

# Aula 14 - Mobilidade: IP Móvel, Mobilidade Celular

Diego Passos

Universidade Federal Fluminense

Redes de Computadores II

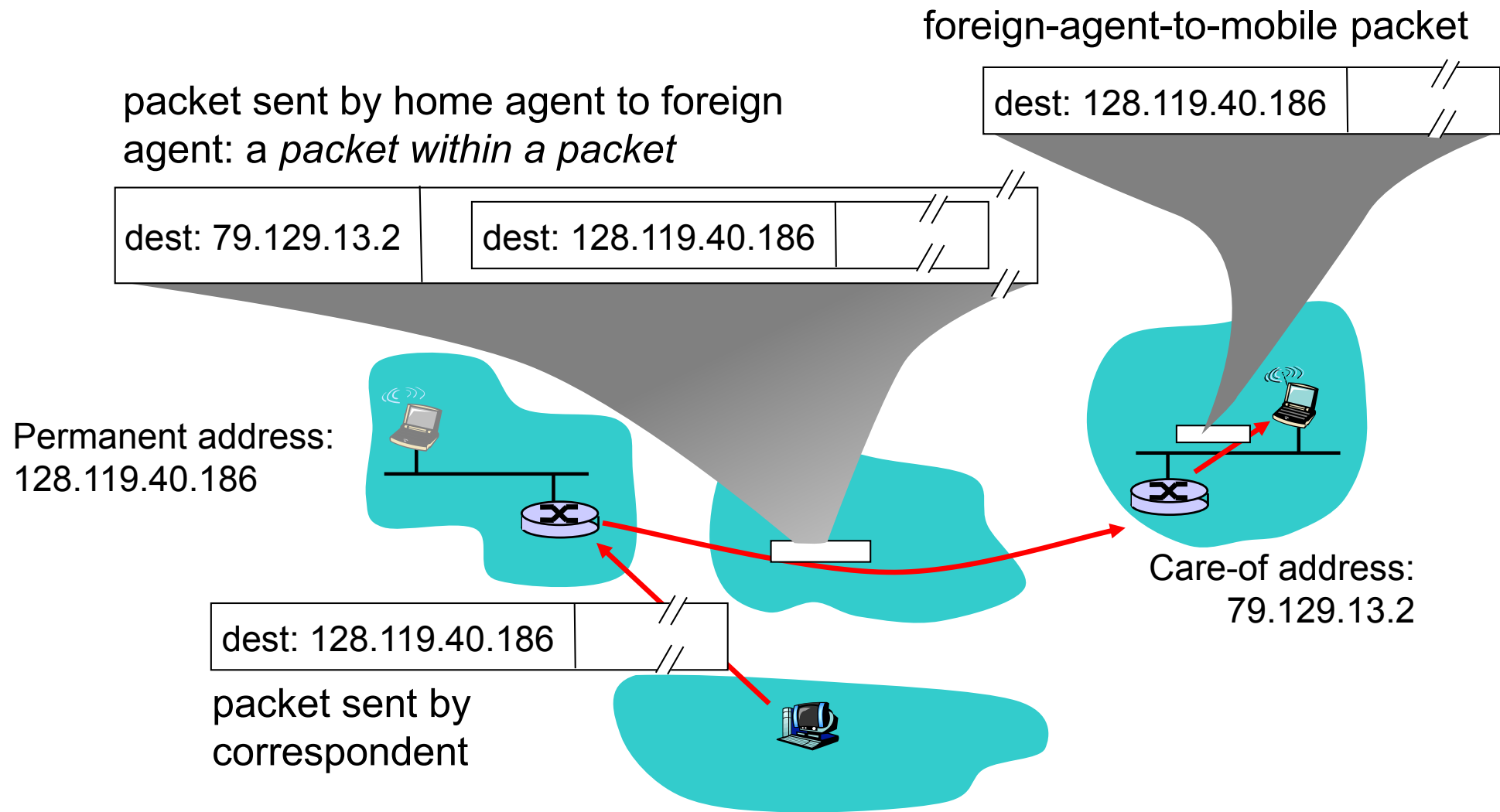
# Na Última Aula...

- Redes celular: arquitetura.
  - **Célula**: região de cobertura.
    - Estação base, usuários móveis.
  - Células se conectam à infraestrutura cabeada por um **MSC**.
    - Responsável por **ligações, mobilidade**.
- Redes celular: comunicação entre usuário e estação.
  - Combinação de FDMA e TDMA.
  - Ou **CDMA**.
- Redes celular: evolução.
  - 2G: somente voz.
  - 3G: rede de voz idêntica, **rede de dados paralela**.
- Mobilidade: tipos.
  - Dentro de um mesmo ponto de acesso.
  - Entre redes, obtendo novo IP.
  - Entre pontos de acesso, mantendo conexões.
- Mobilidade: jargão.
  - Rede de origem: **home network, home agent, home address**.
  - Rede de destino: **foreign agent, care-of-address**.
- Mobilidade: abordagens.
  - Atualização de **tabelas de roteamento**: não escala.
  - Sistemas finais: **roteamento direto ou indireto**.

