

## 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

## 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)

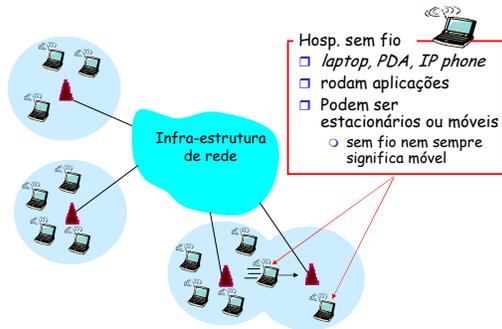
#### Mobilidade

- 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

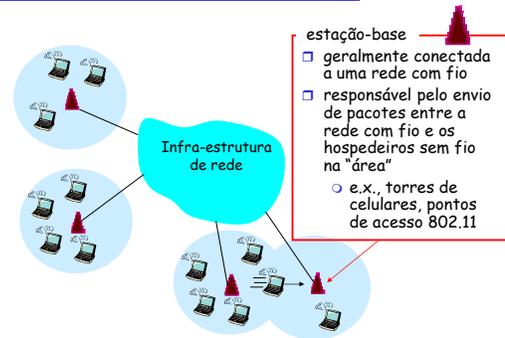
Redes Móveis e Sem Fio 6-2

### Elementos de uma rede sem fio



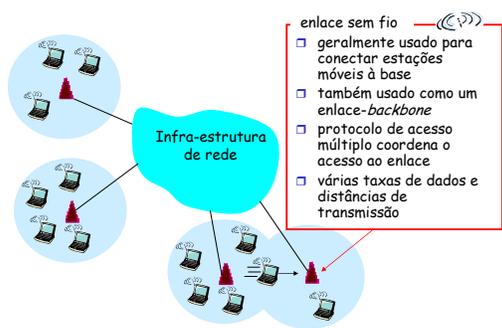
Redes Móveis e Sem Fio 6-3

### Elementos de uma rede sem fio



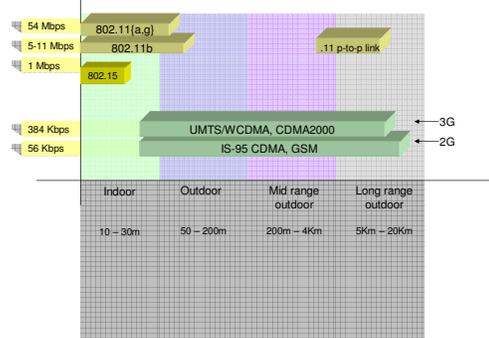
Redes Móveis e Sem Fio 6-4

### Elementos de uma rede sem fio



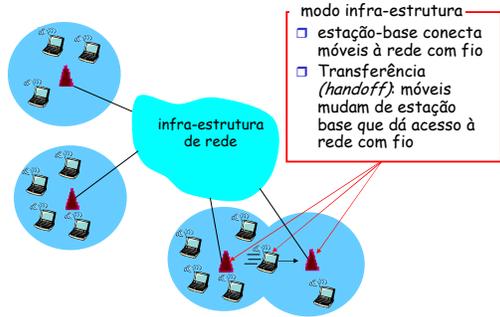
Redes Móveis e Sem Fio 6-5

### Características de alguns padrões de enlaces sem fio



Redes Móveis e Sem Fio 6-6

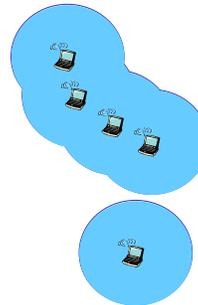
## Elementos de uma rede sem fio



- modo infra-estrutura
- estação-base conecta móveis à rede com fio
  - Transferência (*handoff*): móveis mudam de estação base que dá acesso à rede com fio

