

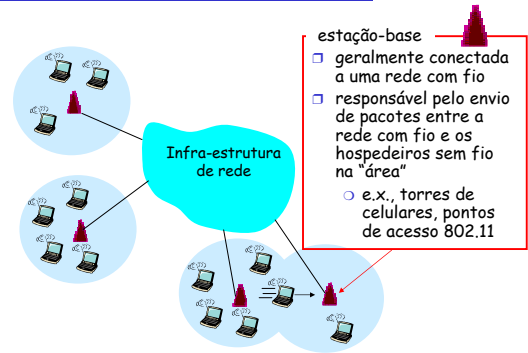
## Redes Móveis e Sem Fio

### Cenário:

- # de assinantes de telefones móveis (sem fio) em muitos lugares excede o número de assinantes de telefones fixos (com fio)
- Redes de computadores: *laptops, palmtops, PDAs*, telefones habilitados para a Internet → acesso a qualquer hora de qualquer lugar à Internet
- Dois desafios importantes (e diferentes)
  - Comunicação através de enlaces sem fio
  - Atender a usuários móveis que mudam o ponto de ligação com a rede

Redes Móveis e Sem Fio 6-1

## Elementos de uma rede sem fio



Redes Móveis e Sem Fio 6-4

## Capítulo 6 - Redes Móveis e Sem Fio

### 6.1 Introdução

#### Sem fio (*Wireless*)

- 6.2 Enlaces sem fio e características da rede
  - CDMA
- 6.3 LANs sem fio IEEE 802.11 ("wi-fi")
- 6.4 Acesso à Internet por Celular
  - arquitetura
  - padrões (e.x., GSM)

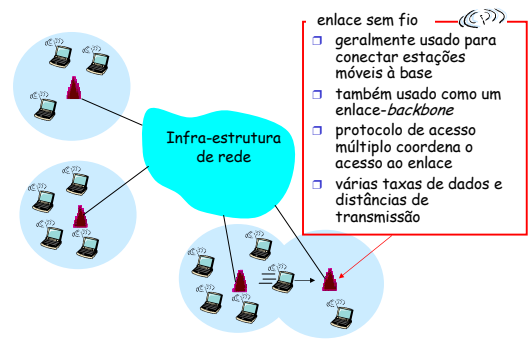
#### Mobilidade

- 6.5 Princípios: endereçamento e roteamento para usuários móveis
- 6.6 IP Móvel
- 6.7 Mobilidade em redes celulares
- 6.8 Mobilidade e protocolos das camadas superiores

### 6.9 Resumo

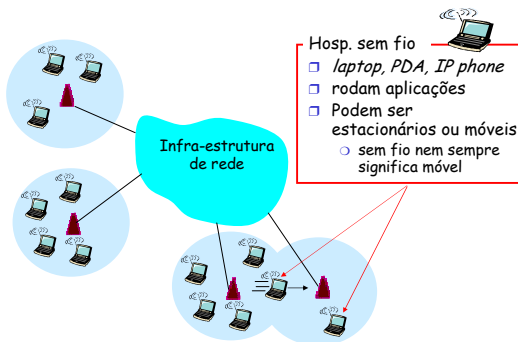
Redes Móveis e Sem Fio 6-2

## Elementos de uma rede sem fio



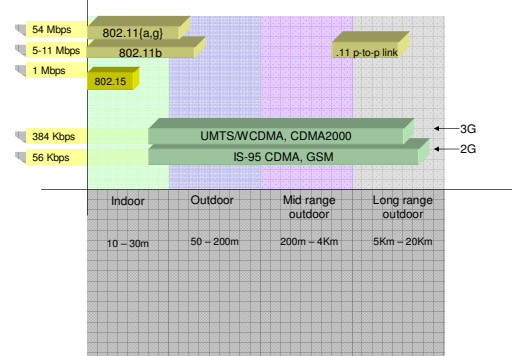
Redes Móveis e Sem Fio 6-5

## Elementos de uma rede sem fio



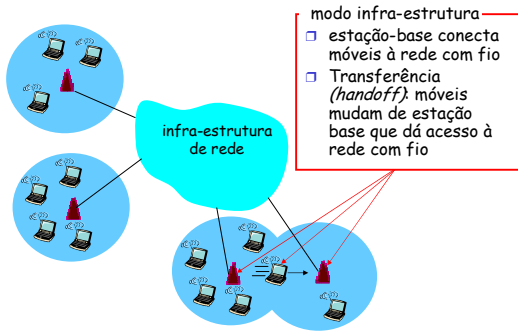
Redes Móveis e Sem Fio 6-3

## Características de alguns padrões de enlaces sem fio



Redes Móveis e Sem Fio 6-6

## Elementos de uma rede sem fio



Redes Móveis e Sem Fio 6-7

## Características de enlaces sem fio

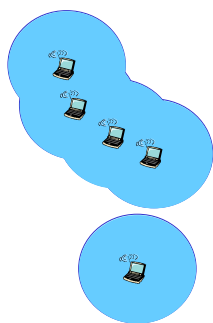
Diferenças com relação a enlaces com fio...

