



Laboratório de Pesquisa em Redes e Multimídia

Subcamada MAC

O Controle de Acesso ao Meio



Universidade Federal do Espírito Santo
Departamento de Informática

Métodos de Acesso ao Meio

- As implementações mais correntes de redes locais utilizam um meio de transmissão que é compartilhado por todos os nós.
- Quando um nó emite dados, todos os outros nós os recebem. Cabe a cada nó analisar o endereço de destino para determinar se os dados lhe são destinados ou não.
- Pelo fato de todos os nós receberem os dados, este tipo de redes são conhecidas por redes *multiponto* ou "*broadcast*".

Métodos de Acesso ao Meio

- Problema:
 - Como o meio de transmissão é compartilhado, é necessário estabelecer uma ordem de acesso ao meio entre as estações que desejam transmitir.
- Na arquitetura de redes OSI, esta função é desempenhada por uma sub-camada da camada de enlace, designada por “Medium Access Control (MAC)”.
- Esta sub-camada implementa os algoritmos de controle de acesso ao meio de transmissão.

Formas de Controle

- Centralizado:
 - Uma única estação é designada como responsável pela seleção de qual terá o direito de acessar o meio.
- Distribuído:
 - As estações coletivamente executam um algoritmo de seleção para determinar, dinamicamente, a ordem de transmissão.
 - Ocorrência de *contenção*.

Controle Centralizado

- Vantagens
 - Maior controle sobre o acesso, podendo prover funcionalidades como atribuição de prioridades, garantia de capacidade, etc;
 - Permite o uso de uma lógica relativamente simples nas estações;
- Desvantagens
 - Cria um ponto central de falhas;
 - Pode agir como gargalo, reduzindo a performance da rede.

Acesso com Contenção

- Nenhum controle é exercido para se determinar de quem é a vez. Todas as estações competem pelo tempo de uma forma não ordenada.
- É simples de implementar e eficiente para cargas baixas a moderadas na rede.
- É uma técnica apropriada para tráfego randômico ou em rajada (*bursty traffic*).
- Tende a colapsar para cargas altas
 - Excesso de colisão.
- Ex: *Aloha*, *Slotted Aloha*, *CSMA* e *CSMA/CD*.

Colisão

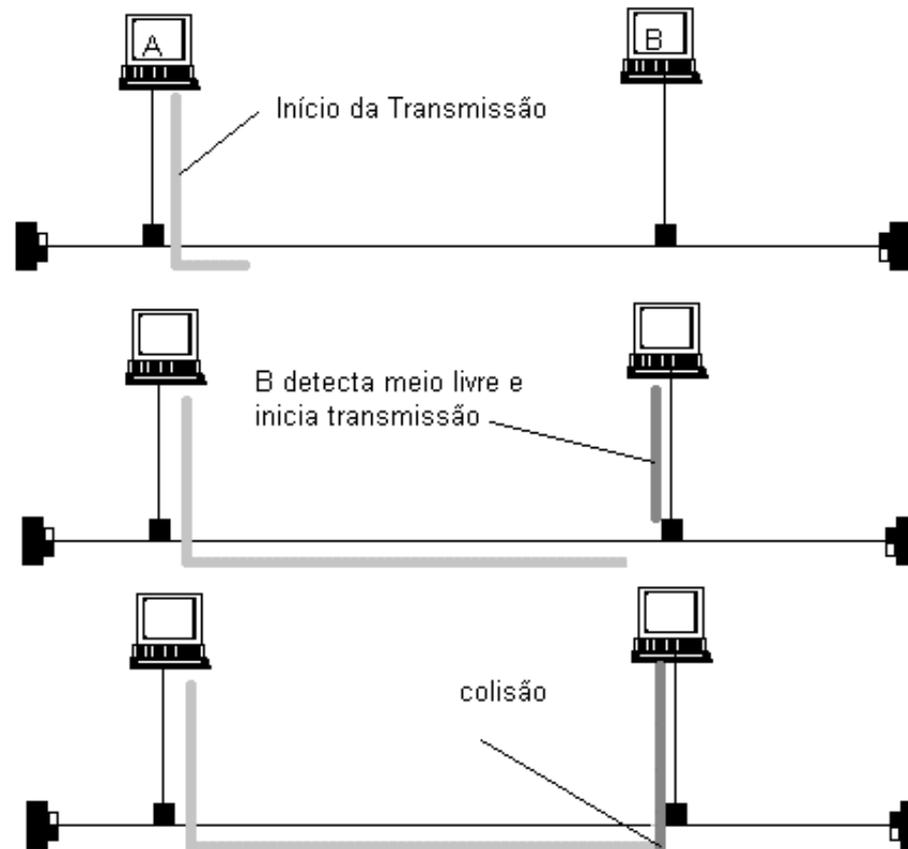


Figura 6.3: Colisão em Redes em Banda Básica

Aloha (Pure Aloha)

- Desenvolvida para redes de radiodifusão de pacotes, que se iniciou em 1970 na *University of Hawaii*.
- O propósito dessa rede era interligar o centro de computação a terminais espalhados por todas as ilhas do arquipélago.
- A rede Aloha não era propriamente uma rede local mas o seu protocolo de acesso é a base para os protocolos MAC baseados em contenção atuais.

