

# SSC0748 - Redes Móveis

## Introdução Redes sem fio e redes móveis

Prof. Jó Ueyama  
Agosto/2012

# 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 celulares é maior que o número de habitante no Brasil

Acesso generalizado à Internet:

Internet cafés / LAN houses;

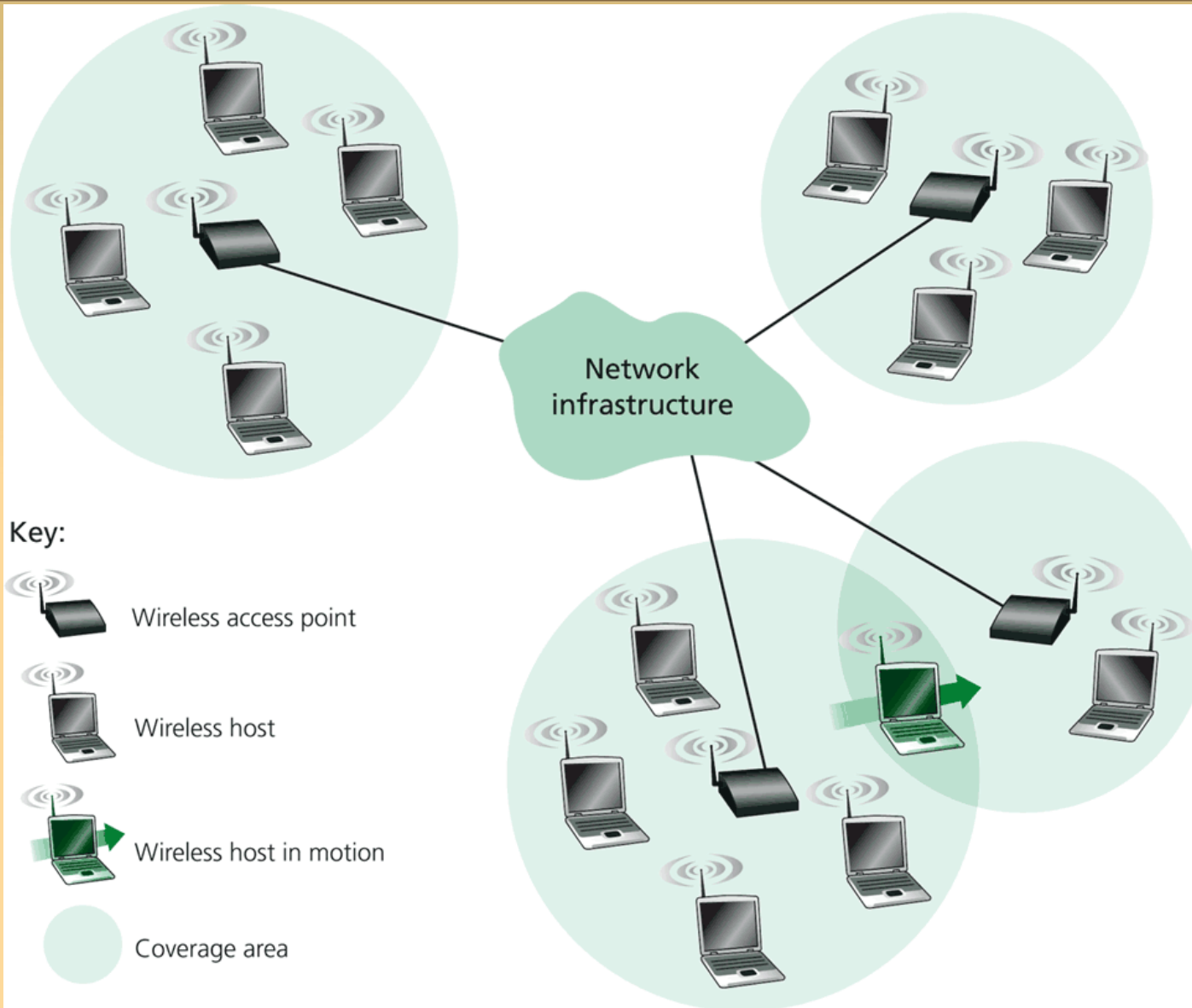
celular; ...

Dois desafios importantes e diferentes:

comunicação sobre enlaces sem fio;