- **redução da força do sinal:** sinais de rádio são atenuados à medida que se propagam através da matéria
- **interferência de outras fontes:** frequências padronizadas para redes sem fio (e.x., 2.4 GHz) compartilhadas por outros dispositivos (e.x., telefones); dispositivos (motores, fornos de microondas) também interferem
- **propagação por vários caminhos (multipath propagation):** componentes de sinais de rádio refletem-se em objetos e na terra, chegando ao destino em instantes ligeiramente diferentes

... tornam a comunicação entre enlaces sem fio (mesmo ponto-a-ponto) muito mais "difícil"

Redes Móveis e Sem Fio 6-10

## Elementos de uma rede sem fio

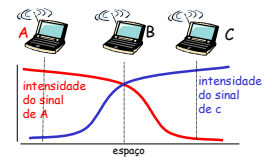
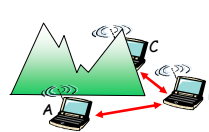


- modo *ad hoc*
- sem estações-base
  - nós podem apenas transmitir aos outros nós dentro da cobertura do enlace
  - nós se auto-organizam numa rede: roteamento entre si

Redes Móveis e Sem Fio 6-8

## Características de redes sem fio

Vários emissores e receptores sem fio criam problemas adicionais (além do acesso múltiplo):



Terminal oculto:

- B, A ouvem-se
  - B, C ouvem-se
  - A, C não se ouvem
- A e C não percebem que interferem em B

Atenuação do sinal:

- B, A ouvem-se
- B, C ouvem-se
- A, C não podem ouvir uma à outra interferindo em B

Redes Móveis e Sem Fio 6-11

## Capítulo 6

### 6.1 Introdução

#### Sem fio (*Wireless*)

- 6.2 Enlaces sem fio e características da rede
  - CDMA
- 6.3 LANs sem fio IEEE 802.11 ("wi-fi")
- 6.4 Acesso à Internet por Celular
  - arquitetura
  - padrões (e.x., GSM)

#### Mobilidade

- 6.5 Princípios: endereçamento e roteamento para usuários móveis
- 6.6 IP Móvel
- 6.7 Mobilidade em redes celulares
- 6.8 Mobilidade e protocolos das camadas superiores

#### 6.9 Resumo

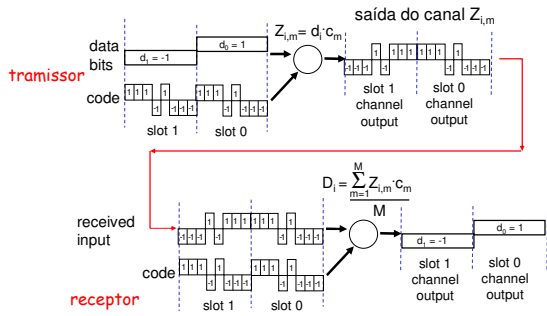
Redes Móveis e Sem Fio 6-9

## Code Division Multiple Access (CDMA)

- usado em vários padrões para canais sem fio de banda larga (celular, satélite etc)
- um "código" único é associado a cada usuário: i.e., partição do conjunto de códigos
- todos os usuários compartilham a mesma frequência, mas cada usuário tem o seu código ("chipping sequence") para codificar os dados.
- **sinal codificado** = (dados originais) X (seqüência de *chipping*)
- **decodificação**: produto interno do sinal codificado e da seqüência de codificação ("chipping sequence")
- permite que vários usuários coexistam e transmitam simultaneamente com interferência mínima
  - ... se os códigos forem ortogonais" (ie, o produto interno entre elas deve ser igual a 0)

Redes Móveis e Sem Fio 6-12

## CDMA: Codificação e Decodificação



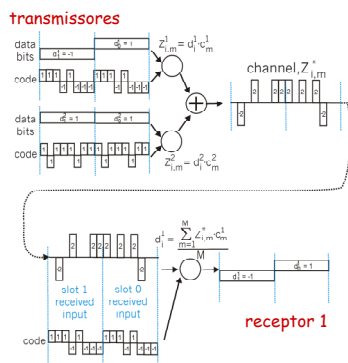
Redes Móveis e Sem Fio 6-13

## LANs sem fio IEEE 802.11

- **802.11b**
    - Faixa não licenciada de 2.4-5 GHz
    - Até 11 Mbps
  - **802.11a**
    - 5-6 GHz
    - Até 54 Mbps
  - **802.11g**
    - 2.4-5 GHz
    - até 54 Mbps
- Todas usam CSMA/CA para acesso múltiplo
  - Todas têm versões com estações-base e redes *ad-hoc*

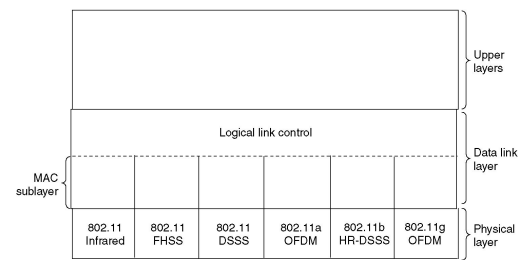
Redes Móveis e Sem Fio 6-16

## CDMA: interferência entre dois transmissores



Redes Móveis e Sem Fio 6-14

## Parte da pilha de protocolos 802.11



Fonte: Tanenbaum (2004)

Redes Móveis e Sem Fio 6-17

## Capítulo 6

### 6.1 Introdução

#### Sem fio (*Wireless*)

- 6.2 Enlaces sem fio e características da rede
  - CDMA
- 6.3 LANs sem fio IEEE 802.11 ("wi-fi")
- 6.4 Acesso à Internet por Celular
  - arquitetura
  - padrões (e.x., GSM)

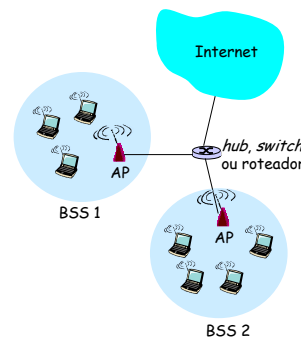
#### Mobilidade

- 6.5 Princípios: endereçamento e roteamento para usuários móveis
- 6.6 IP Móvel
- 6.7 Mobilidade em redes celulares
- 6.8 Mobilidade e protocolos das camadas superiores

#### 6.9 Resumo

Redes Móveis e Sem Fio 6-15

## 802.11: arquitetura



- Hosp. sem fio comunicam-se com a estação-base
  - estação-base = *access point (AP)*
- *Basic Service Set (BSS)* ("celula")
  - modo infra-estrutura:
    - Hosp. sem fio
    - *access point (AP)*
  - Modo *ad hoc*:
    - apenas hospedeiros

