



# Redes Móveis

## Capítulo 6 – Redes sem fio e redes móveis

Prof. Jó Ueyama  
Junho/2011



# Capítulo 6 - Resumo

## 6.1 Introdução

### **Redes Sem fio**

## 6.2 Enlaces sem fio, características

## 6.3 IEEE 802.11 LANs sem fio (“wi-fi”)

## 6.4 Acesso celular à Internet

### **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



# Redes sem fio e redes móveis

Número de telefones sem fio (móveis) é maior que o número de assinantes de telefones [ITU Statistics 2004].

Acesso generalizado à Internet:

Internet cafés / LAN houses;

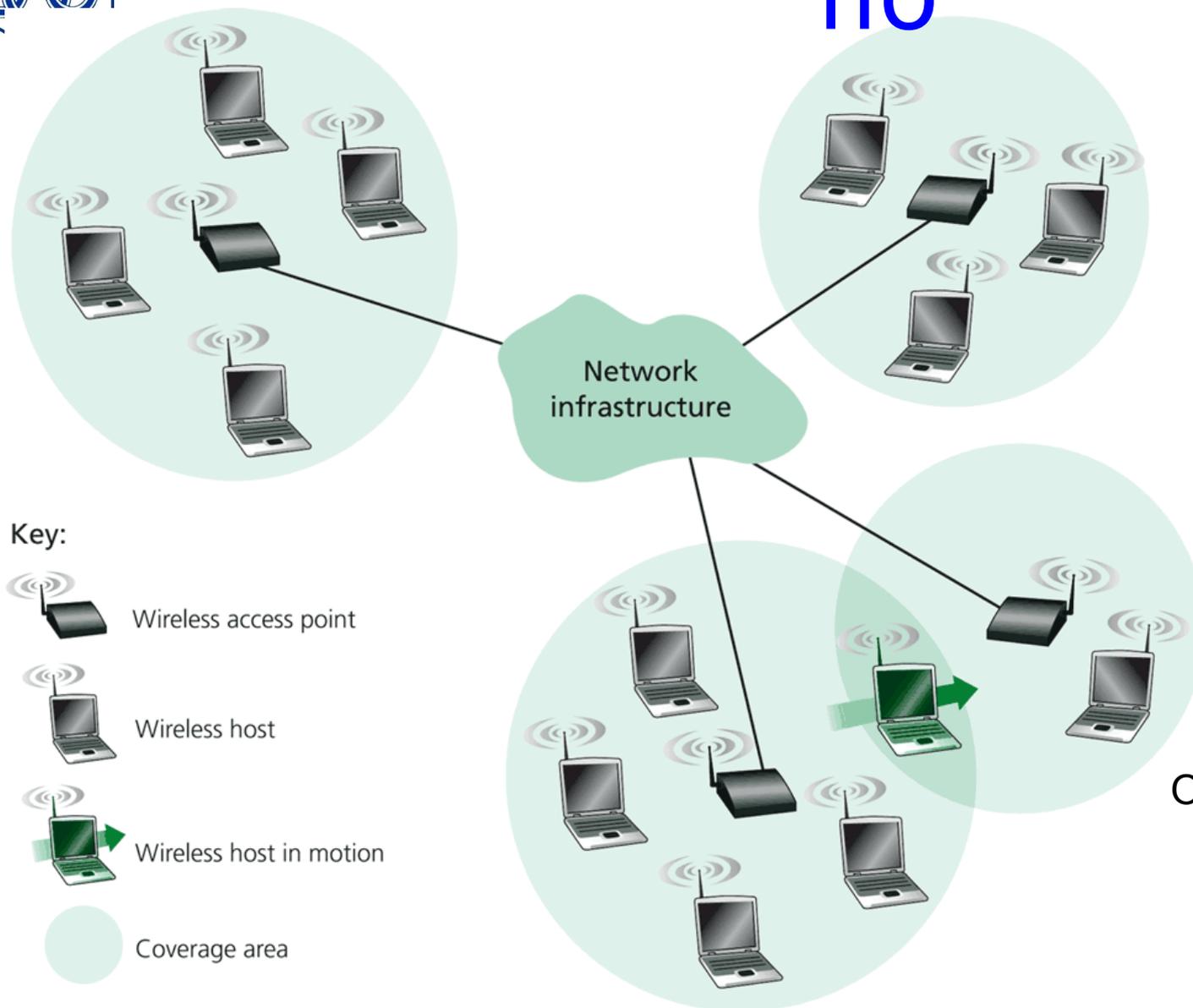
celular; ...

Dois desafios importantes e diferentes:

comunicação sobre enlaces sem fio;

tratamento de usuários móveis que mudam seu ponto de ligação com a rede.

