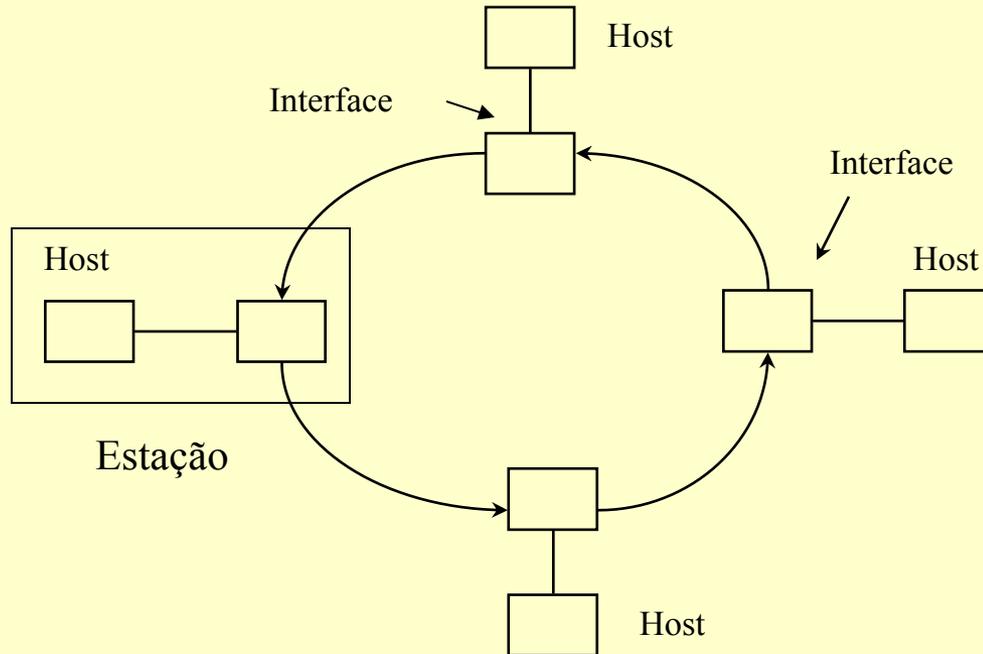


# Redes Locais: anel de fichas e sem fio

Prof. Dr. S. Motoyama

# Redes em Anéis

## Estrutura típica



- Cada interface está sempre ativa. Regenera os pacotes e identifica os endereços. Não armazena os pacotes como é feita em rede “store - forward”. Para a transmissão, os pacotes são armazenados.
- Somente um sentido de transmissão. O meio de transmissão é de alta capacidade e atrasos de propagação são pequenos.

# Redes em Anéis

## Tipos de Anéis

- Anéis com fichas (tokens)
- Anéis com janelas temporais (slotted channels)

## Anéis com fichas

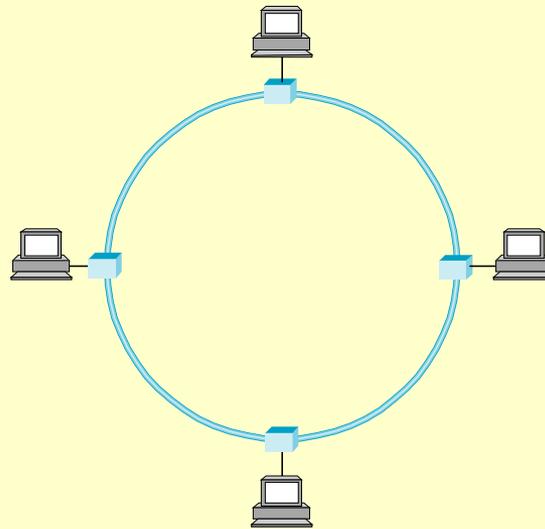
Uma ficha circula de interface para interface. Somente aquela interface que possui a ficha é permitida a transmissão.

## Anéis com janelas temporais

A transmissão é sincronizada; somente em determinados tempos ( janelas de tempo) As estações podem transmitir. Em cada janela de tempo existe um bit indicando o estado da janela de tempo (livre ou ocupado). As estações checam continuamente em cada janela esse bit e transmitem se estiver livre.

# Anel de ficha (Token Ring)

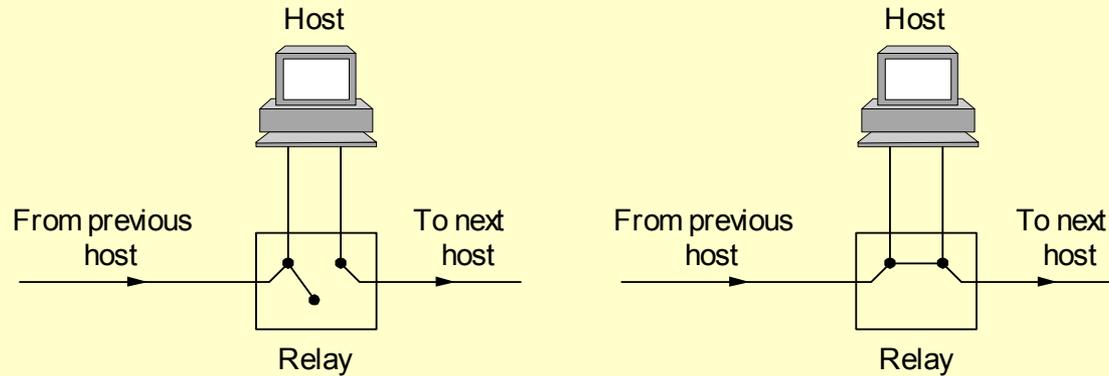
- Exemplos
  - 16Mbps IEEE 802.5 (baseado no anel IBM mais antigo)
  - 100Mbps Fiber Distributed Data Interface (FDDI)



