

**Controlo de acesso ao meio**  
**Redes de Computadores**

António Pinto  
apinto@estg.ip.pt

Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Abril 2019 (v2)

# Sumário

Introdução

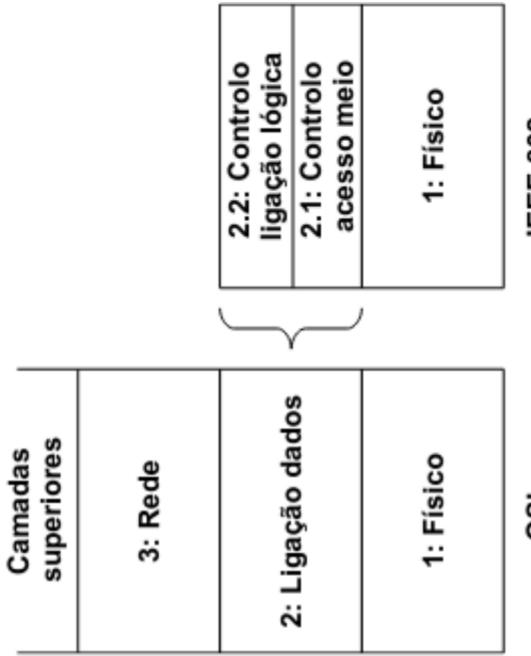
Protocolos de controlo de acesso ao meio

Topologias de rede de acesso

IEEE 802

# OSI vs. IEEE 802

- ▶ Modelo OSI (7 camadas)
  - ▶ Não previu a partilha do meio físico
  - ▶ Mais tarde influenciado pela norma IEEE 802
- ▶ IEEE 802 (2 camadas)
  - ▶ Possibilita a partilha de meio físico por várias estações
  - ▶ Introduziu controlo de acesso ao meio

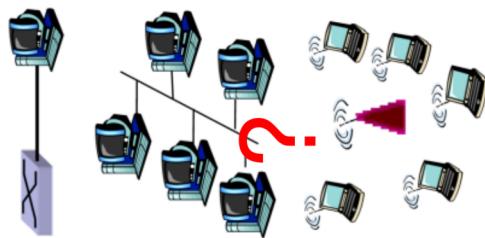


## Norma IEEE 802

- ▶ Camada 2 (OSI) é subdividida em duas sub-camadas
  - ▶ Controlo da ligação lógica (*Logical Link Control*, LLC)
    - ▶ Interface para camada de rede
    - ▶ Controlo fluxo (e erros) opcional
  - ▶ Controlo de acesso ao meio (*Medium Access Control*, MAC)
    - ▶ Controlo de acesso a meio partilhado
    - ▶ Envio/recepção de tramas
    - ▶ Endereçamento
    - ▶ Controlo de erros (ex: *checksum*)

## Tipos de ligação ao meio

- Ponto a ponto
  - ▶ Ligação de acesso à Internet
  - ▶ Ligação de PC a um *switch*
- Difusão (ou *broadcast*)
  - ▶ Ligação de PC a *hub Ethernet*
  - ▶ Ligação a rede sem fios (802.11 WLAN)



### Problema

Como coordenar as transmissões das várias estações, por forma a permitir o seu uso pleno e sem que hajam colisões?

# Protocolo ideal para acesso múltiplo

- ▶ Como coordenar vários emissores para partilharem um meio em difusão com débito de  $R$  bit/s?
- ▶ Protocolo ideal para acesso múltiplo
  - ▶ Se só uma estação quer transmitir → deve transmitir a  $R$  bit/s
  - ▶ Se  $m$  estações querem transmitir → cada uma deve usar, em média,  $\frac{R}{m}$  bit/s
  - ▶ Não deve necessitar de coordenação (**descentralizado**)
  - ▶ Não deve necessitar de sincronização de relógios
  - ▶ Deve ser **simples**

# Sumário

Introdução

Protocolos de controlo de acesso ao meio

Topologias de rede de acesso

IEEE 802

## Tipos de protocolos de acesso ao meio

- ▶ Multiplexagem
  - ▶ Divisão do meio em fatias de tempo ou de frequências
- ▶ Acesso aleatório
  - ▶ Meio não é dividido
  - ▶ São toleradas colisões
- ▶ Partilha escalonada (“à vez”)
  - ▶ Estações transmitem por turnos
  - ▶ Estações com mais dados a transmitir podem usar turnos maiores

