

# U.C. Sistemas em Rede

## Tópico 4

### Controlo de Acesso ao Meio (MAC)



Henrique S. Mamede

# Motivação e Âmbito

Necessitamos de estudar o que fazer para lidar com redes de broadcast. Comparadas com redes ponto-a-ponto , uma questão que surge é lidar com "arbitration" quando existe concorrência para a rede.

Estaremos a trabalhar no subnível inferior da camada de enlace de dados.

Problema da alocação de canal: como alocar um único canal entre utilizadores em concorrência.

# Motivação para as Redes

- Acesso a Informação
- Partilha de Recursos
- Facilitação de comunicações

# Problema da Alocação do Canal

A forma tradicional (telefone) de alocar um canal único é Frequency Division Multiplexing. (Ver figura) FDM funciona bem para um  $n^o$  limitado e fixo de utilizadores.

Ineficiente para dividir num  $n^o$  fixo de *chunks*. Podem nem todos ser usados ou podem ser necessários mais. Não lida com picos.

$T$  = atraso médio

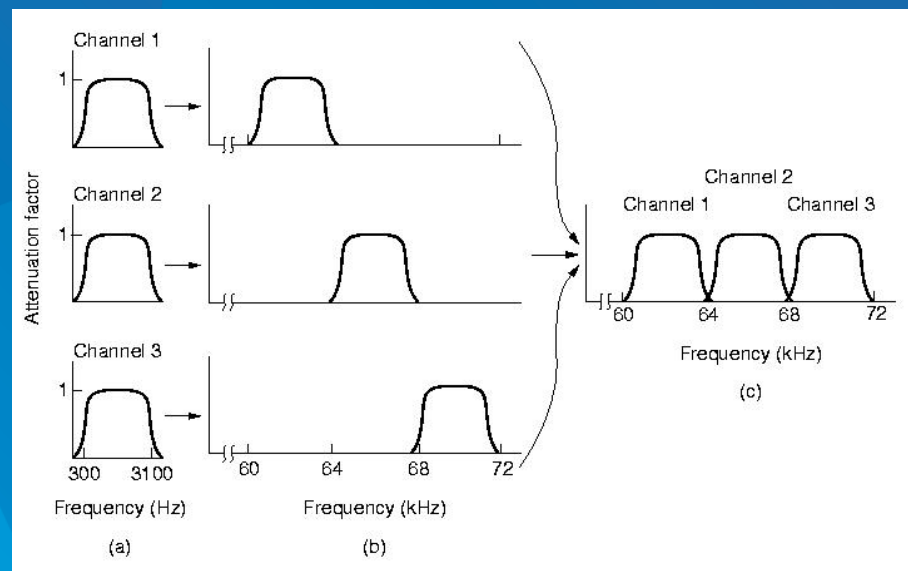
$C$  = capacidade (bps)

$\lambda$  = taxa de chegada

$1/\mu$  = comprimento médio

$$T = \frac{1}{\mu C - \lambda}$$

4



Henrique S. Mamede

# Problema da Alocação do Canal

- Dividir o canal em  $N$  subcanais, cada um com capacidade  $C/N$ . Taxa de input em cada um dos  $N$  canais é  $A/N$ . Temos, então:

$$T(\text{fdm}) = \frac{1}{\mu(C/N) - \lambda / N} = \frac{N}{\mu C - \lambda} = NT$$

# Problema da Alocação do Canal

Possíveis pressupostos incluem:

## •Modelo da Estação –

- Assume que cada uma das  $N$  “estações” (geradores de pacotes) independentemente produzem frames. A probabilidade de produzir um pacote no intervalo  $dt$  é  $\lambda dt$  onde  $\lambda$  é a taxa constante de chegada. Essa estação não gera nenhuma nova frame até que a prévia tenha sido transmitida.

## •Canal Único –

- Existe apenas um canal; todas as estações são equivalentes e podem enviar e receber nesse canal.

## •Colisão –

- Se duas frames se sobrepuserem, existe uma colisão. Qualquer colisão é um erro e ambas as frames devem ser retransmitidas. As colisões são o único erro possível.

# Problema da Alocação do Canal

## •Tempo Contínuo –

- Não existe nenhum "big clock in the sky" regulando a transmissão. O tempo não consiste de chunks discretos.

## •Tempo em Slots –

- Alternativamente, transmissões de frames começam sempre no início de um slot de time. Qualquer estação pode transmitir em qualquer slot (com uma possível colisão).

## •Carrier Sense –

- As estações podem dizer se um canal está ocupado antes de o tentarem utilizar. Nota: tal não elimina as colisões! As LANs possuem esta funcionalidade, as redes de satélite não.

# Protocolos de Acesso Múltiplo

- Como lidar com a contenção para o uso de um canal?

# Protocolos de Acesso Múltiplo

As colisões funcionam bem para uma baixa utilização (pouca probabilidade de acontecerem). Arbitragem (abordada mais adiante) funciona melhor em alta utilização.

## ALOHA:

Desenvolvido no Hawaii nos anos 1970s.

## ALOHA PURO :

Cada estação transmite sempre que o pretende. Frames em colisão são destruídas. O emissor sabe se a sua frame for destruída; nessa situação espera um período de tempo aleatório e retransmite.

1. Qualquer sobreposição é uma colisão.
2. Mais eficiente se as frames forem da mesma dimensão.
- 9 3. Mas, o que é a eficiência? ☺

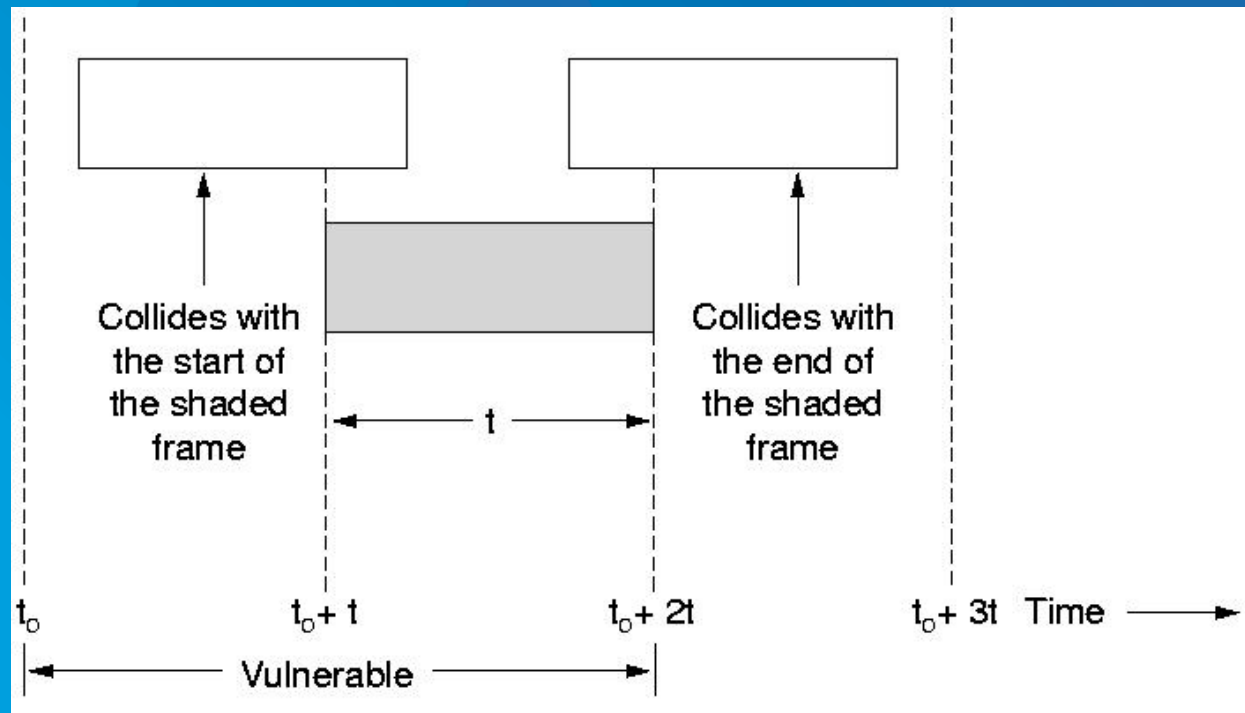
Henrique S. Mamede

# Protocolos de Acesso Múltiplo

- $S$  = frames a serem transmitidas. Em unidades de frames por frame time de forma que  $0 < S < 1$ .
- $G = S +$  frames retransmitidas devido a colisões prévias.
- $P_0$  = probabilidade que uma frame não sofra colisão.
- $S = P_0 \times G$

Usar a figura para determinar vulnerabilidade à colisão.

Aloha Puro



# Protocolos de Acesso Múltiplo

Probabilidade que k frames sejam geradas durante um determinado frame time (distribuição de Poisson):

$$\text{Pr}[k] = \frac{G^k e^{-G}}{k!}$$

Aloha Puro

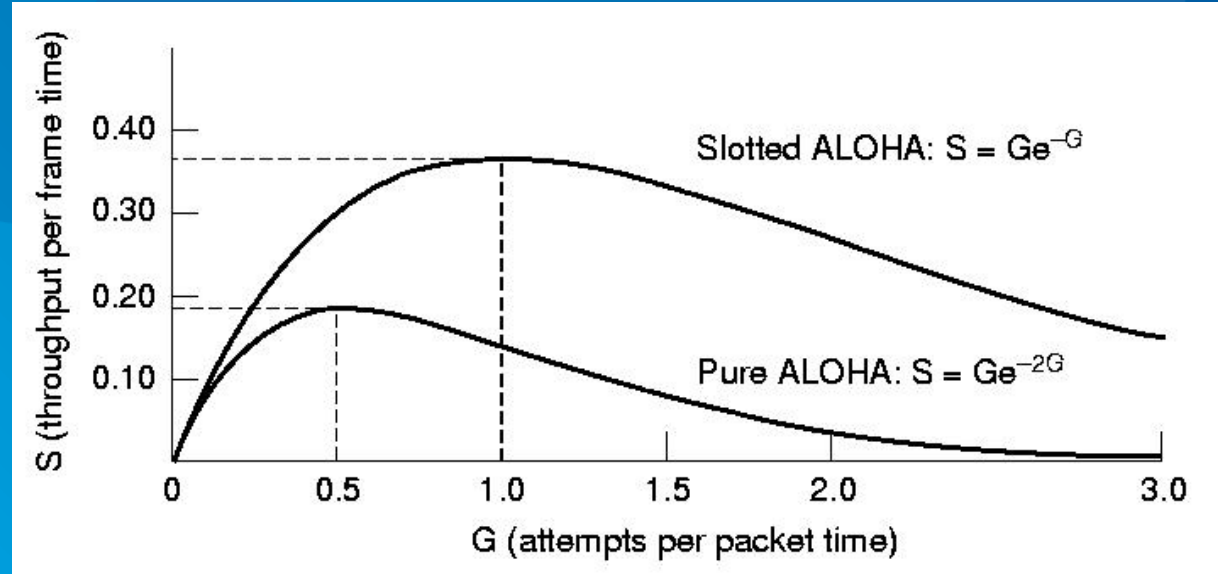
Probabilidade de nenhum tráfego ser iniciado no período de vulnerabilidade:

$$P_0 = e^{-2G} \quad \text{so}$$

Throughput por frame time é:

$$S = G e^{-2G}$$

Ver figura



# Protocolos de Acesso Múltiplo

## SLOTTED ALOHA

Duplica eficiência dividindo o tempo em intervalos discretos ou "ticks". Envios ocorrem apenas no início de um tick. Período vulnerável é  $\frac{1}{2}$  do Aloha Puro, portanto

$$S = G e^{-G}$$

O melhor throughput é a  $G = 1$  quando

$$S = 0.37; \text{ slots vazios} = \Pr[0] = 0.37; \text{ colisões} = G - S = 0.26$$

# Protocolos de Acesso Múltiplo

O emissor escuta antes de injectar algo no meio de transmissão. Colisão ocorre quando uma estação ouve algo para além do que enviou.