Aloha (Pure Aloha)

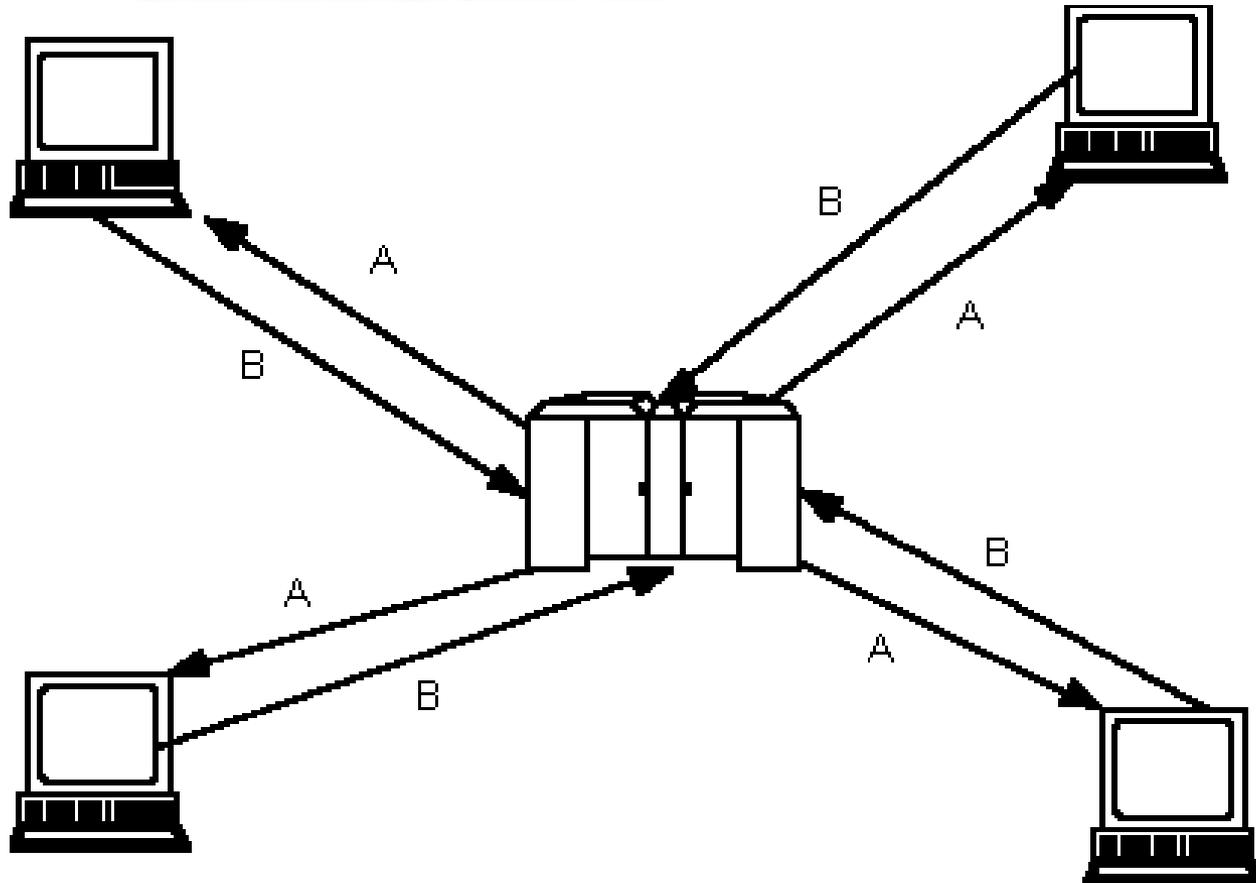
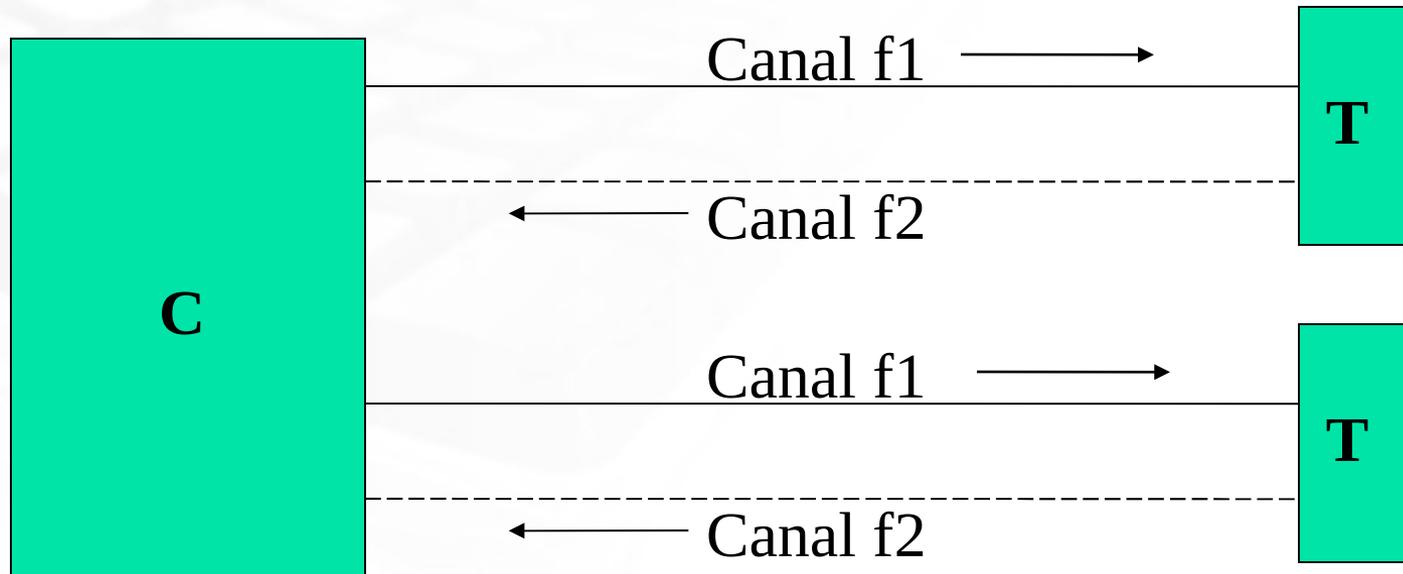


