

Capítulo 6

Redes sem fio e redes móveis

Cap. 6: Redes sem fio e redes móveis

Informações gerais:

- ❖ No. de telefones celulares (móveis) excede atualmente o número de assinantes de telefones fixos (5-para-1)!
- ❖ No. de dispositivos sem fio conectados à Internet iguala o número de dispositivos conectados à Internet cabeada
 - laptops, telefones habilitados para a Internet prometem acesso à Internet a qq hora e lugar.
- ❖ dois desafios importantes (mas diferentes)
 - *sem fio*: comunicação usando enlaces sem fio
 - *mobilidade*: tratamento de usuários móveis que mudam seu ponto de ligação com a rede

Capítulo 6 roteiro

6.1 Introdução

Sem fio

6.2 Características de enlaces sem fio

CDMA

6.3 LANs sem fio IEEE 802.11 (“Wi-Fi”)

6.4 Acesso celular à Internet

- arquitetura
- padrões (ex.: GSM)

Mobilidade

6.5 Princípios: endereçamento e roteamento para usuários móveis

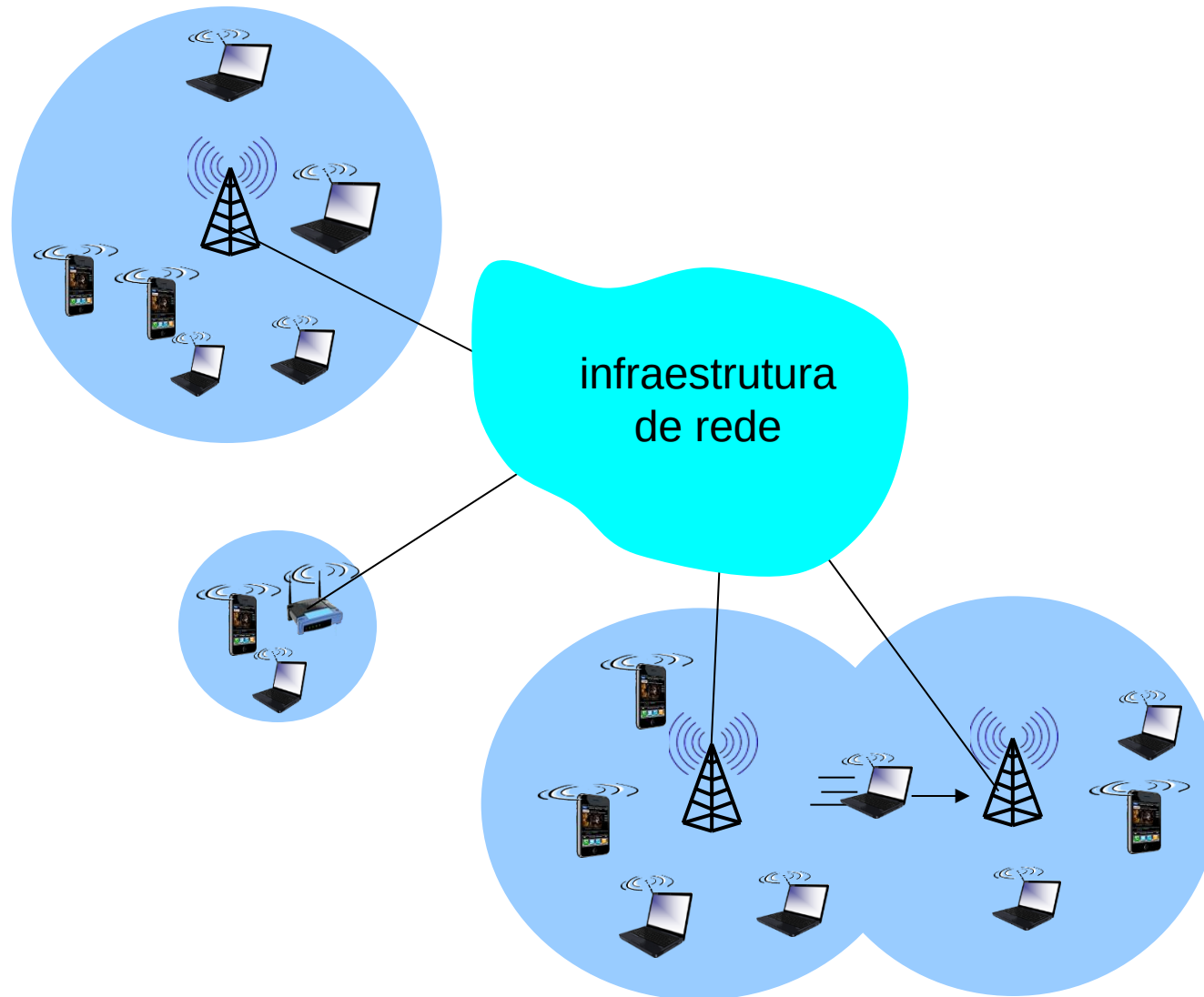
6.6 IP móvel

6.7 Tratando mobilidade em redes celulares

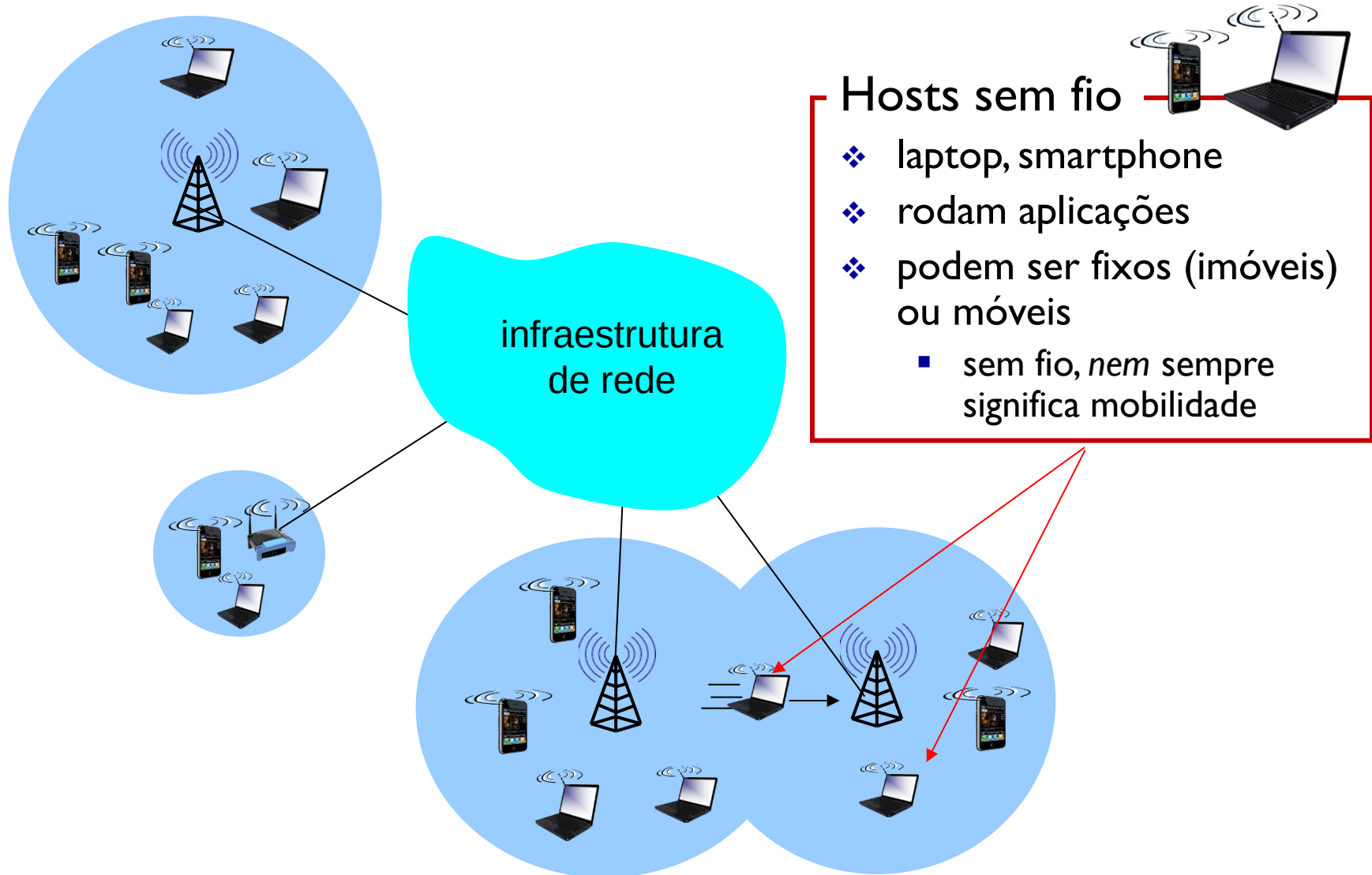
6.8 Mobilidade e protocolos de alto nível

