

# SSC0748 - Redes Móveis

## Introdução Redes sem fio e redes móveis

Prof. Jó Ueyama  
Agosto/2016

# 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

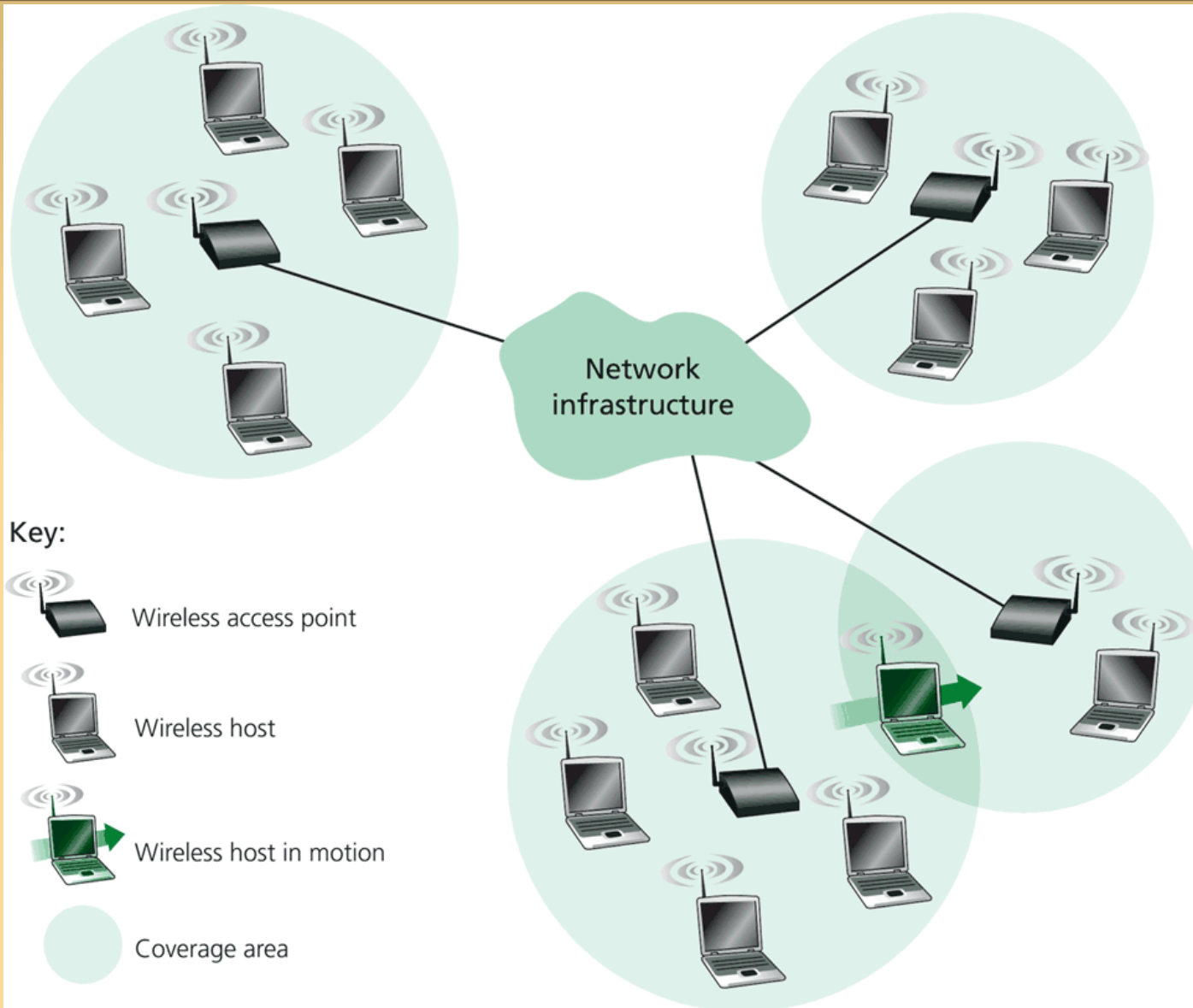
6.8 Mobilidade e protocolos de alto nível

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.

