

# Aula 13 – Redes Sem Fio: Redes Celular/Mobilidade: Introdução

Diego Passos

Universidade Federal Fluminense

Redes de Computadores II

# Na Última Aula...

- Redes Múltiplos Saltos: Motivação.
  - **Estender alcance** das redes sem fio tradicionais.
  - Enlaces curtos, mas comunicação em múltiplos saltos.
  - *Hardware* barato, comum.
  - Tolerância a falhas.
  - Aumento de capacidade.
- MANETs:
  - Formada apenas por clientes, **potencialmente móveis**.
  - **Topologia altamente variável**, instável.
- Redes em Malha Sem Fio:
  - Alguns **roteadores fixos**.
  - Reduz instabilidade da topologia.
  - Simplifica roteamento.
- Redes Veiculares:
  - Clientes móveis, altas velocidades.
  - Topologia ainda mais instável.
- Redes de Sensores Sem Fio:
  - **Coleta/monitoramento de dados**.
  - Dispositivos de baixa capacidade.
  - **Severas restrições energéticas**.
- **Desempenho vs. número de saltos**.
- Roteamento:
  - **Reagir rapidamente**.
  - Lidar com **alta variabilidade dos enlaces**.
  - Lidar com interferências inter- e intra-fluxos.
- Economia de energia:
  - Ligar rádio **apenas se necessário**.
  - Evitar *overheads* de coordenação.

# Redes Celular

# Histórico: 1G

- Evolução das redes celular se deu em “gerações”.
  - 1G, 2G, 3G, ...
- Primeira geração:
  - Rede de voz.
  - Analógica.
  - FDMA.
  - Pouca interoperabilidade.

# Histórico: GSM (2G)

- *Global System for Mobile Communications.*
  - Ou, originalmente: *Groupe Spécial Mobile.*
- Padrão europeu.
  - Primeira implementação: Finlândia, 1991.
  - Mas eventualmente adotado no mundo todo.
- Características:
  - Rede de voz.
  - **Digital.**
  - Interoperabilidade (por conta da ampla adoção).

# Histórico: 2.5G

- Expansão do 2G para permitir tráfego de dados.
- GSM + GPRS.
  - GPRS: *General Packet Radio Service*.
- Serviço de **melhor esforço**.

# Histórico: Outras Evoluções

- 3G.
  - Voz e dados.
  - Digital.
  - Várias tecnologias proveem taxas de transmissão diferentes.
    - 3.5G, 3.75G, ...
- 4G.
  - Próxima evolução.
  - Principais tecnologias candidatas: LTE, Mobile WiMAX.
    - Embora o LTE pareça estar em vantagem hoje.
      - Maior compatibilidade com padrões anteriores.
      - Tecnologia 4G dominante no Brasil.

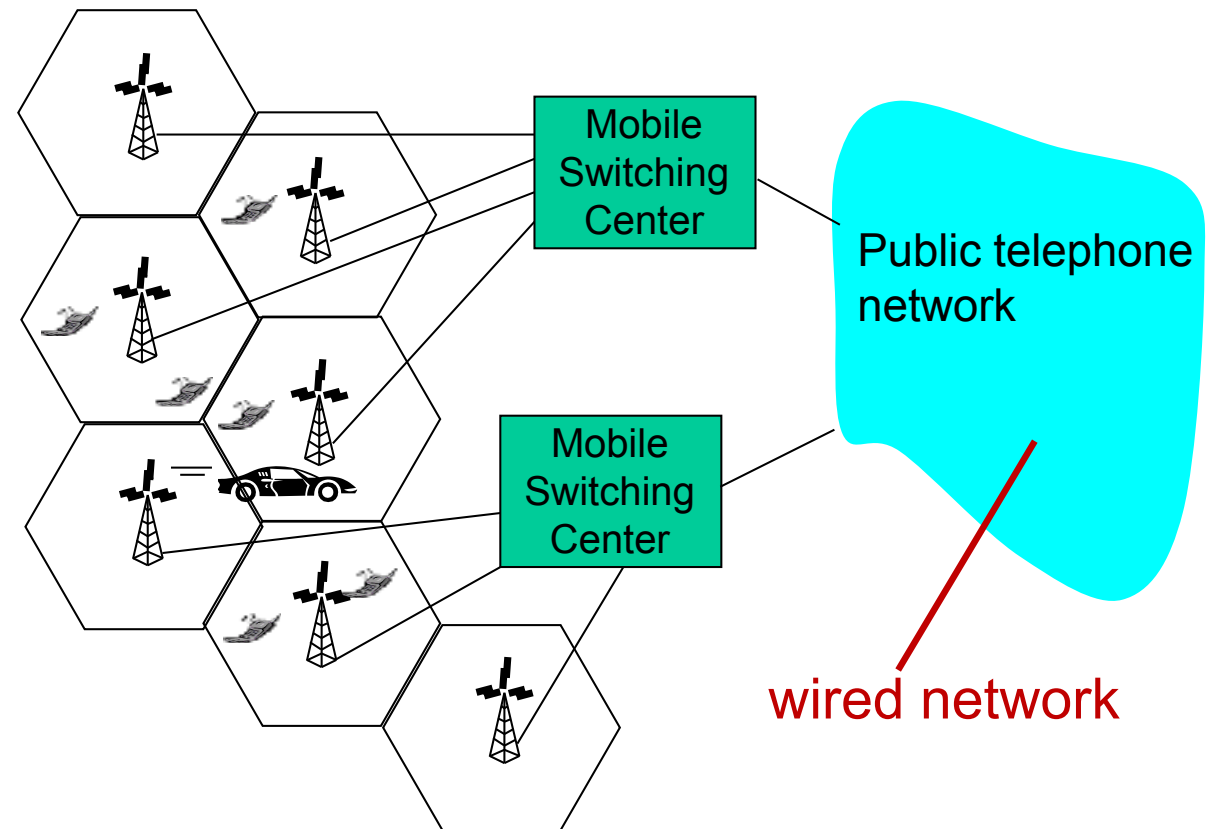
# Componentes da Arquitetura da Rede Celular

- **Célula:**

- Cobre região geográfica.
- **Estação base** (BS): análogo ao AP no 802.11.
- **Usuários móveis** se conectam à rede através do BS.
- **Interface aérea:** camadas física e de enlace entre usuário móvel e BS.