# Elementos de uma rede sem fio

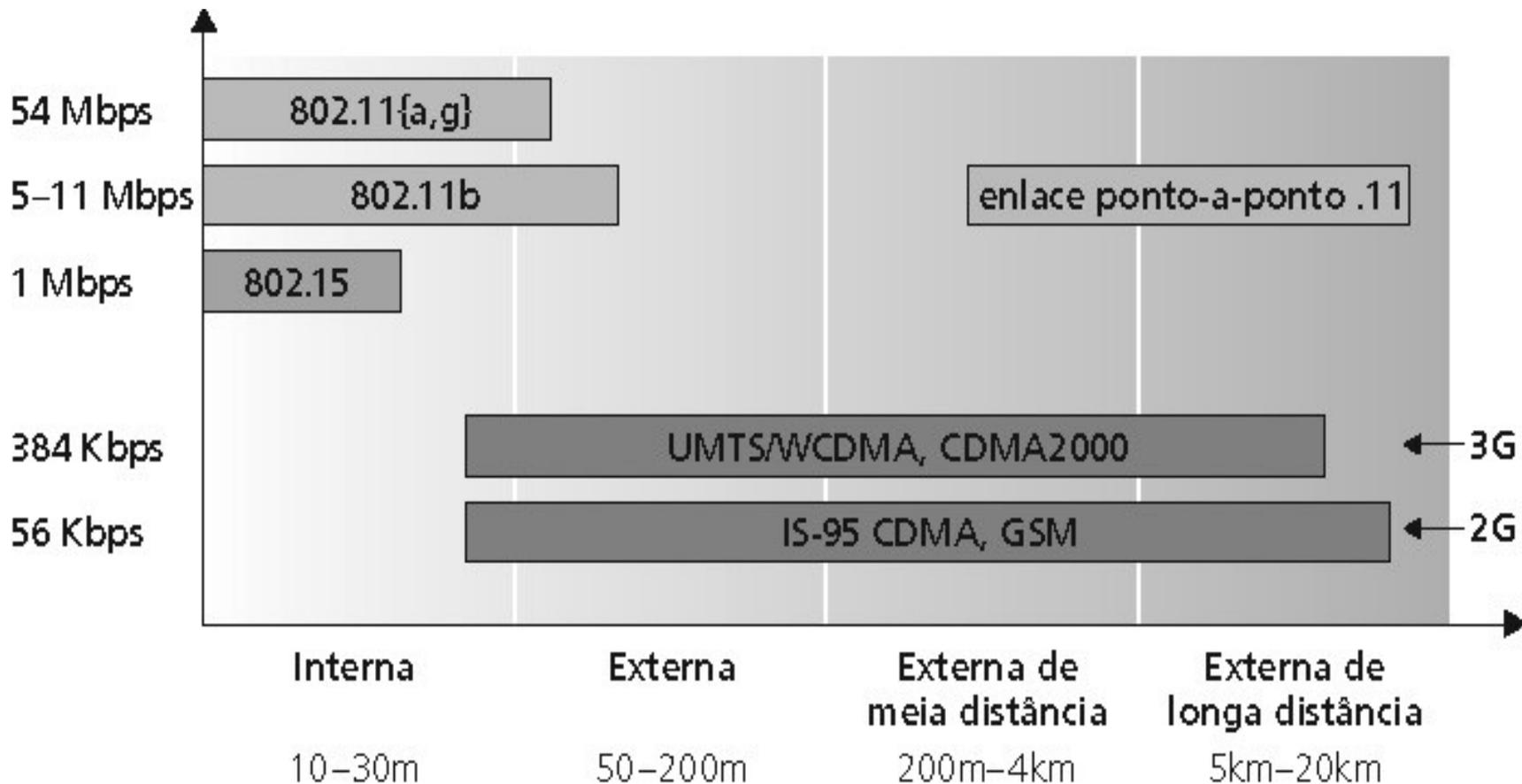


O fato de um dispositivo ser 'sem fio' implica que ele seja móvel?

**Figure 6.1** ♦ Elements of a wireless network



# Características de alguns enlaces de redes sem fio





# Redes sem fio – Modos de Operação

- Modo Infra-estrutura:
  - estação-base conecta hospedeiros móveis na rede cabeada;
  - handoff: hospedeiro móvel muda de uma estação-base para a outra.
- Modo ad hoc:
  - não há estações-base;
  - nós podem transmitir somente para outros nós dentro do alcance;
  - nós se organizam numa rede, efetuando roteamento de pacotes entre eles.



# Características do enlace sem fio

Diferenças do enlace cabeado:

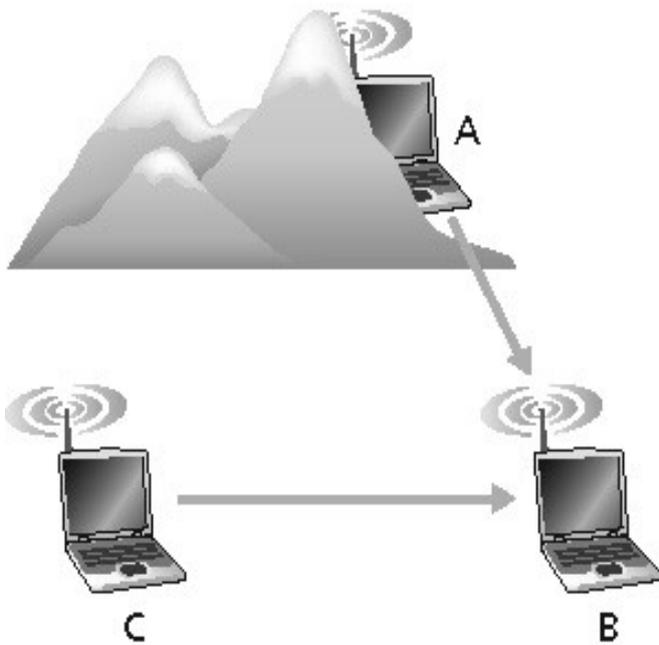
**Redução da força do sinal:** os sinais de rádio se atenuam à medida que eles se propagam.

**Interferência de outras fontes:** as frequências padronizadas para redes sem fio são compartilhadas por outros equipamentos; motores também produzem interferência.

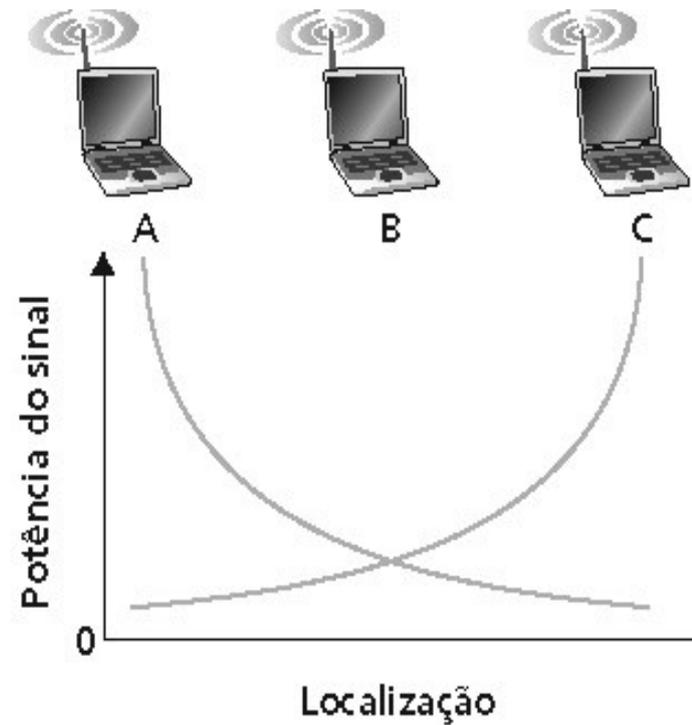
**Propagação multivias:** o sinal de rádio se reflete no solo e em objetos. O sinal principal e os refletidos chegam ao destino em instantes ligeiramente diferentes.

# Características do enlace sem fio

Múltiplos remetentes sem fio e receptores criam problemas adicionais (além do acesso múltiplo):  
Problema do terminal oculto;  
Desvanecimento (fading).



a.



b.