# IP Móvel

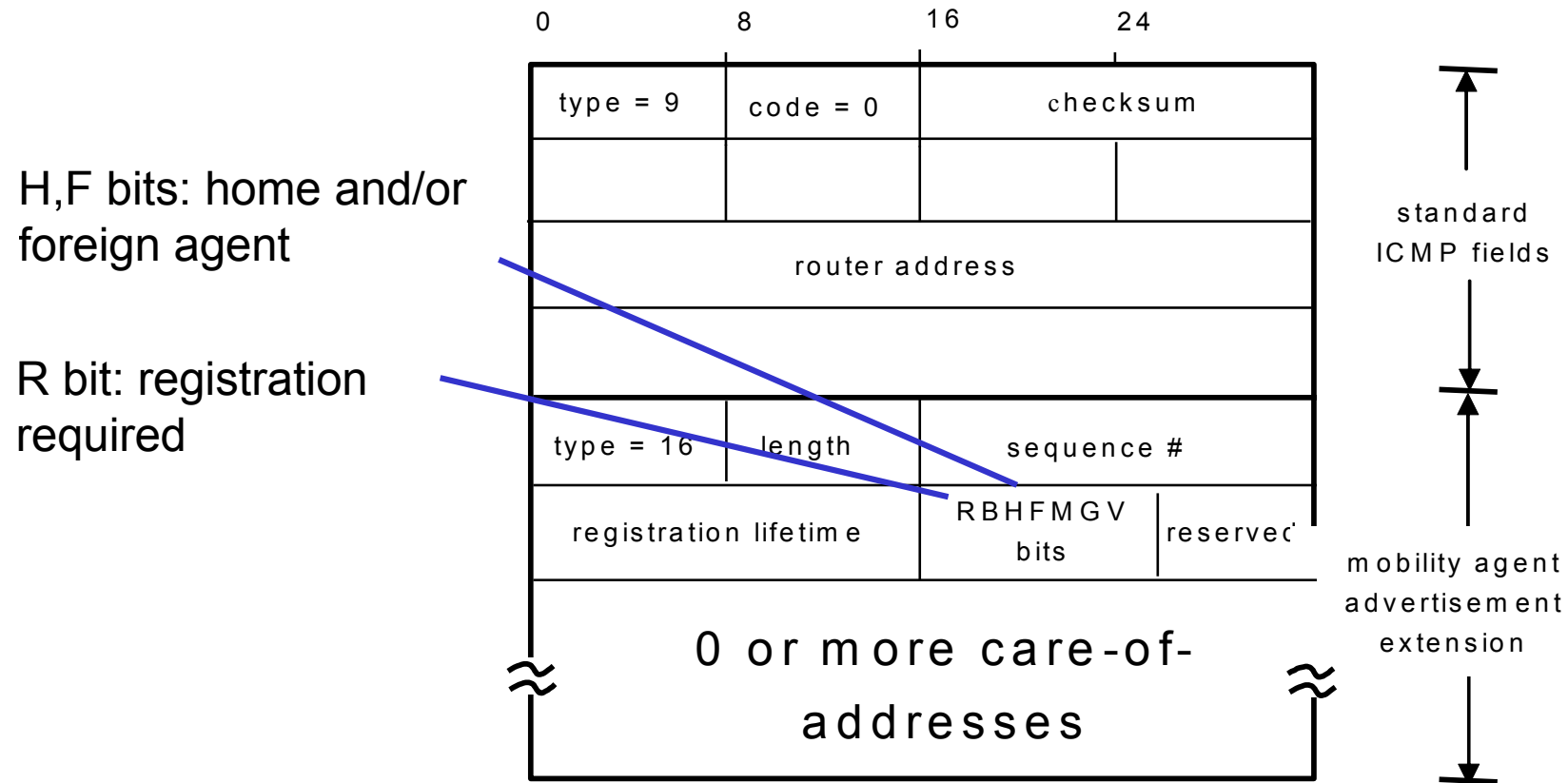
- Padrão para suporte a mobilidade a Internet.
  - Arquitetura, protocolos.
- Flexível, vários modos de operação suportados.
- RFC 3344.
- Várias características já discutidas:
  - *home agents*, *foreign agents*, registro no *foreign agent*, endereço temporário, encapsulamento (pacote dentro de um pacote).
- Três componentes do padrão:
  - Roteamento indireto de datagramas.
  - Descoberta de agente.
  - Registro no *home agent*.