Redes Móveis e Sem Fio 6-18

## 802.11: Canais, associação

- 802.11b: espectro de 2.4GHz-2.485GHz dividido em 11 canais parcialmente sobrepostos
  - Adm. do AP escolhe SSID (*Service Set Identifier*)
  - Adm. do AP escolhe a frequência (canal) para o AP
    - Não sobrepostos se separados por 4 ou mais canais
    - 1, 6 e 11 não sobrepostos
  - Interferência possível: canal pode ser o mesmo escolhido por um AP vizinho!
- Hosp.: deve se *associar* a um AP
  - Vasculha os canais, procurando *beacon frames* (quadros de sinalização) contendo o id (SSID) e end. MAC da AP
  - Seleciona uma AP para se associar
  - Pode fazer autenticação [Cap. 8]
  - Geralmente irá rodar o DHCP para obter um IP na sub-rede do AP

Redes Móveis e Sem Fio 6-19

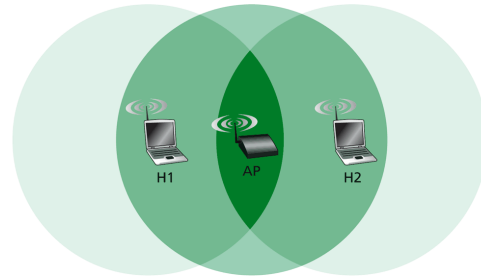
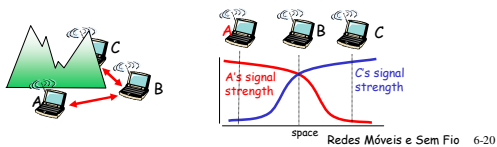


Figure 6.9 ♦ Hidden terminal example: H1 is hidden from H2, and vice versa

Redes Móveis e Sem Fio 6-22

## IEEE 802.11: acesso múltiplo

- Evita colisões: 2+ nós transmitindo ao mesmo tempo
- 802.11: CSMA - escuta antes de transmitir
- 802.11: não há detecção de colisão!
  - Caro construir adaptadores capazes de transmitir e receber simultaneamente
    - sinal recebido muito mais fraco que o transmitido
  - Nem sempre é possível detectar as colisões:
    - terminal oculto
    - desvanecimento do sinal (*fading*)
  - objetivo: *evitar colisões*: CSMA/C(ollision)A(voidance)



Redes Móveis e Sem Fio 6-20

## CSMA/CA: Evitando colisões (opcional)

- idéia*: permitir que o emissor "reserve" o canal, evitando a colisão de quadros longos de dados (não há CD)
- emissor envia um quadro pequeno com uma requisição para enviar (*request-to-send* - RTS) usando CSMA
    - RTTs podem colidir (mas eles são pequenos)
  - Destinatário/AP difunde uma autorização para enviar (*clear-to-send* - CTS) em resposta ao RTS
  - RTS recebido por todos os nós
  - Emissor envia quadro de dados
  - Todas as demais estação adiam as suas transmissões
- Atenua o problema do terminal oculto

Evita colisões de quadros de dados usando pequenos pacotes de reserva!

Redes Móveis e Sem Fio 6-23

## IEEE 802.11: CSMA

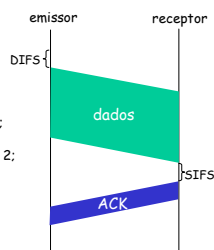
- Canais sem fio têm taxas elevadas de erros: ARQ (Automatic Repeat-reQuest.)

### Emissor 802.11

- 1: se canal desocupado por DIFS então transmitir quadro completo (sem CD) se canal ocupado então
  - 2: iniciar tempo de *backoff* aleatório (decrementar o temporizador enquanto o canal estiver desocupado; congelar quando ocupado); transmitir quando o temporizador expirar; se receber ACK e tiver mais a enviar voltar para 2; se não receber ACK, aumentar o intervalo de *backoff* aleatório; voltar para 2;

### Receptor 802.11

- se quadro recebido OK retornar ACK depois de SIFS



Redes Móveis e Sem Fio 6-21

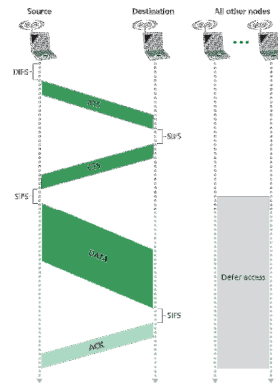
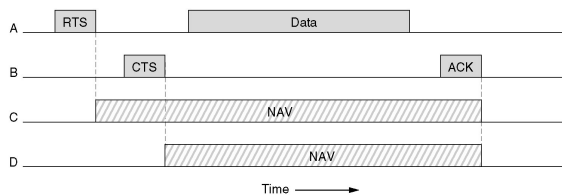


Figure 6.10 ♦ Collision avoidance using the RTS and CTS frames

Redes Móveis e Sem Fio 6-24

## The 802.11 MAC - CSMA/CA

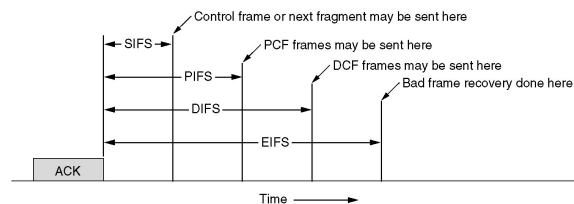


Fonte: Tanenbaum (2003)

Redes Móveis e Sem Fio 6-25

## 802.11: Espaçamento entre Quadros

PCF e DCF podem coexistir em uma célula

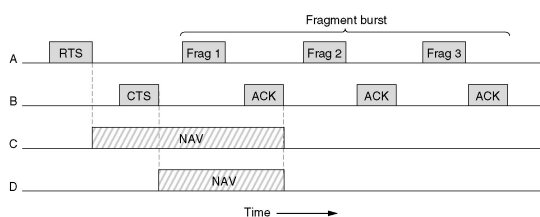


Fonte: Tanenbaum (2003)

