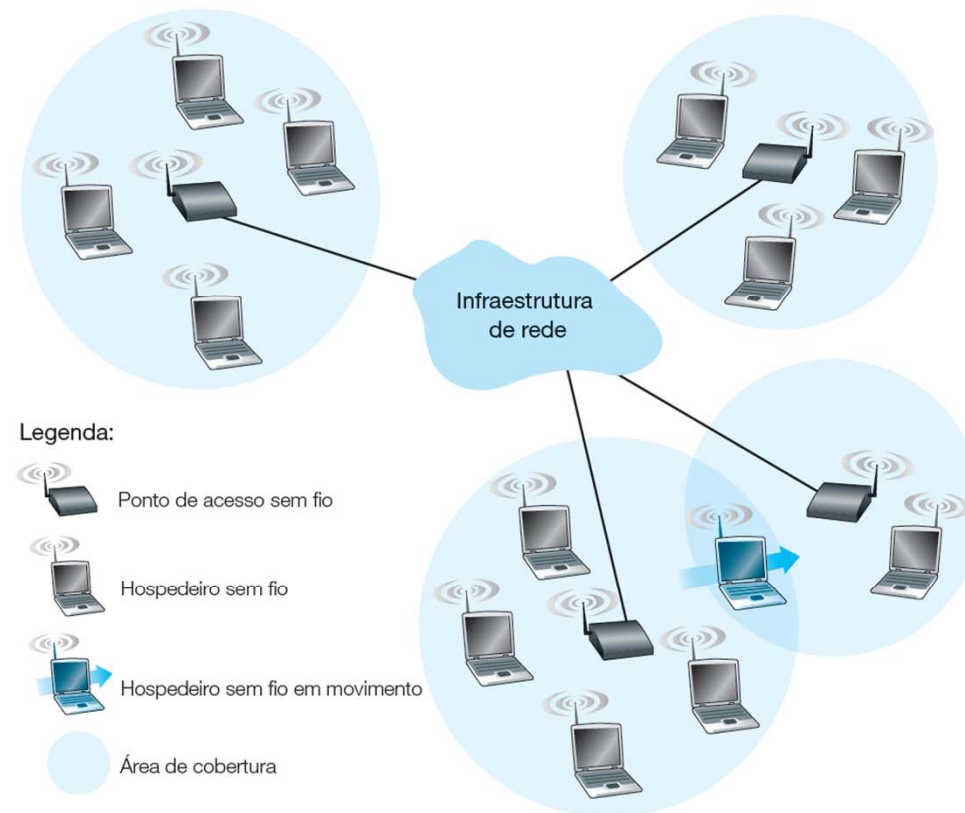


Redes sem fio e redes móveis

Prof. Jean Lima

Introdução

- Elementos de uma rede sem fio



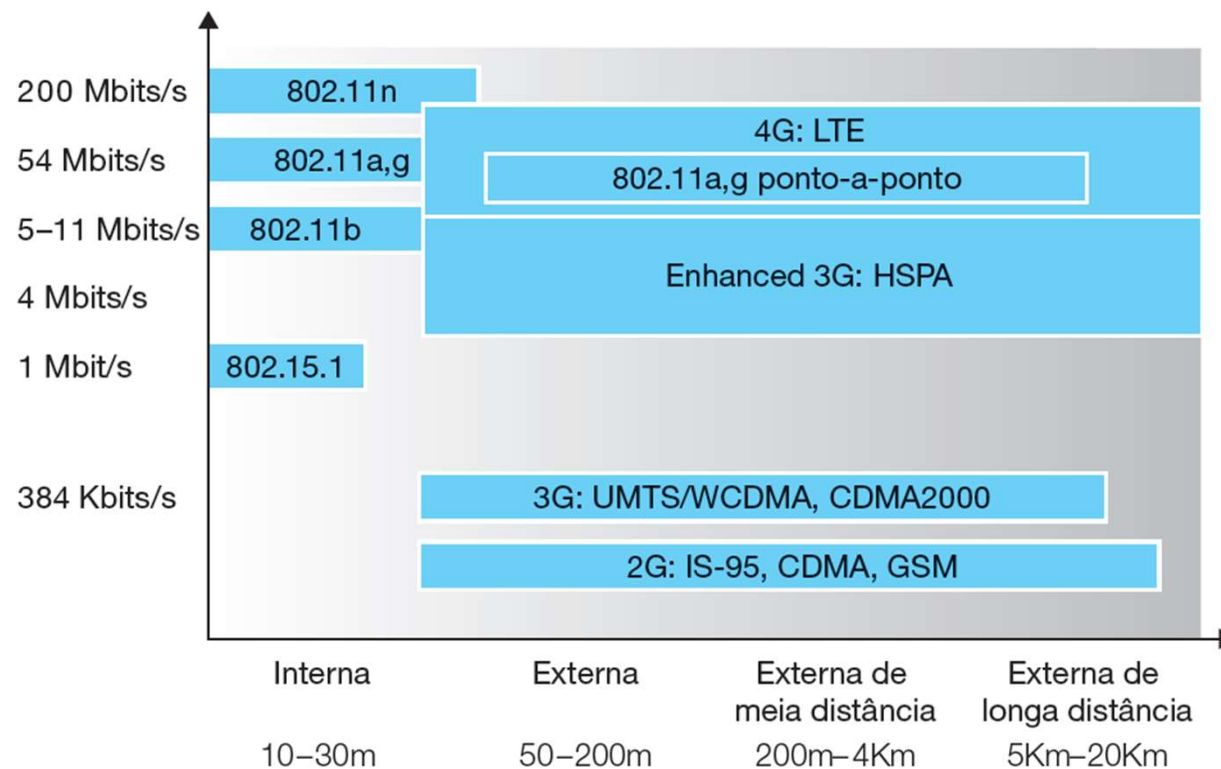
Introdução

Podemos identificar os seguintes elementos em uma rede sem fio:

