

# Aula 10 – Redes Sem Fio: Enlaces, CDMA, WLAN, WPAN

Diego Passos

Universidade Federal Fluminense

Redes de Computadores II

# Na Última Aula...

- Conceitos Básicos de Redes Sem fio.
  - Hosts **sem fio**  $\neq$  **móveis**.
  - Estação base: interconecta **hosts**.
    - Define uma **área de cobertura**.
    - Também serve de *relay* com a infraestrutura cabeada.
  - Enlaces sem fio têm **grande variabilidade**.
  - Meio sem fio é **compartilhado**.
  - Redes sem fio podem ser **infraestruturadas ou *ad hoc***.
    - Ter ou não estação base.
- Camada física:
  - **Representação** da informação no meio.
    - Através de algum **parâmetro físico** alterável/mensurável.
  - **Transmissor** cria **símbolos**: altera estado do parâmetro físico.
  - **Receptor** mensura o parâmetro: interpreta o símbolo.
  - Símbolos codificam **um ou mais bits** e possuem certa **duração**.
    - **Taxa de transmissão** é função do # de **símbolos/bit** e sua **duração**.
    - Mas taxas maiores  $\Rightarrow$  maior probabilidade de erro.

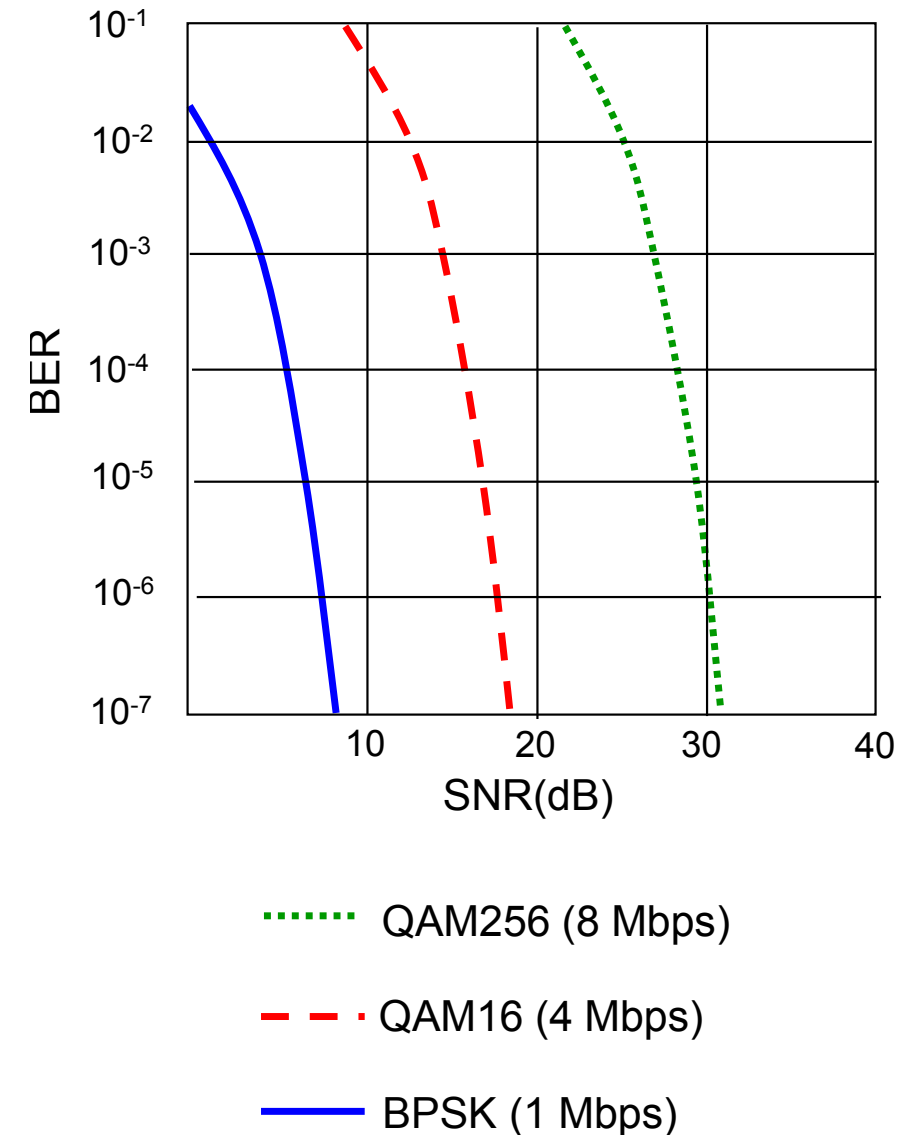
# Características dos Enlaces Sem Fio

# Características dos Enlaces Sem Fio (I)

- Diferenças importantes em relação a enlaces cabeados.
  - **Sinais recebidos com baixa potência:** sinal de rádio é atenuado a medida que se propaga.
  - **Interferência de outras fontes:** frequências padronizadas para uso de tecnologias sem fio (e.g., 2,4 GHz) compartilhadas com outros dispositivos (e.g., telefones sem fio).