Redes Móveis e Sem Fio 6-7

## 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

## 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

## 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

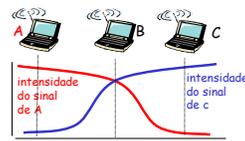
## Características de redes sem fio

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

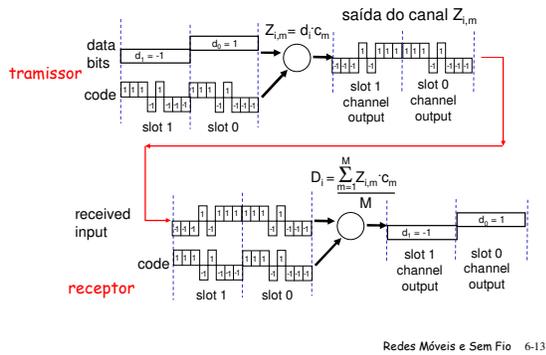
Redes Móveis e Sem Fio 6-11

## Code Division Multiple Access (CDMA)

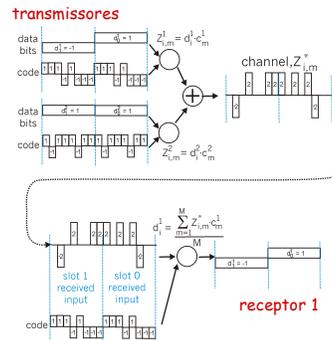
- usado em vários padrões para canais sem fio de banda larga (celular, satélite etc)
- um "código" único é associado a cada usuário: i.e., partição do conjunto de códigos
- todos os usuários compartilham a mesma frequência, mas cada usuário tem o seu código ("*chipping sequence*") para codificar os dados.
- **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



## CDMA: interferência entre dois transmissores



## 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

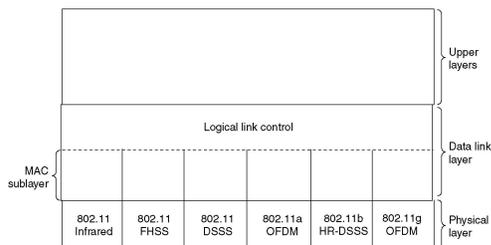
Redes Móveis e Sem Fio 6-15

## 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*

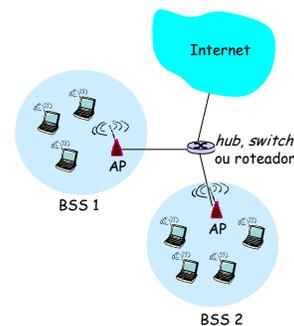
Redes Móveis e Sem Fio 6-16

## Parte da pilha de protocolos 802.11



Fonte: Tanenbaum (2004)

## 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

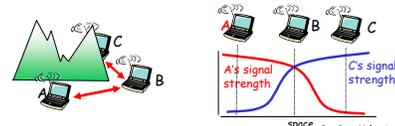
## 802.11: Canais, associação

- 802.11b: espectro de 2.4GHz-2.485GHz dividido em 11 canais parcialmente sobrepostos
  - Adm. do AP escolhe a frequência (canal) para o AP
  - Interferência possível: canal pode ser o mesmo escolhido por uma AP vizinha!
- Hosp.: deve se *associar* a um AP
  - Vasculha os canais, procurando *beacon frames* (quadros de consulta) 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

## 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(avoidance)



Redes Móveis e Sem Fio 6-20

## IEEE 802.11: CSMA/CA

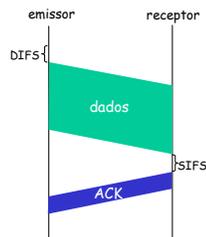
- Canais sem fio têm taxas elevadas de erros: ARQ (Automatic Repeat-request.)