- **MSC (Mobile Switching Center)**

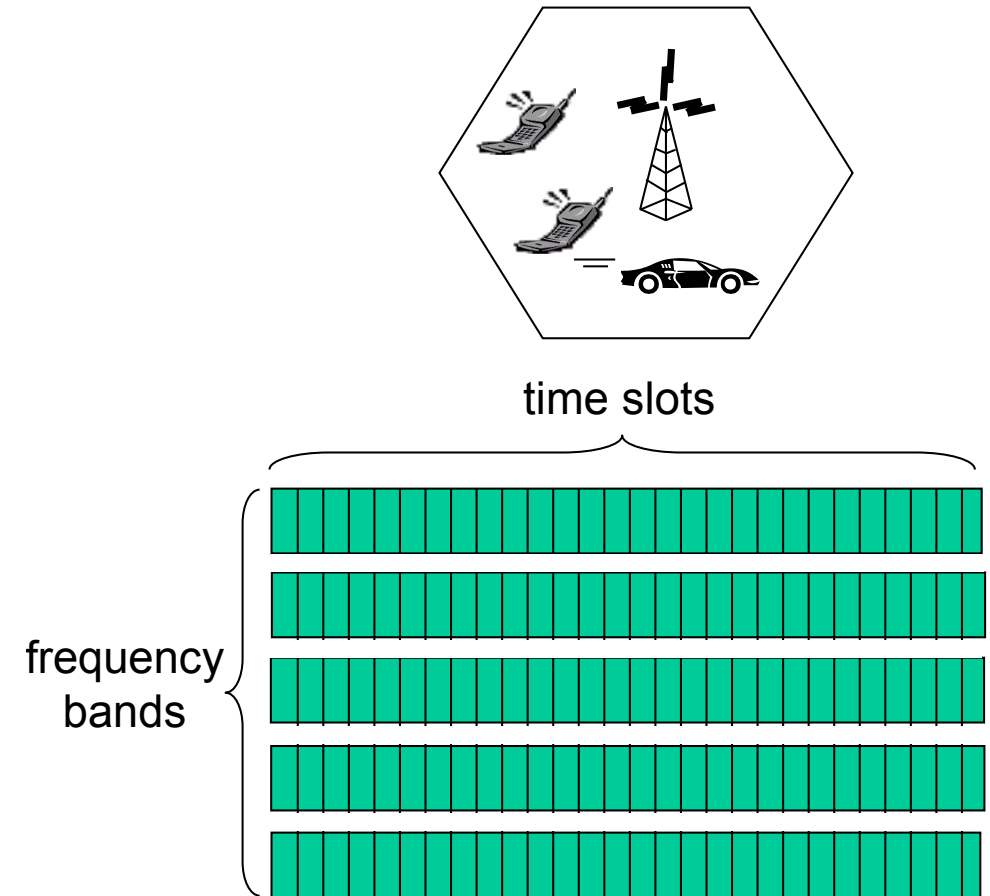
- Conecta células à rede cabeada de telefone.
- Gerencia estabelecimento de ligações (detalhes mais tarde).
- Lida com a mobilidade (detalhes mais tarde).