Redes Móveis e Sem Fio 6-28

## The 802.11 MAC

- a probabilidade de erro de transmissão aumenta com o tamanho do quadro
- Rajada de fragmentos



Fonte: Tanenbaum (2003)

Redes Móveis e Sem Fio 6-26

## 802.11: Espaçamento entre Quadros

- **SIFS** (*Short InterFrame Spacing*): permite que as partes de um diálogo a chance de transmitir primeiro
  - Permite ao receptor enviar CTS ou ACK
  - Permite ao emissor de uma rajada de fragmentos transmitir o próximo fragmento sem ter que enviar um RTS novamente
- Se passar um **PIFS** (*PCF InterFrame Spacing*), a estação base pode enviar um quadro de sinalização (*beacon frame*) ou de consulta
- Se passar um **DIFS** (*DCF InterFrame Spacing*), qualquer estação pode tentar adquirir o canal para enviar um novo quadro.
- **EIFS** (*Extended InterFrame Spacing*), é usada por uma estação que acabou de receber um quadro com problemas ou desconhecido para relator o ocorrido

Fonte: Tanenbaum (2003)

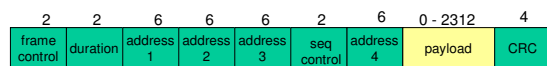
Redes Móveis e Sem Fio 6-29

## 802.11 modos de operação

- **DCF** (*Distributed Coordination Function*), não usa nenhum tipo de controle central (nesse sentido é similar ao Ethernet).
  - CSMA/CA
- **PCF** (*Point Coordination Function*)
  - Estação base consulta as demais estações para saber se elas têm quadros para enviar (*beacon frames*)
  - Não há colisões
- Todas as implementações devem suportar DCF mas PCF é opcional
- PCF e DCF podem coexistir em uma célula

Redes Móveis e Sem Fio 6-27

## Quadro 802.11: endereçamento



Address 1: endereço MAC do hosp. sem fio ou AP destinatária do quadro

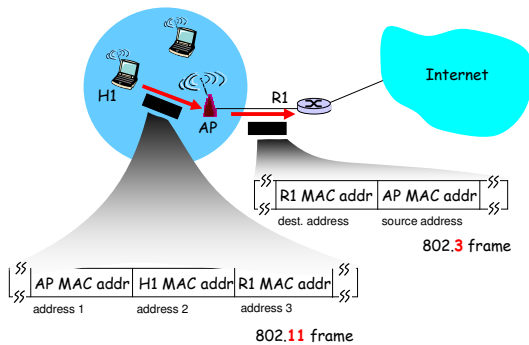
Address 3: endereço MAC da interface do roteador à qual o AP está ligado

Address 2: endereço MAC do hosp. sem fio ou AP transmitindo o quadro

Address 4: quadro está sendo trans. de AP para AP

Redes Móveis e Sem Fio 6-30

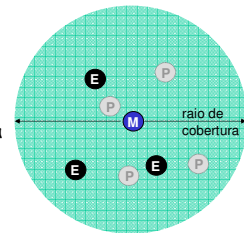
## Quadro 802.11: endereçamento



Redes Móveis e Sem Fio 6-31

## 802.15: *personal area network*

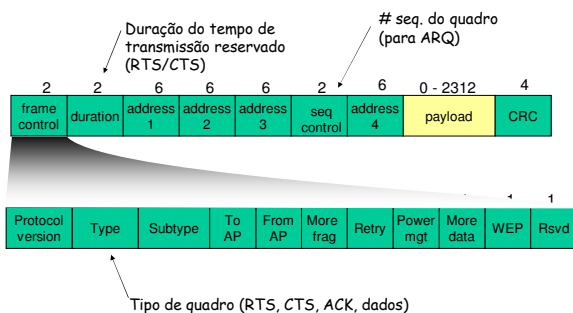
- Menos de 10 m de diâmetro
- Substituta para cabos (mouse, teclado, fones de ouvido)
- *ad hoc*: sem infra-estrutura
- Píccelulas com até 8 estações ativas
- Mestre/escravos:
  - 802.15: evoluiu a partir da especificação Bluetooth
    - Faixa de de 2.4-2.5 GHz
    - Até 721 kbps



- Dispositivo Mestre
- Dispositivo Escravo
- Dispositivo "Parked" (inativo)

Redes Móveis e Sem Fio 6-34

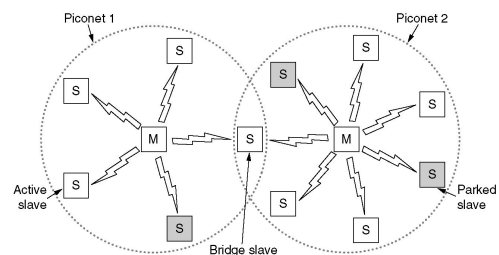
## Quadro 802.11: ...



Redes Móveis e Sem Fio 6-32

## Bluetooth

- *piconets* podem ser conectadas para formar uma *scatternet*.