Figura 6.2: Canais na Rede Aloha

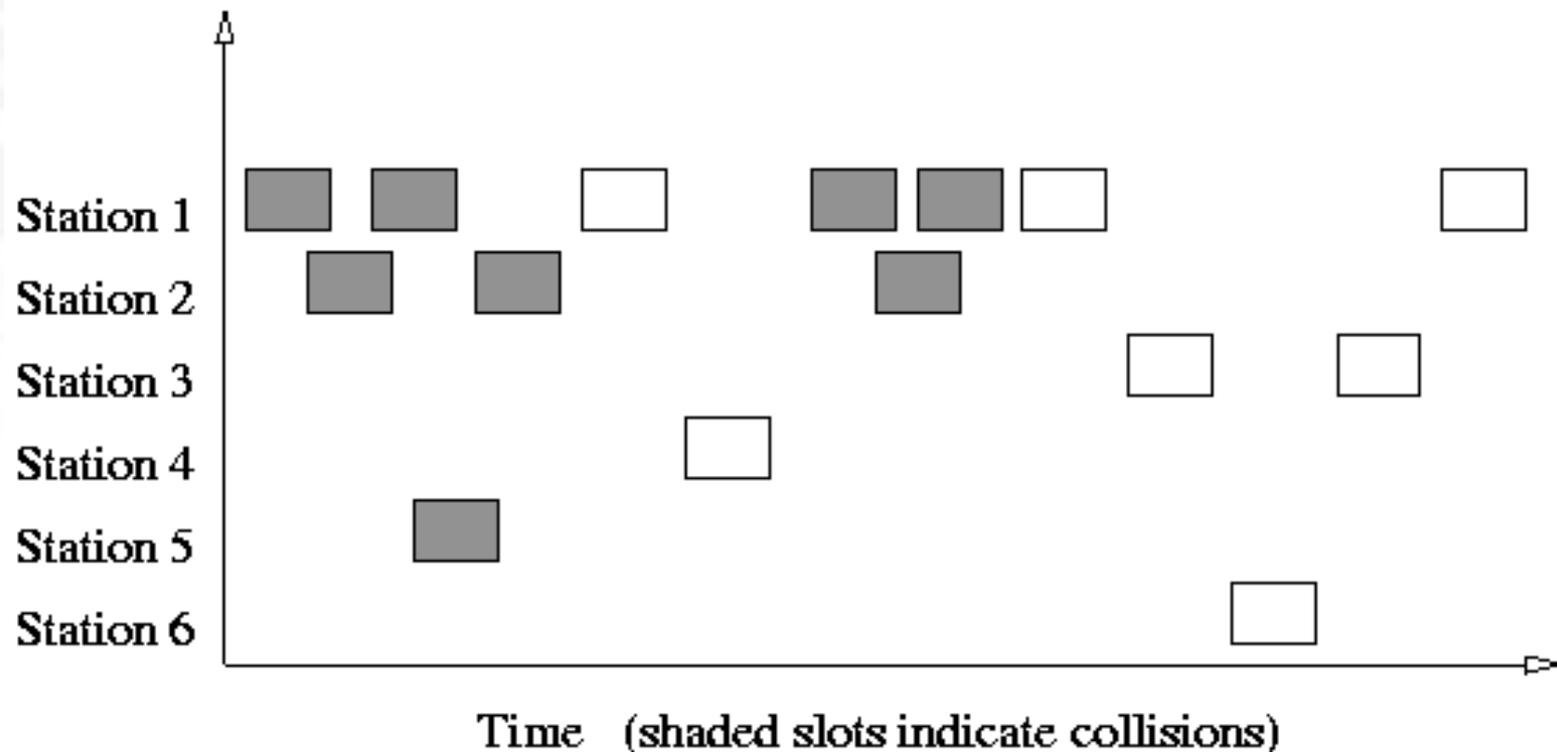
Aloha (Pure Aloha)