# LAN Anel de ficha (Token ring) : conectividade física

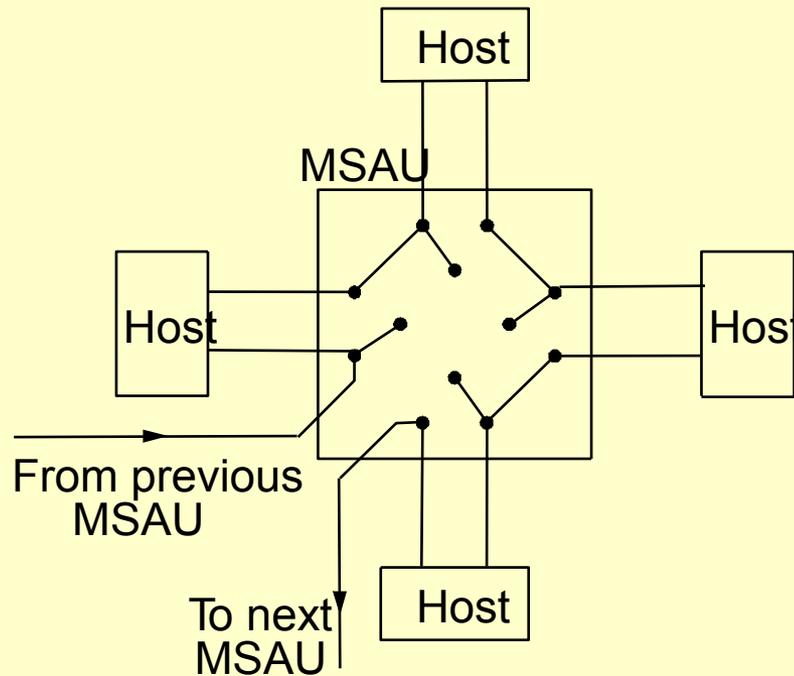
- Os hosts são conectados a uma unidade de acesso multi-estações (multi-station access unit, MSAU).
- Relés são instalados para “bypassar” o nó com defeito.
- IEEE 802.5 usa a codificação Manchester diferencial, uma variante de codificação Manchester.

# LAN Anel de ficha: conectividade física



(a) Operação em situação normal.

(b) Operação em situação de falha.



# LAN Token ring : protocolo MAC

- Os acessos múltiplos são controlados por um quadro especial de 24 bits denominado token.
- Para enviar um quadro,
  - Espere por um token livre: indicado por um bit no segundo byte do token.
  - Capture o token e envie os quadros, até o tempo de retenção do token (token holding time, THT=10 ms por default).
  - O emissor é responsável pela remoção dos quadros depois de circular o anel e voltarem ao emissor.

# LAN Token ring : protocolo MAC

- Token:



- Quadro de dados:



3 bits indicam  
prioridade

Identifica protocolo  
da camada mais alta

# LAN Token ring : protocolo MAC

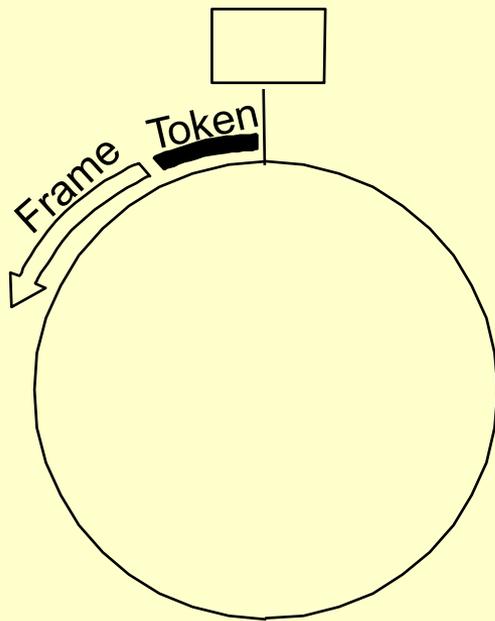
- Para receber um quadro,
  - Quando um quadro está passando por um host, será checado o endereço de destino no quadro.
  - Se o endereço de destino for broadcast, ou multicast ou unicast destinado ao host, será feita uma cópia do quadro.
  - Serviço de entrega confiável através dos bits A e C do campo “frame status”:
    - Quando um host vê um quadro destinado a ele, o host coloca o bit A de 0 para 1.
    - Depois de copiar o quadro com sucesso, o host coloca o bit C de 0 para 1.