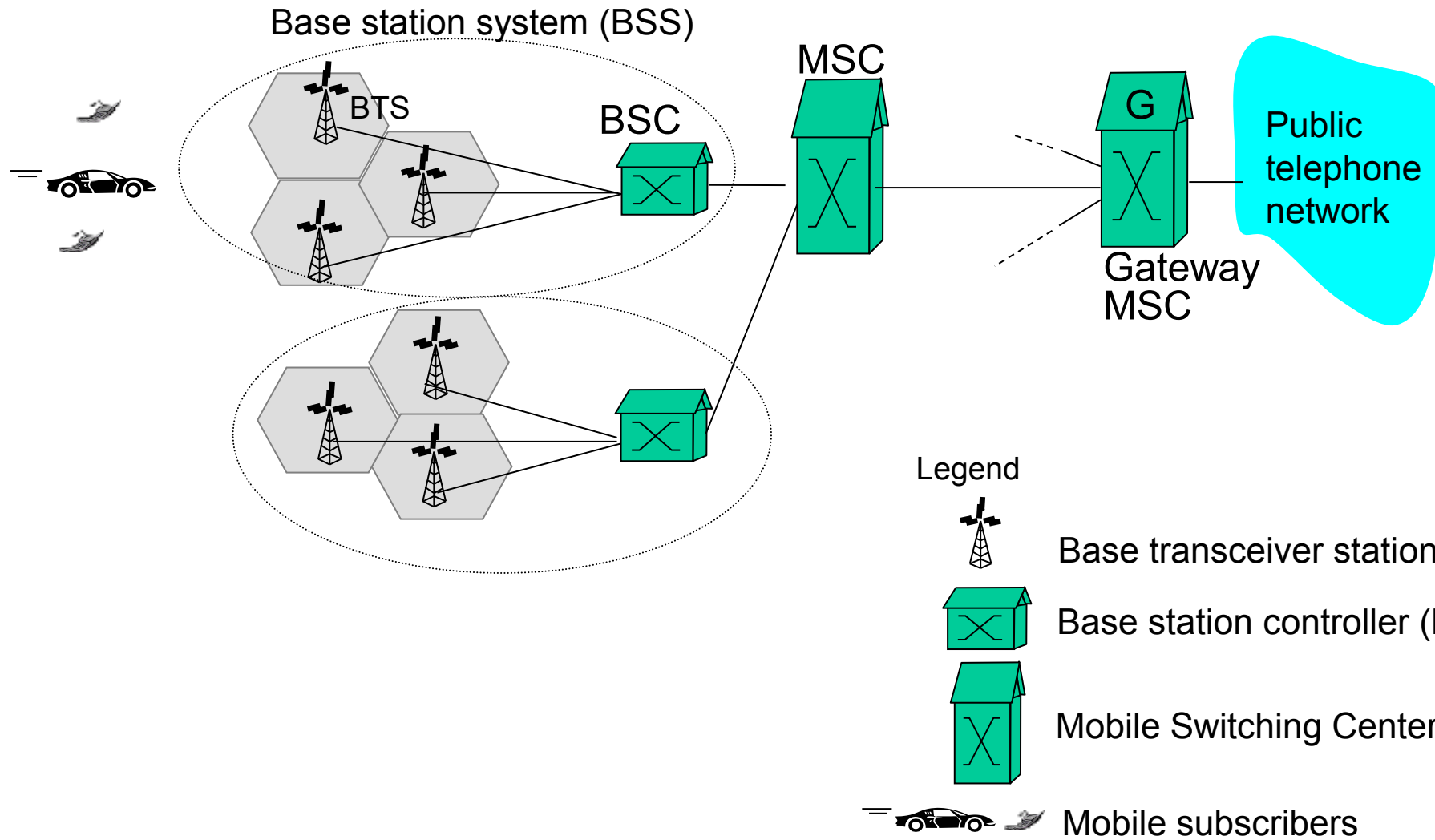


# Rede Celular: Primeiro Salto

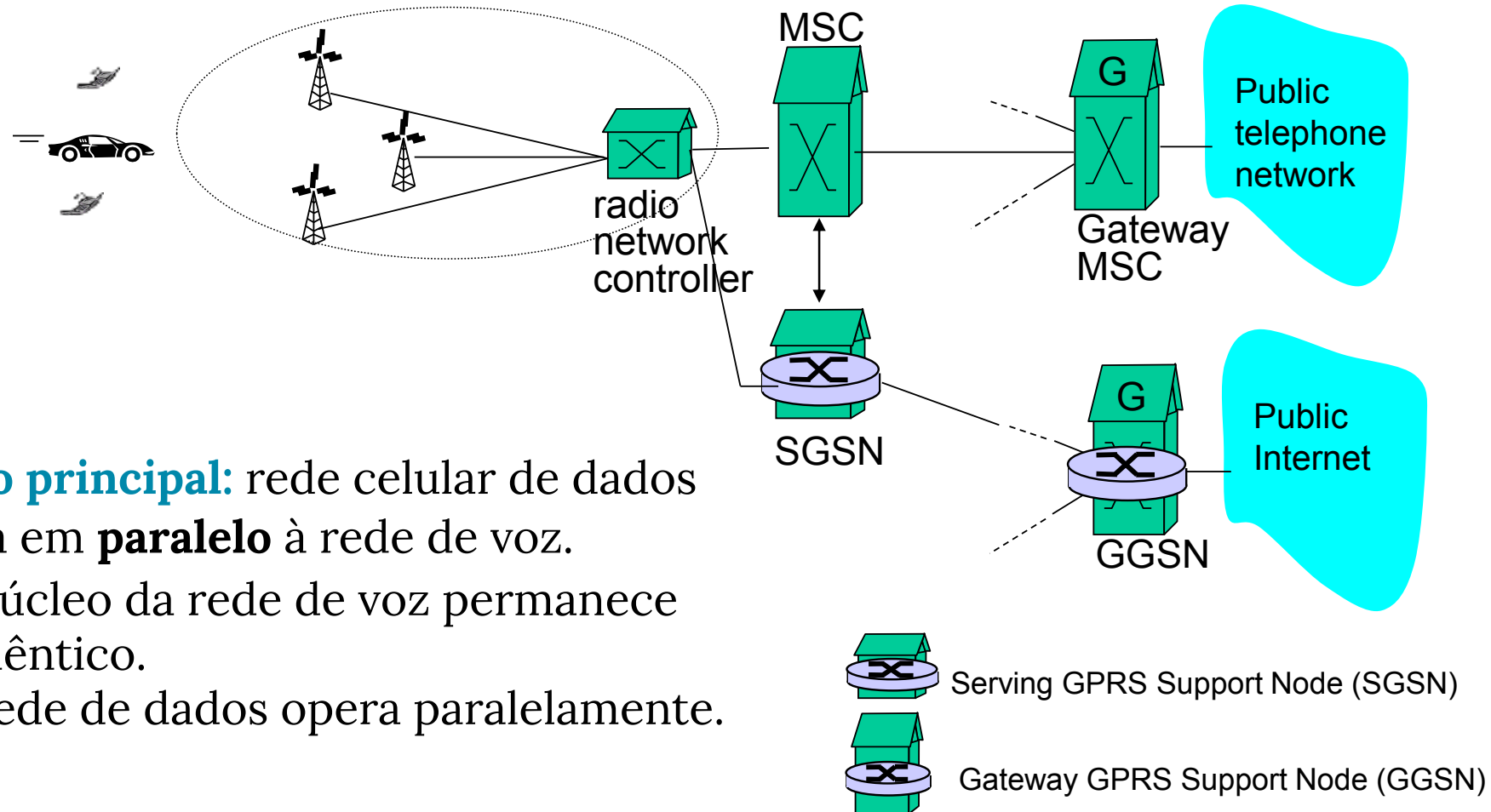
- Duas técnicas usadas para lidar com acesso múltiplo:
  - **Combinação de FDMA e TDMA:**
    - Divide espectro em canais de frequências diferentes.
    - Cada canal é dividido em slots.
  - **CDMA:**
    - Códigos diferentes são atribuídos para usuários.



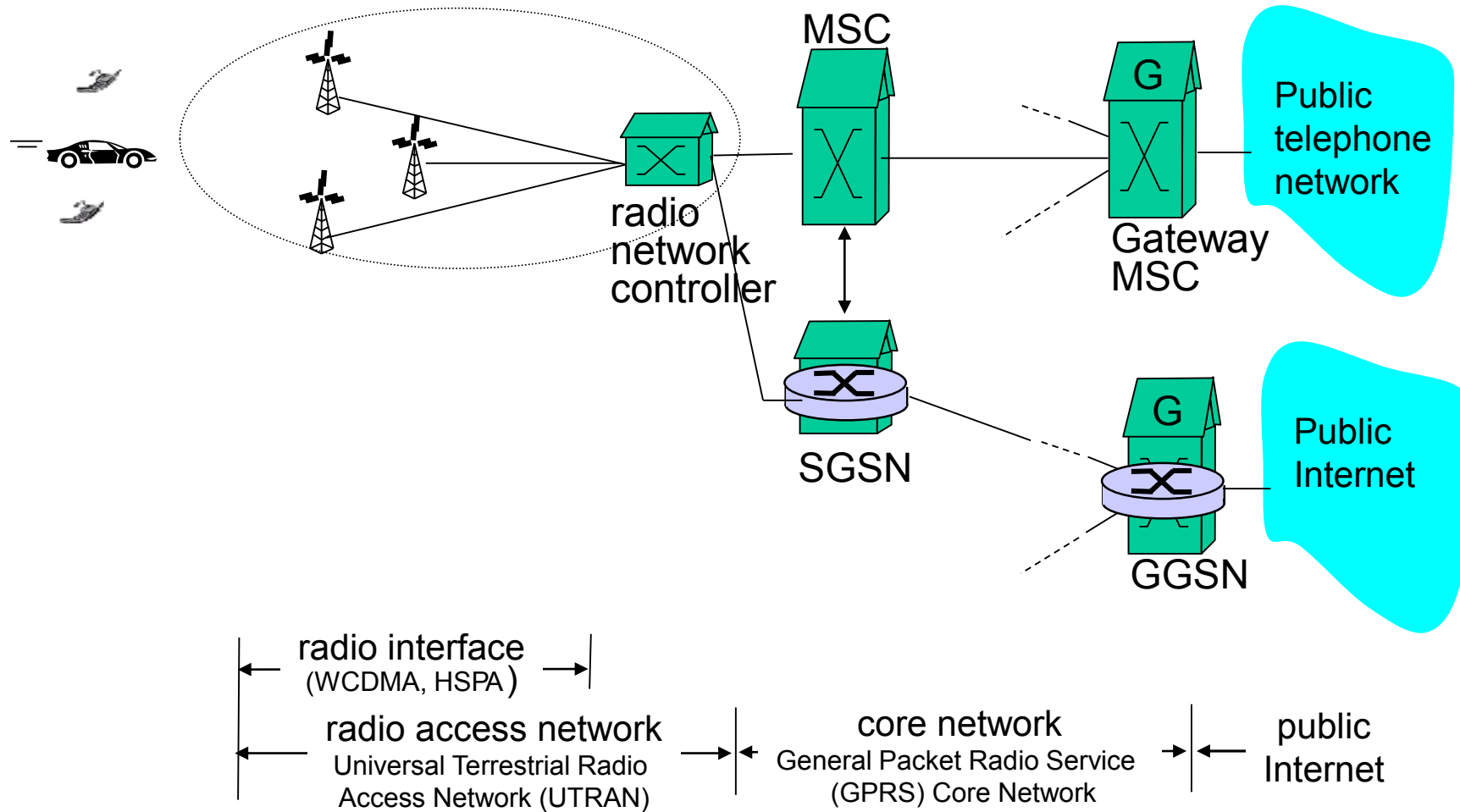
# Arquitetura das Redes 2G (Voz)