# IP Móvel: Roteamento Indireto

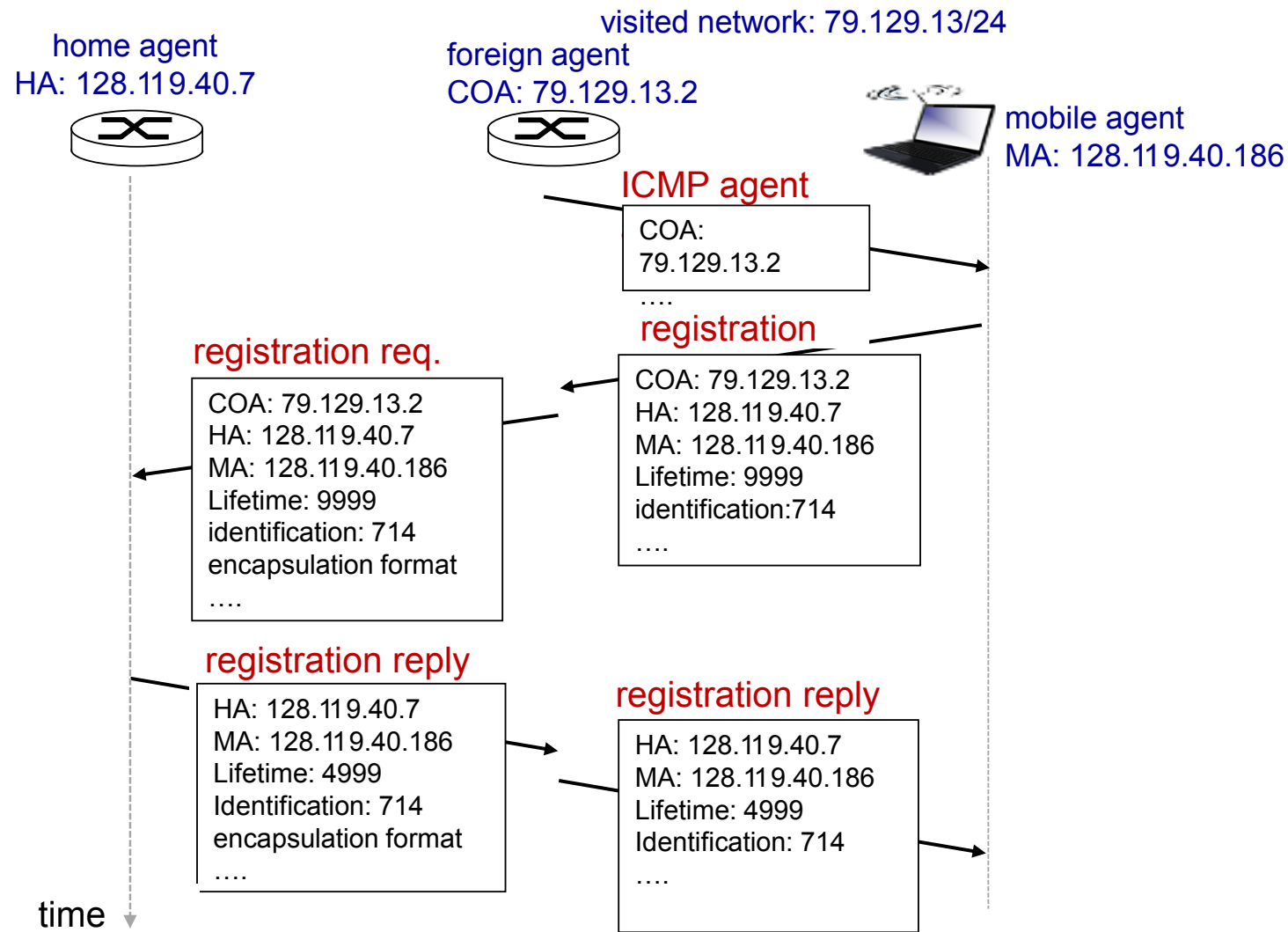


# IP Móvel: Descoberta de Agentes

- **Anúncio de agente:** *foreign/home agent* anuncia serviço enviando mensagens ICMP em *broadcast* (campo *type* = 9).



