

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

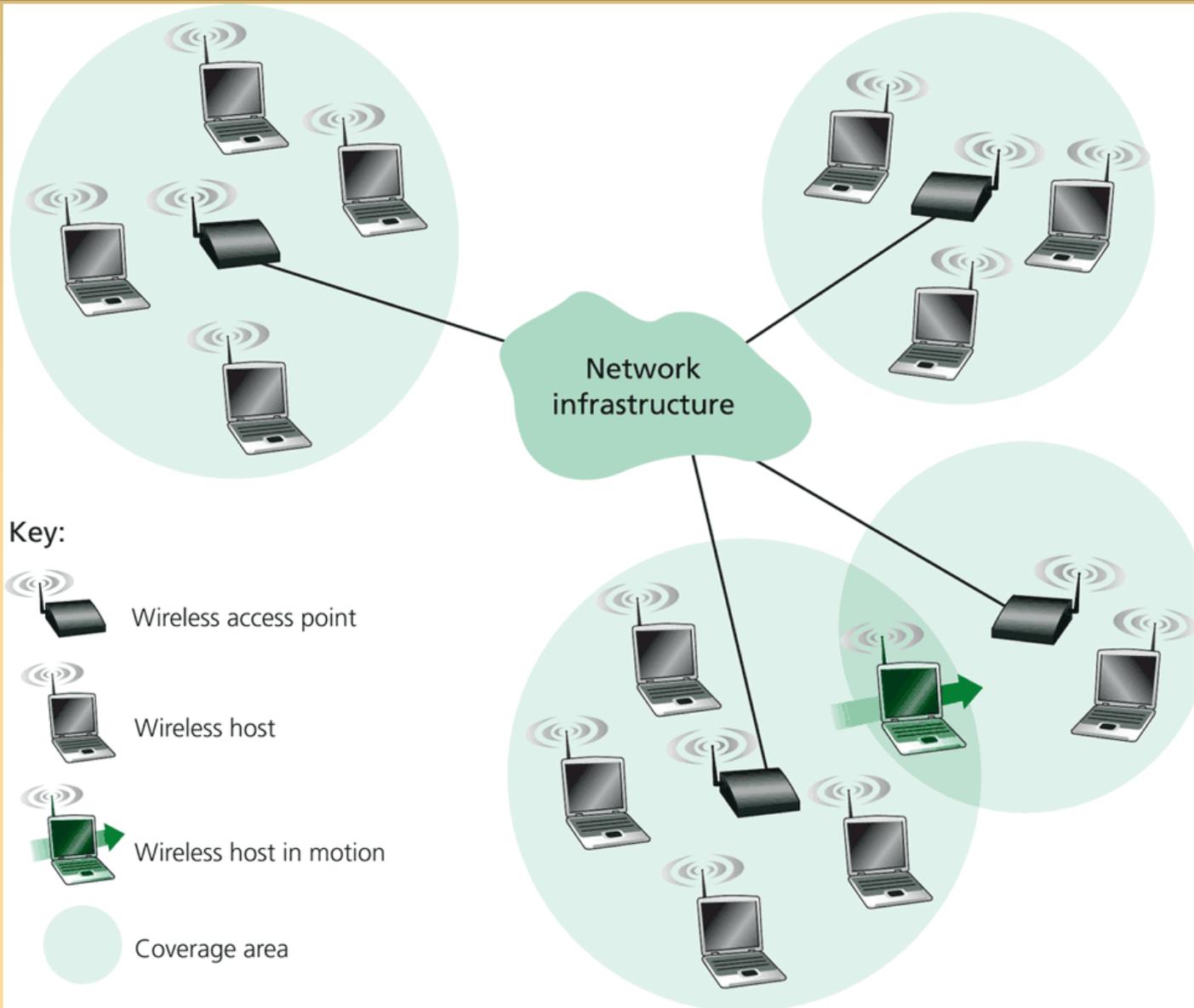
6.8 Mobilidade e protocolos de alto nível

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.