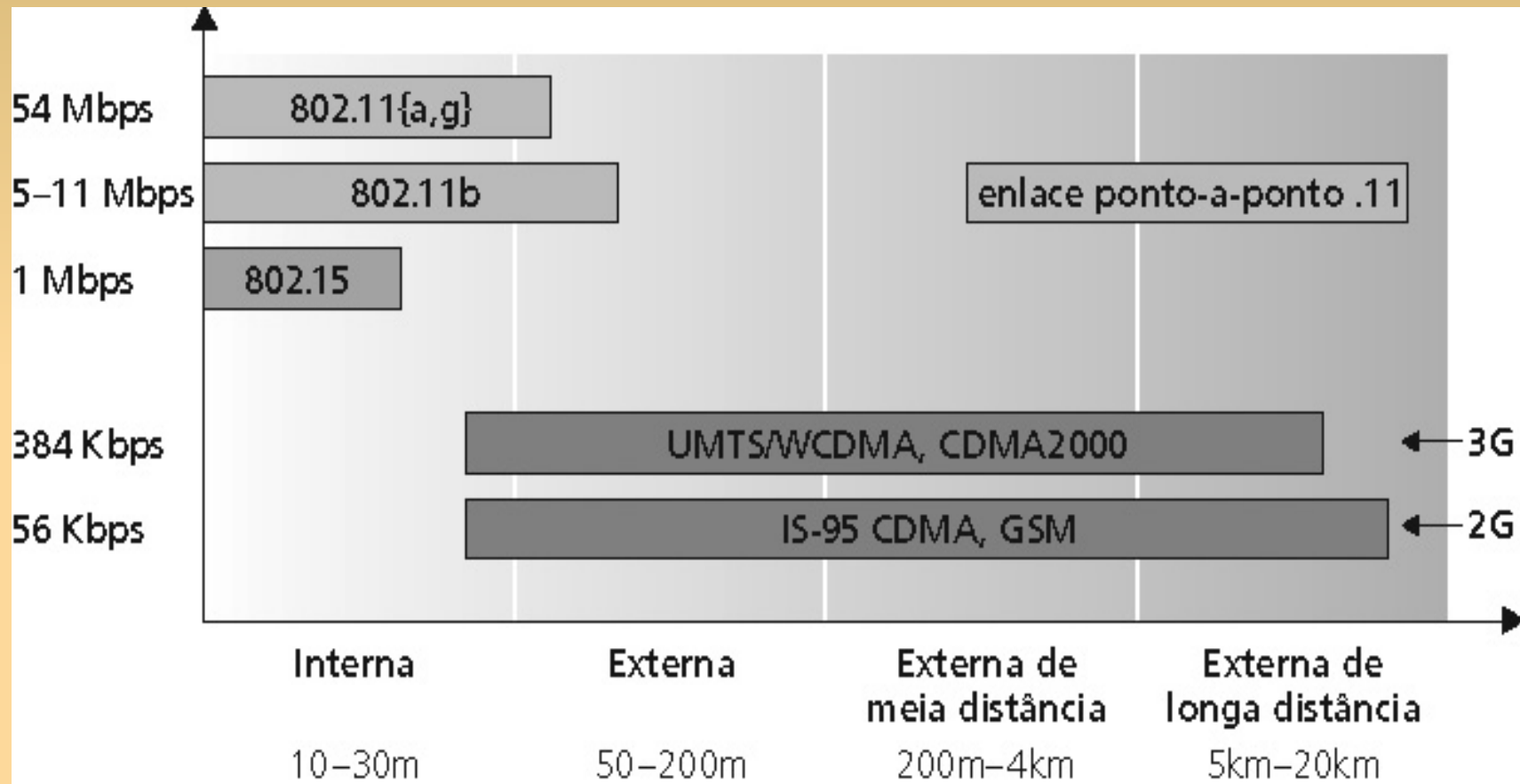
# Elementos de uma rede sem fio



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

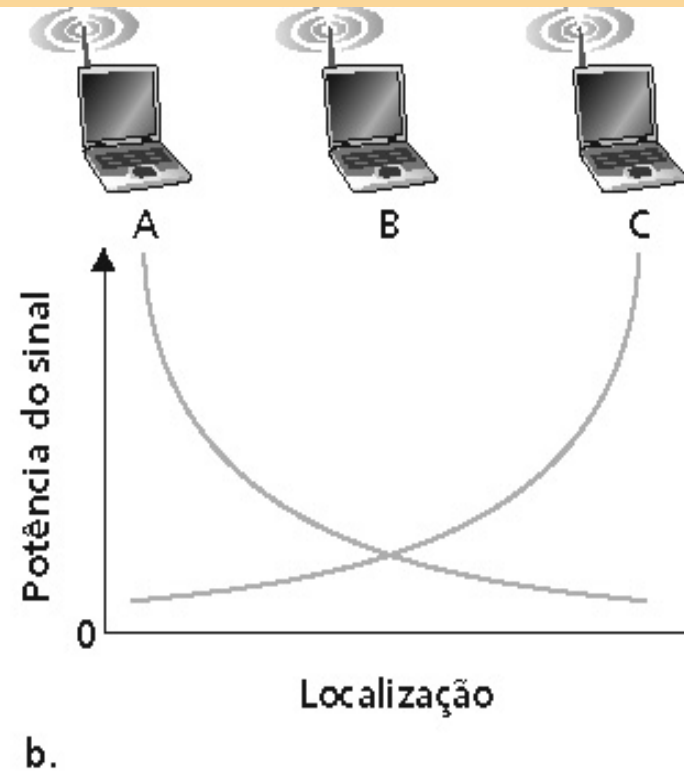
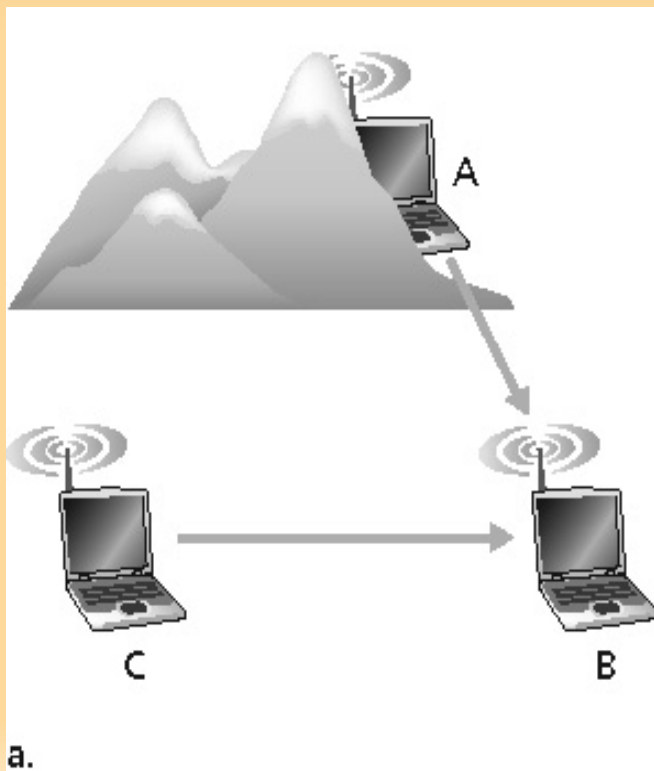
- Modo Infra-estrutura:
  - estação-base conecta hospedeiros móveis na rede cabeada;
  - handoff: hospedeiro móvel muda de uma estação-base para a outra.
- Modo ad hoc:
  - não há estações-base;
  - nós podem transmitir somente para outros nós dentro do alcance;
  - nós se organizam numa rede, efetuando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

Padrão	Faixa de frequência	Taxa de dados
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

∇ 802.11n taxa de dados de até 600Mb/s

∇ Usam CSMA/CA para acesso múltiplo.

∇ Operam em dois modos:

- infra-estrutura;
- ad hoc.

# LAN sem fio: IEEE802.11

∀802.11ac – novo padrão IEEE 802.11

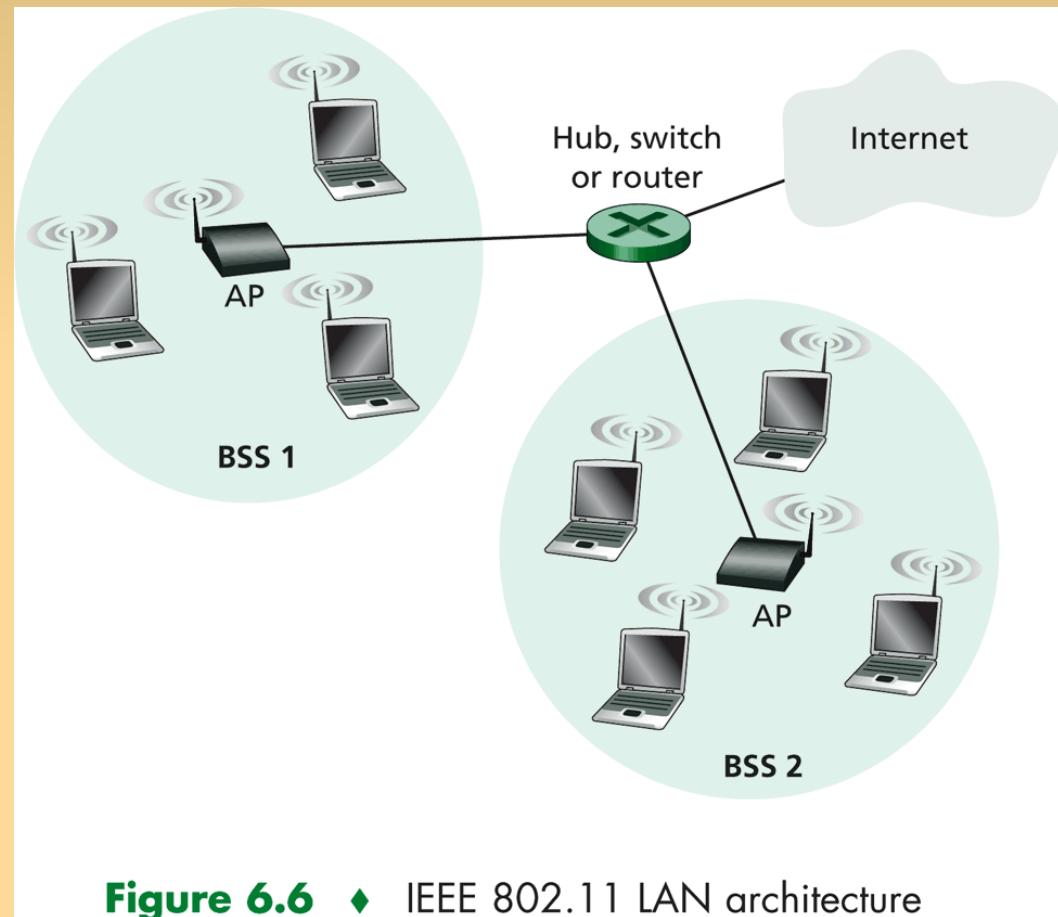
∀este foi aprovado para uso em Janeiro de 2014