# IP Móvel: Exemplo de Registro



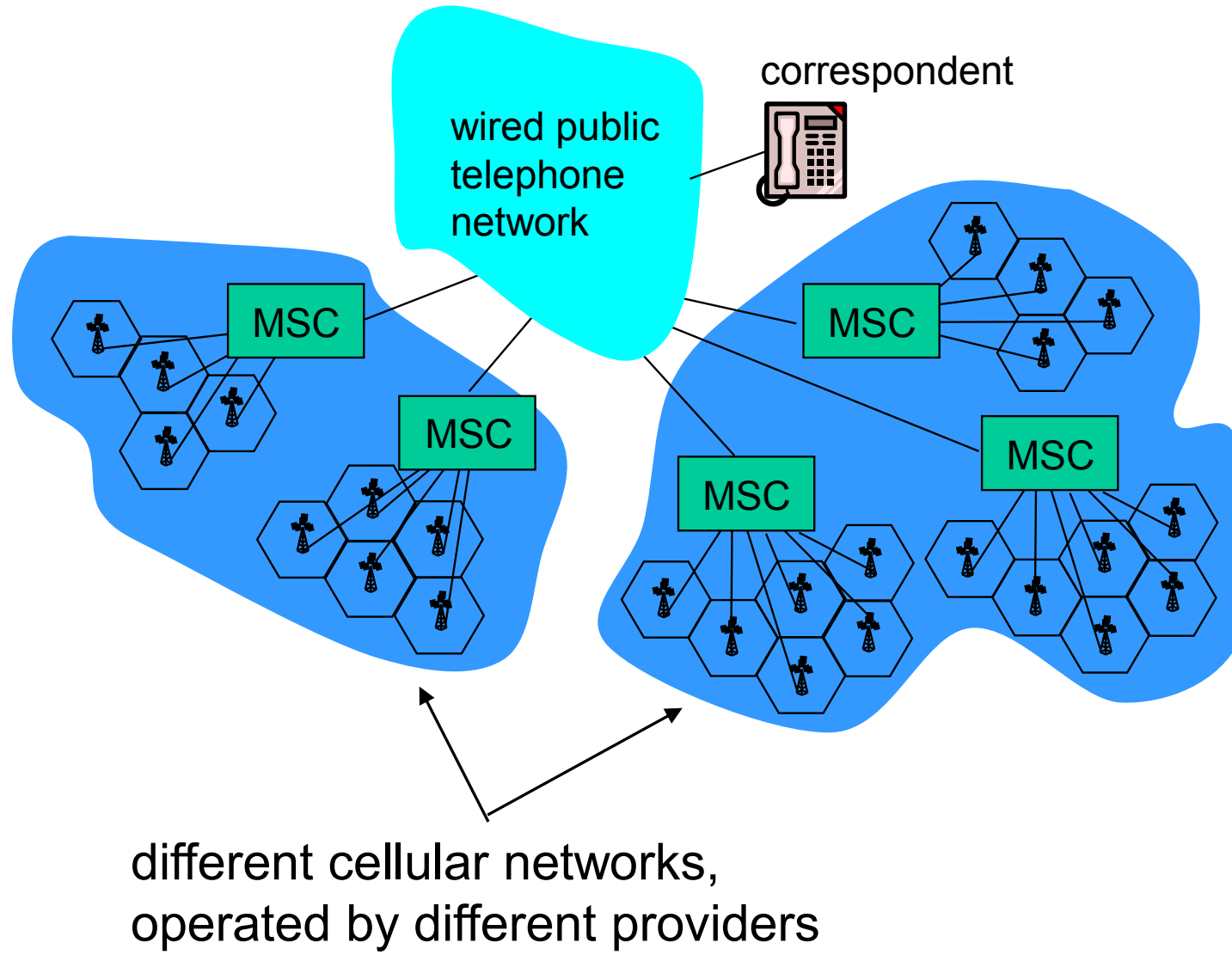
# IP Móvel: Segurança

- O que impede um atacante de fingir ser um determinado nó, registrando seu IP como um *care-of-address*?
  - Se bem sucedido, tráfego para o nó é redirecionado para o atacante.
  - Grande problema de segurança!
- IP Móvel tem preocupação com aspectos de segurança.
  - Por exemplo, pedidos de registro precisam ser **autenticados**.
- Mas não nos preocuparemos com segurança nesta aula.
  - Assunto da próxima parte da disciplina.