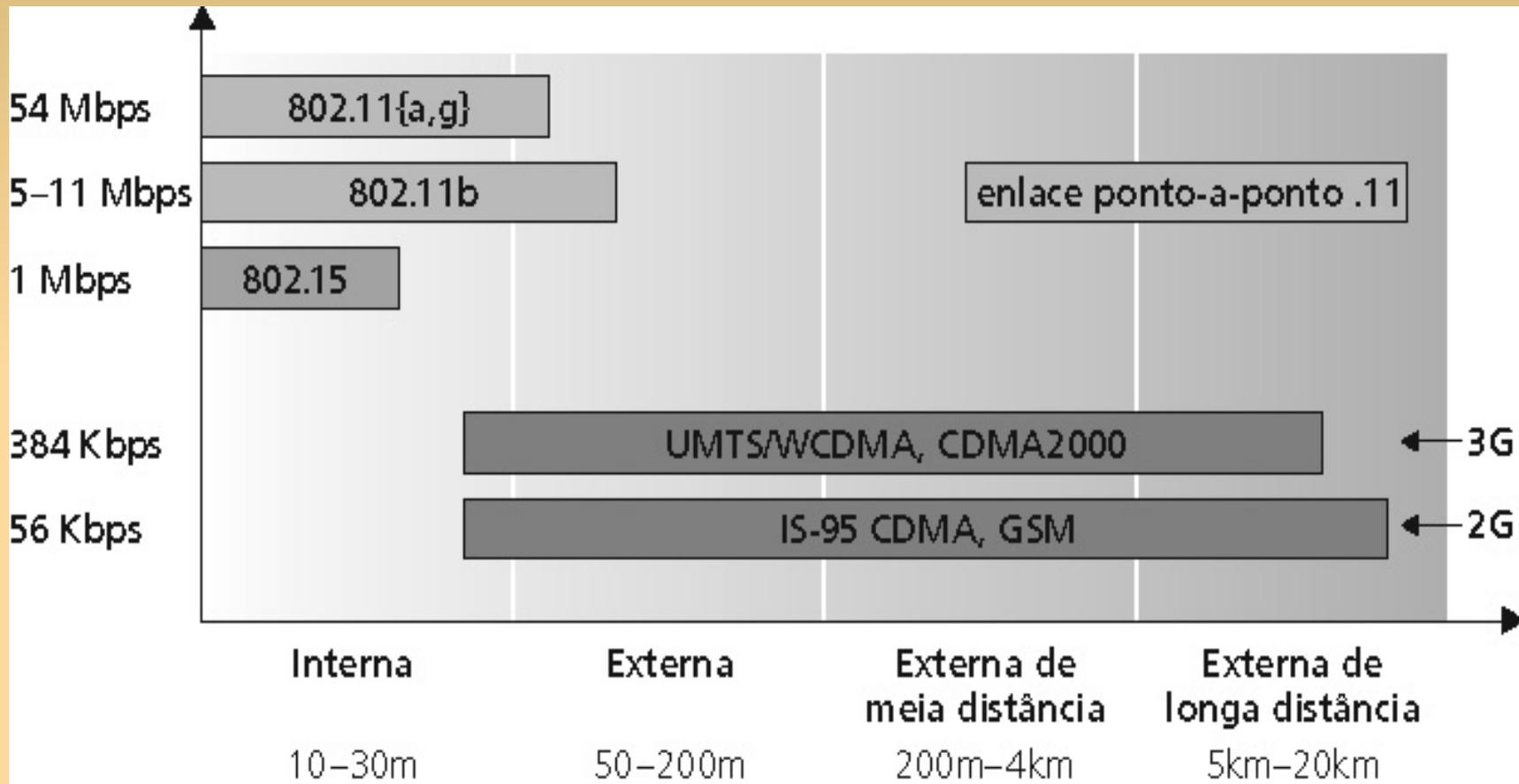
Elementos de uma rede sem fio



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

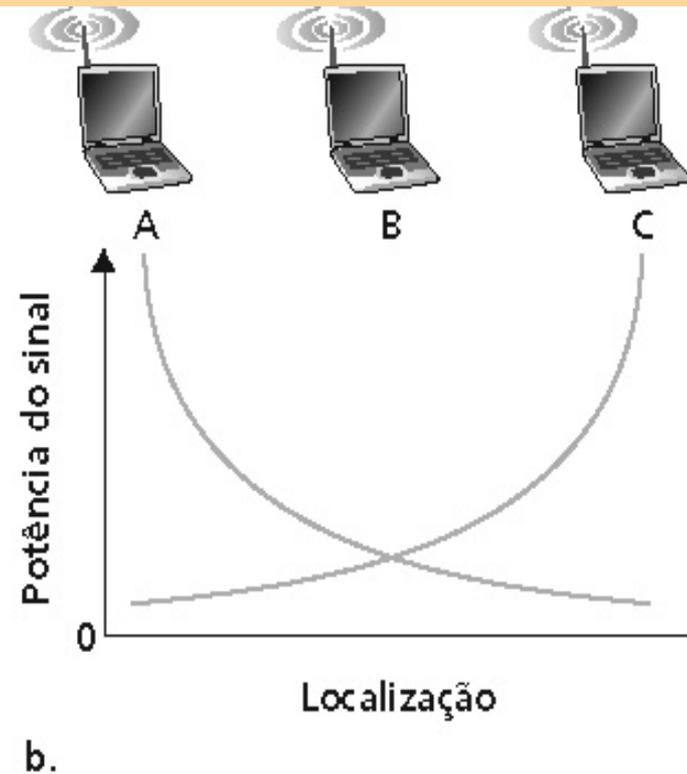
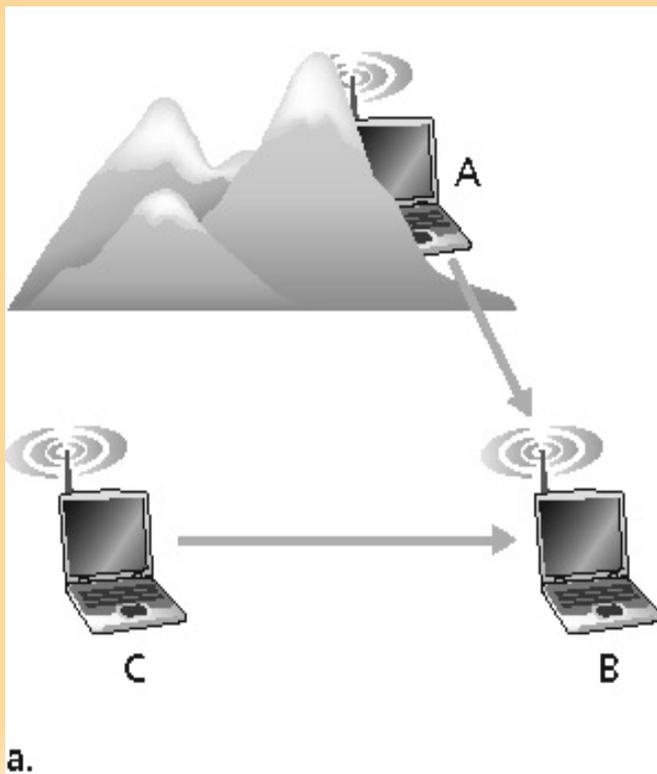
- Modo Infra-estrutura:
 - estação-base conecta hospedeiros móveis na rede cabeada;
 - handoff: hospedeiro móvel muda de uma estação-base para a outra.
- Modo ad hoc:
 - não há estações-base;
 - nós podem transmitir somente para outros nós dentro do alcance;
 - nós se organizam numa rede, efetuando roteamento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

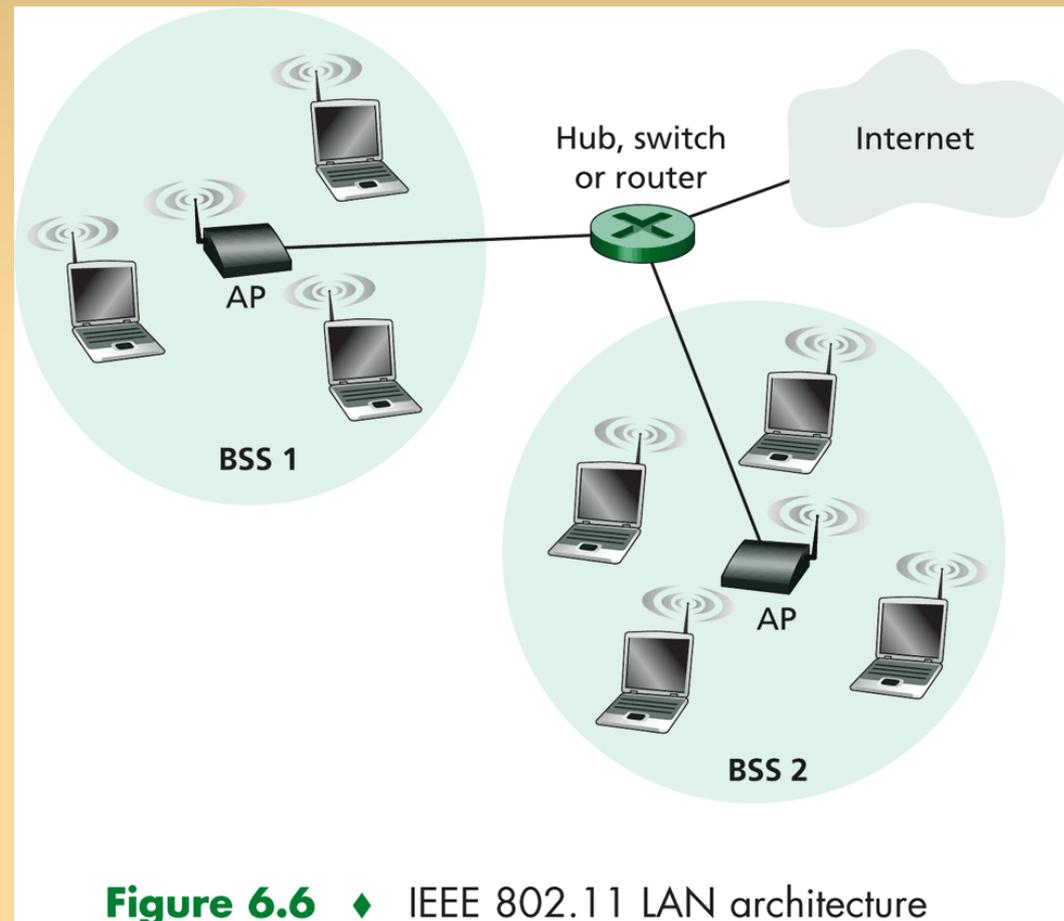
∀este foi aprovado para uso em Janeiro de 2014