### Emissor 802.11

- 1 se canal desocupado por DIFS então transmitir quadro completo (sem CD)
- 2 se canal ocupado então
  - iniciar tempo de *backoff* aleatório
  - temporizador decrementado enquanto o canal estiver desocupado (congelado quando ocupado)
  - transmitir quando o temporizador expirar
  - se não receber ACK, aumentar o intervalo de *backoff* aleatório e voltar para 2

### Receptor 802.11

- se quadro recebido OK retornar ACK depois de SIFS



Redes Móveis e Sem Fio 6-21

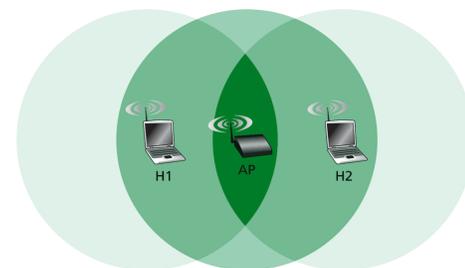


Figure 6.9 ♦ Hidden terminal example: H1 is hidden from H2, and vice versa

Redes Móveis e Sem Fio 6-22

## CSMA/CA: Evitando colisões

- 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) para a BS usando CSMA
    - RTSs podem colidir (mas eles são pequenos)
  - BS 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

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

Redes Móveis e Sem Fio 6-23

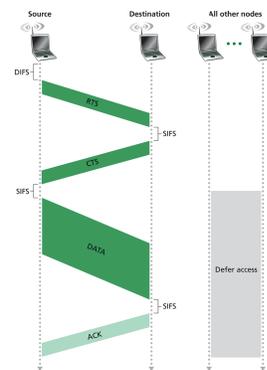
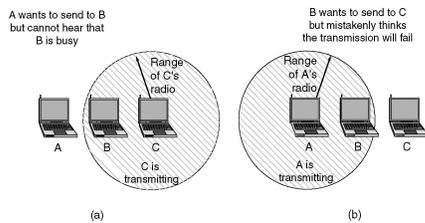


Figure 6.10 ♦ Collision avoidance using the RTS and CTS frames

Redes Móveis e Sem Fio 6-24

## 802.11 MAC



(a) The hidden station problem. (b) The exposed station problem.

Fonte: Tanenbaum (2003)

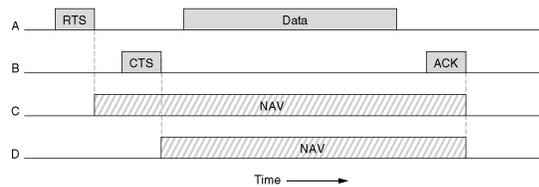
Redes Móveis e Sem Fio 6-25

## 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 6-26

## The 802.11 MAC - CSMA/CA

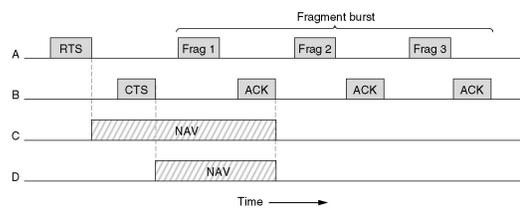


Fonte: Tanenbaum (2003)

Redes Móveis e Sem Fio 6-27

## The 802.11 MAC

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

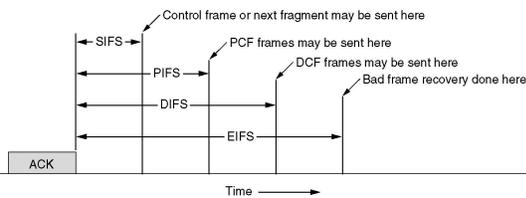


Fonte: Tanenbaum (2003)

Redes Móveis e Sem Fio 6-28

## 802.11: Espaçamento entre Quadros

PCF e DCF podem coexistir em uma célula



Fonte: Tanenbaum (2003)

Redes Móveis e Sem Fio 6-29

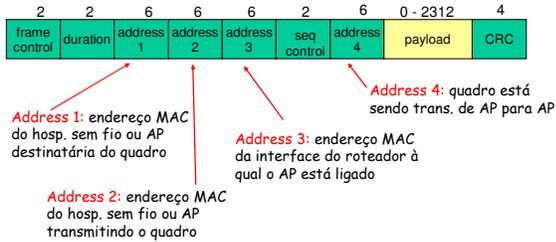
## 802.11: Espaçamento entre Quadros

- **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 aviso (*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 relatar o ocorrido