# LAN Token ring : protocolo MAC

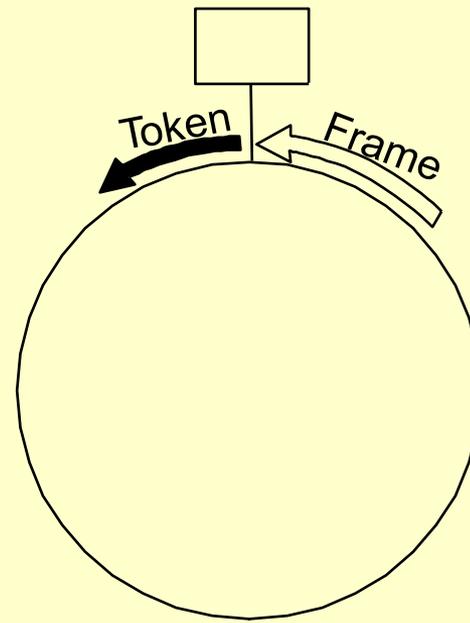
- Diferente de Ethernet, o anel de token permite 8 diferentes prioridades.
  - A prioridade de tokens é indicada por 3 bits no campo de controle de acesso do token.
  - Um host pode capturar um token livre de prioridade  $m$  para transmissão de quadros de prioridade  $n$  se e somente se  $n \geq m$ .
  - Um host X pode fazer a reserva de prioridade através dos 3 bits do campo de reserva do cabeçalho quando um quadro de dados está passando por ele. Essa reserva será feita somente no caso em que a prioridade a reservar for maior do que a atual.
  - Quando o emissor de quadro libera o token, a prioridade do token será feita igual ao valor do campo de reserva.

# LAN Token ring : protocolo MAC

- (a) Liberação de token logo após a transmissão do quadro (liberação antecipada).
- (b) Liberação de token após a recepção do quadro transmitido (liberação adiada).



(a)



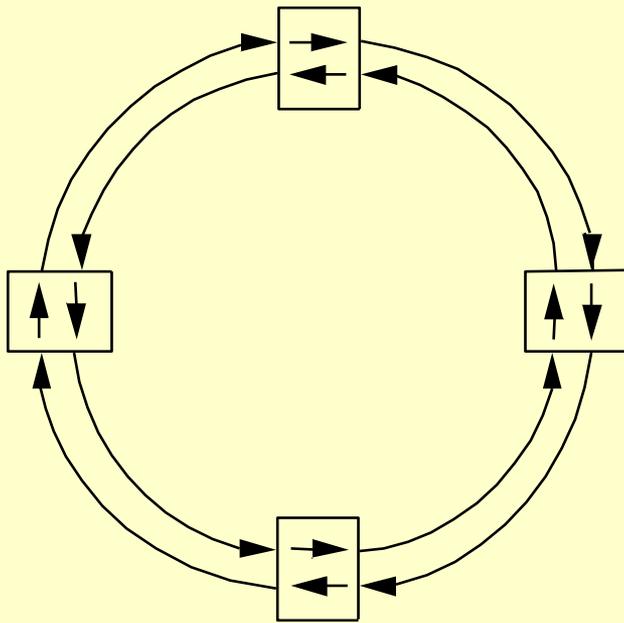
(b)

# LAN Token ring : manutenção do anel

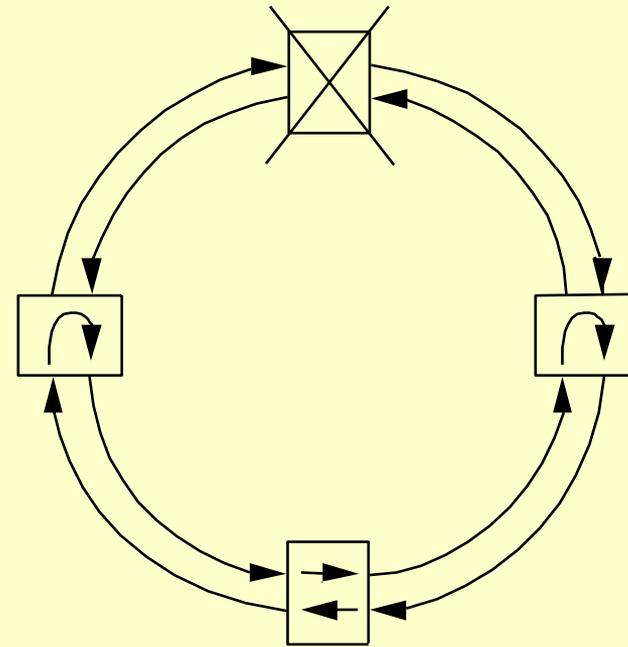
- Problemas possíveis:
  - Perda de token
  - Circulação contínua dos quadros corrompidos
  - Circulação contínua dos quadros órfãos (o emissor foi desativado antes de remover o quadro transmitido)
  - Detecção de hosts inativos
  - Inserção de bits (“capacidade de memória do anel” para operar token corretamente)
- Eleger uma estação monitora para tratar da maioria dos problemas do anel.

# Fiber Distributed Data Interface (FDDI)

- Conectividade física:
  - Uma arquitetura de anel dual a 100 Mbps
  - Usa a codificação 4B/5B
  - Fibra óptica (FDDI) ou cobre (CDDI)



(a)



(b)

# Enlaces sem Fio

- Enlaces sem fios trasmitem sinais eletromagnéticos
  - Radio, microondas, infra-vermelho
- Enlaces sem fios compartilham o mesmo meio (espaço)
  - O desafio é compartilhar eficientemente o meio sem interferência indesejada de um com o outro
- Uma frequencia particular em uma área geográfica particular pode ser alocada a uma entidade como uma corporação para uso exclusivo