# Mobilidade em Rede Celular

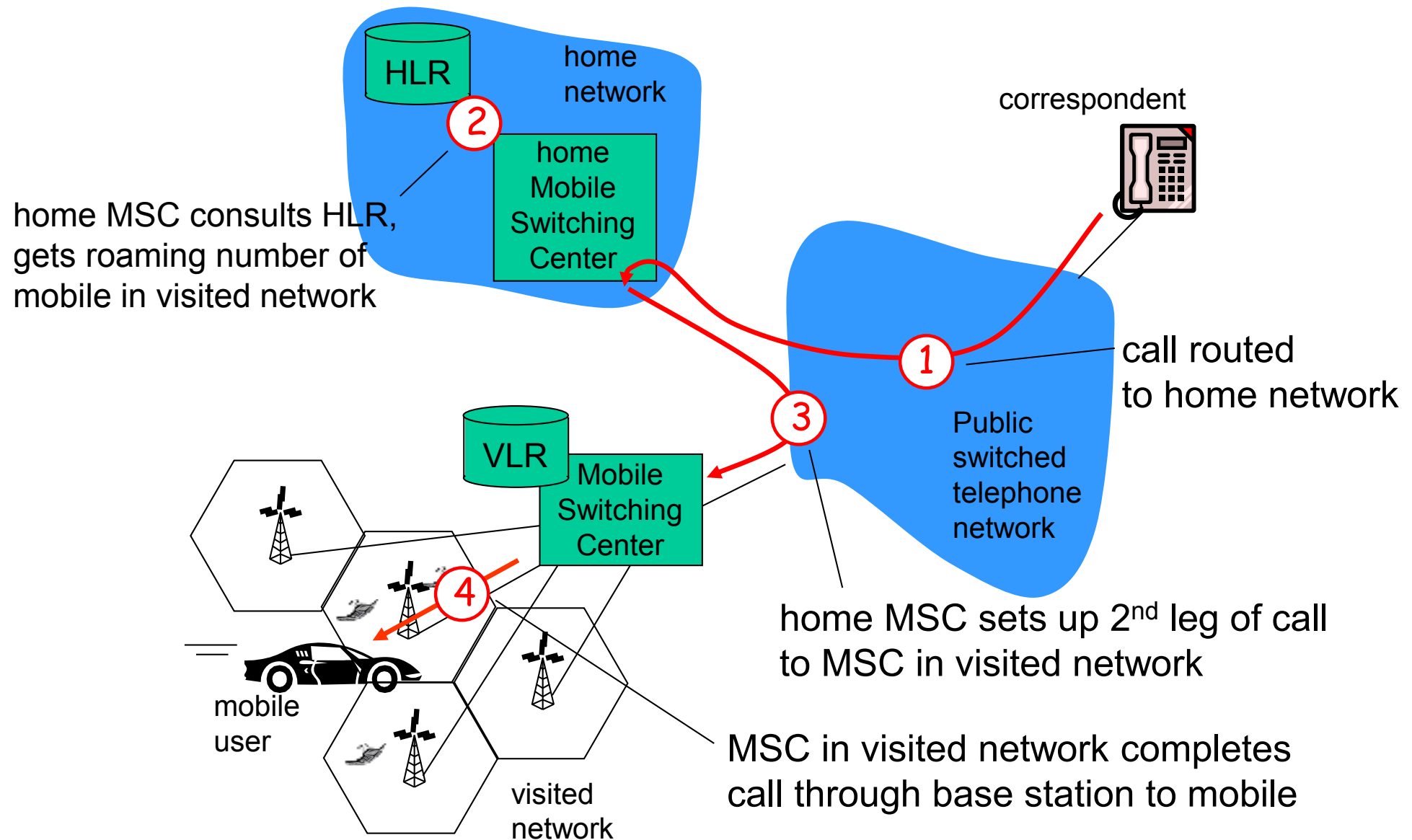
# Relembrando: Componentes da Arquitetura de Rede Celular



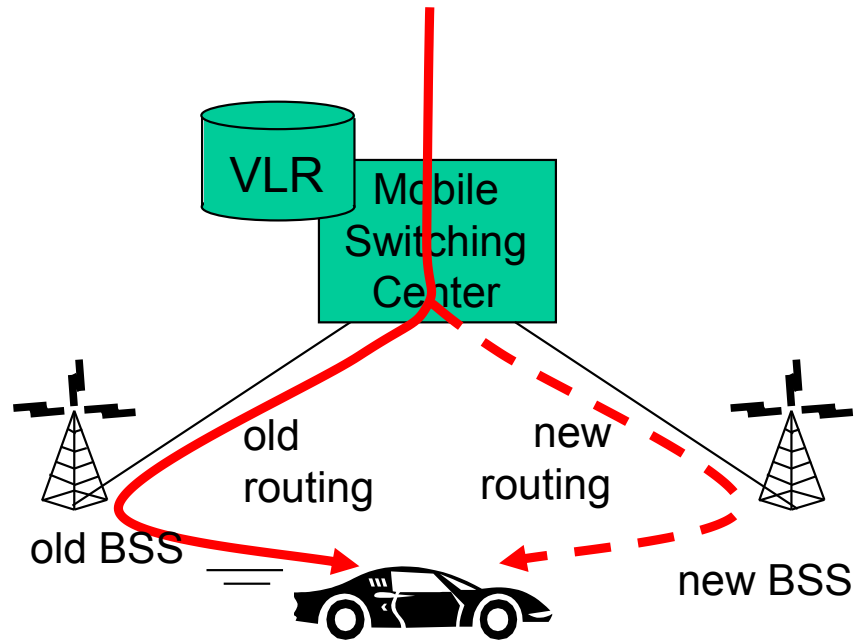
# Lidando com a Mobilidade

- **Rede Nativa (Home Network):** rede da operadora de celular que você assina (e.g., Oi, Tim, Claro, Vivo).
  - **Home Location Register (HLR):** base de dados na rede de origem, contendo:
    - Número permanente do celular.
    - Informações de perfil (serviços, preferencias, cobrança).
    - Informações sobre a localização atual (pode ser outra rede).
- **Rede Visitada (Visited Network):** rede na qual nó atualmente está.
  - **Visitor Location Register (VLR):** base de dados com entradas para cada usuário atualmente na rede.
  - Pode ser a rede de origem.