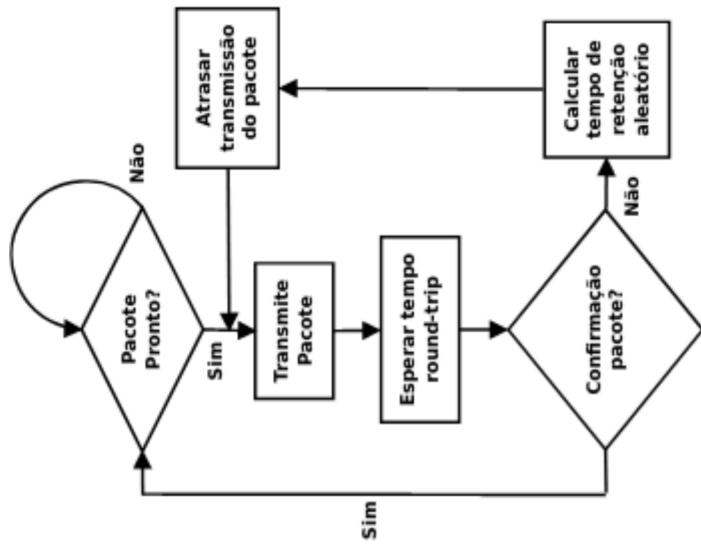
## Acesso aleatório

- ▶ Quando a estação necessita de transmitir
  - ▶ Transmite ao débito máximo ( $R$  bit/s)
  - ▶ Não há coordenação prévia entre estações
  - ▶ Se duas estações transmitem em simultâneo → **colisão!**
- ▶ Protocolos MAC por acesso aleatório definem
  - ▶ Quando transmitir
  - ▶ Como se detectam colisões
  - ▶ Como recuperar de colisões