# Arquitetura das Redes 3G (Voz+Dados) (I)



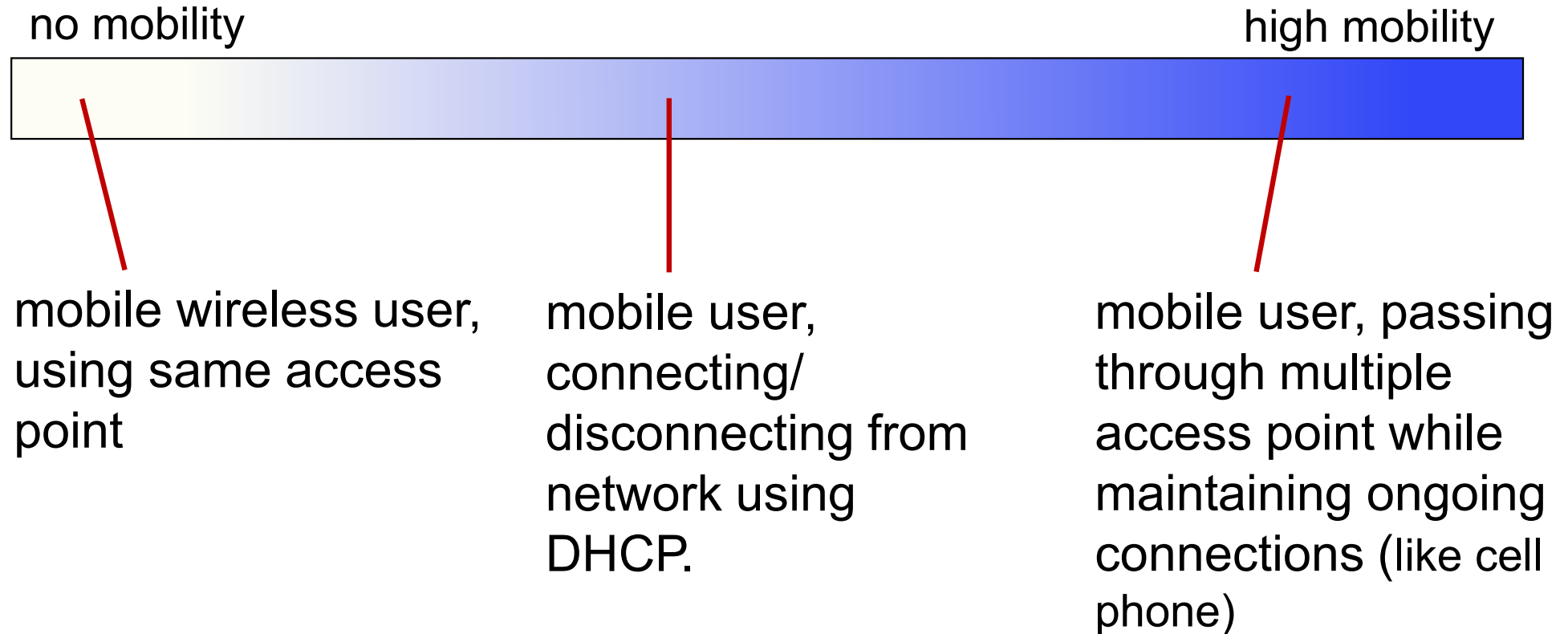
# Arquitetura das Redes 3G (Voz+Dados) (II)



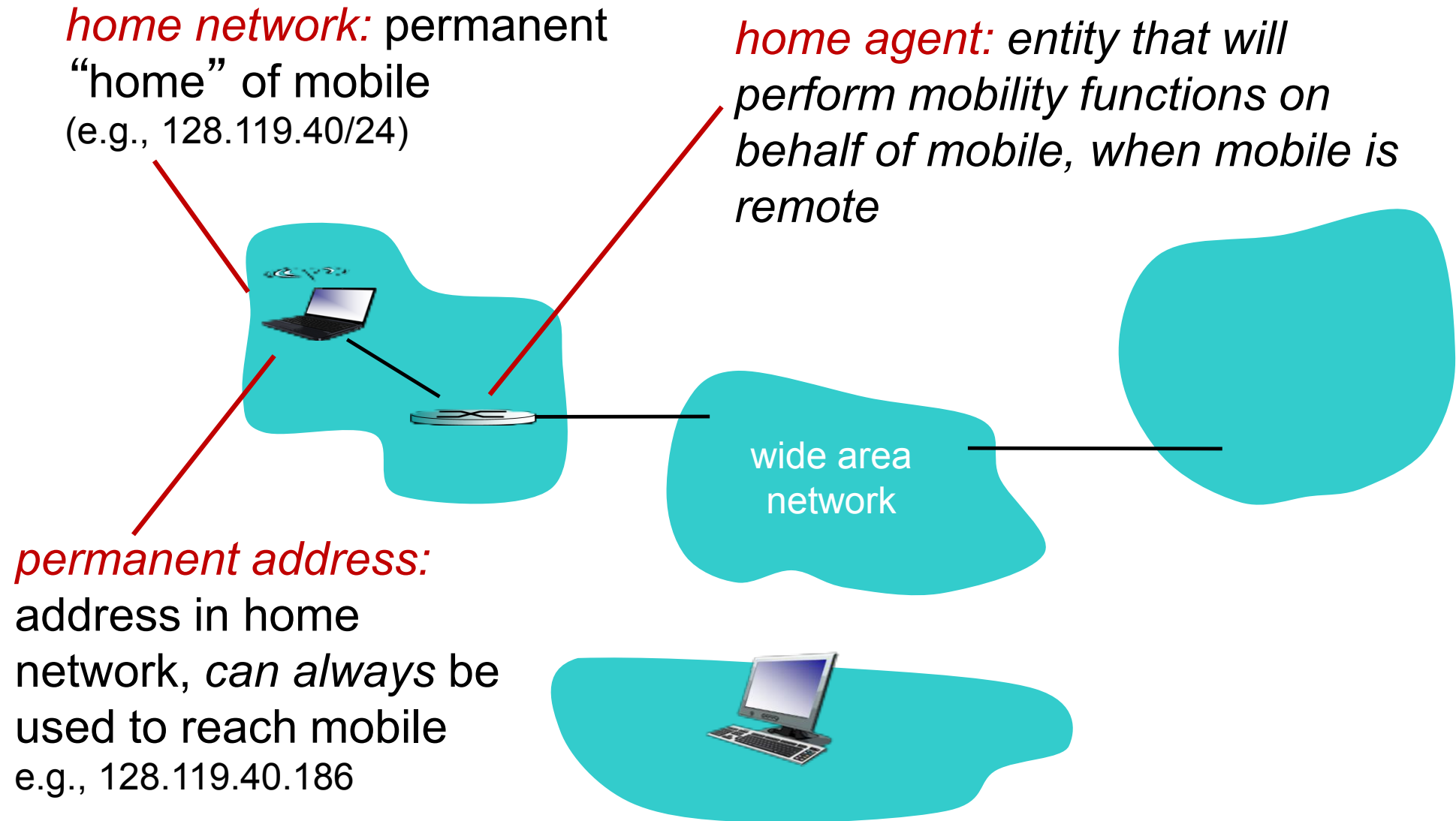
# Mobilidade: Endereçamento e Roteamento para Usuários Móveis