## CSMA PERSISTENT E NÃO-PERSISTENTE:

### CSMA 1-persistente

Estação escuta. Se canal disponível, transmite. Se colisão, espera tempo aleatório e tenta novamente. Se canal ocupado, espera até canal disponível.

Se estação quer enviar AND canal == idle então enviar.

Sucesso depende do tempo de transmissão – quanto tempo permanece disponível o canal depois de percebido como disponível (there might in fact be someone else's request on the way.)

### CSMA Não-persistente (equivalente a CSMA 0-persistente)

Mesmo que anterior, excepto que quando o canal está ocupado, não se mantém a monitorização até encontrar o instante em que fica disponível. Ao invés, espera um tempo aleatório e escuta novamente.

Conduz a:

- 1) melhor utilização, e
- 2) maiores atrasos que 1-persistente.

# Protocolos de Acesso Múltiplo

## CSMA p-persistente

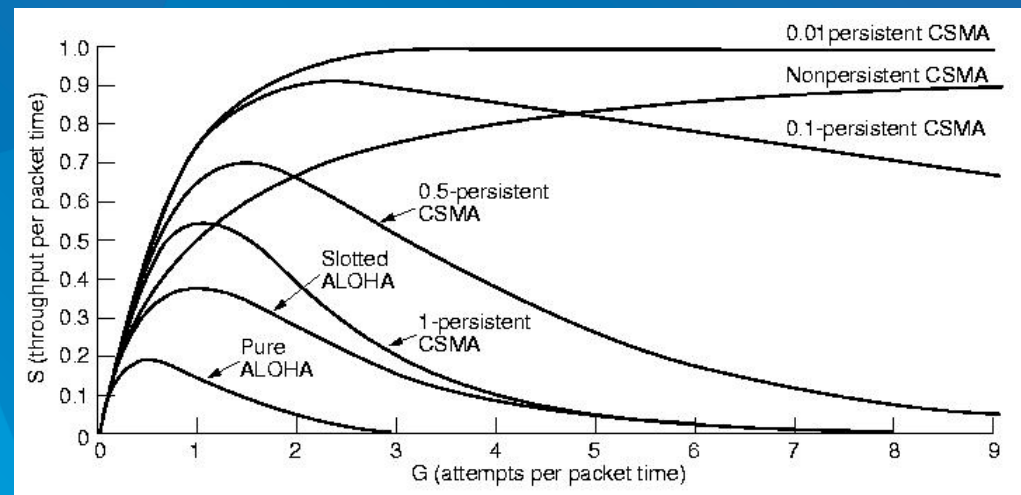
[Para canais slotted]

Se pronto para enviar AND canal == idle então  
enviar com probabilidade  $p$ ,

e

com probabilidade  $q = 1 - p$  defere para o próximo slot.

Interpretar o gráfico.



# Protocolos de Acesso Múltiplo

## CSMA COM DETECÇÃO DE COLISÕES:

**CSMA/CD** - usado em LANs.

Quando uma estação detetcta uma colisão, pára o envio, mesmo no meio de uma frame. Espera um tempo aleatório e tenta novamente.

O que é o intervalo de contenção – quanto deve a estação esperar depois de enviar até que saiba que obteve controlo do canal? O dobro do tempo necessário para viajar para a estação mais longínqua.

# Protocolos de Acesso Múltiplo

Qual o comprimento de um pacote (ou qual o comprimento de fio necessário para conter um pacote) com comprimento de 1500 bytes numa ethernet a 100 Mbps?

À medida que o cabo se torna mais longo e rápido, os métodos acima tornam-se menos eficientes. Portanto, . . . .

## Bit map protocol -

Um "contention slot", subdividido em bits, permite cada estação anunciar que pretende enviar. Após o anúncio, todas as estações podem enviar por ordem de prioridade, sem haver luta pelo canal. Denominado por "protocolo de reserva".

## Contagem Regressiva Binária -

No slot de contenção, cada estação coloca o seu ID. Passam todos por um OR ao mesmo tempo. Uma estação sabe se venceu porque nenhuma estação terá um número superior ao seu no slot. ( Exemplo, 101101 OR 110011 : A estação 101101 sabe que perdeu quando envia o seu segundo bit – vê um "1" no fio quando está a enviar um "0").

# Protocolos de Acesso Múltiplo

Técnicas de colisão funcionam bem para baixa utilização. Arbitragem (disputa limitada) funciona melhor em alta utilização. Este método fornece o melhor destas técnicas.

Dividir as estações em grupos. Estipular que apenas membros do grupo 0 podem arbitrar para o slot 0, membros do grupo 1 para o slot 1 e assim respectivamente. Funciona porque reduz na contenção sentida por qualquer estação em particular.

Pretende-se um método que tenha muitos membros por grupo com baixa contenção e poucos (ou um) membro em alta contenção. Pode-se usar pesquisa binária para realizar tal.

# Protocolos de Acesso Múltiplo

## Grande gama de utilizações

- Sinais infravermelhos dentro de um edifício
- Computação móvel
- Rede de satélites de órbita baixa

## Propriedades Físicas:

Três possíveis *media*

- Rádio usando frequency hopping
- Rádio usando direct sequencing
- Infravermelhos em distâncias curtas (10 metros)

A explicação deste slide exige uma leitura em “**spread spectrum radio**”

# Protocolos de Acesso Múltiplo

## Spread Spectrum Radio

- Objectivo é espalhar o sinal sobre uma maior gama de frequências para minimizar interferências (militares usam para anti-jamming).
- O sinal pode estar num ambiente com muito ruído e mesmo assim passar.

## Frequency Hopping:

- Transmite o sinal sobre uma sequência pseudo-aleatória de frequências. 1º uma frequência, depois uma 2ª, etc. Emissor e receptor usam o mesmo gerador aleatório para poderem permanecer em sync.
- A especificação diz para se usarem 79 diferentes bandas largas de 1MHz.

## Sequência Directa:

- Cada bit de dados é substituído por múltiplos bits no sinal.
- Emissor envia o XOR dos dados, MAIS  $n$  bits aleatórios.
- Emissor e receptor conhecem a sequência aleatória.

# Protocolos de Acesso Múltiplo

## Exemplo de *Direct Sequence*:



A. Data Stream      1   0   1   0

B. Random Sequence 0100101101011001

C. XOR dos dois:      1011101110101001

20

Henrique S. Mamede

# Protocolos de Acesso Múltiplo

## Anulação de Colisões:

- Semelhante à Ethernet, mas não igual.
- Mas mais complexo porque os nós não veem uns aos outros.

### Exemplo do problema:

- A e C enviam sinal a B.
- A e C não estão cientes do sinal um do outro.
- Sinal colide em B.
- Mas A e C não sabem que colidiram portanto não avançam para anulação da colisão.

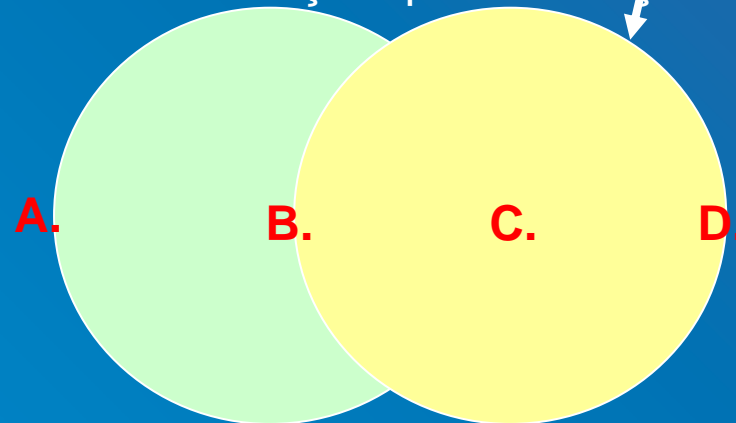
A e C são “hidden nodes”

### Exemplo de outro problema:

- B está a enviar para A.
- C pode escutar este sinal de B
- C assume que não pode transmitir
- Mas C pode de facto transmitir para D

Tal é designado por “exposed node problem”

C pode “ver” a este alcance



# Protocolos de Acesso Múltiplo

## Collision Avoidance:

Problema é resolvido com protocolo **Multiple Access with Collision Avoidance (MACA)**.

Emissor e receptor trocam frames de controlo para que a transacção seja:

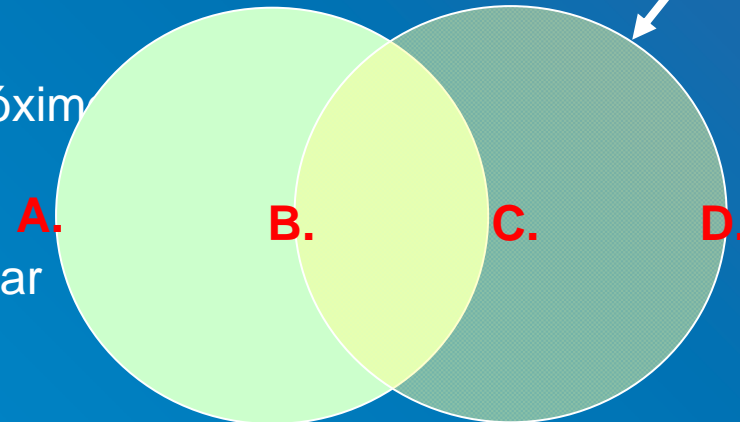
- Emissor (A) faz Request to Send (RTS) a receptor(B)
- B devolve Clear to Send (CTS)
- A envia pacote.
- B envia ACK após recepção da frame.