∀Esperado para ser “comum” nos EUA em meados de 2015

∀Características

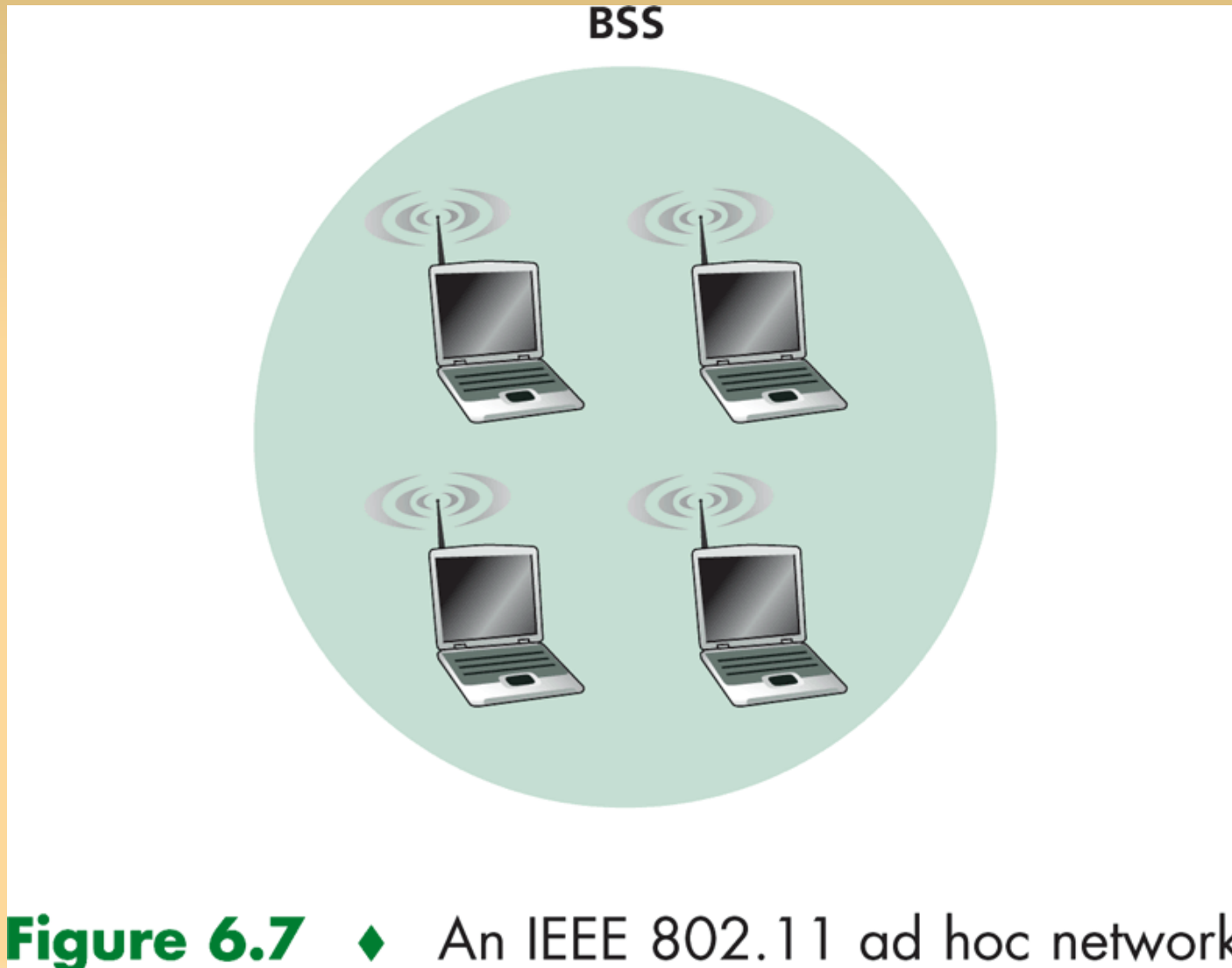
- Opera na banda de 5GHz
- Throughput na ordem de 1Gbs
- MIMO com oito streams simultâneos (802.11n suportava no máximo quatro)

# 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 infraestrutura 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.