6.9 Resumo

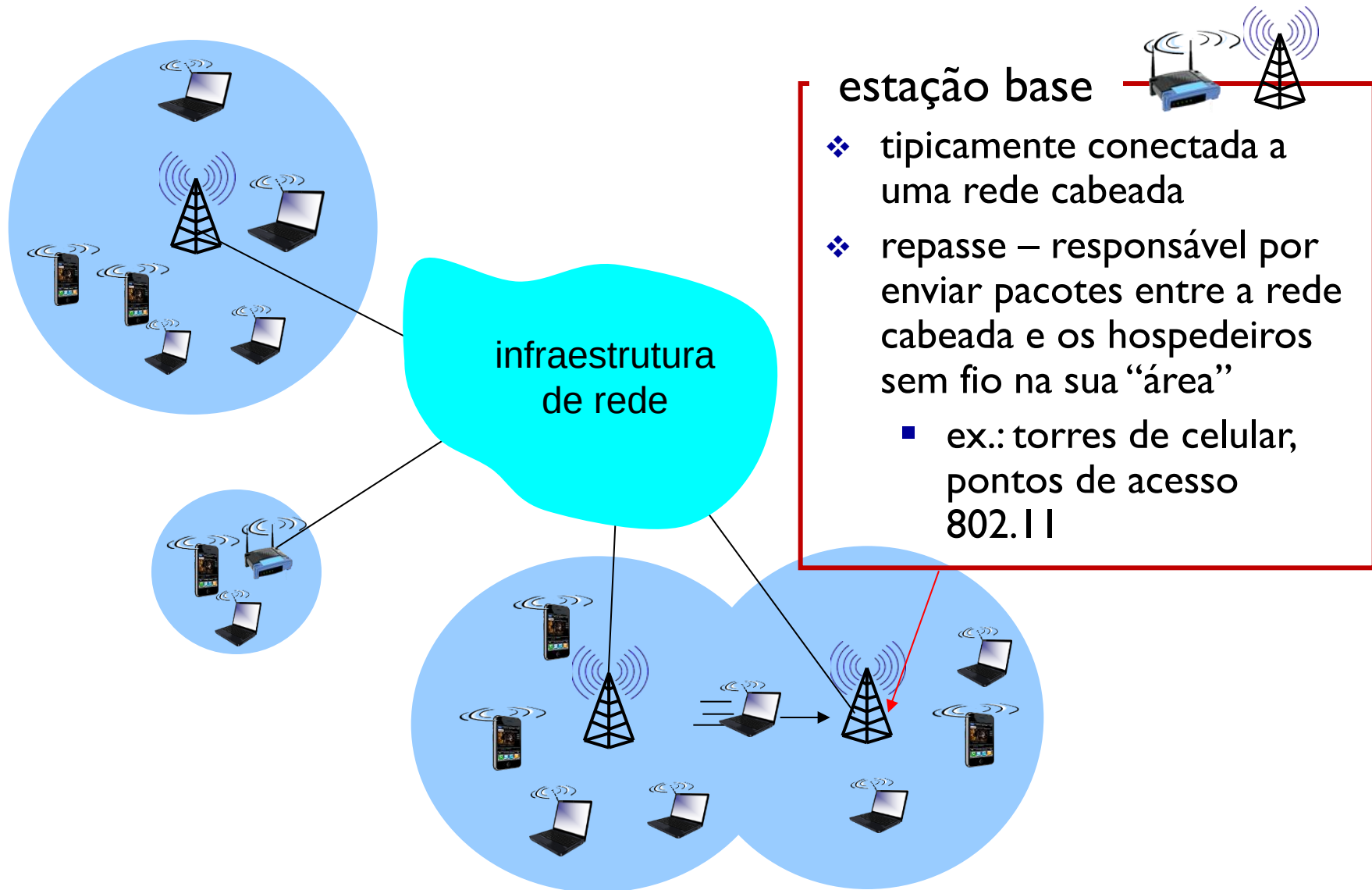
Elementos de uma rede sem fio



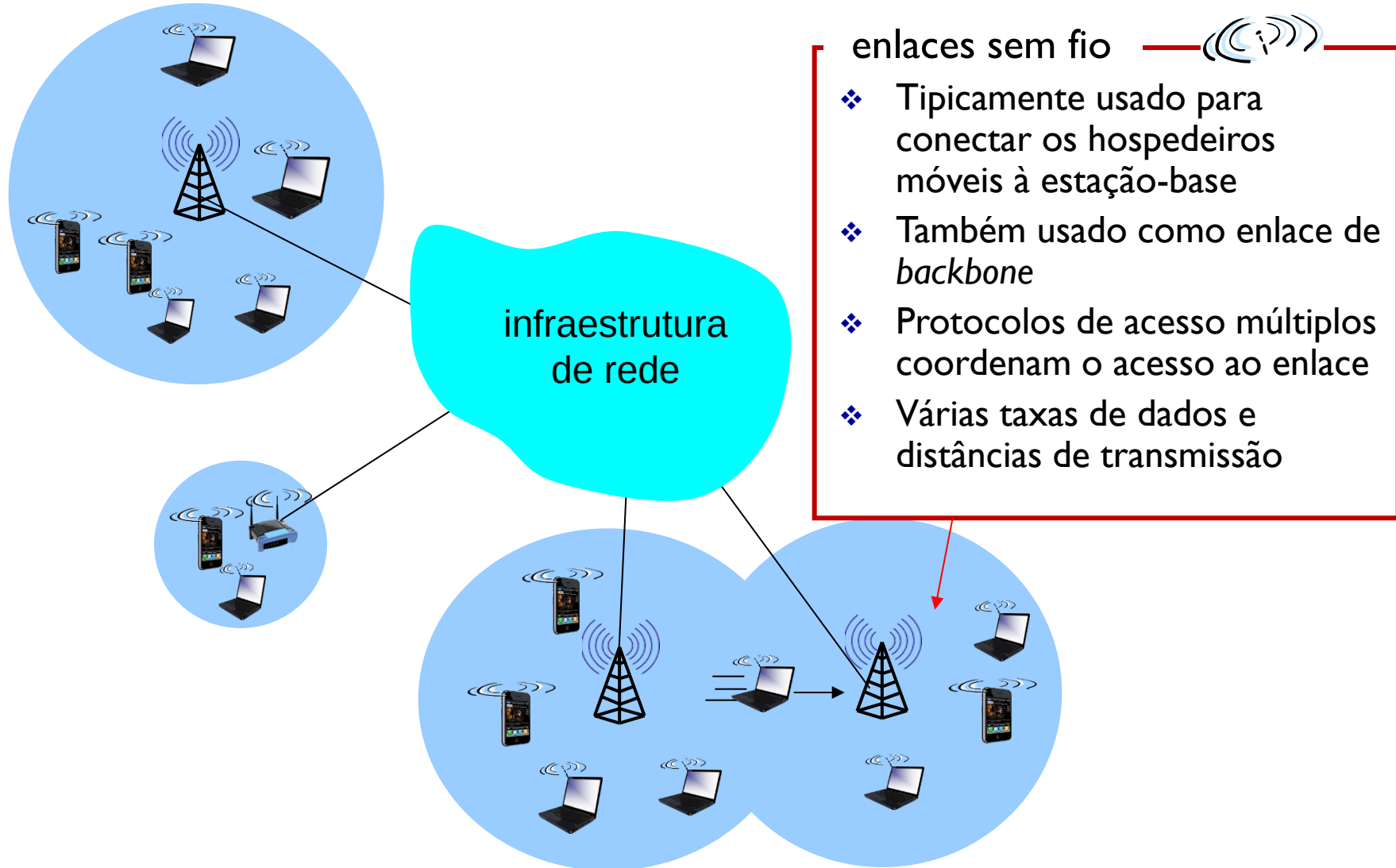
Elementos de uma rede sem fio



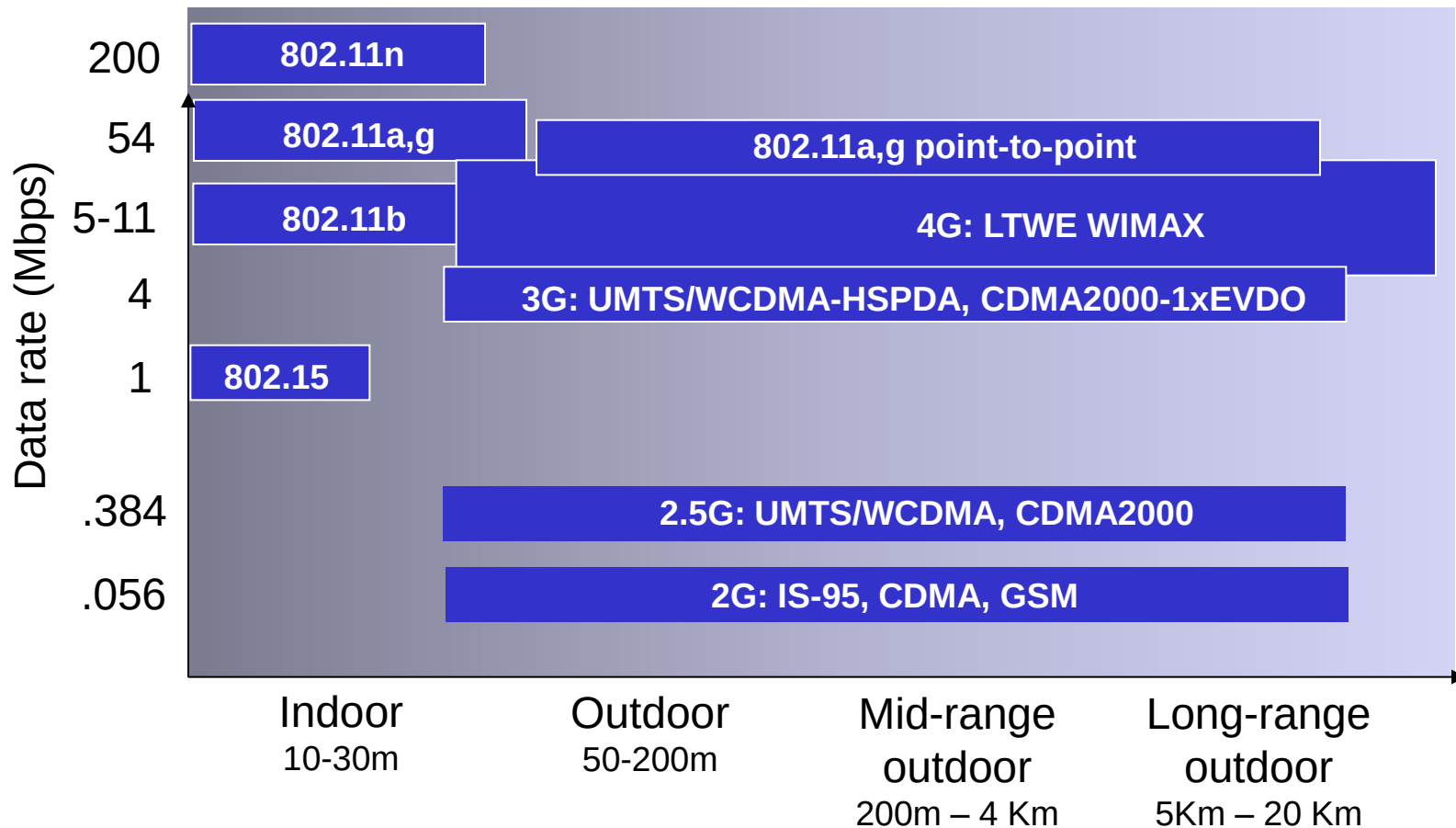
Elementos de uma rede sem fio



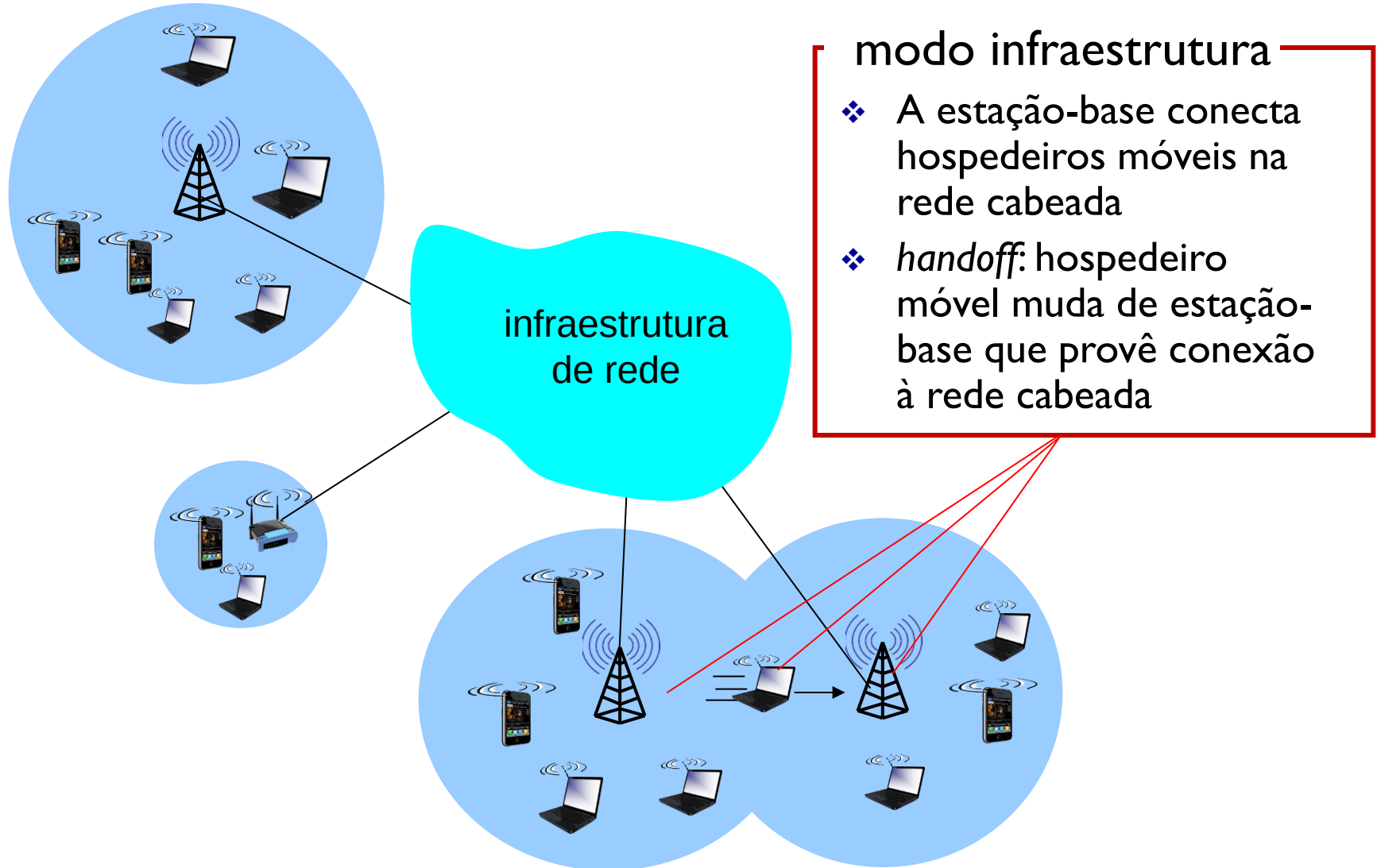
Elementos de uma rede sem fio



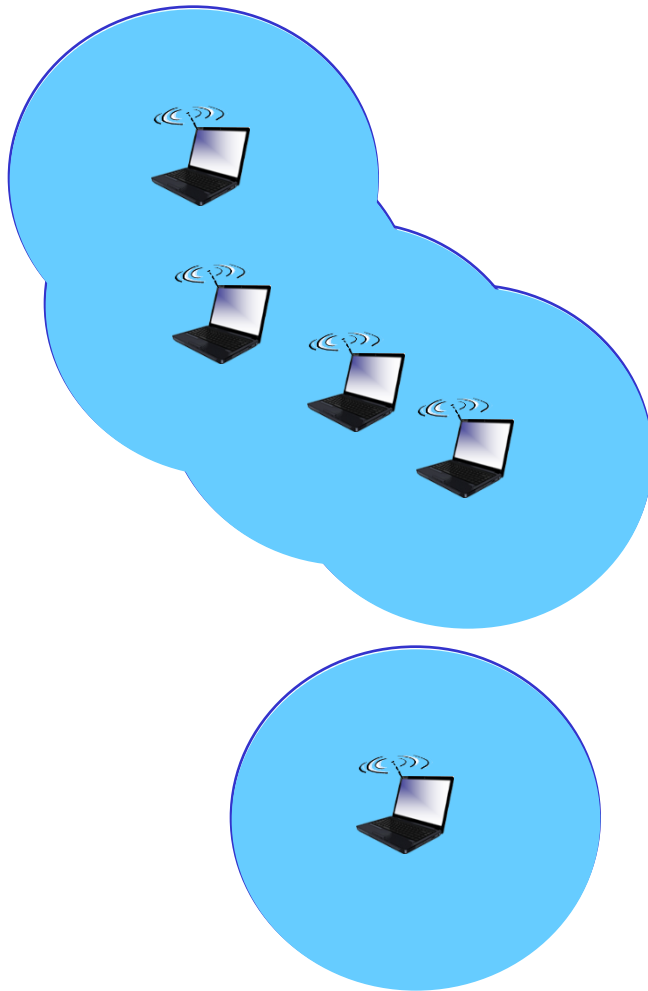
Características de enlaces sem fio



Elementos de uma rede sem fio



Elementos de uma rede sem fio



modo ad hoc

- ❖ Não há estações-base
- ❖ Nós podem transmitir somente para outros nós dentro do alcance do enlace
- ❖ Nós se organizam numa rede: roteiam entre eles próprios

Capítulo 6 roteiro

6.1 Introdução

Sem fio

6.2 Características de enlases sem fio

CDMA

6.3 LANs sem fio IEEE 802.11 (“Wi-Fi”)