Ex: *Aloha, Slotted Aloha, CSMA, CSMA/CD, CSMA/CA*

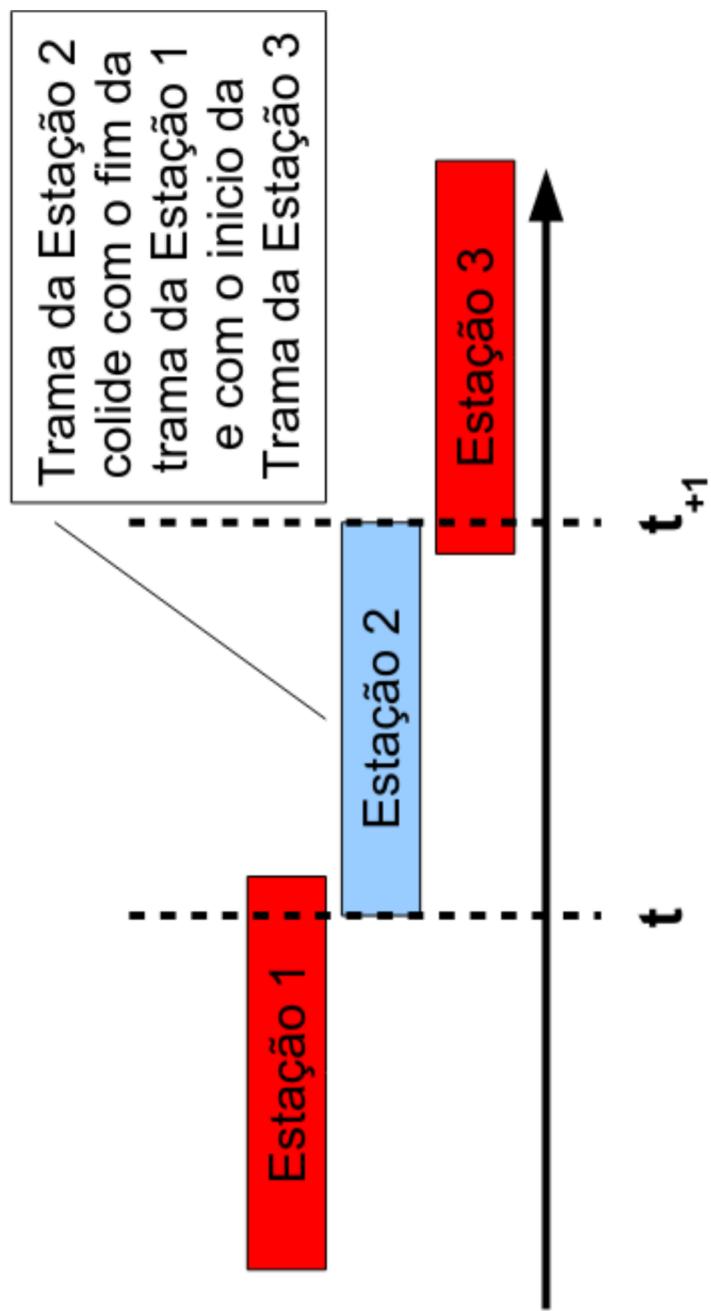
# Aloha

- Estação transmite quando têm dados para transmitir
- Estações transmitem a totalidade das tramas
- Aguarda a recepção da confirmação (ACK) de tramas transmitidas
- Falta de ACK implica retransmissão



# Aloha

Exemplo de colisão

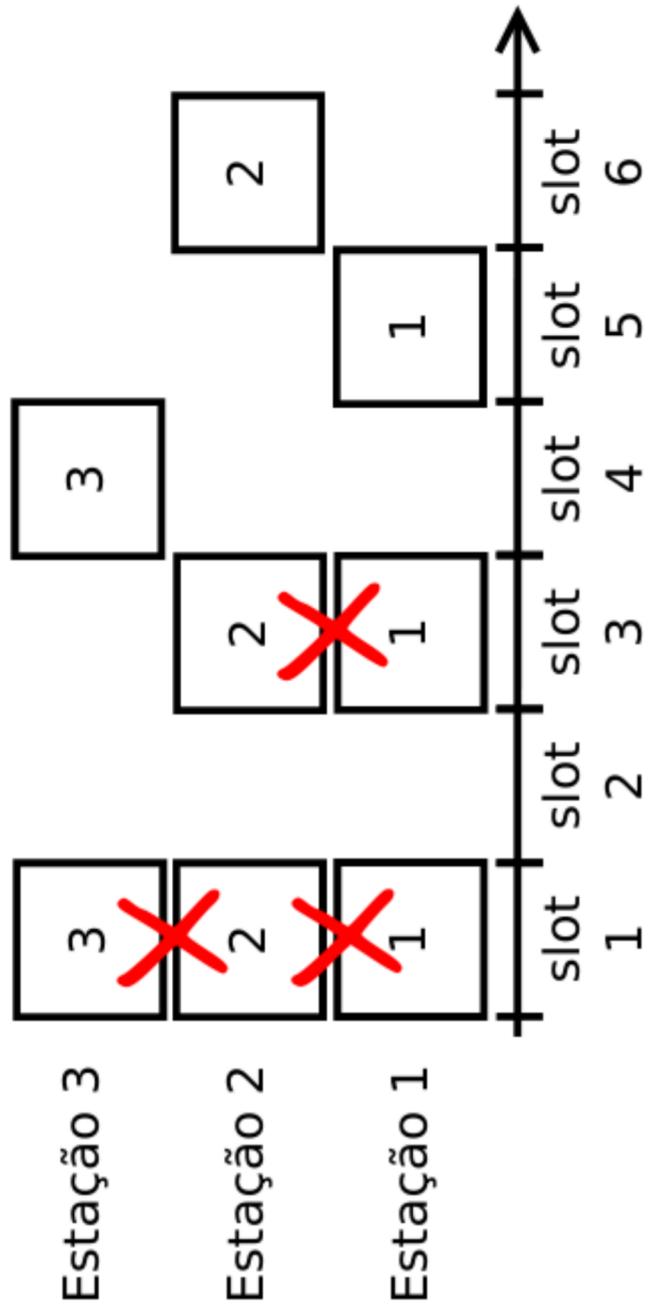


## Slotted Aloha

- ▶ Variante do *Aloha*
- ▶ Mantém tempo de retenção e confirmação de tramas
- ▶ Tempo de transmissão dividido em fatias (*slots*)
- ▶ Estações transmitem apenas no inicio de cada *slot*