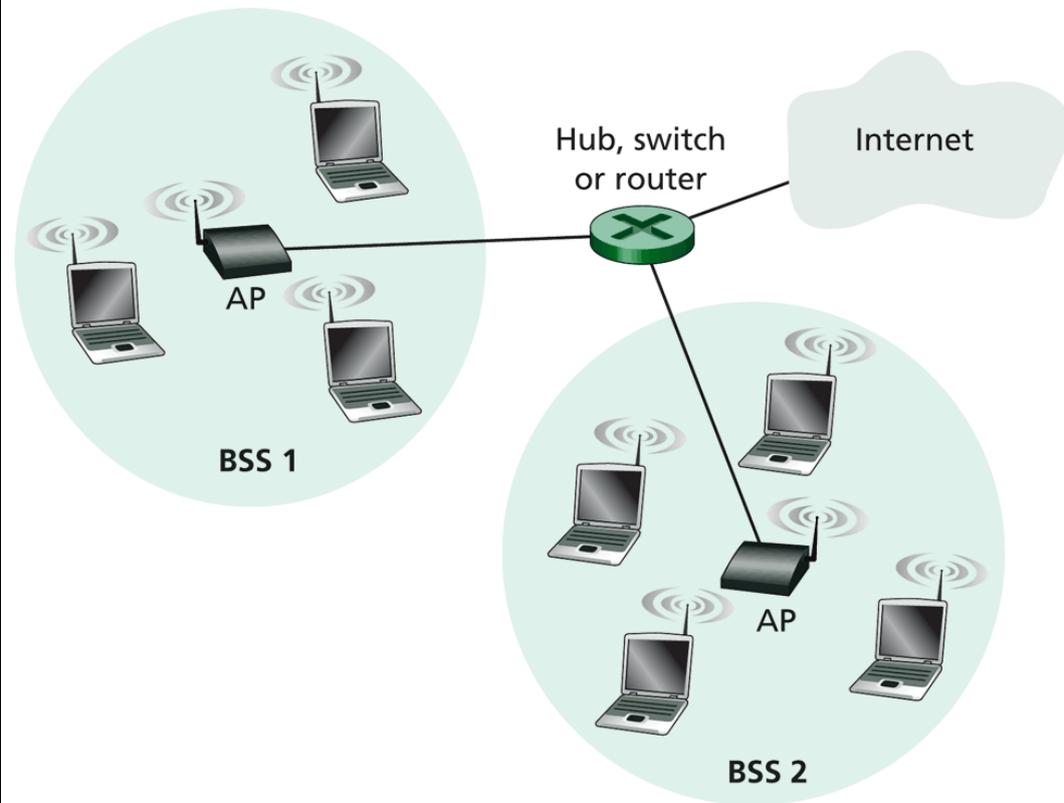


# LAN sem fio: IEEE802.11

<b>Padrão</b>	<b>Faixa de frequência</b>	<b>Taxa de dados</b>
802.11b	2.4 - 2.485 Ghz	até 11 Mbps
802.11a	5.1 - 5.8 Ghz	até 54 Mbps
802.11g	2.4 - 2.485 Ghz	até 54 Mbps

- ▽ Usam CSMA/CA para acesso múltiplo.
- ▽ Operam em dois modos:
  - infra-estrutura;
  - ad hoc.

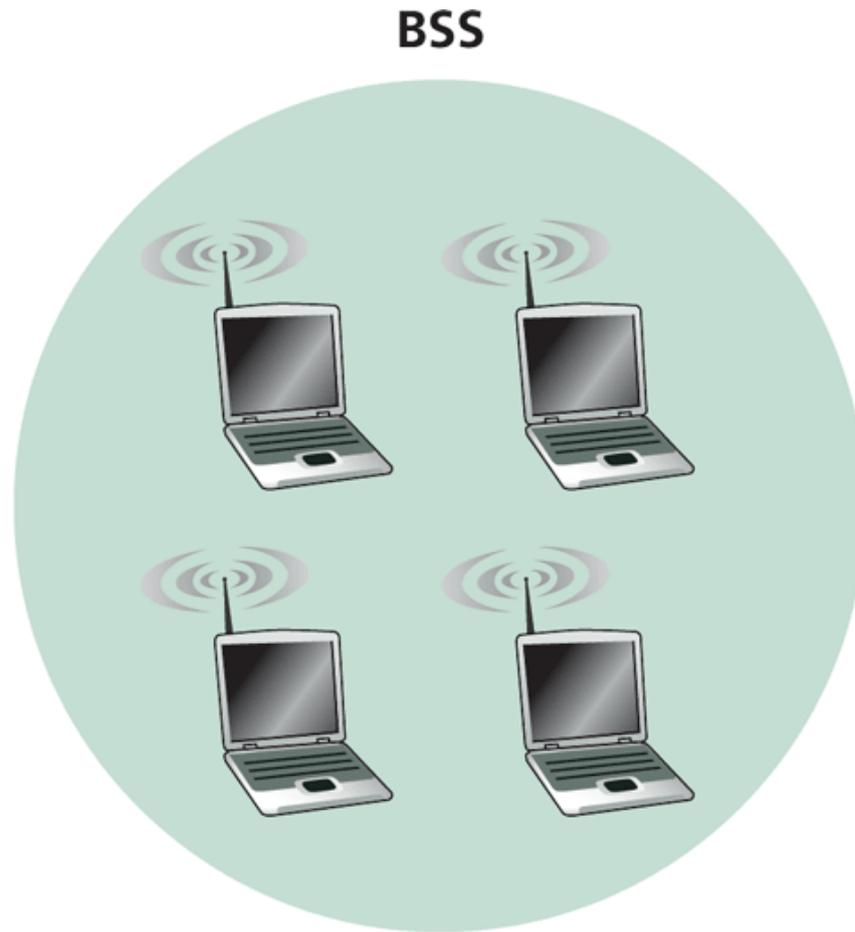
# Arquitetura da LAN 802.11



**Figure 6.6** ♦ IEEE 802.11 LAN architecture

- Hospedeiro sem fio se comunica com a estação-base.
- Estação-base = ponto de acesso (AP).
- Basic Service Set (BSS) (ou “célula”) no modo infra-estrutura contém:
  - hospedeiros sem fio;
  - ponto de acesso (AP): estação-base.

# Rede 802.11 Modo ad hoc



**Figure 6.7** ♦ An IEEE 802.11 ad hoc network



# 802.11 – Canais

- 802.11b: o espectro de 2,4 GHz-2,485 GHz é dividido em 11 canais:  
administrador do AP escolhe a frequência;  
possível interferência: canal pode ser o mesmo que aquele escolhido por um AP vizinho!



# 802.11 – Associação

- 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.

Usa tipicamente DHCP para obter um endereço IP na sub-rede do AP.



# 802.11 – Acesso Múltiplo

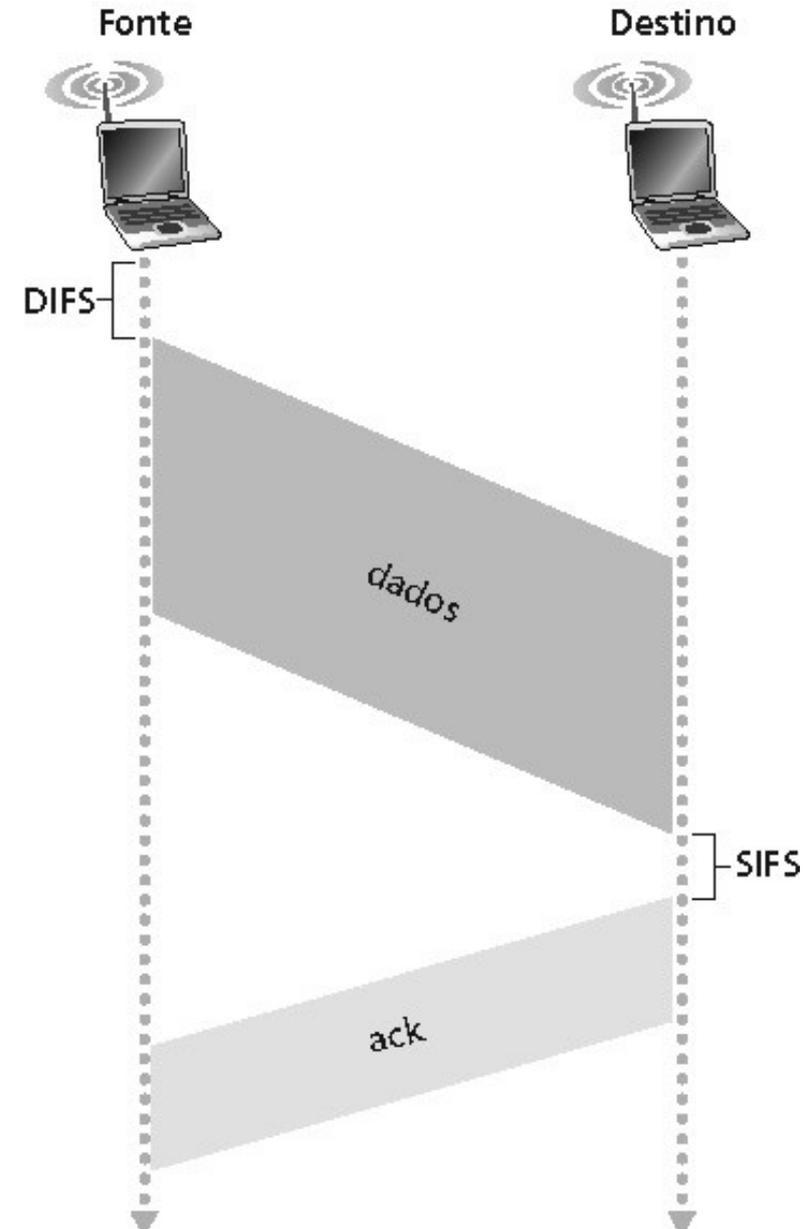
- ∇ CSMA – escuta antes de transmitir
  - Não colide com transmissões em curso de outros nós
  