    - Mesmo dispositivos que não são de comunicação podem gerar interferência (e.g., forno de micro-ondas).
  - **Ruídos:** fenômenos naturais no ambiente e na geração e captura do sinal criam ruídos. ▶
  - **Propagação por múltiplos percursos:** sinal de rádio é refletido (objetos, chão), chega ao destino múltiplas vezes.
    - Atrasos e tempos ligeiramente diferentes. ▶
- Tornam comunicação muito mais “difícil”.

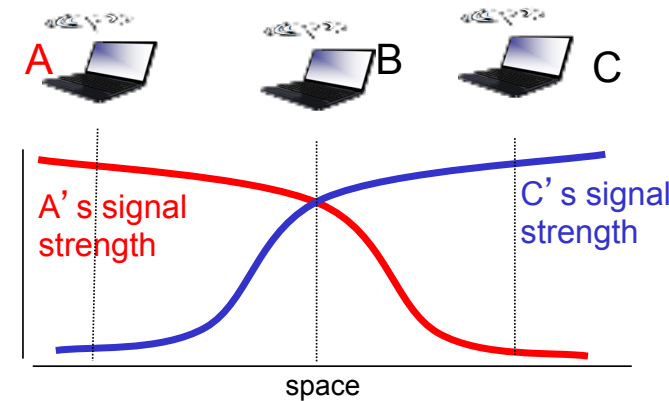
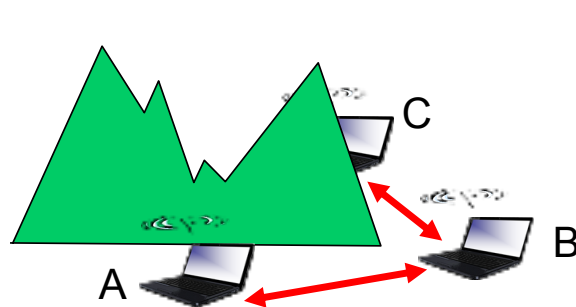
# Características dos Enlaces Sem Fio (II)

- SNR: relação sinal-ruído.
  - Quanto maior, mais fácil extrair sinal desejado.
  - Quanto menor, transmissão mais propensa a falhas.
- BER: taxa de erro de bits.
  - Fração de bits interpretados de forma errada pelo receptor.
- **Compromissos entre SNR e BER:**
  - Dada uma camada física (taxa), aumentar SNR  $\Rightarrow$  reduzir BER.
  - Dado um SNR, escolher camada física (taxa) para alcançar certo BER e maximizar vazão.
    - SNR pode variar dinamicamente (e.g., mobilidade).
    - Solução: adaptação automática da camada física.



# Características dos Enlaces Sem Fio (III)

- Múltiplos transmissores e receptores sem fio criam problemas adicionais.
  - Além dos de acesso múltiplo.



- **Problema do terminal escondido**

- B e A se ouvem.
- B e C se ouvem.
- A e C não se ouvem.
- A não está ciente de que interfere com C em B.

- **Atenuação do sinal:**

- Terminais escondidos podem ocorrer mesmo sem obstáculos.
- Rápida atenuação do sinal pode criar a situação.