## Lógica:

- Se um nó ouve o CTS, sabe que está próximo do receptor – não transmite.
- Se um nó ouve o RTS mas não o CTS, não está próximo do receptor; pode iniciar a sua própria transacção.

RTS e CTS contêm comprimento do pacote a ser enviado para que outros saibam quanto esperar.

C “vê” até este alcance



# Protocolos de Acesso Múltiplo

## Sistema de Distribuição:

Alguns nós movem-se (A - H na figura)

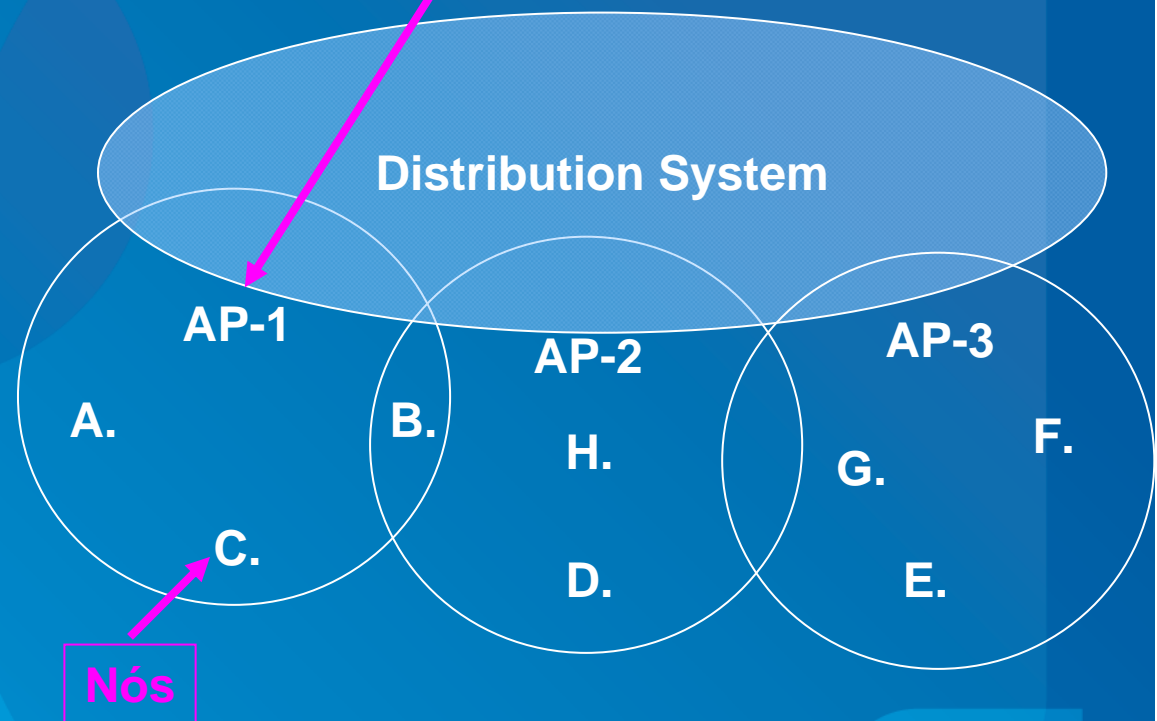
Alguns nós estão cablados em conjunto -- Access Points (AP na figura).

Esses “AP’s” constituem o sistema de distribuição.

As 3 regiões mostradas são como células num sistema de telefones celulares.

2 nós ( A & B) **podem** comunicar um com o outro directamente, mas na prática fazem-no através dos AP’s.

O caminho de A a E é:  
A > AP-1 > AP-3 > E.



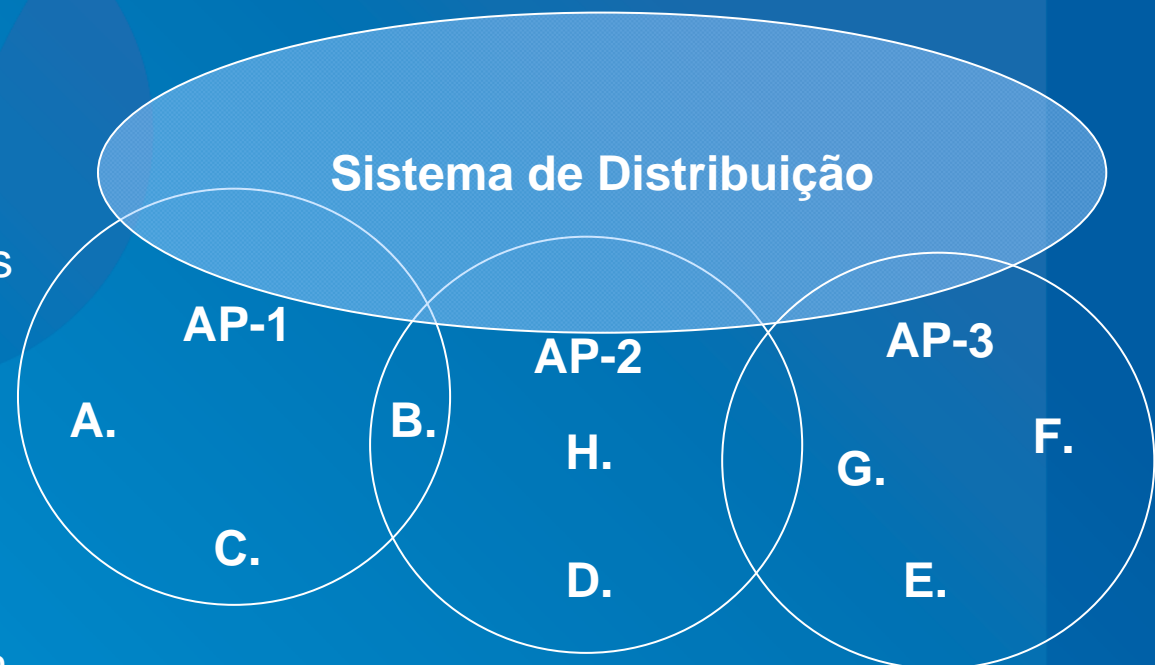
# Protocolos de Acesso Múltiplo

## Sistema de Distribuição:

Protocolo para um nó encontrar um *access point*:

1. O nó envia uma frame **Probe**.
2. Todas as AP's dentro do alcance respondem com frame "**Probe Response**".
3. O nó selecciona um dos AP's & envia-lhe uma frame **Association Request**.
4. O AP responde com frame **Association Response**.

AP's também enviam frame **Beacon** que publicitam a sua disponibilidade.

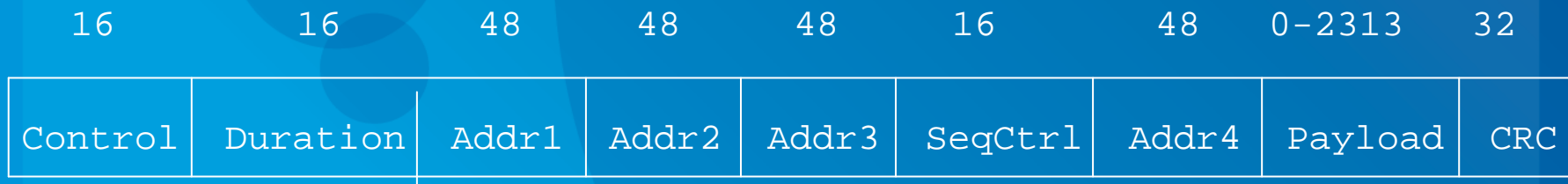


# Protocolos de Acesso Múltiplo

## Formato da Frame :

Contém os seguintes campos:

- **Control** - frame com dados ou RTS ou CTS.
- **Payload** - até 2312 bytes de dados.
- **CRC** - checksum do pacote.
- **Addr(I)** - é possível que o pacote necessite de ser enviado através do sistema de distribuição; nesse caso mantemos info do emissor original e do receptor original, mas também de todos os intermediários.



# Standard IEEE 802 para LANs e MANs

- **Como é que os protocolos das últimas secções se aplicam a sistemas reais? Tal significa referir os actuais standards em uso.**
  - 802.2 Descreve a parte superior da camada data link, o LLC (Logical Link Control).
- **Descrições da parte inferior e física da DLL são:**
  - 802.3 Rede CSMA/CS
  - 802.4 Token Bus
  - 802.5 Token Ring

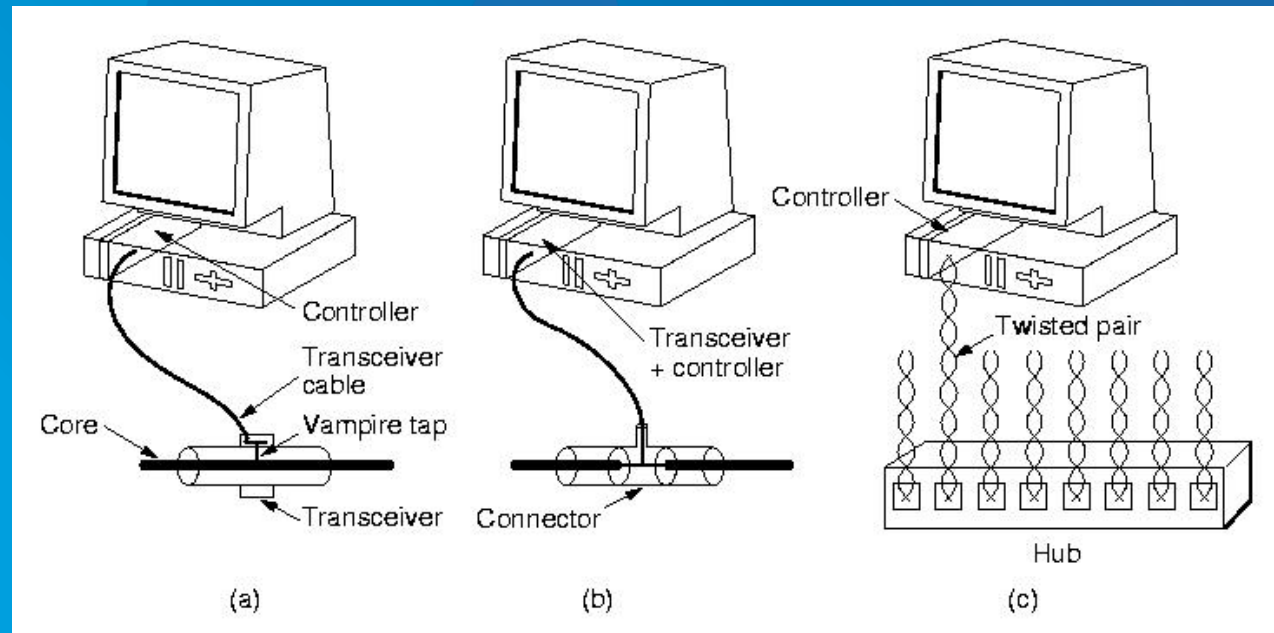
# Standard IEEE 802

- 802.3 – Ethernet
  - Rede 1-persistent CSMA/CD. Originada no Aloha.
  - Cabos:

Name	Cable	Max Segment	Nodes/seg.	Advantages
10 Base 5	Thick Coax	500 m	100	Good for Backbones
10 Base 2	Thin Coax	200 m	30	Cheapest System
10 Base T	Twisted Pair	100 m	1024	Easy Maintenance
10 Base F	Fiber Optics	2000 m	1024	Best between buildings

# Standard IEEE 802

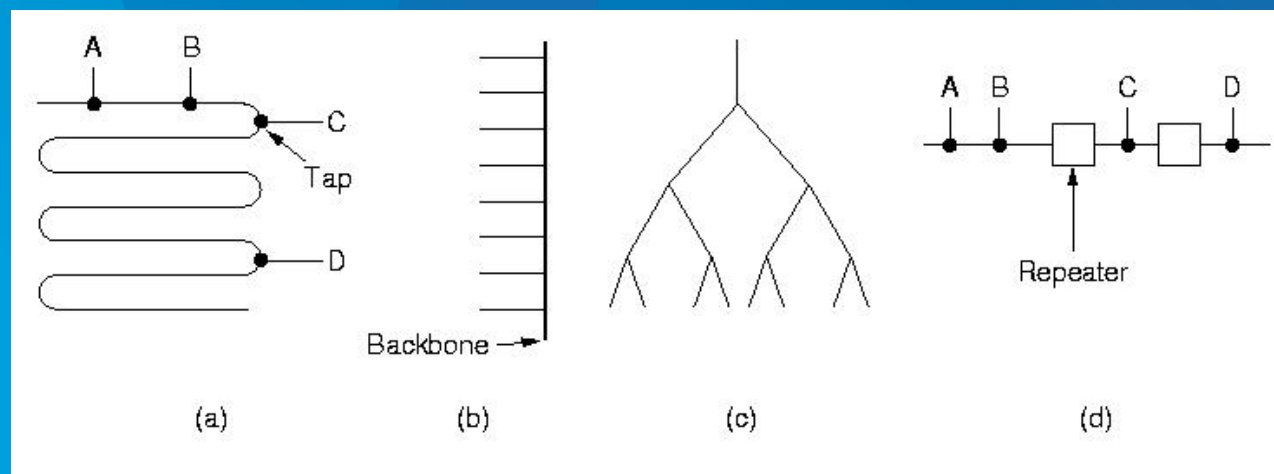
- 802.3 – Ethernet
  - Ligações:



# Standard IEEE 802

## 802.3 – Ethernet

- Repetidores – Múltiplos cabos podem ser ligados. Do ponto de vista do software, um repetidor é transparente.



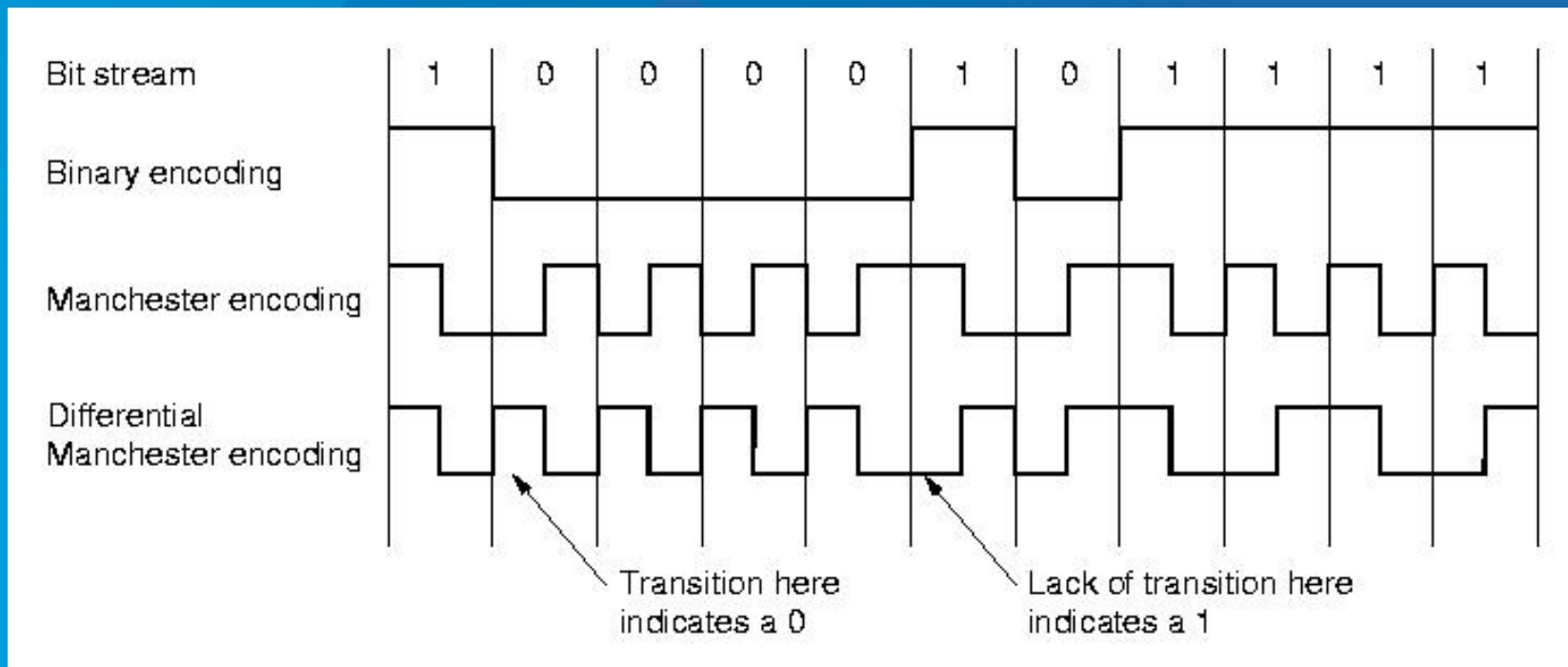
# Standard IEEE 802

## • Codificação Manchester

- Tudo seria mais simples se:
  - binário 0 = 0 volts
  - binário 1 = 5 volts
- Mas não existe forma de distinguir entre 0 e nada acontecer. Necessidade de saber quando é metade de um bit sem um relógio.

# Standard IEEE 802

## • Codificação Manchester



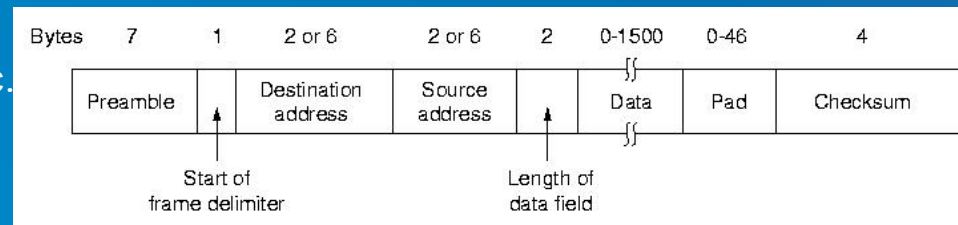
# Standard IEEE 802

- Protocolo subcamada MAC 802.3

**Preamble** == 7 bytes of 10101010  
**Start** == 1 byte of 10101011  
**Dest** == 6 bytes of mac address  
    **multicast** == envio a grupo de estações.  
    **broadcast** == (dest. = todos 1's) todas estações na rede  
**Source** == 6 bytes of mac address  
**Length** == number of bytes of data  
**Data** == comes down from network layer  
**Pad** == ensures 64 bytes from dest addr thru checksum.

O *pad* assegura que transmissão demora tempo suficiente de forma que ainda esteja a ser enviada quando primeiro bit alcança destino. A frame necessita de estar ainda a ser enviada quando o ruído de outras estações surge com a detecção de colisões a ser enviada de volta ao transmissor.

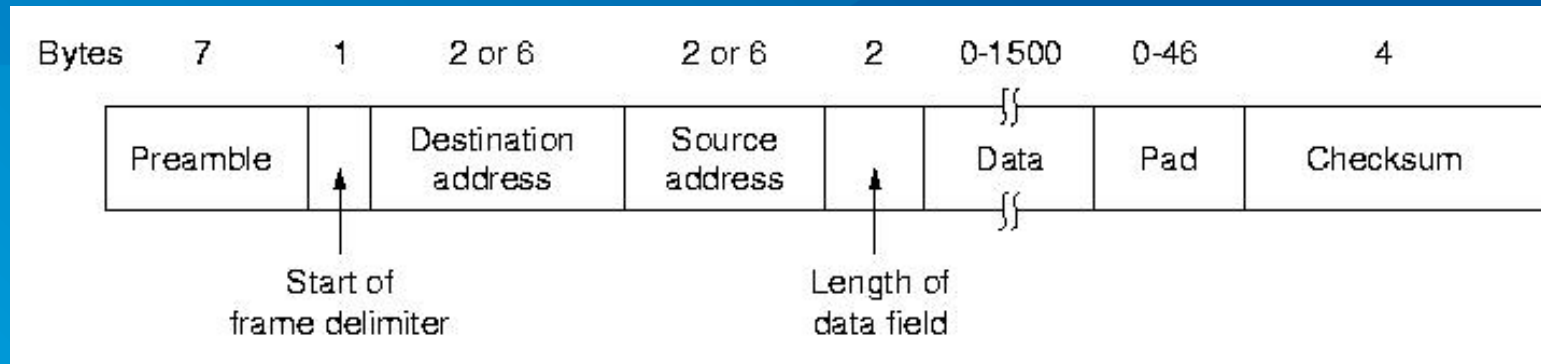
**checksum** == 4 bytes of CRC.