# Slotted Aloha

Exemplo de colisão



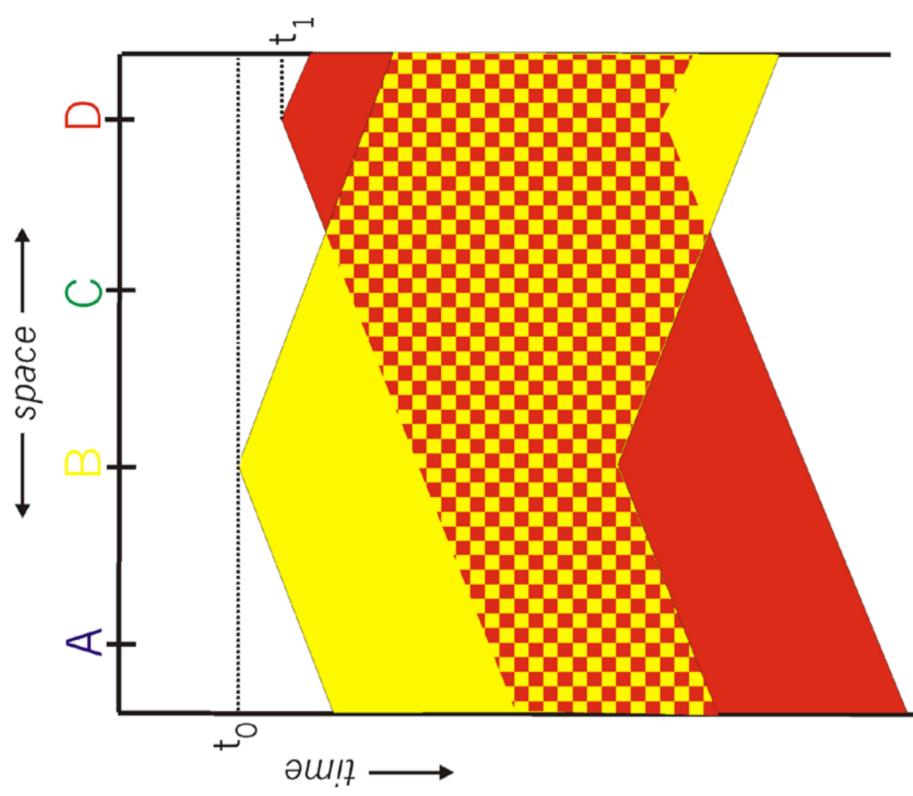
Protocolos de controlo de acesso ao meio

## Carrier Sense Multiple Access (CSMA)

- ▶ Escutar o meio antes de transmitir
  - ▶ Transmitir se o meio estiver livre
  - ▶ Esperar se o meio estiver ocupado
- ▶ Podem surgir colisões
  - ▶ Estações podem não se aperceber das colisões
  - ▶ Não se considera o atraso de propagação
  - ▶ Perda da totalidade dos pacotes envolvidos

# Carrier Sense Multiple Access (CSMA)

Exemplo de colisão



Protocolos de controlo de acesso ao meio

## CSMA/CD (Collision Detection)

- ▶ Variante CSMA com deteção de colisões
- ▶ Estação transmite se o meio estiver **livre**
- ▶ **Escuta** o meio enquanto transmite
- ▶ Se detectar **colisão**
  - ▶ Aborta a transmissão
  - ▶ Atrasa a retransmissão
  - ▶ Tempo de espera calculado com o algoritmo *Binary Exponential Back-off*
- ▶ Não são utilizadas confirmações (ACKs)
- ▶ Implica um **tamanho mínimo de trama**

## CSMA/CD

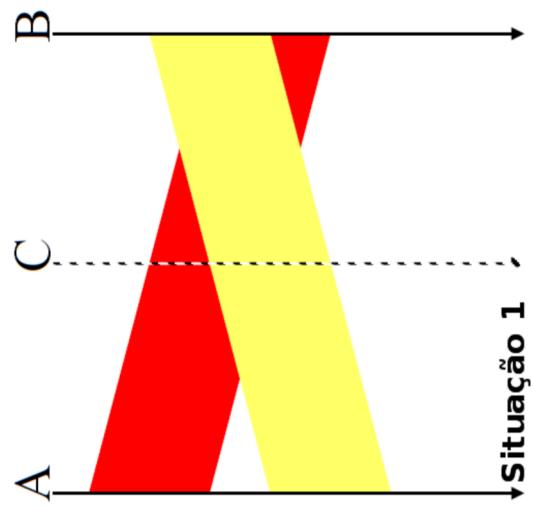
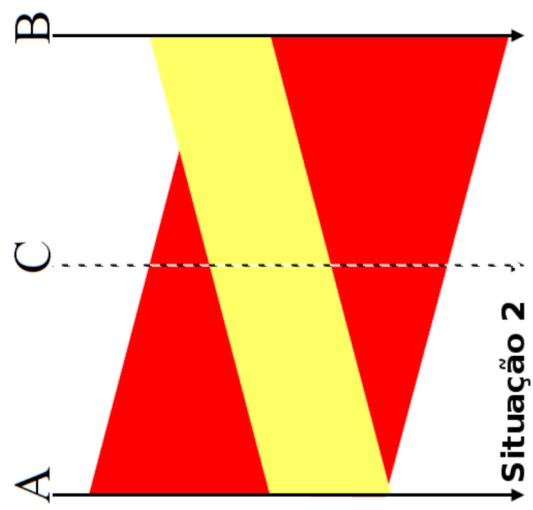
Tempo de propagação