# GSM: Roteamento Indireto

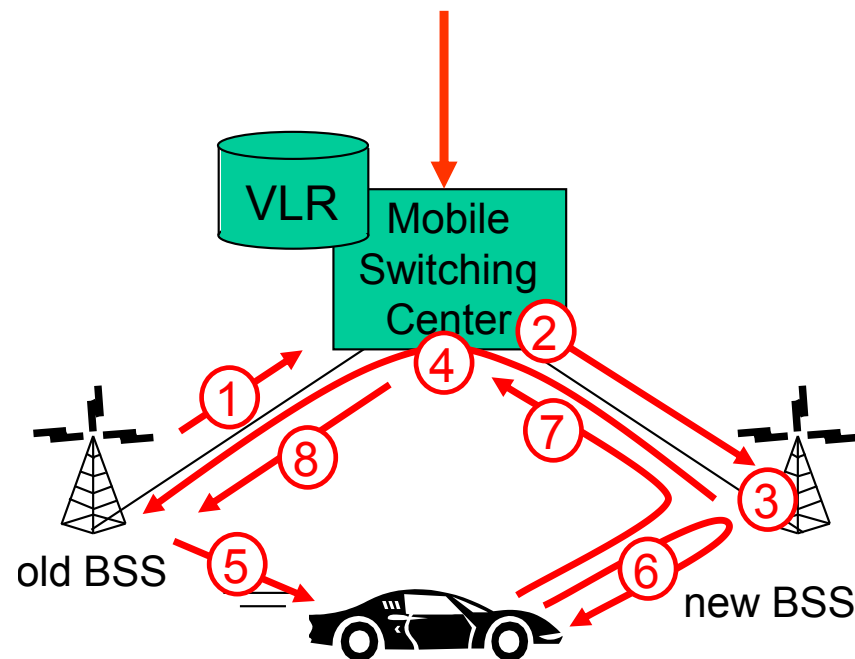


# GSM: Handoff Dentro de um Mesmo MSC (I)



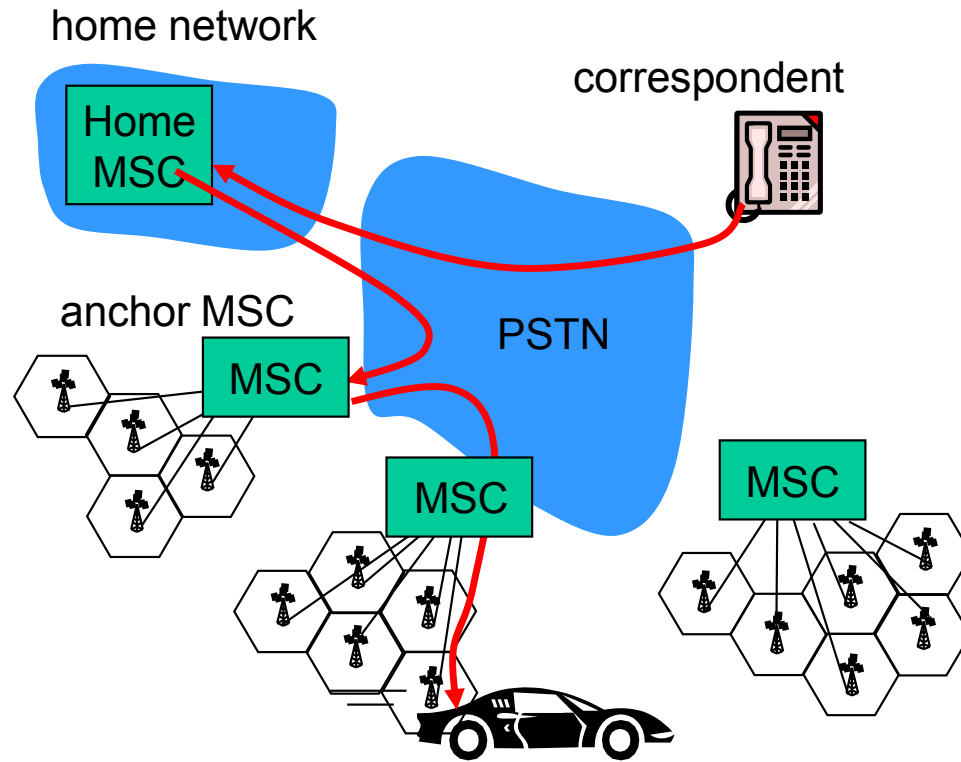
- **Objetivo do handoff:** rotear ligação através de nova estação base.
  - Sem interrupção.
- Razões para o *handoff*:
  - Sinal mais forte para um novo BSS (manter conectividade, menos uso de bateria).
  - Balanceamento de carga: liberar canais no BSS atual.
  - GSM não especifica políticas de *handoff* (i.e., por que fazer), apenas mecanismos (i.e., como fazer).
- *Handoff* iniciado pelo BSS anterior.