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

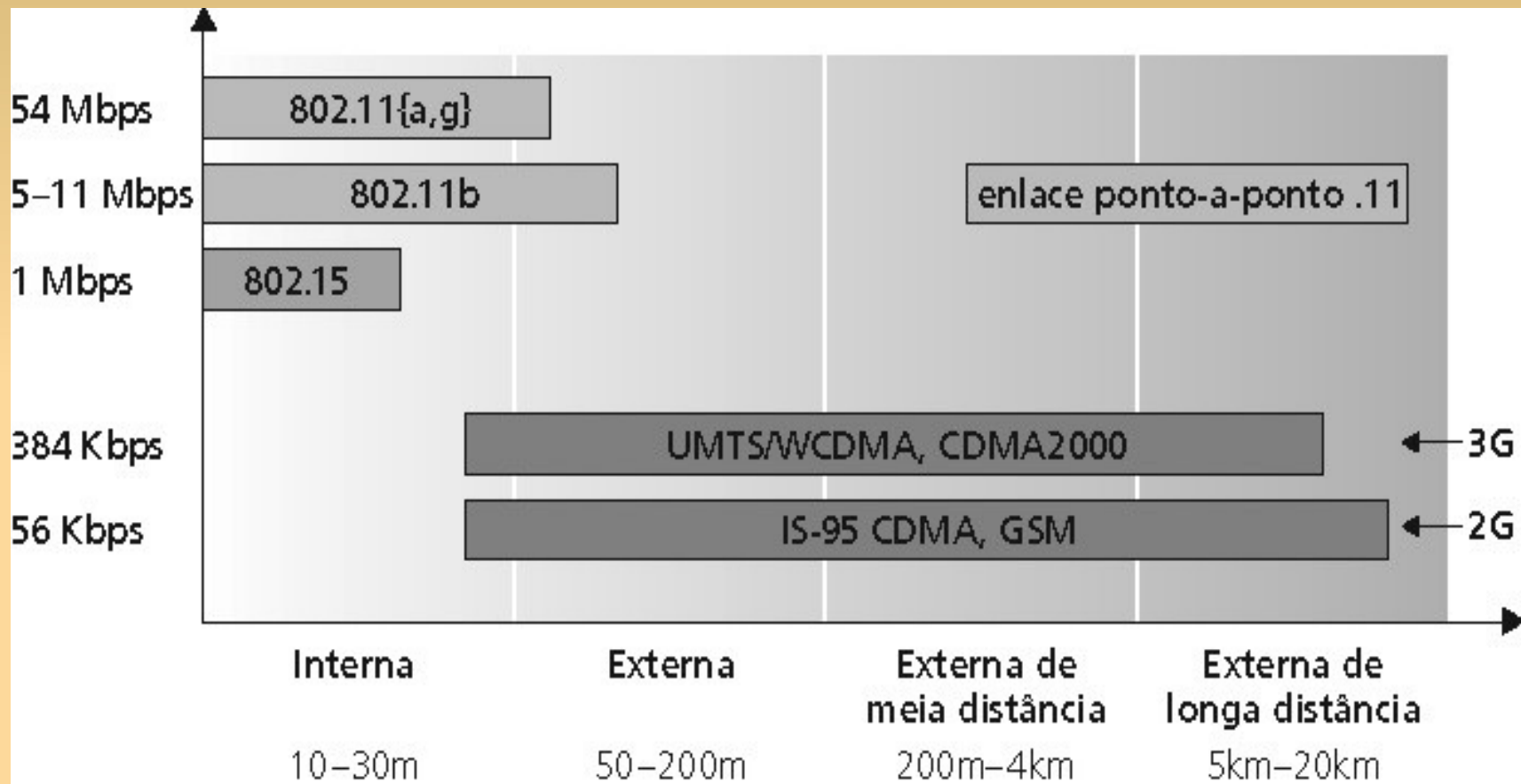
# Elementos de uma rede sem fio



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:

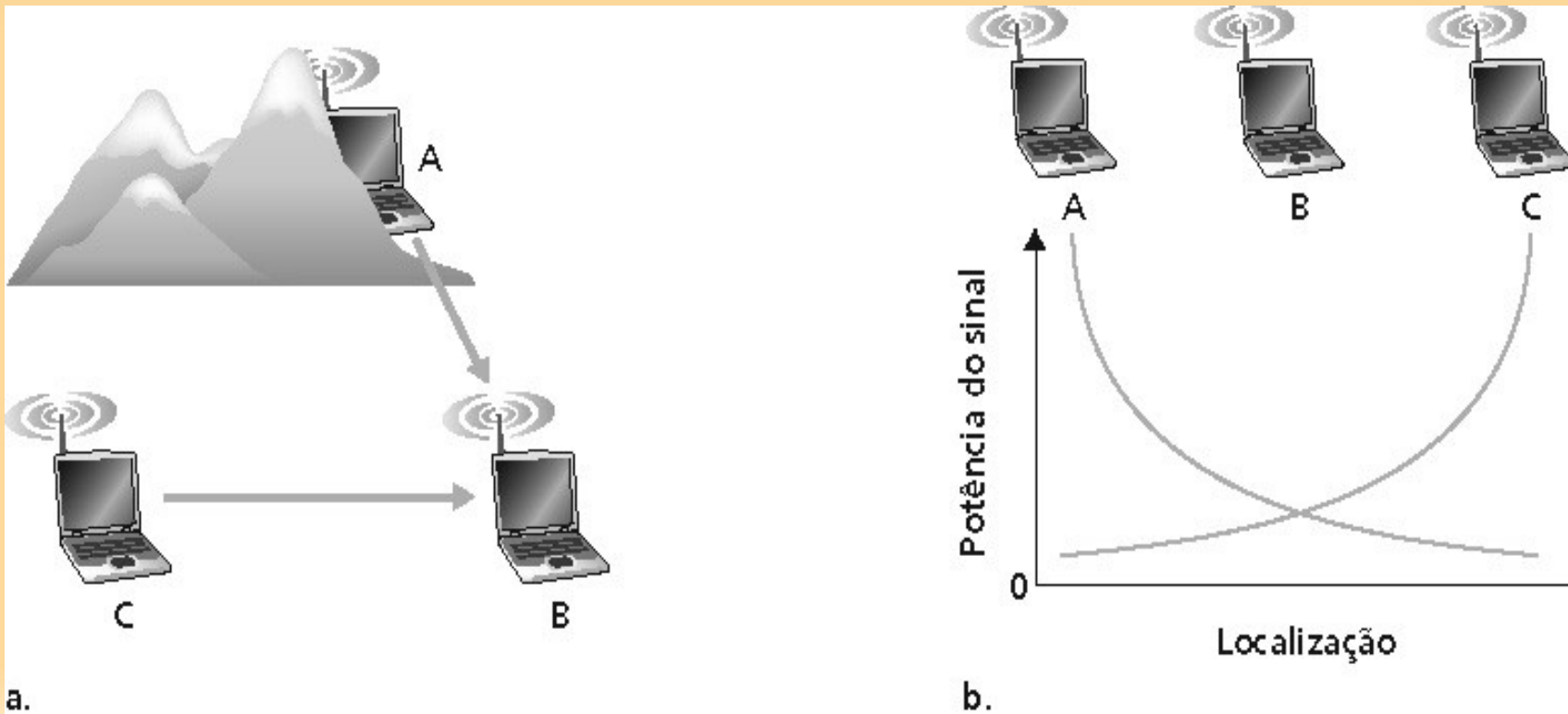
**Redução da força do sinal:** os sinais de rádio se atenuam à medida que eles se propagam.

**Interferência de outras fontes:** as frequências padronizadas para redes sem fio são compartilhadas por outros equipamentos, e.g. telefone sem fio.