- Dois canais de frequência de rádio:
 - f_1 : difusão de mensagens de C para T;
 - f_2 : difusão de mensagens de T para C.
- Todos os terminais transmitem através do canal f_2 , resultando em problemas de contenção (cenário similar ao das LANs).
- Quando um terminal tem um quadro para transmitir, ele o transmite independentemente do canal estar sendo utilizado ou não.
 - \Rightarrow alta probabilidade de colisão.

Aloha (Pure Aloha)



Aloha (Pure Aloha)



Aloha (Pure Aloha)

- O transmissor dispara um temporizador no início da transmissão;
- Se um ack não chegar durante esse tempo, ele retransmite o quadro.
- O receptor (C) detecta que um quadro colidiu pela análise do seu CRC.

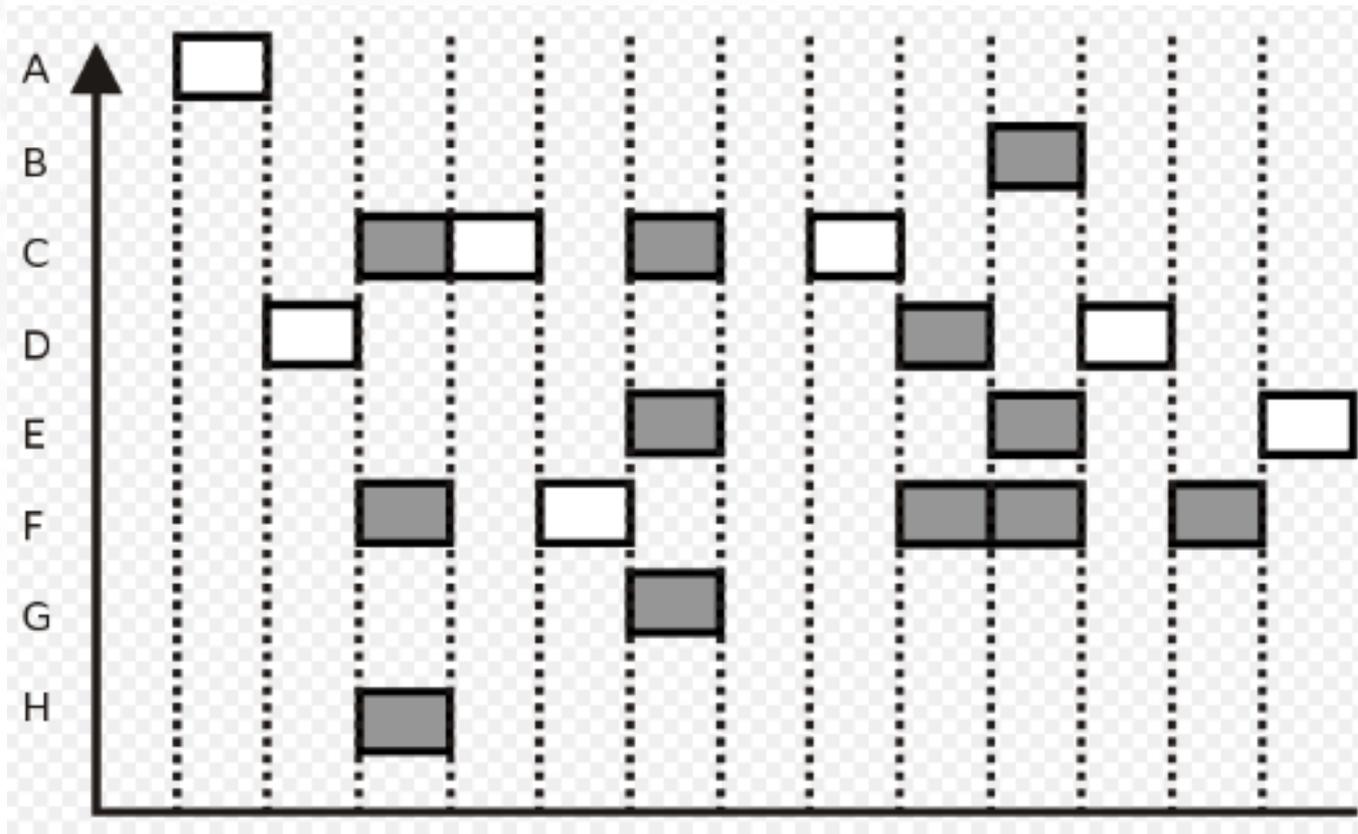
Aloha (Pure Aloha)