- Hospedeiros sem fio.
- Enlaces sem fio.
- Estação-base.
- Infraestrutura de rede.

Introdução

- Características de enlaces de padrões selecionados de rede sem fio



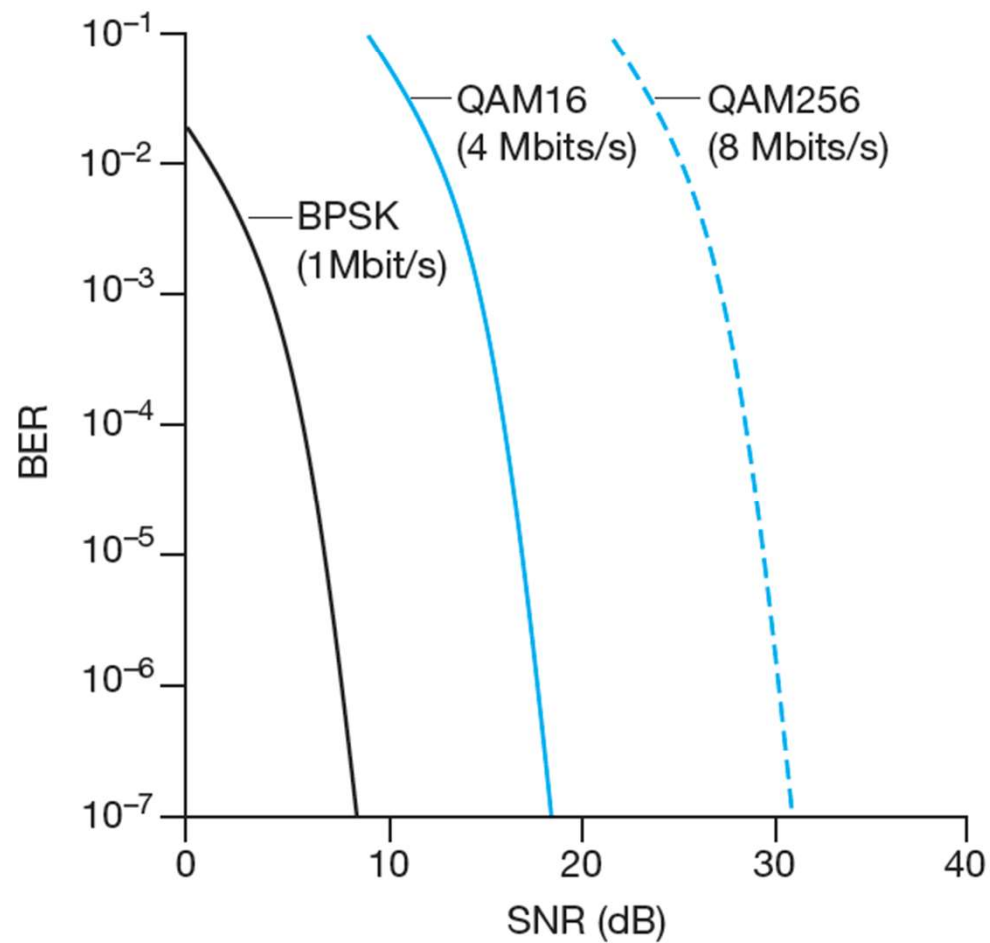
Características de enlaces e redes sem fio