# O Que É Mobilidade?

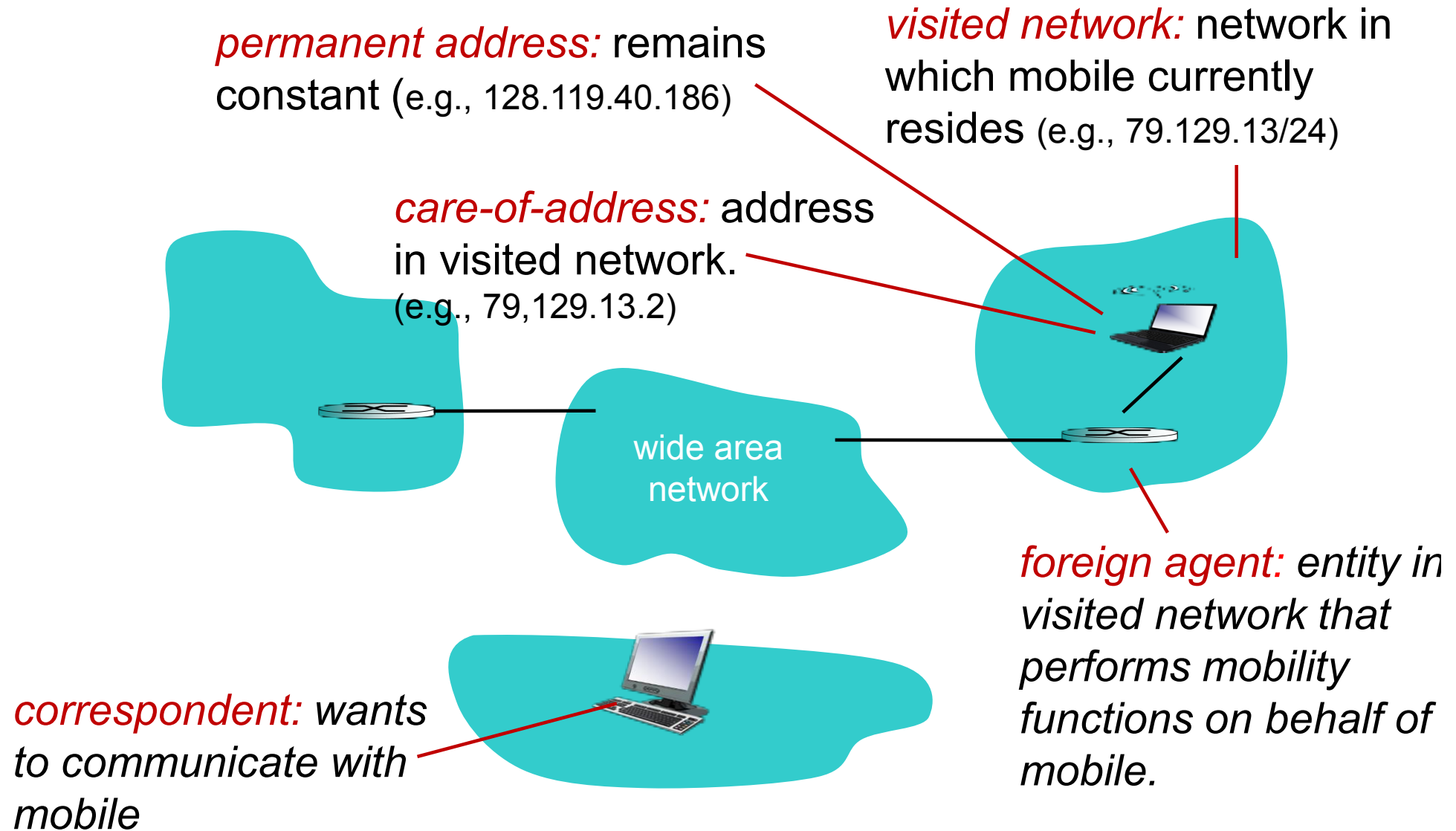
- Há vários **níveis** de mobilidade.
- Espectro de mobilidade, do ponto de vista da **rede**:



# Mobilidade: Jargão



# Mobilidade: Jargão (Mais)





# Como Você Contacta um Amigo Móvel?

- Considere uma amiga que constantemente muda de endereço. Como encontrá-la?
  - Procurar em todas as listas telefônicas?
  - Ligar para os pais dela?
  - Aguardar até que ela entre em contato avisando onde está?



# Mobilidade: Abordagens

- **Deixar que o roteamento resolva:**

- Nós móveis possuem endereços permanentes.
- Quando nó se move para uma nova rede, roteador anuncia endereço específico através dos protocolos normais.
- Tabelas de roteamento indicam localização do nó.
- Não são necessárias alterações nos sistemas finais.

- **Deixar que os sistemas finais resolvam:**

- **Roteamento indireto:** comunicação com nó móvel intermediada pelo **home agent**, que realiza o encaminhamento.
- **Roteamento direto:** nó remoto obtém o **care-of-address** do nó móvel, transmite diretamente.

# Mobilidade: Abordagens

- Deixar que o roteamento resolva:

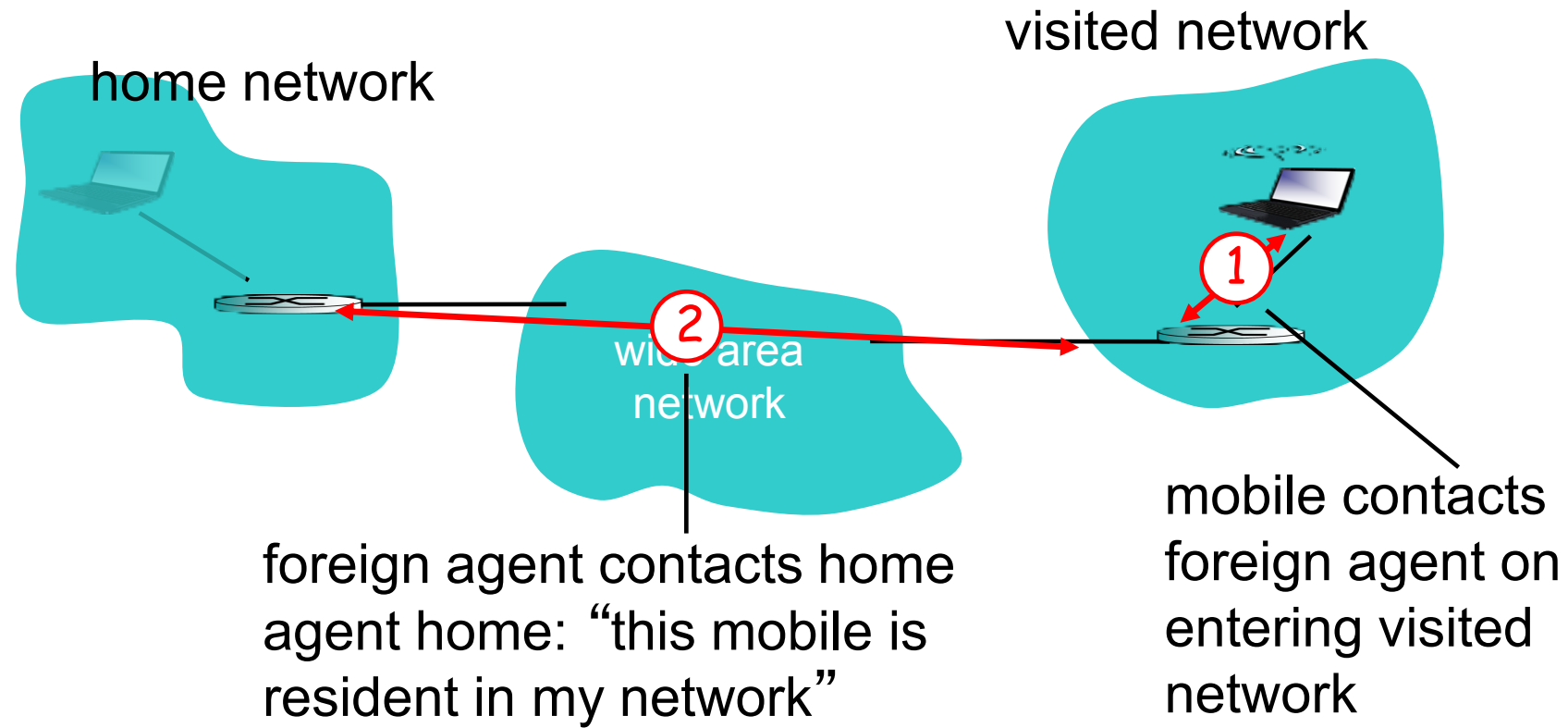
- Nós móveis possuem endereço fixo.
- Quando nó se move para uma nova rede, o roteador anuncia endereço específico através dos protocolos normais.
- Tabelas de roteamento indicam o caminho para o nó.
- Não são necessárias alterações nos sistemas finais.