6.4 Acesso celular à Internet

- arquitetura
- padrões (ex.: GSM)

Mobilidade

6.5 Princípios: endereçamento e roteamento para usuários móveis

6.6 IP móvel

6.7 Tratando mobilidade em redes celulares

6.8 Mobilidade e protocolos de alto nível

6.9 Resumo

Características de enlaces sem fio (I)

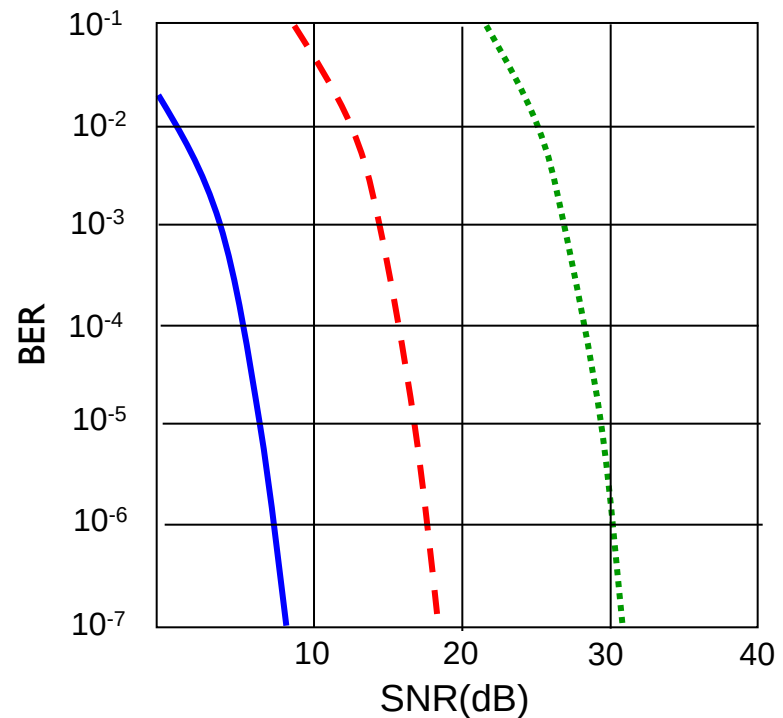
importantes diferenças de enlaces cabeados...

- **Redução da força do sinal:** os sinais de rádio se atenuam à medida que eles se propagam através da matéria (*path loss*)
- **Interferência de outras fontes:** as frequências padronizadas para redes sem fio (ex., 2,4 GHz) são compartilhadas por outros equipamentos (ex., telefone sem fio); motores também produzem interferência