**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).



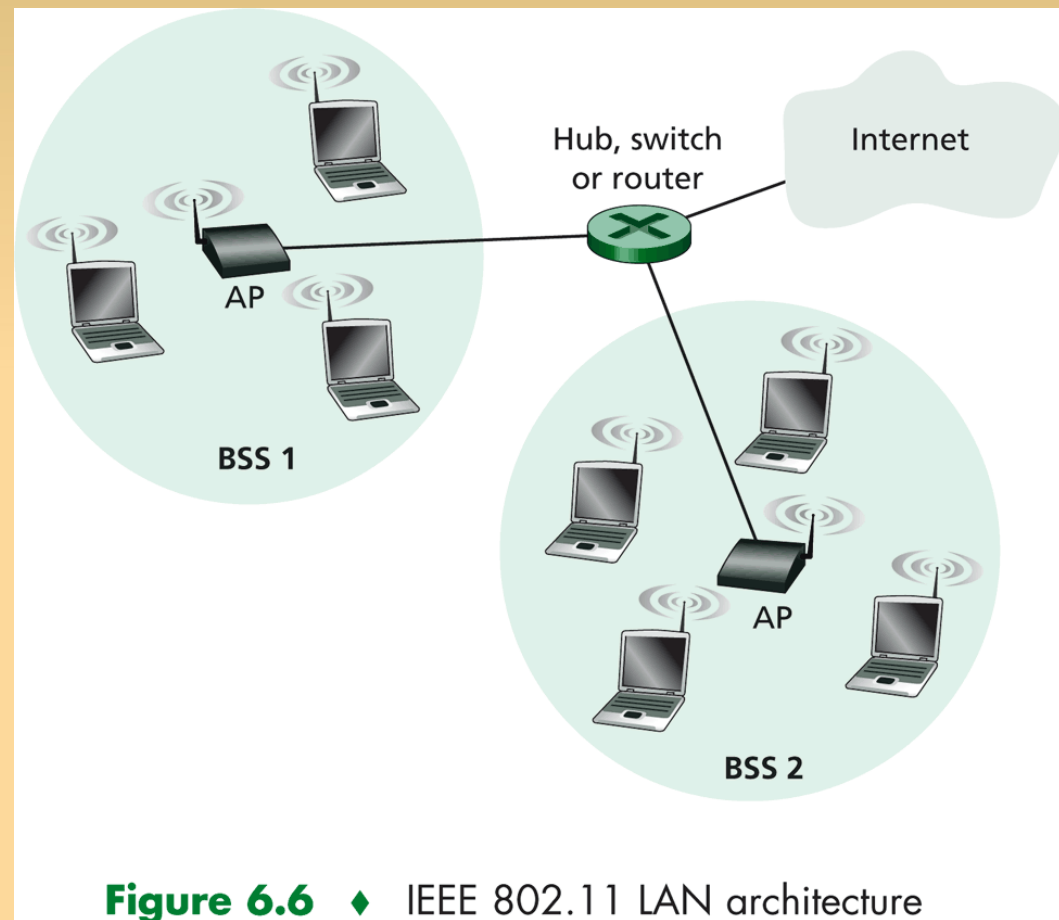


# LAN sem fio: IEEE802.11

| <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          |

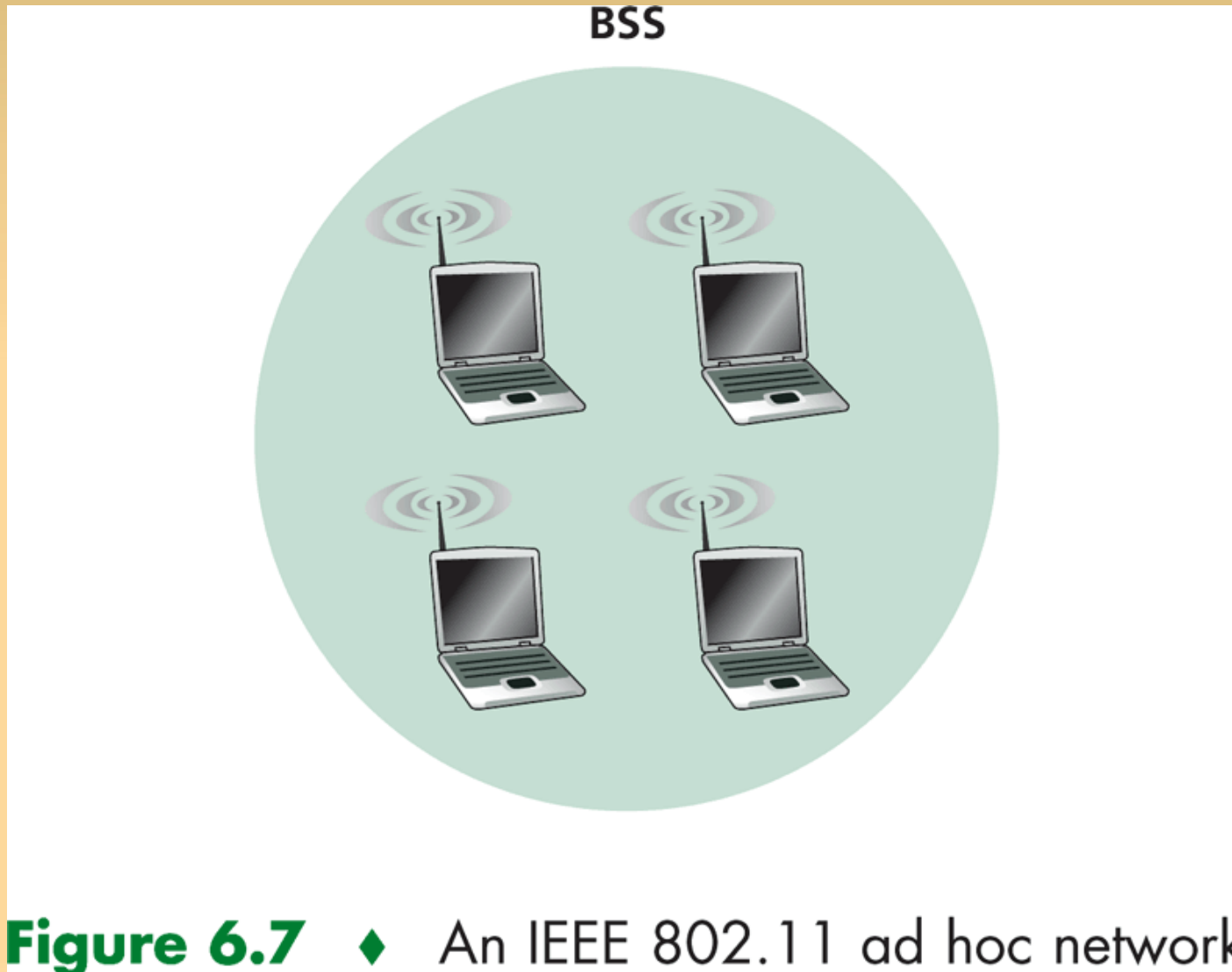
- ∇ Usam CSMA/CA para acesso múltiplo.
- ∇ Operam em dois modos:
  - infra-estrutura;
  - ad hoc.

