



EACH

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo

Redes de Computadores

Capítulo 6 – Redes sem fio e redes móveis

Profa. Cíntia B. Margi
Novembro/2009



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.



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

**Foco deste curso
(tempo!)**

Mobilidade

6.5 Princípios: endereçamento e roteamento para usuários móveis

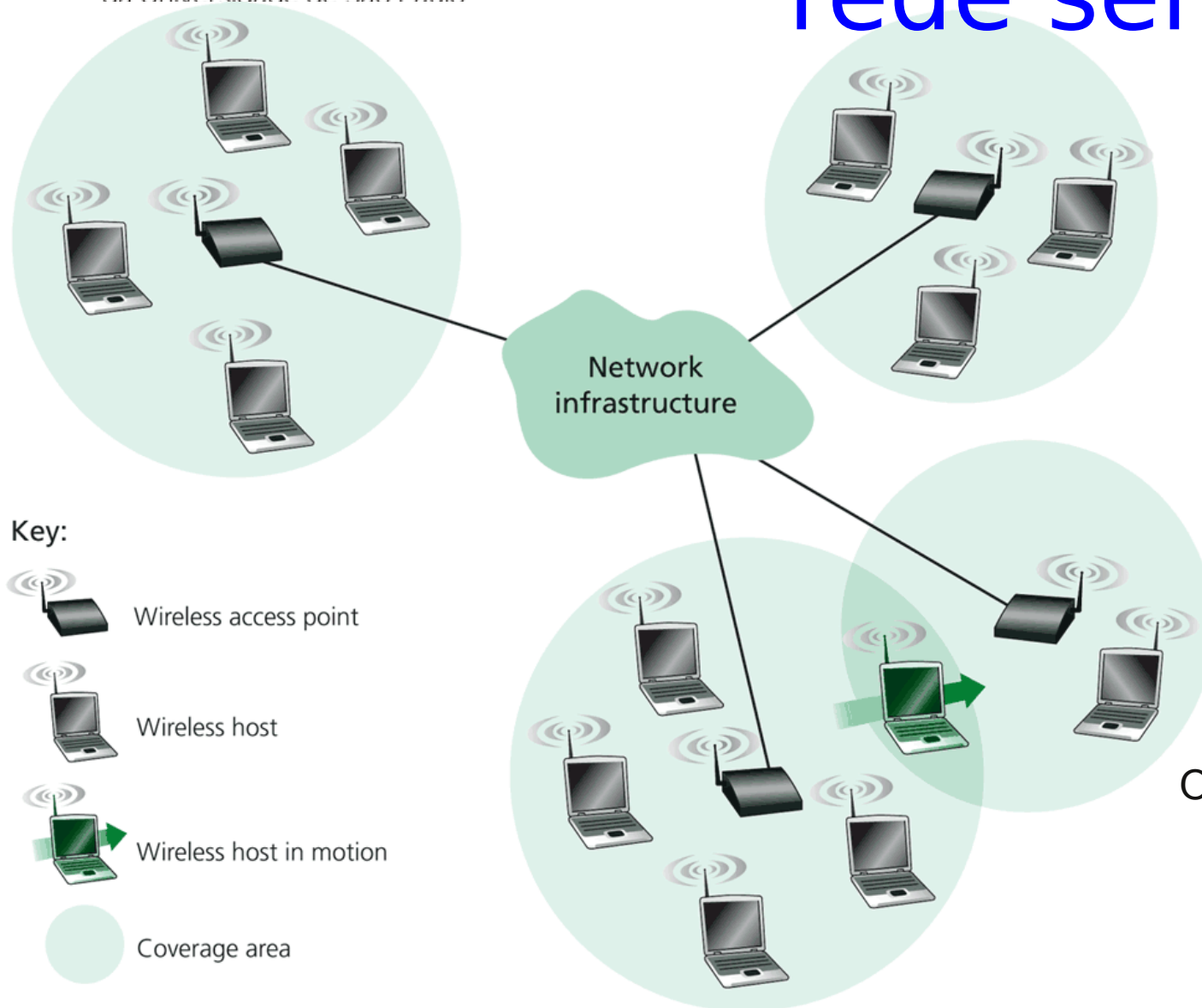
6.6 IP móvel

6.7 Tratando mobilidade em redes celulares