- **Propagação através de múltiplos caminhos:** o sinal de rádio se reflete no solo e em objetos. O sinal principal e os refletidos chegam ao destino em instantes ligeiramente diferentes

.... tornam a comunicação através de enlaces sem fio (mesmo no caso ponto-a-ponto) muito mais “difícil”

Características de enlaces sem fio (2)

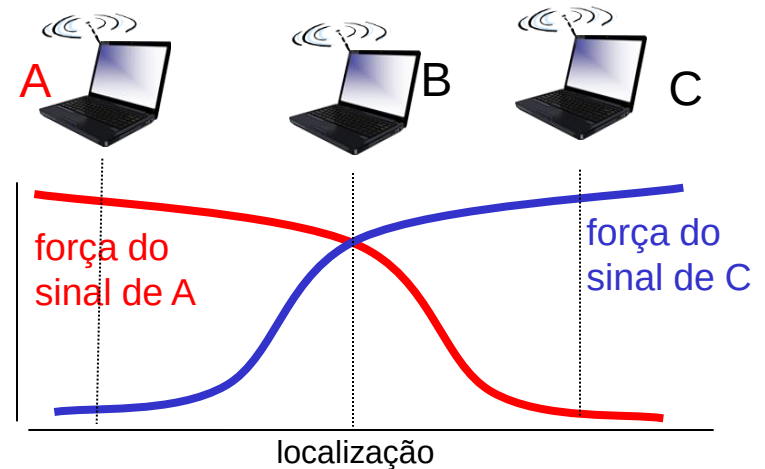
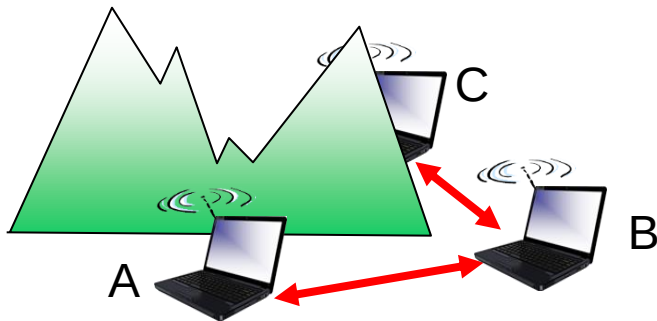
- ❖ SNR: relação sinal/ruído
 - SNR alto – mais fácil extrair o sinal do ruído
- ❖ *compromissos SNR vs. BER*
 - *dada a camada física*: aumento de potência $\rightarrow$ aumenta SNR $\rightarrow$ diminui BER
 - *dada SNR*: escolha a camada física que atende o requisito de BER e que dá a maior vazão
 - SNR pode variar com a mobilidade: adaptação dinâmica da camada física (técnica/taxa de modulação)