- ▶ **Tempo de propagação** tem de ser tido em consideração
- ▶ Estações mais distantes podem **não se aperceber** de colisão
- ▶ Principalmente se duração da transmissão for **curta**

# CSMA/CD

Tamanho mínimo de trama

- **Situação 1:** Colisão é visível em C, mas não em A
- **Situação 2:** Colisão é visível em C e A

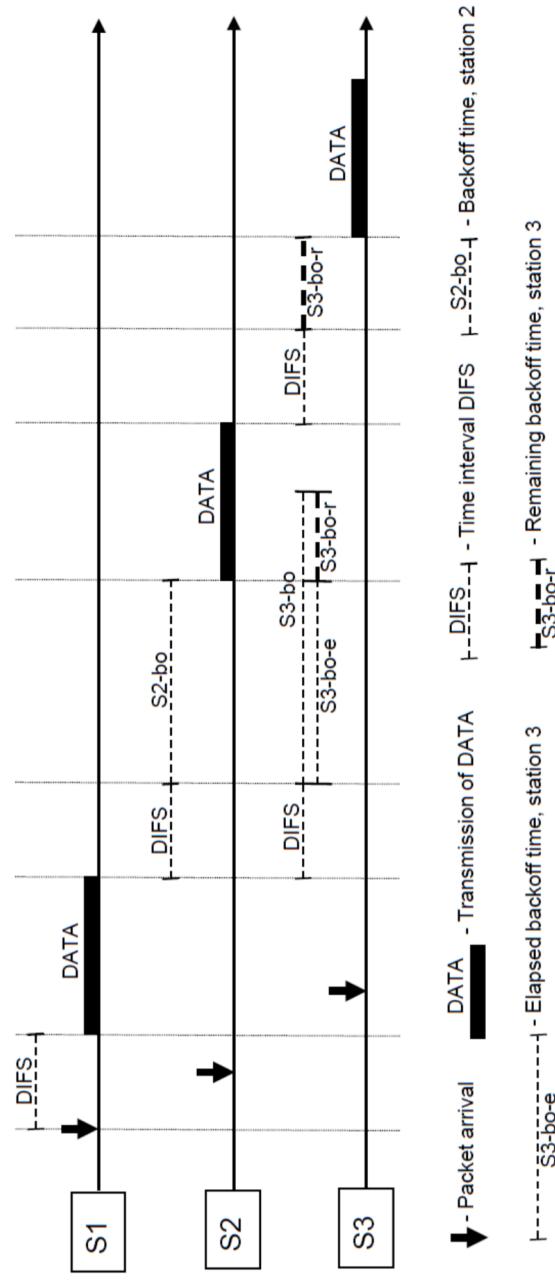


## CSMA/CA (Collision Avoidance)

- ▶ Variante CSMA que tenta **evitar colisões**
- ▶ Estação com dados para transmitir
  - ▶ **Escuta** o meio, se estiver livre
  - ▶ Continua a escutar até que **termine Distributed Inter-Frame Space (DIFS)**
  - ▶ Se meio continuar livre, **transmite**
  - ▶ Se o meio estiver **ocupado**
    - ▶ **Calcula** Tempo de Retenção Aleatório (TRA)
    - ▶ **TRA decrementado** sempre que o meio estiver livre
    - ▶ Decremento suspenso com meio ocupado
    - ▶ Reativado com meio livre por período superior a DIFS
    - ▶ Estação só **transmite** com TRA = 0 (zero)