6.8 Mobilidade e protocolos de alto nível

6.9 Resumo

Elementos de uma rede sem fio

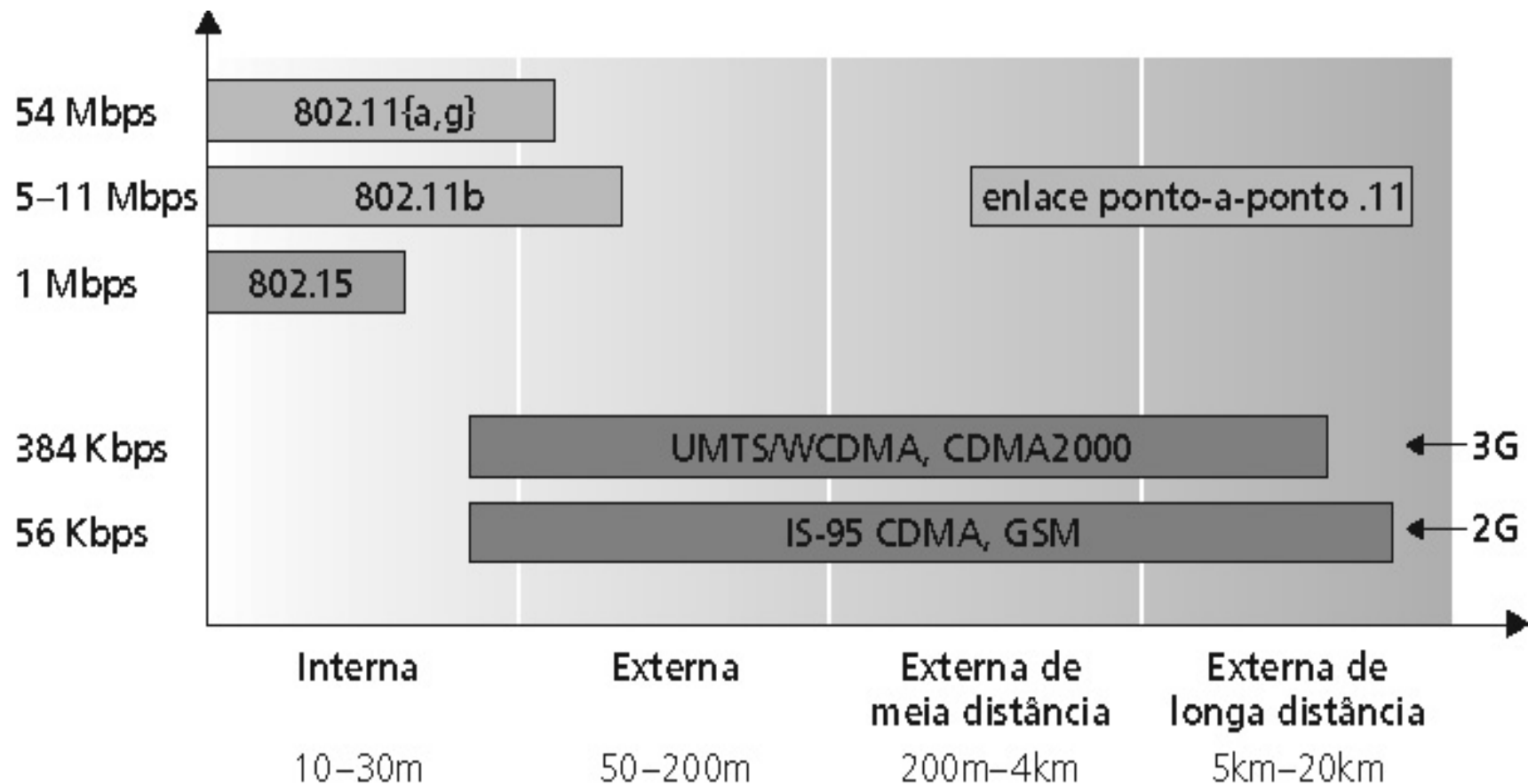


O fato de um dispositivo ser 'sem fio' implica que ele seja móvel?

Figure 6.1 ♦ Elements of a wireless network



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 do enlace;
 - nós se organizam numa rede, efetuando roteamento de pacotes entre eles.



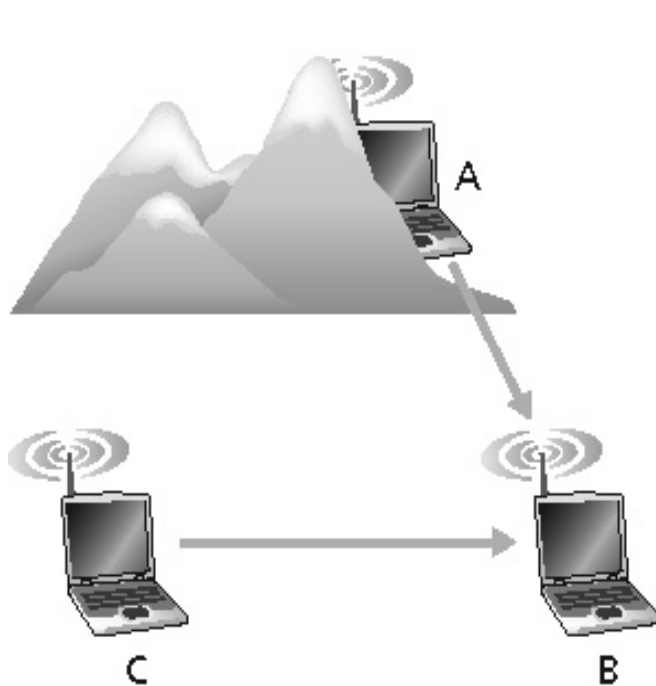
Características do enlace sem fio

- ❑ 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.