- ∇ 802.11: não faz detecção de colisão!
  - Difícil de receber (sentir as colisões) quando transmitindo devido ao fraco sinal recebido (desvanecimento).
  - Pode não perceber as colisões devido a terminal oculto ou desvanecimento.

Meta: **evitar colisões: CSMA/CA**

# 802.11 - CSMA

## Transmissor 802.11

1. Se o canal é percebido quieto (idle) por **DIFS**, então:  
transmite o quadro inteiro.
2. Se o canal é percebido ocupado, então:  
inicia um tempo de backoff aleatório;  
temporizador decrementado enquanto o canal está quieto;  
transmite quando temporizador expira.  
  
Se não vem ACK, aumenta o intervalo de backoff aleatório, repete 2.





# Como evitar as colisões?

**Idéia:** permitir ao transmissor “reservar” o canal em vez de acessar aleatoriamente ao enviar quadros de dados:

Transmissor envia primeiro um pequeno quadro chamado request to send (RTS).

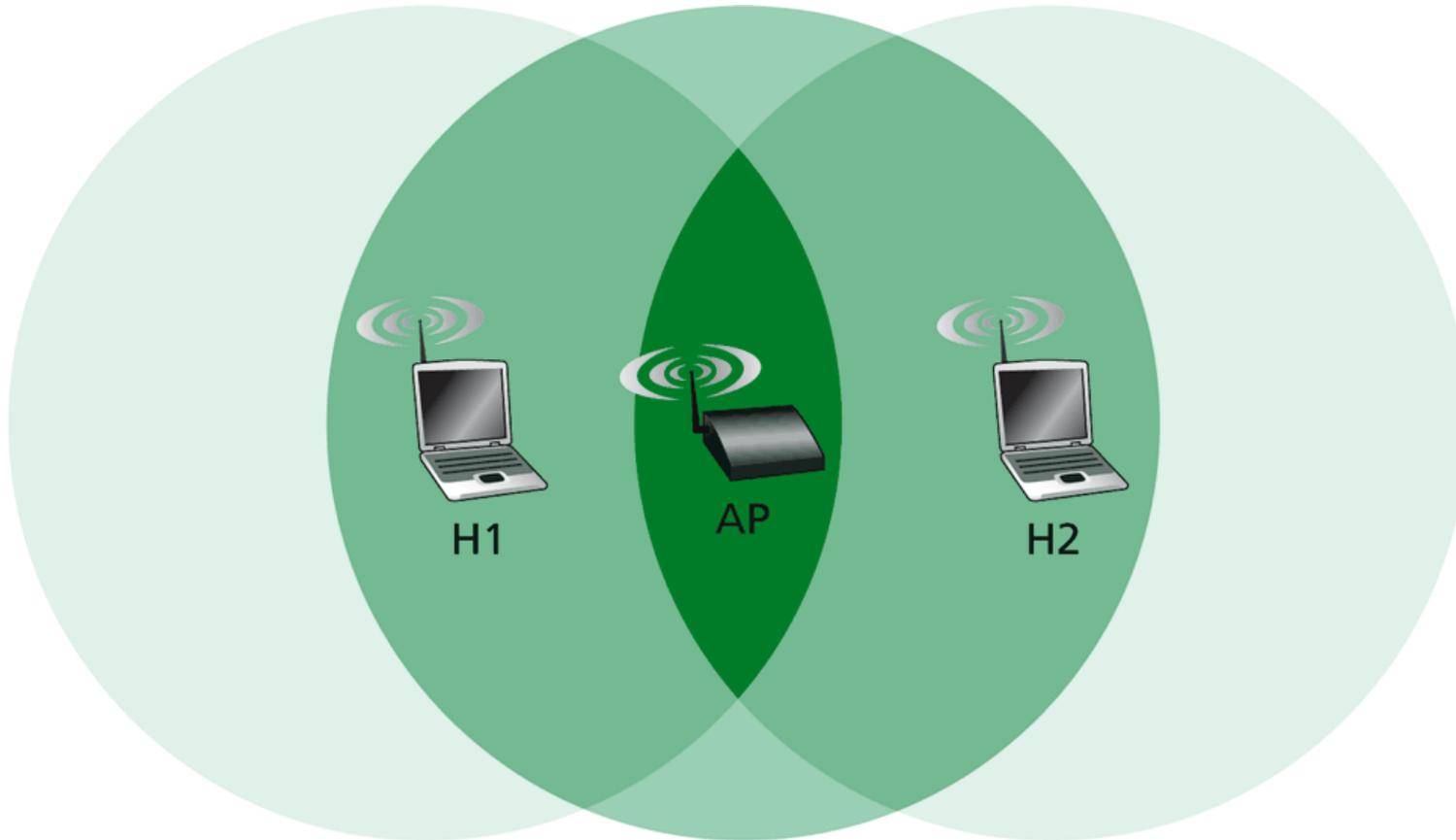
- RTSs podem ainda colidir uns com os outros, mas são pequenos.

Receptor envia em broadcast clear to send CTS em resposta ao RTS.

Transmissor envia o quadro de dados.

