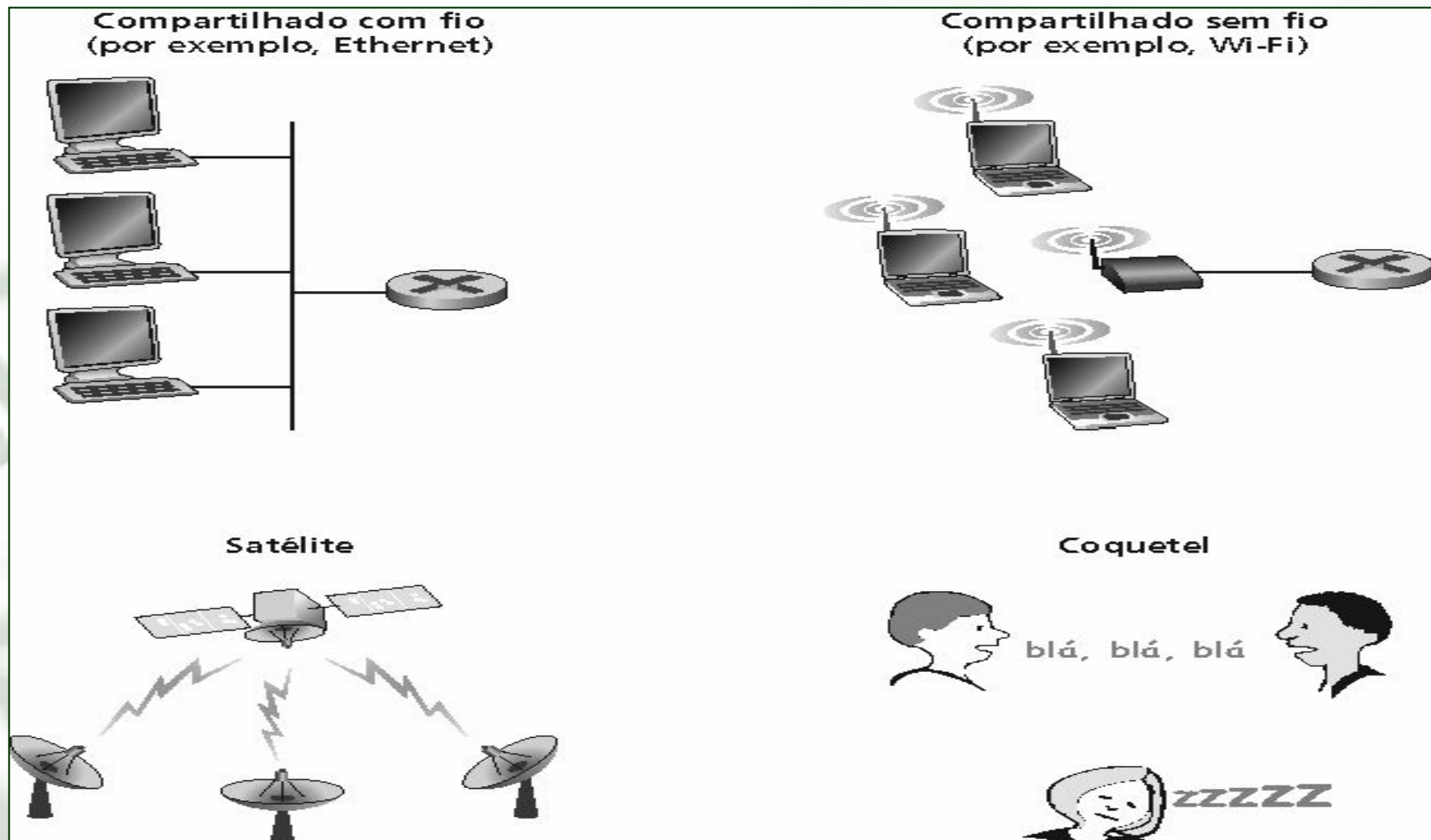
Controle de Acesso ao Meio

- Em um rede de difusão, uma questão fundamental é determinar quem tem direito de usar o canal em determinado instante;
- O IEEE propôs a subdivisão da camada Enlace em duas subcamadas:



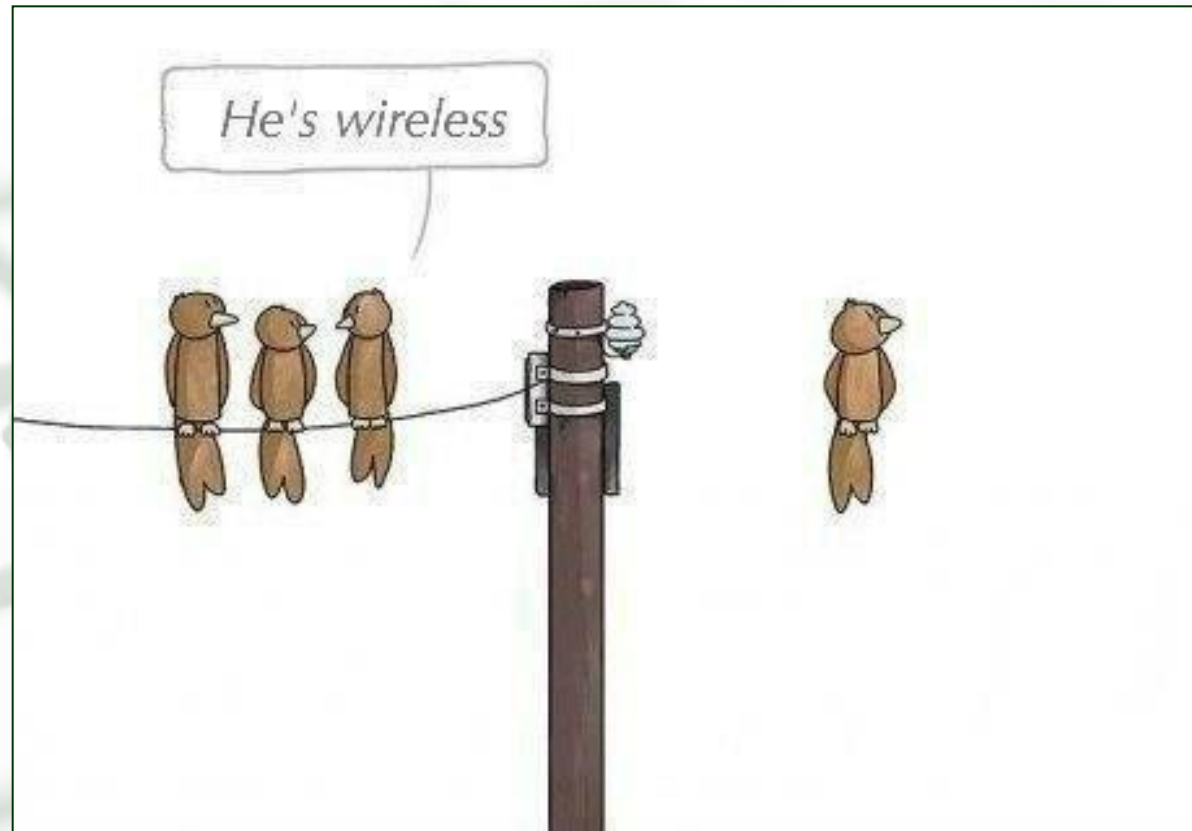


Meios Compartilhados





Meios Compartilhados





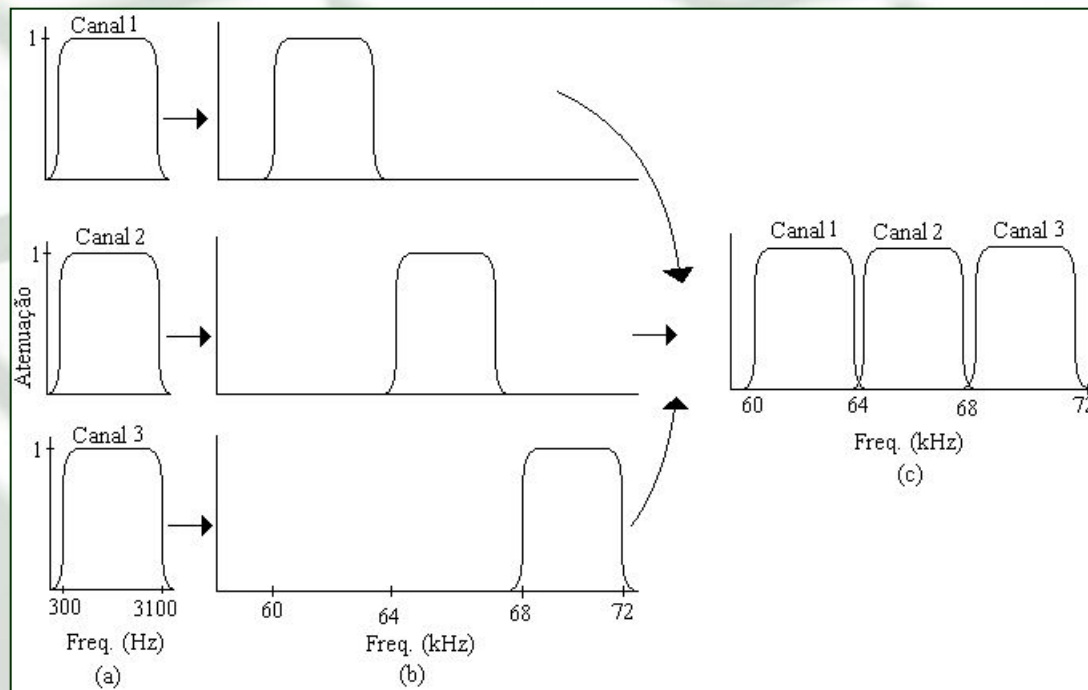
Multiplexação

- Uma maneira de alocar vários usuários concorrentes em um único canal é utilizando alocação estática, através de **Multiplexação**.
- Um Multiplexador (MUX) é um dispositivo que combina múltiplas entradas num único canal de saída.
- O Demultiplexador (DEMUX) é o dispositivo responsável pela operação inversa.



Multiplexação FDM

- FDM (Frequency Division Multiplexing):
Sub-canais utilizando faixa de freqüências.



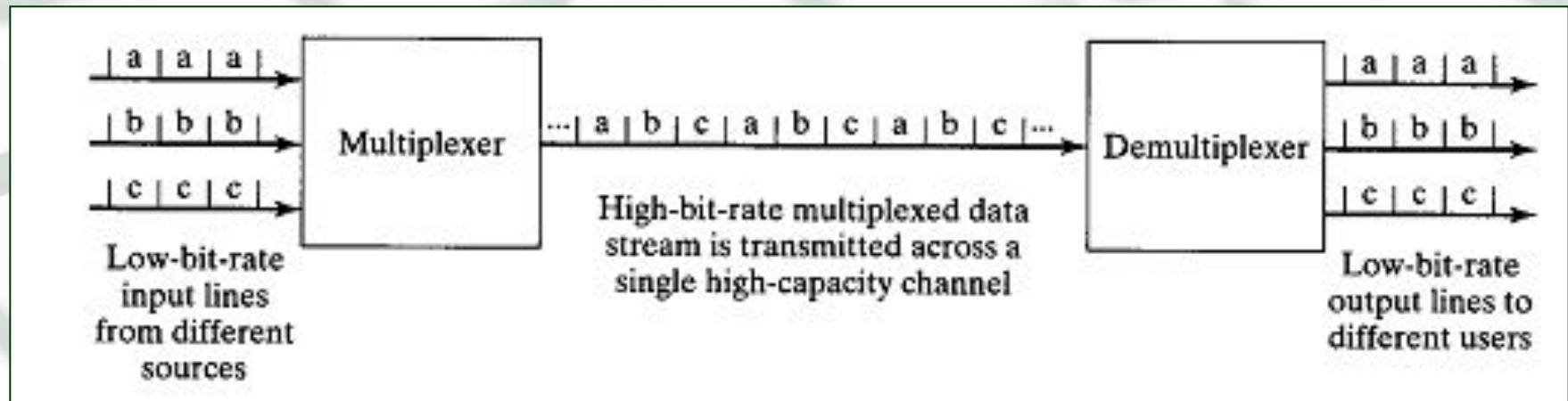
Cada canal ocupa uma **faixa de banda própria** dentro do mesmo meio de transmissão.

Ex.: TV; Rádios;



Multiplexação TDM

- TDM (Time Division Multiplexing): Sub-canais alocados em diferentes instantes de tempo.





Multiplexação

- Entretanto, quando o número de usuários for grande (e continuamente variável), a multiplexação não é viável, uma vez que grande parte do espectro será desperdiçado.
- Outro problema é que, após acertada a divisão do enlace entre N transmissores, nenhum outro transmissor que chegar depois poderá ter acesso ao meio – daí o nome **Alocação Estática**.



Aloha (Puro)

- Na década de 70 foi elaborada uma nova técnica para alocação de canais.
- A idéia básica de um sistema Aloha é simples:
“Permitir que os usuários transmitam sempre que tiverem dados a serem enviados”;
- Obviamente haverá colisões, mas, devido à propriedade de *feedback*, um Tx sempre saberá se a mensagem foi recebida ou não.
- Eficiência aproximada de 18%



Slotted Aloha

- Um novo método propôs dividir o tempo em intervalos discretos (*slot*). Cada *slot* corresponde ao tempo de transmissão de um quadro.
- Esse novo método exige que cada usuário respeite as fronteiras dos *slots*. Dessa forma, cada usuário terá que esperar o início de um próximo *slot* para transmitir.
- O Slotted Aloha duplicou taxa de eficiência do método Aloha Puro, ou seja, aproximadamente 37%



Carrier Sense Multiple Access

- A eficiência de utilização do canal ainda é muito baixa, mas normal, uma vez que todas as estações podem transmitir à vontade ocasionando muitas colisões.
- Para melhorar mais ainda, cada estação poderia perceber o momento mais adequado para transmitir.
- Os protocolos em que as estações escutam uma portadora (um meio) são denominados:

CSMA - Protocolos Sensíveis à Portadora



Carrier Sense Multiple Access

- A proposta do CSMA é ‘escutar’ o canal para ver se o mesmo já está ocupado...
 - Caso esteja ocupado, irá aguardar.
 - Caso esteja ocioso, irá transmitir a informação.
- Métodos: Persistente e Não-Persistente.

Poderão ocorrer eventuais colisões neste novo método?



Carrier Sense Multiple Access

■ Colisão

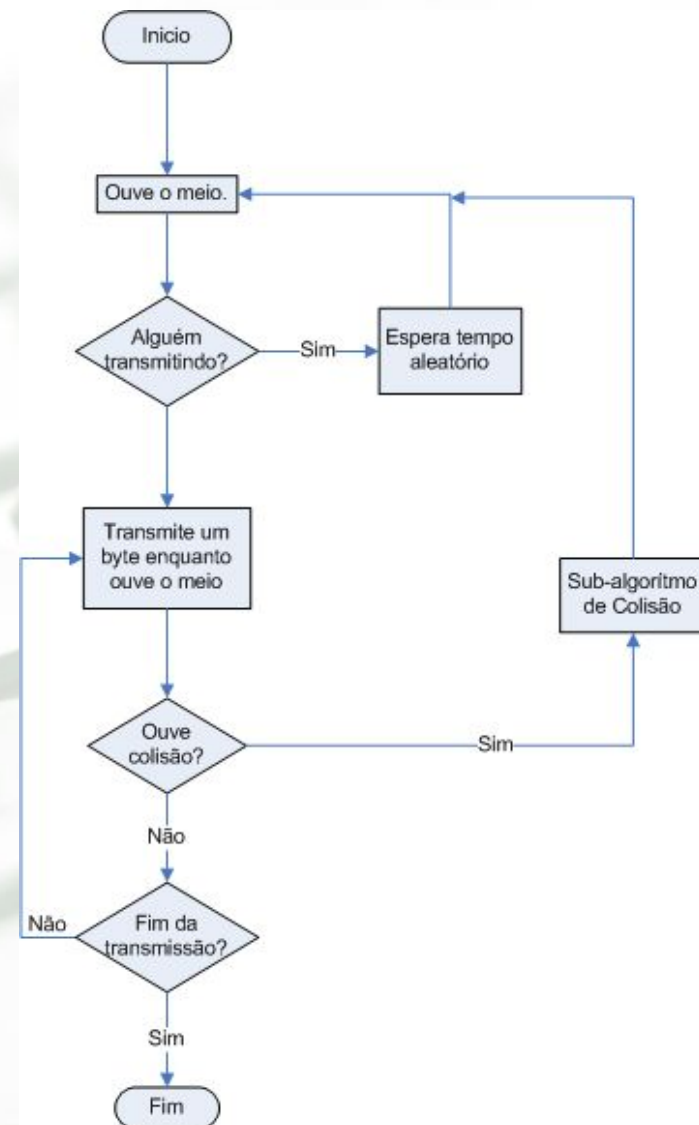
- Inferida através do não-recebimento de um reconhecimento positivo em até um tempo T
 - CSMA Persistente
 - CSMA Não-Persistente
 - CSMA P-Persistente
 - CSMA/CA
- Detectada
 - CSMA/CD