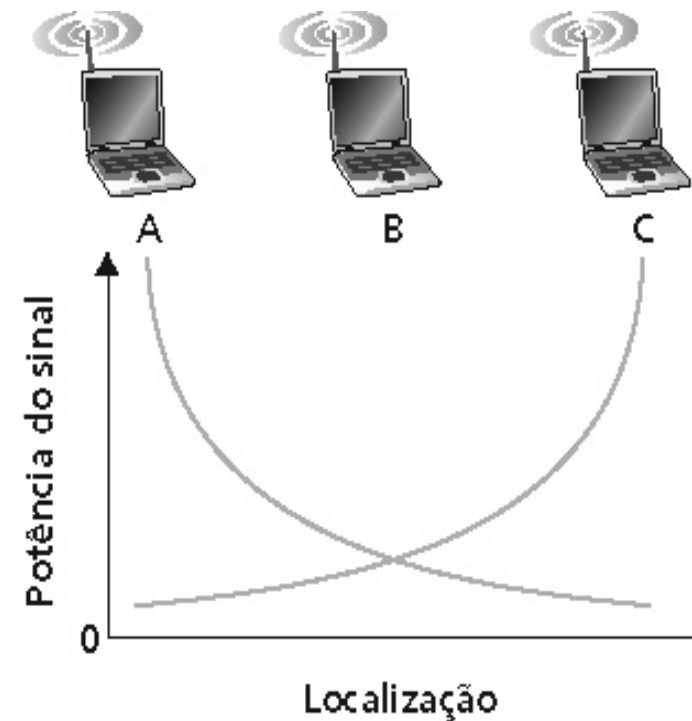


Características do enlace sem fio

- ❑ 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

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

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



Arquitetura da LAN 802.11

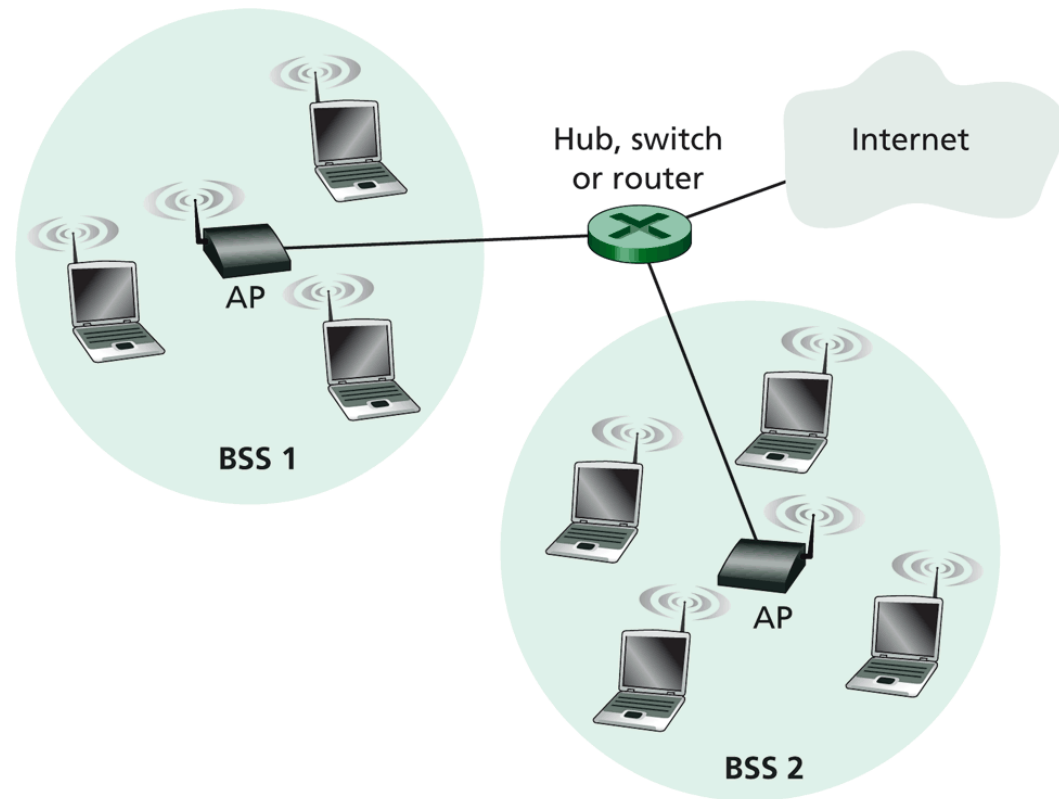


Figure 6.6 ♦ IEEE 802.11 LAN architecture

- 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

BSS



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