- É uma técnica muito ineficiente já que muita informação inútil (quadros colididos) ocupa o canal durante muito tempo.
- A capacidade máxima de utilização do canal no Aloha puro é de 18%.
- Uma solução é sobrepor ao máximo os quadros colididos de modo que a informação inútil seja a menor possível.
- Essa é a base do método *Slotted Aloha*.

Slotted-Aloha

- Reduz o problema de colisão do *Pure Aloha*.
- O tempo é dividido pelo sistema central em intervalos (*slots*) do mesmo tamanho.
- Cada terminal só pode começar a transmitir no início de cada intervalo.
- Quando os terminais decidem transmitir eles são sincronizados de modo que o tempo desperdiçado seja reduzido.
- A eficiência é dobrada: a taxa de utilização é aumentada de 18 para 37%.

Slotted-Aloha (cont.)



Slotted-Aloha (cont.)

- O maior problema do esquema é que ele impõe um retardo no início da transmissão, pois a estação tem que primeiro esperar pelo início do próximo *slot*, mesmo que o canal esteja disponível.
- Outras características:
 - Esquema simples de implementar (baixo custo).
 - Não existe prioridade de acesso nem garantia de retardo máximo de transferência.
- Adequado para aplicações onde o tráfego na rede é pequeno e onde a prioridade e o tempo de resposta não são importantes.

Observação

- Tanto o *Aloha* como o *Slotted-Aloha* não tiram vantagem de uma das propriedades mais importantes das redes locais e de pacotes:
 - “o tempo de propagação entre estações é usualmente muito pequeno comparado ao tempo de transmissão do quadro ($T_{prop} \ll T_{frame}$)”.
- Se T_{prop} é grande comparado a T_{frame} , após uma estação lançar um quadro decorrerá um longo intervalo de tempo até que as outras estações tenham ciência disso.
- Durante esse tempo, uma das estações pode querer enviar um quadro, causando colisão.

Observação

- Se T_{prop} é pequeno comparado a T_{frame} , quando uma estação lança um quadro as outras estações têm ciência disso quase que imediatamente.
- Assim, se as estações ficassem monitorando (“escutando”) o meio de transmissão, as colisões seriam raras pois bastaria não transmitir se ele estivesse ocupado.

CSMA - Carrier Sense Multiple Access

- Os protocolos ditos “*carrier sense (CSMA)*” são aqueles em que as estações procuram detectar uma portadora do sinal e agir de acordo com o estado do meio.
- No CSMA, a estação ouve o meio antes de transmitir para saber se alguma transmissão está em curso.

CSMA - Carrier Sense Multiple Access (cont.)

- Se ninguém controla o meio a estação transmite; caso contrário, ela espera por um período de tempo e tenta novamente.
- Uma colisão só ocorre se dois nós tentam transmitir aproximadamente no mesmo instante de tempo.