Outras estações deferem suas transmissões,

# RTS/CTS resolve a colisão de terminal oculto?



**Figure 6.9** ♦ Hidden terminal example: H1 is hidden from H2, and vice versa



# Evitando colisões

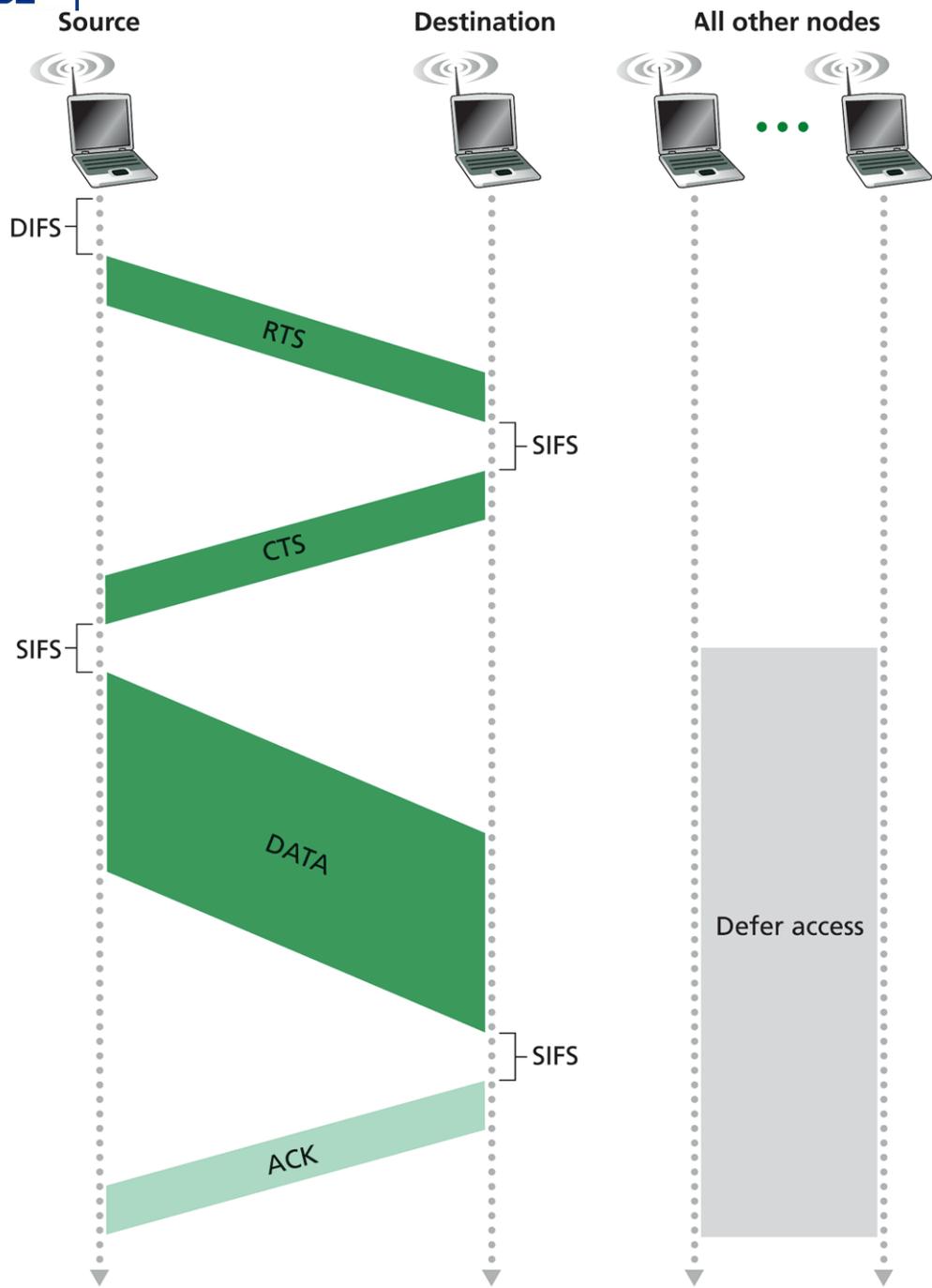


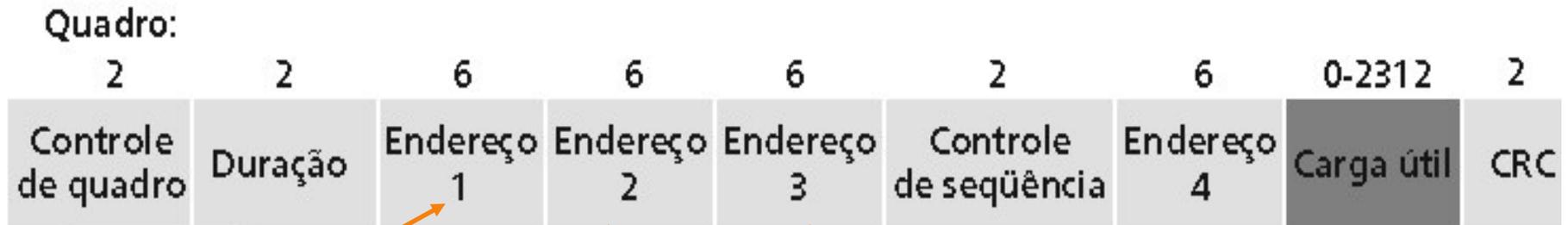
Figure 6.10 ♦ Collision avoidance using the RTS and CTS frames



# CSMA/CA - funcionamento

- Applet sem terminal oculto:  
[http://media.pearsoncmg.com/aw/aw\\_kur\\_ose\\_network\\_2/applets/csma-ca/withouthidden.html](http://media.pearsoncmg.com/aw/aw_kur_ose_network_2/applets/csma-ca/withouthidden.html)
- Applet com terminal oculto:  
[http://media.pearsoncmg.com/aw/aw\\_kur\\_ose\\_network\\_2/applets/csma-ca/withhidden.html](http://media.pearsoncmg.com/aw/aw_kur_ose_network_2/applets/csma-ca/withhidden.html)