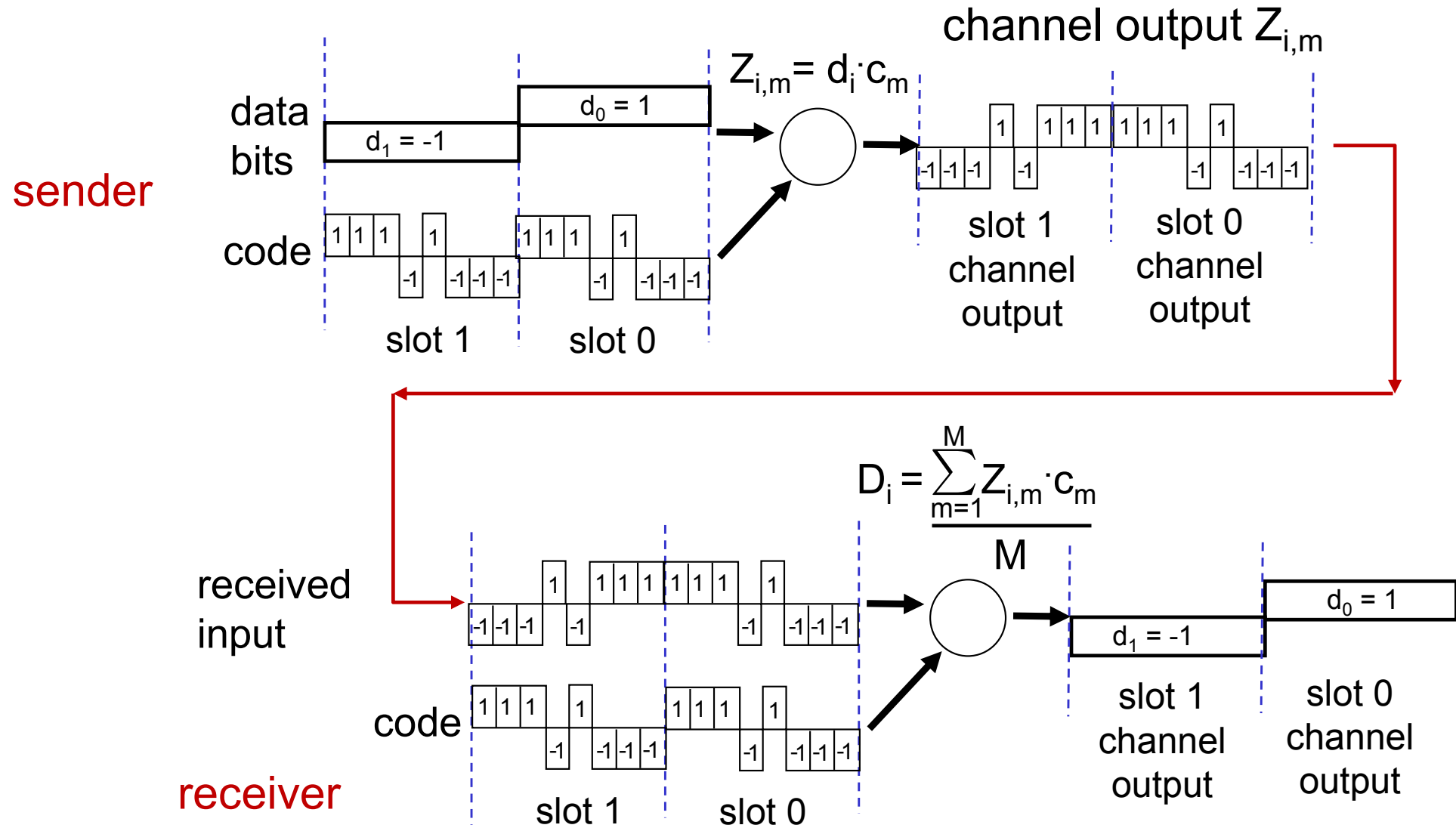
# CDMA

# Code Division Multiple Access (CDMA)

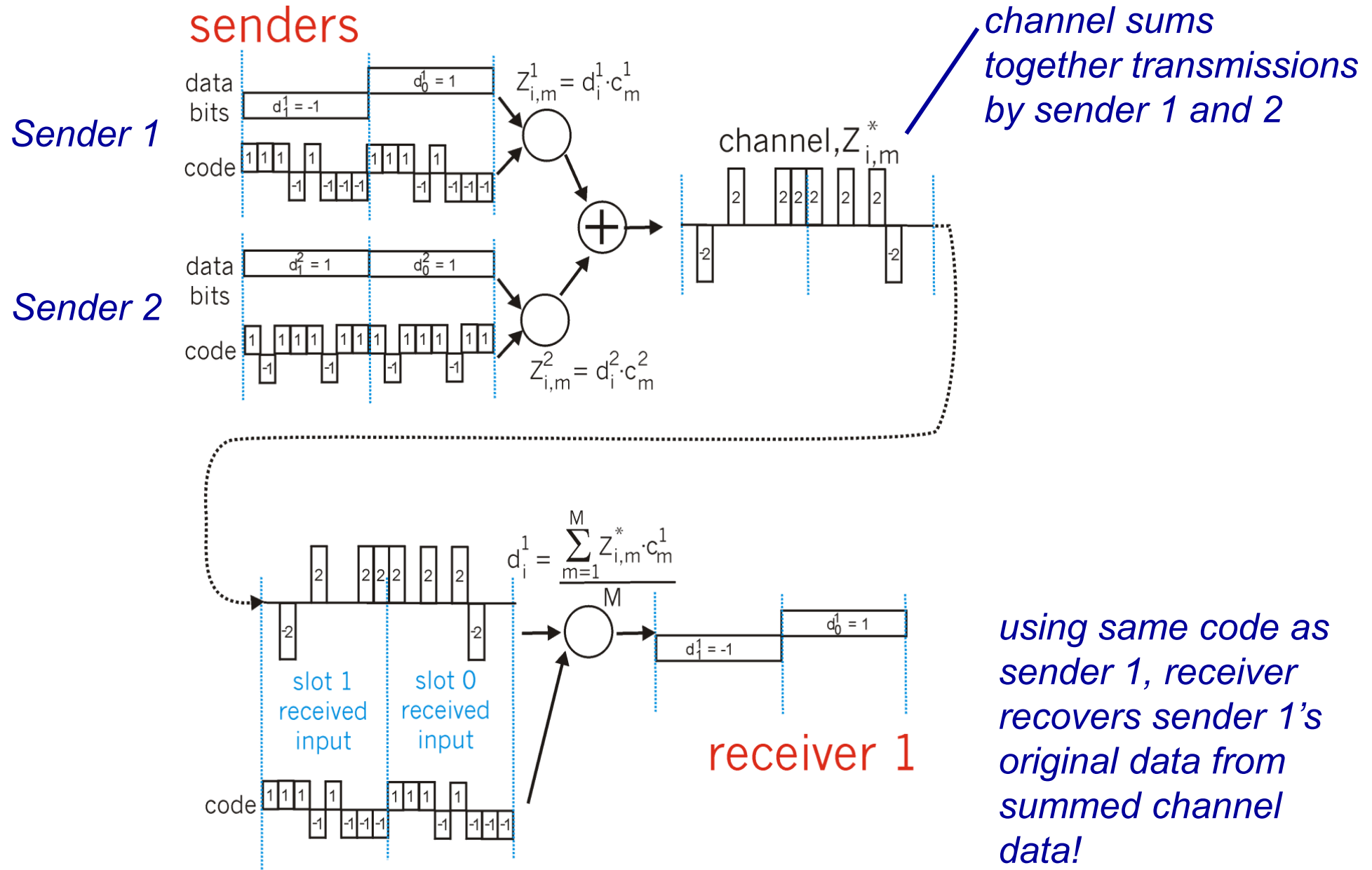
- Outra estratégia para permitir acesso múltiplo a canais de difusão.
  - Alternativa ao FDMA, TDMA, CSMA, ...
- “Código” único atribuído a cada usuário.
  - Todos os usuários compartilham a mesma frequência.
  - Mas cada um utiliza um código particular para codificar os dados.
  - Permite **coexistência** e **transmissões simultâneas** com interferência mínima.
    - Se os códigos são “ortogonais”.
  - **Sinal codificado** = (dado original) X (código).
  - **Decodificação**: produto interno entre código e sinal.



# CDMA: Codificação/Decodificação



# CDMA: Transmissores Interferentes



# Redes locais IEEE 802.11 (“Wi-Fi”) e Pessoais IEEE 802.15

# Redes Locais IEEE 802.11: Histórico

- **802.11b**

- Opera na faixa não licenciada de 2.4 GHz.
- Até 11 Mb/s.
- Camada física com DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*).
  - Similar ao CDMA, mas todos os nós usam o mesmo código.

- **802.11a**

- Faixa (não licenciada) de 5 GHz.
- Até 54 Mb/s.

- **802.11g**

- 2,4 GHz.
- Até 54 Mb/s.