Estratégias do CSMA

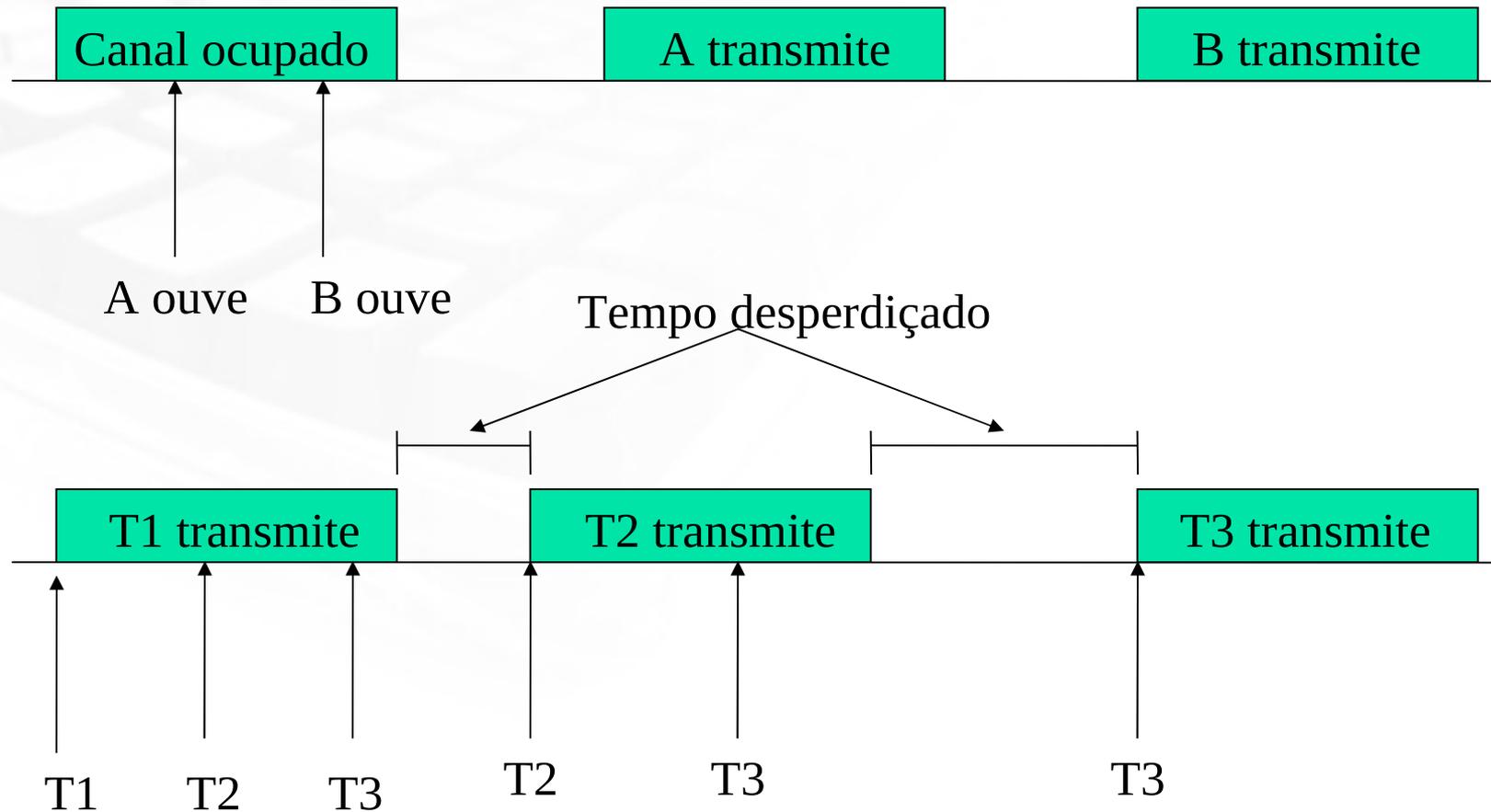
- Estratégias para quando o meio estiver ocupado:
 - Algoritmo não persistente (np-CSMA)
 - Algoritmo persistente (p-CSMA)
- Em ambas as estratégias, as estações, após transmitirem, esperam pelo *ack* por um tempo determinado.
- É levado em conta o retardo de propagação de ida e volta mais o fato de que a estação que enviará o *ack* também disputará o direito de acesso ao meio.

np-CSMA

Algoritmo:

1. Se o meio estiver livre, transmita; caso contrário, vá para o passo 2.
2. Se o meio estiver ocupado, espere um período de tempo aleatório e repita o passo 1.

np-CSMA



np-CSMA

- O uso de um tempo aleatório de espera reduz a probabilidade de colisão.
- Problema do uso de um tempo aleatório:
 - As estações com dados para transmitir podem ficar esperando mesmo se o meio fica livre com o fim de uma transmissão (desperdício de tempo).