CSMA/CD

■ *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*

Protocolo de Acesso ao Meio mais utilizado pelas redes LAN cabeadas;





CSMA/CD

- Houve colisão durante a transmissão!
- Mas peraê!! O meu frame foi afetado?



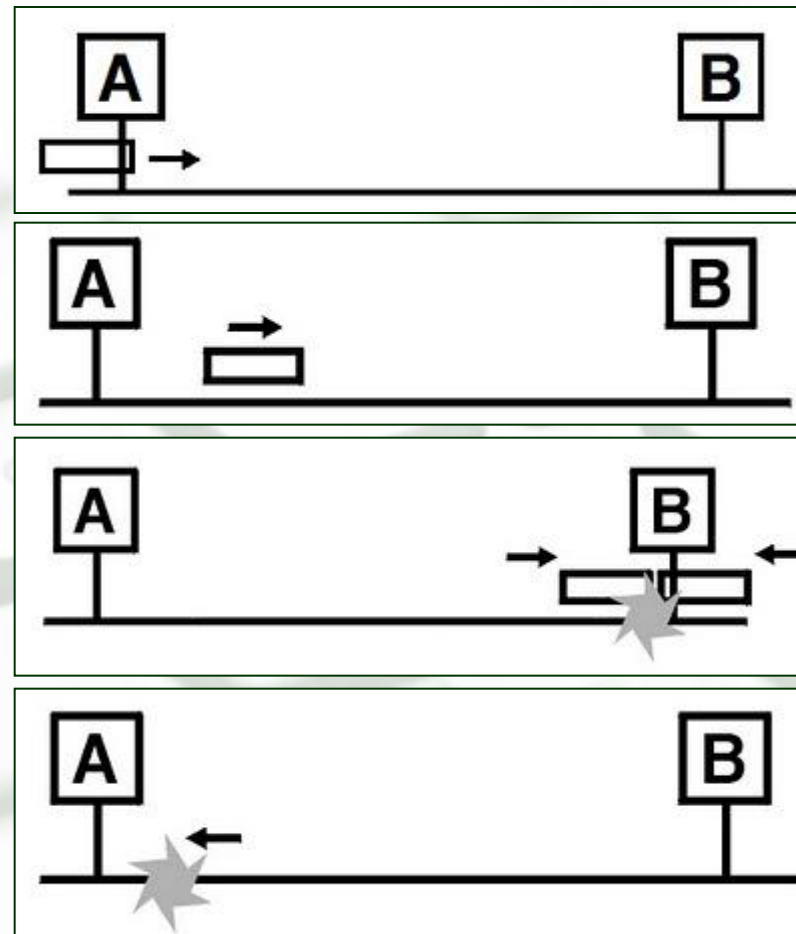


Tamanho Mínimo de um Frame

- O principal motivo para se determinar o tamanho mínimo de um quadro é garantir que o emissor saiba que, havendo uma colisão, o seu quadro foi perdido.
- Acompanhe...

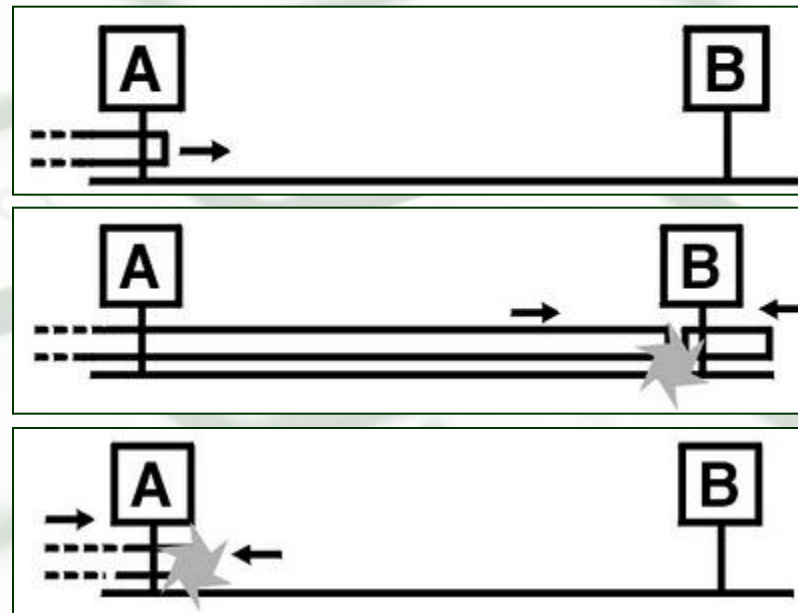


Tamanho Mínimo de um Frame



Tamanho Mínimo de um Frame

■ Solução...