# Enlaces sem Fio

- As alocações de frequências são determinadas por órgãos governamentais como Anatel no Brasil e FCC (Federal Communications Commission) nos EUA
- Faixas específicas (frequências) são alocadas para certos usos
  - Algumas faixas são reservadas para uso governamental
  - Outras faixas são reservadas para uso em radio AM, radio FM, televisões, comunicação por satélite e telefones celulares
  - Frequências específicas são alocadas às organizações particulares para uso dentro de áreas geográficas específicas
  - Finalmente, há várias faixas de frequências para uso sem necessidade de licença. Entretanto, são sujeitas a certas restrições
    - Primeira restrição,
      - São limitadas em potência de transmissão, que restringe o alcance do sinal para interferir o menos possível em outros sinais
      - Por exemplo, um telefone fixo sem fio está limitado a um alcance em torno de 30 metros

# Enlaces sem Fio

## Segunda restrição

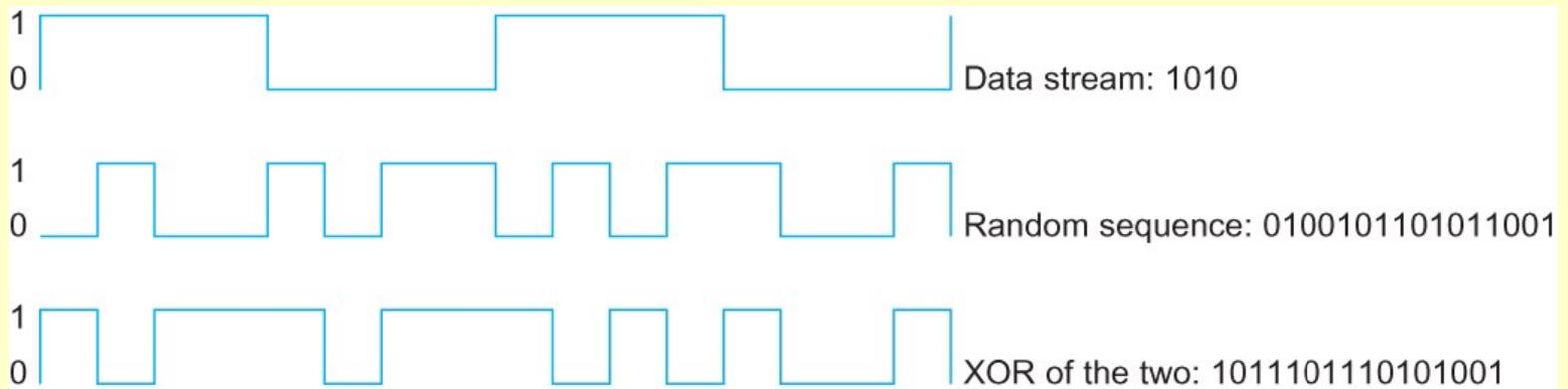
- Requer o uso da técnica Espalhamento de Espectro
  - A idéia é espalhar o sinal em uma larga faixa de frequencia
    - É para minimizar o impacto da interferencia de outros tipos de dispositivos
    - Projetado originalmente para aplicações militares
  - Salto de frequencias (Frequency hopping)
    - Transmissão de sinal em uma sequencia aleatória de frequencias
      - Primeira transmissão em uma frequencia, depois em uma segunda, depois em uma terceira...
      - A sequencia de frequencias não é, na realidade, aleatória mas gerada pelo algoritmo de números pseudoaleatórios
      - O receptor utiliza o mesmo algoritmo do transmissor, iniciando com a mesma semente, e é capaz de saltar frequencias em sincronismo com o transmissor para receber corretamente o quadro

# Enlaces sem Fio

- Uma segunda técnica de espalhamento de espectro é denominada Sequencia Direta
- Representa cada bit em um quadro por múltiplos bits no sinal transmitido
  - Para cada bit do transmissor
    - Envia o resultado de OR exclusivo (XOR) do bit com  $n$  bits aleatórios
  - A sequência de bits aleatórios é gerada por um gerador de números aleatórios conhecido tanto pelo transmissor como pelo receptor
  - Os valores transmitidos, conhecidos como sequência de fragmentação de  $n$  bits ( $n$ -bit chipping sequence), espalha o sinal através de uma faixa de frequência que é  $n$  vezes maior

# Enlaces sem Fio

Exemplo de sequência de fragmentação de 4 bits  
(4-bit chipping sequence)



# Enlaces sem Fio

- As tecnologias sem fio diferem de acordo com
  - A largura de banda que podem fornecer
  - A distancia dos nós que se comunicam
  
- Quatro principais tecnologias sem fio
  - Bluetooth
  - Wi-Fi (conhecido formalmente como 802.11)
  - WiMAX (802.16)
  - Celular – 3G, 4G, ...