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

∀Características

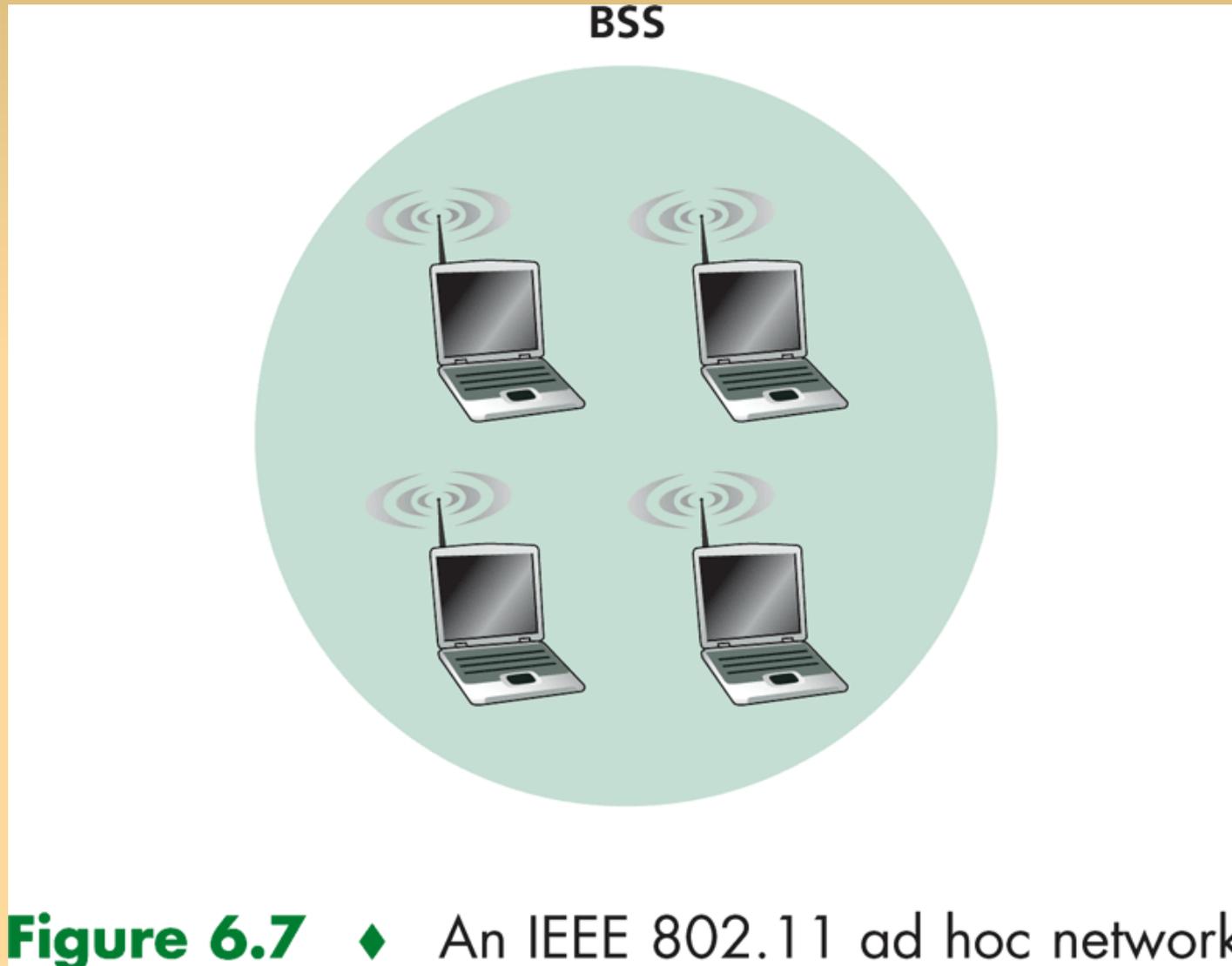
- Opera na banda de 5GHz
- Throughput na ordem de 1Gbs
- MIMO com oito streams simultâneos (802.11n suportava no máximo quatro)

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.