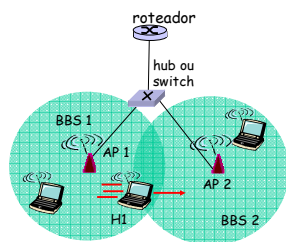


Fonte: Tanenbaum (2003)

Redes Móveis e Sem Fio 6-35

## 802.11: mobilidade dentro da mesma sub-rede

- H1 permanece na mesma sub-rede IP: end. IP pode permanecer o mesmo
- *switch*: que AP está associado a H1?
  - Auto-aprendizado (Cap. 5): o computador receberá um quadro de H1 e "lembrará" que porta pode ser usada para chegar a ele



Redes Móveis e Sem Fio 6-33

## Capítulo 6

### 6.1 Introdução

#### Sem fio (*Wireless*)

- 6.2 Enlaces sem fio e características da rede
  - CDMA
- 6.3 LANs sem fio IEEE 802.11 ("wi-fi")
- 6.4 Acesso à Internet por Celular
  - arquitetura
  - padrões (e.x., GSM)

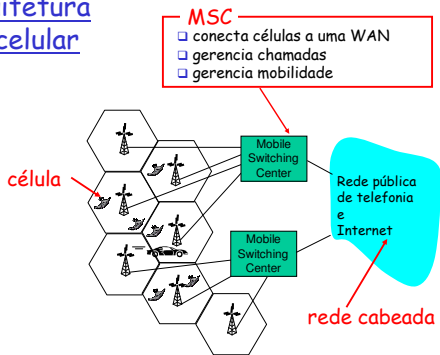
#### Mobilidade

- 6.5 Princípios: endereçamento e roteamento para usuários móveis
- 6.6 IP Móvel
- 6.7 Mobilidade em redes celulares
- 6.8 Mobilidade e protocolos das camadas superiores

#### 6.9 Resumo

Redes Móveis e Sem Fio 6-36

## Componentes de uma arquitetura de rede celular



Redes Móveis e Sem Fio 6-37

## Padrões para celular: visão geral

### 2.5 G: voz e canais de dados

- Para usuários que não podem esperar pelo serviço 3G: extensões do 2G
- general packet radio service (GPRS)**
  - Evoluiu do GSM
  - é fornecido por uma rede GSM subjacente
  - Usa comutação de circuitos para voz e dados (40 a 60 kbps)
  - Dados podem usar mais de um compartimento de tempo de um canal (diferentemente do GSM)
- enhanced data rates for global evolution (EDGE)**
  - Tb. evoluiu do GSM, com esquema de modulação aprimorado
  - Taxas de dados de até 384 kbps
- CDMA-2000 (fase 1)**
  - Taxas de dados de até 144,4 kbps
  - Evoluiu do IS-95

Redes Móveis e Sem Fio 6-40

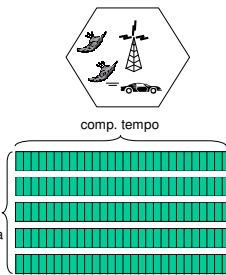
## Redes celulares: o primeiro salto

Técnicas para compartilhar o espectro móvel-Estação Base (BS)

### FDMA/TDMA:

- espectro dividido em canais
- canais divididos em compartimentos de tempo

### CDMA (code division multiple access)



Redes Móveis e Sem Fio 6-38

## Padrões para celular: visão geral

### 3G: voz/dados

- 144 kbps
  - áreas rurais, a mais de 120 Km/h
- 384 kbps
  - áreas urbanas, a menos de 120 Km/h
- 2 Mbps
  - ambientes internos e externos próximos, a menos de 10 Km/h

Padrões (competindo)

- Universal Mobile Telecommunications Service (UMTS)**
  - Evolução do GSM, mas usando CDMA
- CDMA-2000**
  - Evolução do CDMA-IS95

Redes Móveis e Sem Fio 6-41

## Padrões para celular: visão geral

**1G:** analógicos (FDMA), voz

**2G:** digitais, voz

- IS-136 TDMA:** combina FDMA/TDMA (américa do norte)
- GSM (global system for mobile communications):** combina FDMA/TDMA
  - implantação mais ampla
  - Bandas de 200 kHz, divididas em oito "chamadas" TDM
- IS-95 CDMA**



Não se afogue no prato de sopa de letrinhas: use este material apenas para referência

Redes Móveis e Sem Fio 6-39

## Capítulo 6

### 6.1 Introdução

#### Sem fio (Wireless)

- 6.2** Enlaces sem fio e características da rede
  - CDMA
- 6.3** LANs sem fio IEEE 802.11 ("wi-fi")
- 6.4** Acesso à Internet por Celular
  - arquitetura
  - padrões (e.x., GSM)

#### Mobilidade

- 6.5** Princípios: endereçamento e roteamento para usuários móveis
- 6.6** IP Móvel
- 6.7** Mobilidade em redes celulares
- 6.8** Mobilidade e protocolos das camadas superiores

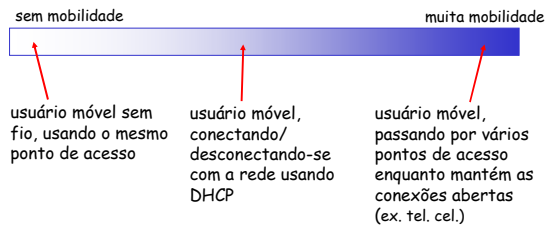
#### 6.9 Resumo

Redes Móveis e Sem Fio 6-42



## O que é mobilidade?

- Mobilidade sob a perspectiva da *camada de rede*:



Redes Móveis e Sem Fio 6-43

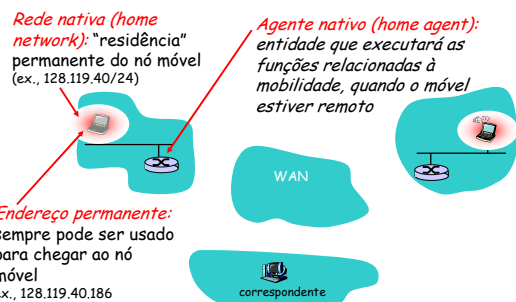
## Como contatar uma amiga "móvel":

- Procurar em todas as listas telefônicas?
- Ligar para os pais?
- Esperar que ela lhe diga onde está?