# Arquitetura da LAN 802.11



- 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



# 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

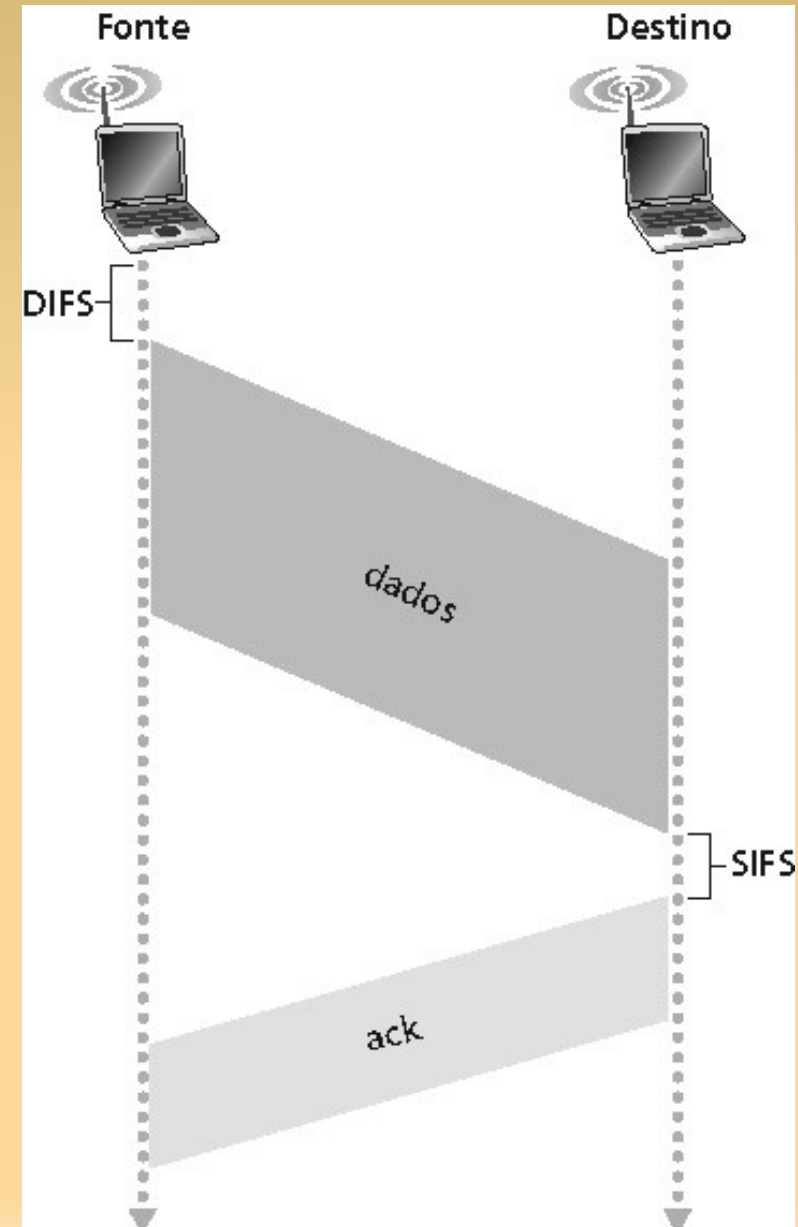
- ∇ CSMA – escuta antes de transmitir
  - Não colide com transmissões em curso de outros nós
- ∇ 802.11: não faz detecção de colisão!
  - Difícil de receber (sentir as colisões) quando transmitindo devido ao fraco sinal recebido (desvanecimento).
  - Pode não perceber as colisões devido a terminal oculto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

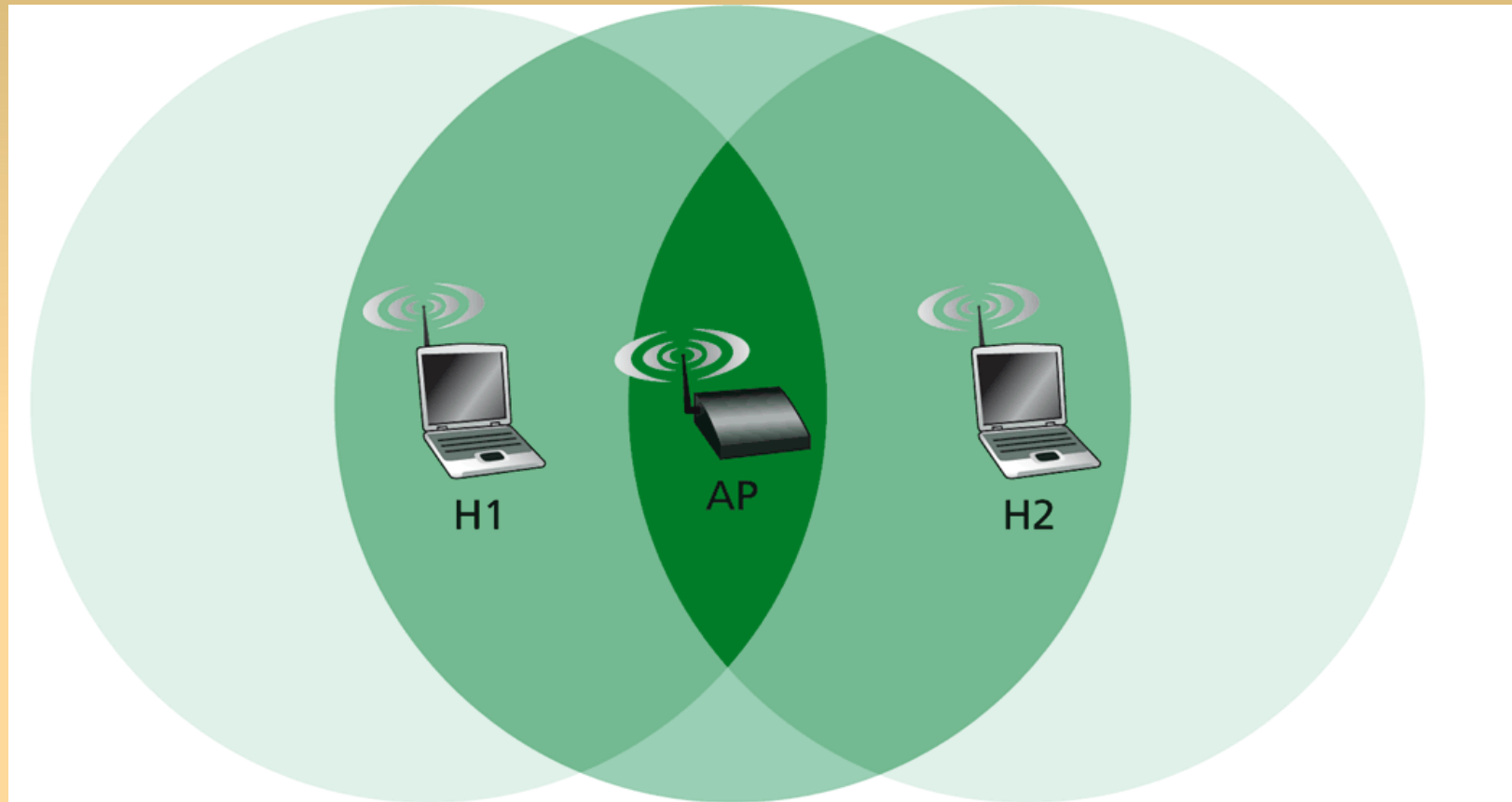
Receptor envia em broadcast clear to send CTS em resposta ao RTS.

Transmissor envia o quadro de dados.

Outras estações deferem suas transmissões.