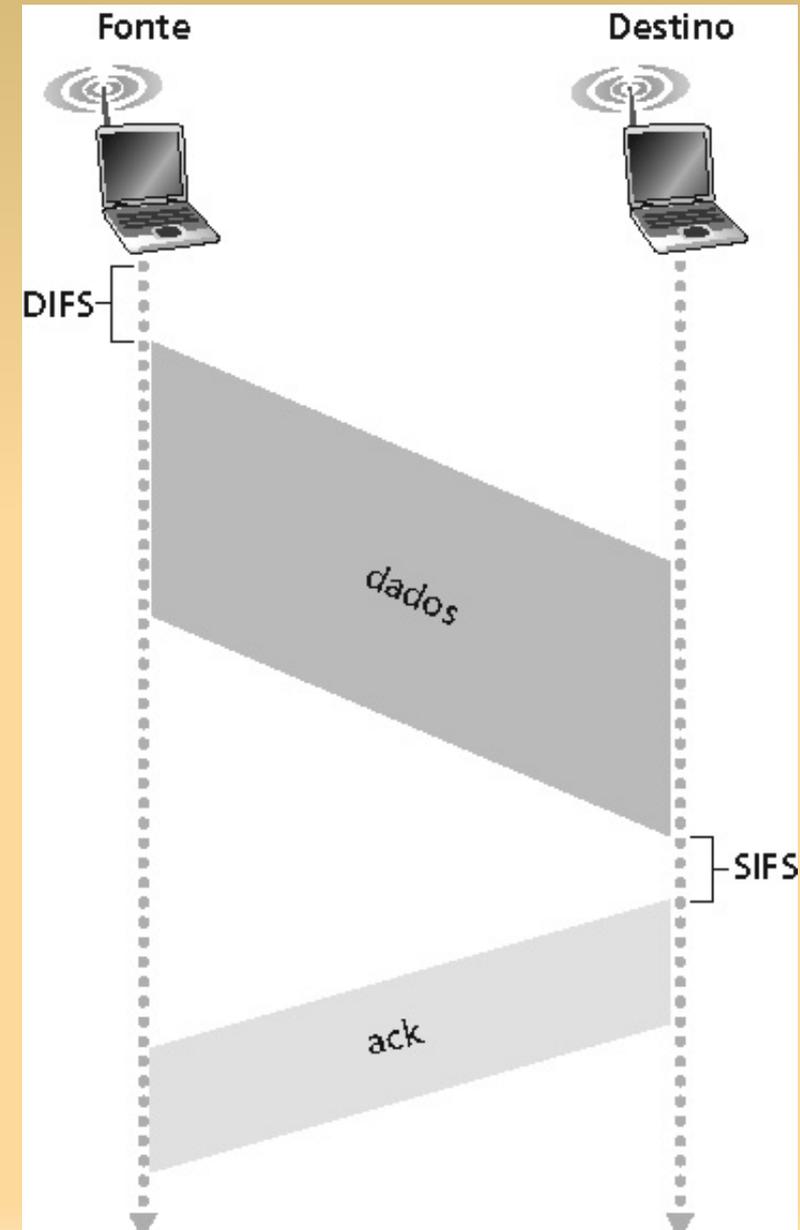
802.11 – Acesso Múltiplo

- ∇ 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?