Redes Móveis e Sem Fio 6-46

## Mobilidade: Vocabulário



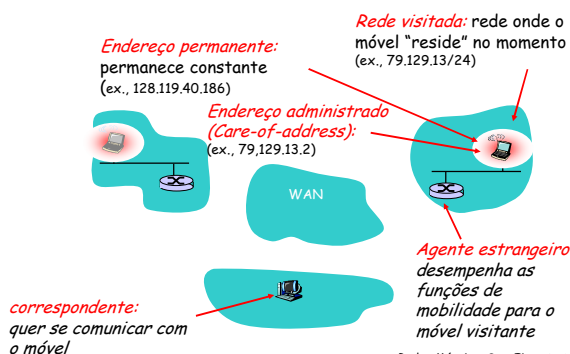
Redes Móveis e Sem Fio 6-44

## Mobilidade: abordagens

- Tratada pelo roteamento:** roteadores anunciam endereços permanentes dos nós móveis através da usual troca de tabelas de roteamento.
  - Tabelas de roteamento indicam onde as estações móveis estão localizadas.
  - Não requer mudanças significativas na infra-estrutura de rede e nos sistemas finais
- Tratada pelos sistemas finais.**
  - Roteamento indireto:** comunicação entre um correspondente e o nó móvel é repassada ao nó remoto através de um agente nativo (*home agent*)
  - Roteamento direto:** o correspondente obtém o endereço remoto do móvel e comunica-se diretamente com ele

Redes Móveis e Sem Fio 6-47

## Mobilidade: Vocabulário



Redes Móveis e Sem Fio 6-45

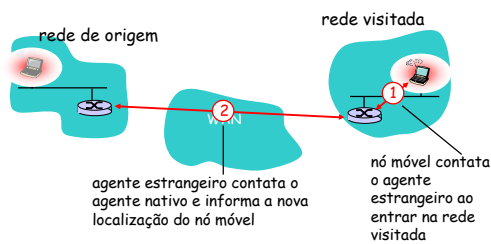
## Mobilidade: abordagens

- Tratada pelo roteamento:** roteadores anunciam endereços permanentes dos nós móveis através da usual troca de tabelas de roteamento.
  - Tabelas de roteamento indicam onde as estações móveis estão localizadas.
  - Não requer mudanças significativas na infra-estrutura de rede e nos sistemas finais
- Tratada pelos sistemas finais.**
  - Roteamento indireto:** comunicação entre um correspondente e o nó móvel é repassada ao nó remoto através de um agente nativo (*home agent*)
  - Roteamento direto:** o correspondente obtém o endereço remoto do móvel e comunica-se diretamente com ele

Redes Móveis e Sem Fio 6-48



## Mobilidade: registro



Resultado:

- Agente estrangeiro sabe da existência do móvel
- Agente nativo sabe da localização do móvel

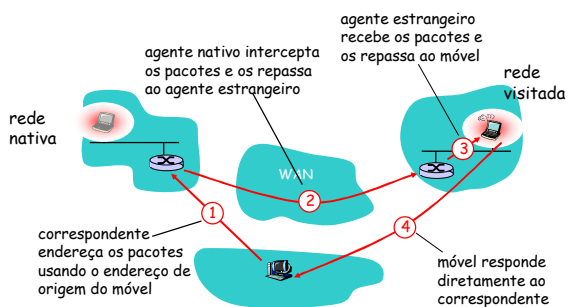
Redes Móveis e Sem Fio 6-49

## Roteamento Indireto: mudando de rede

- O usuário móvel desloca-se para outra rede
  - Registro no agente estrangeiro
  - Novo agente estrangeiro registra-se com o agente nativo
  - Agente nativo atualiza o endereço-administrado do móvel
  - Pacotes continuam a ser repassados para o móvel através do novo endereço-administrado
- Mobilidade, mudança de rede estrangeira transparente: *conexões em curso podem ser mantidas!*
  - Alguns datagramas podem ser perdidos, mas isso é aceitável em redes de datagramas não confiáveis

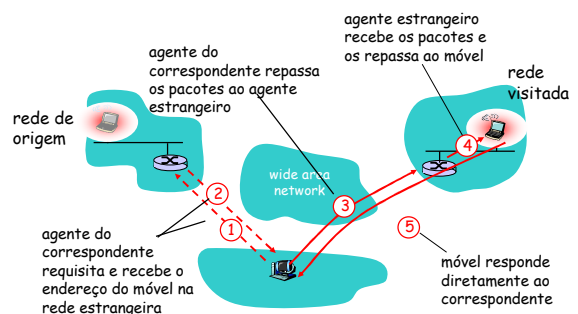
Redes Móveis e Sem Fio 6-52

## Mobilidade via Roteamento Indireto



Redes Móveis e Sem Fio 6-50

## Mobilidade via Roteamento Direto



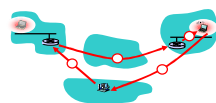
Redes Móveis e Sem Fio 6-53

## Roteamento Indireto: comentários

- O nó móvel usa dois endereços:
  - permanente : usado pelo correspondente (localização do móvel é *transparente* ao correspondente)
  - administrado (*care-of-address - COA*): usado pelo agente nativo para repassar datagramas ao móvel
- As funções do agente estrangeiro podem ser feitas pelo próprio nó móvel

Roteamento em triângulo:

- correspondente-rede\_de\_origem-móvel
- Ineficiente quando o correspondente e o móvel estão na mesma rede



Redes Móveis e Sem Fio 6-51

## Mobilidade via Roteamento Direto : comentários

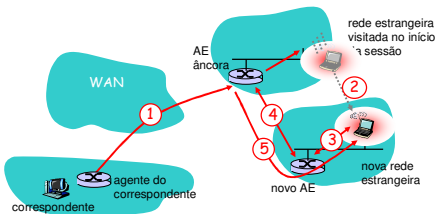
- Resolve o problema do roteamento em triângulo
- Não é transparente ao correspondente: correspondente (ou seu agente) deve contactar o agente nativo para obter o COA
  - O que acontece se o móvel mudar de rede visitada?



