



universidade de aveiro
theoria poiesis praxis

Protocolos de Acesso ao Meio

Fundamentos de Redes

**Mestrado Integrado em Engenharia de Computadores e
Telemática**

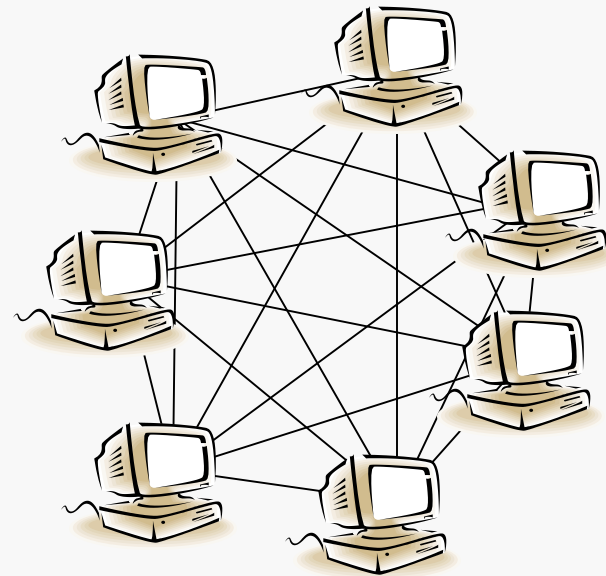
DETI-UA, 2018/2019

Topologias de rede

- Existem 4 topologias básicas:
 - Bus
 - Estrela
 - Anel
 - Malha
- Estas topologias podem ser físicas ou lógicas
 - Podem existir diferentes topologias a diferentes níveis.

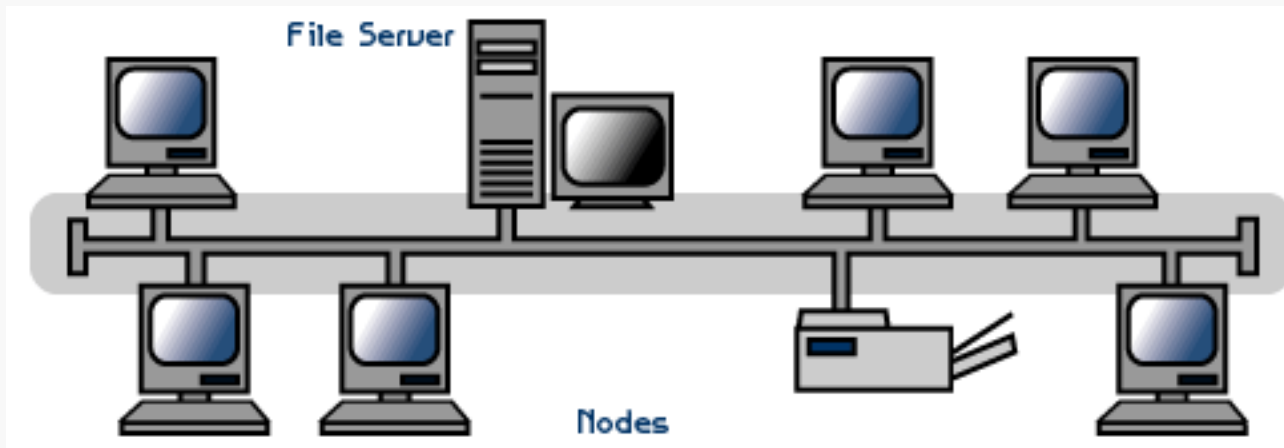
Teia (*Mesh*)

- Vantagens
 - Disponibilidade de recursos
- Desvantagens
 - Rede complexa e difícil de gerir
 - Número de ligações cresce proporcionalmente a N^2



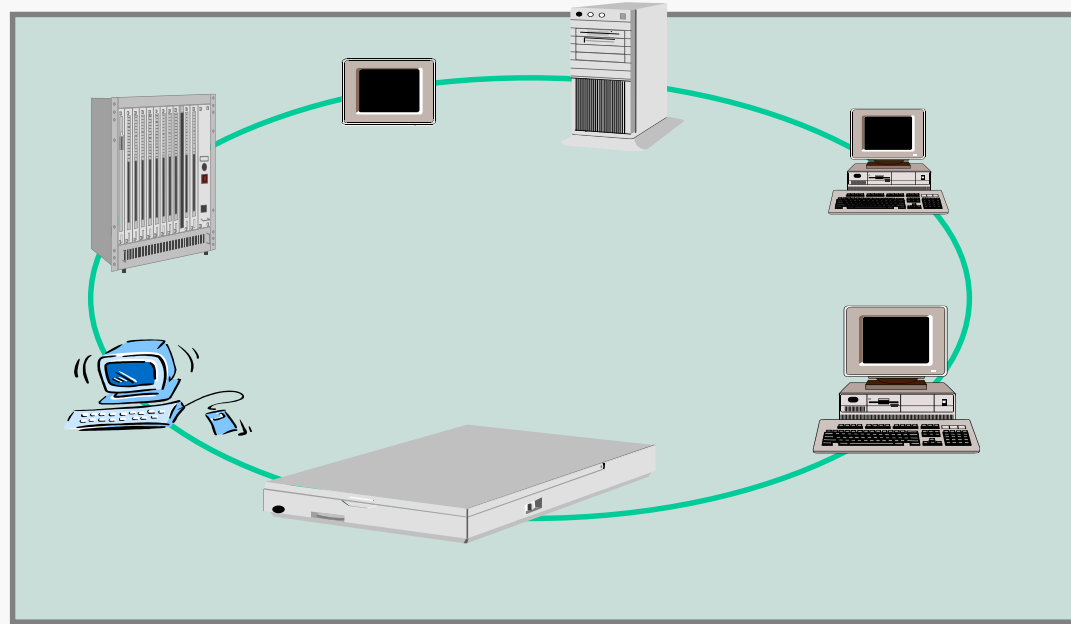
N nós na rede

Bus



- Vantagens
 - É fácil ligar um computador ou periférico a um Bus
 - Requer menos cabos que uma topologia em estrela
 - Simples e económica
- Desvantagens
 - Toda a rede fica inactiva se existe uma ruptura no cabo principal
 - São necessários terminadores em ambos os extremos do cabo principal
 - Difícil identificar a origem de um problema se a rede inteira deixar de funcionar
- Exemplo
 - Ethernet em cabo coaxial