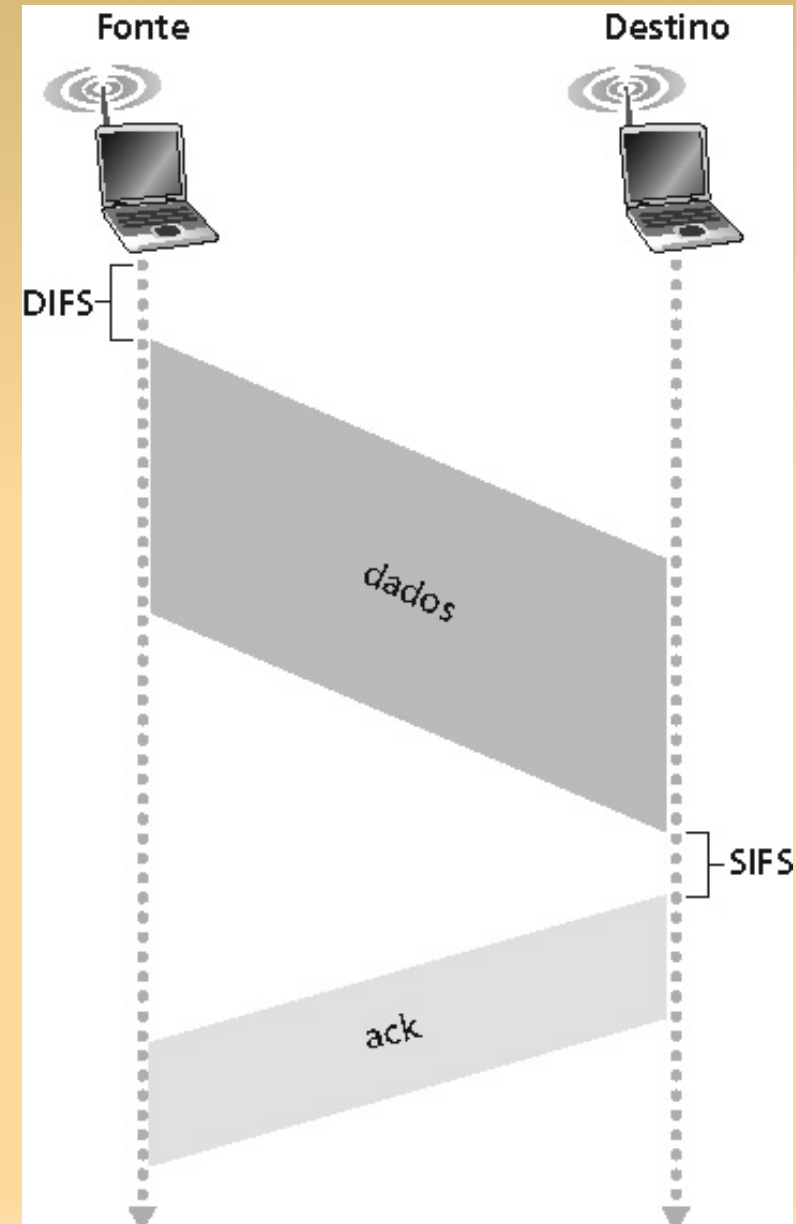
# 802.11 – Acesso Múltiplo

- ∇ 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 ao 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.