..... QAM256 (8 Mbps)
- - - QAM16 (4 Mbps)
— BPSK (1 Mbps)

Características das redes sem fio

Múltiplos remetentes sem fio e receptores criam problemas adicionais (além do acesso múltiplo):



Problema do terminal oculto

- ❖ B, A ouvem um ao outro
- ❖ B, C ouvem um ao outro
- ❖ A, C quando não podem ouvir um ao outro, implica que não se dão conta da sua interferência em B

Atenuação do sinal:

- ❖ B, A ouvem um ao outro
- ❖ B, C ouvem um ao outro
- ❖ A, C não podem ouvir um ao outro, interferindo em B

Capítulo 6 roteiro

6.1 Introdução

Sem fio

6.2 Características de enlases sem fio

CDMA

6.3 LANs sem fio IEEE 802.11 (“Wi-Fi”)

6.4 Acesso celular à Internet

- arquitetura
- padrões (ex.: GSM)

Mobilidade

6.5 Princípios: endereçamento e roteamento para usuários móveis

6.6 IP móvel

6.7 Tratando mobilidade em redes celulares

6.8 Mobilidade e protocolos de alto nível

6.9 Resumo

LAN sem fio IEEE 802.11

802.11b

- ❖ 2,4-5 GHz espectro não licenciado
- ❖ até 11 Mbps
- ❖ *direct sequence spread spectrum* (DSSS) na camada física
 - Todos os hospedeiros usam a mesma sequência de código

802.11a

- faixa de 5-6 GHz
- até 54 Mbps

802.11g

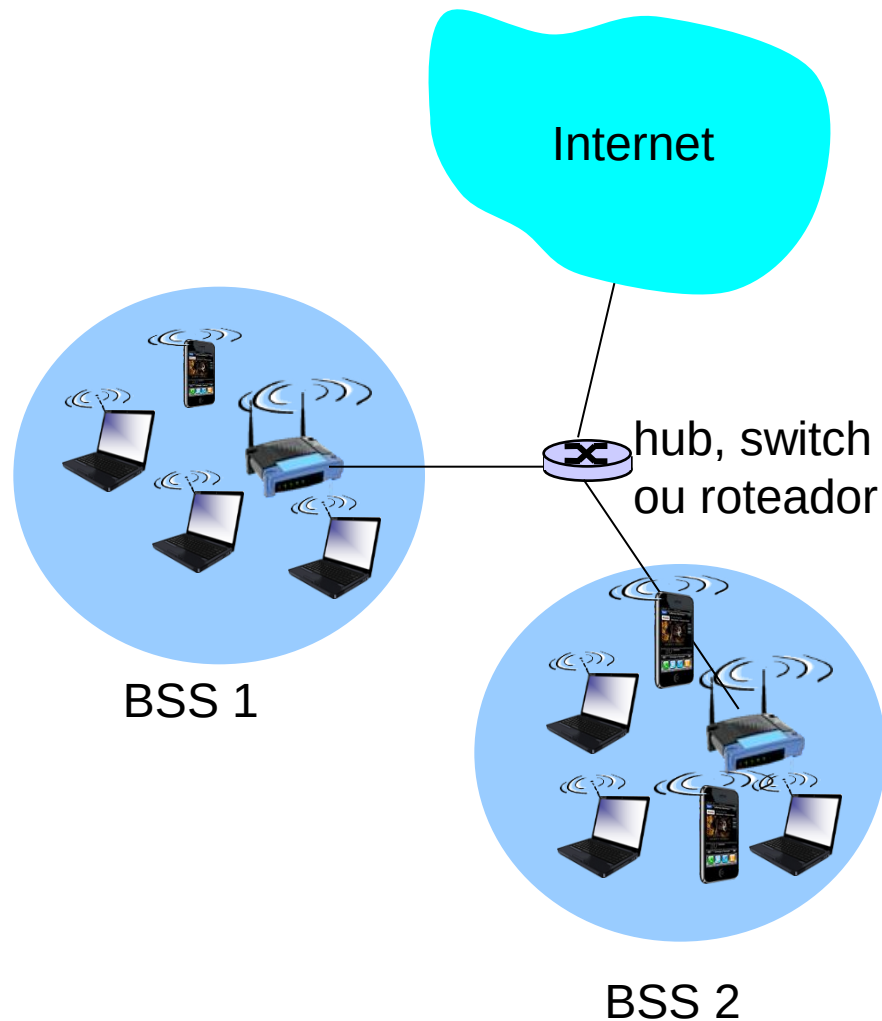
- faixa de 2,4-5 GHz
- até 54 Mbps

802.11n: múltiplas antenas

- faixa de 2,4-5 GHz
- até 200 Mbps

-
- ❖ Todos usam CSMA/CA para acesso múltiplo
 - ❖ Todos têm estações-base e versão para redes ad hoc

arquitetura das LANs 802.11

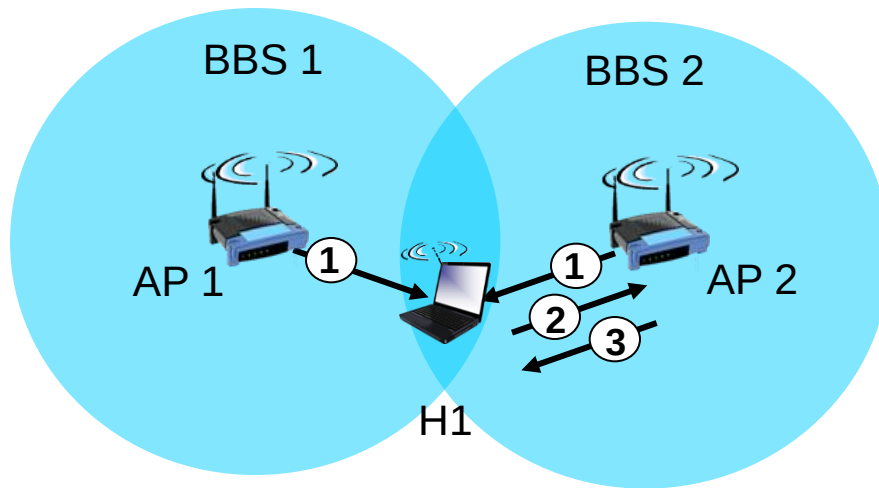


- ❖ Hóspedeiro sem fio se comunica com a estação-base
 - estação-base = ponto de acesso (AP)
- ❖ *Basic Service Set (BSS)* (ou “célula”) no modo infraestrutura contém:
 - Hóspedes sem fio
 - Ponto de acesso (AP): estação-base
 - Modo ad hoc: somente hóspedes