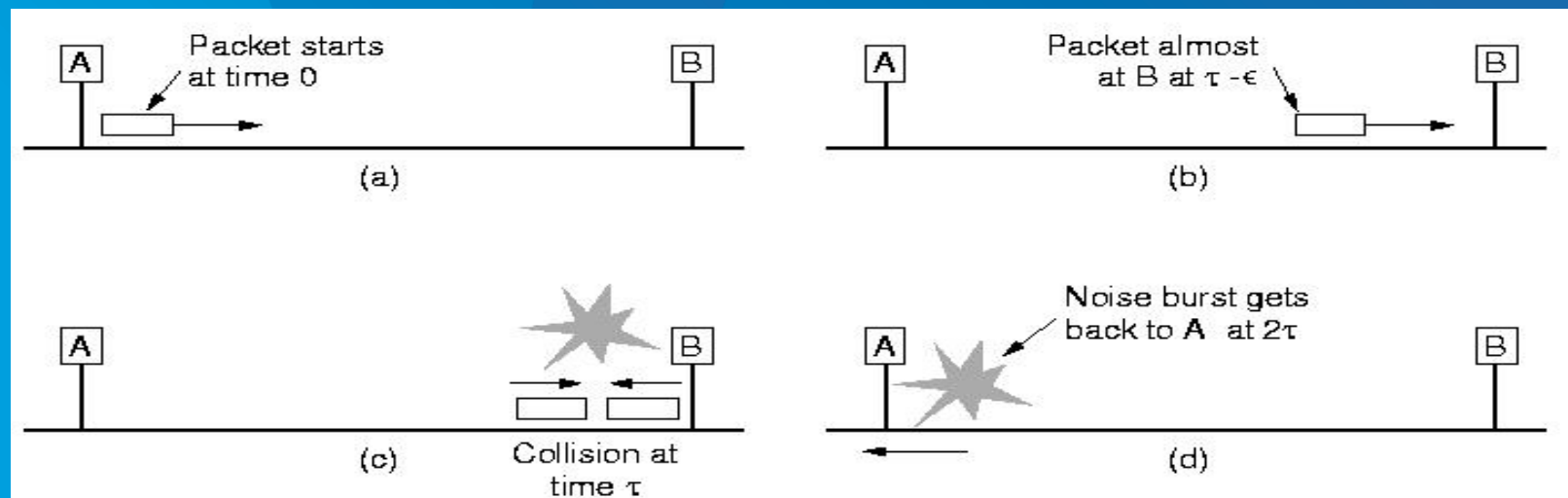
# Standard IEEE 802

## Protocolo subcamada MAC 802.3

## Definição do Pacote



## Porque é necessário um Packet Size mínimo.



# Standard IEEE 802

- Protocolo subcamada MAC 802.3
  - Algoritmo *BINARY EXPONENTIAL BACKOFF* :
    - Depois de colisão, estação espera 0 ou 1 slot. Se colide novamente, escolhe um tempo de 0,1,2,3 slots. Se volta a colidir a espera é de 0 a  $2^3-1$ . Tempo máximo é  $2^{10}-1$  (ou igual a 10 colisões). Após 16 colisões, é reportado um erro.
    - Slot é determinado pelo tempo do pior caso;  
500metros X 4 repetidores = 512 bit times = 51.2 microsegundos.  
 $500\text{ m} \rightarrow \text{Rep} \leftarrow 500\text{ m} \rightarrow \text{Rep} \leftarrow 500\text{ m} \rightarrow$   
 $\text{Rep} \leftarrow 500\text{ m} \rightarrow \text{Rep} \leftarrow 500\text{ m} \rightarrow$
  - Algoritmo adapta-se ao número de estações.

# Standard IEEE 802

- Performance do 802.3

Notar que a eficiência do canal depende de:

F -- frame length,

B -- network bandwidth,

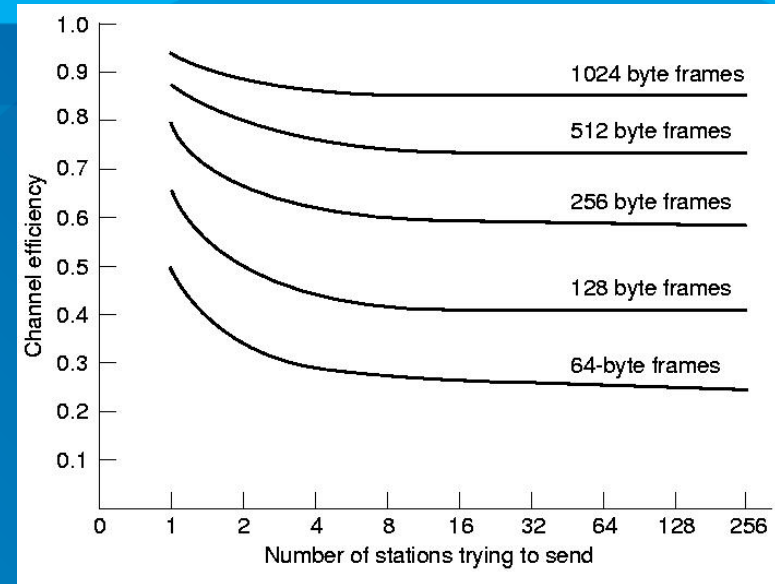
L -- cable length

c -- speed of signal propagation

e -- optimal number of contention slots per frame. (512 bits = 64 bytes means a 64 byte frame has value == 1.)  
BUT, this is not the optimal value.

$$\text{Eficiência do canal} = \frac{1}{1 + 2 B L e / c F}$$

Nota: Esforço foca-se em melhorar B e L.

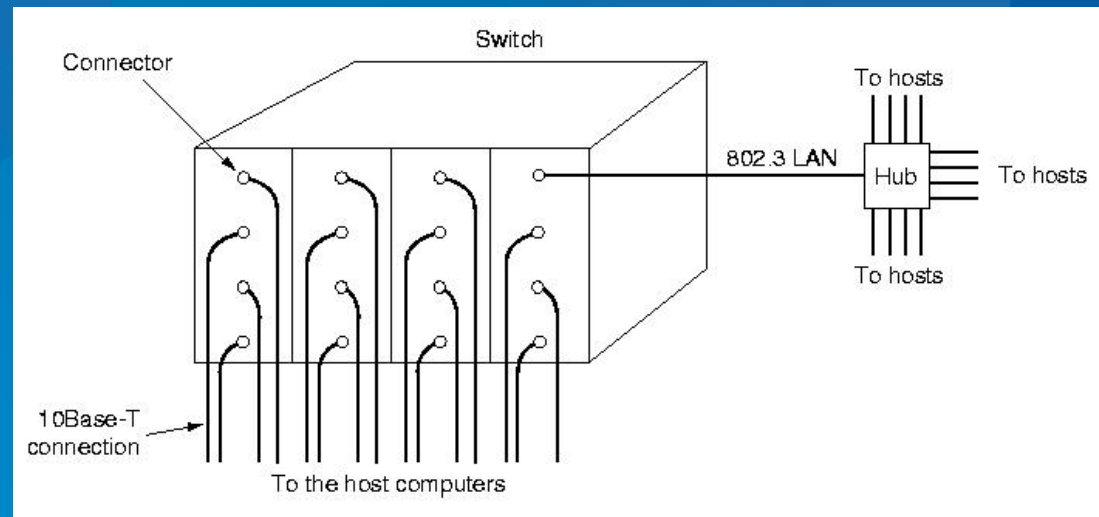


# Standard IEEE 802

- Redes 802.3 switched
  - Usa 10Base-T para cada host. Ligação de alta velocidade entre os conectores (backplane). Funciona porque pressuposto é que muitos pedidos podem ser roteados dentro do switch. Liberta congestão no hub.
  - Roteamento –
    - Destinos locais (on-switch) são enviados directamente.
    - Off-switch são enviados para o backplane.

## Collision Detection -

As ligações no switch formam a própria rede e lidam com as colisões como já vimos. O switch “bufferiza” a transmissão e assegura que não ocorrem colisões.



# Standard IEEE 802

## • Standard IEEE 802.4 Token Bus

- Necessita de mecanismo para manipular requisitos deterministas e de tempo-real. 802.3 pode entrar permanentemente em contenção e isso não é com frequência aceitável.
- Um anel, com estações a tomarem turnos é determinista. Usa anel lógico em cabo linear.
- Mecanismo –
  - Todas estações numeradas; estação sabe nº dos vizinhos.
  - Um token, necessário para poder fazer envio, é inicializado pelo número da estação mais alta.
  - Estação, ao receber token, faz envio se tiver um pedido, depois envia o token para o seu vizinho lógico (nãoi necessariamente físico).
- Activação –
  - Estações podem entrar e sair do bus, sem perturbar o mecanismo.
- Cabos –
  - Usa 75 ohm coax. Velocidades são are 1, 5, 10 Mbps.

# Standard IEEE 802

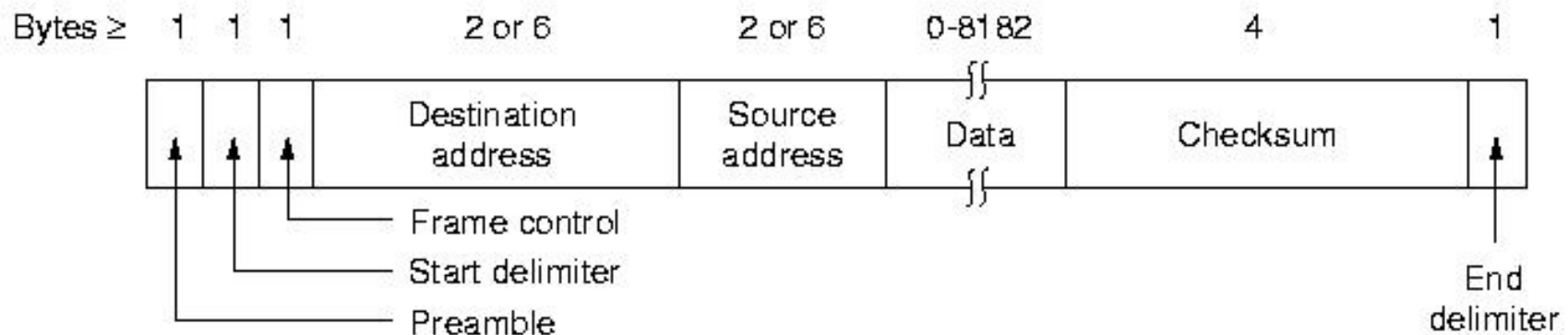
- Standard IEEE 802.4 Token Bus
  - Protocolo subcamada MAC TOKEN BUS :
    - Estação tem 4 prioridades possíveis, 0, 2, 4, 6; estação mantém 4 *queues* para pedidos.
    - Dentro de cada estação,
      - Token chega 1º à queue de prioridade 6. Envio ocorre até que nada para enviar OU o tempo expira.
      - Token segue para queue de prioridade 4. Envio ocorre até que nada para enviar OU o tempo expira.
      - E por aí fora . . . .
    - Definição correcta dos vários timers assegurar que os pedidos de mais alta prioridade acontecem primeiro.

# Standard IEEE 802

- Standard IEEE 802.4 Token Bus

**Formato da frame.** Campos são:

- Preamble** - used to synchronize receiver clock.
- Start/End Delimiter Encoding.** - contains a non-data (illegal) Manchester Encoding.
- Frame control** - shows control or data. shows priority of data packets. flag requiring ACK from receiver. shows type of control frame (more later).
- Destination Address** - (same as 802.3) - usually 6 bytes.
- Source Address** - (same as 802.3) - usually 6 bytes.
- Data** - BIG - 8182 or 8174 bytes (note no length field - why not?)
- Checksum** - (Same as 802.3)



# Standard IEEE 802

- Token Bus – Manutenção do Anel Lógico.