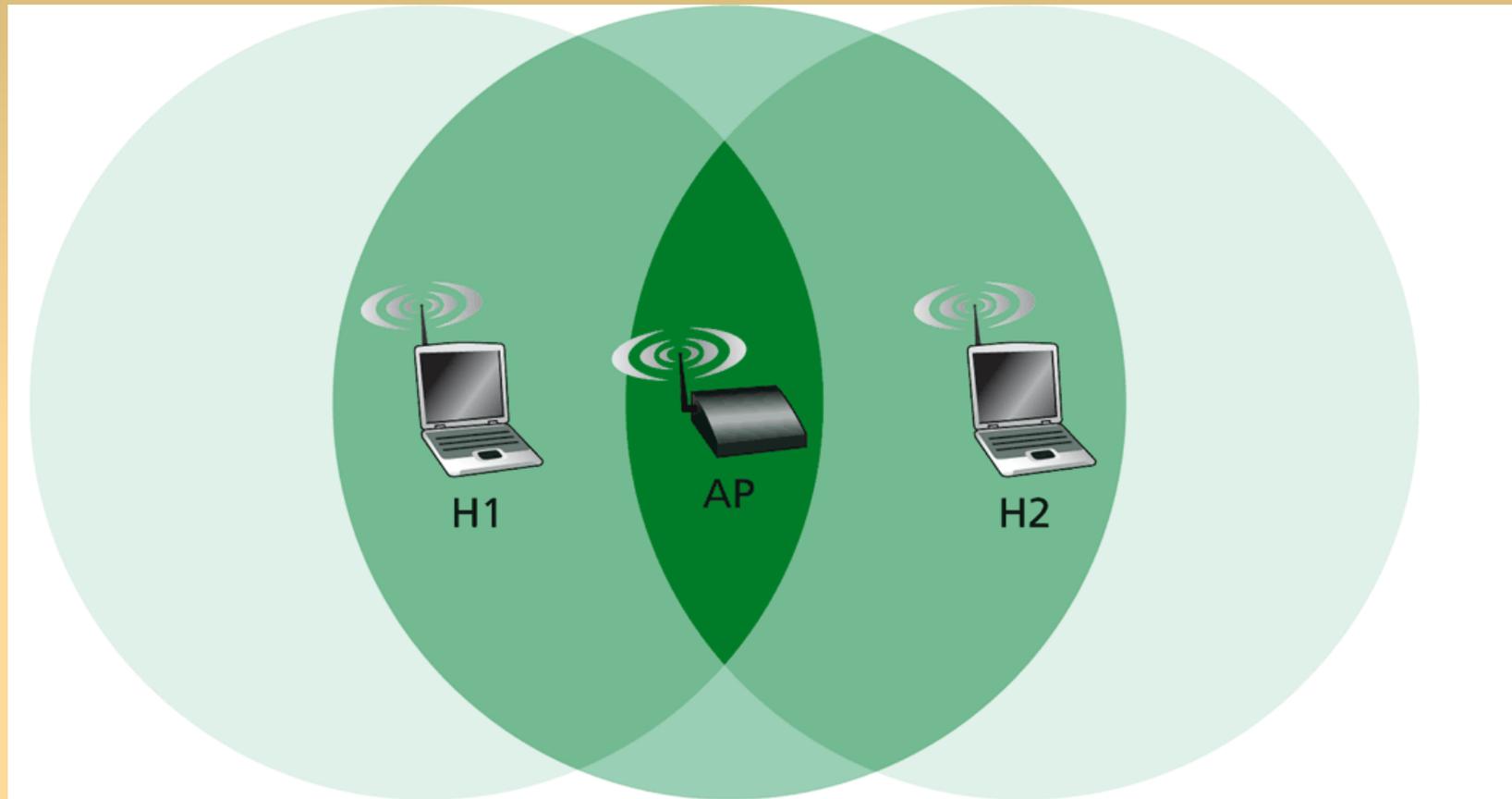


Figure 6.9 ♦ Hidden terminal example: H1 is hidden from H2, and vice versa

Evitando colisões

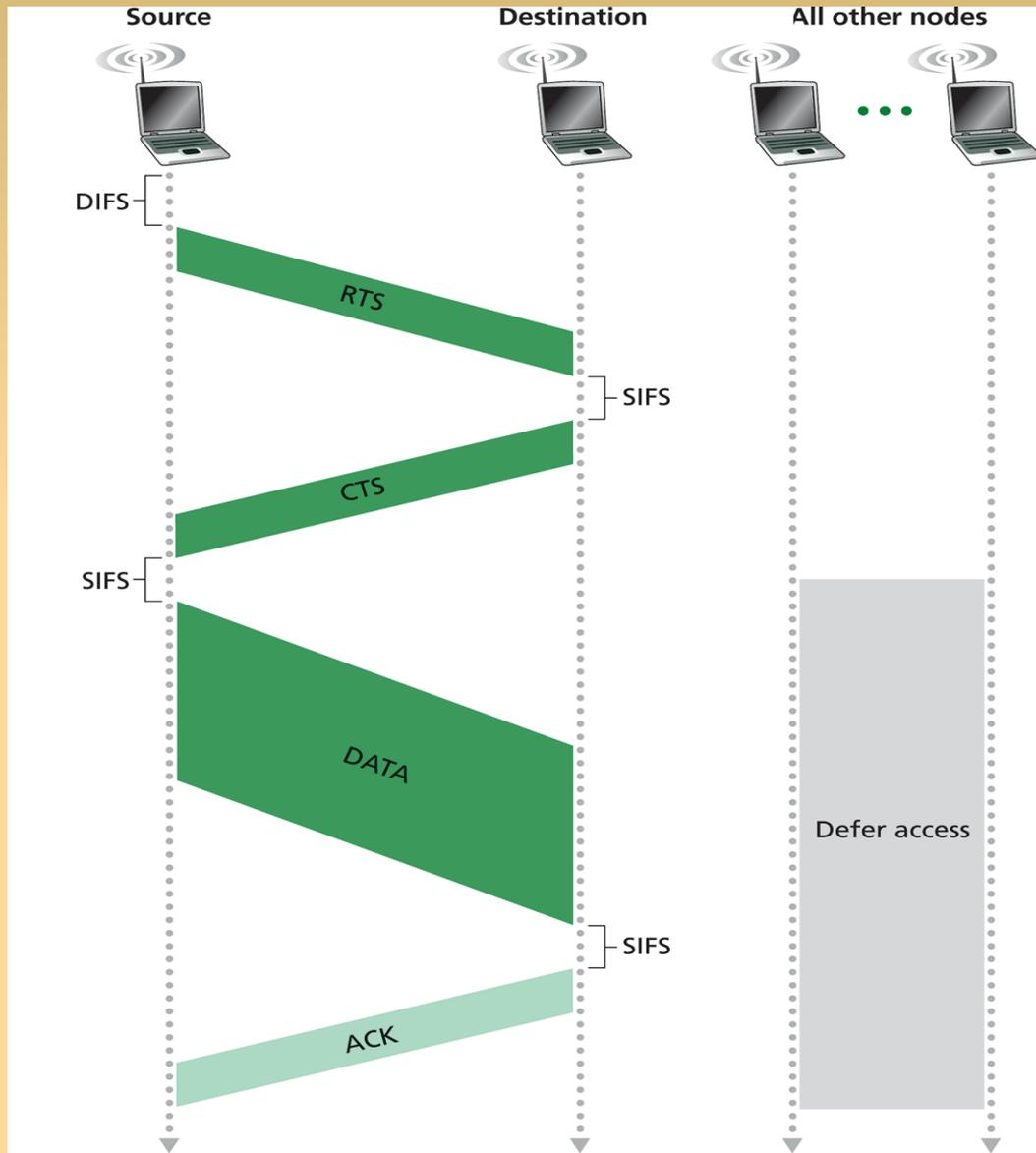


Figure 6.10 ♦ Collision avoidance using the RTS and CTS frames

CSMA/CA - funcionamento