# Enlaces sem Fio

Características das principais tecnologias sem fio

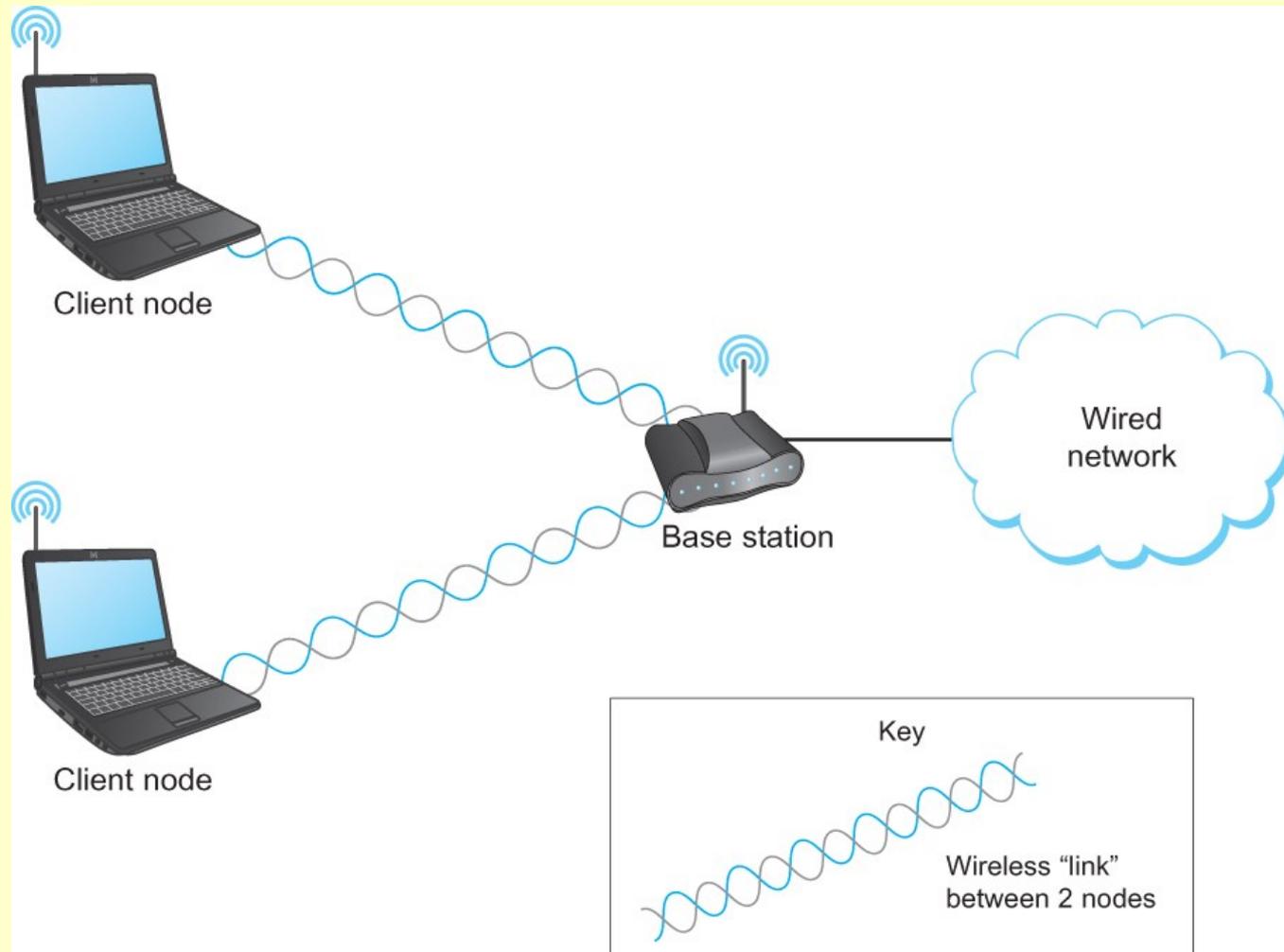
	<b>Bluetooth (802.15.1)</b>	<b>Wi-Fi (802.11)</b>	<b>3G Cellular</b>
Typical link length	10 m	100 m	Tens of kilometers
Typical data rate	2 Mbps (shared)	54 Mbps (shared)	Hundreds of kbps (per connection)
Typical use	Link a peripheral to a computer	Link a computer to a wired base	Link a mobile phone to a wired tower
Wired technology analogy	USB	Ethernet	DSL

# Wireless Links

- A maior parte dos enlaces sem fio atualmente utilizados são assimétricos
  - Dois pontos finais são geralmente diferentes tipos de nós
    - Um ponto final, em geral, não tem mobilidade, e está conectado por fio a Internet (conhecido como estação base – base station)
    - O nó na outra ponta do enlace é frequentemente móvel