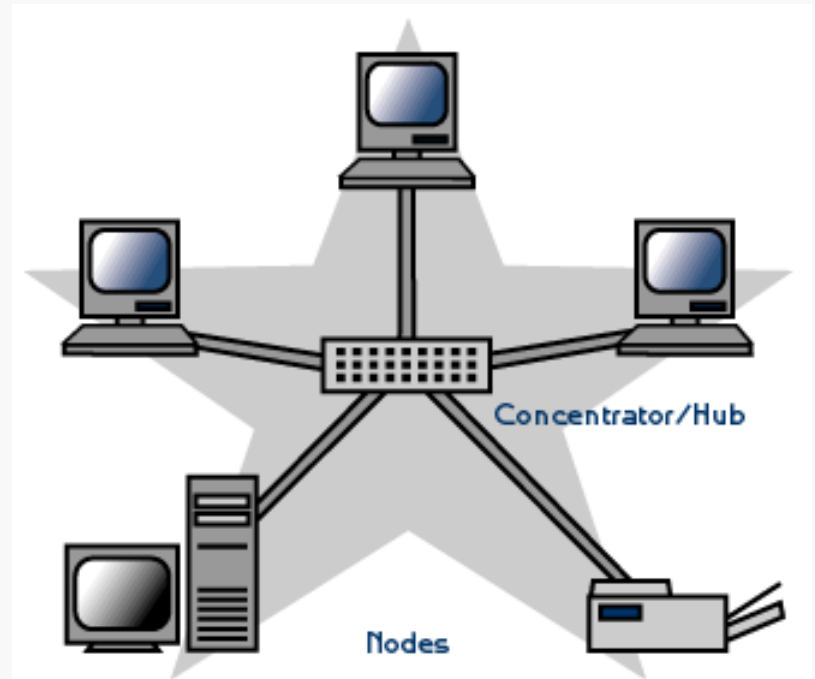
Topologia em Anel



- Mecanismo de acesso ao meio próprio (MAC)
- Garantias de tempo de resposta
- Simples de controlar
- Mecanismos de protecção para falhas no anel
- Topologia física incómoda e rede complexa

Estrela

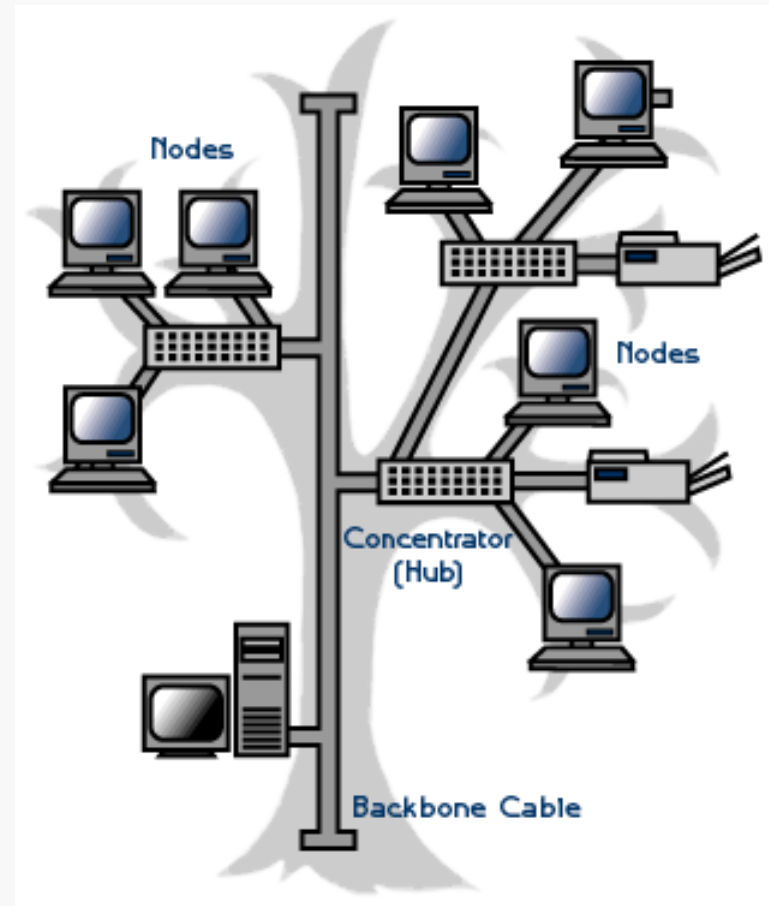
- Vantagens
 - Fácil de instalar
 - Não existem quebras na rede quando se ligam ou desligam terminais
 - Fácil detecção de falhas e remoção dos elementos com anomalias
- Desvantagens
 - Baseada num elemento central (*hub* ou concentrador) que se indisponível faz com que os nós aí ligados fiquem incomunicáveis
 - Requer mais cabo que a topologia em Bus
 - Mais caro que a topologia de Bus pelo custo dos concentradores
- Exemplo
 - Ethernet UTP



Árvore

(hierarquia de estrelas)

- Vantagens
 - Ligações ponto-a-ponto para ligação a segmentos individuais
- Desvantagens
 - O comprimento de cada segmento é limitado pelo tipo de cabo utilizado
 - Se o cabo principal falha todo o segmento falha
 - Mais difícil de configurar e cablar que as outras topologias