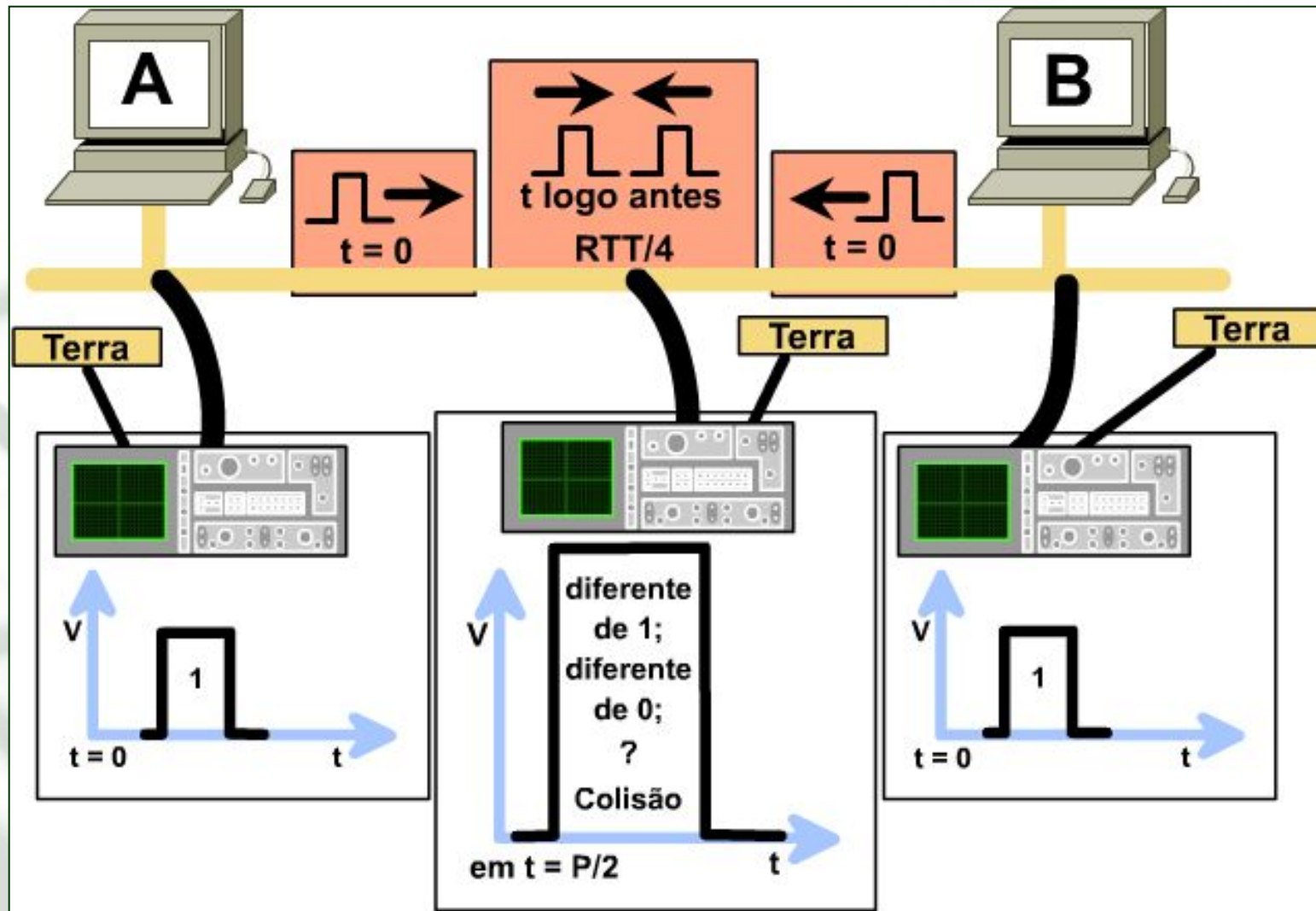


Tamanho Mínimo de um Frame

- O tamanho de um frame tem que ser grande o suficiente para que o tempo de sua transmissão dure o tempo que uma informação leva para ir e voltar entre os dois pontos mais distantes de uma rede (domínio de colisão).
- RTT = Round-Trip Time
 - Tempo de Ida e Volta



Tamanho Mínimo de um Frame





Tamanho Mínimo de um Frame

- No padrão ***Ethernet***, chegou-se à conclusão que o tamanho mínimo de um frame é de 64 Bytes.
- Caso os dados a serem transmitidos não forem grandes o suficiente, a sub-camada MAC se encarrega de preencher o frame com dados nulos.
- Vejamos os cálculos para a Ethernet Clássica...



Ethernet Clássica

- BW = 10 Mbps
- 0,1 bit por us
- Quadro Mínimo = 512 bits
- $T(\text{trans}) = 51,2 \text{ us}$
 - $T(\text{prog}) = \text{Distância} / \text{Velocidade do Meio}$
- $25,6 \text{ us} = \text{Distância} / 1,5 \times 10^2 \text{ mus}$
- Distância Máx. Domínio Colisão (**Teórica**)
 - 3.840 metros



Ethernet Clássica

- Em outras palavras...

Tempo Propagação < 0,5

Tempo Transmissão

“Se o meio demorar 1 s. para propagar o sinal, a transmissão deve durar no mínimo 2 s.”

- Norma Ethernet (Distância Máxima = 2500 Metros)

16,66us = 0,33

51,2 us

A folga é necessária supondo outros atrasos durante a propagação. Exemplo: conectores, dispositivos (um Hub produz aprox. 3 us de atraso)

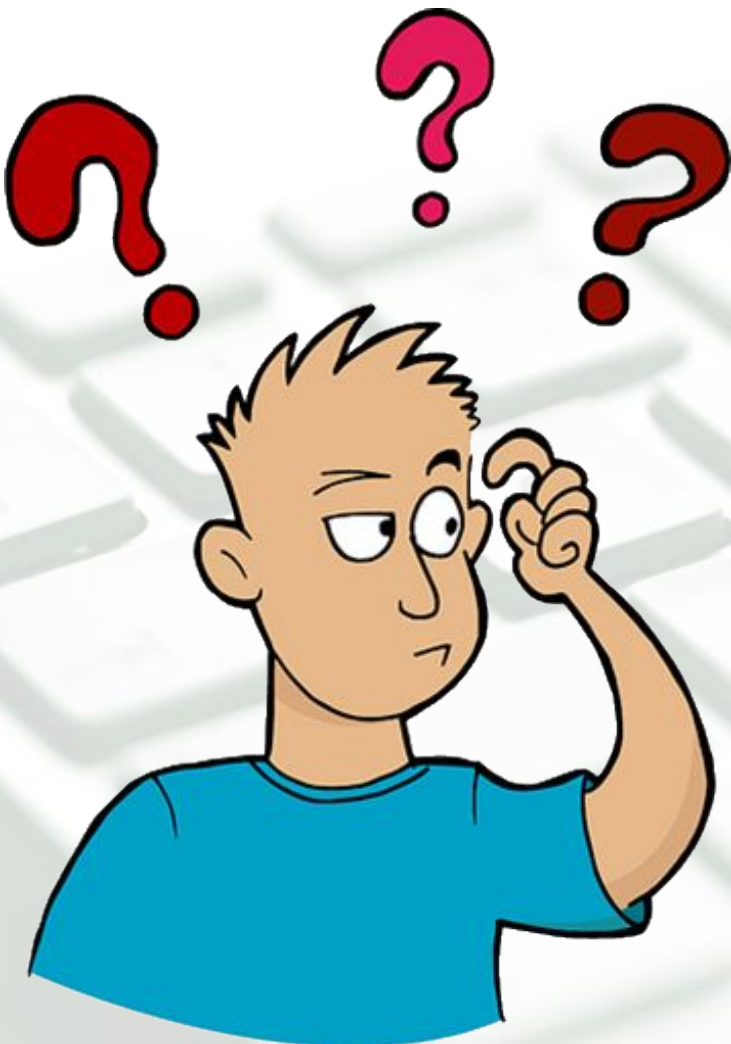


Token

- Protocolo de passagem de permissão (token) em que as estações devem aguardar a recepção do token para poderem transmitir.
- A transmissão pode ser realizada durante uma janela de tempo, e apenas por quem detém o token.
- Este protocolo foi amplamente utilizado nas topologias em Anel, contudo foi descontinuado.
- É utilizado apenas em infra-estruturas antigas;



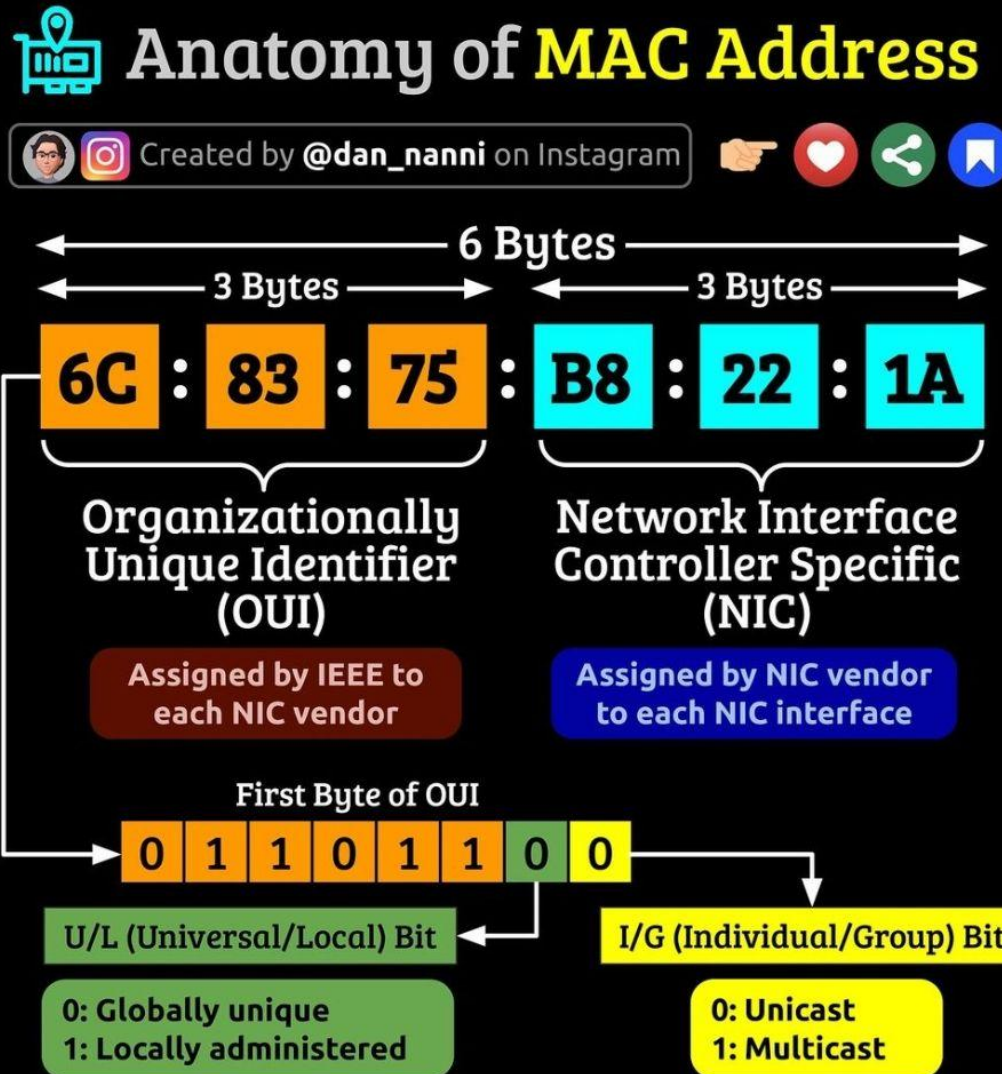
Dúvida!