Não Escalável  
para Milhões  
de Usuários  
Móveis

- Deixar que os sistemas finais resolvam:

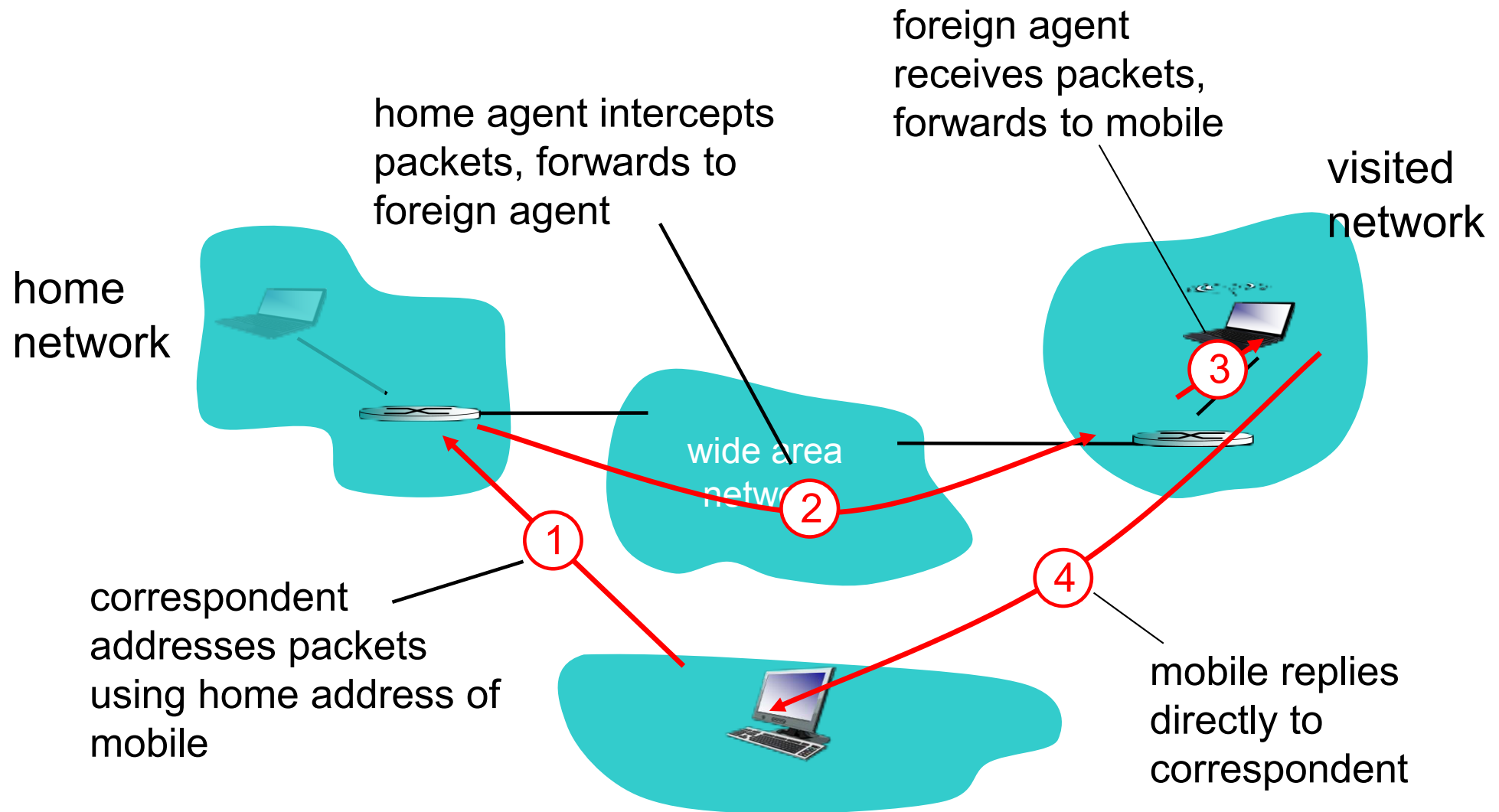
- **Roteamento indireto:** comunicação com nó móvel intermediada pelo **home agent**, que realiza o encaminhamento.
- **Roteamento direto:** nó remoto obtém o **care-of-address** do nó móvel, transmite diretamente.

# Mobilidade: Registro



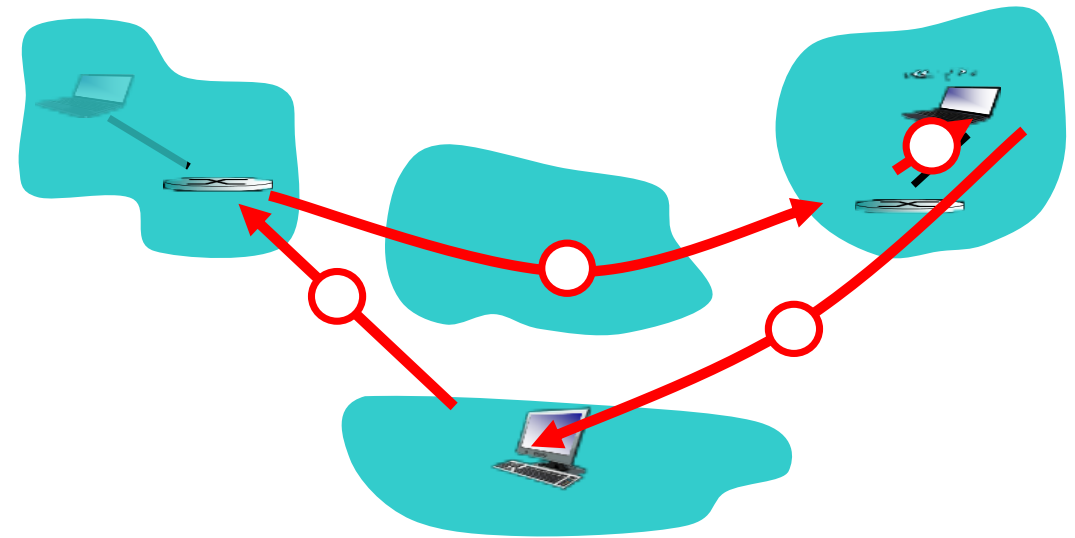
- Resultado:
  - **Foreign Agent** conhece nó móvel.
  - **Home Agent** conhece localização do nó móvel.