Fonte: Tanenbaum (2003)

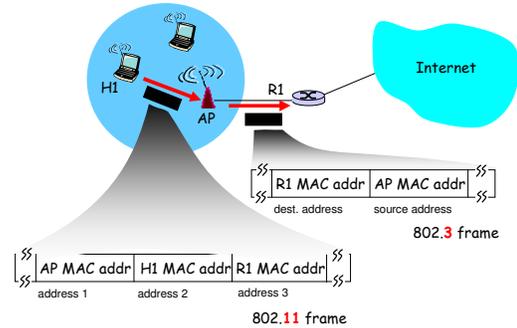
Redes Móveis e Sem Fio 6-30

## Quadro 802.11: endereçamento



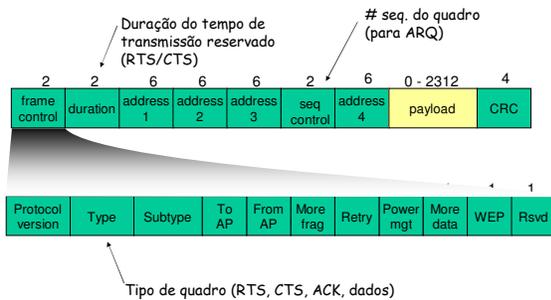
Redes Móveis e Sem Fio 6-31

## Quadro 802.11: endereçamento



Redes Móveis e Sem Fio 6-32

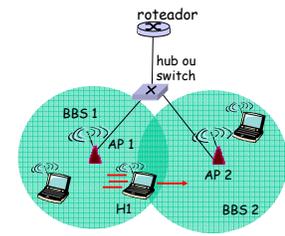
## Quadro 802.11: ...



Redes Móveis e Sem Fio 6-33

## 802.11: mobilidade dentro da mesma su-brede

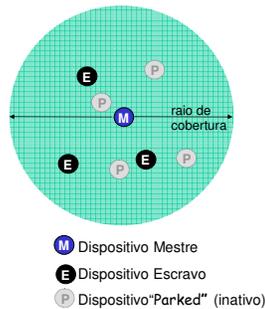
- H1 permanece na mesma sub-rede IP: end. IP pode permanecer o mesmo
- switch: que AP is está associado a H1?
  - Auto-aprendizado (Cap. 5): o computador receberá um quadro de H1 e "lembrará" que porta pode ser usada para chegar a ele



Redes Móveis e Sem Fio 6-34

## 802.15: personal area network

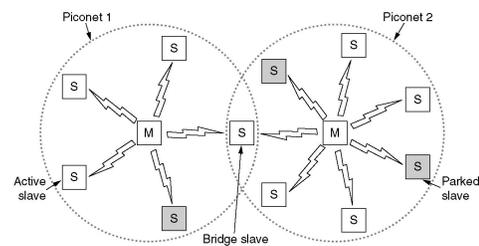
- Menos de 10 m de diâmetro
- Substituta para cabos (mouse, teclado, fones de ouvido)
- ad hoc: sem infra-estrutura
- Picocelulas com até 8 estações ativas
- Mestre/escravos:
  - 802.15: evoluiu a partir da especificação Bluetooth
    - Faixa de de 2.4-2.5 GHz
    - Até 721 kbps



Redes Móveis e Sem Fio 6-35

## Bluetooth

- piconets podem ser conectadas para formar uma scatternet.