# Quadro 802.11 - Endereços

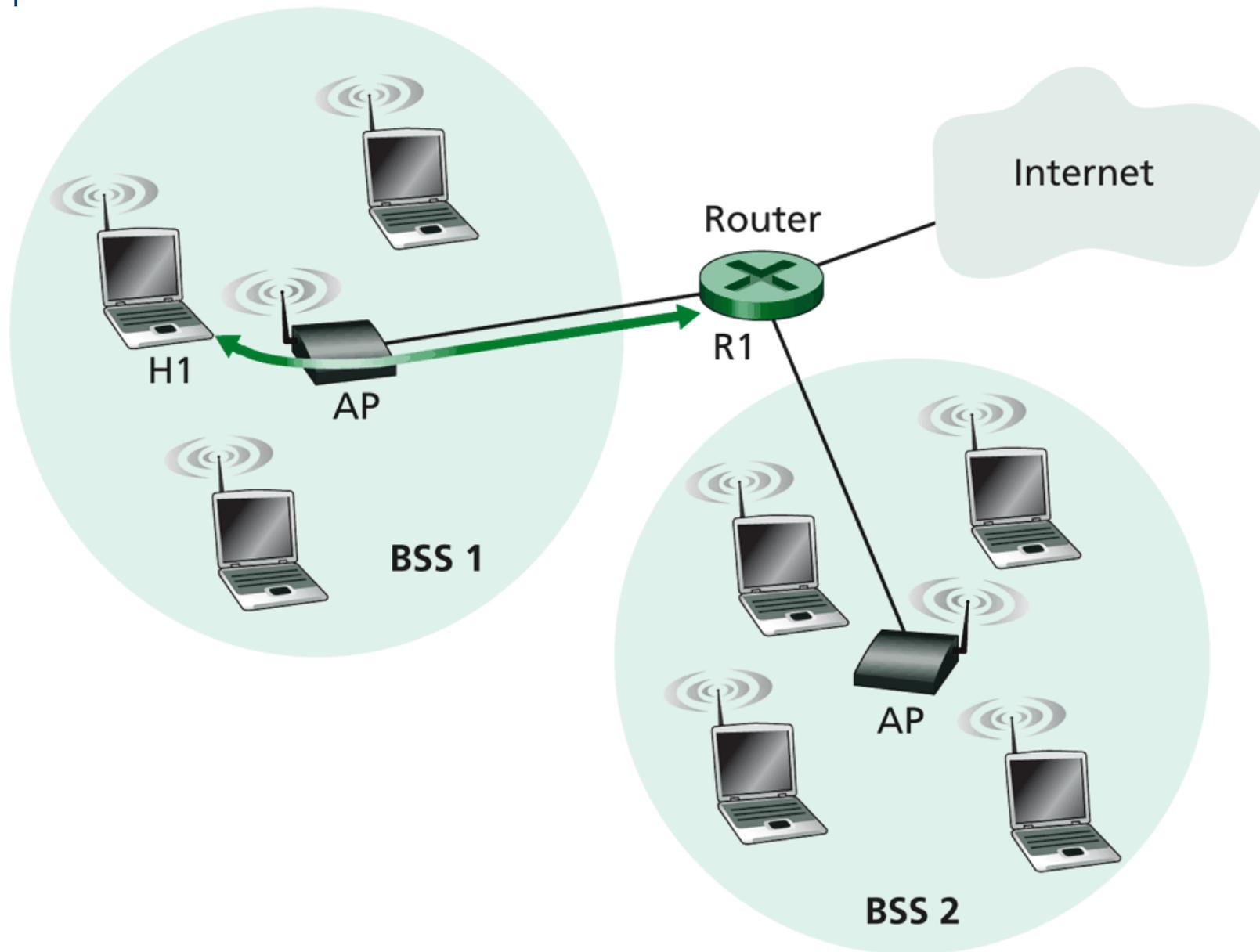


**Endereço 1:** endereço MAC do Hospedeiro sem fio ou AP que deve receber o quadro

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

**Endereço 3:** endereço MAC da interface do roteador à qual o AP é ligado. Importante para interconexão com LAN cabeada.

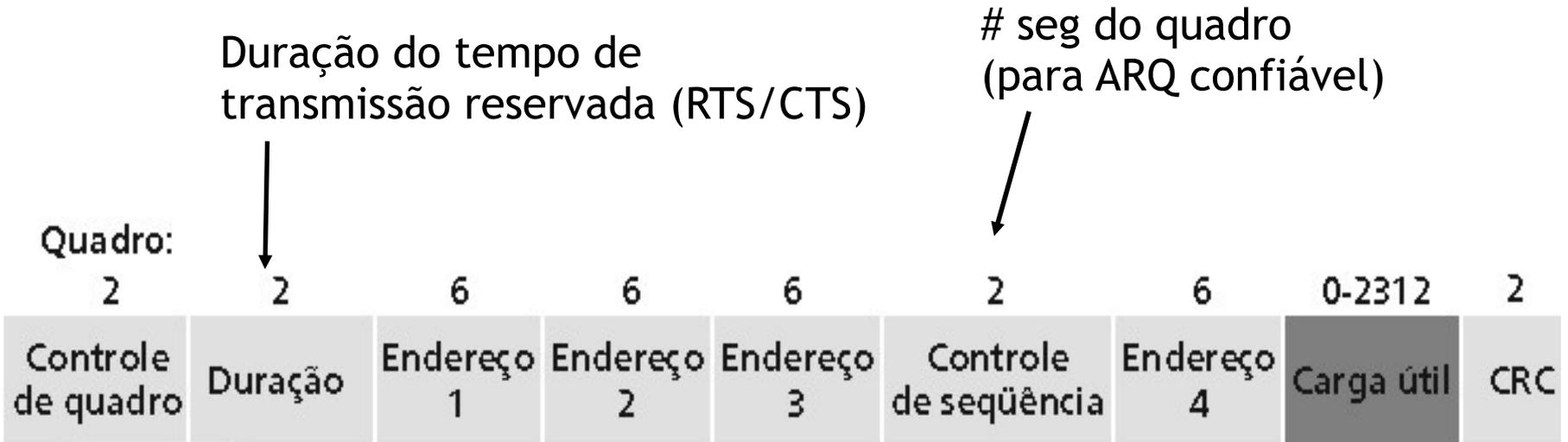
**Endereço 4:** usado apenas no modo ad hoc



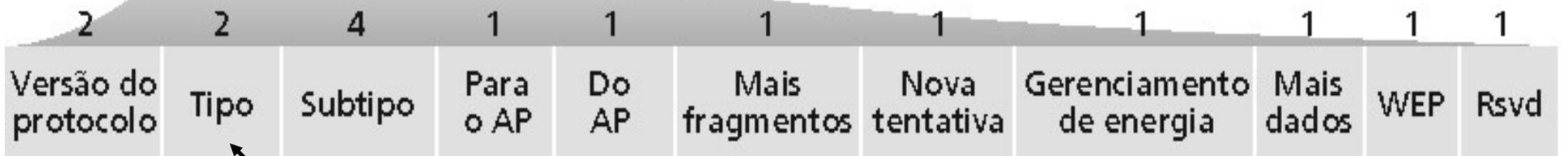
**Figure 6.12** ♦ The use of address fields in 802.11 frames: Moving a frame between H1 and R1



# Quadro 802.11



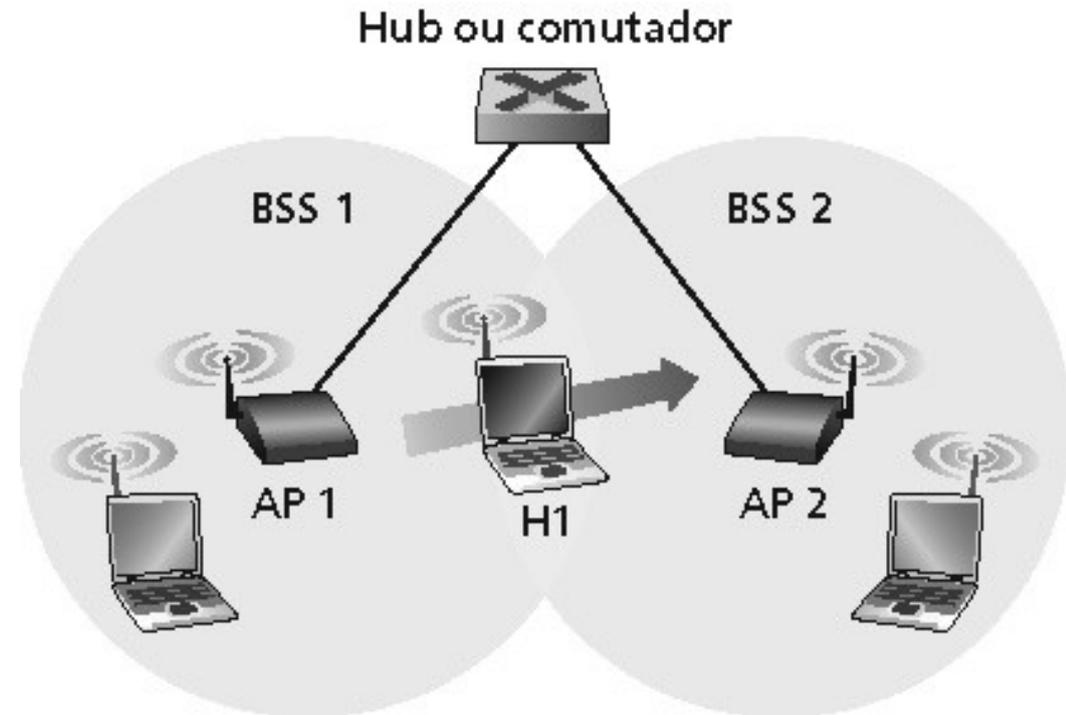
Detalhamento do campo de controle do quadro:



Tipo de quadro (RTS, CTS, ACK, dados)

# 802.11: Mobilidade na mesma sub-rede

- ▽ H1 permanece na mesma sub-rede IP; endereço pode ficar o mesmo.
- ▽ Switch: qual AP está associado com H1?  
Aprendizado: switch vê quadro de H1 e “lembra” qual porta do switch deve ser usada para chegar a H1.

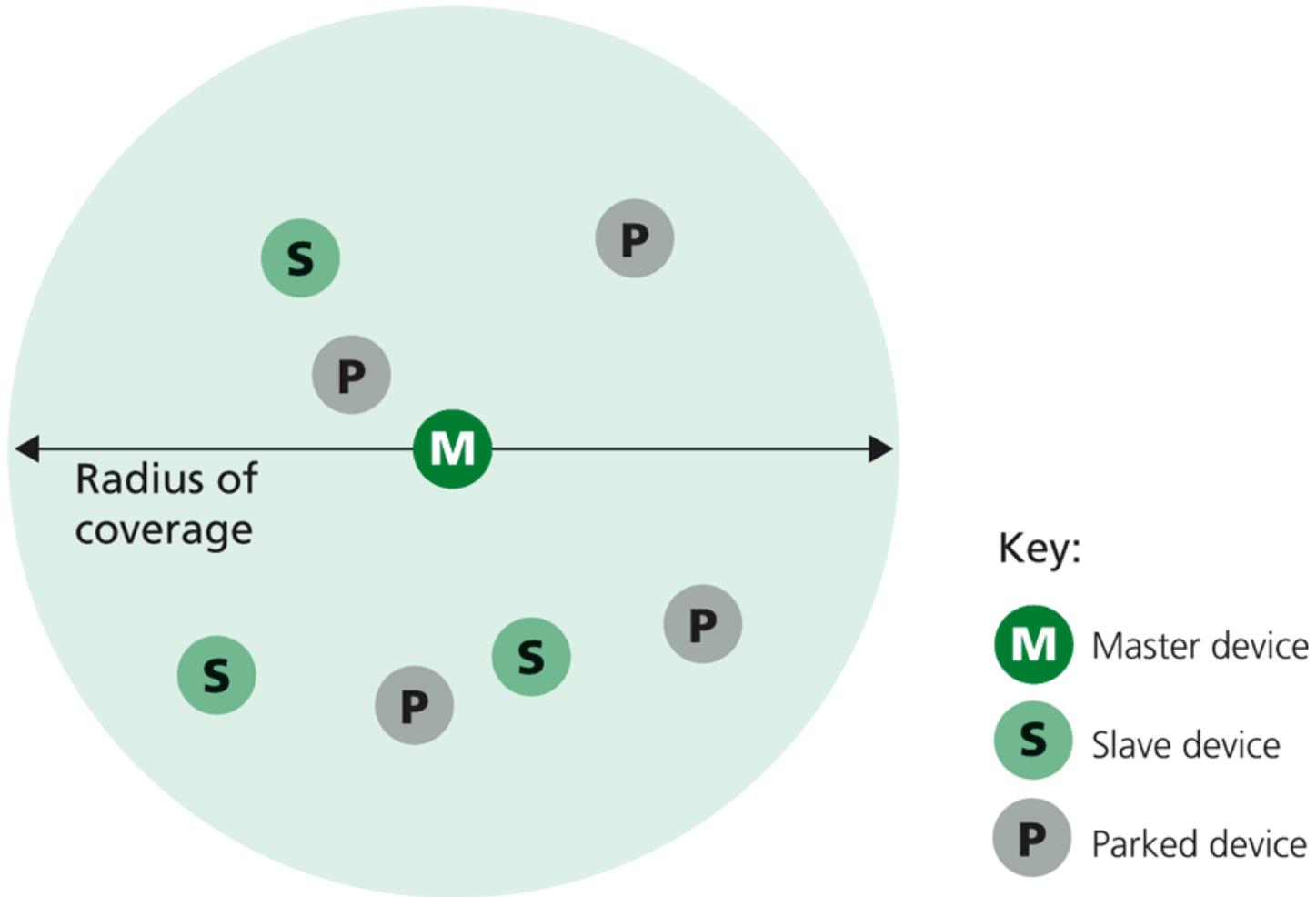




# IEEE 802.15 e Bluetooth

- ∇ WPAN: Wireless Personal Area Network
- ∇ Diâmetro inferior a 10m.
- ∇ Substituição de cabos (mouse, teclado, fones).
- ∇ Ad hoc: sem infra-estrutura.
- ∇ Mestre/escravo:
  - Escravo solicita permissão para enviar (ao mestre).
  - Mestre atende a pedidos.
- ∇ 802.15: evolução da especificação do Bluetooth
  - Faixa de 2,4-2,5 GHz.
  - Até 721 kbps.