# Enlaces sem Fio

Uma rede sem fio utilizando estação base

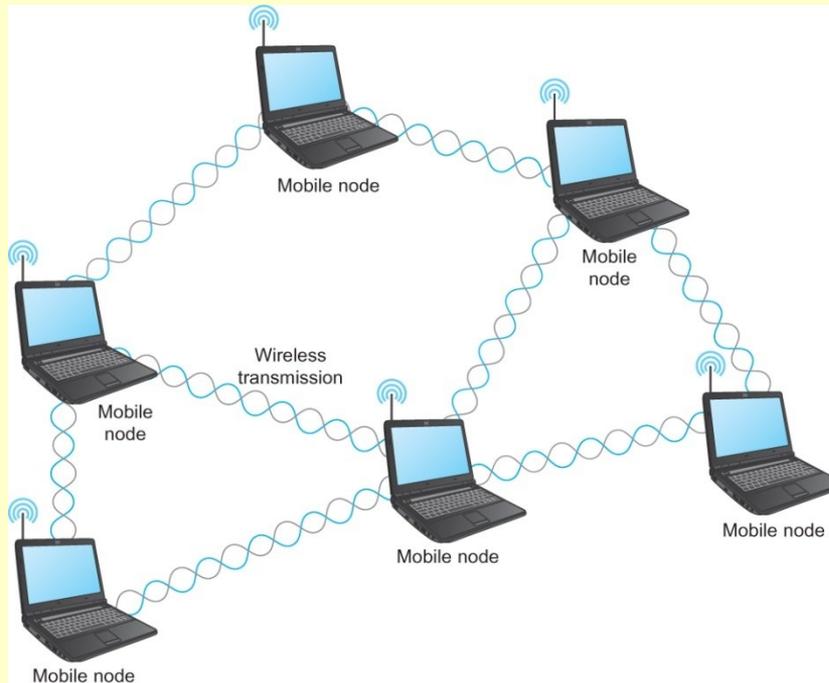


# Enlaces sem Fio

- Comunicação sem fio suporta a comunicação ponto-a-multiponto
- Comunicação entre nós (clientes) é encaminhado através da estação base
- Três níveis de mobilidade para os clientes
  - Sem mobilidade: o receptor deve estar em um local fixo para receber uma transmissão direcional do estação base (versão inicial do WiMAX)
  - Mobilidade está dentro do alcance de uma base (Bluetooth)
  - Mobilidade entre bases (Celular e Wi-Fi)

# Enlaces sem Fio

- Rede Ad-hoc ou entrelaçada
  - Comunicação entre nós vizinhos
  - Mensagens podem ser encaminhadas através de uma cadeia de nós vizinhos



Uma rede sem fio ad-hoc ou entrelaçada

# IEEE 802.11

- Também conhecido como Wi-Fi
- Como nas suas redes co-irmãs Ethernet e anel com ficha, o padrão 802.11 é projetado para uso em uma área geográfica limitada (lares, prédios de escritórios, campus universitário)
  - O desafio primário é mediar o acesso a um meio de comunicação compartilhado – neste caso, os sinais propagando através do espaço
- Além disso, 802.11 suporta
  - Gerenciamento de energia e
  - Mecanismos de segurança

# IEEE 802.11

- O padrão 802.11 original definiu duas radio-bases para camada física
  - Uma usando o salto de frequencia (frequency hopping)
    - Utilizando 79 frequencias, cada uma de largura de faixa de 1MHz
  - E outra usando sequencia direta
    - Utilizando uma sequencia de fragmentação de 11 bits
  - Ambos os padrões utilizam o espectro de 2.4-GHz e proporcionam uma taxa de até 2 Mbps
- Depois, o padrão 802.11b foi adicionado
  - Utilizando uma variante de sequencia direta 802.11b proporciona uma taxa de até 11 Mbps
  - Utiliza o espectro de 2.4-GHz que não necessita licença

# IEEE 802.11

- Depois veio 802.11a que tem uma taxa de até 54 Mbps utilizando OFDM (orthogonal frequency division multiplexing)
  - 802.11a utiliza o espectro 5-GHz que não necessita licença
- Em seguida veio o padrão 802.11g que tem compatibilidade com 802.11b
  - Utiliza o espectro de 2.4 GHz, OFDM e uma taxa de até 54 Mbps
- Mais recentemente apareceu 802.11n
  - Utiliza múltiplas antenas – conhecido também como MIMO (múltiplas entradas e múltiplas saídas)
  - Taxa de até 200 Mbps

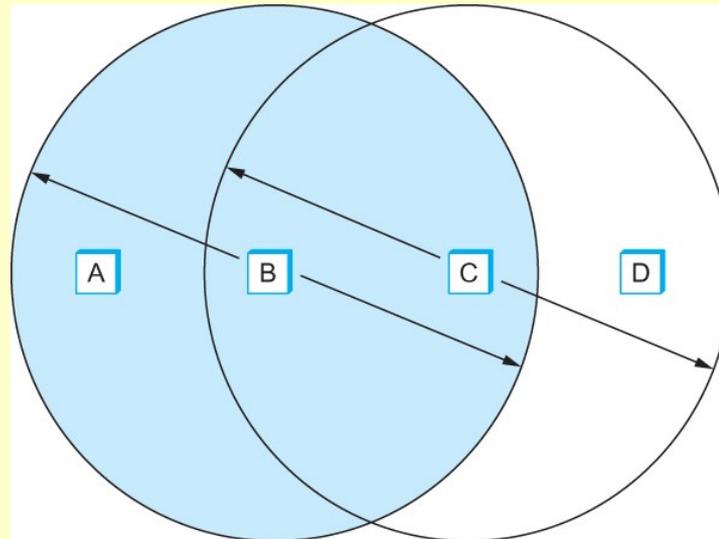
# IEEE 802.11 – Prevenção de Colisão (Collision Avoidance)

Suponha a seguinte situação:

Cada nó é capaz de enviar e receber somente dos nós vizinhos da esquerda ou da direita

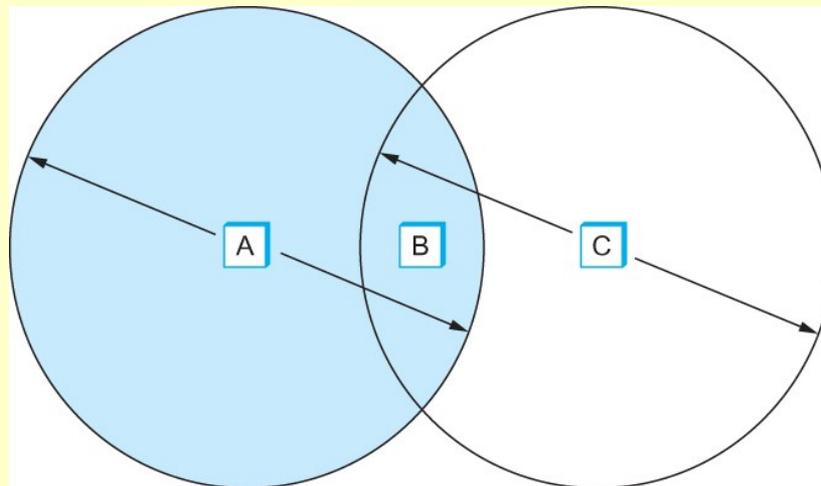
B pode trocar quadros com A e C, mas não pode alcançar D.