Podemos encontrar várias diferenças importantes entre um enlace com fio e um enlace sem fio:

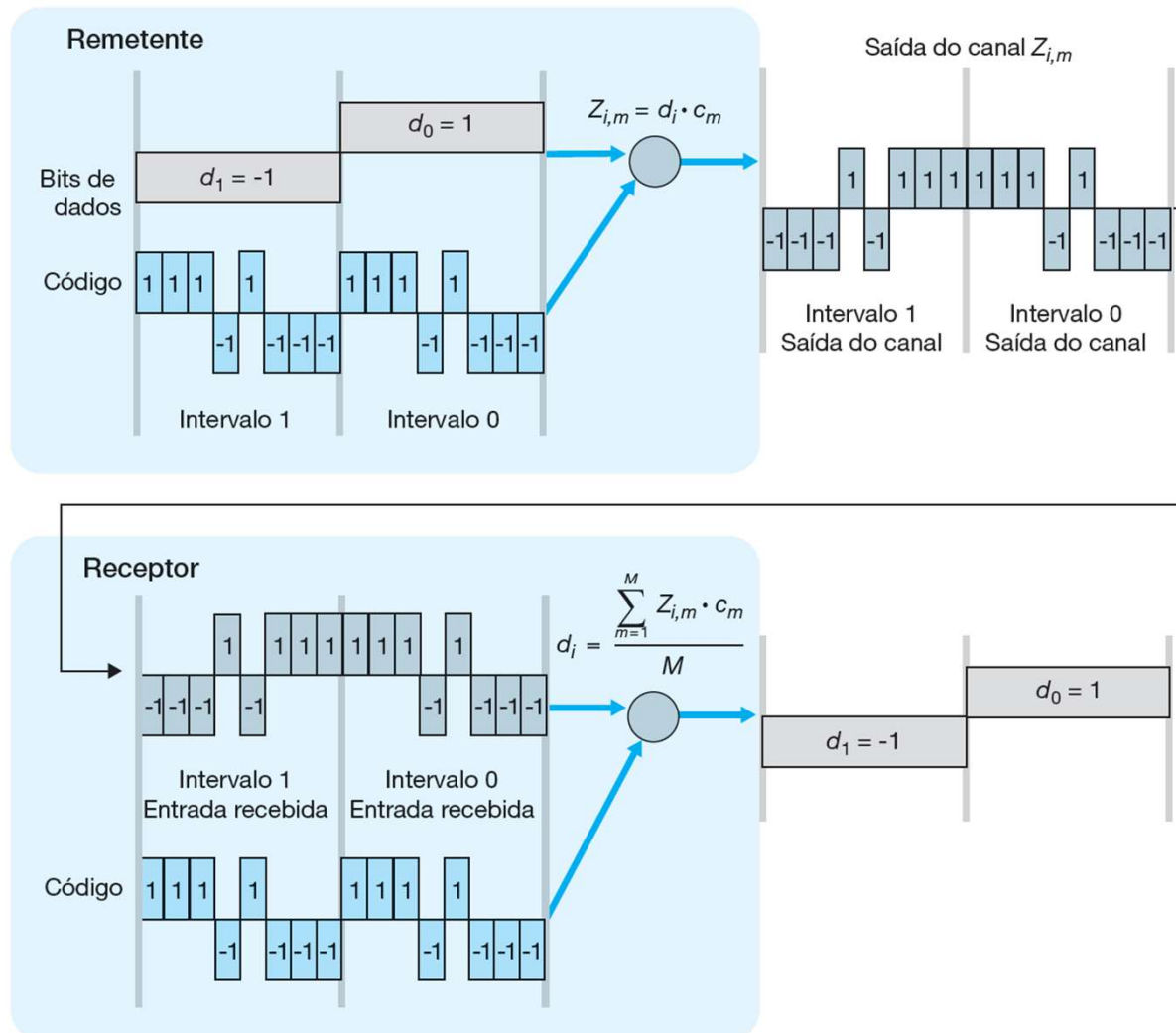
- Redução da força do sinal.
- Interferência de outras fontes.
- Propagação multivias.