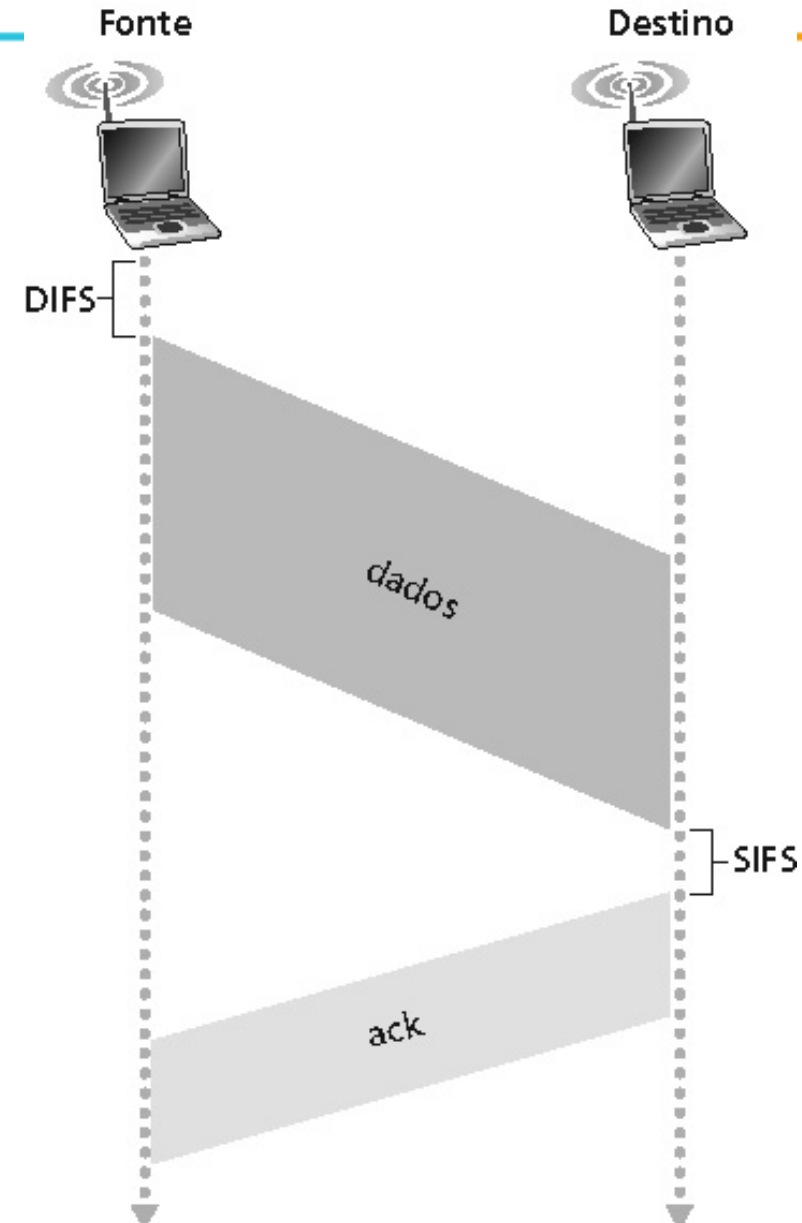
- ∇ CSMA – escuta antes de transmitir
 - Não colide com transmissões em curso de outros nós
- ∇ 802.11: não faz detecção de colisão!
 - Difícil de receber (sentir as colisões) quando transmitindo devido ao fraco sinal recebido (desvanecimento).
 - Pode não perceber as colisões devido a terminal oculto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



EACH

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo

RTS/CTS resolve a colisão de terminal oculto?