Redes Móveis e Sem Fio 6-54

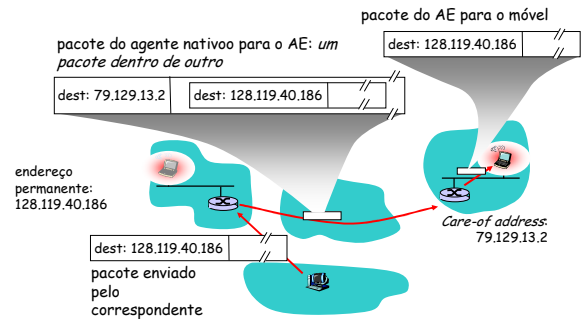
## Roteamento direto: mudança de rede

- Agente estrangeiro (AE) âncora : AE na primeira rede visitada
- Dados sempre são roteados primeiro para o AE âncora
- Quando o móvel se desloca: o novo AE informa ao AE âncora o novo COA do móvel (encadeamento)



Redes Móveis e Sem Fio 6-55

## IP móvel: roteamento indireto



Redes Móveis e Sem Fio 6-58

## Capítulo 6

### 6.1 Introdução

#### Sem fio (Wireless)

- 6.2 Enlaces sem fio e características da rede
  - CDMA
- 6.3 LANs sem fio IEEE 802.11 ("wi-fi")
- 6.4 Acesso à Internet por Celular
  - arquitetura
  - padrões (e.x., GSM)

#### Mobilidade

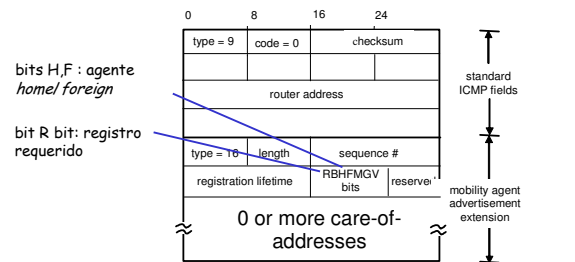
- 6.5 Princípios: endereçamento e roteamento para usuários móveis
- 6.6 IP Móvel
- 6.7 Mobilidade em redes celulares
- 6.8 Mobilidade e protocolos das camadas superiores

#### 6.9 Resumo

Redes Móveis e Sem Fio 6-56

## IP móvel: descoberta de agente

- Anúncio de agente** : agentes (nativos e estrangeiros) anunciam-se difundindo mensagens ICMP (campo tipo = 9)



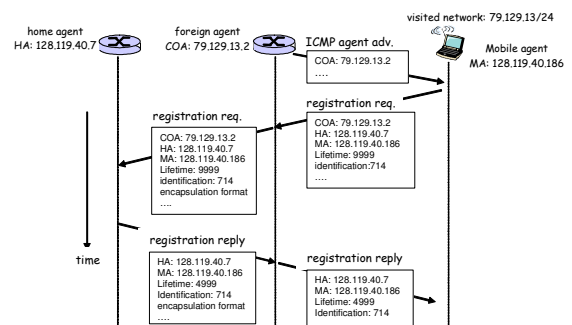
Redes Móveis e Sem Fio 6-59

## IP Móvel

- RFC 3220
- Tem muitas características que já vimos:
  - Agentes nativos, agentes estrangeiros, registro nos agentes estrangeiros, endereço-administrado (COA), encapsulamento/tunelamento (pacote dentro de pacote)
- Padrão consiste de três elementos principais:
  - Roteamento indireto de datagramas
  - Descoberta de agentes
  - Registro no agente nativo

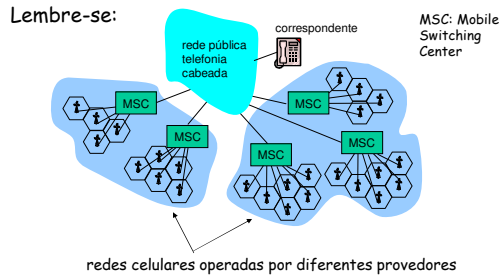
Redes Móveis e Sem Fio 6-57

## IP móvel: exemplo de registro



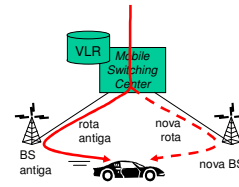
Redes Móveis e Sem Fio 6-60

## Componentes de uma arquitetura de rede celular



Redes Móveis e Sem Fio 6-61

## GSM: transferência sem mudar a MSC



- Objetivo da transferência: rotear a chamada através de uma nova estação base (sem interrupção)
- Motivos para a transferência:
  - Sinal mais forte para/da nova BS (manutenção da conectividade, menor consumo de bateria)
  - Balanceamento de carga: liberação de canal na BS atual
  - O GSM não diz porque fazer a transferência (política) apenas como fazê-la (mecanismo)
- A transferência é iniciada pela BS antiga

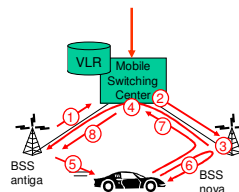
Redes Móveis e Sem Fio 6-64

## Mobilidade em redes celulares (GSM)

- **rede nativa (home network)**
  - **home location register (HLR):** base de dados contendo o num. permanente do fone celular, perfil (serviços, preferência, tarifação), informação sobre a localização atual (pode estar em outra rede) dos seus assinantes
- **rede visitada**
  - **visitor location register (VLR):** base de dados com uma entrada para cada usuário que está atualmente na rede

Redes Móveis e Sem Fio 6-62

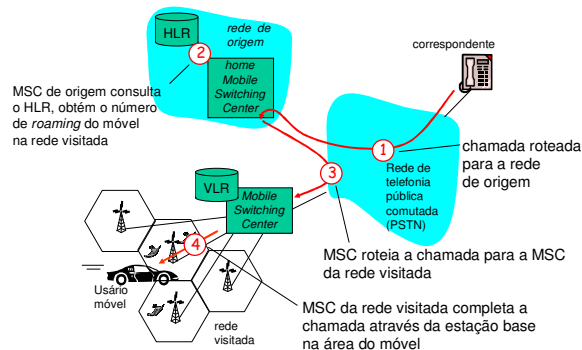
## GSM: transferência sem mudar a MSC



1. BS antiga informa à MSC sobre a transferência iminente e fornece lista com 1+ novas BSs
2. MSC estabelece um caminho para a nova BS (aloca recursos) e avisa à nova BS
3. nova BS aloca canal de rádio para o móvel
4. nova BS sinaliza à MSC e à BS antiga: pronta
5. BS antiga solicita ao móvel para fazer a transferência para a nova BS
6. Móvel e nova BS trocam mensagens para ativar o novo canal
7. móvel avisa à MSC, através da nova BS, que a transferência está completa. A MSC re-roteia as chamadas
8. recursos na MSC e na antiga BS liberados