Fonte: Tanenbaum (2003)

Redes Móveis e Sem Fio 6-36

## Capítulo 6

### 6.1 Introdução

#### Sem fio (*Wireless*)

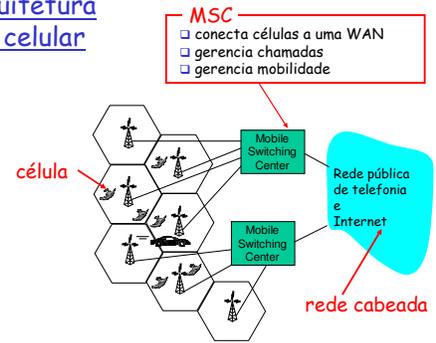
- 6.2 Enlaces sem fio e características da rede
  - CDMA
- 6.3 LANs sem fio IEEE 802.11 ("wi-fi")
- 6.4 Acesso à Internet por Celular
  - arquitetura
  - padrões (e.x., GSM)

#### 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 6-37

## Componentes de uma arquitetura de rede celular

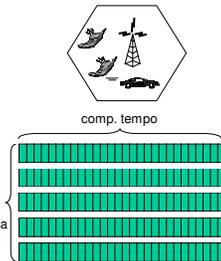


Redes Móveis e Sem Fio 6-38

## Redes celulares: o primeiro salto

Técnicas para compartilhar o espectro móvel-BS

- FDMA/TDMA:
  - espectro dividido em canais
  - canais divididos em compartimentos de tempo
- CDMA (*code division multiple access*)



Redes Móveis e Sem Fio 6-39

## 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
- IS-95 CDMA



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

Redes Móveis e Sem Fio 6-40

## 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
  - Usa comutação de circuitos para voz e dados (40 a 60 kbps)
  - Dados podem usar mais de um compartimento de tempo de um canal
- 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 6-41

## 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

Redes Móveis e Sem Fio 6-42

## 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)

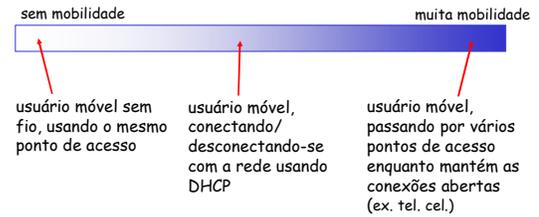
#### Mobilidade

- 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 6-43

## O que é mobilidade?

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



Redes Móveis e Sem Fio 6-44

## Mobilidade: Vocabulário

**Rede nativa (home network):** "residência" permanente do nó móvel (ex., 128.119.40/24)

**Agente nativo (home agent):** entidade que executará as funções relacionadas à mobilidade, quando o móvel estiver remoto

**Endereço permanente:** sempre pode ser usado para chegar ao nó móvel (ex., 128.119.40.186)



Redes Móveis e Sem Fio 6-45

## Mobilidade: Vocabulário

**Endereço permanente:** permanece constante (ex., 128.119.40.186)

**Rede visitada:** rede onde o móvel "reside" no momento (ex., 79.129.13/24)

**Endereço administrado (Care-of-address):** (ex., 79.129.13.2)

**correspondente:** quer se comunicar com o móvel

**Agente estrangeiro:** desempenha as funções de mobilidade para o móvel visitante



Redes Móveis e Sem Fio 6-46

## 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 6-47

## 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

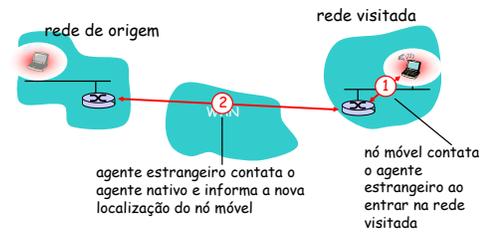
## Mobilidade: abordagens

- ❑ *Tratada pelo roteamento*: roteadores anunciam endereços permanentes dos nós móveis além da usual troca de tabelas de roteamento.
  - Tabelas de roteamento 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 e 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