# Mobilidade Através de Roteamento Indireto



# Roteamento Indireto: Observações

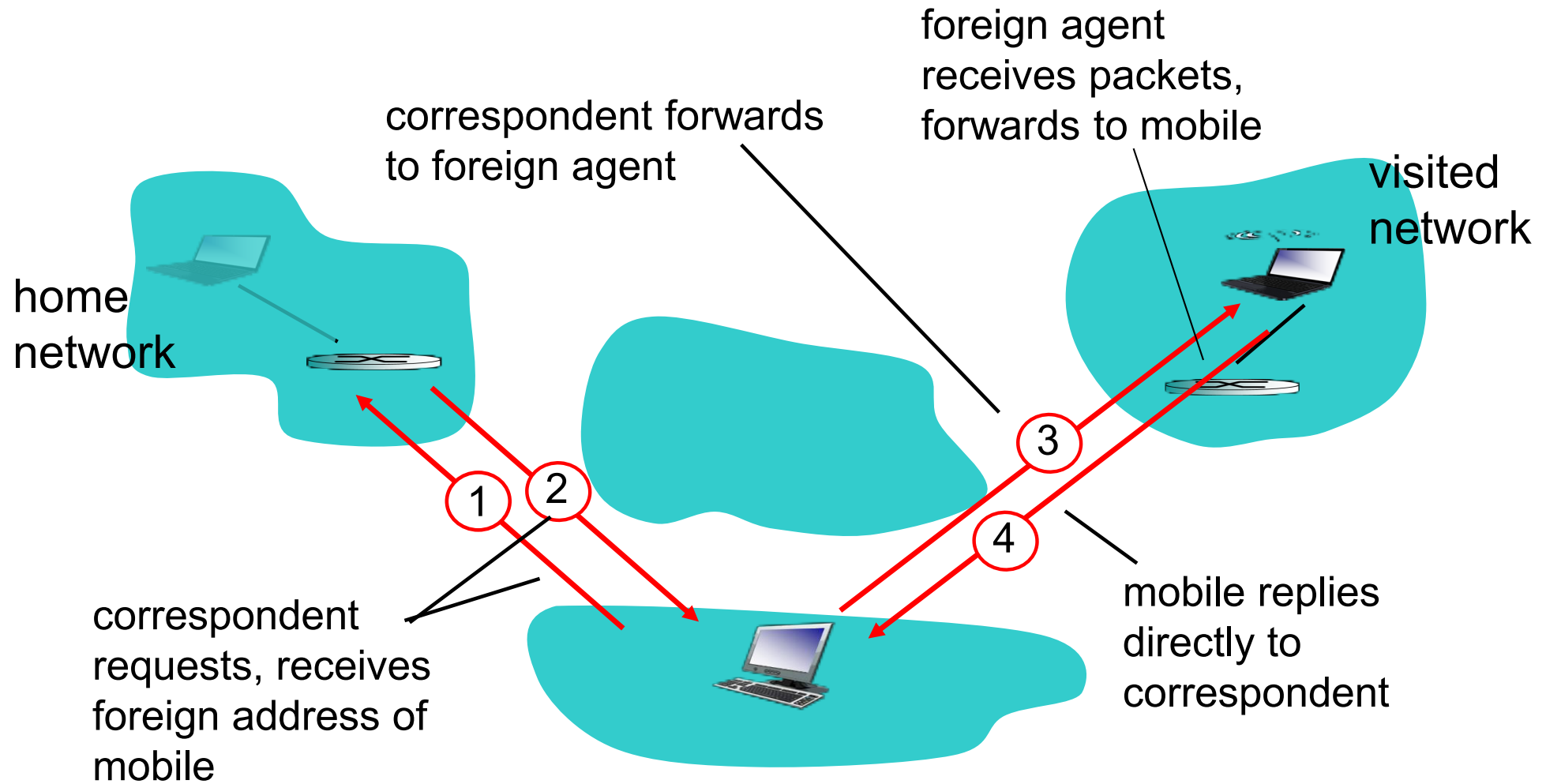
- Usuário móvel utiliza dois endereços:
  - **Endereço permanente (home address):** usado pelo nó remoto.
    - Logo, localização do nó móvel é transparente para o remoto.
  - **Endereço temporário (care-of-address):** usado pelo *home agent* para encaminhar pacotes ao usuário móvel.
- Funções do *foreign agent* podem ser feitas pelo próprio nó móvel.
- **Roteamento triangular:** remoto → rede de origem → nó móvel
  - Ineficiente quando nó móvel e remoto estão na mesma rede.



# Roteamento Indireto: Migrando para uma Nova Rede

- Suponha que o nó móvel migra para uma nova rede.
  - Se registra com o novo *foreign agent*.
  - Novo *foreign agent* se registra com o *home agent*.
  - *Home agent* atualiza endereço temporário do nó móvel.
  - Pacotes continuam sendo encaminhados para o nó móvel.
    - Mas com o novo endereço temporário.
- Mobilidade e mudança de rede são transparentes: **conexões em andamento podem ser mantidas!**

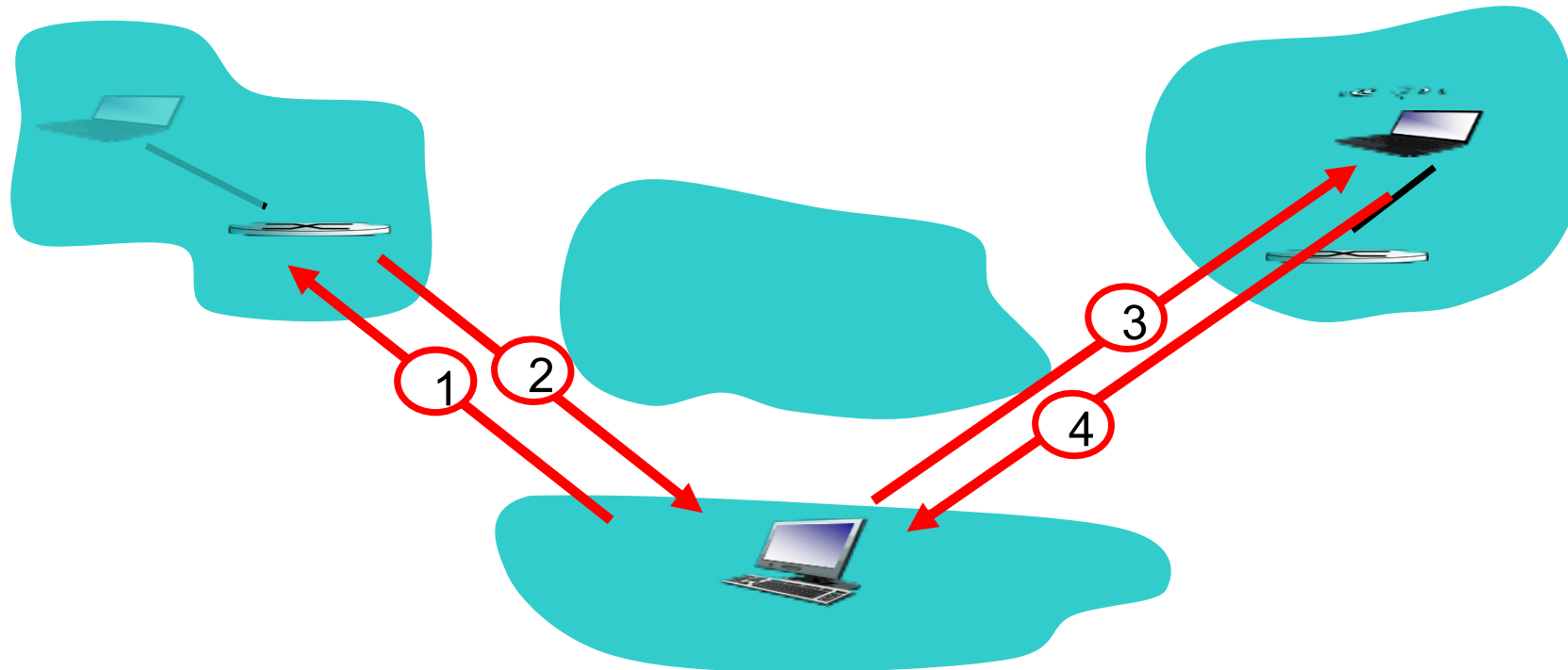
# Mobilidade Através de Roteamento Direto