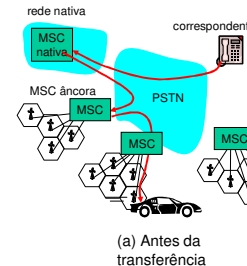
Redes Móveis e Sem Fio 6-65

## GSM: roteamento indireto para um móvel



Redes Móveis e Sem Fio 6-63

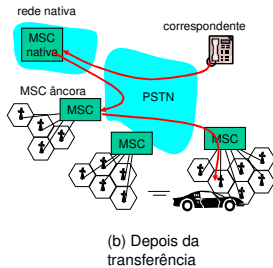
## GSM: transferência entre MSCs



- **MSC âncora:** primeira MSC visitado durante a chamada
  - A chamada permanece roteada através da MSC âncora
- Três MSC durante a chamada: nativa, âncora e visitada
- Em redes IS-41 (protocolo para transferência) permite-se o encadeamento de várias MSCs

Redes Móveis e Sem Fio 6-66

## GSM: transferência entre MSCs



- **MSC âncora:** primeira MSC visitada durante a chamada
  - A chamada permanece roteada através da MSC âncora
- Três MSC durante a chamada: nativa, âncora e visitada
- Em redes IS-41 (protocolo para transferência) permite-se o encadeamento de várias MSCs

Redes Móveis e Sem Fio 6-67

## Sem fio e mobilidade: impacto sobre os protocolos das camadas superiores

- Em termos lógicos, o impacto *deve ser* mínimo ...
  - Modelo de serviço de melhor esforço permanece inalterado
  - TCP e UDP rodam sobre redes sem fio e em dispositivos móveis
- ... mas o desempenho pode ser muito diferente:
  - Perda/retardo de pacote devido a erros de bits (pacotes descartados, retardos de retransmissões na camada de enlace) e transferência de chamadas (*handoff*)
  - O TCP interpreta perda como sinal de congestionamento, diminuindo a janela, muitas vezes de forma desnecessária
  - Retardos problemáticos para tráfego de tempo-real
  - Largura de banda limitada dos enlaces sem fio

Redes Móveis e Sem Fio 6-70

## Mobilidade: GSM versus IP móvel

Elemento GSM	Comentário sobre o elemento GSM	Elemento do IP móvel
• Sistema nativo	Rede à qual pertence o número de telefone permanente do usuário móvel	Rede nativa ( <i>home network</i> )
• Central de comutação de unidade móvel (ou <i>MSC nativa</i> ). • Registro nativo de localização (HLR)	• MSC nativa: ponto de contato para obter endereço roteável do móvel. • HLR: banco de dados no sistema nativo que contém número de telefone permanente, informações de perfil e localização corrente de usuários móveis; informações de assinatura	Agente Nativo ( <i>home agent</i> )
• Sistema visitado	Rede onde o usuário móvel está residindo correntemente (diferente do sistema nativo)	Rede visitada
• MSC visitada • <i>Visitor Location Record (VLR)</i>	• MSC visitada: responsável por estabelecer chamadas de/para nós móveis em células associadas • VLR: registro temporário em base de dados do sistema visitado, contendo informação sobre a assinatura de cada móvel visitante	Agente estrangeiro ( <i>Foreign agent</i> )
• <i>Mobile Station Roaming Number (MSRN)</i> ou <i>roaming number</i>	Endereço roteável para segmente de chamada telefônica entre a MSC nativa e a MSC visitada, não é visível nem ao móvel nem ao correspondente	Endereço-administrado ( <i>Care-of-address</i> )

Redes Móveis e Sem Fio 6-68

## Resumo

### Sem fio

- Enlaces em fio:
  - Capacidade, distância
  - Problemas dos canais
  - CDMA
- IEEE 802.11 ("wi-fi")
  - CSMA/CA reflete as características de canais sem fio
- Acesso celular
  - arquitetura
  - padrões GSM, CDMA-2000, UMTS)

### Mobilidade

- princípios: endereçamento, roteamento para usuários móveis
  - Redes nativas e visitadas
  - Roteamento direto e indireto
  - Endereços administrados
- Estudos de caso
  - IP móvel
  - Mobilidade no GSM
- Impacto nos protocolos de camadas superiores

Redes Móveis e Sem Fio 6-71

## Capítulo 6

### 6.1 Introdução

#### Sem fio (*Wireless*)

- 6.2 Enlaces sem fio e características da rede
  - CDMA
- 6.3 LANs sem fio IEEE 802.11 ("wi-fi")
- 6.4 Acesso à Internet por Celular
  - arquitetura
  - padrões (e.x., GSM)

#### Mobilidade

- 6.5 Princípios: endereçamento e roteamento para usuários móveis
- 6.6 IP Móvel
- 6.7 Mobilidade em redes celulares
- 6.8 Mobilidade e protocolos das camadas superiores
- 6.9 Resumo

Redes Móveis e Sem Fio 6-69

## Bibliografia

- KUROSE, J. F.; ROSS, K. W.; Redes de Computadores e a Internet. 3a. edição, Pearson Education, 2005.
- TANENBAUM, A. S., Redes de Computadores, 4rd. Ed., Campus, 2003.

Redes Móveis e Sem Fio 6-72