Ligações Partilhadas

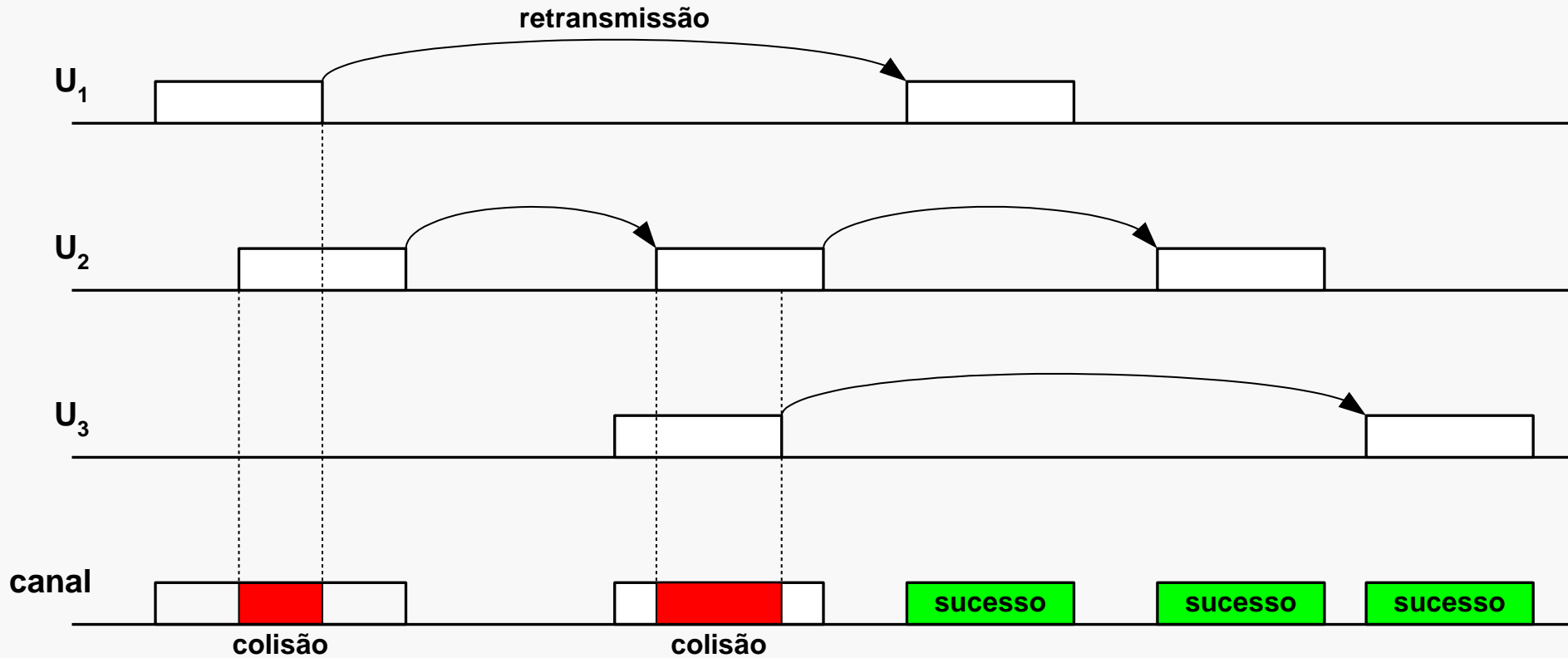
Ligações partilhadas - múltiplos emissores e receptores todos ligados ao mesmo meio de transmissão

Coordenar o acesso ao meio dos múltiplos nós emissores e receptores
– *acesso múltiplo*

ALOHA

- As estações transmitem e recebem em canais separados
- As estações transmitem sempre que têm um pacote pronto, independentemente do estado do canal
- Resolução de colisões:
 - O receptor envia ao emissor uma confirmação de que o pacote foi correctamente recebido (ACK)
 - O emissor retransmite o pacote num instante de tempo futuro se não receber uma confirmação durante um período de tempo pré-definido (*timeout*)
 - O *timeout* tem de ser superior ao atraso de propagação de ida-e-volta (*round-trip delay*)
- O tempo de retransmissão é aleatório para minimizar a repetição da colisão

Ilustração do ALOHA



utilização máxima – 18%

Aloha - desempenho

Se g designar a taxa (total) de pacotes oferecidos ao canal (offered load), então $g > \lambda$, devido às retransmissões que ocorrem em virtude das colisões

Considere-se a chegada de um pacote (novo ou velho) no instante t . A transmissão deste pacote terá sucesso se nenhum outro pacote chegar ao canal no intervalo $(t-T, t+T)$. Este período de duração $2T$ é designado por período vulnerável.

Fracção de tempo em que o canal é utilizado em transmissões com sucesso, que se designa por utilização (throughput), é

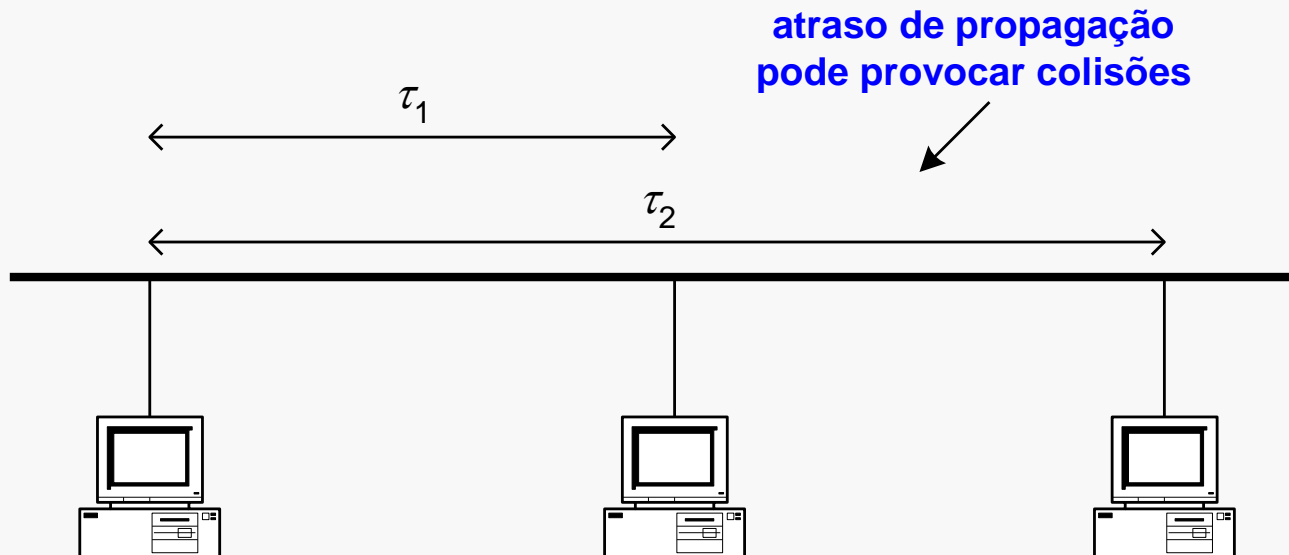
$$S = gTe^{-2gT} = Ge^{-2G}$$

Onde $G = gT$ é o tráfego oferecido normalizado, isto é, o número médio de pacotes oferecidos por tempo de transmissão.

O valor máximo é $S_{\max} = 1/2e \approx 0.184$ e ocorre em $G = 0.5$.