Não escalável para milhões de móveis

Redes Móveis e Sem Fio 6-49

## Mobilidade: registro

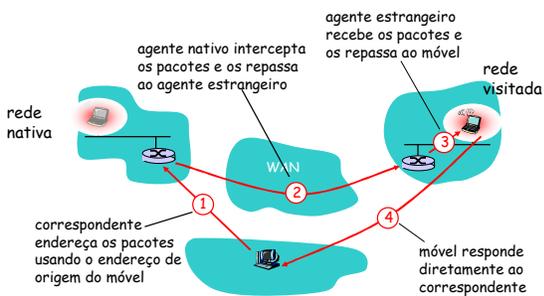


Resultado:

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

Redes Móveis e Sem Fio 6-50

## Mobilidade via Roteamento Indireto



Redes Móveis e Sem Fio 6-51

## 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



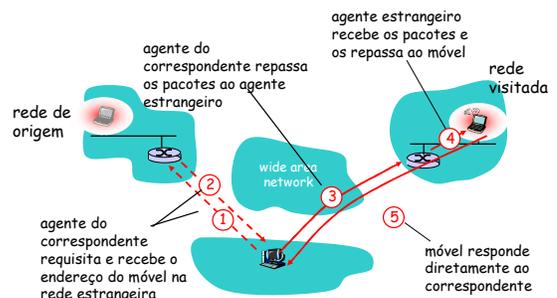
Redes Móveis e Sem Fio 6-52

## 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 6-53

## Mobilidade via Roteamento Direto



Redes Móveis e Sem Fio 6-54

### Mobilidade via Roteamento Direto : comentários

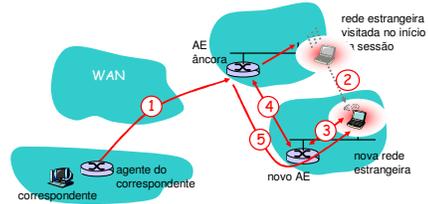
- ❑ Resolve o problema do roteamento em triângulo
- ❑ Não é transparente ao correspondente: correspondente (ou seu agente) deve contactar o agente nativo para obter o COA
  - O que acontece se o móvel mudar de rede visitada?