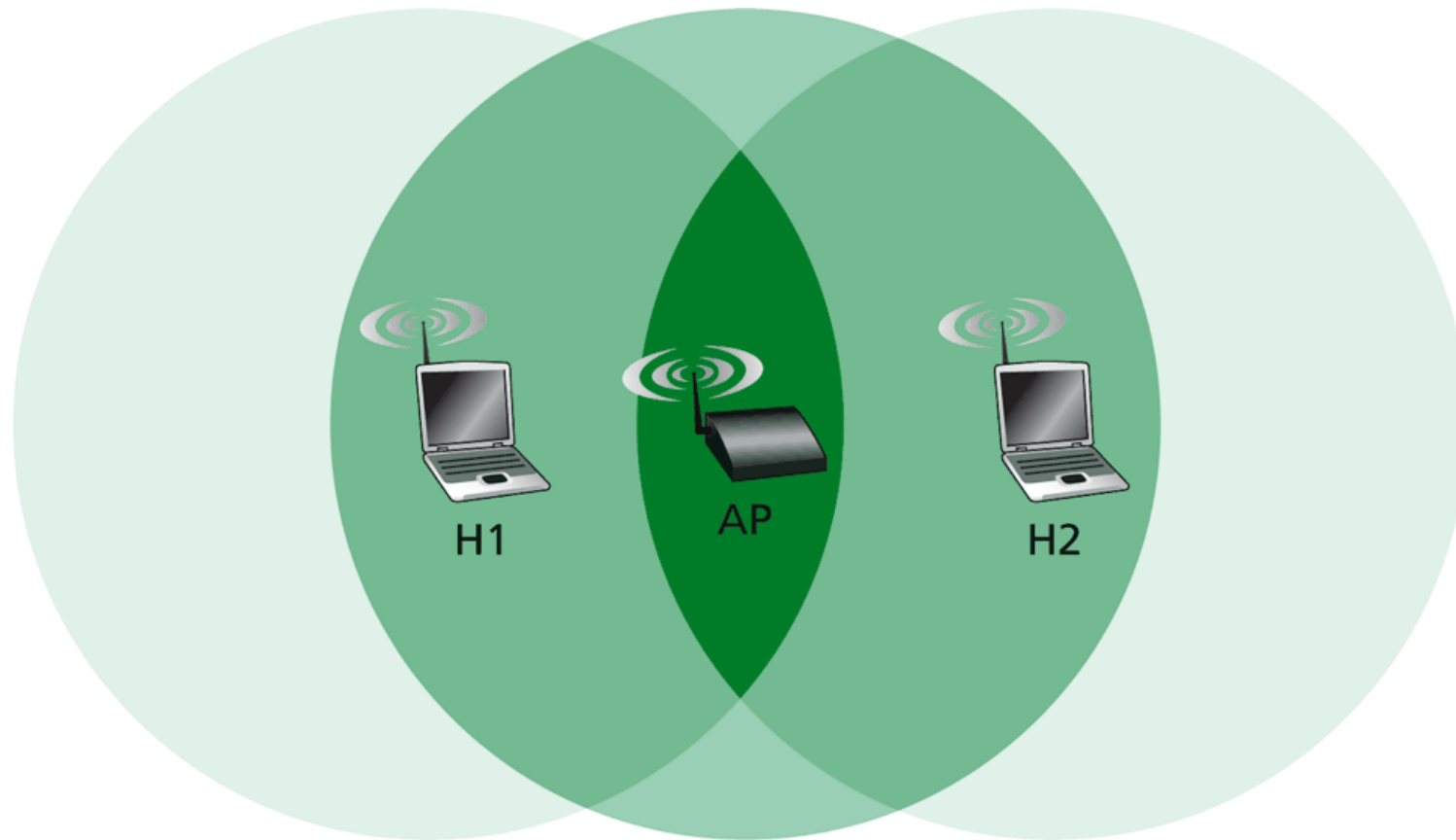
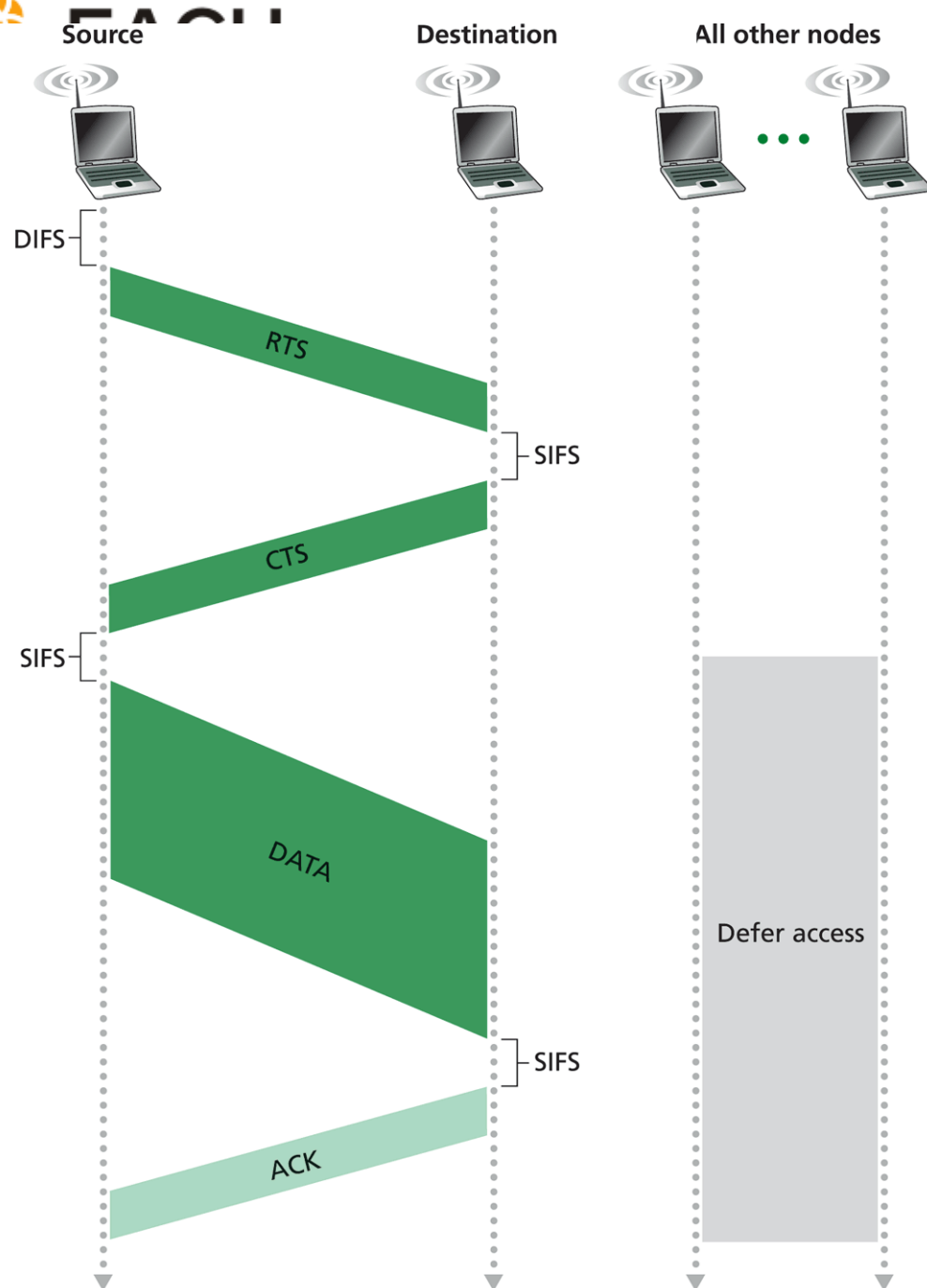