A figura a seguir ilustra diversas características da camada física que são importantes para entender os protocolos de comunicação sem fio da camada superior.

Características de enlaces e redes sem fio



CDMA



- Um exemplo simples de CDMA: codificação no remetente, decodificação no receptor:

CDMA

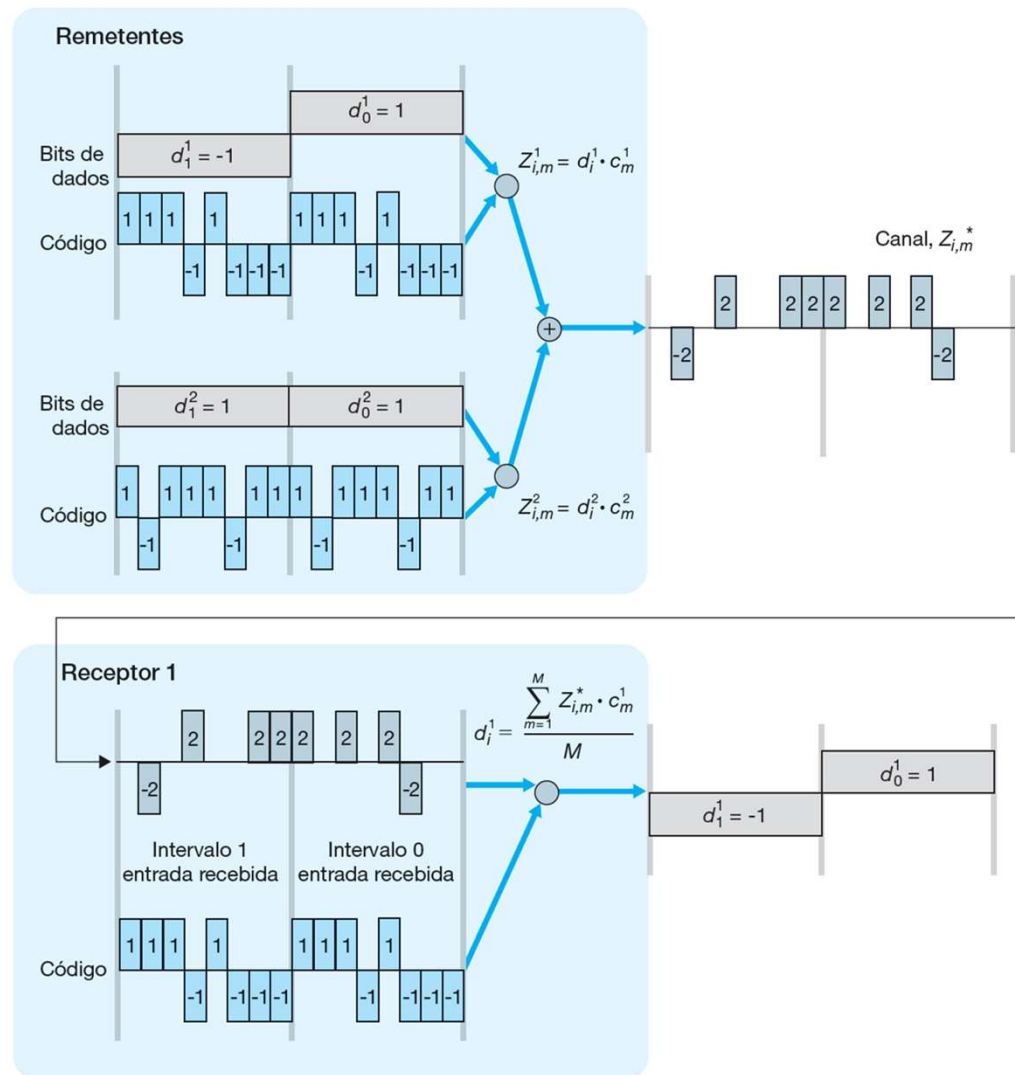
- Para o m -ésimo mini-intervalo do tempo de transmissão de bits de d_i , a saída do codificador CDMA, $Z_{i,m}$, é o