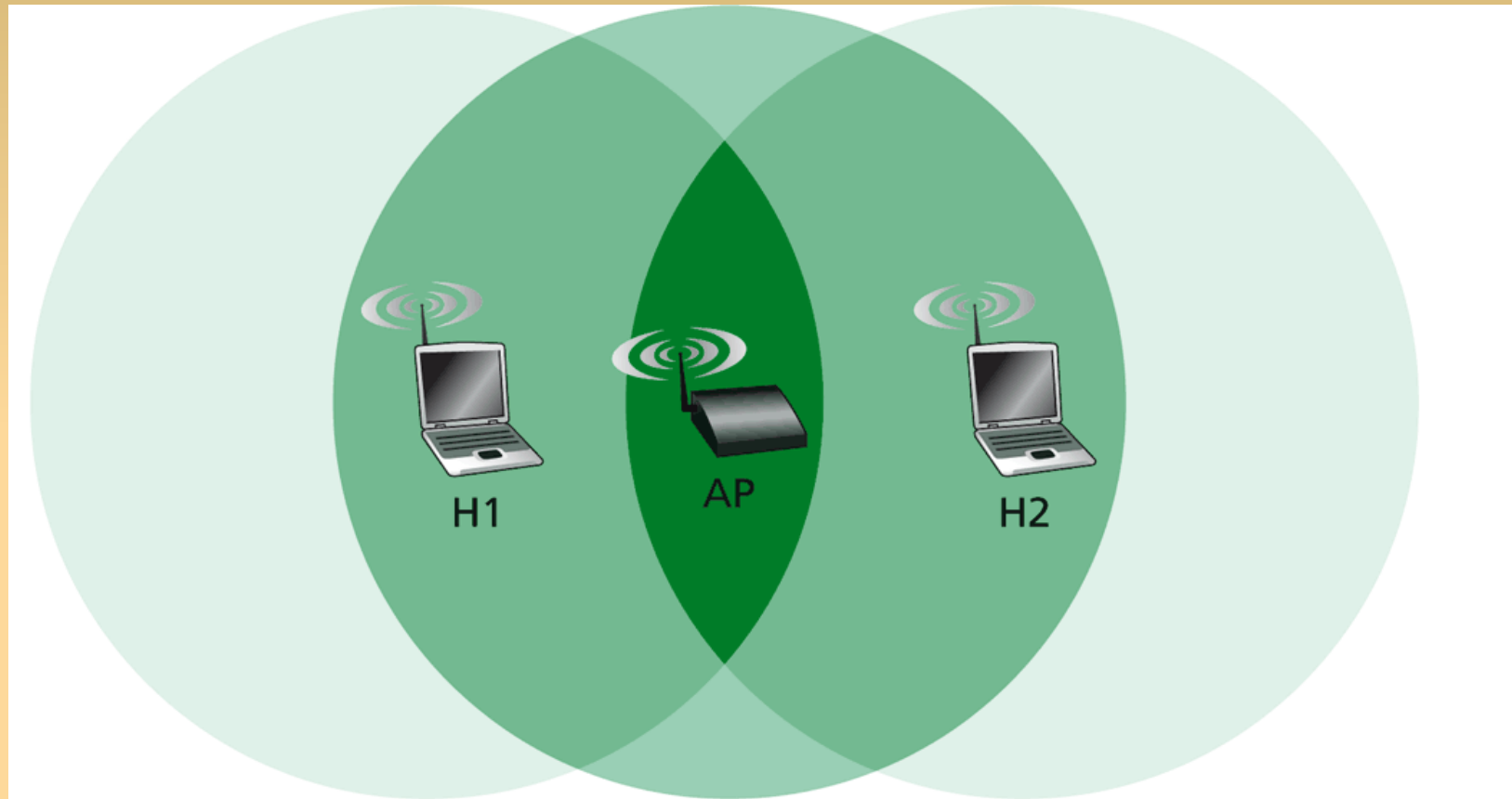




# Como evitar as colisões?

- **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

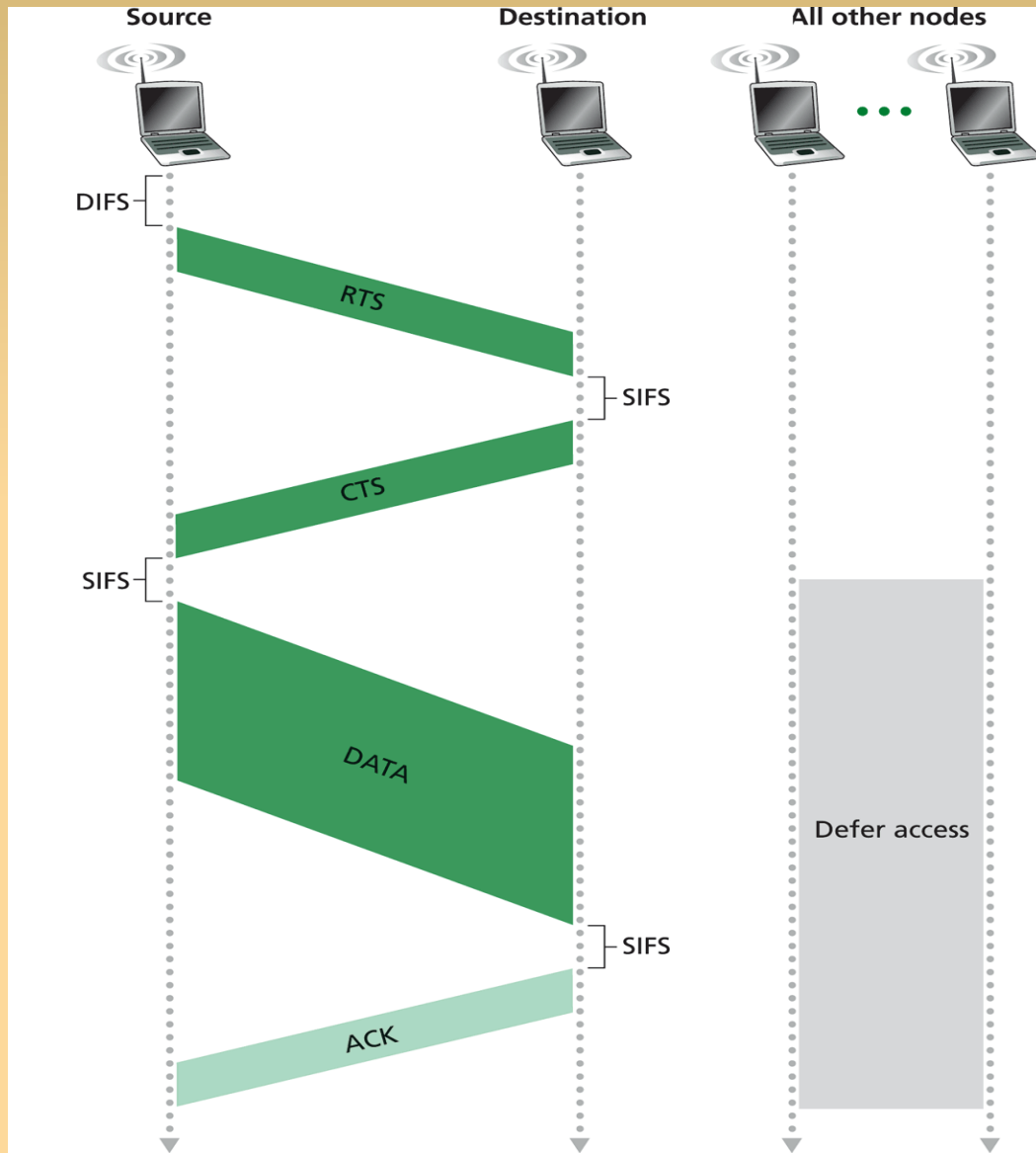


Figure 6.10 ♦ Collision avoidance using the RTS and CTS frames

# 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

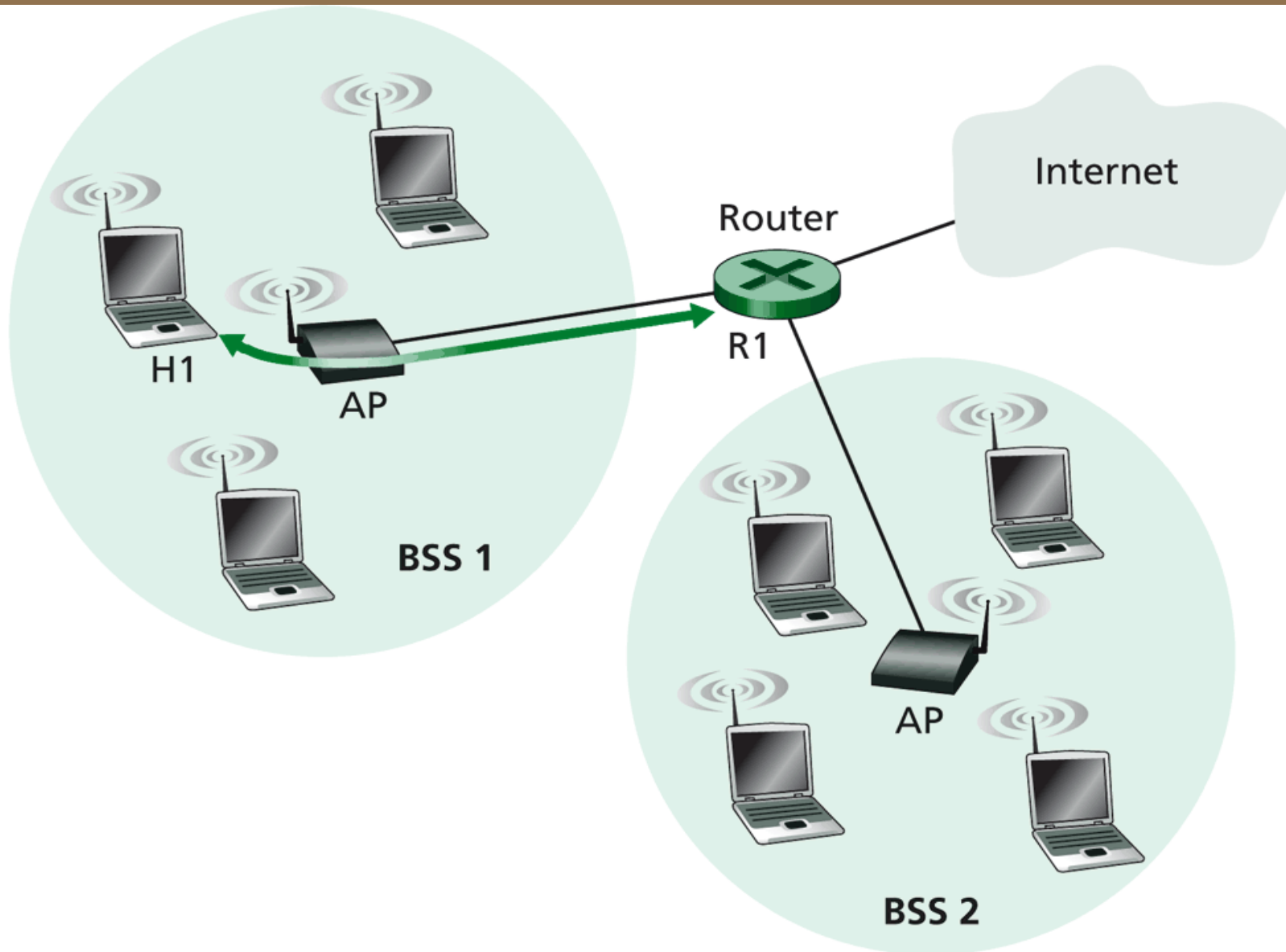
Quadro:								
2	2	6	6	6	2	6	0-2312	2
Controle	Duração	Endereço	Endereço	Endereço	Controle	Endereço	Carga útil	CRC