C pode trocar quadros com B e D, mas não pode alcançar A.



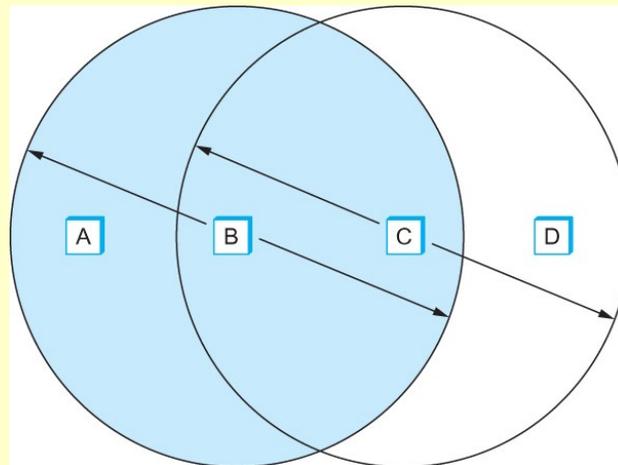
# IEEE 802.11 – Prevenção de Colisão

- Suponha que tanto A como C queiram se comunicar com B e cada um envia um quadro
  - A e C não estão cientes um do outro porque os seus sinais não alcançam um ao outro
  - Esses dois quadros colidem em B
    - Mas diferente de Ethernet, nem A nem C estão cientes dessa colisão
  - A e C são ditos nós escondidos (hidden nodes) com relação um ao outro



# IEEE 802.11 – Prevenção de Colisão

- Outro problema: nó exposto (exposed node)
  - Suponha que B está enviando a A. O nó C está ciente dessa comunicação porque ouve a transmissão de B.
  - Seria um erro para C concluir que não pode transmitir para qualquer um só porque pode ouvir a transmissão de B
  - Suponha que C queira transmitir para o nó D
  - Isso não é um problema uma vez que a transmissão de C para D não interferirá na recepção de A de B



# IEEE 802.11 – Prevenção de Colisão

- 802.11 resolve os dois problemas com um algoritmo chamado Múltiplo Acesso com Prevenção de Colisão - Multiple Access with Collision Avoidance (MACA).
- Principal idéia
  - Emissor e receptor trocam quadros de controle antes do emissor enviar dados
  - Essa troca informa a todos os nós na vizinhança que uma transmissão está para iniciar
  - Emissor transmite um quadro com pedido para enviar - *Request to Send (RTS)* para o receptor.
    - O quadro RTS inclui um campo que indica quanto tempo o emissor quer utilizar o meio
      - Indica o comprimento do quadro a ser transmitido
  - O receptor responde com um quadro *Clear to Send (CTS)*
    - Esse quadro repete o campo de comprimento de volta ao emissor

# IEEE 802.11 – Prevenção de Colisão

- Qualquer nó que vê o quadro CTS sabe que
  - Está perto do receptor, portanto
  - Não pode transmitir por um periodo de tempo que o quadro com o comprimento especificado levar para ser transmitido
- Qualquer nó que vê o quadro RTS mas não vê o quadro CTS
  - Não está perto o suficiente do receptor para interferir com ele, e
  - Está livre para transmitir

# IEEE 802.11 – Prevenção de Colisão

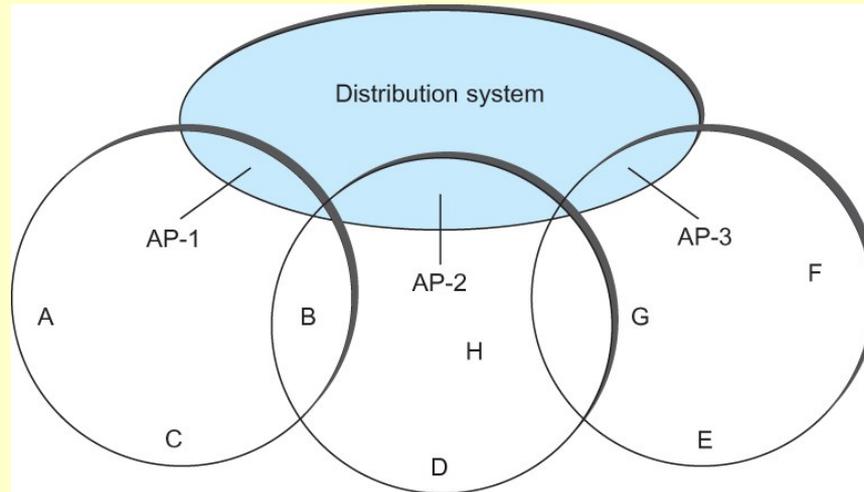
- Utilizando ACK em MACA
  - Proposto em MACAW: MACA para LANs sem fio
- Receptor envia um ACK ao emissor depois que recebeu um quadro com sucesso
- Todos os nós devem esperar por esse ACK antes de tentar transmitir
- Se dois ou mais nós detectam o enlace livre e tentam transmitir um RTS ao mesmo tempo
  - Seus quadros de RTS colidirão
- 802.11 não suporta a detecção de colisão
  - Os emissores saberão que aconteceu a colisão quando não recebem o quadro CTS depois de um certo tempo
  - Nesse caso, eles esperam por um tempo aleatório e tentam novamente
  - O tempo que um dado nó deve atrasar é definido pelo mesmo algoritmo de recuo exponencial (*exponential backoff*) usado em Ethernet.