valor de d_i multiplicado pelo m -ésimo bit do código CDMA escolhido, c_m :

$$Z_{i,m} = d_i \cdot c_m$$

- Se o mundo fosse simples e não houvesse remetentes interferindo, o receptor receberia os bits codificados, $Z_{i,m}$, e recuperaria os bits de dados originais, d_i , calculando:

$$d_i = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M Z_{i,m} \cdot c_m$$

CDMA



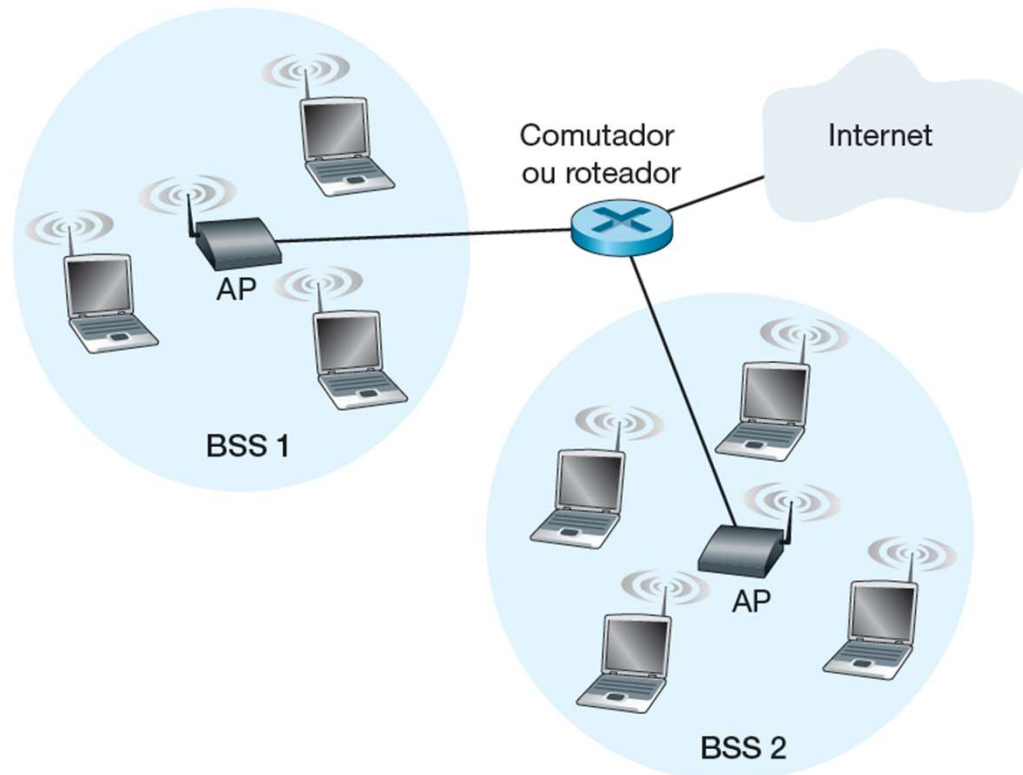
- Um exemplo de CDMA com dois remetentes:

Wi-Fi: LANs sem fio 802.11

- A LAN sem fio 802.11b tem uma taxa de dados de 11 Mbits/s e opera na faixa de frequência não licenciada de 2,4 a 2,485 GHz.
- A distância de transmissão dessas LANs é mais curta para determinado nível de potência e elas sofrem mais com a propagação multivias.
- Um padrão Wi-Fi relativamente novo, 802.11n [IEEE 802.11n, 2012], utiliza duas ou mais antenas no lado remetente e duas ou mais antenas no lado destinatário que estão transmitindo/recebendo sinais diferentes.

A arquitetura 802.11

- A arquitetura de LAN IEEE 802.11



Canais e associação

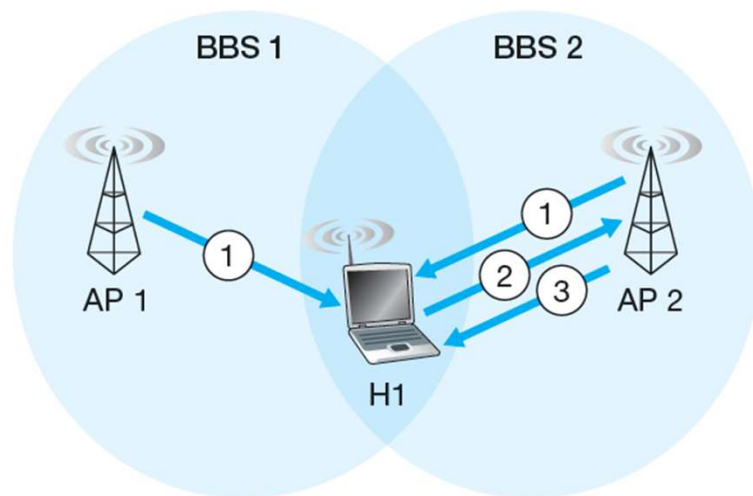
- Em 802.11, cada estação sem fio precisa se associar com um AP antes de poder enviar ou receber dados da camada de rede.
- Ao instalar um AP, um administrador de rede designa ao ponto de acesso um **Identificador de Conjunto de Serviços** composto de uma ou duas palavras.
- Ele também deve designar um número de canal ao AP.
- Uma **selva de Wi-Fis** é qualquer localização física na qual uma estação sem fio recebe um sinal suficientemente forte de dois ou mais APs.

Canais e associação

- Em geral, o hospedeiro escolhe o AP cujo quadro de sinalização é recebido com a intensidade de sinal mais alta.
- O processo de varrer canais e ouvir quadros de sinalização é conhecido como **varredura passiva**.
- Um hospedeiro sem fio pode também realizar uma **varredura ativa**, transmitindo um quadro de investigação que será recebido por todos os APs dentro de uma faixa do hospedeiro sem fio.