**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.

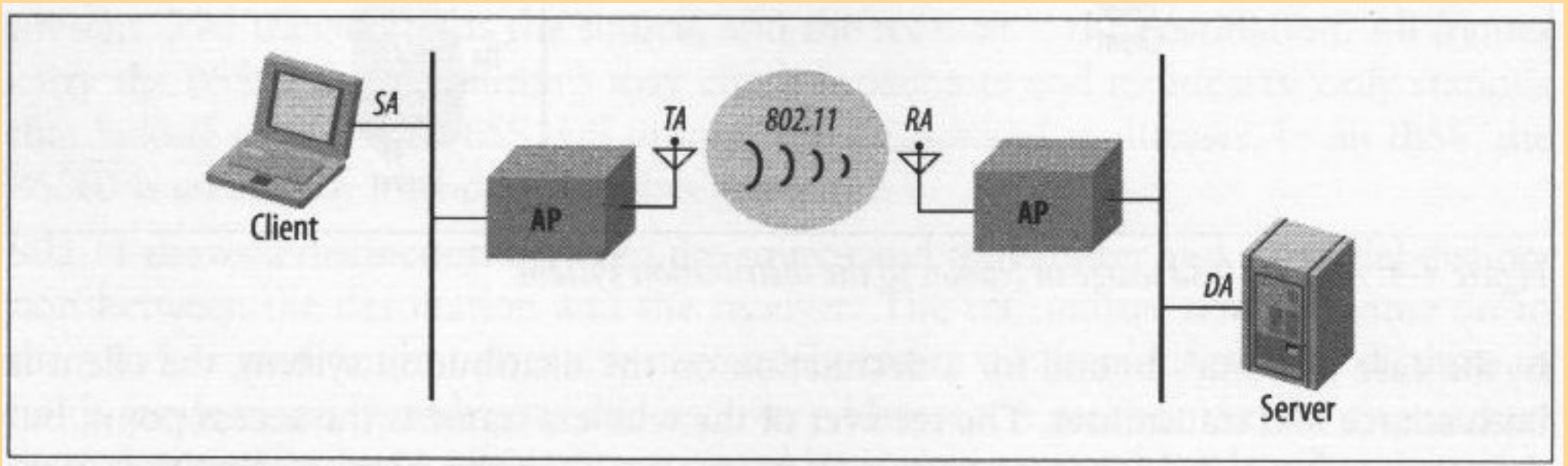
**Endereço 4:** usado apenas no modo ad hoc



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

# E o 4o. Endereço? WDS

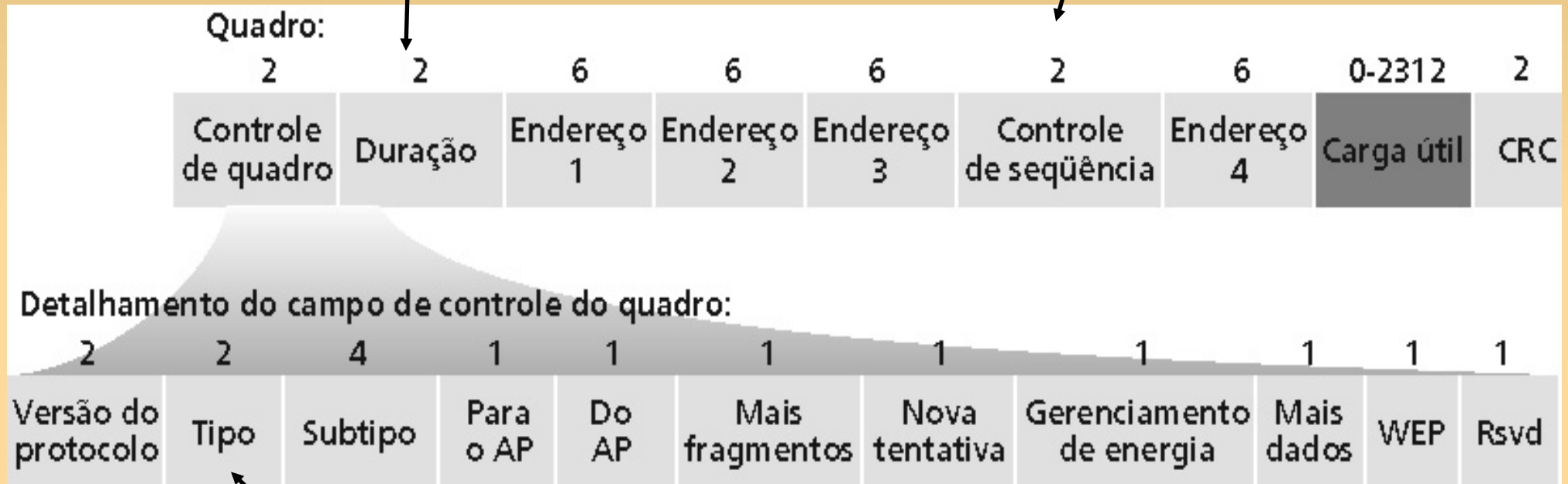
- Address 1 → RA
- Address 2 → TA
- Address 3 → DA
- Address 4 → SA



# Quadro 802.11

Duração do tempo de transmissão reservada (RTS/CTS)

# seg do quadro (para ARQ confiável)

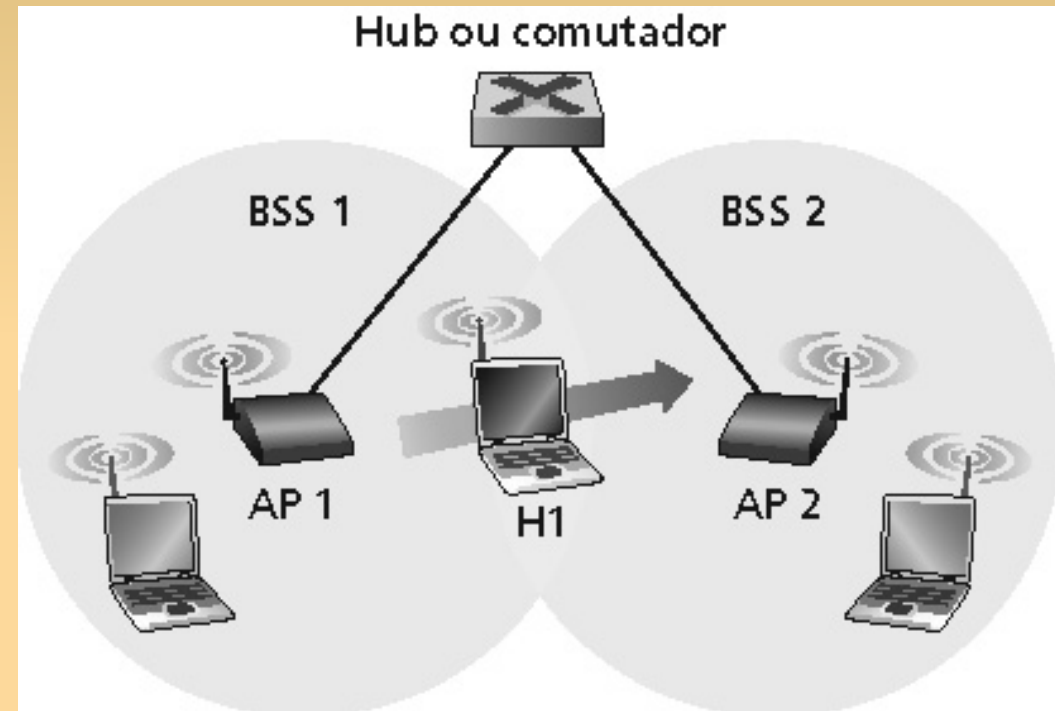


Tipo de quadro (RTS, CTS, ACK, dados)