# CSMA/CA

Exemplo de colisão evitada

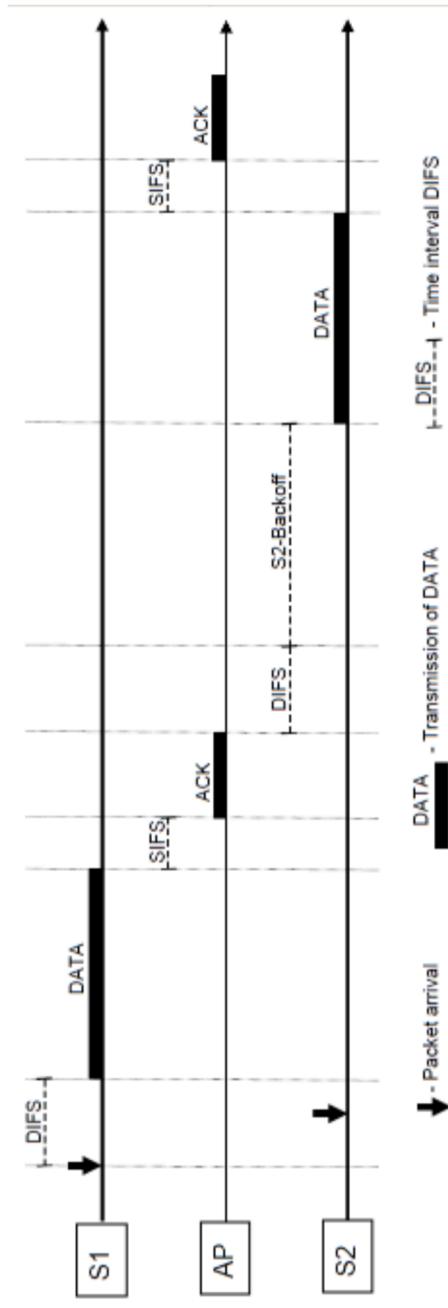


## CSMA/CA

- ▶ Evita-se que uma estação capture o meio para si, obrigando a um TRA entre tramas **consecutivas**
  - ▶ Mesmo com meio livre durante DIFS
- ▶ Como não se detetam colisões, **requer confirmação de tramas (ACK)**
- ▶ ACKs são enviados pelas estações receptoras quando recebem tramas corretamente
- ▶ ACKs são transmitidos após terminar *Short Inter-Frame Space (SIFS)*
  - ▶ Confirmação mais rápida
- ▶ Eficiência depende do número de **estações concorrentes**. (eficiência média de 60% é comum)

# CSMA/CA

Exemplo de confirmação (ACK)