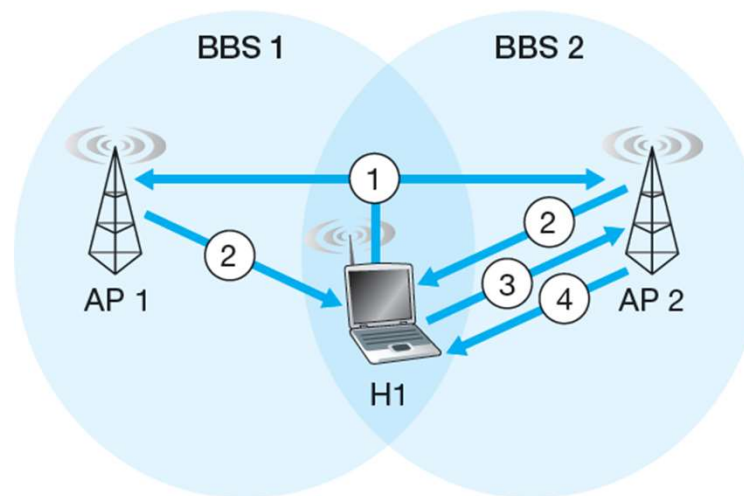
Canais e associação

- Varredura passiva e ativa para pontos de acesso



a. Varredura passiva

1. Quadros de sinalização enviados das Aplicações
2. Quadro de Solicitação de Associação enviado: H1 para AP selecionado
3. Quadro de Resposta de Associação enviado: AP selecionado para H1



a. Varredura ativa

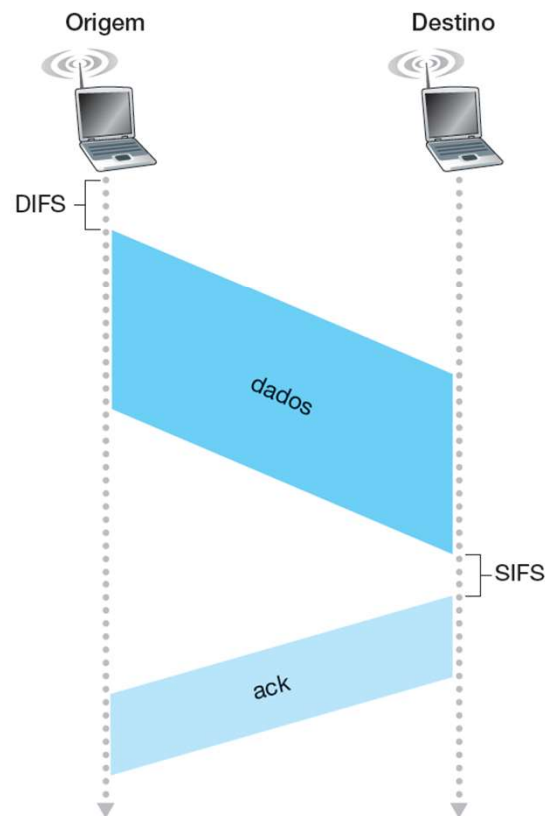
1. Difusão do quadro de Solicitação de Investigação de H1
2. Quadro de Resposta de Investigações enviado das Aplicações
3. Quadro de Solicitação de Associação enviado: H1 para AP selecionado
4. Quadro de Resposta de Associação enviado: AP selecionado para H1

O protocolo MAC 802.11

- Inspirados pelo enorme sucesso da Ethernet e seu protocolo de acesso aleatório, os projetistas do 802.11 escolheram um protocolo de acesso aleatório para as LANs sem fio 802.11.
- Esse protocolo de acesso aleatório é denominado **CSMA com prevenção de colisão** ou, mais sucintamente, **CSMA/CA**.
- Em vez de usar detecção de colisão, o 802.11 usa técnicas de prevenção de colisão.
- Usa um esquema de reconhecimento/retransmissão (ARQ) de camada de enlace.