Redes Móveis e Sem Fio 6-55

### 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 6-56

## 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

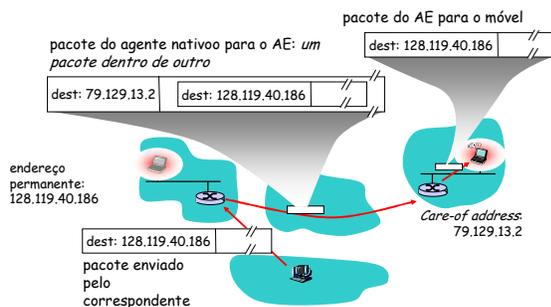
Redes Móveis e Sem Fio 6-57

## 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 6-58

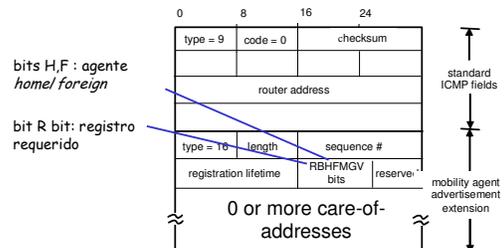
### IP móvel: roteamento indireto



Redes Móveis e Sem Fio 6-59

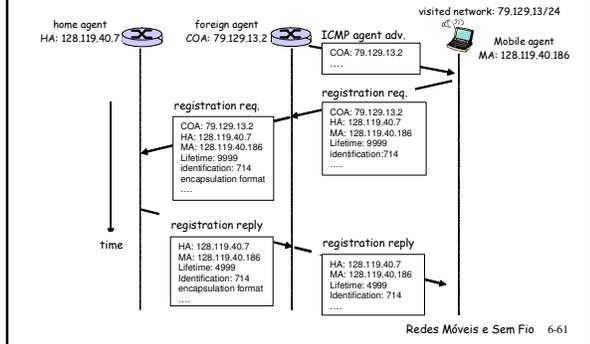
### IP móvel: descoberta de agente

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

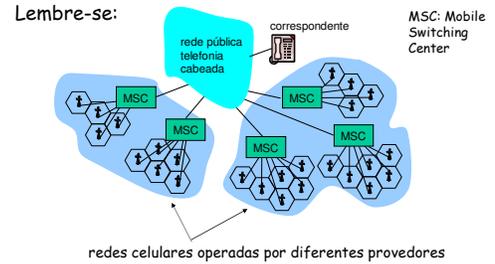


Redes Móveis e Sem Fio 6-60

## IP móvel: exemplo de registro



## Componentes de uma arquitetura de rede celular

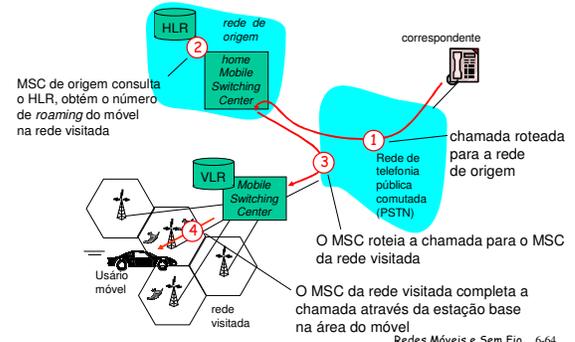


## Mobilidade em redes celulares (GSM)

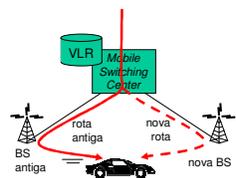
- rede de origem (home network)
  - home location register (HLR): base de dados contendo o num. permanente do fone celular, perfil (serviços, preferência, tarifação), informação sobre a localização atual (pode estar em outra rede) dos seus assinantes
- rede visitada
  - visitor location register (VLR):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

Redes Móveis e Sem Fio 6-63

## GSM: roteamento indireto para um móvel



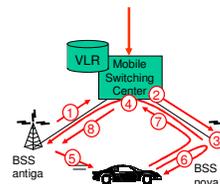
## GSM: transferência sem mudar o MSC



- 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 6-65

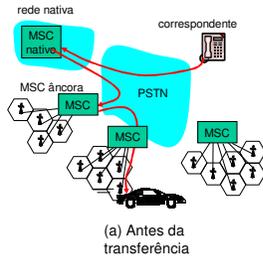
## GSM: transferência sem mudar o MSC



1. BS antiga informa ao 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 ao 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 6-66

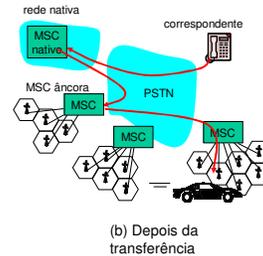
## GSM: transferência entre MSCs



- **MSC âncora:** primeiro MSC visitado durante a chamada
  - A chamada permanece roteada através do 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

## GSM: transferência entre MSCs



- **MSC âncora:** primeiro MSC visitado durante a chamada
  - A chamada permanece roteada através do 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 6-68

## 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 MSC nativa). •Registro nativo de localização (HLR)	•MSC nativo: 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 diferente do sistema nativo onde o usuário móvel está residindo correntemente	Rede visitada
•MSC visitada •Visitor Location Record (VLR)	•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> )
•Mobile Station Roaming Number (MSRN) ou roaming number	Endereço roteável para segmento de chamada telefônica entre o MSC nativo e o MSC visitado, não é visível nem ao móvel nem ao correspondente	Endereço-administrado ( <i>Care-of-address</i> )

Redes Móveis e Sem Fio 6-69

## 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 6-70

## 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 6-71

## 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 6-72

## Bibliografia

- KUROSE, J. F.; ROSS, K. W.: [Redes de Computadores e a Internet](#). 3a. edição, Pearson Education, 2005.
- [TANENBAUM, A. S.](#), Computer Networks, 4rd. Ed., Prentice-Hall, 2003.