- Applet sem terminal oculto: http://media.pearsoncmg.com/aw/aw_kurose_network_2/applets/csma-ca/withouthidden.html
- Applet com terminal oculto: http://media.pearsoncmg.com/aw/aw_kurose_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

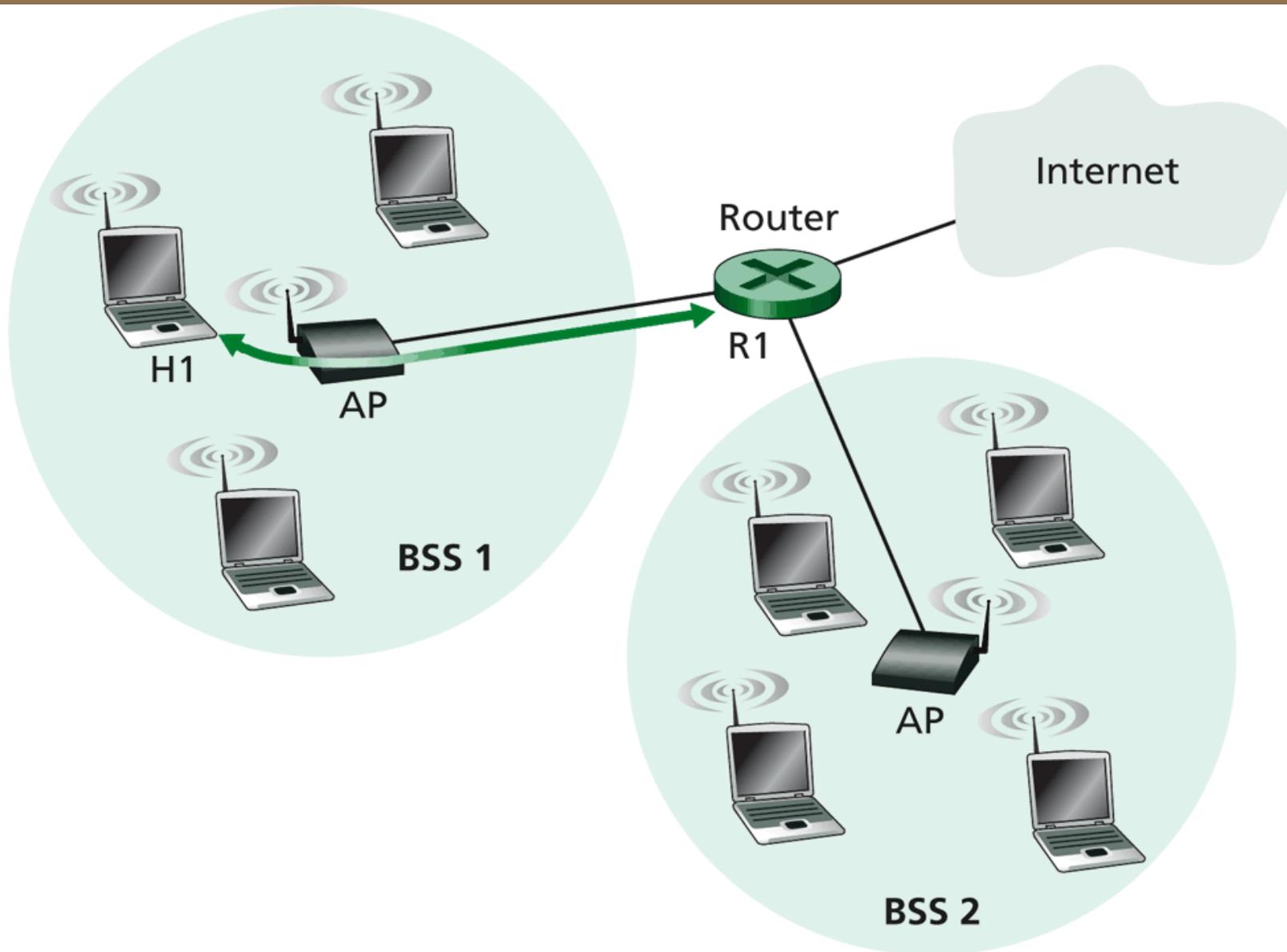
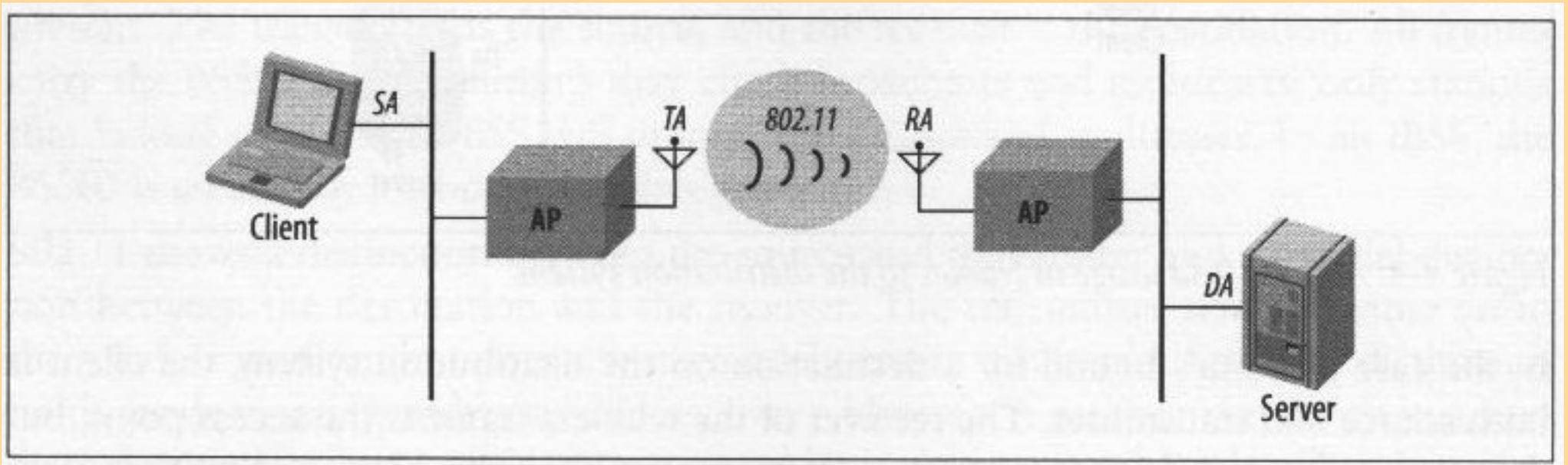