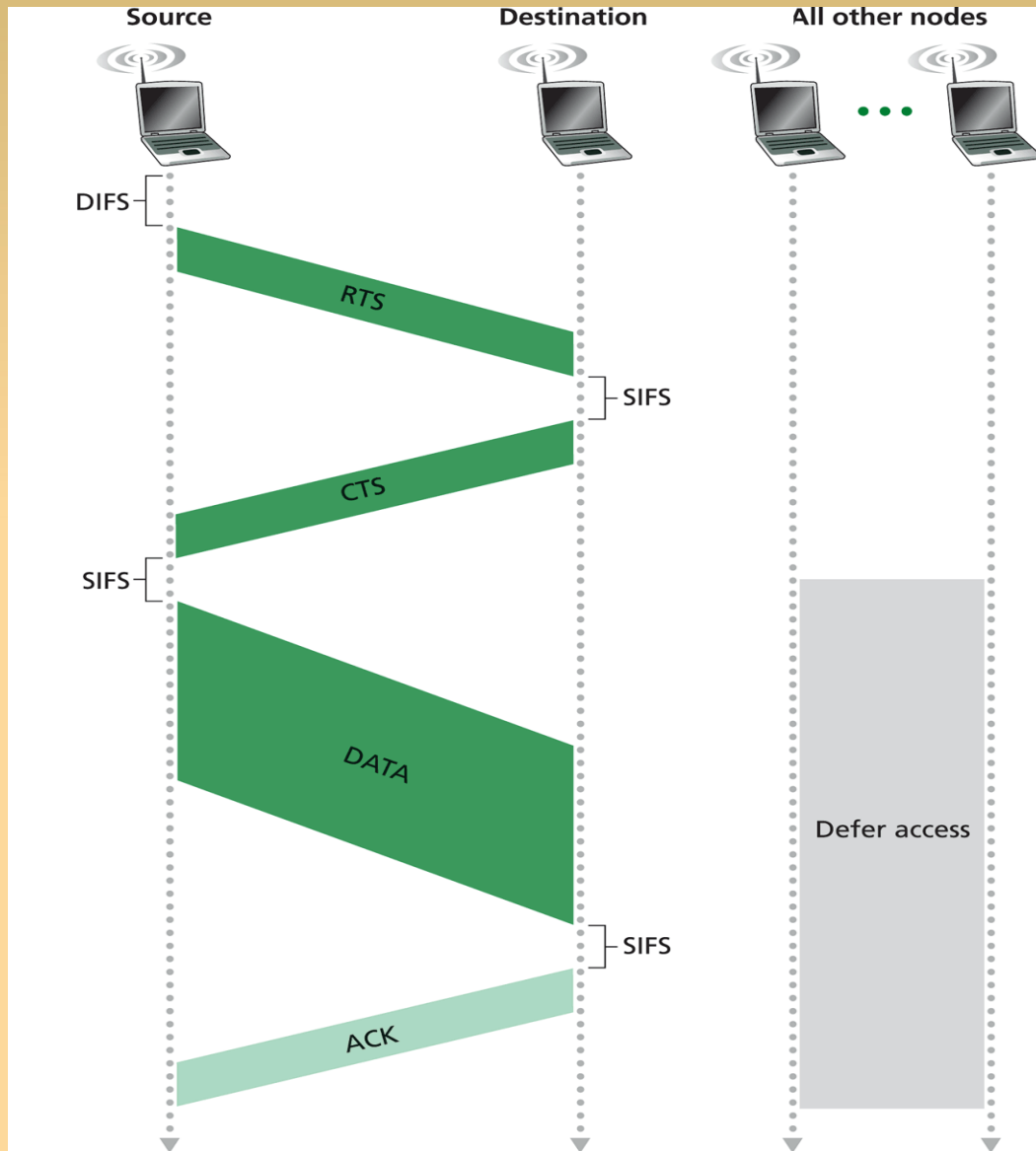


# RTS/CTS resolve a colisão de terminal oculto?



**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\\_kurose\\_network\\_2/applets/csma-ca/withouthidden.html](http://media.pearsoncmg.com/aw/aw_kurose_network_2/applets/csma-ca/withouthidden.html)
- Applet com terminal oculto:  
[http://media.pearsoncmg.com/aw/aw\\_kurose\\_network\\_2/applets/csma-ca/withhidden.html](http://media.pearsoncmg.com/aw/aw_kurose_network_2/applets/csma-ca/withhidden.html)

# Quadro 802.11 - Endereços

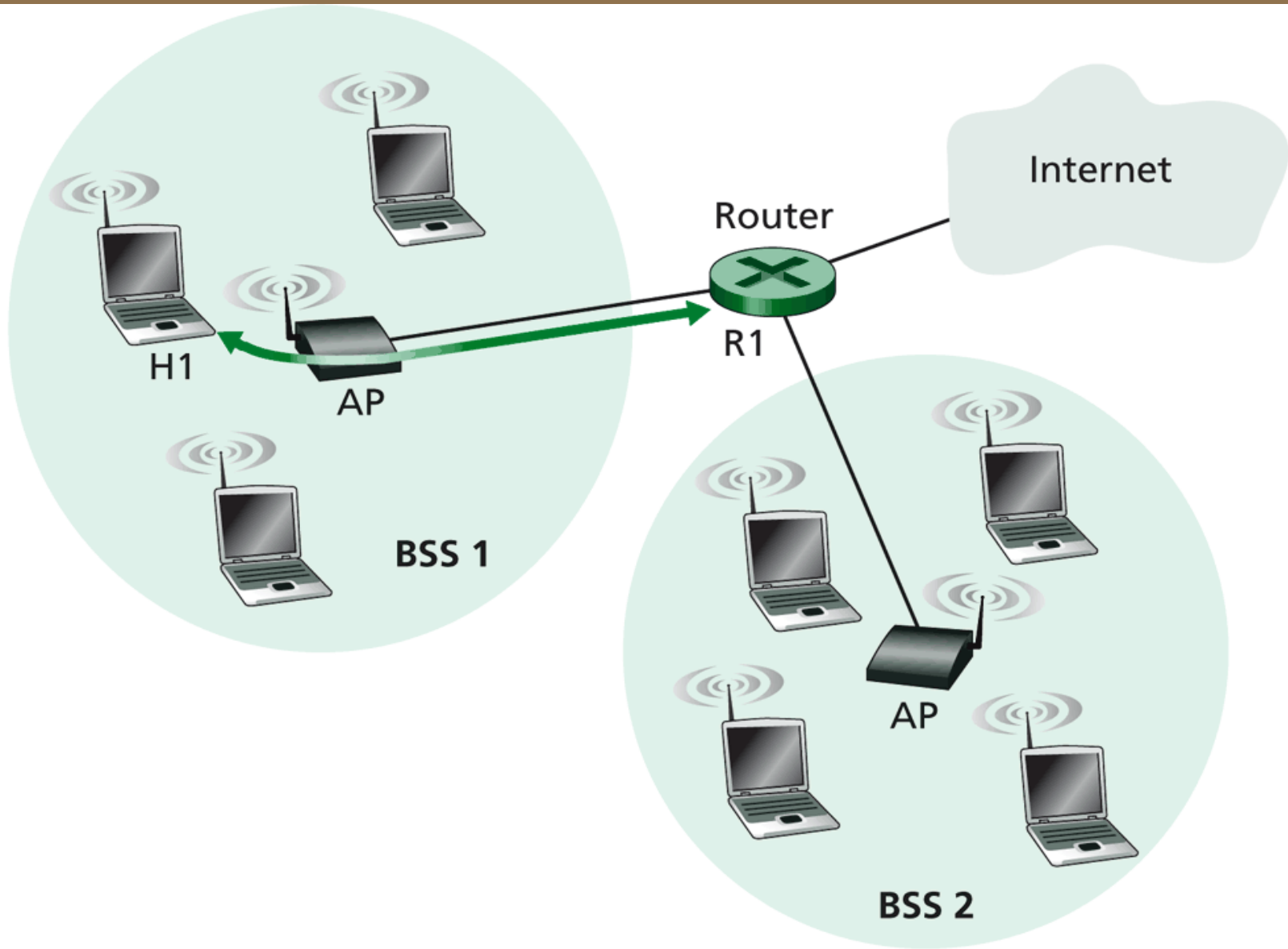
| Quadro:            |         |            |            |            |                       |            |            |     |
|--------------------|---------|------------|------------|------------|-----------------------|------------|------------|-----|
| 2                  | 2       | 6          | 6          | 6          | 2                     | 6          | 0-2312     | 2   |
| Controle de quadro | Duração | Endereço 1 | Endereço 2 | Endereço 3 | Controle de seqüência | Endereço 4 | Carga útil | CRC |