# 802.11: Mobilidade na mesma sub-rede

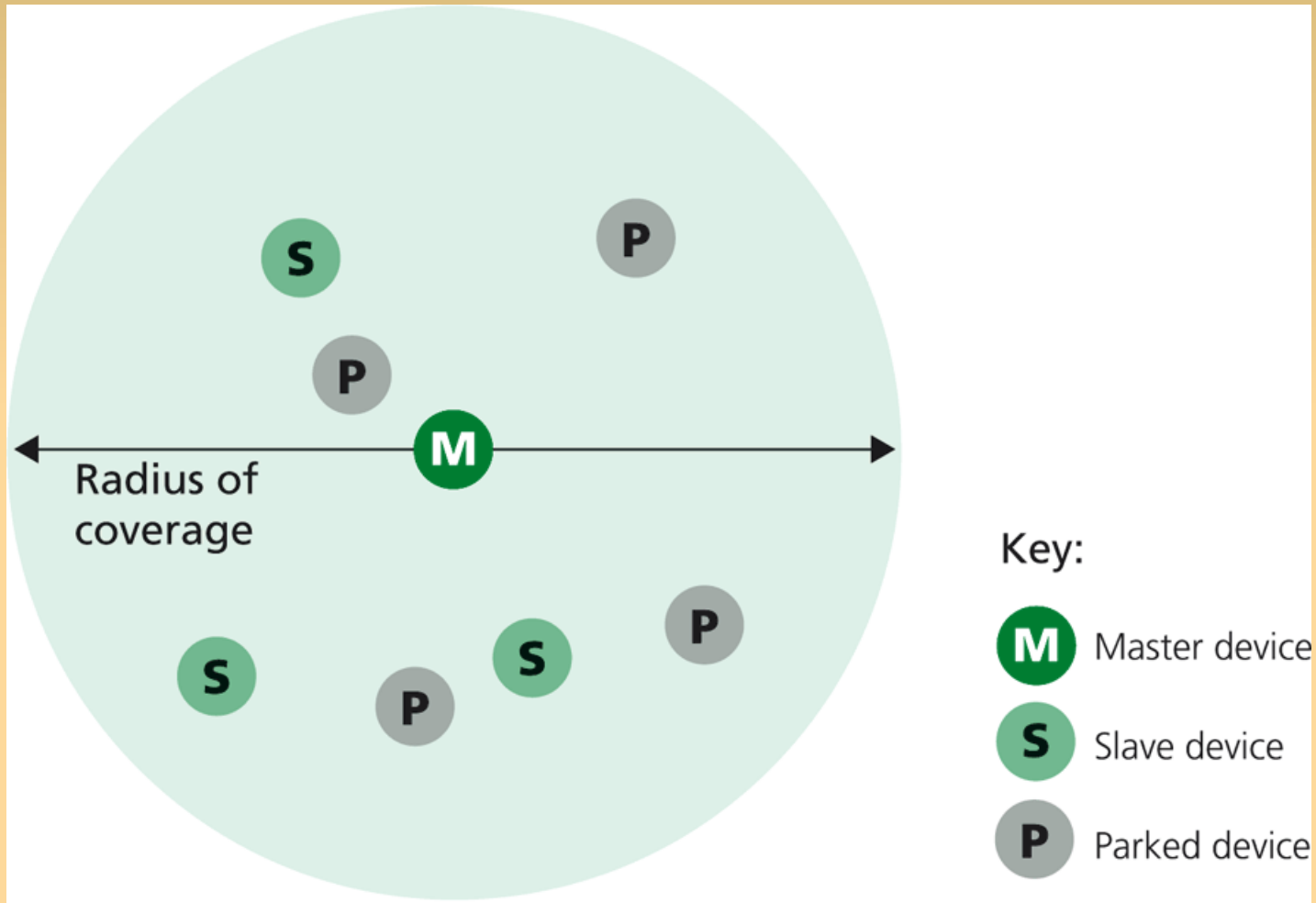
- ∇ H1 permanece na mesma sub-rede IP; endereço pode ficar o mesmo.
- ∇ Switch: qual AP está associado com H1?
  - Aprendizado: switch vê quadro de H1 e “lembra” qual porta do switch deve ser usada para chegar a H1.