- **802.11n**

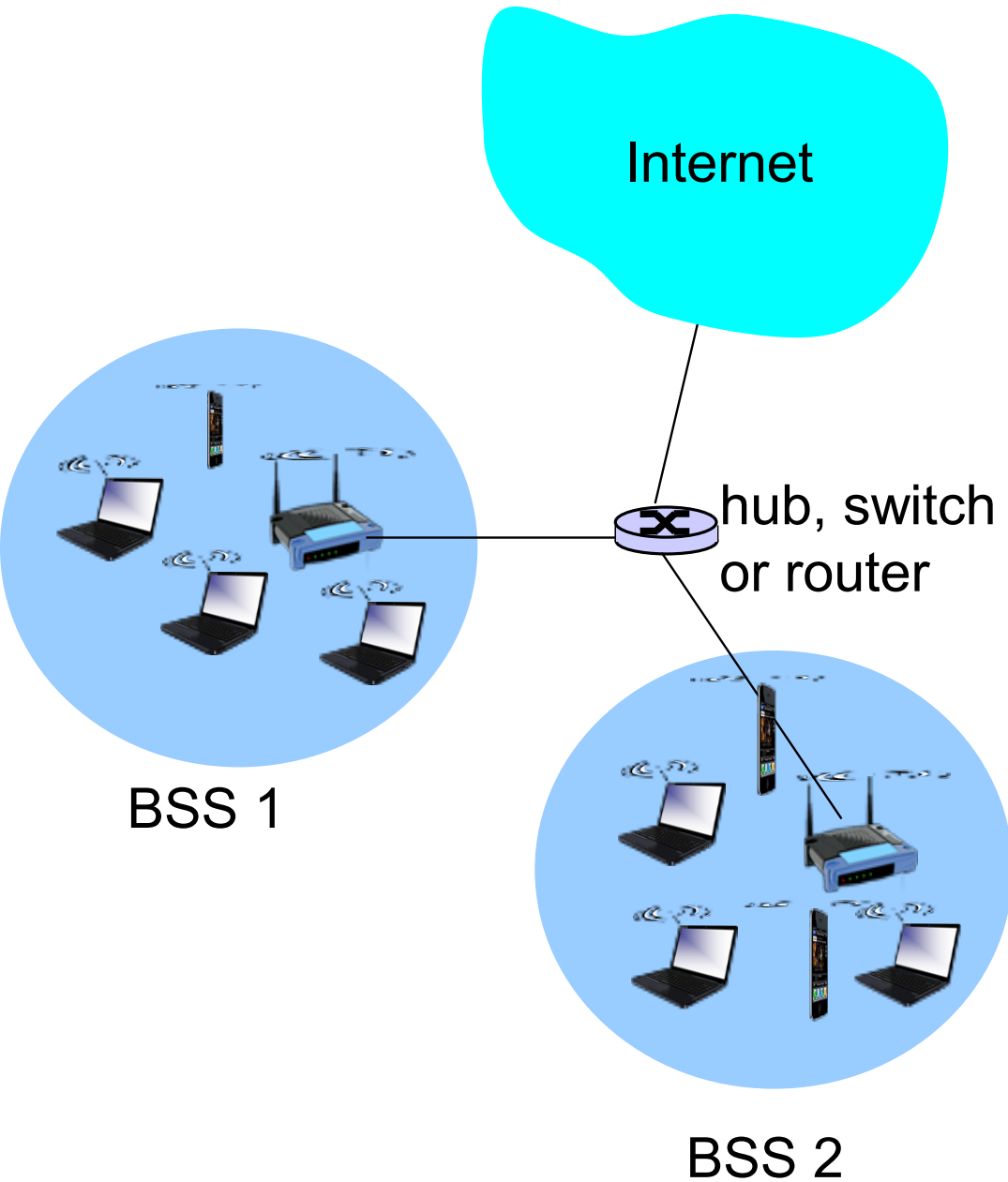
- 2,4 ou 5 GHz.
- Múltiplas antenas, maior largura de banda.
- Até 200 Mb/s.

- **802.11ac**

- Faixa (não licenciada) de 5 GHz.
- Largura de banda ainda maior.
- Até gigabits por segundo.

- Todas as emendas usam CSMA/CA para acesso múltiplo.
- Todas preveem modo infraestruturado e *ad hoc*.

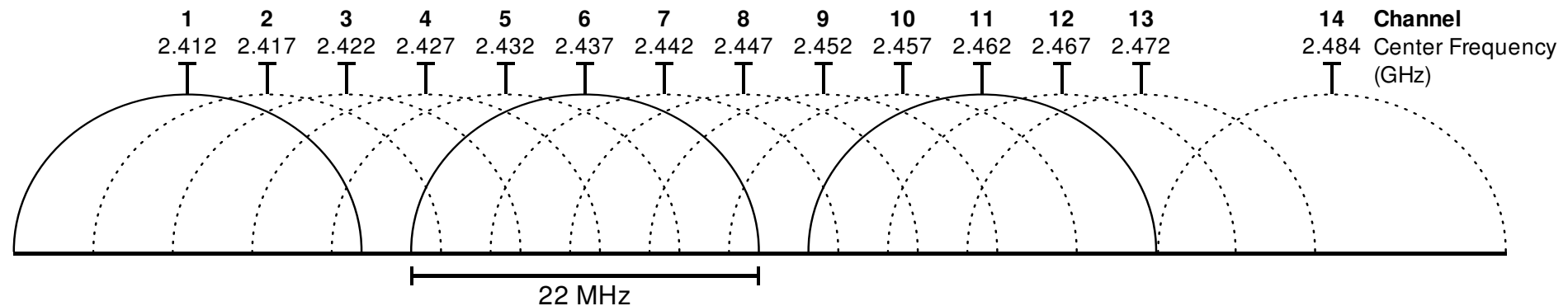
# Redes Locais IEEE 802.11: Arquitetura



- Host sem fio se comunica com estação base.
  - **Estação base = Ponto de Acesso (AP).**
- **Basic Service Set**
  - Ou “célula”
  - No modo infraestruturado contém:
    - Hosts sem fio.
    - Ponto de acesso.
  - No modo ad hoc:
    - Apenas hosts.