**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

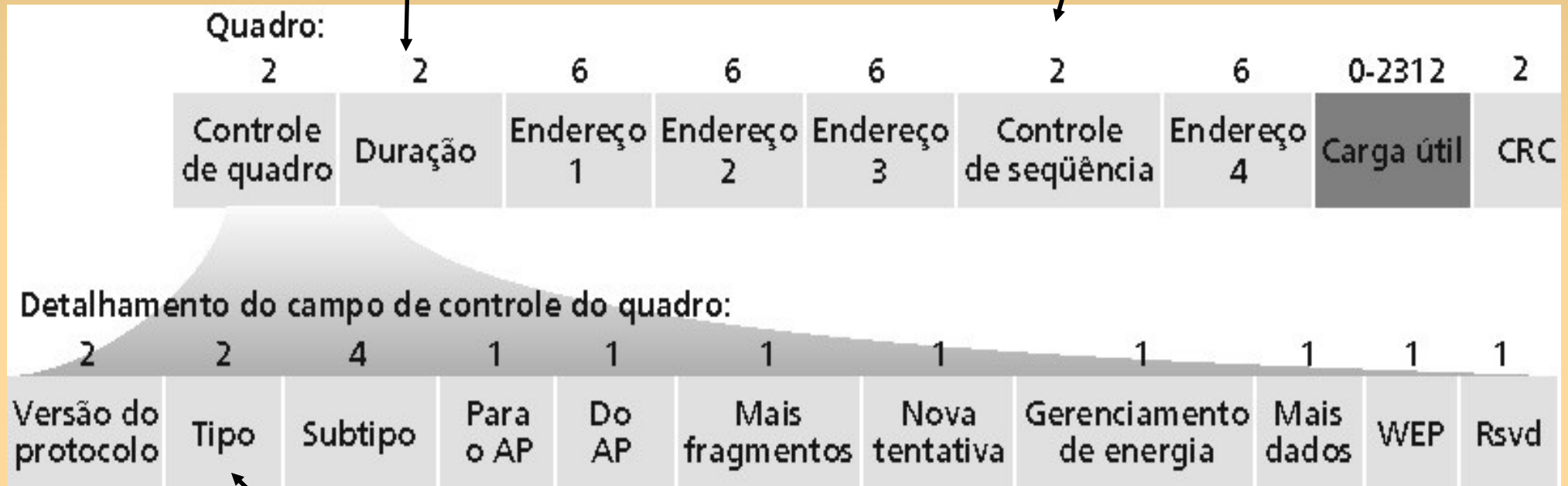


**Figure 6.12** ♦ The use of address fields in 802.11 frames: Moving a frame between H1 and R1

# Quadro 802.11

Duração do tempo de transmissão reservada (RTS/CTS)

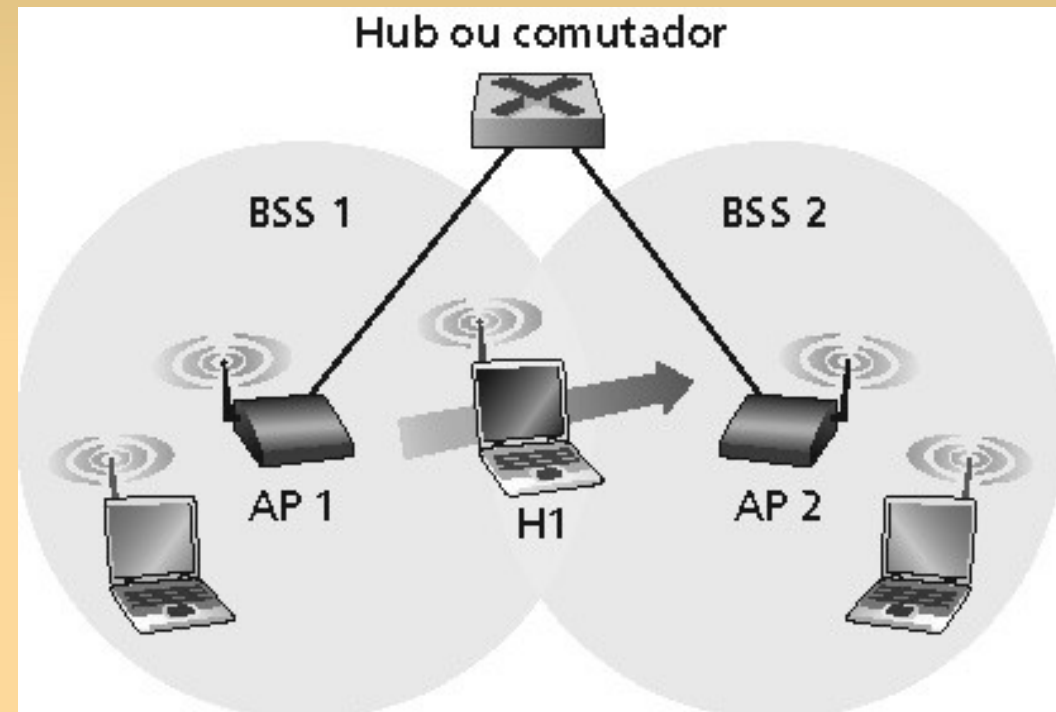
# seg do quadro (para ARQ confiável)



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.