Figure 6.9 ♦ Hidden terminal example: H1 is hidden from H2, and vice versa



Evitando colisões



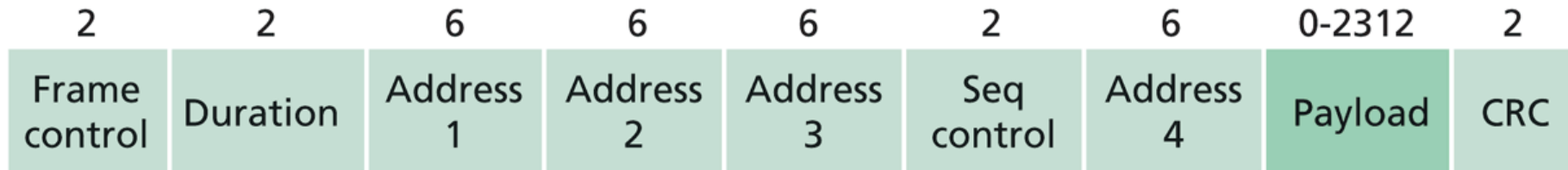
CSMA/CA - funcionamento

- 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

Frame:



Frame control field expanded:

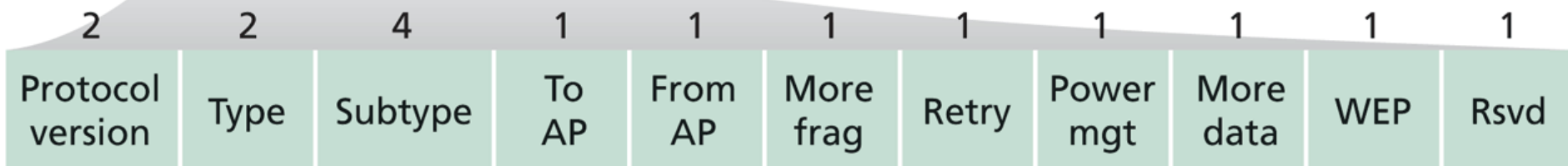


Figure 6.11 ♦ The 802.11 frame

- **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

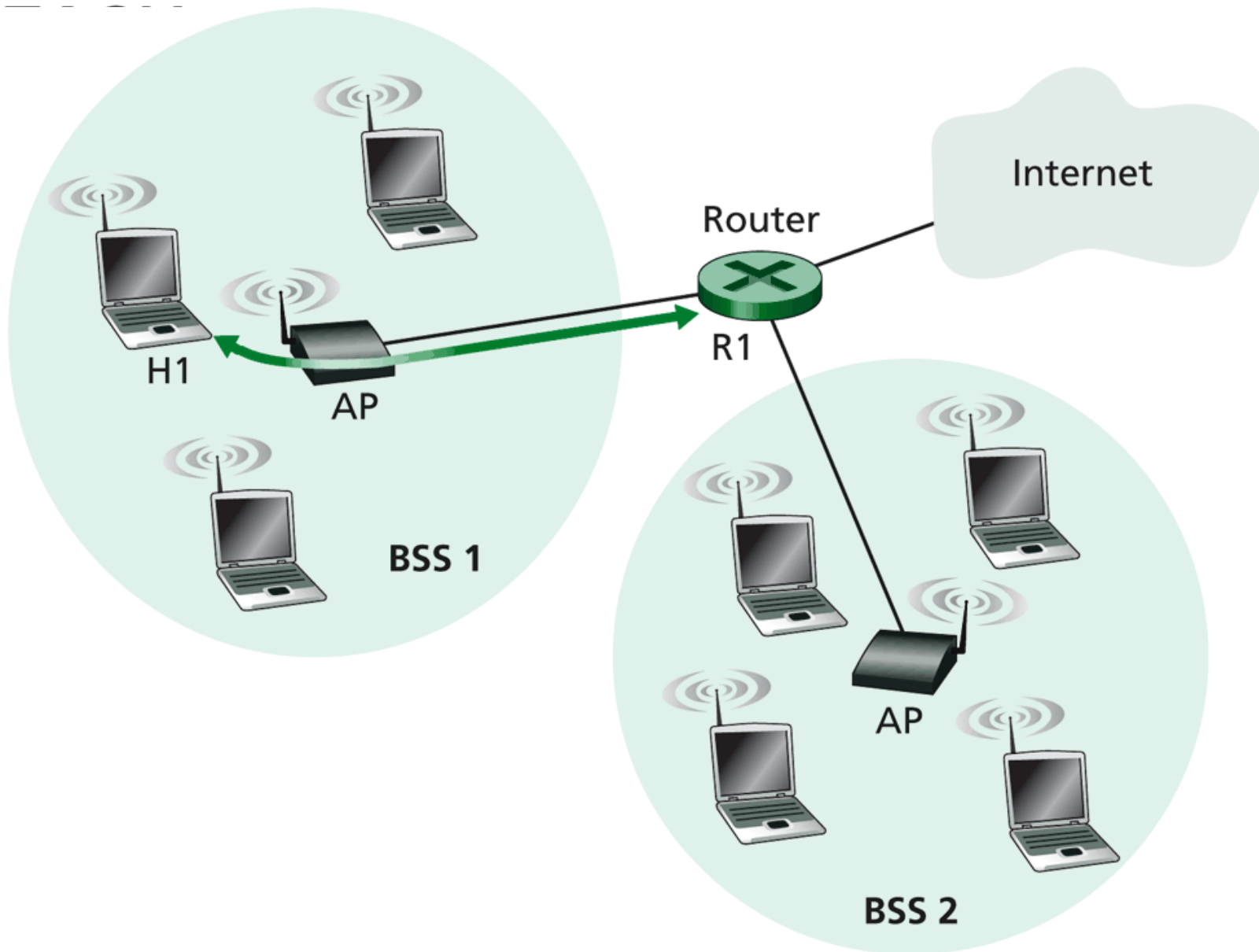


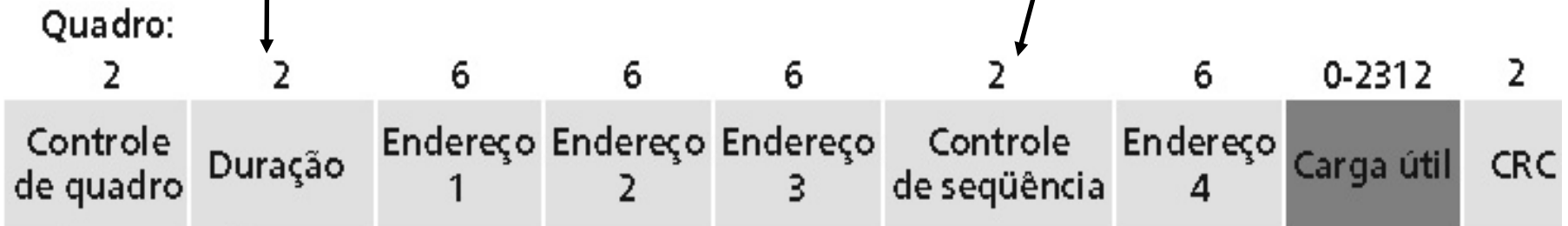