# Redes Locais IEEE 802.11: Canais

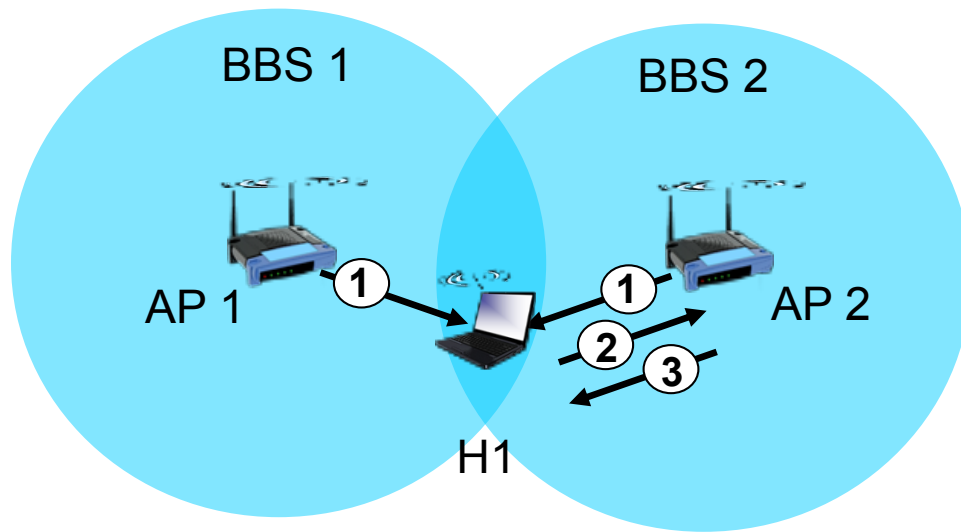
- 802.11b: espectro de 2,4 GHz até 2,485 GHz dividido em 11 canais em frequências diferentes.
  - Em algumas regiões, há mais canais (faixa é mais larga).
  - Canal escolhido pelo administrador.
    - Ou algoritmos automáticos.
  - Possibilidade de interferência: canal escolhido pode ser o mesmo da rede vizinha.
  - Além disso, nem todos os canais são **ortogonais**.



# Redes Locais IEEE 802.11: Associação

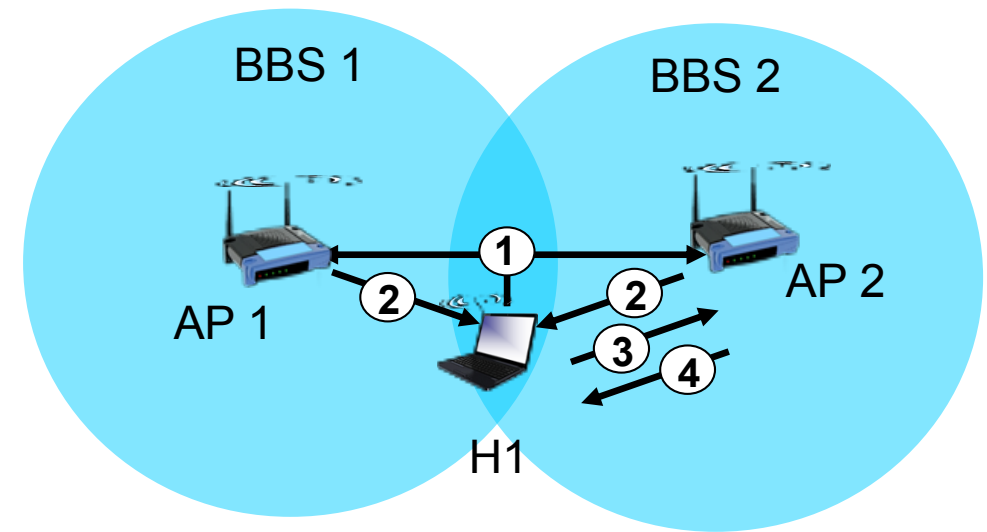
- Host precisa se **associar** com o AP.
  - Varre os canais procurando por quadros de *beacon*
    - Contêm informações básicas sobre o AP/rede: nome (SSID), MAC, ...
  - Seleciona um AP para se associar.
  - Pode realizar **autenticação** (Cap. 8).
  - Normalmente, executa DHCP para obter endereço IP na sub-rede do AP.

# Redes Locais IEEE 802.11: Varreduras Passiva e Ativa



- **Varredura Passiva:**

1. AP envia *beacon*.
2. Host envia quadro de *association request*.
3. AP responde com quadro de *association response*.