p-CSMA

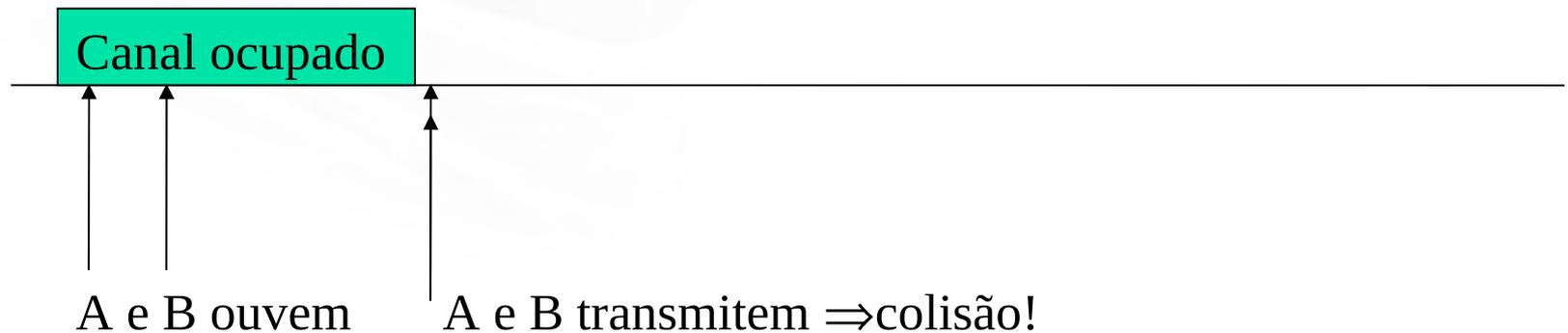
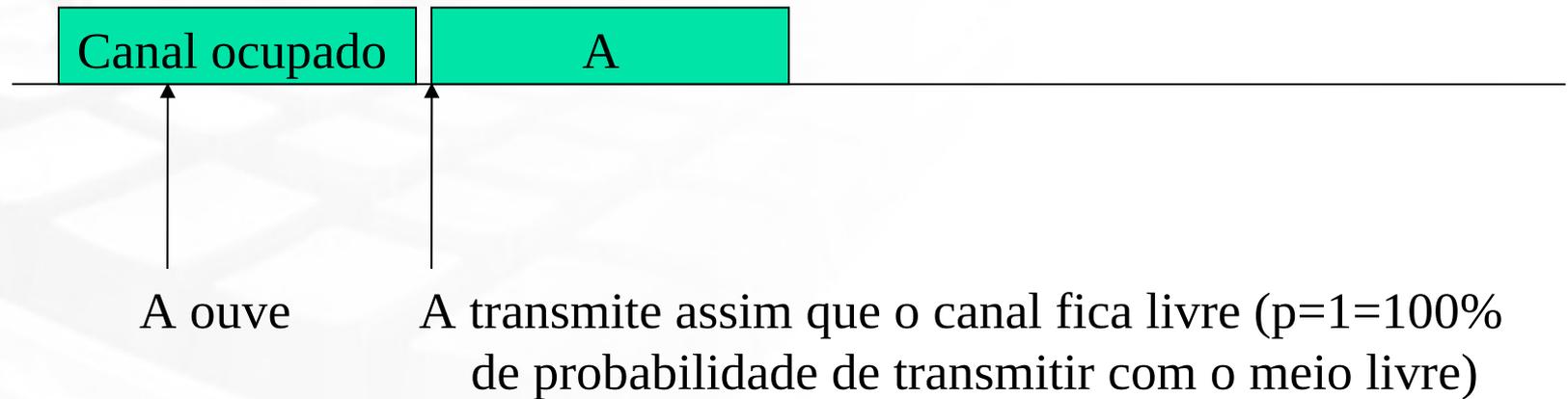
- Existem duas variantes:
 - 1-persistente;
 - p-persistente.
- Na variante *1-persistente* o desperdício de tempo é totalmente eliminado.
- A estação transmite imediatamente ao ficar o meio livre.
- Neste caso, uma colisão ocorrerá com certeza caso duas estações queiram transmitir.

CSMA 1-persistente

Algoritmo:

1. Se o meio estiver livre, transmita; caso contrário vá para o passo 2.
2. Se o meio estiver ocupado, continue a escutar até que o canal esteja livre; então, transmita imediatamente.