***Em um meio compartilhado,
como identificar o
destinatário de uma
determinada mensagem?***

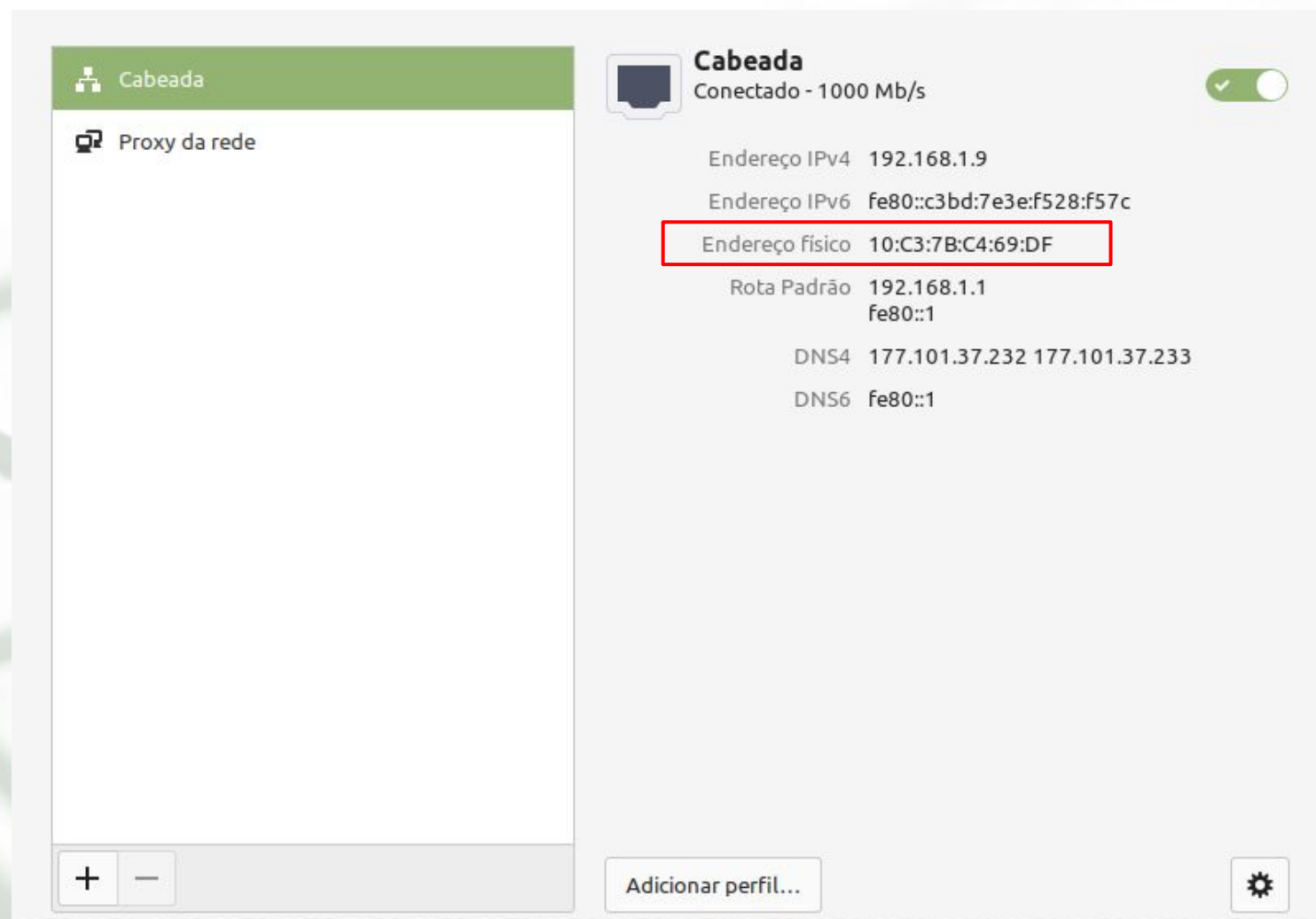


Endereçamento MAC





Endereçamento MAC





Endereçamento MAC

adriano@adriano-pc:~

Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda

\$> ifconfig

```
docker0: flags=4099<UP,BROADCAST,MULTICAST> mtu 1500
    inet 172.17.0.1 netmask 255.255.0.0 broadcast 172.17.255.255
    ether 02:42:88:75:fb:b5 txqueuelen 0 (Ethernet)
    RX packets 0 bytes 0 (0.0 B)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 0 bytes 0 (0.0 B)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

enp3s0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 192.168.1.9 netmask 255.255.255.0 broadcast 192.168.1.255
    inet6 fe80::c3bd:7e3e:f528:f57c prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    ether 10:c3:7b:c4:69:df txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 339011 bytes 367634122 (367.6 MB)
    RX errors 0 dropped 5502 overruns 0 frame 0
    TX packets 142344 bytes 44759329 (44.7 MB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0
```




Endereçamento MAC

- A placa de rede de cada dispositivo (em modo *default*) verifica se o endereço MAC carregado pelos quadros corresponde ao seu endereço físico.
- Caso o quadro recebido pela placa confere com o seu endereço MAC, ela recolhe o quadro, caso contrário ela o descartará.

00-1C-BF	Intel	00-60-2F	Cisco
00-04-D5	Hitachi	08-00-4E	3Com
28-10-7B	D-Link	FC-E5-57	Nokia



Padronização

Vimos até agora **diversos protocolos** existentes para cada tipo de problema encontrado na camada Física/Enlace (modulação, enquadramento, controle de erros, acesso ao meio, etc...), cada qual mais adequado a determinadas tecnologias de rede (LAN, MAN, WAN, Cabeada, Não-Cabeada, Óptica, Elétrica, etc...);

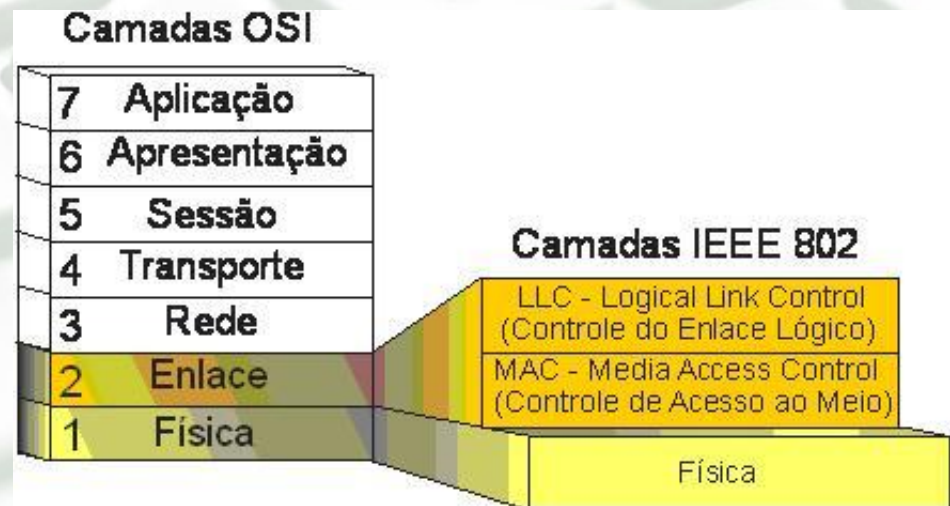
Temos portanto a necessidade de associar e padronizar certas tecnologias a seus adequados protocolos.