802.11: Canais, associação

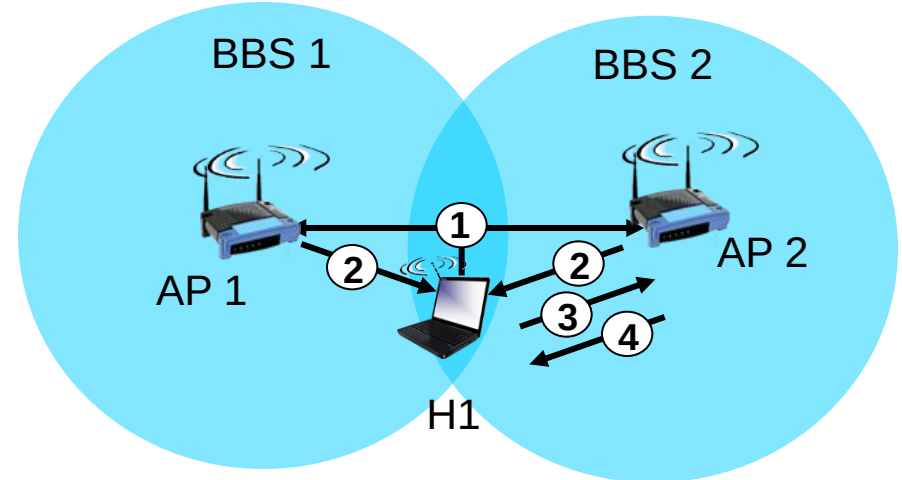
- ❖ 802.11b: o espectro de 2,4 GHz-2,485 GHz é dividido em 11 canais de diferentes frequências
 - O administrador do AP escolhe a frequência para o AP
 - Possível interferência: canal pode ser o mesmo que aquele escolhido por um AP vizinho!
- ❖ Hospedeiro: deve se **associar** com um AP
 - Percorre canais, buscando quadros *beacon* que contêm o nome do AP (SSID) e o endereço MAC
 - Escolhe um AP para se associar
 - Pode realizar autenticação [capítulo 8]
 - Usa tipicamente DHCP para obter um endereço IP na subrede do AP

802.11: busca passiva/ativa



busca passiva:

- (1) quadros *beacon* são enviados pelos APs
- (2) quadro de pedido de associação enviado: H1 para o AP selecionado
- (3) quadro de resposta de associação enviado do AP selecionado para o H1

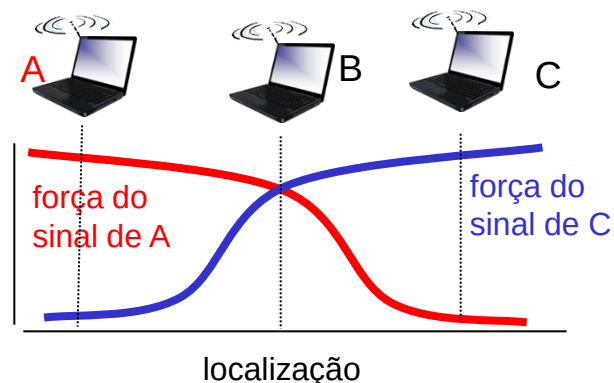
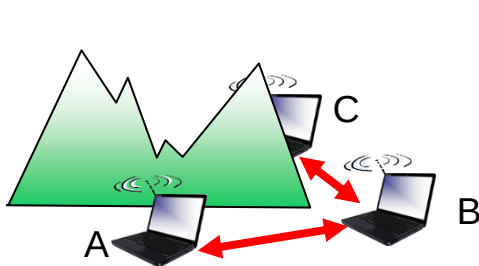


busca ativa:

- (1) quadro de solicitação (*probe*) difundido a partir de H1
- (2) quadros de resposta (*probe*) enviados pelos APs
- (3) quadro de pedido de associação enviado: de H1 para AP selecionado
- (4) quadro de resposta de associação enviado: do AP selecionado para H1

IEEE 802.11: acesso múltiplo

- ❖ Evita colisões: 2 ou mais nós transmitindo ao mesmo tempo
- ❖ 802.11: CSMA – escuta antes de transmitir
 - Não colide com transmissões em curso de outros nós
- ❖ 802.11: não faz detecção de colisão!
 - Difícil de receber (sentir as colisões) quando transmitindo devido ao fraco sinal recebido (desvanecimento)
 - Pode não perceber as colisões: terminal oculto, fading
 - Meta: **evitar colisões**: CSMA/C(collision)A(voidance)



Protocolo MAC IEEE 802.11: CSMA/CA

transmissor 802.11

1 se o canal é percebido quieto (*idle*) por **DIFS** então

transmite o quadro inteiro (sem CD)

2 se o canal é percebido ocupado, então

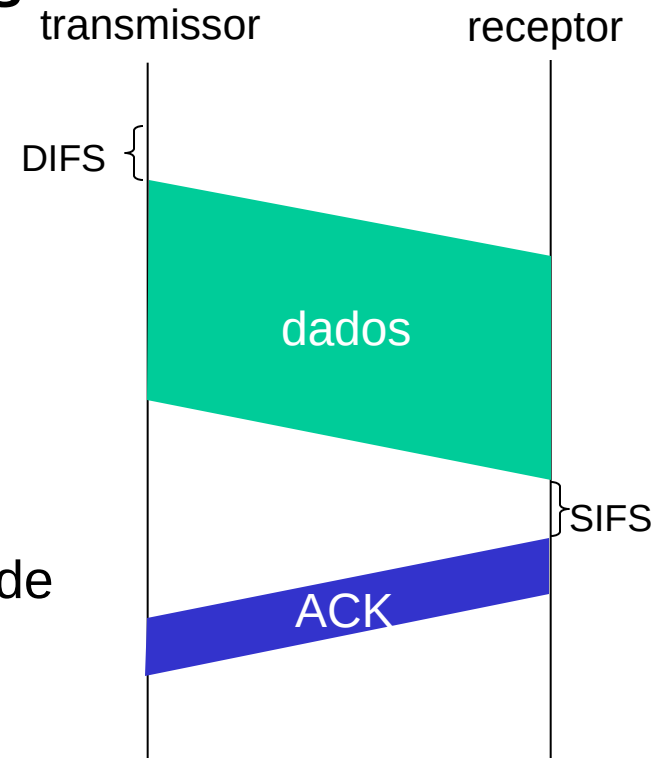
inicia um tempo de *backoff* aleatório

temporizador faz contagem regressiva

enquanto o canal está ocioso

transmite quando o temporizador expirar

se não vier um ACK, aumenta o intervalo de *backoff* aleatório, repete 2



receptor 802.11

- se o quadro for recebido OK

retorna ACK após **SIFS** (ACK é necessário devido ao problema do terminal oculto)

Evitando colisões

Ideia: permite o transmissor “reservar” o canal em vez de acessar aleatoriamente ao enviar quadros de dados: evita colisões de quadros grandes

- ❖ Transmissor envia primeiro um pequeno quadro chamado request to send (RTS) à estação-base usando CSMA
 - RTSs podem ainda colidir uns com os outros, mas são pequenos
- ❖ BS envia em broadcast clear to send CTS em resposta ao RTS
- ❖ CTS é ouvido por todos os nós
 - Transmissor envia o quadro de dados
 - Outras estações adiam suas transmissões

Evita colisões de quadros de dados completamente usando pequenos quadros de reserva!