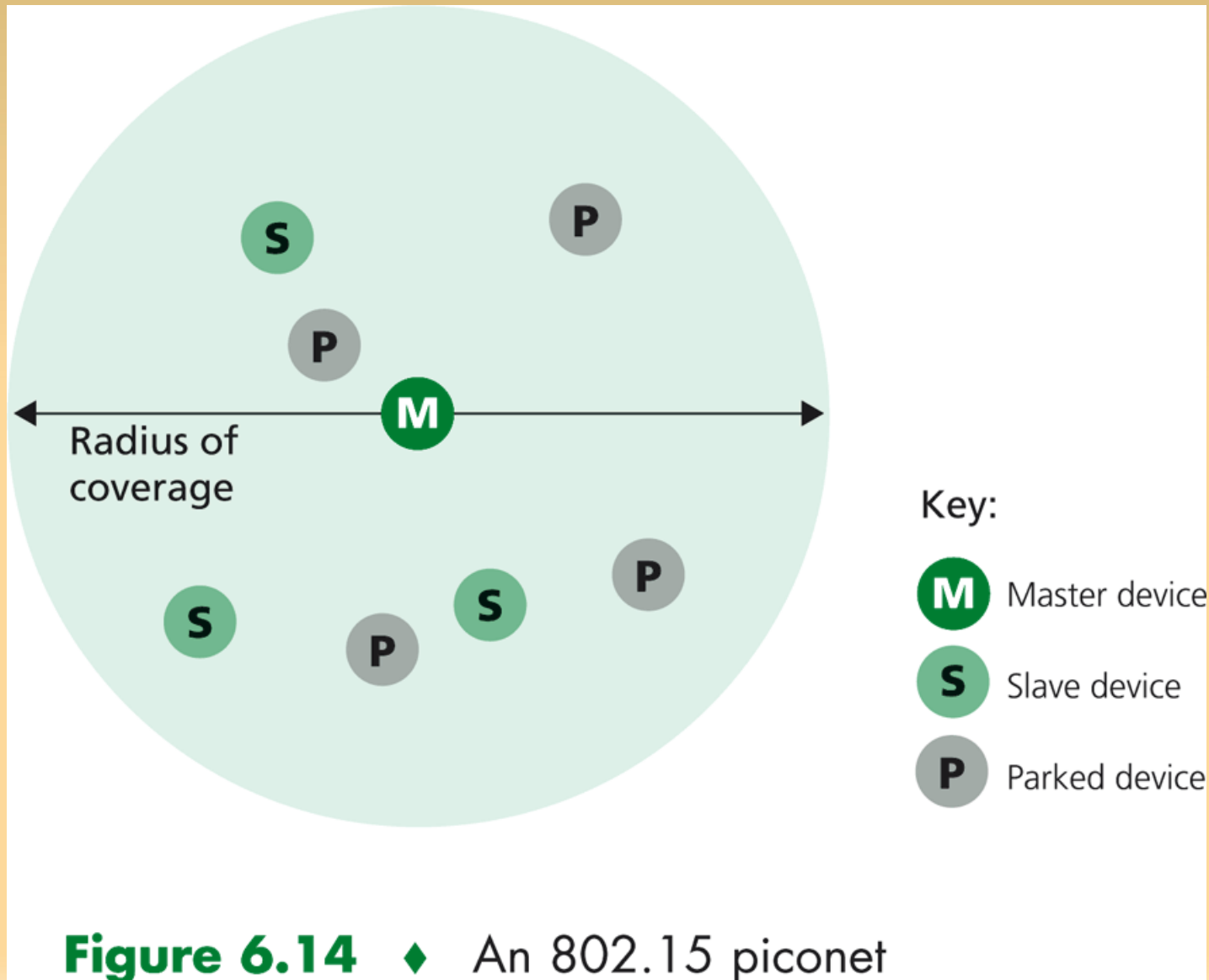


# IEEE 802.15 e Bluetooth

- ∇ 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



# Acesso Celular a Internet

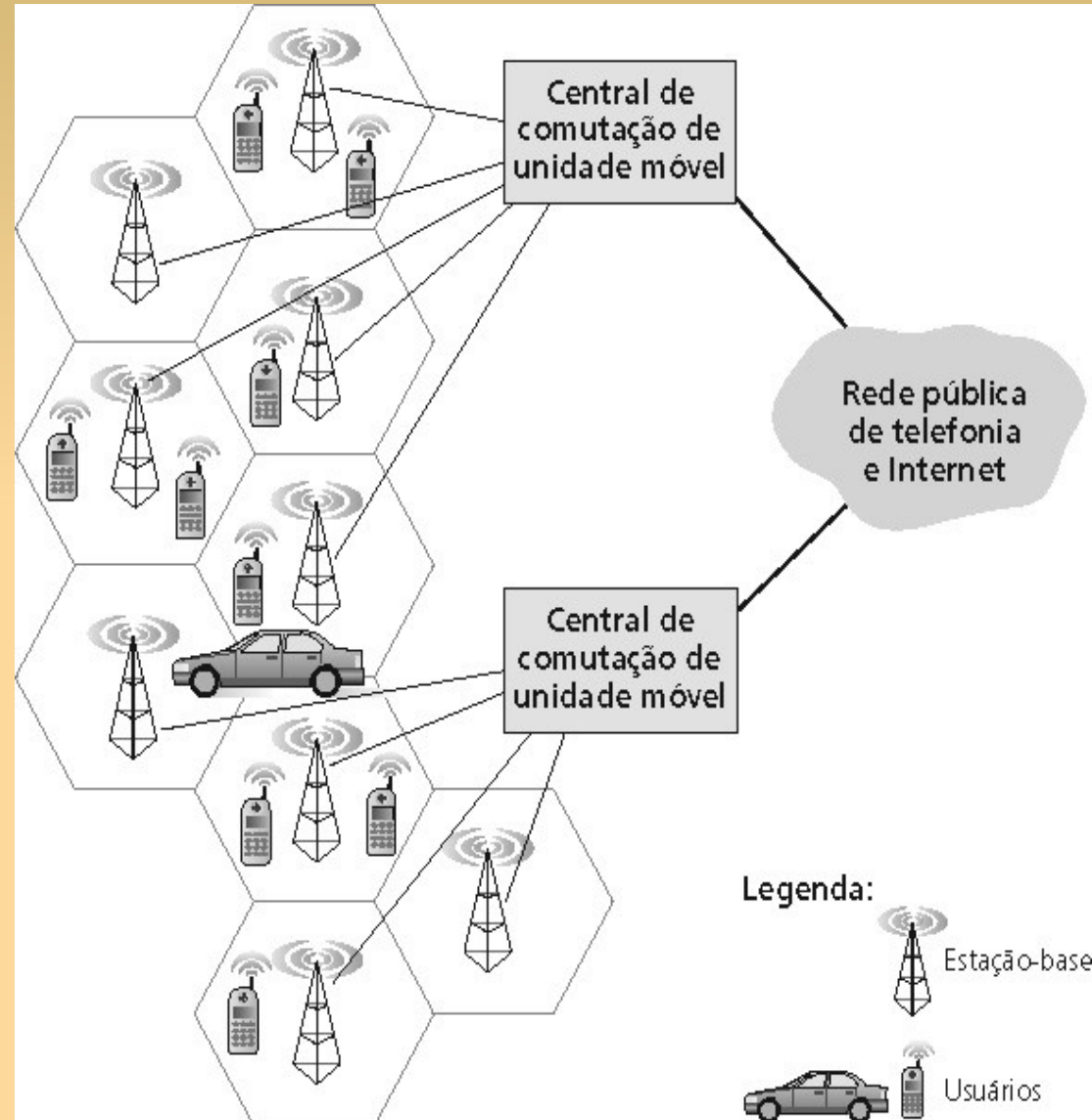
# Arquitetura básica da rede

MSC (Mobile Switching Center):