IEEE 802

- O IEEE 802 (Fev/1980) é uma norma que tem como objetivo definir uma padronização nas camadas 1 e 2 (Modelo OSI) para as redes locais e metropolitanas.

São essas normas (protocolos) que se aplicam às principais tecnologias de redes locais atualmente.





Padrões para Níveis Físico/Enlace

OSI

Enlace
Físico

IEEE

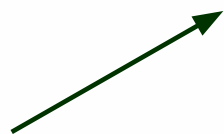
802.2 (LLC)			
802.3	802.4	802.5	802.11

802.3 Ethernet
802.5 Token Ring
802.11 Wi-Fi
802.15 Bluetooth
802.16 WiMax
entre outras...



IEEE 802

Number	Topic
802.1	Overview and architecture of LANs
802.2 ↓	Logical link control
802.3 *	Ethernet
802.4 ↓	Token bus (was briefly used in manufacturing plants)
802.5	Token ring (IBM's entry into the LAN world)
802.6 ↓	Dual queue dual bus (early metropolitan area network)
802.7 ↓	Technical advisory group on broadband technologies
802.8 †	Technical advisory group on fiber optic technologies
802.9 ↓	Isochronous LANs (for real-time applications)
802.10 ↓	Virtual LANs and security
802.11 *	Wireless LANs
802.12 ↓	Demand priority (Hewlett-Packard's AnyLAN)
802.13	Unlucky number. Nobody wanted it
802.14 ↓	Cable modems (defunct: an industry consortium got there first)
802.15 *	Personal area networks (Bluetooth)
802.16 *	Broadband wireless
802.17	Resilient packet ring



Exercícios

- O que determina o tamanho da janela em um protocolo de janela deslizante?
- **O que é Multiplexação? Qual a finalidade?**
- Quando a Multiplexação não é adequada? Explique Porque!
- **Porque a Multiplexação é dita uma técnica de alocação estática do Meio de Transmissão?**
- Diferencie as técnicas de FDM e TDM.
- **Dê exemplos de protocolos de acesso ao meio pelo método de acesso aleatório, método por revezamento e método por divisão do canal;**
- O protocolo CSMA é mais eficiente para redes de grande ou pequena extensão? Explique!
- **Imagine o retardo imposto pelo Aloha puro e pelo Slotted Aloha em uma rede com baixa carga de tráfego. Qual deles é menor? Explique.**
- Qual a utilidade do endereço físico de interface de rede?
- **O que é o IEEE 802?**



Tecnologia Ethernet (802.3)

- A ***Ethernet*** se tornou a mais popular tecnologia de redes de âmbito local, tomando o espaço de tecnologias como Token-Ring, FDDI e Arcnet;
- Trata-se de um padrão não-proprietário que teve grande aceitação pelos fabricantes de hardware de rede pelo seu baixo custo de implementação;



Características Ethernet

- Acesso ao Meio: CSMA/CD;
- Serviço não orientado a conexão / sem confirmação;
- Detecção de erros pelo algoritmo CRC-32;
- Compatibilidade com o TCP/IP e com o padrão 802.11;
- Compatibilidade com o PPP (Necessário para ligações a longas distâncias: PPPoE);



Padrões Ethernet

■ Ethernet Clássica - 10 Mbps

- 10Base-2 / Barramento / Coaxial Fino / Segmento Máximo 185 M.
- 10Base-5 / Barramento / Coaxial Grosso / Segmento Máx. 500 M.
- 10Base-T / Estrela / Cabo UTP / Segmento Máximo 100 Metros.

■ Fast Ethernet - 100 Mbps

- 100Base-TX / Cabo UTP Cat.5 / Segmento Máximo 100 Metros
- 100Base-FX / Fibra Óptica / Segmento Máximo 2.000 Metros

■ Gigabit Ethernet - 1 Gbps

- 1000Base-T / UTP Cat.5e / Segmento Máximo 100 Metros
- 1000Base-Sx / Fibra Óptica Multimodo / Segmento Máximo 550 M.
- 1000Base-Lx / Fibra Óptica Monomodo / Segmento Máximo 5 Km.

■ 10Gigabit Ethernet – 10 Gbps (802.3ae)

- Em fase de estabilização.

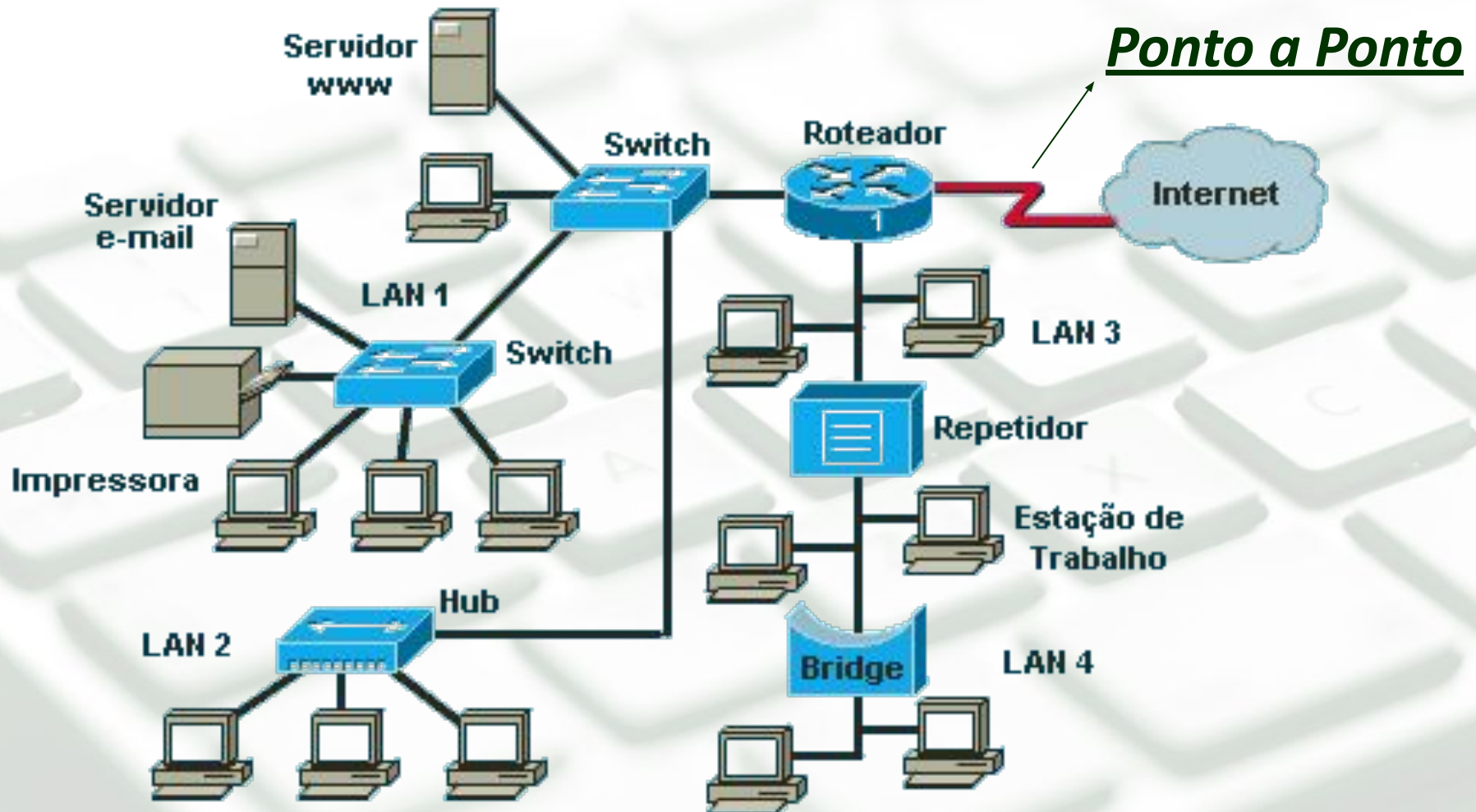


Infra-Estrutura da Internet

- A **Internet** consiste em máquinas individuais (*hosts e roteadores*) distribuídos geograficamente, e na Infra-Estrutura de comunicação que as conecta;
- Geralmente essas conexões são baseadas em linhas privadas ponto a ponto:
 - Interligando roteadores presentes em milhares de organizações no mundo;
 - Interligando os usuários domésticos/empresariais aos ISP – Provedores de Serviços de Internet.