# Partilha escalonada

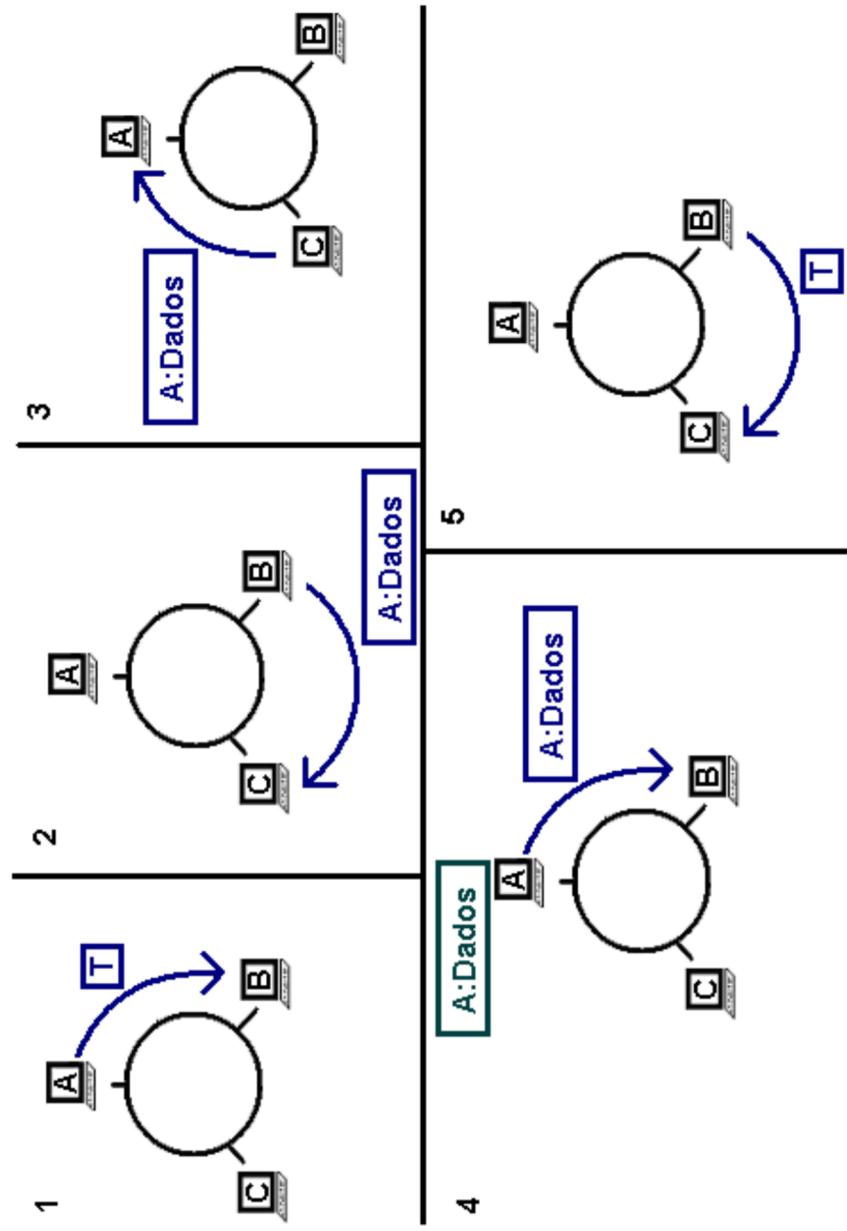
- ▶ Tipos mais comuns
  - ▶ Consulta (*polling*)
  - ▶ Passagem de testemunho (*token passing*)
- ▶ Consulta (*polling*)
  - ▶ Estação *master* coordena a comunicação
  - ▶ *Master* pergunta às restantes estações (*slaves*) se têm dados a transmitir
- ▶ Passagem de testemunho (*token passing*)
  - ▶ Transite quem tiver o testemunho
  - ▶ Testemunho passa, sequencialmente, por todos

## Partilha escalonada

- Desvantagens
  - Atraso no acesso ao canal
  - Requer tráfego de controlo adicional
  - *Master/token* é ponto único de falha
- Vantagens
  - Sem colisões

# Partilha escalonada

Exemplo de *token passing*



# Comparação protocolos de acesso ao meio

- ▶ Protocolos por multiplexagem
  - ▶ Eficiente e justa partilha do meio em cargas elevadas
  - ▶ Ineficiente em cargas baixas
    - Atraso no acesso ao canal
    - Partilha atribuída mesmo quando estação não envia dados
- ▶ Protocolos de acesso aleatório
  - ▶ Eficiente em cargas baixas
    - Uma estação pode utilizar a totalidade do meio
  - ▶ Ineficiente em cargas altas
    - Aumento significativo de colisões
- ▶ Protocolos de partilha escalonada
  - ▶ Tenta ser eficiente tanto em cargas baixas como elevadas

# Sumário

Introdução

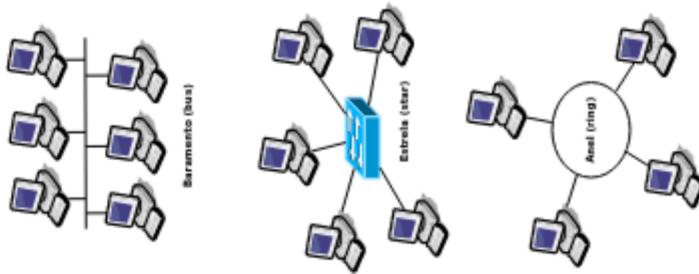
Protocolos de controlo de acesso ao meio

**Topologias de rede de acesso**

IEEE 802

# Topologias

- Barramento
  - Redes ethernet originais (*hubs*)
  - Transmissões chegam a todas as estações
- Estrela
  - Redes ethernet actuais (*switches*)
  - Conjunto de ligações ponto-a-ponto
  - Não há colisões
- Anel
  - Redes *token-ring*



# Sumário

Introdução

Protocolos de controlo de acesso ao meio

Topologias de rede de acesso

**IEEE 802**

# Normas IEEE 802

- **IEEE 802.2:** Logical Link Control (LLC)
  - Cria um interface uniforme para camada superior (Rede)
- **IEEE 802.3:** Ethernet
  - Usa CSMA/CD (*hubs*) ou não (*switches e full duplex*)
- **IEEE 802.11:** Wireless LAN
  - Usa CSMA/CA