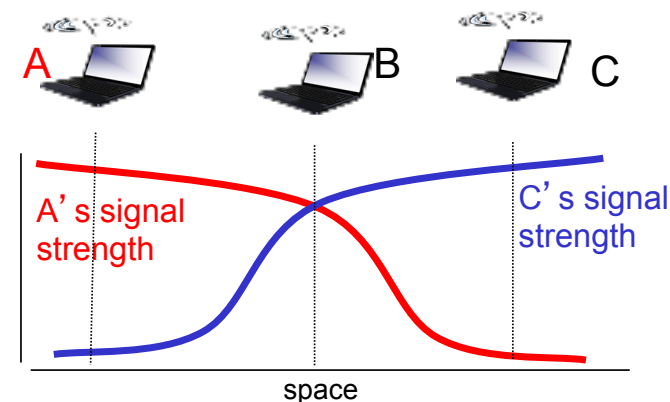
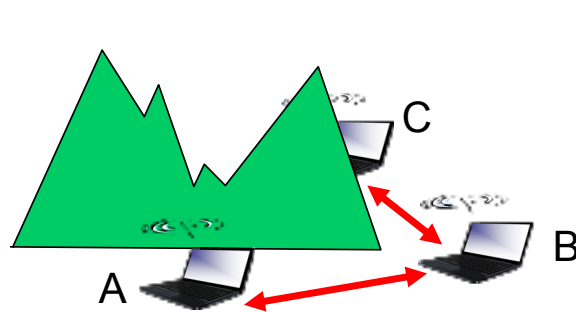
- **Varredura Ativa:**

1. Host envia quadro de *probe request*.
2. AP envia quadro de *probe response*.
3. Host envia quadro de *association request*.
4. AP responde com quadro de *association response*.



# Redes Locais IEEE 802.11: Acesso Múltiplo

- Evitar colisões: 2 ou mais nós transmitindo ao mesmo tempo.
- CSMA: ouvir antes de transmitir.
  - Não cause colisões com transmissões em andamento.
- Mas sem detecção de colisão.
  - Ao menos diretamente, como no Ethernet.
  - Dificuldade de recepção (para detectar colisões) enquanto se transmite.
    - Atenuação: sinal recebido é várias ordens de magnitude mais fraco que sinal transmitido.
  - Além disso, ainda há a possibilidade de não ouvir outras transmissões: terminais escondidos.
- Logo, o objetivo é **evitar colisões**: CSMA/CA (Collision Avoidance).



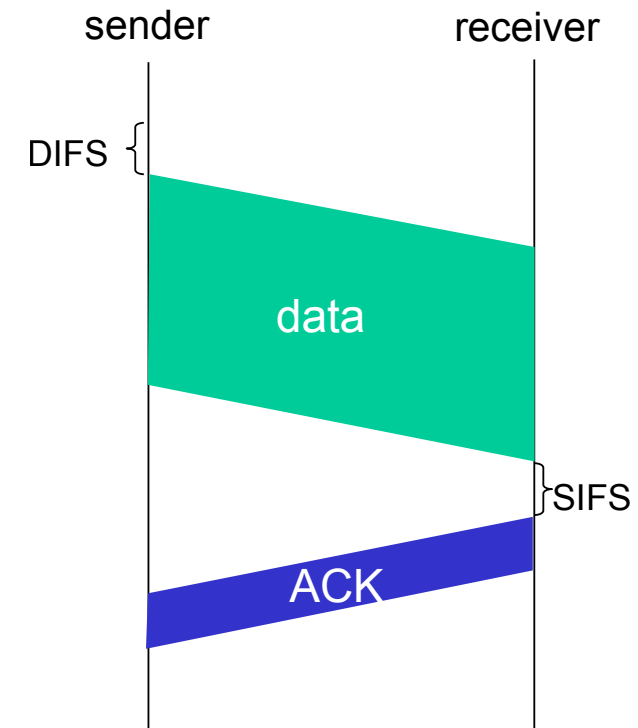
# Protocolo MAC do IEEE 802.11: CSMA/CA

## ● Transmissor:

1. Se o canal fica livre por **DIFS**, então
  - transmite quadro **inteiro** (sem detecção de colisão).
2. Caso contrário
  - Inicia *backoff* aleatório.
  - Temporizador decrementado enquanto **meio está livre**.
  - Transmite quando temporizador expira.
3. Se o ack não é recebido em um tempo determinado, então
  - Se o **limite de retransmissões** não foi excedido, aumenta *backoff* e volta para 2.
  - Caso contrário, pacote é descartado.