# Piconet 802.15



**Figure 6.14** ♦ An 802.15 piconet



# Acesso Celular a Internet

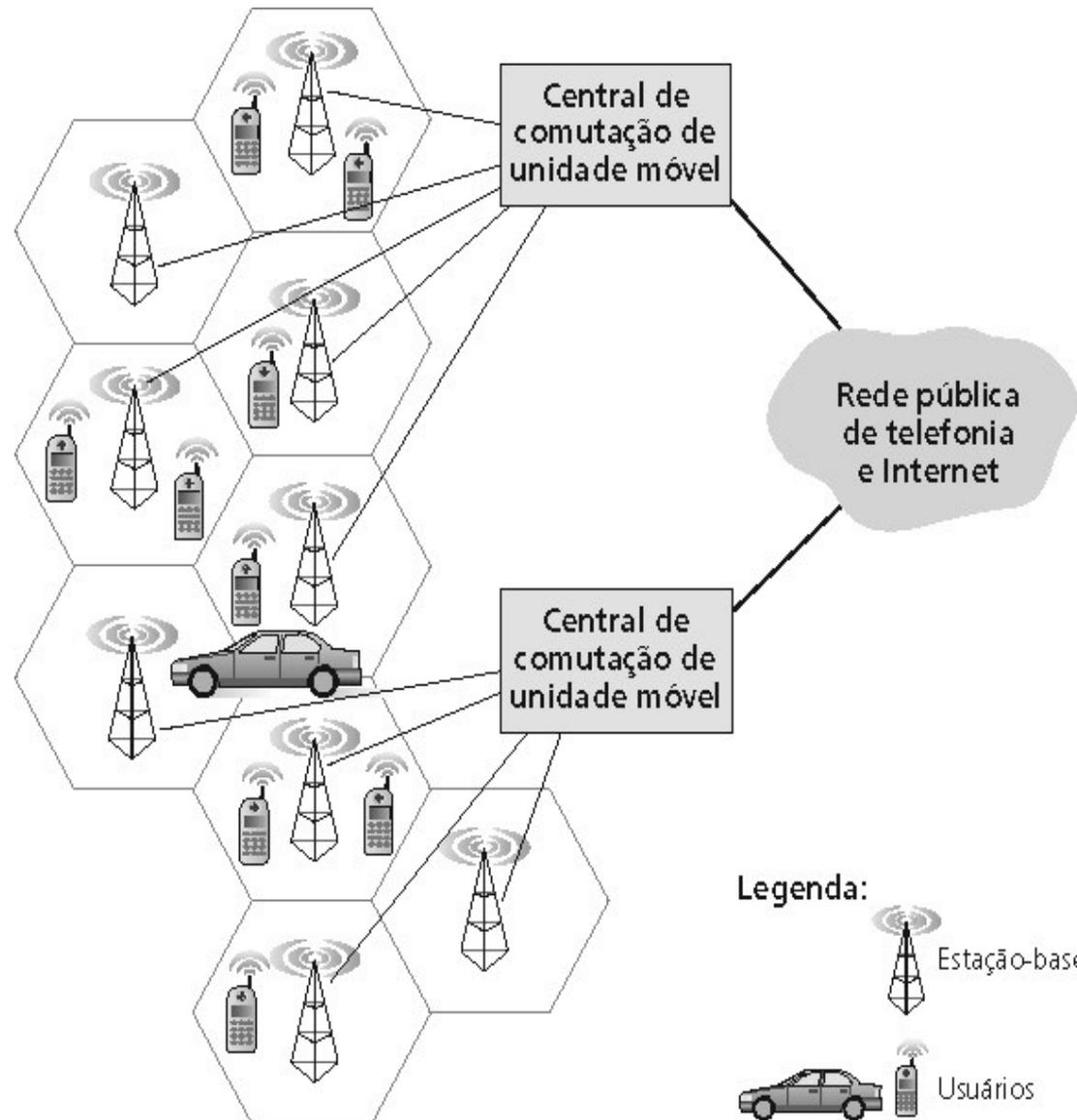
# Arquitetura básica da rede

MSC (Mobile Switching Center):

- ❑ conecta a célula na rede WAN;
- ❑ gerencia call setup;
- ❑ trata mobilidade.

Célula:

- ❑ cobre uma região geográfica;
- ❑ estação-base (BS) análoga ao 802.11 AP;
- ❑ usuários móveis ligam-se à rede através do BS;
- ❑ interface aérea: protocolo de camada física e de enlace entre o usuário móvel e o BS.



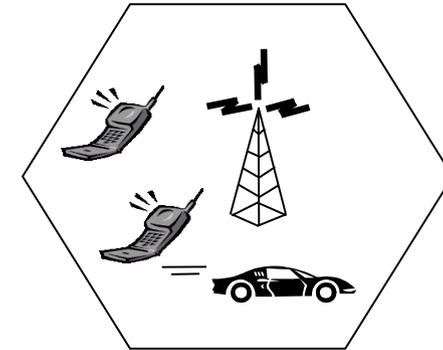
# Redes celulares: acesso

Duas técnicas para compartilhamento do espectro na interface aérea:

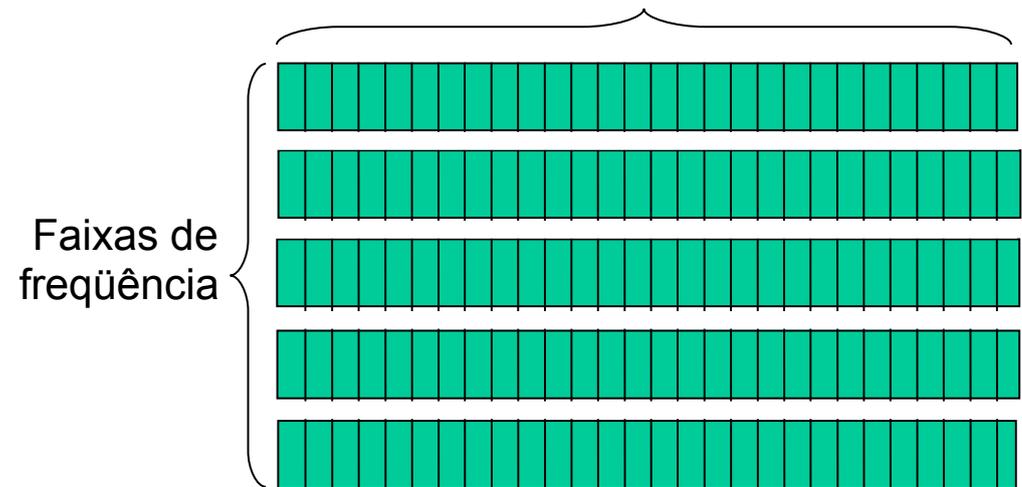
∇ **FDMA/TDMA**

combinado: divide o espectro em canais de frequência, divide cada canal em compartimentos temporais.

∇ **CDMA**: acesso múltiplo com divisão por códigos.



Compartimentos (time slots)





# Padrões celulares: resumo

**Sistemas 2G:** canais de voz

- ▽ IS-136 TDMA: FDMA/TDMA combinado (América do Norte).
- ▽ GSM (global system for mobile communications): FDMA/TDMA combinado  
Empregado de forma mais ampla.
- ▽ IS-95 CDMA: acesso múltiplo por divisão de códigos.



# Padrões celulares: resumo

**Sistemas 2,5 G:** canais de dados e de voz

∇ Para aqueles que não podem esperar por serviços 3G: 2G extensões.

- General packet radio service (GPRS):  
Evolução do GSM;

Dados enviados em múltiplos canais (se disponíveis).

Taxa na faixa de 40 kbps a 60 kbps



# Padrões celulares: resumo

## **Sistemas 2,5 G:**

∇ Enhanced data rates for global evolution (EDGE):

Também evolução do GSM, usa modulação aperfeiçoada;

Taxa de dados até 384 K.

∇ CDMA-2000:

Taxa de dados até 144 K;

Evolução do IS-95.



# Padrões celulares: resumo

## **Sistemas 3G:** voz e dados

- ∇ Universal Mobile Telecommunications Service (UMTS).
  - Evolução do GSM, mas usando CDMA.
- ∇ CDMA-2000.



# Então...

- Vimos hj até a Seção 6.4