# Endereçamento IEEE

- ▶ Endereços MAC
  - ▶ 48 bits de tamanho
  - ▶ Endereço único para cada placa de rede
  - ▶ Ex: 71-65-F7-2B-08-53, FF-FF-FF-FF-FF-FF (*broadcast*)

# Equipamento

## Concentradores

- ▶ Concentrador (*hub*) é um repetidor multi-porta
- ▶ Evita necessidade de ter um único cabo a ligar todos PCs
  - ▶ Falha de um equipamento inviabilizava a rede
- ▶ Usa cabos UTP (ponto a ponto)
- ▶ Mantém um único domínio de colisão
  - ▶ Tráfego de entrada numa porta é replicado para todas as outras

# Equipamento Bridge

- ▶ Interliga redes diferentes
- ▶ Suporta ligação de redes com suportes físicos diferentes
- ▶ Executa algoritmo de comutação eficiente de tramas

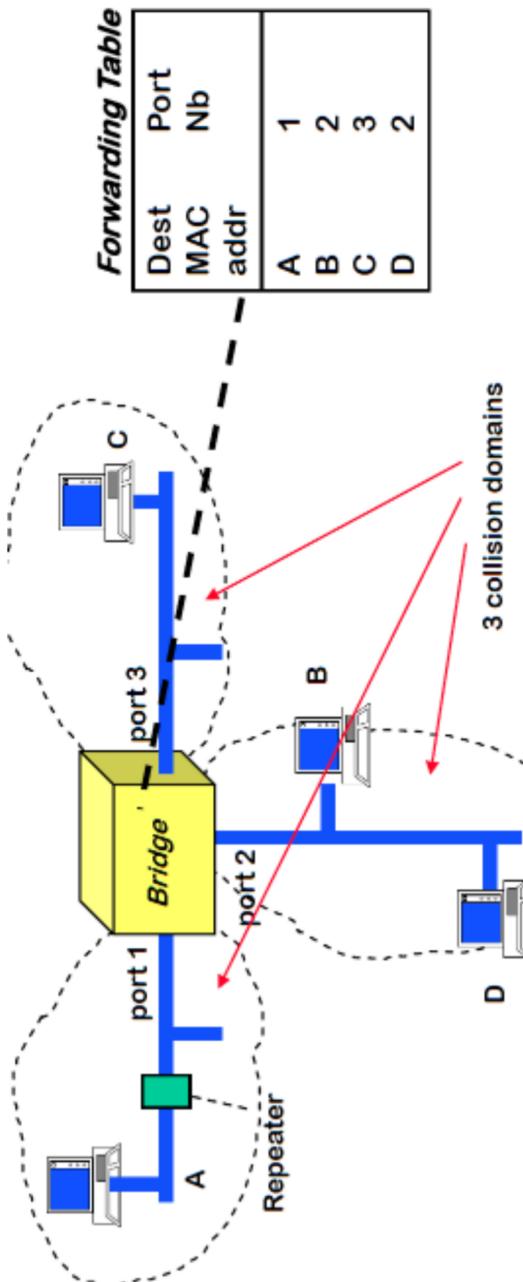
# Equipamento

Bridge: Algoritmo de comutação de tramas

Após receber um trama:

1. Associar porta de entrada da trama com a origem
2. Procurar endereço destino na tabela de comutação
3. Se (Encontrou destino)
  4. Se (Porta do destino = Porta recepção trama)
    5. Descartar trama
  6. Se não
    7. Transmitir trama pela porta encontrada
  8. Se não
    9. Transmitir todas portas (menos porta entrada)

# Equipamento Bridge



IEEE 802

# Equipamento

## Comutadores

- ▶ Comutador (*switch*) é uma *bridge multi-porta*
- ▶ *Bridge* replica tráfego apenas para a porta onde o equipamento de destino está ligado
  - ▶ Separa domínios de colisão
  - ▶ Várias tramas podem ser transmitidas em simultâneo
  - ▶ Possibilita redes de maiores dimensões
- ▶ Mantém uma tabela de comutação (por aprendizagem)
- ▶ Auto-configurados

# Bibliografia

Baseadado na bibliografia da unidade curricular.