## SOLICIT\_SUCESSOR – Frame de Controlo

Dá endereço do emissor e do sucessor. Estações fora do anel, com endereços entre esses dois são convidadas a licitarem para serem inseridas.

- Sem resposta dentro tempo fixo ==> prossegue.
- Uma resposta ==> novo é inserido; torna-se em novo sucessor.
- Duas ou mais respostas ==> respostas colidem e são misturadas.

Frame control field	Name	Meaning
00000000	Claim_token	Claim token during ring initialization
00000001	Solicit_successor_1	Allow stations to enter the ring
00000010	Solicit_successor_2	Allow stations to enter the ring
00000011	Who_follows	Recover from lost token
00000100	Resolve_contention	Used when multiple stations want to enter
00001000	Token	Pass the token
00001100	Set_successor	Allow station to leave the ring

# Standard IEEE 802

- Frames de controlo para manutenção do Anel
  - **RESOLVE\_CONTENTION** - usa estações a responder para não tentarem ser sucessores imediatos, mas usa contagem binária regressiva por 0, 1, 2, ou 3 slots. Mecanismo tb assegura que tráfego não é abrandado por solicitação.
  - **SET\_SUCESSOR** -Usado por estação a sair. Enviado ao predecessor para indicar que o sucessor da que sai é o sucessor do predecessor.
  - **WHO\_FOLLOWS** -Emissor do token escuta para assegurar que o sucessor o obteve. Se tal não acontece, envia WHO\_FOLLOWS e o sucessor falhado envia SET\_SUCESSOR ao predecessor da que falhou.
  - **SOLICIT\_SUCESSOR\_2** - Emissor do token não consegue encontrar o sucessor e não tem resposta de WHO\_FOLLOWS; Tal causa todas as estações licitarem novamente por um lugar no anel.
  - **CLAIM\_TOKEN** - Se quem tem o token crashes, nada surge no anel. Todos os timers das estações terminam e o algoritmo de contenção determina quem pode gerar o token.

# Standard IEEE 802

## Standard IEEE 802.5 Token Ring

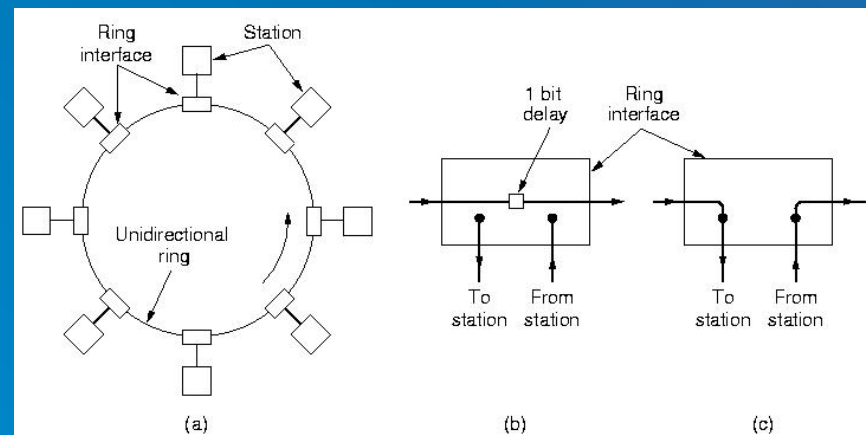
- Sem broadcast mas ponto a ponto.
- Digital em vez de analógico (como usado por 802.3 para detecção de colisão)
- Escolhido pela IBM; incluído pela IEEE como Token Ring.

Calcular o nº de bits no anel em qualquer altura:

- A  $R$  Mbps, um bit é emitido cada  $1/R$  microsegundo ( $\mu\text{seg}$ ).
- À velocidade de  $200 \text{ m}/\mu\text{seg}$ , cada bit ocupa  $200/R$  metros do anel. Um anel de 1 Mbps, com circunferência de 1000 metros tem apenas 5 bits nele em qualquer altura.

Adicionalmente, existe 1 bit de atraso em cada estação (Bit de dados pode ser modificado antes de ser reencaminhado).

Token são 3 bytes. Deve existir suficiente atraso no anel de forma que todo o token caiba. Porquê? Estações podem ser desligadas, etc. – não há garantia que as estações adicionem atraso. Portanto, pode ser necessário atraso artificial.



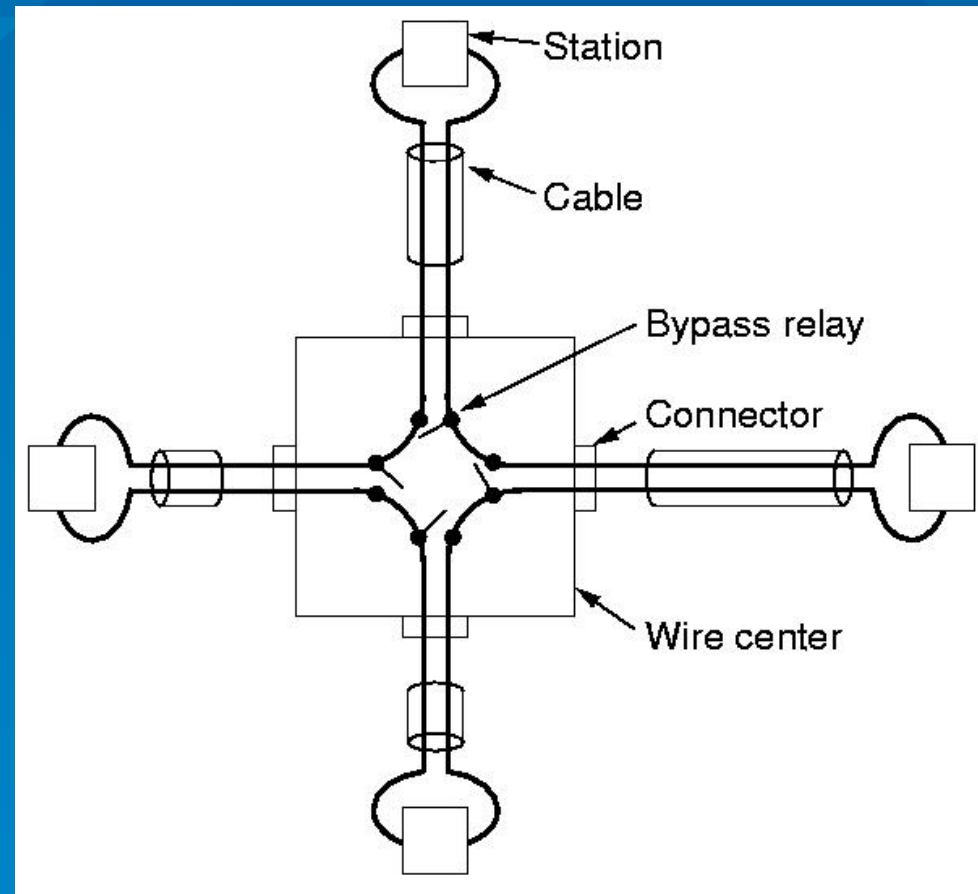
# Standard IEEE 802

- Standard IEEE 802.5 Token Ring
  - Arbitragem -
    - Tem de estar na posse do token para poder transmitir.
  - Modo de escuta -
    - Input copiado para o output.
  - Modo de Transmissão -
    - Reter o token e colocar dados no anel. Quando os dados chegam novamente ao emissor, este remove-os. No final da transmissão entrega token. Receptor pode ACK alterando um bit no final do pacote.
  - Eficiência é excelente: em alta utilização, com muitas estações a transmitirem, recebem o token uma após a outra.

# Standard IEEE 802.5 TOKEN RING

## Fios -

Shielded twisted pair/ 1 ou 4 Mbps.  
Codificação Manchester Diferencial.  
Fiabilidade -- Star Shaped Ring --



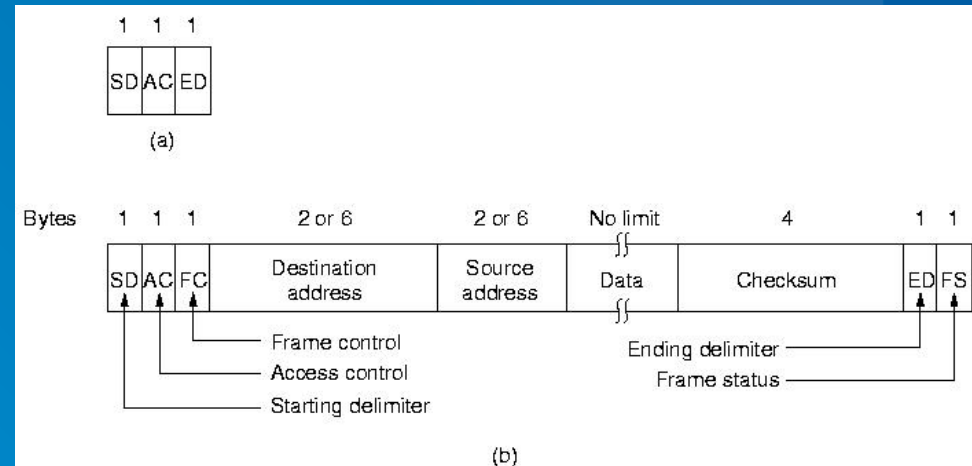
# Standard IEEE 802

- Protocolo subcamada MAC Token Ring  
Componentes de Estrutura da Frame -

SD, ED      Delimitadores - têm codificação ilegal para não serem confundidos com dados  
AC          Controlo de Acesso, contendo bits para:  
              token bit (mudar o bit e transforma-se em data preamble), Monitor bit, Priority bits,  
              Reservation bits

Frame control - Fornece numerosas opções de controlo.

Source/Destination addresses/checksum  
Mesmo como 802.3 & 802.4.



# Standard IEEE 802

## ● Protocolo subcamada MAC Token Ring

### Componentes de Estrutura da Frame - Status da Frame

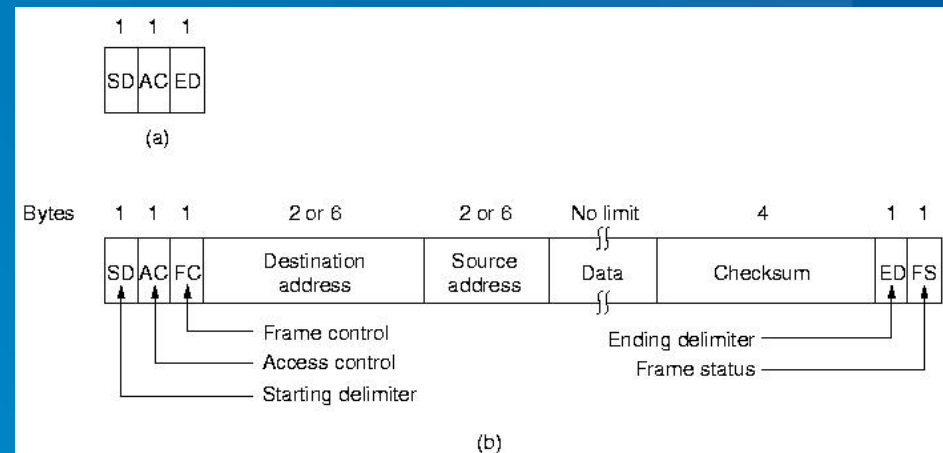
A bit – receptor viu o pacote.