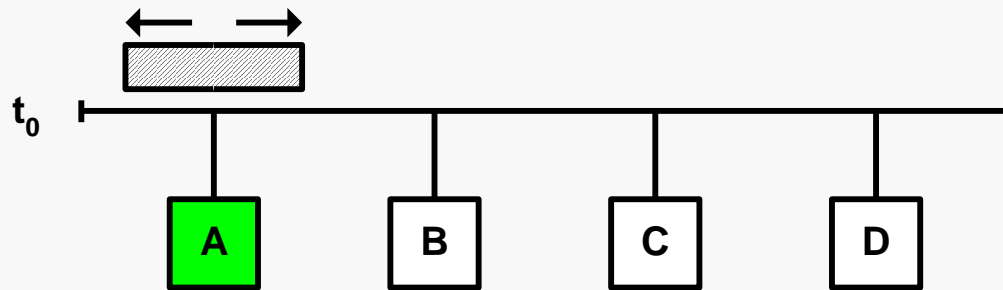
CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

- As estações transmitem e recebem no mesmo canal
- As estações **escutam o meio antes de transmitir**; só transmitem se o meio for detectado livre
- O número de colisões é minimizado
- Podem ocorrer colisões porque as estações estão a alguma distância umas das outras

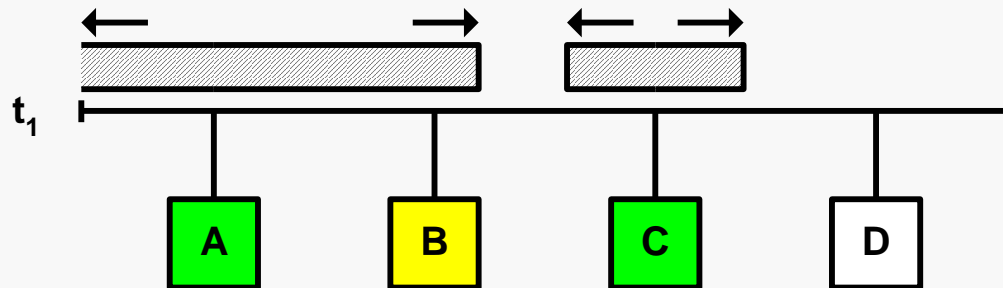


CSMA/CD (CSMA *with Collision Detection*) (I)

- As estações quando detectam uma colisão param de transmitir

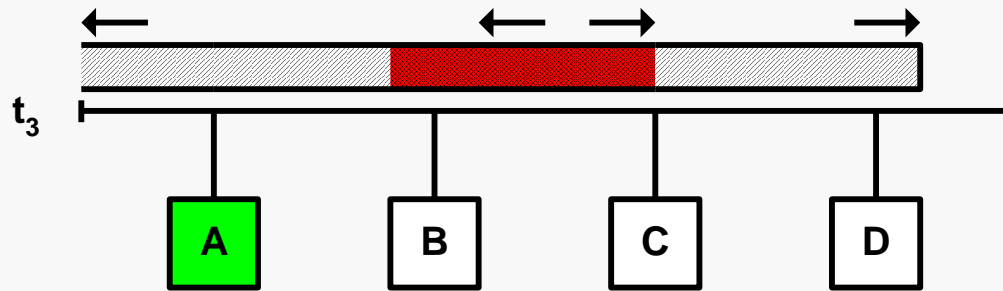


A estação A detecta o meio livre e inicia a sua transmissão

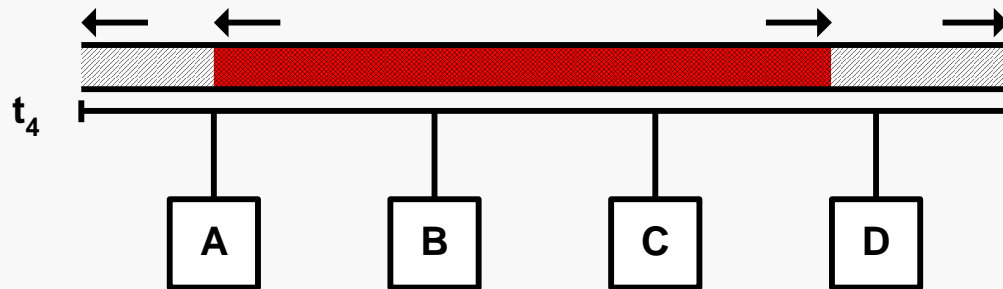


A estação B pretende transmitir mas não o faz porque detecta o meio ocupado; a estação C inicia a transmissão

CSMA/CD (II)

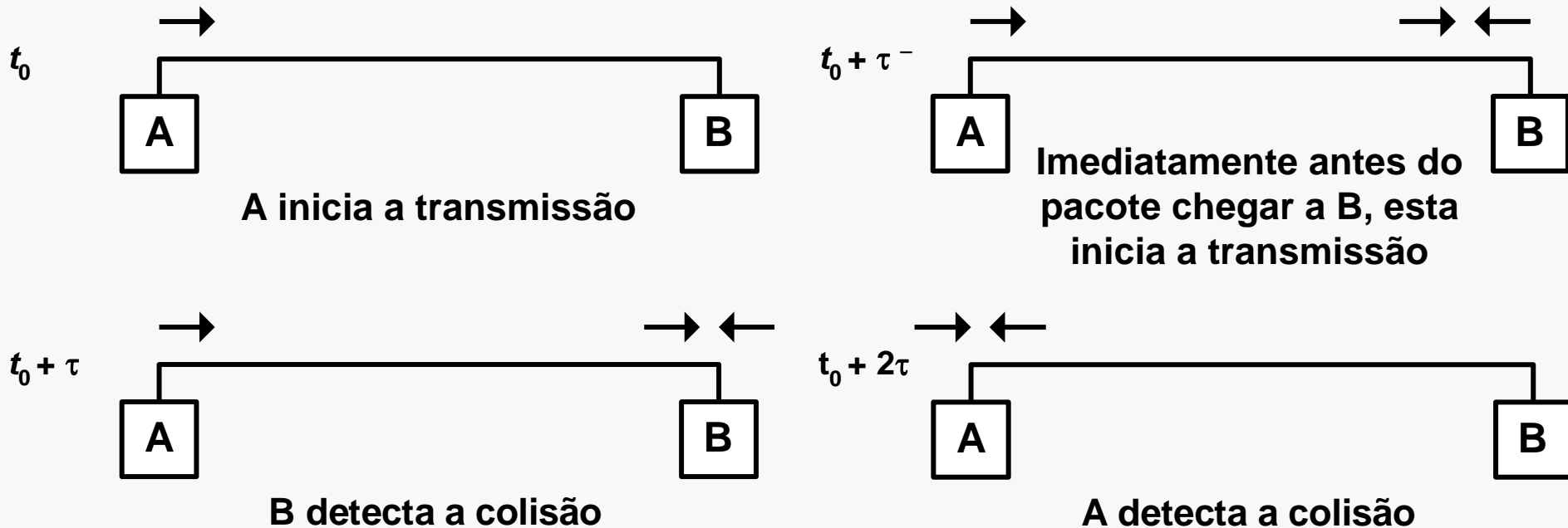


C detecta a colisão e pára de transmitir



A detecta a colisão e pára de transmitir

CSMA/CD (III)