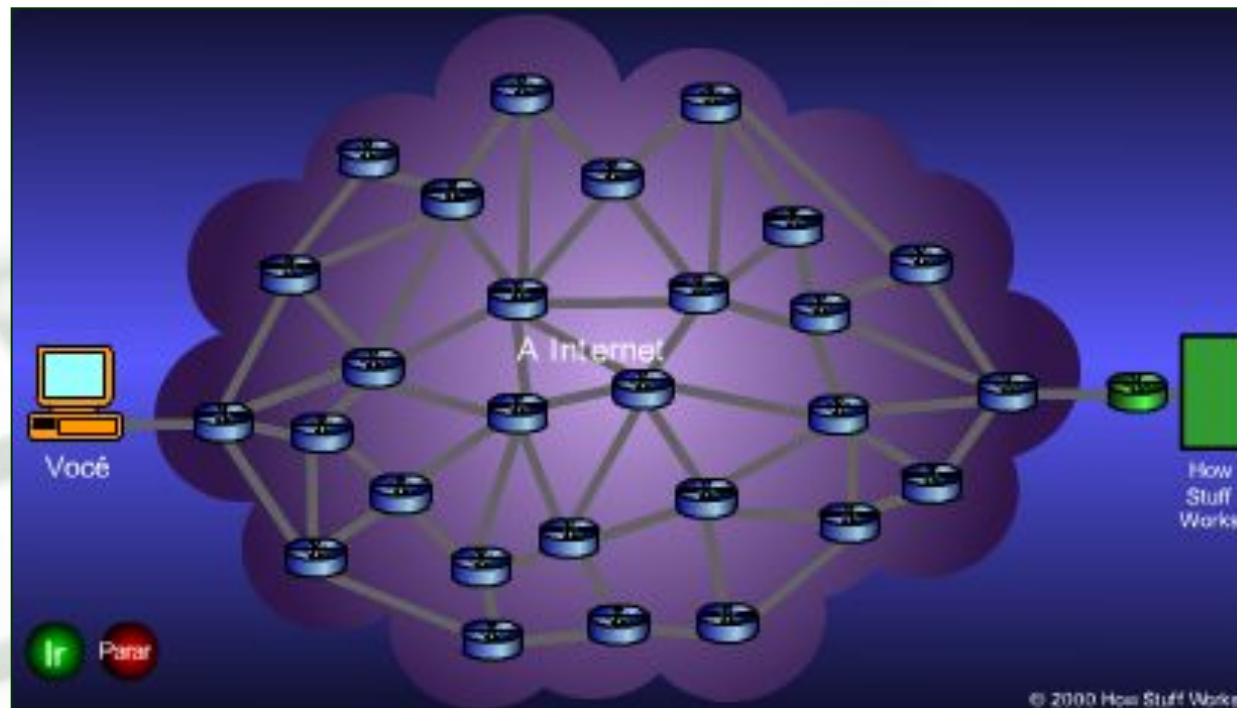


Infra-Estrutura da Internet





Infra-Estrutura da Internet

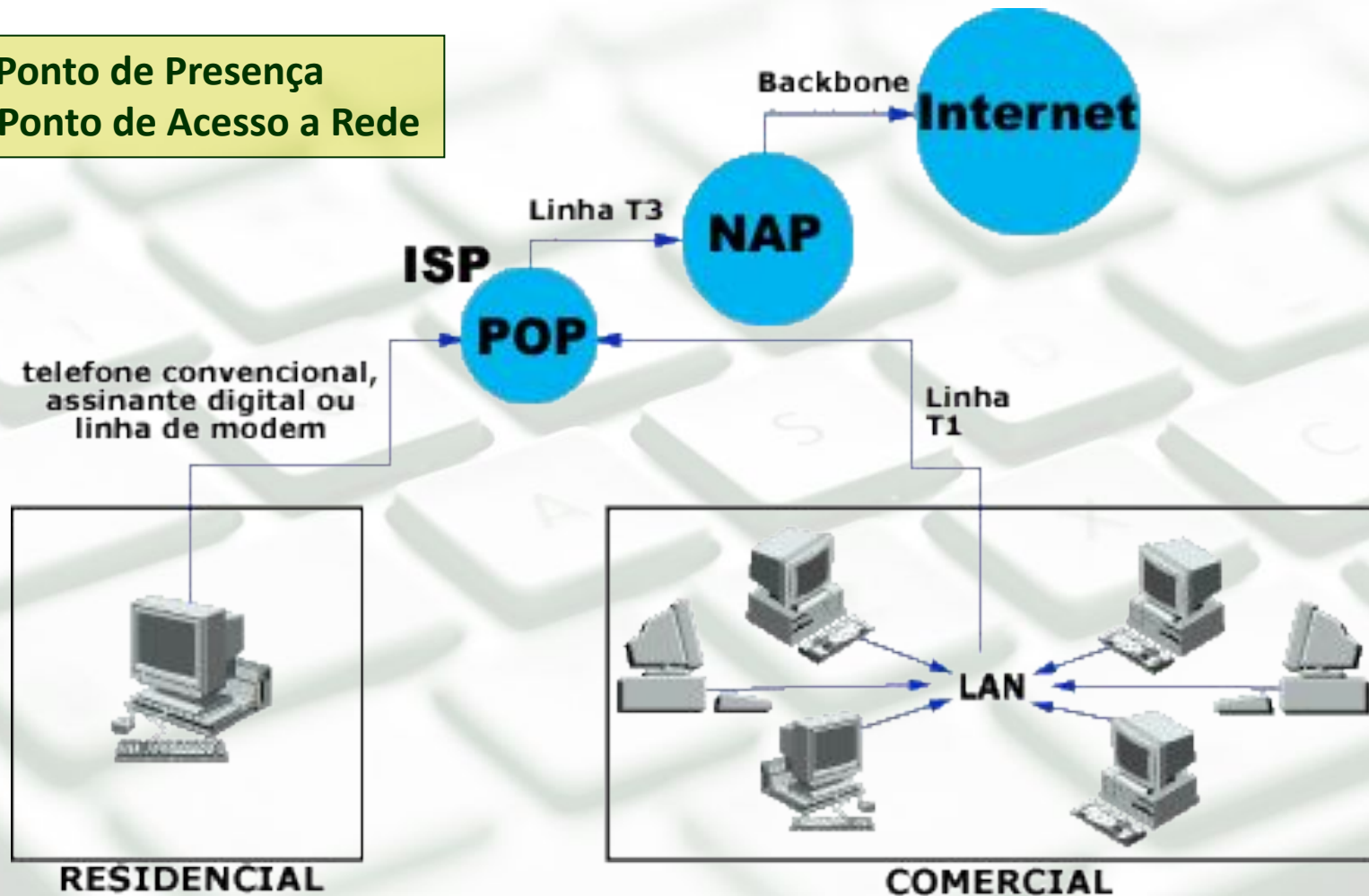


O núcleo da rede Internet não é dependente de nenhuma entidade centralizadora



Infra-Estrutura da Internet

POP = Ponto de Presença
NAP = Ponto de Acesso a Rede

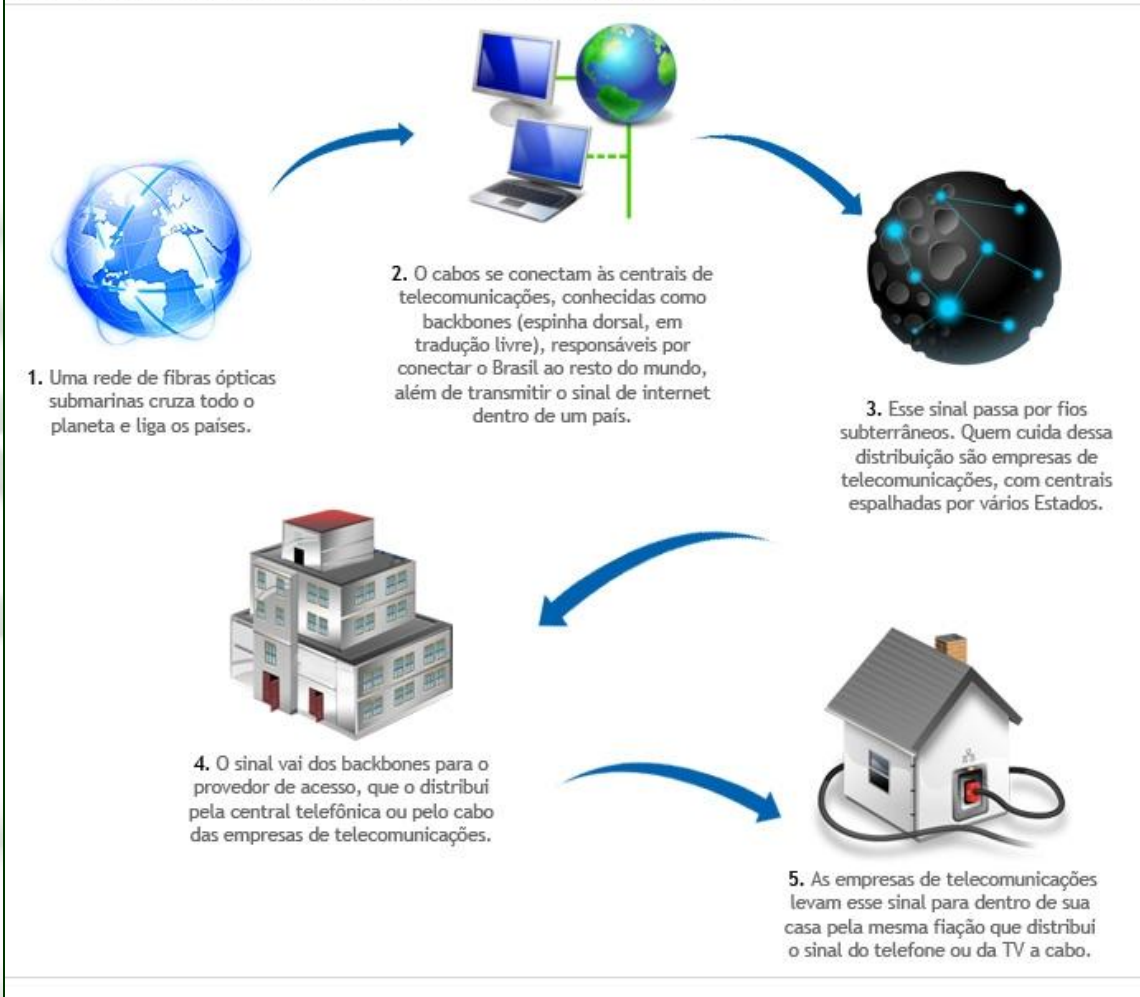




Infra-Estrutura da Internet

Veja como funciona a rede das redes

A internet é formada por redes de todos os tamanhos, das pequenas às grandes





PPP – Point to Point Protocol

- Tanto para conexão de linhas privadas entre roteadores, quanto para acesso entre host – roteador, é necessário um protocolo de enlace Ponto a Ponto para cuidar do enquadramento, controle de erros, e outras funções da camada de Enlace.