C bit – receptor copiou pacote para os seus buffers.

Funciona como ACK.

### Prioridades -

Token dá prioridade desse token - emissor deve esperar por token de prioridade correcta. O byte de controlo de acesso (do token ou data frame) tem bits de reserva. À medida que a frame segue, alguém pode pedir que quer o token de determinada prioridade em que S. Mamede próxima vez.



# Standard IEEE 802

## ● Protocolo subcamada MAC Token Ring

### Manutenção do anel:

Estação monitora gere o anel. Em caso de falha, qualquer estação pode assumir esse papel. CLAIM\_TOKEN é um pedido para se tornar no novo monitor.

Monitor gere:

- Token perdido - Se timer diz que token não é encontrado, produzir novo.
- Frames orfãos - Frame no anel, mas emissor "crasha" antes de retirar frame
- Frame *Garbled* - Monitor retira frame e emite novo token.
- Delay time - Assegura um atraso suficiente de forma que todo o token caiba no anel.

Anéis quebrados lidados por qualquer estação que pensa estarem os vizinhos inalcançáveis. Utiliza controlo BEACON.

Gestão de token feita pelo monitor, portanto não descentralizada. Gestão mais fácil, mas susceptível de comportamentos erróneos.

# Standard IEEE 802

## POSITIVES

## NEGATIVES

Comparação entre 802.3, 802.4 e 802.5.

Todos os três utilizam aproximadamente a mesma tecnologia e velocidades.

**802.3** Large installed base.  
Simple protocol.  
Good configurability.  
Passive and cheap cable.  
Low latency (no waiting for token.)

**802.4** Highly reliable hardware.  
More deterministic except when token is lost.  
Supports priorities.  
Good throughput and efficiency.  
Cable can support multiple channels.

**802.5** Connections are Point-to-point.  
Simple engineering.  
Fully digital.  
Use many media.  
Priorities possible.  
Short & long frames possible.  
Good throughput and efficiency.

Has analog requirements.  
Must detect possible weak remote station.

Minimum size = 64 bytes.  
Non-deterministic/no priorities.  
Short cable length.  
Efficiency drops at higher speeds.

Lots of analog.  
Complex protocol.  
Delay at low load waiting for token.

Small installed base.

Centralized control means critical component.  
Delay at low load waiting for token.

# Standard IEEE 802

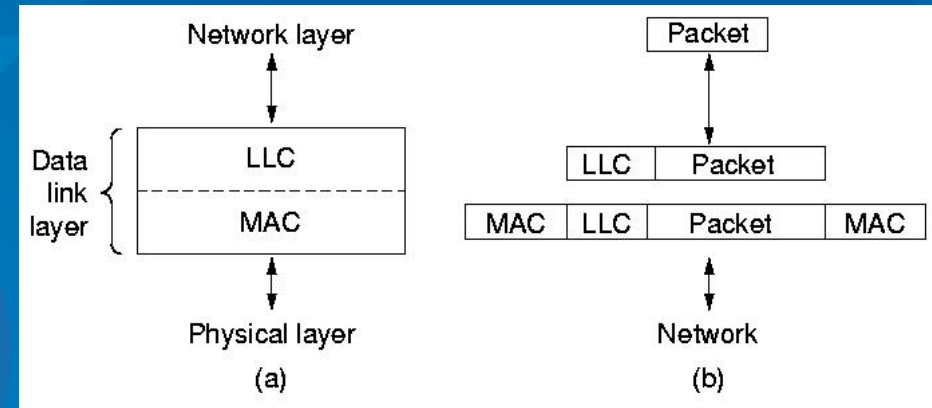
## IEEE 802.2 – Logical Link Control

Para quando é necessário um protocolo de data link fiável com controlo de erros e de fluxo.

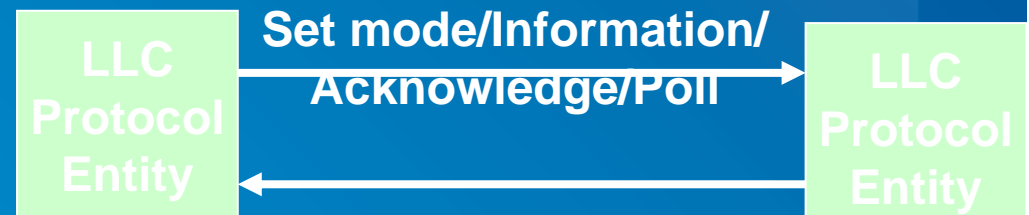
Também esconde diferenças inerentes a 802.3/4/5 da camada de rede.

Três possíveis opções:

- o Serviço datagrama não fiável.
- o Serviço de datagrama Acknowledged.
- o Serviço fiável orientado à ligação.



Destination Address	Source Address	Control	Information
---------------------	----------------	---------	-------------



# Bridges

- Esta é uma das formas de interligar redes
- Bridge opera na camada data link e, portanto, não tem muita inteligência para realizar resolução de endereços
- O que vamos abordar?
  - Tradução de um tipo de LAN para outro
  - Dado um endereço MAC, como é que o pacote alcança destino final?

# Bridges

**Hub ou repetidor** apenas amplificação electrónica.

**Bridges** operam com camada Data Link activa. Podem converter entre diferentes tipos de ligação física/dados. Forma de ligar múltiplas LANs.

**Routers** operam a nível de Rede – leêm e dependem de um protocolo específico.

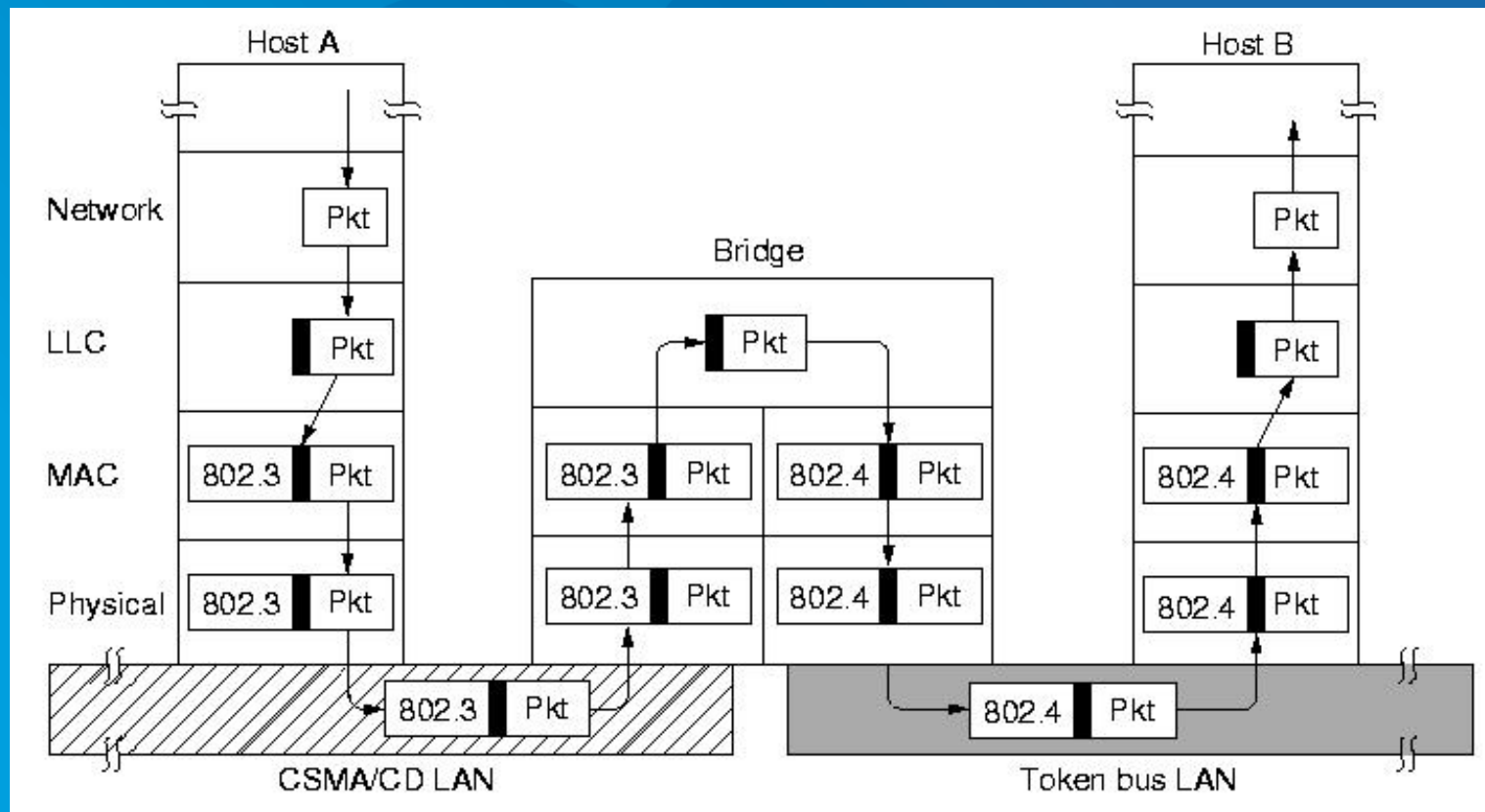
**Coversores de Protocolo** são capazes de converter de uma camada para outra.

Organizações têm LANs diferentes (802.3/4/5) para responderem a diferentes requisitos.