Garantir que todas as estações emissoras detectam colisões

\Rightarrow

tempo mínimo de transmissão de um pacote $>$ *round-trip delay*

CSMA-CD - desempenho

A utilização do CSMA/CD é

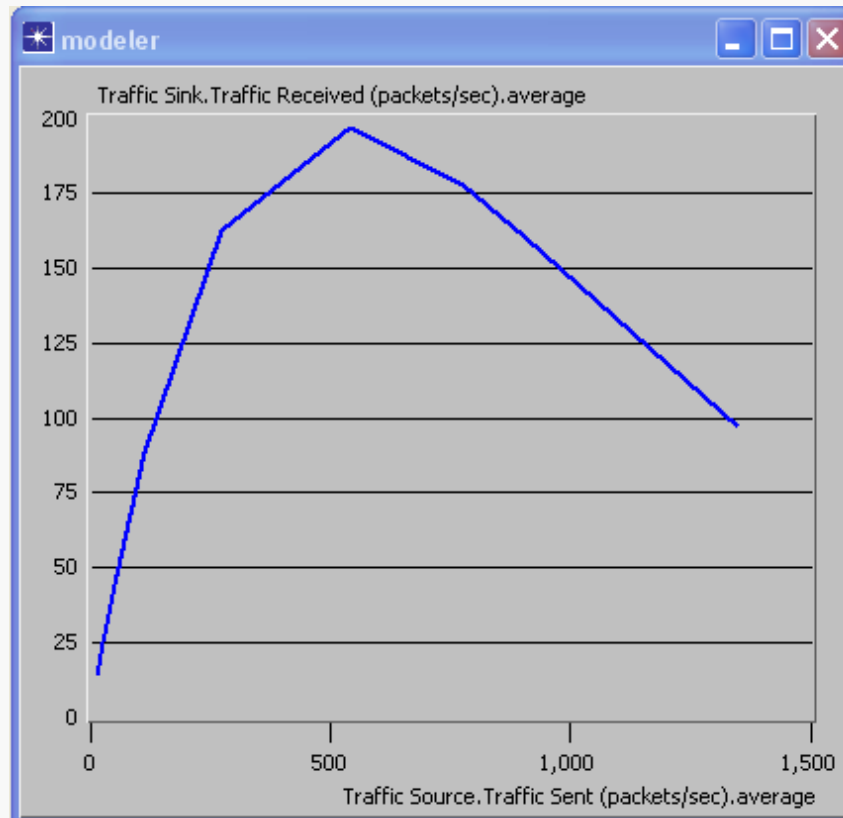
$$S \xrightarrow{N \rightarrow \infty} \frac{1}{1 + 3.44a}$$

$a = \tau/T$, T – tempo de transmissão de um pacote (tempo útil)

- $a < 1$

CSMA-CD - desempenho

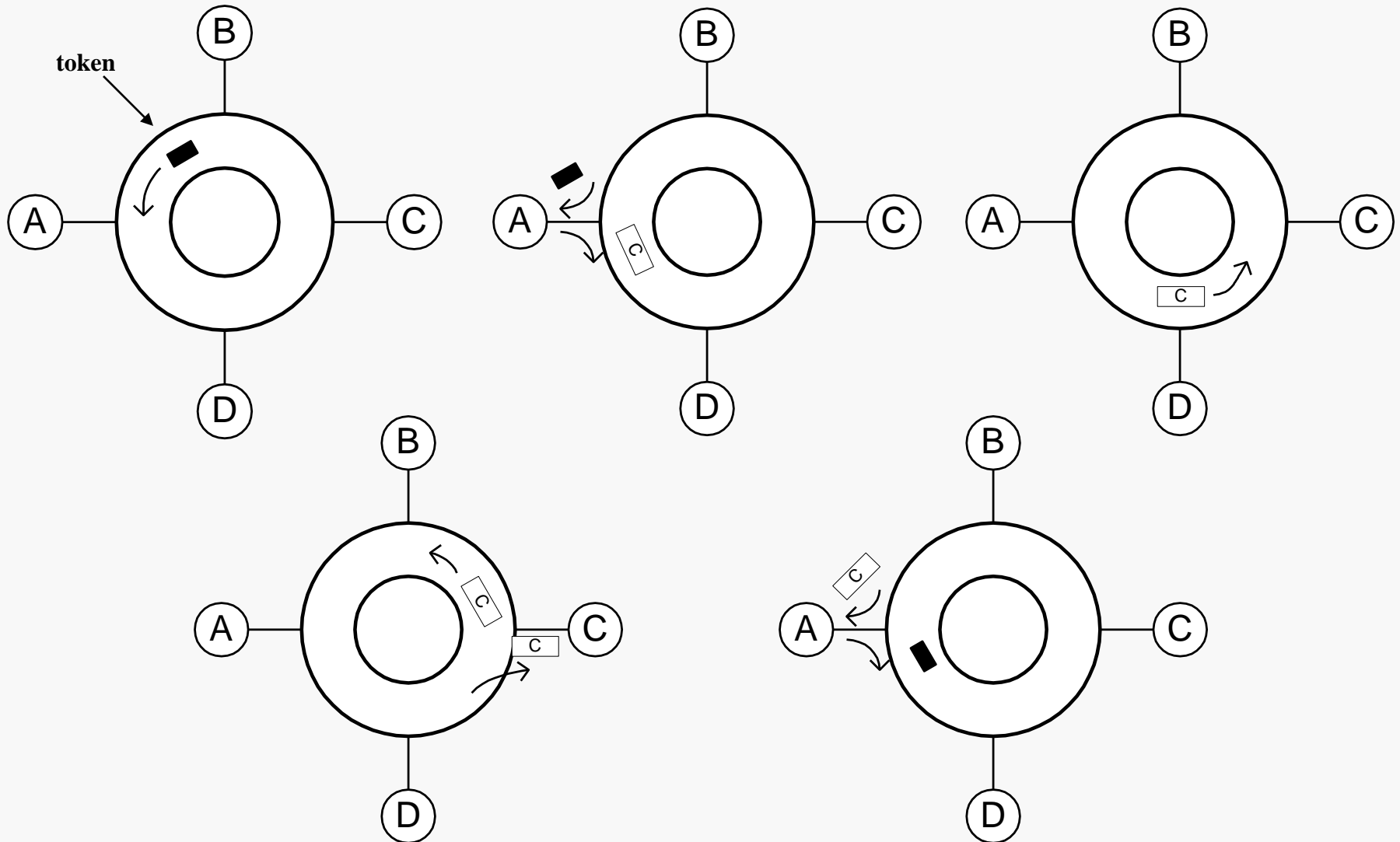
- Aumento de tráfego de entrada
 - Aumento de tráfego transmitido, mas...
 - Aumento das colisões