- O único protocolo utilizado na Internet para essa função é o PPP (Protocolo Ponto a Ponto);

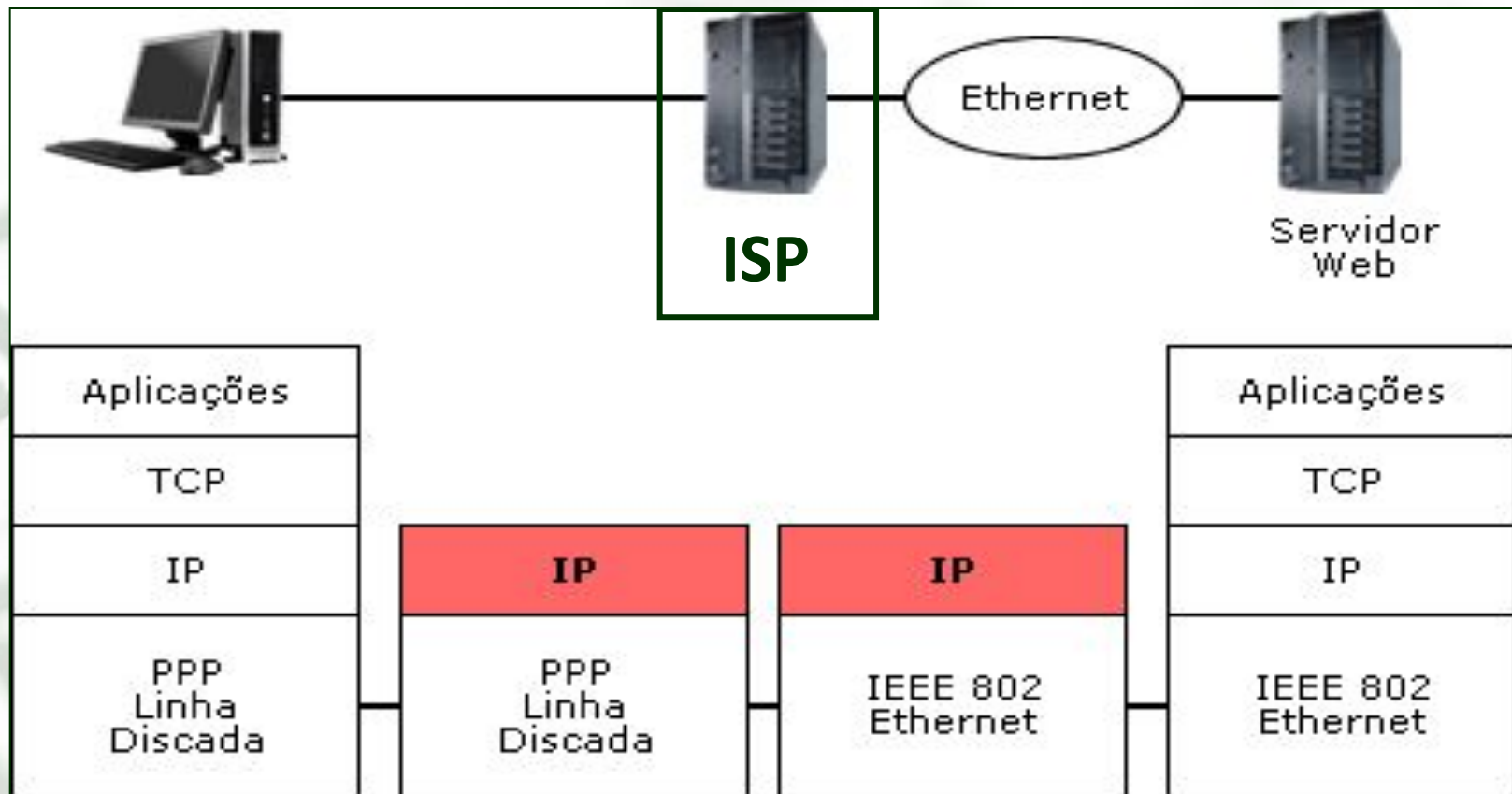


PPP – Point to Point Protocol

- **PPP** – É utilizado nas conexões discadas à Internet. O PPP encapsula o protocolo TCP/IP no acesso à Internet;
- **PPPoE** (*PPP over Ethernet*) – PPP adaptado para trabalhar juntamente com a tecnologia Ethernet. Desta maneira, a placa de rede Ethernet pode ser ligada ao modem e fazer uma conexão ponto-a-ponto com o ISP. Exemplo: Tecnologia ADSL;



PPP – Point to Point Protocol





PPP – Point to Point Protocol