Evitando colisões: reservas com RTS-CTS



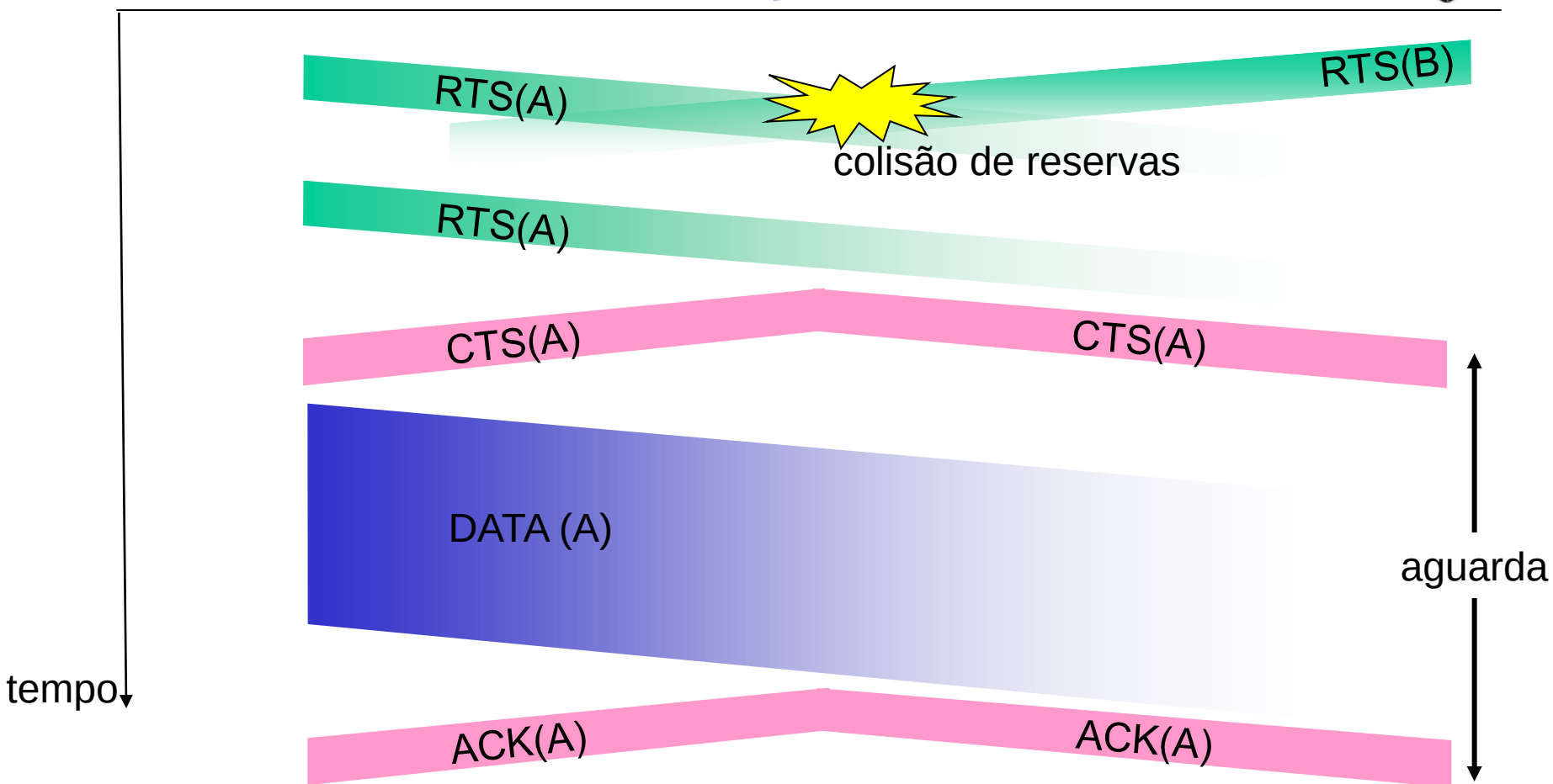
A



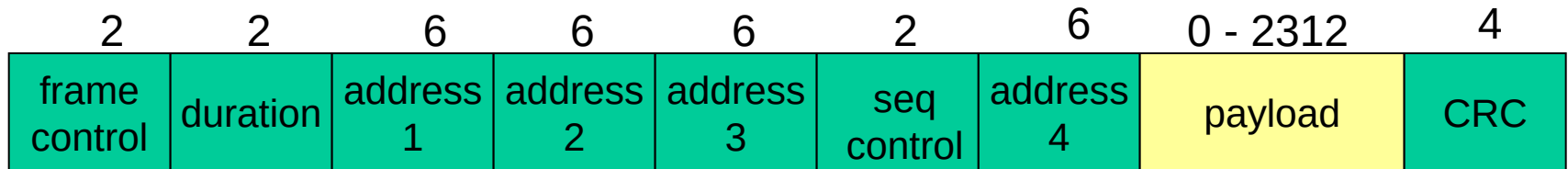
AP



B



quadro 802.11: endereçamento



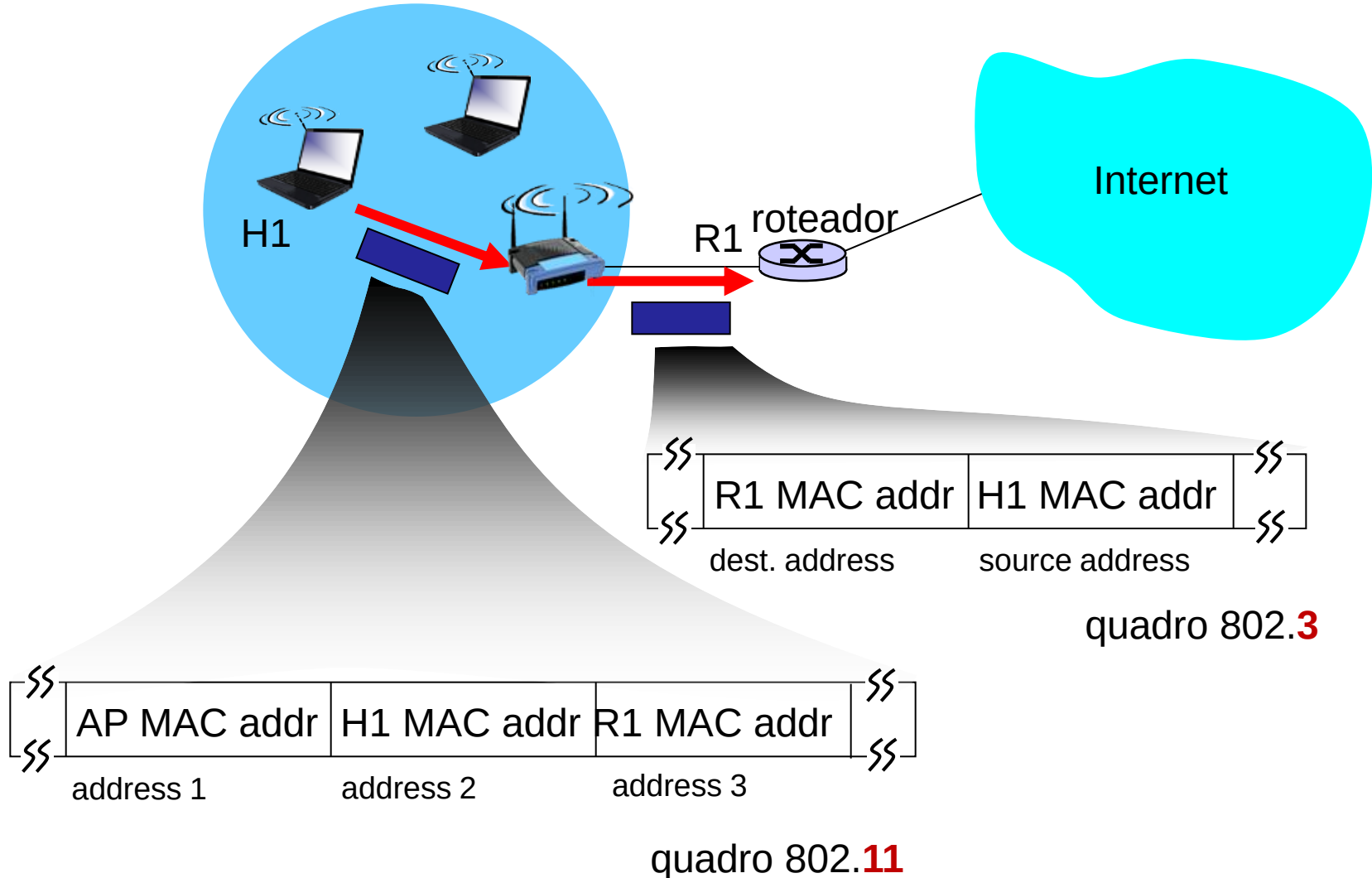
Address 1: endereço MAC do destino ou AP que deve receber o quadro