# 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



**Figure 6.14** ♦ An 802.15 piconet

# Acesso Celular a Internet

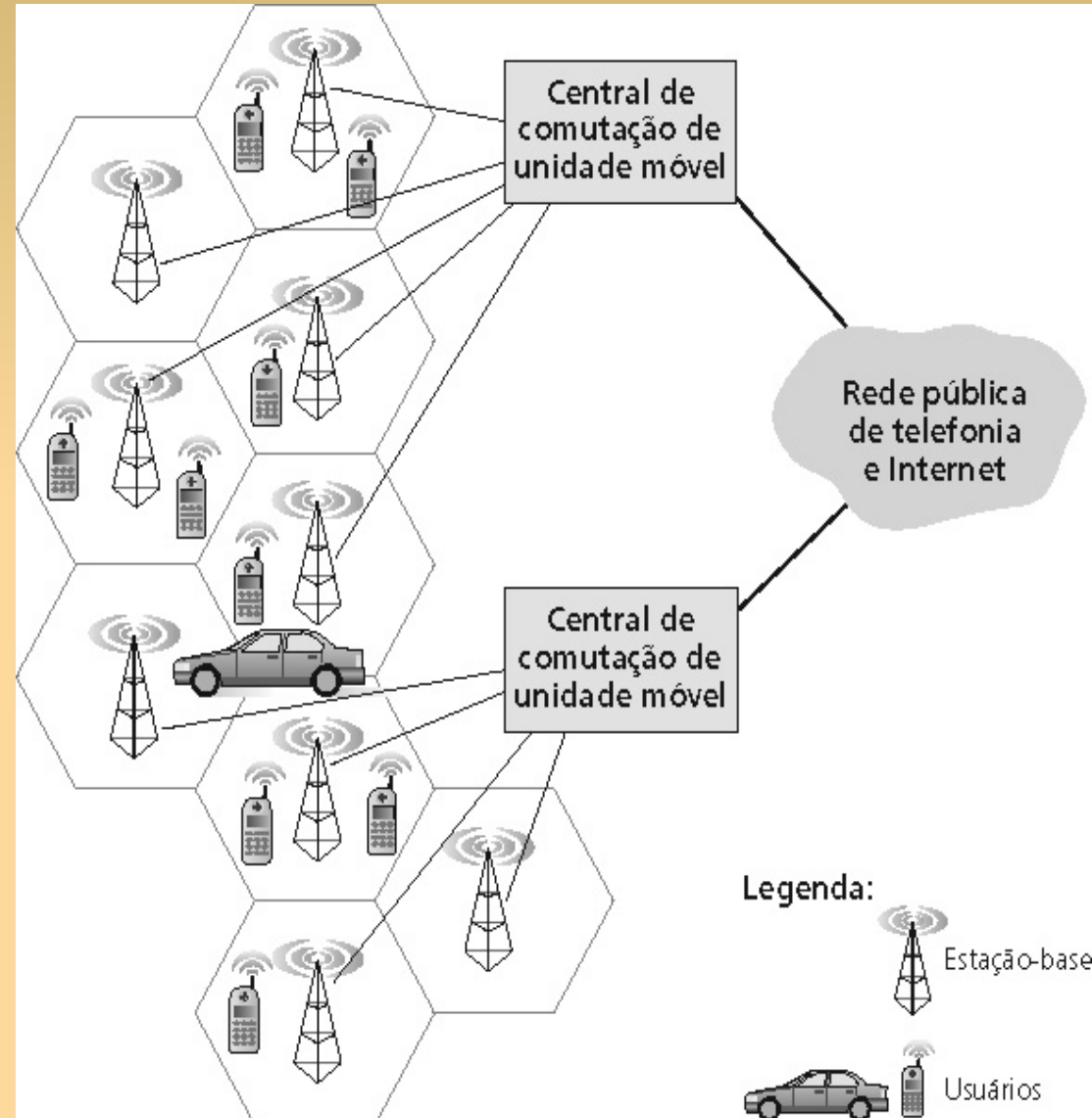
# Arquitetura básica da rede

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.

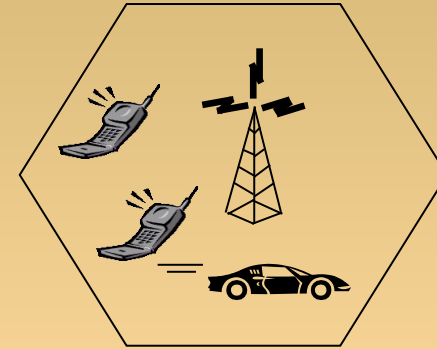


# Redes celulares: acesso

Duas técnicas para compartilhamento do espectro na interface aérea:

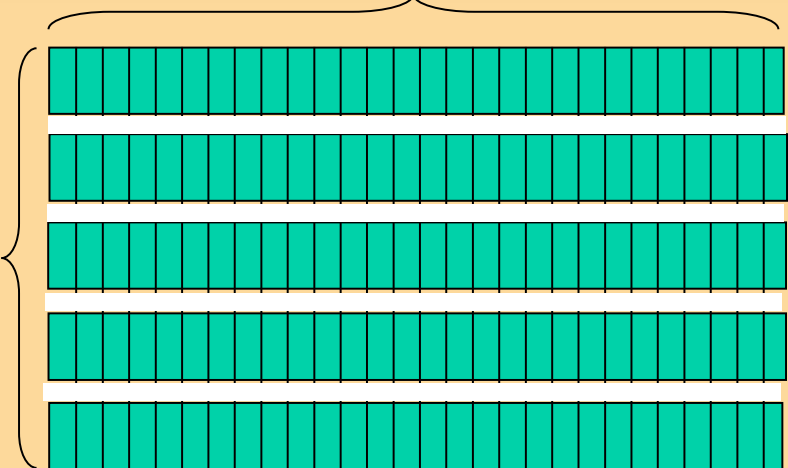
∇ **FDMA/TDMA** combinado: divide o espectro em canais de frequência, divide cada canal em compartimentos temporais.

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



Compartimentos (time slots)

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:

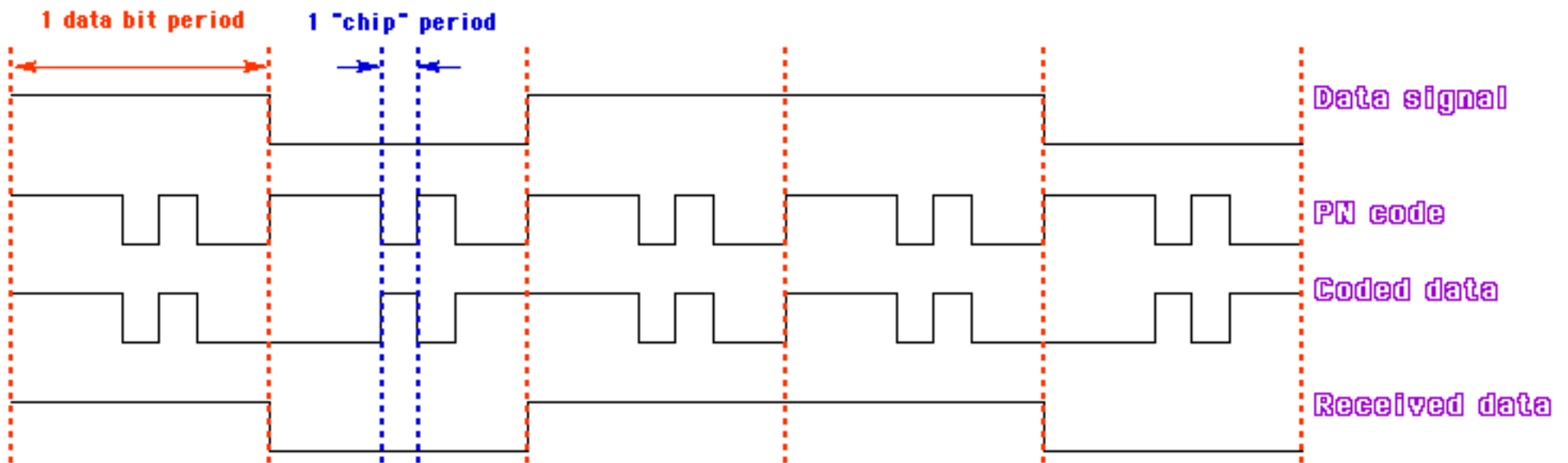
∇ Enhanced data rates for global evolution (EDGE):

- 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).

# CDMA – Como funciona?



Coded data = (Data signal) **AND** (PN code)

Received data = **NOT** [(Coded data) **XOR** (PN code)]

# Padrões celulares: resumo

## CDMA

### ∇ Vantagens do CDMA

- Aumento da segurança nas comunicações do celular
- Mais chamadas simultaneas (depende do *chipping code*)
- Aumento da eficiência -> pode servir mais assinantes.
- Baixo consumo de energia

# Padrões celulares: resumo

## CDMA

### ∇ Desvantagens do CDMA

- Aumento da complexidade no receptor
- Necessidade do transmissor de sincronizar com o receptor
- Os sinais devem chegar com a mesma “força” no transmissor
- A estação-base deve produzir os *chip codes* para estabelecer a comunicação
- O objetivo dos *chip codes* não é prover segurança, mas “dividir” o canal

# 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






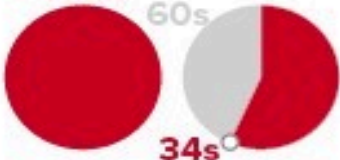
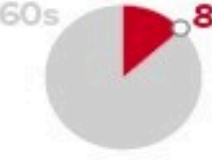
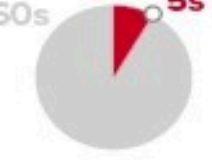

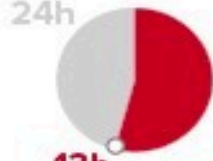


∇Criado para suportar:

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

# Então...

- Vimos hj até a Seção 6.4