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

Célula:

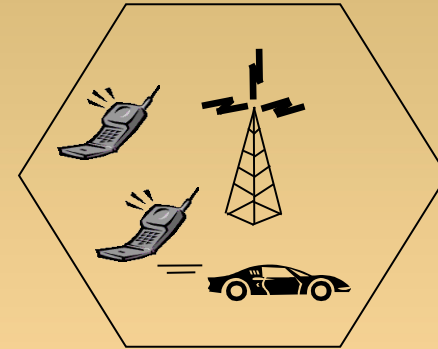
- ❑ cobre uma região geográfica;
- ❑ estação-base (BS) análoga ao 802.11 AP;
- ❑ usuários móveis ligam-se à rede através do BS;
- ❑ interface aérea: protocolo de camada física e de enlace entre o usuário móvel e o BS.



# Redes celulares: acesso

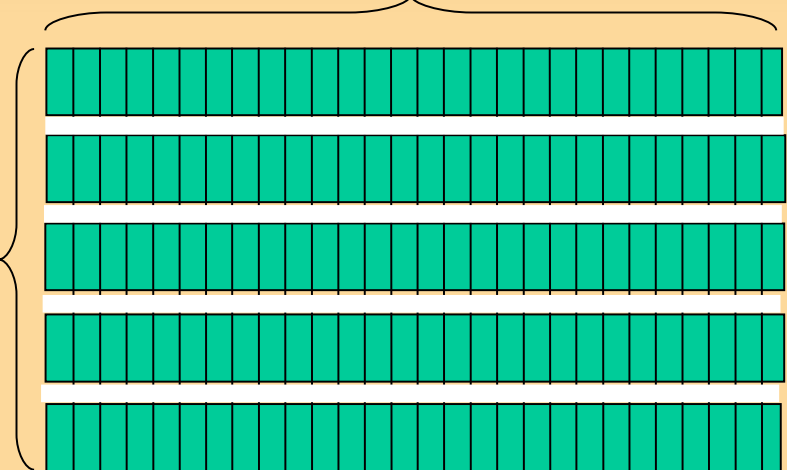
Duas técnicas para compartilhamento do espectro na interface aérea:

- ∇ **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)

Faixas de frequência



# Padrões celulares: resumo

**Sistemas 2G:** canais de voz

- ∇ IS-136 TDMA: FDMA/TDMA combinado; uma evolução do 1G
- ∇ GSM (global system for mobile communications): FDMA/TDMA combinado  
Empregado de forma mais ampla.
- ∇ IS-95 CDMA: acesso múltiplo por divisão de códigos (mais nos EUA e na KR).

# 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;
    - Pacotes TCP/IP em redes GSM
    - 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 mais potente para alcançar taxas mais altas;

O objetivo é alcançar uma transmissão de dados melhor

Taxa de dados até 384 K.

- ∇ CDMA-2000 (fase 1):

Taxa de dados até 144 K;

Veio antes da 3G que usa CDMA (fase 2).

# Padrões celulares: resumo

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

- ∇ Universal Mobile Telecommunications Service (UMTS).
  - Evolução dos sistemas 2,5 mas usando CDMA.
- ∇ CDMA-2000 (fase 2).
- ∇ 144 kbps em velocidades de automóveis
- ∇ 384 kbps estacionário ou *outdoor* a pé


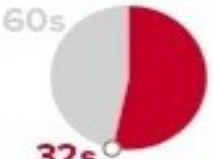
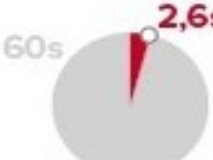
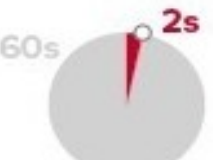

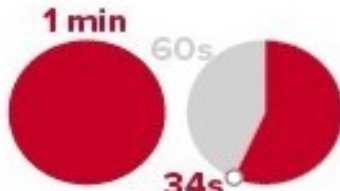
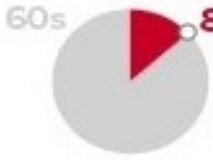
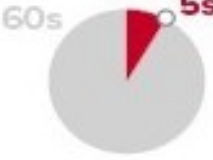

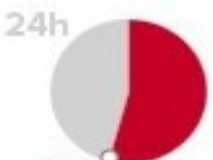




# Padrões celulares: resumo

## **Sistemas 4G:** Long Term Evolution

- ∇ Aplicações atuais não iriam “conviver” bem com o 3G
- ∇ Mudança na interface aérea
  - Mudança para a modulação OFDM
  - Segue o modelo da comutação de pacotes
- ∇ Criado para suportar:
  - 100Mbits/s para downlink
  - 50Mbits/s para uplink
- ∇ No Brasil opera na freq. 2,5GHz
- ∇ Claro e Vivo possuem as maiores bandas 4G

# Padrões celulares: resumo

| Quanto tempo você leva para baixar...  | Velocidade da conexão   |  |  |
|--|---|--|--|
|  | 3G  | 3,5G   | 4G   |
|  | 256 Kbps a 1 Mbps   | 3 Mbps a 6 Mbps  | 5 Mbps a 12 Mbps   |
|  <p><b>Fotos</b><br/>Uma foto em alta resolução (1 MB)</p>    |  <p>32 segundos a 8 segundos</p>               |  <p>2,6 segundos a 1,3 segundo</p>                      |  <p>2 segundos a 1 segundo</p>          |
|  <p><b>Músicas</b><br/>Uma música (3MB)</p>                  |  <p>1 minuto e 34 segundos a 24 segundos</p> |  <p>8 segundos a 4 segundos</p>                        |  <p>5 segundos a 2 segundos</p>        |
|  <p><b>Vídeos</b><br/>Um vídeo de 5 minutos HD (1.5 GB)</p> |  <p>13h12m a 3h20m</p>                       |  <p>1 hora e 8 minutos a 33 minutos e 20 segundos</p> |  <p>40 min a 16 min e 40 segundos</p> |

# Então...

- Vimos hj até a Seção 6.4