Figure 6.12 ♦ The use of address fields in 802.11 frames: Moving a frame between H1 and R1



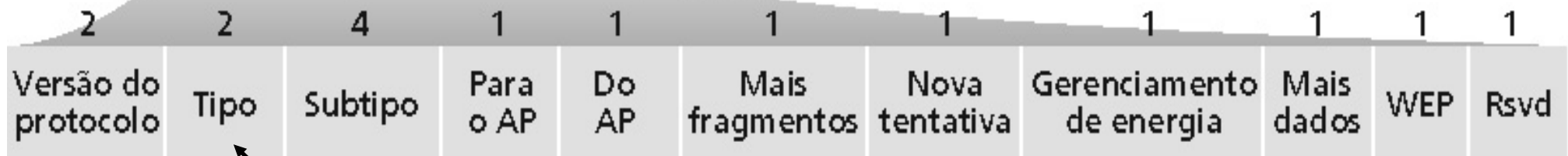
Quadro 802.11

Duração do tempo de
transmissão reservada (RTS/CTS)

seg do quadro
(para ARQ confiável)



Detalhamento do campo de controle do quadro:

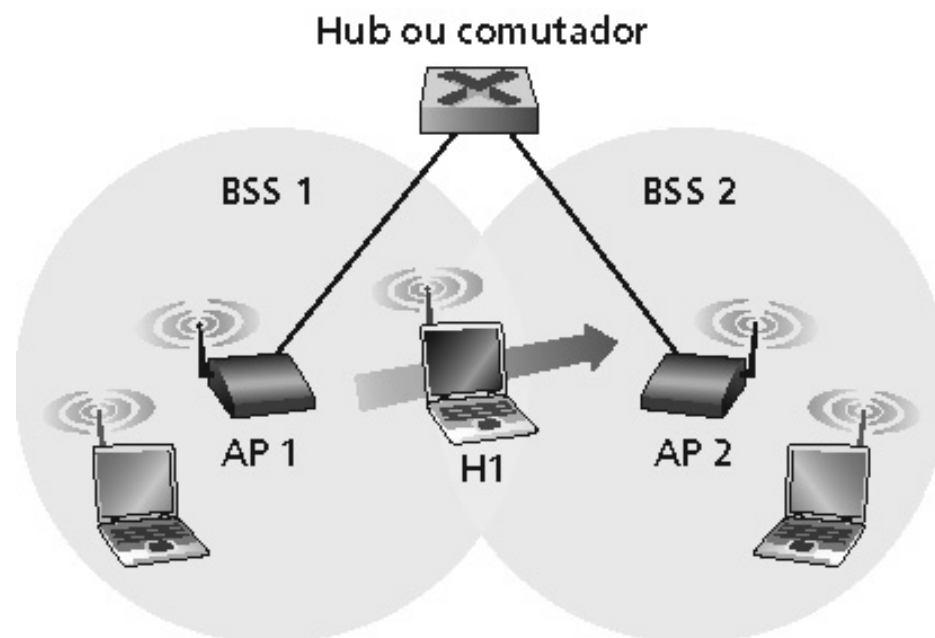


Tipo de quadro
(RTS, CTS, ACK, dados)



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.
- ∇ 802.15.1: evolução da especificação do Bluetooth
 - Faixa de 2,4-2,5 GHz.
 - Até 721 kbps.