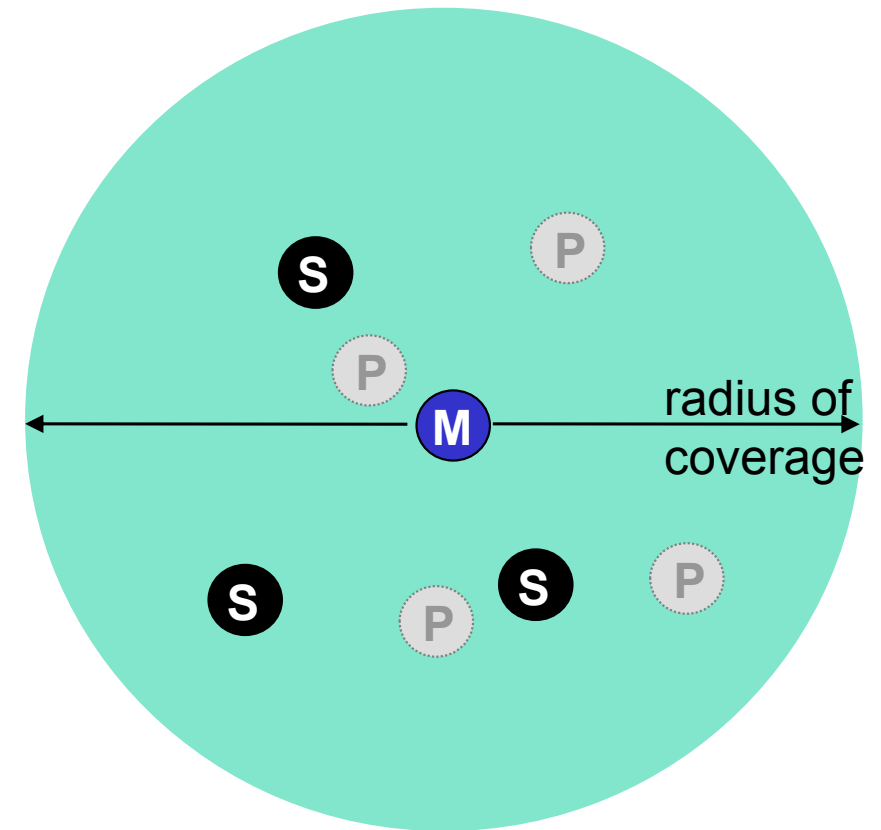
## ● Receptor:

1. Se quadro não está corrompido, então
  - Envie ack após **SIFS**.



# IEEE 802.15: Redes Pessoais

- Menos de 10 metros de alcance.
- Substitui cabos em periféricos.
  - Teclado, *mouse*, fones de ouvido.
- Arquitetura *ad hoc* (sem infraestrutura).
- Mestres/escravos:
  - Escravos pedem permissão para transmitir.
  - Mestre atende a pedidos.
- Evoluiu da especificação do Bluetooth.
  - Faixa de 2,4-2,5 GHz.
  - Até 721 kb/s.



- M** Master device
- S** Slave device
- P** Parked device (inactive)

# Resumo da Aula (I)...

- Enlaces sem fio: **mais propensos a erros**.
  - Sinais recebidos com **baixa potência**.
  - Altos níveis de **ruído, interferência**.
  - **Múltiplos percursos** de propagação.
  - Tudo isso colabora para queda no **SNR**.
    - Resulta em queda da **BER**.
    - Solução: adaptação automática entre **múltiplas taxas**.
  - Outros problemas: **terminais escondidos**.
- CDMA: outra técnica comum para **acesso múltiplo**.
  - Usuários **podem** transmitir ao mesmo tempo, na mesma frequência.
  - **Códigos ortogonais** garantem que não haverá colisão.

# Resumo da Aula (II)...

- IEEE 802.11: padrão para **redes locais sem fio** (WLANs).
  - Evolução através de **emendas**, taxas de transmissão mais altas.
  - **CSMA/CA** para acesso múltiplo.
    - Detecção de colisões é impossível.
    - Solução: **tentar ao máximo** evitá-las.
    - Utilizar *acks* para verificar se transmissão foi bem sucedida.
  - **Modos** infraestruturado e *ad hoc*.
  - Componentes da arquitetura:
    - **AP** = estação base.
    - **BSS** = área de cobertura do AP, célula.
  - Nem todos os canais são **ortogonais**.
  - **Associação**: entrada do host na rede.

# Leitura e Exercícios Sugeridos

- Características dos enlaces sem fio e CDMA.
  - Páginas 380 a 385 do Kurose (Seção 6.2).
  - Exercícios de fixação 3 e 4 do capítulo 6 do Kurose.
  - Problemas 1, 2 e 4 do Kurose.
- IEEE 802.11 e IEEE 802.15.
  - Páginas 385 a 399 do Kurose (Seção 6.3).
  - Exercícios de fixação 5 a 10 do capítulo 6 do Kurose.
  - Problemas 6 e 7 do Kurose.
- (Opcional) WiMAX.
  - Páginas 399 a 401 do Kurose (último tópico da Seção 6.3).

# Próxima Aula...

- Continuaremos discutindo as redes IEEE 802.11.
- Cobriremos mais alguns detalhes do padrão:
  - RTS/CTS.
  - Detecção de portadora virtual.
  - *Overheads*.
  - Mobilidade entre APs.
  - Economia de energia.
  - Redes densas.
  - ...