Token Ring

- Acesso ao meio em anel com um testemunho (*token*)
- Não havendo dados para transmitir no anel, as estações fazem circular o testemunho.
- Quando uma estação fica com uma trama pronta para transmitir, espera pela recepção do testemunho, retira o token do anel e envia então o pacote.
- Como o token deixou de circular, as outras estações não podem transmitir. Deste modo não existirão colisões. O pacote dará uma volta inteira ao anel e será retirado pela estação emissora.
- Ao chegar, a informação passa para o destino e o token é colocado vazio no anel.

Token Ring

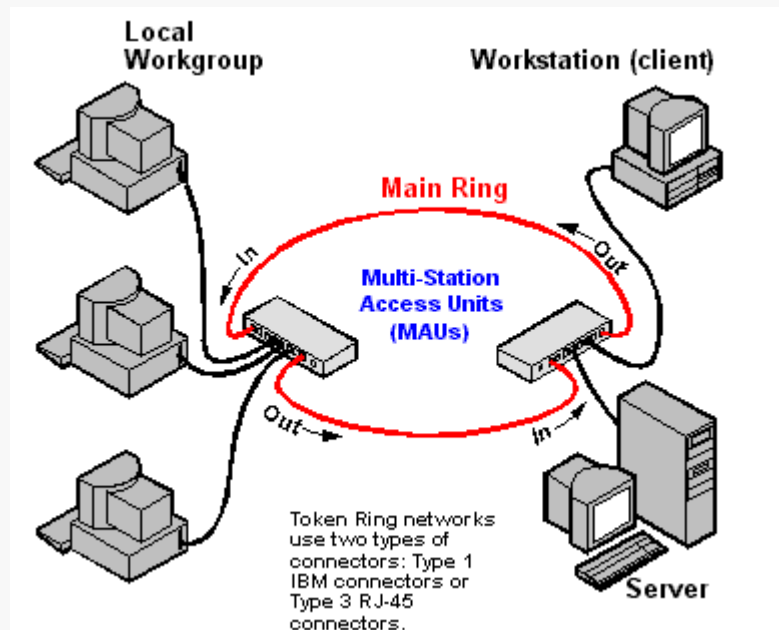


Token Ring

- Nas redes Token Ring existe uma estação responsável pela monitorização do anel – *active monitor*
- Tramas que circulam indefinidamente:
 - O monitor coloca bit M a 1 e retira do anel tramas com bit M a 1.
- Tokens perdidos:
 - O monitor mantém um temporizador, refrescado cada vez que é recebida trama ou *token*; *quando o temporizador expira é inserido novo token no anel.*
- Manutenção do monitor:
 - O monitor envia periodicamente trama *active-monitor-present*.
 - Cada estação mantém um temporizador, refrescado cada vez que é recebida uma trama deste tipo.
 - Quando os temporizadores expiram entra-se num processo de eleição de novo monitor; o novo monitor será a estação activa com maior endereço.

Token Ring

- Mensagem, quando copiada pelo destino, tem uma flag que é modificada para mostrar que a mensagem foi 'lida'
- Entrada e saída do token e das mensagens



- Transmissão de datagramas IP multicast sobre redes token ring: mapeamento de endereços IP multicast para os endereços MAC Token- Ring correspondentes

Token Ring versus Ethernet

- Desvantagens Token-Ring

- Necessidade de procedimentos de manutenção do *token*: tem de ser designada uma estação (i) para garantir que só existe um *token* no anel e (ii) para reinserir um *token* no anel se necessário
- Com tráfego reduzido, as estações têm de esperar pelo *token* até poderem transmitir
- Na Ethernet, com tráfego reduzido, a transmissão pode ser imediata

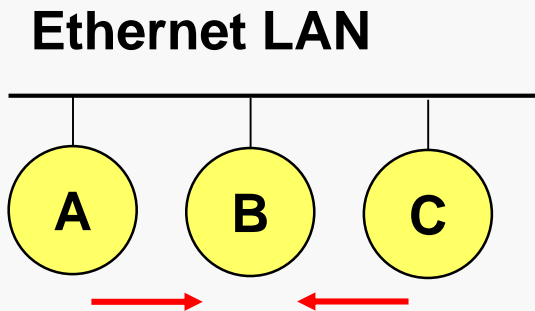
- Vantagens Token-Ring

- Com tráfego elevado, o anel funciona segundo uma disciplina do tipo *round-robin*, garantindo eficiência e equidade
- Na Ethernet, com tráfego elevado, a utilização do meio é ineficiente devido ao elevado número de colisões