# IEEE 802.11 – Sistema de Distribuição

- 802.11 é conveniente para uma configuração ad-hoc de nós que podem ou não ser capazes de comunicar com todos os outros nós
- Os nós são livres para se moverem
- Para tratar de mobilidade e conectividade parciais,
  - 802.11 define estruturas adicionais
  - Em vez de todos os nós serem iguais,
    - Alguns nós são permitidos ao roaming
    - Alguns são conectados à infraestrutura de rede com fio
      - Através de pontos de acesso - *Access Points* (AP) que são conectados a um sistema de distribuição

# IEEE 802.11 – Sistema de Distribuição

- O sistema de distribuição abaixo conecta os três pontos de acesso, cada um servindo os nós em uma região
- Cada uma dessas regiões é análoga a uma célula em telefonia celular e os APs tendo as mesmas funções de uma estação base
- A rede de distribuição roda na camada 2 da arquitetura ISO



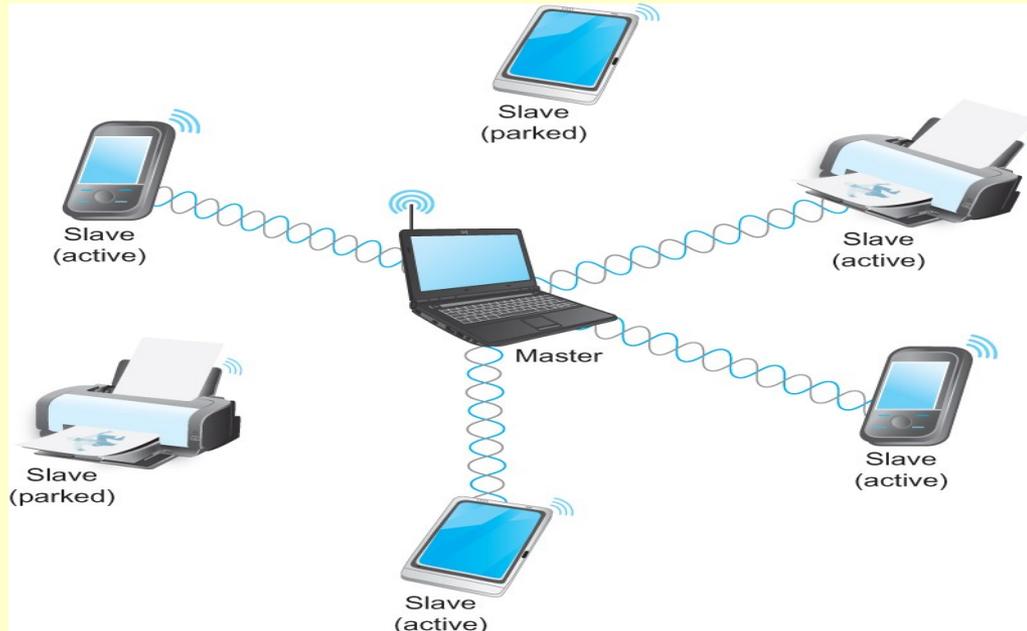
Pontos de Acesso conectados à rede de distribuição

# Bluetooth

- Utilizado para comunicação a distâncias bem curtas, entre telefones móveis, notebooks, e outros dispositivos pessoais e periféricos
- Opera no espectro de 2.45 GHz sem necessitar de licença
- Tem um alcance de apenas 10 m
- Os dispositivos de comunicação pertencem tipicamente a um indivíduo ou a um grupo
  - Algumas vezes são categorizados como rede de área pessoal - Personal Area Network (PAN)
- Versão 2.0 proporciona uma taxa de até 2.1 Mbps
- Consumo de energia é baixo

# Bluetooth

- A configuração de rede básica é chamada *piconet*
  - Consiste de um dispositivo mestre e até 7 dispositivos escravos
  - Toda comunicação é entre o mestre e o escravo
  - Os escravos não se comunicam diretamente um com o outro
  - O escravo pode estar estacionado (parked): colocado em um estado inativo de baixo consumo de energia



# Bluetooth

- Utiliza espalhamento de espectro do tipo salto de frequências com 79 canais (frequências), sendo cada frequência utilizada por 625  $\mu$ seg.
- Equivale a uma multiplexação síncrona TDM
- Um quadro pode ocupar 1, 3 ou 5 slots de tempo
- Apenas o mestre pode iniciar a transmissão em slots ímpares
- Um escravo pode iniciar a transmissão em slots pares mas somente em resposta a solicitação do mestre no slot anterior, evitando qualquer tipo de colisão

# ZigBee

- ZigBee é uma nova tecnologia que compete com Bluetooth
- Concebido pela Aliança ZigBee e padronizado como IEEE 802.15.4
- É projetado para situações onde requer baixa capacidade de taxa e o consumo de energia deve ser baixo para economizar a bateria
- Tem a finalidade de ser mais simples e mais barato que Bluetooth, possibilitando incorporar em dispositivos mais baratos como em um interruptor de parede que se comunica sem fio com um ventilador instalado em teto