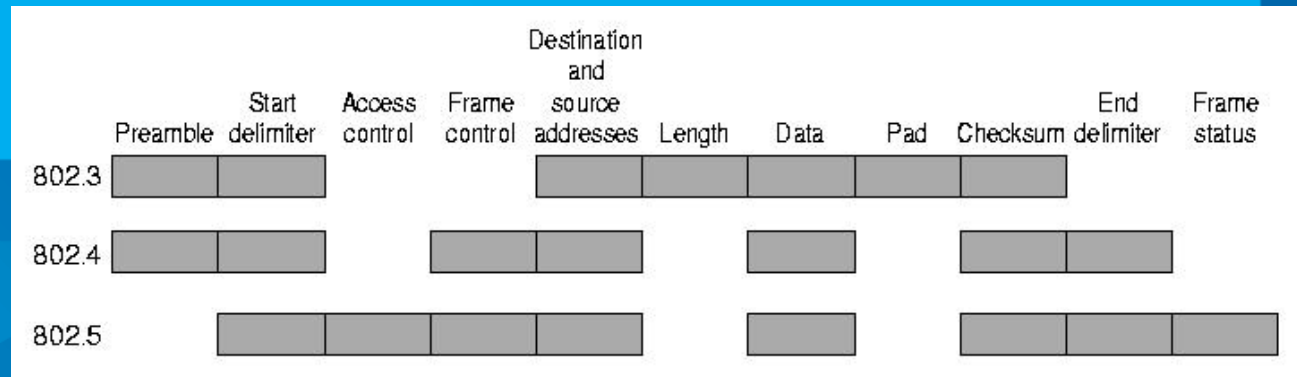
- Custo – pode tornar a cablagem menos dispendiosa.
- Para suportar carga maior que qualquer LAN pode fazer.
- Distância total superior a 2.5 Km.
- Bridges podem actuar como firewalls.
- LANs fazem broadcast de tudo na LAN para todas as estações. Pode-se querer não alterar isto para alguns dados.

# Bridges

Como funcionam -



# Bridges



## Do 802.x ao 802.y

### Questões -

- Cada tipo de LAN tem o seu formato de frame. Bridges retiram 1 tipo e colocam outro.
- LANs não usam todas a mesma velocidade, portanto têm de bufferizar ou rejeitar os dados
- Duas LANs de input a alimentarem uma LAN de output.
- Cada tipo de LAN tem o seu comprimento de máximo de dados. As bridges têm de executar framing de forma a traduzir.
- Nível de Rede pode dar "time out" por esperar que destino ACK dentro de determinado prazo; toda a tradução torna mais lenta a transmissão.
- Todos os tipos de LAN não transportam a mesma informação:
  - o bits de prioridade.
  - o bits de *Acknowledgment*.

Em essência, os standards LANs são incompatíveis! ☺

# Bridges

Em adição a traduzirem pacotes, as bridges também fazem o roteamento de pacotes entre origem e destino. É sobre esta função que temos de nos debruçar.

Bridges transparentes e Bridges de Source Routing constituem duas formas que compete, e são mutuamente exclusivas no roteamento de pacotes.

# Bridges - Tipos

## Bridges Transparentes

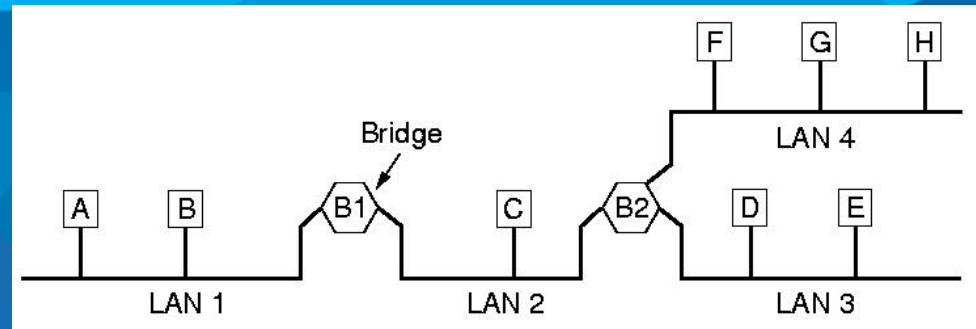
Tb chamadas de Spanning Tree Bridges -

Objectivos:

- Transparência "Perfeita". Nada é necessário fazer adicionalmente.
- Nenhuma configuração de *hardware* ou *software* necessária.
- Nem *switches*, nem routing tables.
- Stateless (ou tão stateless como possível.)

Modo Promíscuos:

- Aceita todos os pacotes de todas as LANs ligadas ao bridge.
- Se destino está na rede da origem, ignorar o pacote; caso contrário, encaminhar pacote.
- Usa tabela (hashed) na bridge para determinar escolha da LAN para encaminhamento.



# Bridges - Tipos

## Bridges Paralelas Redundantes:

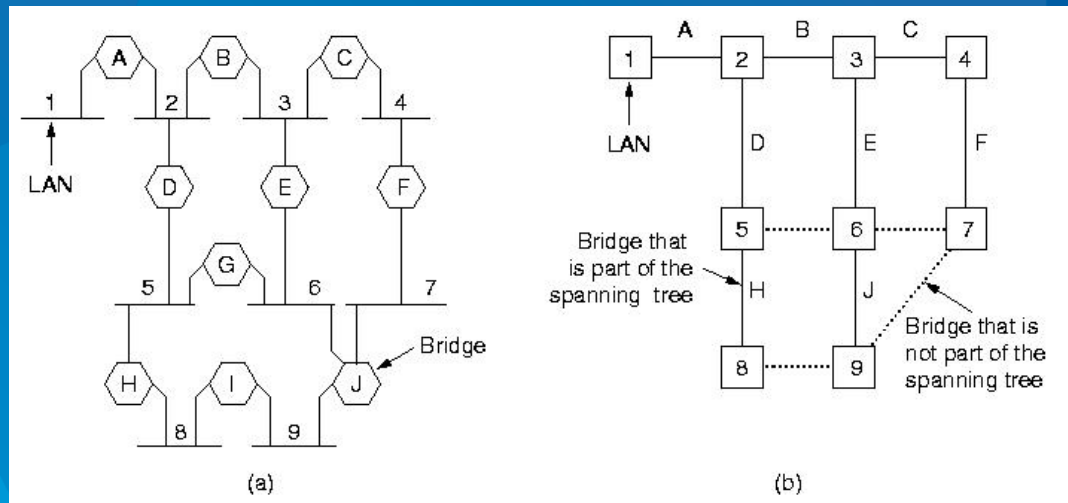
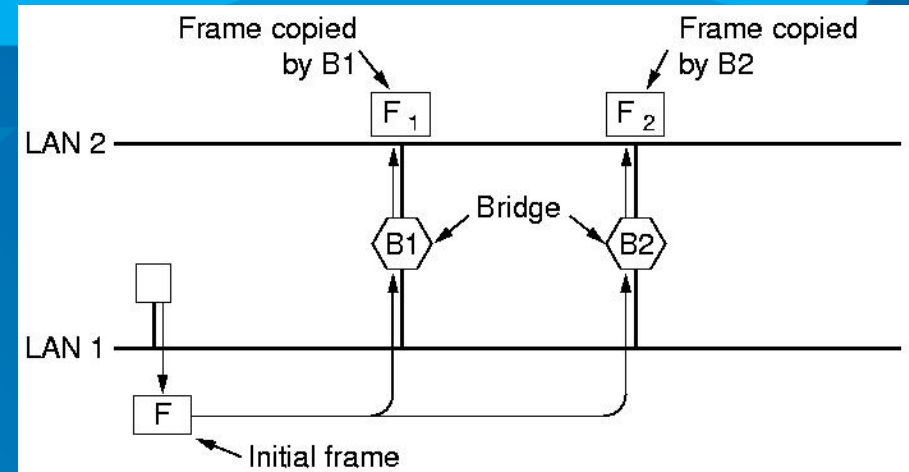
Duas ou mais bridges são usadas para fiabilidade.

Problemas com inundação infinita.

Solução é implementar política Backward Learning com uma topologia loop-free.

Uma bridge Spanning Tree Bridge faz isso.

Note como os caminhos são reduzidos.





# Bridges - Tipos

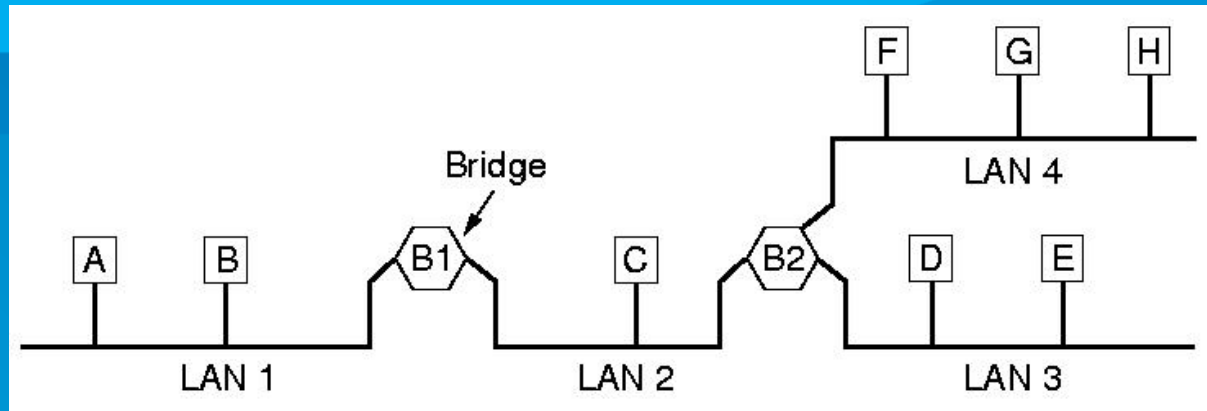
## Bridges Source Routing:

Usadas pelos anéis IBM. O emissor retém todo o conhecimento sobre como deve um pacote ser roteado.

O originador de uma frame:

- Sabe se destino está na sua própria LAN.
- Define um bit alertando as bridges de que destino NÃO está na sua LAN.
- Coloca, no cabeçalho, o caminho exacto que a frame seguirá.

# Bridges - Tipos



## Bridges Source Routing (cont):

Na figura, o caminho de A a D é L1, B1, L2, B2, L3.

Bridge olha para o bit definido. Scans a rota – é o nº da LAN de origem seguido pelo nº da bridge a fazer a verificação? Se sim, reencomincha a frame; caso contrário, rejeita-a.

- Pode ser implementado com software, híbrido ou hardware.
- Se a origem não conhece a rota, envia "discovery frame" que vai a cada LAN na rede. O destino responde e cada bridge ao longo do caminho coloca o seu ID na resposta. A origem fica a saber o que precisa. Esta descoberta produz muitos pacotes excessivos.

## Comparação de Bridges 802.2

<b>Issue</b>	<b>Transparent bridge</b>	<b>Source routing bridge</b>
Orientation	Connectionless	Connection-oriented
Transparency	Fully transparent	Not transparent
Configuration	Automatic	Manual
Routing	Suboptimal	Optimal
Locating	Backward learning	Discovery frames
Failures	Handled by the bridges	Handled by the hosts
Complexity	In the bridges	In the hosts

# Redes de Alta Velocidade

- Vide livro págs 322 a 330

# Sumário

- O Problema da Alocação de Canal
  - Como alocar um único canal entre múltiplos utilizadores.
- Protocolos de Acesso Múltiplo
  - Como lidar com contenção para utilizar o canal.
- Standards IEEE para LANs
  - Como se aplicam os protocolos a sistemas reais
- Bridges
  - Formas de interligar redes.
- LANs de alta velocidade
  - Direcções em redes de alta velocidade.