Piconet 802.15

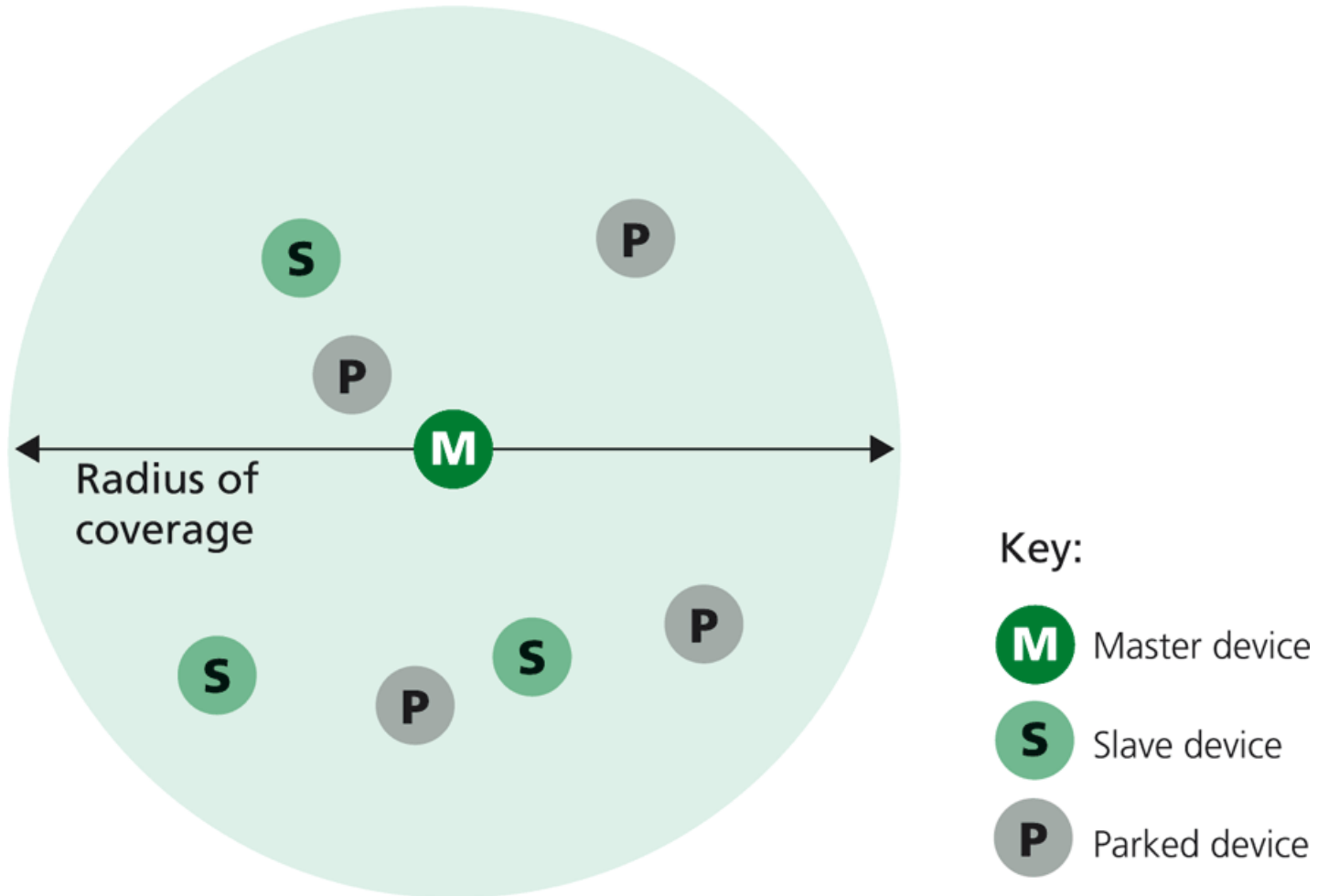


Figure 6.14 ♦ An 802.15 piconet



IEEE802.15.4 e ZigBee

- LR-WPAN (Low Rate Wireless Personal Area Network).
- Uso: indústrias, residências e aplicações médicas.
- Características:
 - baixo consumo energia;
 - baixas taxas de transferência (até 250 Kbps).
- Alcance: 100 metros.
- Baseado no CSMA/CA.



Dúvidas???

- Lista sobre Camada de Enlace (cap. 5 e 6) disponível no Ae.
- 20/Nov: Feriado
- 23/Nov: Prova 2 (Cap 4, 5 e 6).