# GSM: Handoff Dentro de um Mesmo MSC (II)



1. BSS anterior informa MSC do *handoff* iminente, provê lista de 1 ou mais novos BSSs.
2. MSC configura rota (aloca recursos) para o novo BSS.
3. Novo BSS aloca canal de rádio para uso do nó móvel.
4. Novo BSS sinaliza ao MSC e ao BSS anterior que está pronto.
5. BSS anterior avisa ao nó móvel: faça o *handoff* para o novo BSS.
6. Nó móvel e novo BSS se comunicam para ativar o novo canal.
7. Nó móvel sinaliza ao MSC (através do novo BSS): *handoff* está completo.
8. MSC redireciona chamada.
9. Recursos do MSC para o BSS anterior são liberados.

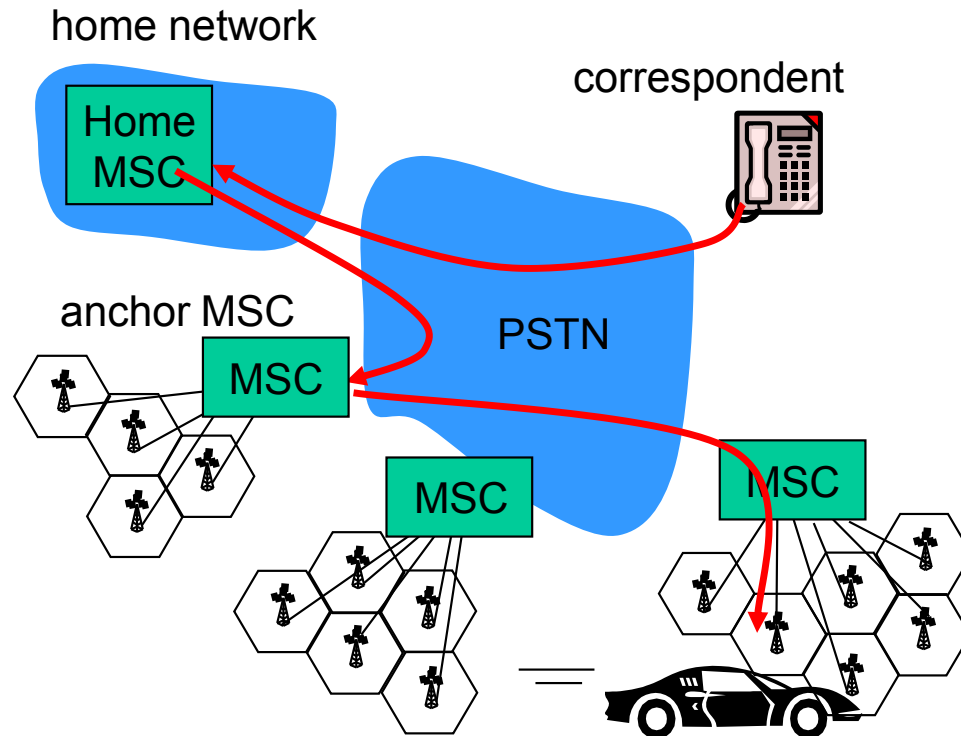
# GSM: Handoff entre MSCs (I)



(a) before handoff

- **MSC âncora:** primeiro MSC visitado durante uma ligação.
  - Ligação permanece sendo roteada pelo MSC âncora.
- Novos MSCs adicionados ao final da cadeia de MSCs à medida que nó móvel visita outros MSCs.
- Opcionalmente, pode haver um passo de minimização para encurtar cadeia de MSCs.

# GSM: Handoff entre MSCs (II)



(b) after handoff

- **MSC âncora:** primeiro MSC visitado durante uma ligação.
  - Ligação permanece sendo roteada pelo MSC âncora.
- Novos MSCs adicionados ao final da cadeia de MSCs à medida que nó móvel visita outros MSCs.
- Opcionalmente, pode haver um passo de minimização para encurtar cadeia de MSCs.