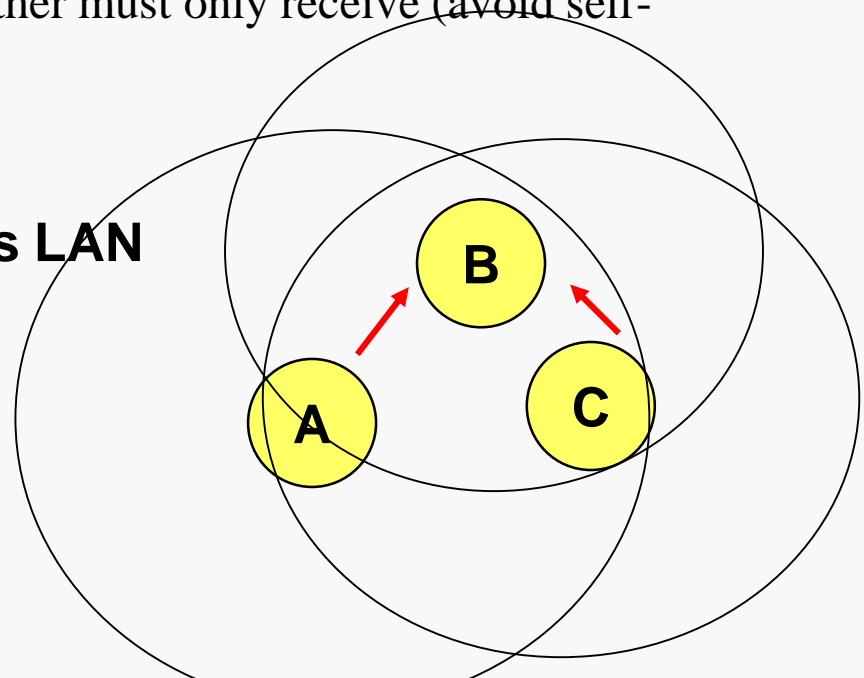
Wireless Networks

Wired vs Wireless differences

- A and C sense the channel empty simultaneously
 - Send traffic at the same time
- Ethernet: sender can detect collision
- Wireless: radios cannot detect collision (work in half-duplex)
 - Full-duplex: both can transmit and receive information between each other simultaneously
 - Half-duplex: transmission and reception of information must happen alternatively. While one point is transmitting, the other must only receive (avoid self-interference)



Wireless LAN

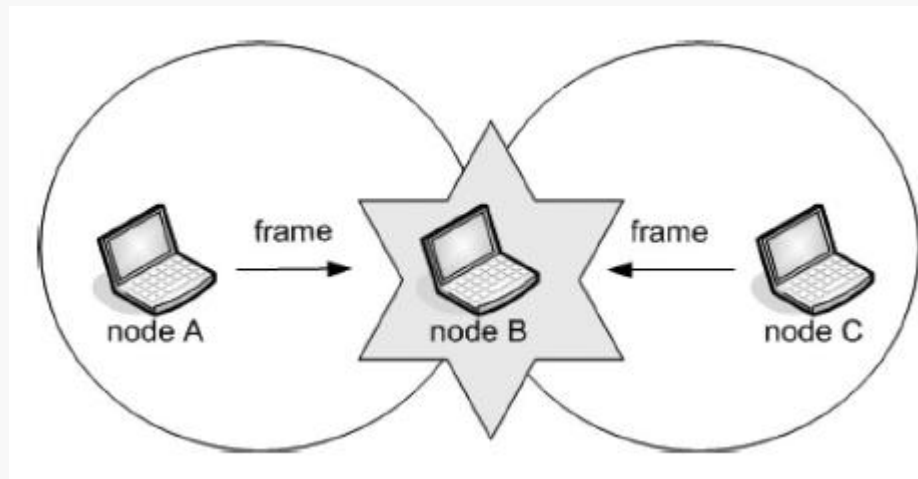


Wireless MAC

- Wired MACs
 - Typical: CSMA/CD
 - Medium is free → send
 - Listen to sense collision
- What about wireless?
 - Signal power reduces with the square distance
 - Sender can apply CS and CD, but collisions occur in the receiver!
 - Sender may not listen the collision (CD does not work)
 - CS may not work either with hidden nodes

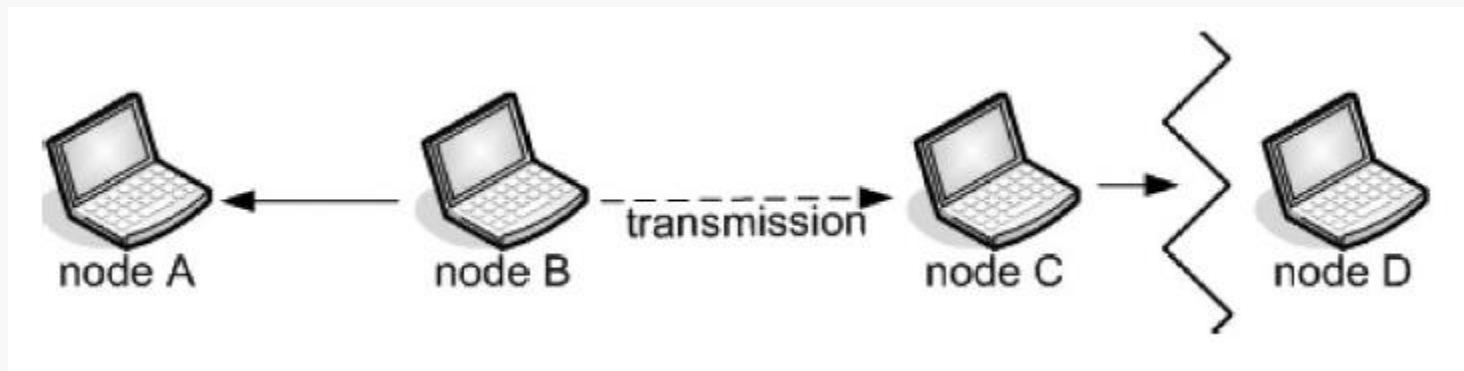
Hidden nodes

- Hidden terminals
 - A and C do not hear each other
 - Collision in B, if A and C send at the same time
 - Nor A nor C understand that collision occurred
- Solution
 - Detect collisions in the receiver
 - “virtual carrier sensing”: sender asks the receiver if he is receiving traffic; in the case of absence of answer, he assumes that the channel is busy



Exposed nodes

- Exposed terminals
 - B sends to A; C wants to send to D
 - C senses the network and discovers that the medium is occupied
 - D is not in the range of B and A is not in the range of C, so the traffic could be transmitted
 - A and D are exposed terminals
- The transmissions could be done in parallel with no collision