Address 2: endereço MAC do hospedeiro sem fio ou AP transmitindo este quadro

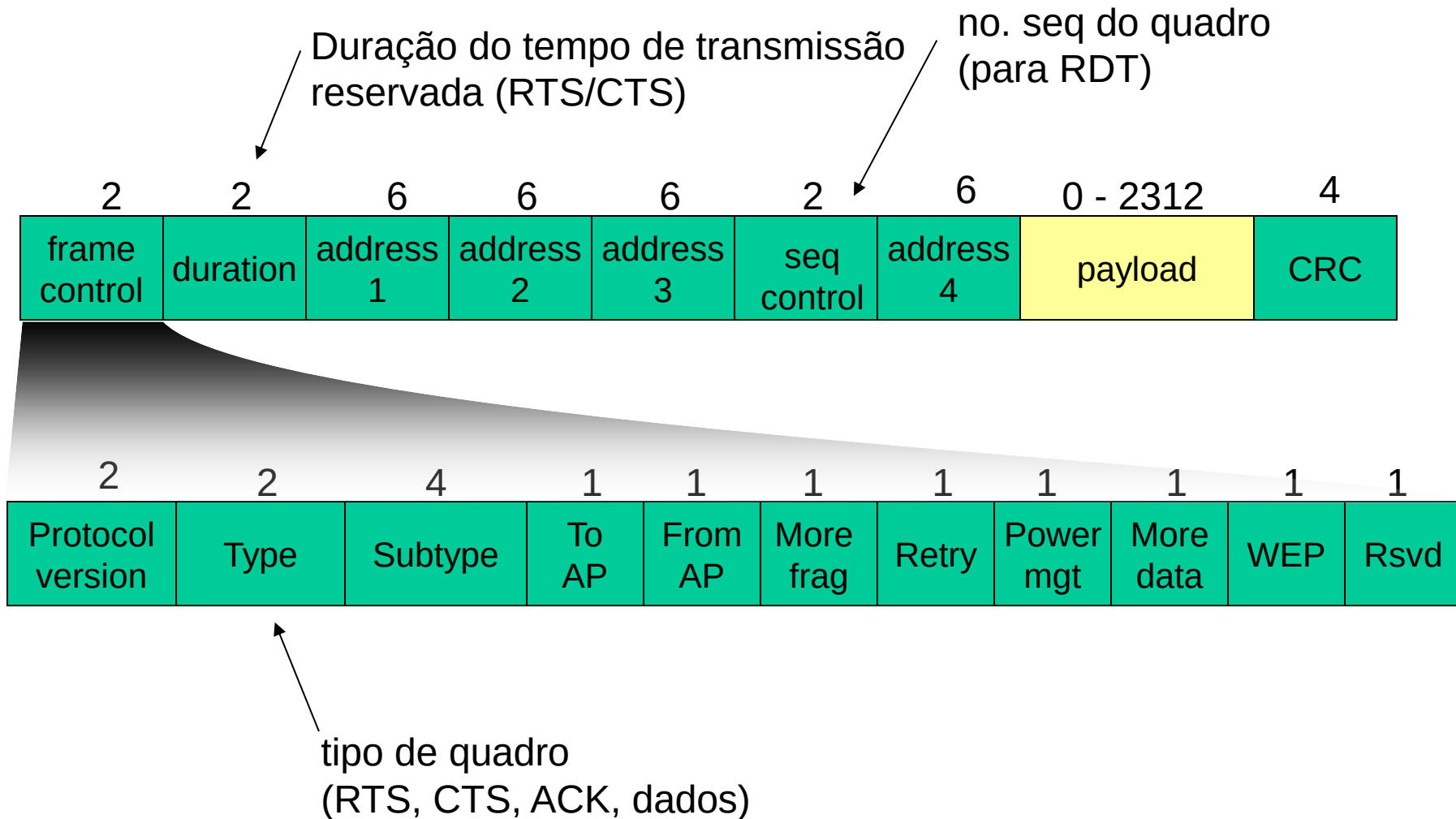
Address 3: endereço MAC da interface do roteador à qual o AP é ligado

Address 4: usado apenas no modo ad hoc

quadro 802.11: endereçamento

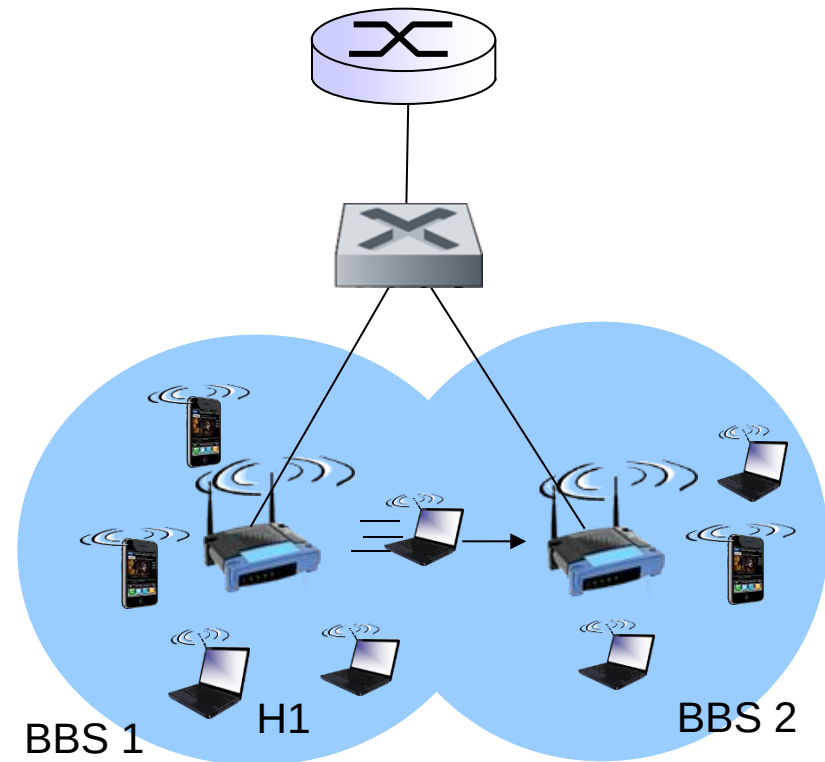


quadro 802.11: mais



802.11: mobilidade na mesma subrede

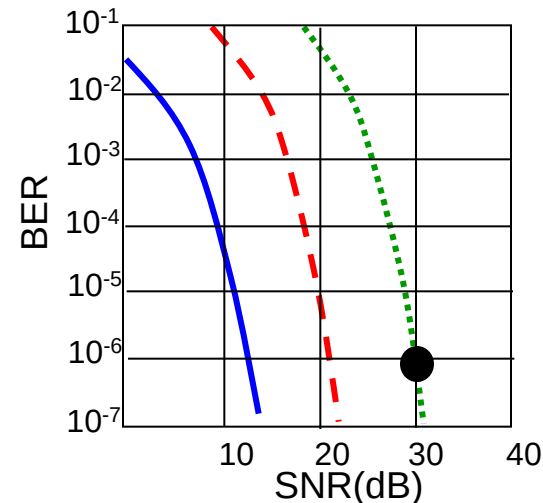
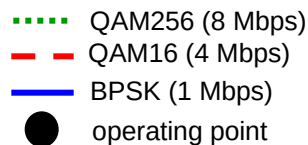
- ❖ HI permanece na mesma subrede IP; endereço IP pode ficar o mesmo
- ❖ Switch: qual AP está associado com HI?
 - Aprendizado (Cap. 5): switch vê quadro de HI e “lembra” qual porta do switch deve ser usada para chegar a HI



802.11: recursos avançados

Adaptação de taxa

- ❖ estação-base, dispositivo móvel altera dinamicamente a taxa de transmissão (técnica de modulação da camada física) à medida que o dispositivo se move, SNR é alterado



1. SNR diminui e a BER aumenta à medida que o nó se afasta da estação base
2. Quando o BER se torna muito alto, altera para uma taxa de transmissão mais baixa mas com uma menor BER.

802.11: recursos avançados

gerenciamento de energia

- ❖ nó-para-AP: “Irei dormir até o próximo quadro *beacon*”
 - AP sabe que não deve transmitir quadros para este nó
 - nó acorda antes do próximo quadro *beacon*
- ❖ quadro *beacon*: contém lista de dispositivos móveis com quadros AP-para-móvel esperando para ser enviados
 - nó permanece acordado se houver quadros AP-para-móvel a serem enviados; caso contrário vai dormir de novo até o próximo quadro *beacon*