CSMA 1-persistente



CSMA p-persistente

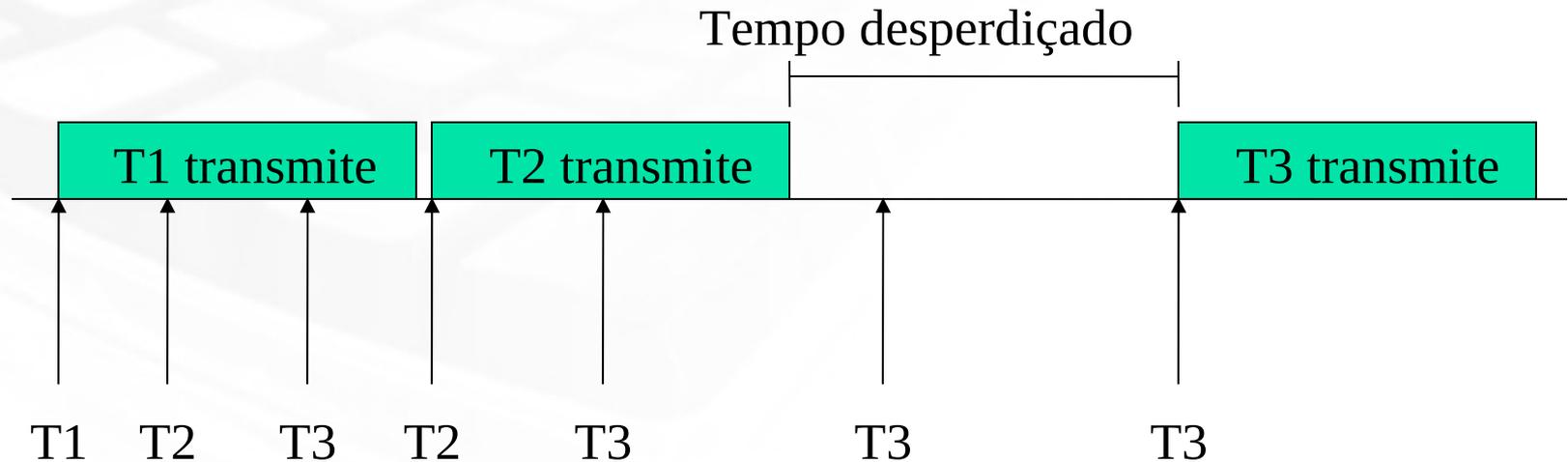
- É uma solução de compromisso, que reduz as colisões, como o não-persistente, e o tempo desperdiçado, como o 1-persistente.

CSMA p-persistente

Algoritmo:

1. Se o meio estiver livre:
 - Transmita com uma probabilidade p (isto quer dizer que o fato do meio estar livre não implica necessariamente na autorização de acesso ao meio);
OU
 - Aguarde um período de tempo fixo com probabilidade $1-p$ (o período de tempo de espera é tipicamente igual ao retardo máximo de propagação).
1. Se o meio estiver ocupado:
 - Continue a ouvir até que o canal esteja livre e, então, repita o passo 1.

CSMA p-persistente



Qual é o melhor valor para p ?

- O principal objetivo é evitar instabilidade da rede sob cargas altas.
- Como exemplo, considere que n estações tenham dados para transmitir enquanto que uma transmissão está ocorrendo.
- No final da transmissão, o número esperado de estações que desejam transmitir é igual ao n° de estações prontas para a transmissão vezes a probabilidade de transmissão ($n * p$).
- Se $(n * p) > 1 \Rightarrow$ múltiplas estações desejam transmitir \Rightarrow colisão!

Qual é o melhor valor para p ?

- Pior, logo que elas detectarem a colisão elas tentarão novamente, garantindo novas colisões.
- Pior ainda, esses *retries* irão competir com novas transmissões, aumentando ainda mais a probabilidade de colisão.
- Eventualmente, todas as estações tentarão transmitir, causando colisões contínuas, com o *throughput* caindo a zero (colapso total).
- Para evitar essa situação catastrófica, $n \cdot p$ deve ser menor que 1 para um esperado número máximo n de estações.

Qual é o melhor valor para p ? (cont.)

- Assim, se uma carga alta é esperada com regularidade, p deve ser pequeno.
- Observe, entretanto, que se p é pequeno as estações esperarão muito tempo para tentar a transmissão, aumentando o tempo desperdiçado. Para cargas baixas, isso pode resultar em longos retardos e, conseqüentemente, ineficiência.
- Por exemplo, considere que $p=10\%$ e uma situação de baixa carga, com apenas uma estação desejando transmitir. Nesse caso, a estação esperará, em média, nove unidades de tempo antes de tentar transmitir.

Observações:

- Em tráfego baixo, as estratégias CSMA permitem uma utilização da ordem de 85%.
- A prioridade de acesso não existe.
- É impossível garantir um retardo máximo de transferência.
- Para tráfego pesado, ambas as técnicas são ineficientes (altas taxas de colisão ou grande retardo).

Resumindo ...

- Protocolos CSMA persistentes e não-persistentes são claramente uma melhoria com respeito ao ALOHA porque garantem que nenhuma estação começa a transmitir quando percebe que o canal está ocupado.

Entretanto ...

- Em ambas as técnicas Aloha e CSMA, o quadro continua sendo transmitido mesmo que já tenha colidido com um outro.
- Isso acontece porque a detecção de colisão nesses métodos só é realizada depois da transmissão.
- Isso também significa que o meio permanece ocupado enquanto perdura a transmissão de quadros colididos/danificados.

Entretanto ... (cont.)

- Nessa situação, para o envio de quadros de grande tamanho, ocorre um considerável desperdício da capacidade de transmissão.
- Este desperdício poderia ser reduzido se a estação continuasse a escutar o meio durante a transmissão. Nesse caso, uma colisão poderia ser detectada durante a transmissão do quadro.
- Idéia: continuar escutando o meio e parar de transmitir se uma colisão for detectada => base do CSMA/CD.