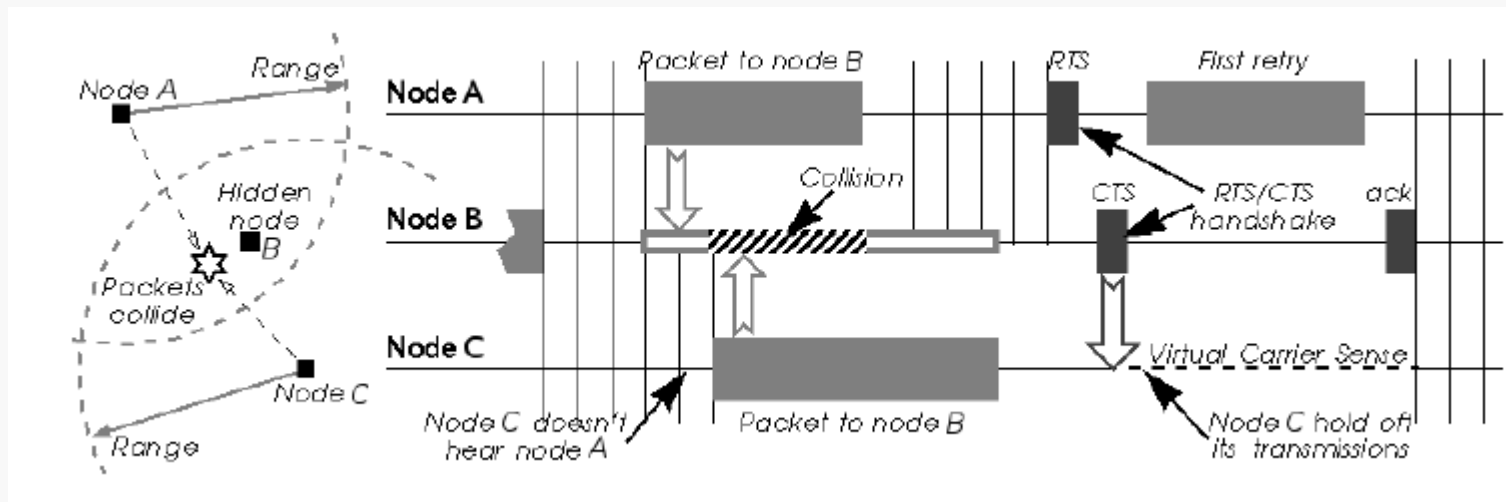
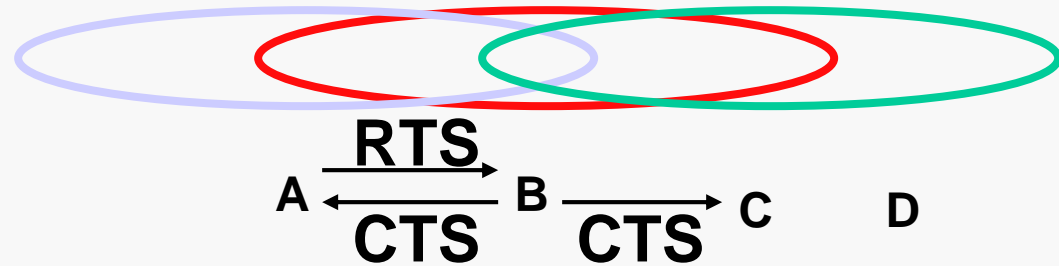
MACA: Multiple Access with Collision Avoidance

- MACA: avoids collisions using signalling packets
 - RTS (request to send)
 - A small packet is sent before transmitting
 - CTS (clear to send)
 - Receiver provides the right to transmit, when it is able to receive
- Signaling packets (RTS/CTS) contain
 - Sender address
 - Receiver address
 - Packet length (to be transmitted)
- Used in networks scenario with a large amount of traffic/collisions

MACA: Hidden Nodes

- MACA and hidden nodes

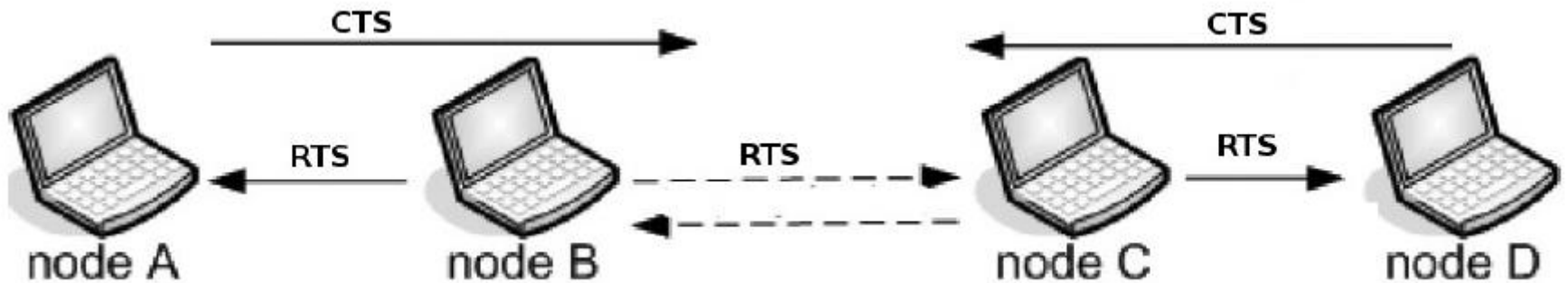
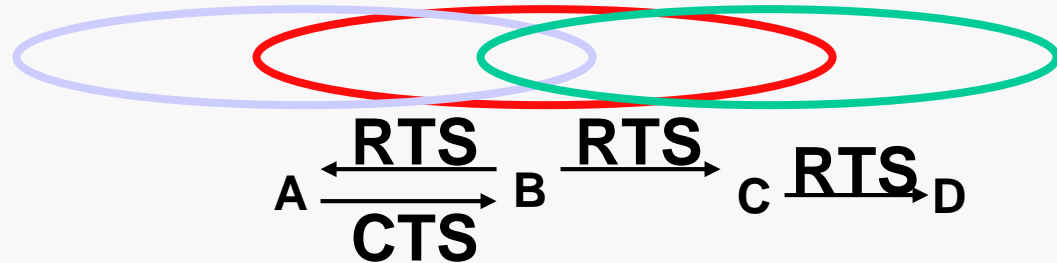
- A, C \rightarrow B (?)
- A $\xrightarrow{\text{RTS}}$ B
- B $\xrightarrow{\text{CTS}}$ A
- C hears CTS of B
- C waits for the period announced in A transmission



MACA: Exposed Nodes

- MACA and exposed nodes

- $B \rightarrow A, C \rightarrow D(?)$
- $B \text{ RTS} \rightarrow A$
- $A \text{ CTS} \rightarrow B$
- C ears RTS of B
- C does not ear CTS of A
- $C \text{ RTS} \rightarrow D$



MAC reliability

- Wireless connections are very prone to errors
 - Transport is not reliable
- Solution: use **acknowledgements**
 - When A receives DATA from B, answers with **ACK**.
 - If B does not receive **ACK**, B retransmits
 - **C and D will not transmit until the ACK (to avoid collisions)**
 - Total expected duration (including ACK) is included in the **RTS/CTS** packets