Figure 6.12 ♦ The use of address fields in 802.11 frames: Moving a frame between H1 and R1

E o 4o. Endereço? WDS

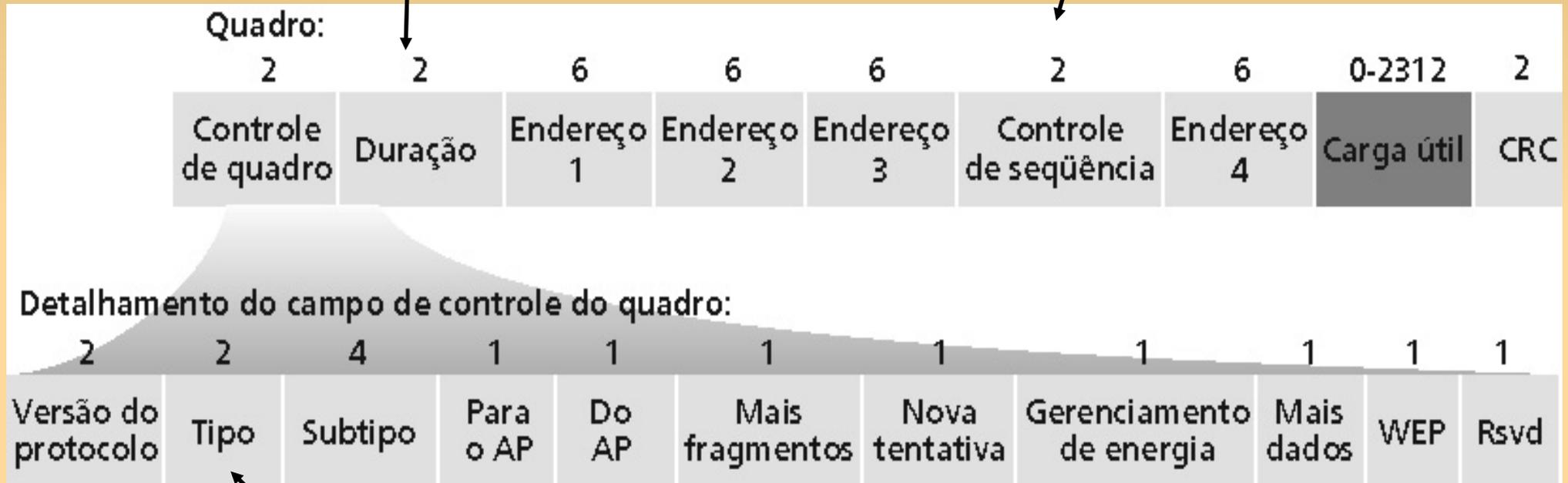
- Address 1 → RA
- Address 2 → TA
- Address 3 → DA
- Address 4 → SA



Quadro 802.11

Duração do tempo de transmissão reservada (RTS/CTS)

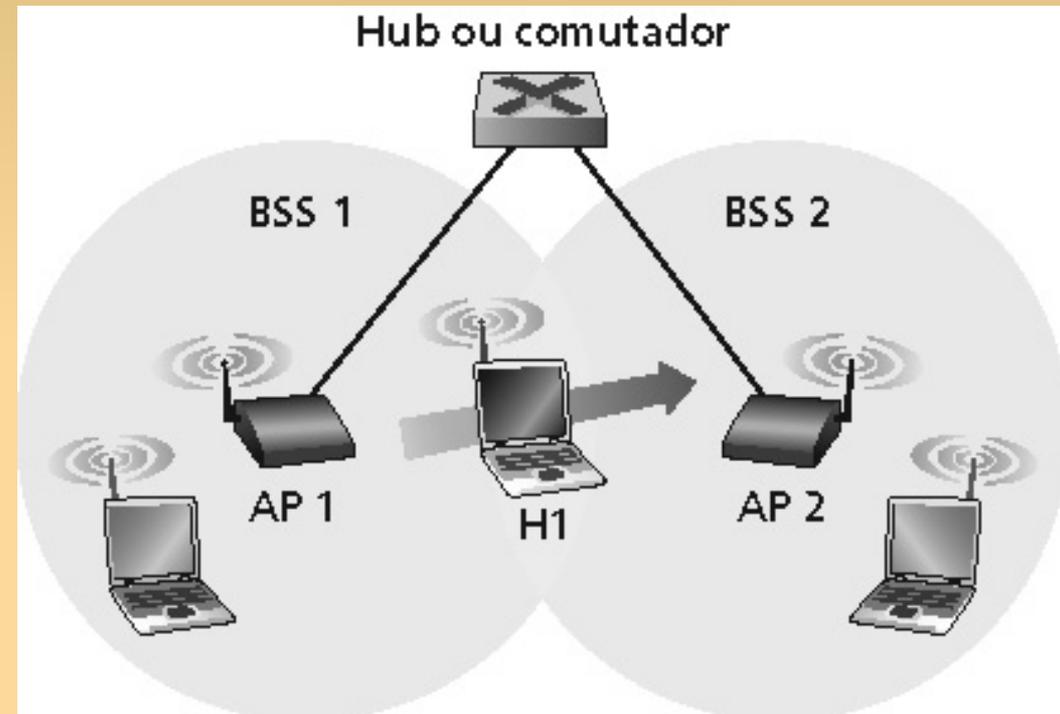
seg do quadro (para ARQ confiável)