# Mobilidade: GSM vs. IP Móvel

Elemento do GSM	Observação (sobre GSM)	Elemento do IP Móvel
Home System	Rede a qual número permanente do usuário móvel pertence.	Home Network
Gateway Mobile Switching Center, ou “home MSC” Home Location Register (HLR)	Home MSC: ponto de contato para obtenção do endereço roteável do usuário móvel. HLR: base de dados no home system contendo número de telefone permanente, informações de perfil, localização atual do usuário móvel.	Home agent
Visited System	Rede (diferente do home system) na qual o usuário está atualmente.	Visited Network
Visited Mobile services Switching Center. Visitor Location Record (VLR)	Visited MSC: responsável pela configuração das chamadas de/para nós móveis em células associadas ao MSC. VLR: entrada temporária na base de dados do sistema visitado, contendo informações para cada usuário móvel visitante.	Foreign Agent
Mobile Station Roaming Number (MSRN)	Endereço roteável para segmento da chamada telefônica entre o home MSC e o visited MSC, transparente tanto para o nó móvel, quanto para o nó remoto.	Care-of-address

# Redes Sem Fio, Mobilidade: Impacto nos Protocolos de Camadas Superiores

- Em termos lógicos, o impacto *deveria* ser mínimo.
  - Modelo de serviço baseado em melhor esforço permanece inalterado.
  - TCP e UDP pode rodar (e rodam) sobre enlaces sem fio, dispositivos móveis.
- Mas em termos de **desempenho**:
  - Perda de pacotes/atrasos devido a erros de bits (descarte de pacotes, atraso por conta de retransmissões na camada de enlace), *handoffs*.
  - TCP interpreta perdas como sinal de congestionamento.
    - Decrementa janela de congestionamento desnecessariamente.
  - Atrasos excessivos para tráfego em tempo real.
  - Banda limitada em enlaces sem fio.

# TCP e Enlaces Sem Fio

- Como fazer o TCP funcionar “bem” em enlaces/redes sem fio?
- Problema abordado desde a década de 1990. Algumas possibilidades:
  - Recuperação local de erros: pacotes perdidos em enlaces são recuperados localmente, e não fim-a-fim.
    - Reação mais rápida a erros.
  - TCP ciente dos enlaces sem fio: tenta-se distinguir perdas nos enlaces sem fio das perdas por enfileiramento.
    - Enfileiramento  $\Rightarrow$  redução da janela de congestionamento.
    - Perda nos enlaces sem fio  $\Rightarrow$  apenas retransmissões.
    - A pergunta é: **como fazer esta distinção?**
  - Conexões divididas: dividir conexão fim-a-fim em duas partes, segmento cabeado e segmento sem fio.
    - Segmento sem fio pode utilizar protocolo específico, mais adequado.
    - Esconde perdas nos enlaces sem fio do TCP do segmento cabeado.

# Resumo da Aula...

- IP Móvel:
  - **Roteamento indireto.**
  - Descoberta de agentes através de mensagens ICMP.
  - Registro com agentes.
- IP Móvel e segurança.
  - É preciso haver algum tipo de **autenticação**.
- Mobilidade celular:
  - Mobilidade entre operadoras diferentes: *roaming*.
    - HLR: informações de usuários **originalmente** daquela operadora.
    - VLR: informações de usuários que, **no momento**, estão naquela rede.
    - **Roteamento indireto.**
      - Rede de origem encaminha ligações para rede de atual.
- Mobilidade celular:
  - *Handoff*: mobilidade entre duas estações bases.
    - Objetivo: manter ligações sem interrupção.
  - **Usuário** **monitora** conectividade com estações base.
    - Envia dados para estação base atual.
  - **Rede** instrui usuário a fazer o *handoff*.
  - Pode ocorrer também entre torres de MSCs diferentes.

# Leitura e Exercícios Sugeridos

- IP Móvel:
  - Páginas 412 a 415 do Kurose (Seção 6.6).
  - Exercício de fixação 18 do capítulo 6 do Kurose.
  - Problemas 13, 14 e 15 do capítulo 6 do Kurose.
- Mobilidade em redes celular:
  - Páginas 415 a 420 do Kurose (Seção 6.7).
  - Exercícios de fixação 19 e 20 do capítulo 6 do Kurose.
- Impactos nas camadas superiores:
  - Páginas 420 a 422 do Kurose (Seção 6.8).
  - Exercício de fixação 21 do capítulo 6 do Kurose.

# Sumário do Capítulo 6

## ● Redes Sem Fio

- Enlaces sem fio:
  - Capacidade, distância.
  - Problemas dos canais.
  - CDMA.
- IEEE 802.11 (“Wi-Fi”)
  - CSMA/CA reflete características do canal sem fio.
- Acesso celular:
  - Arquitetura.
  - Padrões (e.g., GSM, 3G, 4G LTE).

## ● Mobilidade

- Princípios: endereçamento, roteamento até usuários móveis.
  - Redes de origem e visitadas.
  - Roteamento direto e indireto.
  - Endereços temporários.
- Estudos de caso.
  - IP Móvel.
  - Mobilidade no GSM.
- Impacto nos protocolos de camadas superiores.

# Próxima Aula...

- Começaremos um novo tópico: redes multimídia.
  - Aplicações típicas.
  - Requisitos.
  - Estudos de caso.
  - Protocolos.
  - Qualidade de serviço.