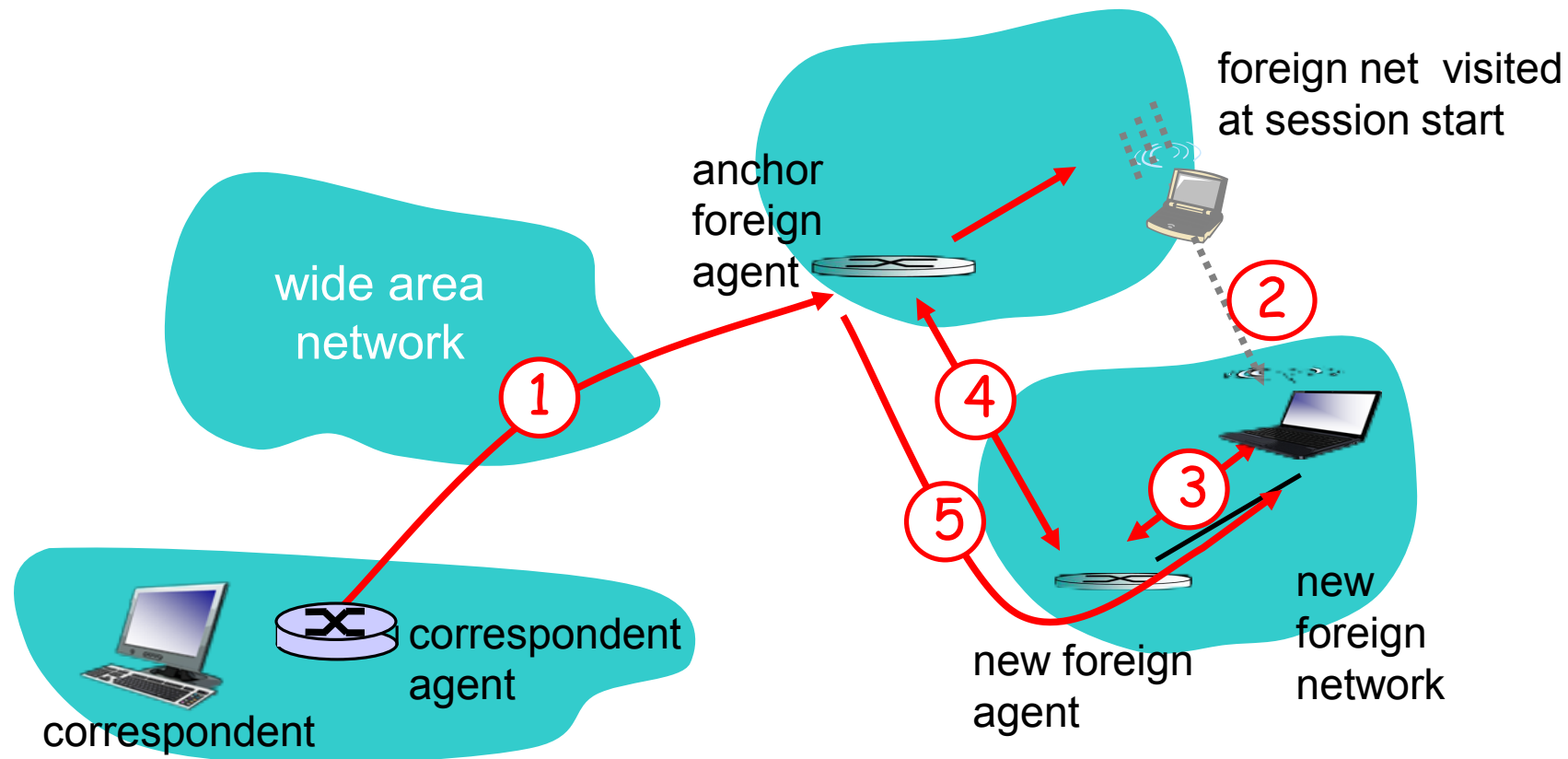
# Mobilidade Através de Roteamento Direto: Observações

- Resolve problema de roteamento triangular.
- **Mas não é transparente para o nó remoto:**
  - Nó remoto precisa obter endereço temporário com o *home agent*.
  - O que acontece se nó móvel visita outra rede?



# Mobilidade Através de Roteamento Direto: Lidando com Mudanças de Rede

- *Foreign agent* âncora: FA da primeira rede visitada.
- Dados **sempre** são encaminhados através do FA âncora.
- Quando nó móvel visita nova rede:
  - Novo FA pede que FA antigo encaminhe os dados para ele (encadeamento).



# Resumo da Aula...

- Redes celular: arquitetura.
  - **Célula**: região de cobertura.
    - Composta por **estação base, usuários móveis**.
  - Células se conectam à rede cabeada de telefone por um **MSC**.
    - Responsável por **ligações, mobilidade**.
- Redes celular: comunicação entre usuário e estação.
  - Pode ser **combinação de FDMA e TDMA**.
  - Ou **CDMA**.
- Redes celular: evolução.
  - 2G: somente voz.
  - 3G: rede de voz idêntica, **rede de dados paralela**.
- Mobilidade: **vários 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, endereço permanente**.
  - Rede de destino: **foreign-agent**.
- Mobilidade: possíveis abordagens.
  - Atualização de **tabelas de roteamento**: não escala.
  - Sistemas finais: **roteamento direto ou indireto**.

# Leitura e Exercícios Sugeridos

- Redes Celular.
  - Páginas 401 a 405 do Kurose (Seção 6.4).
  - Questões dissertativas 2 e 5 do capítulo 6 do Kurose.
- Princípios de Mobilidade.
  - Páginas 405 a 412 do Kurose (Seção 6.5).
  - Exercícios de fixação 16 e 17 do capítulo 6 do Kurose.
  - Problemas 11 e 12 do capítulo 6 do Kurose.

# Próxima Aula...

- Continuaremos discutindo mobilidade:
  - IP Móvel.
  - Mobilidade em redes celular.
  - Comparações entre as duas abordagens.