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

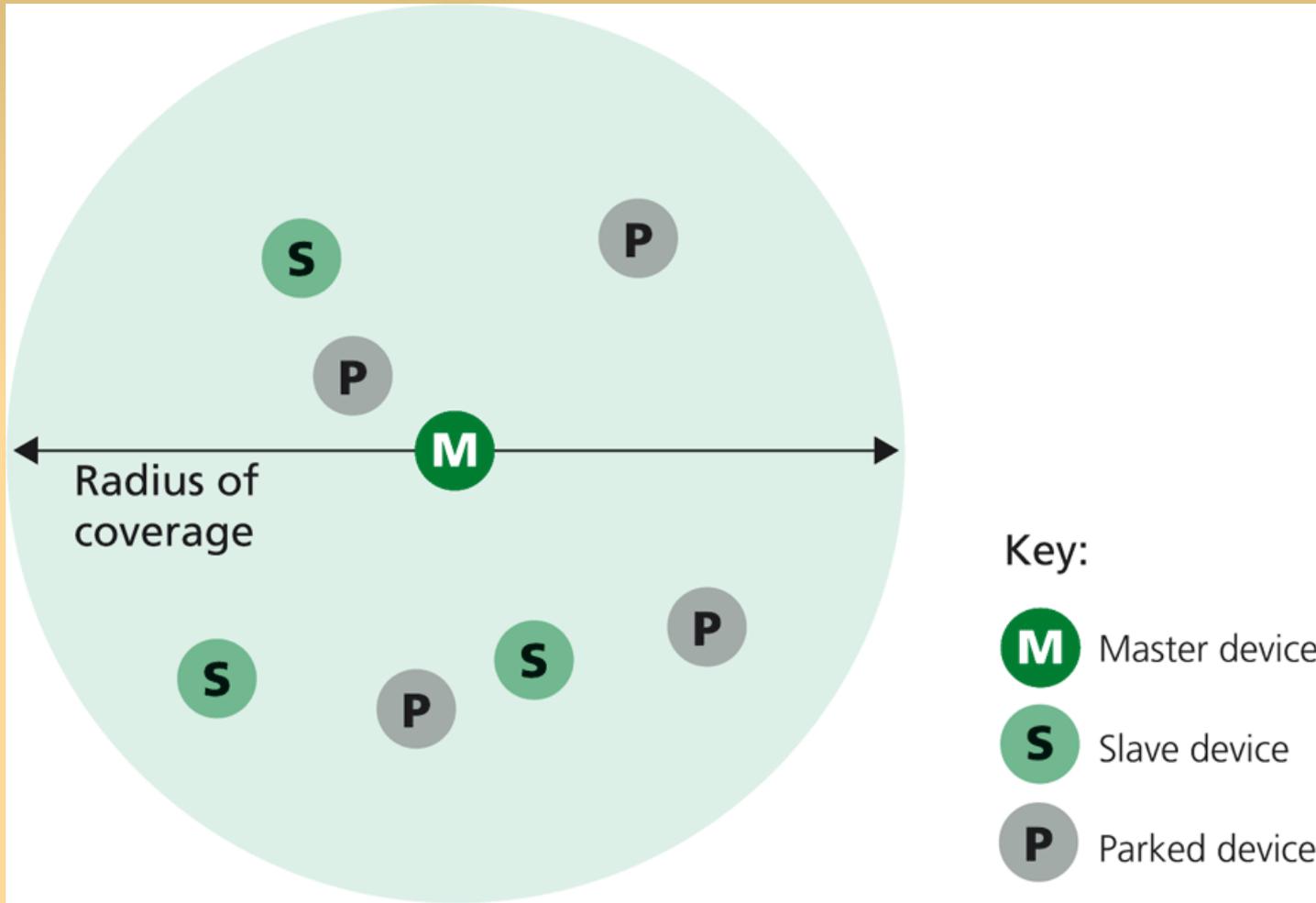


Figure 6.14 ♦ An 802.15 piconet

Acesso Celular a Internet

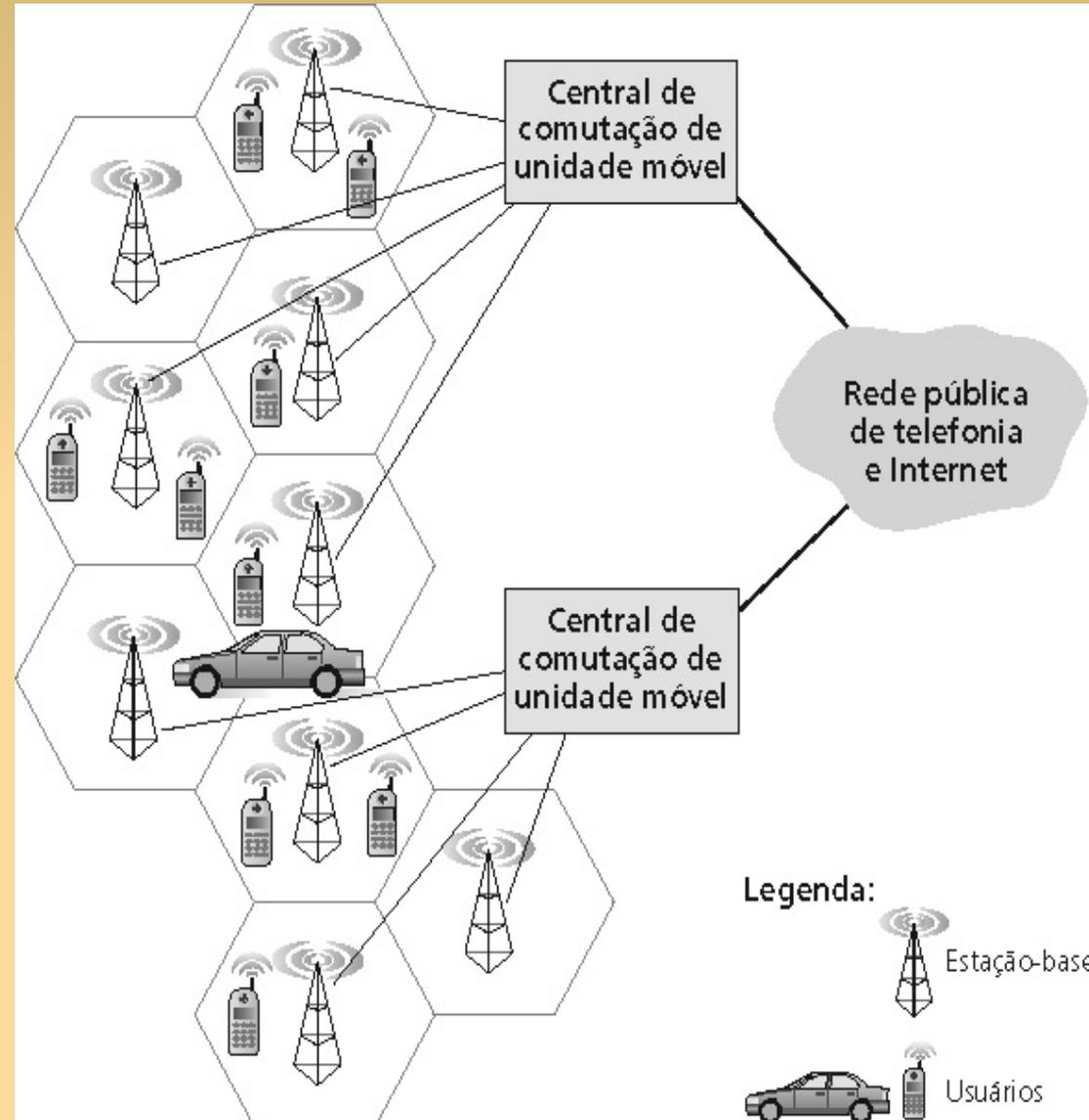
Arquitetura básica da rede

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.

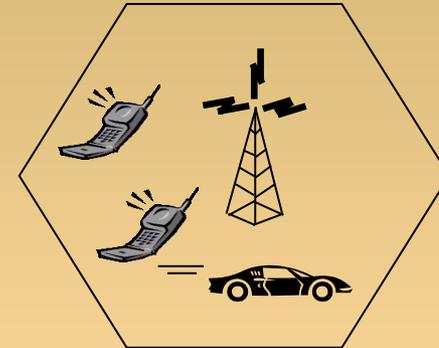


Redes celulares: acesso

Duas técnicas para compartilhamento do espectro na interface aérea:

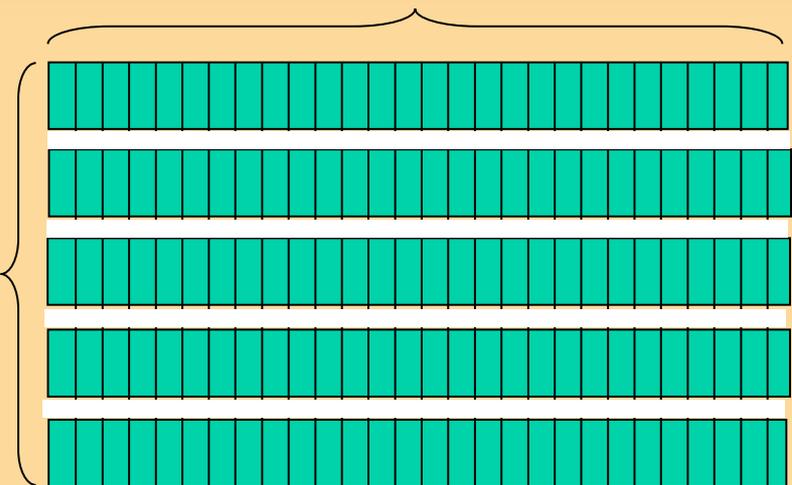
∇ **FDMA/TDMA** combinado: divide o espectro em canais de frequência, divide cada canal em compartimentos temporais.

∇ **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:

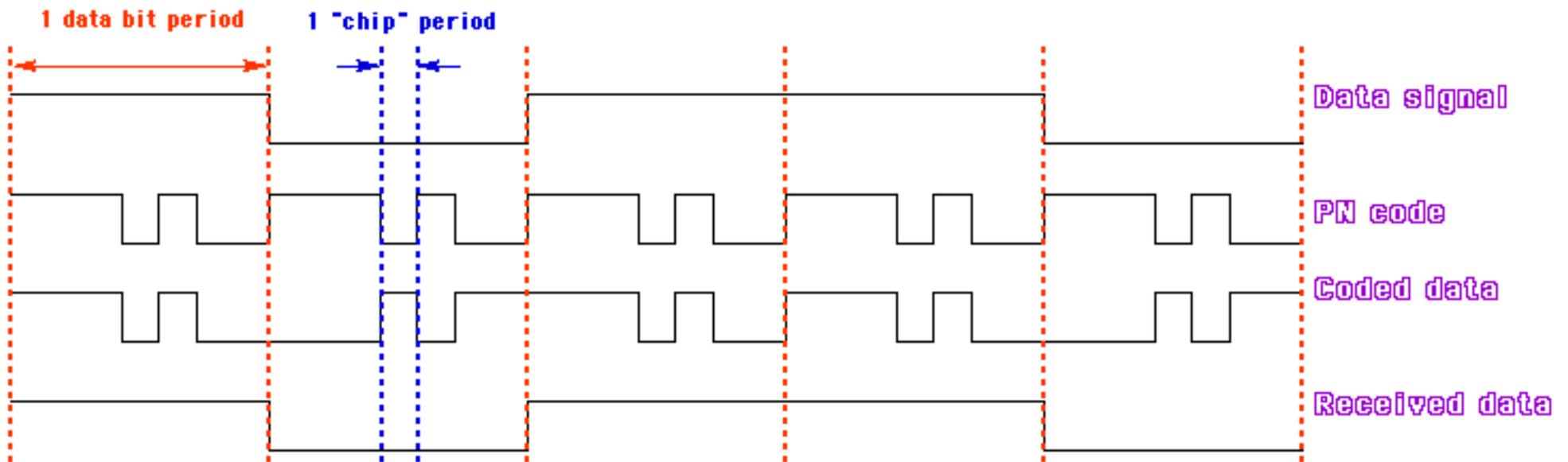
∇ Enhanced data rates for global evolution (EDGE):

- 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

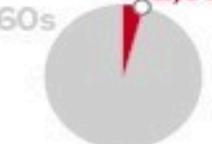
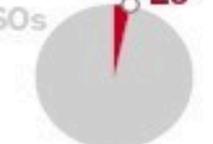
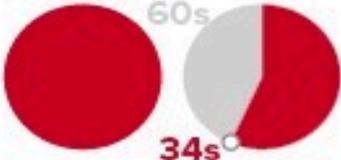
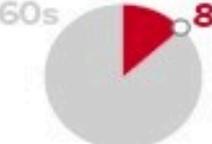
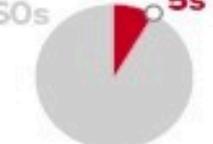
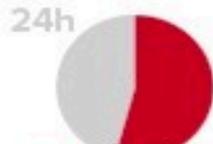
∇Criado para suportar:

- 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 |
|  Fotos Uma foto em alta resolução (1 MB) |  32 segundos a 8 segundos |  2,6 segundos a 1,3 segundo |  2 segundos a 1 segundo |
|  Músicas Uma música (3MB) |  1 minuto e 34 segundos a 24 segundos |  8 segundos a 4 segundos |  5 segundos a 2 segundos |
|  Vídeos 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