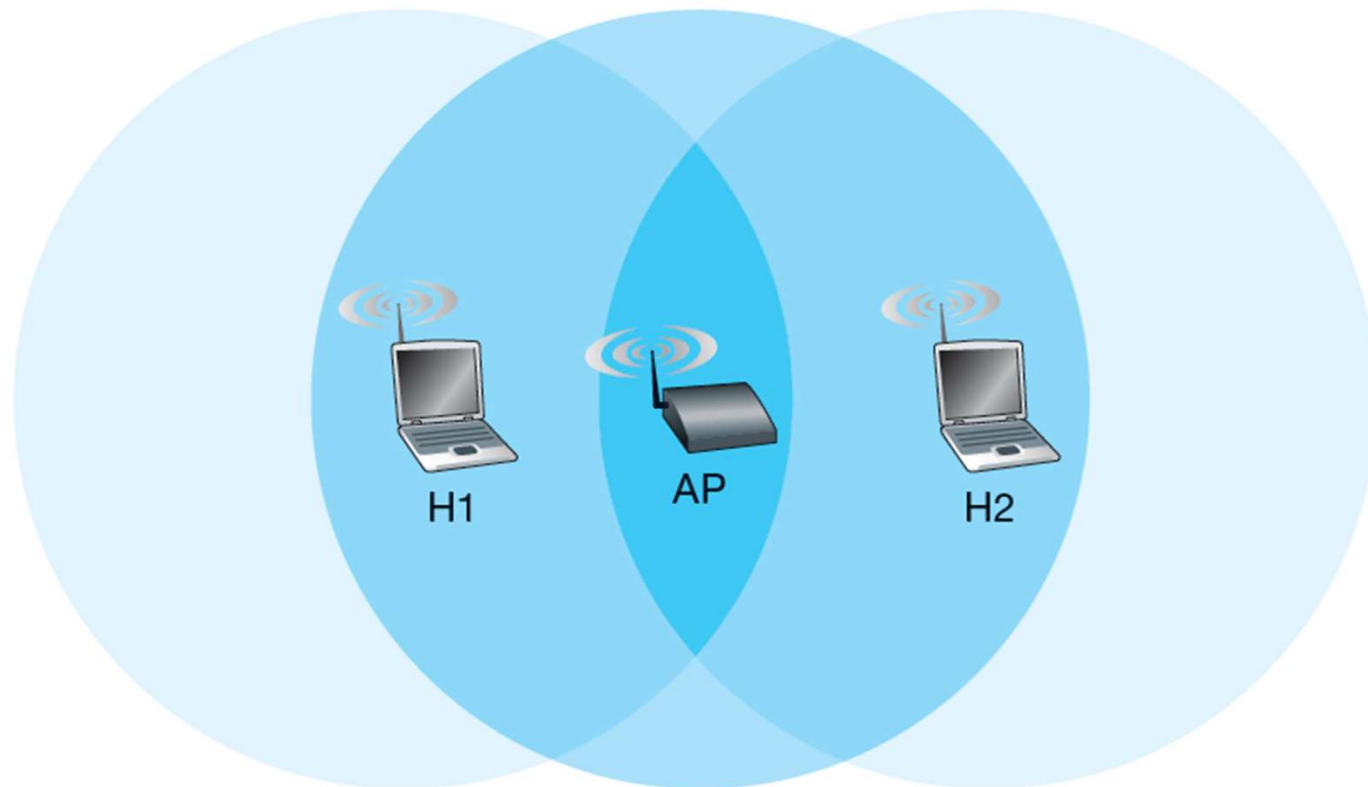
O protocolo MAC 802.11

- 802.11 usa reconhecimentos da camada de enlace



Tratando de terminais ocultos: RTS e CTS

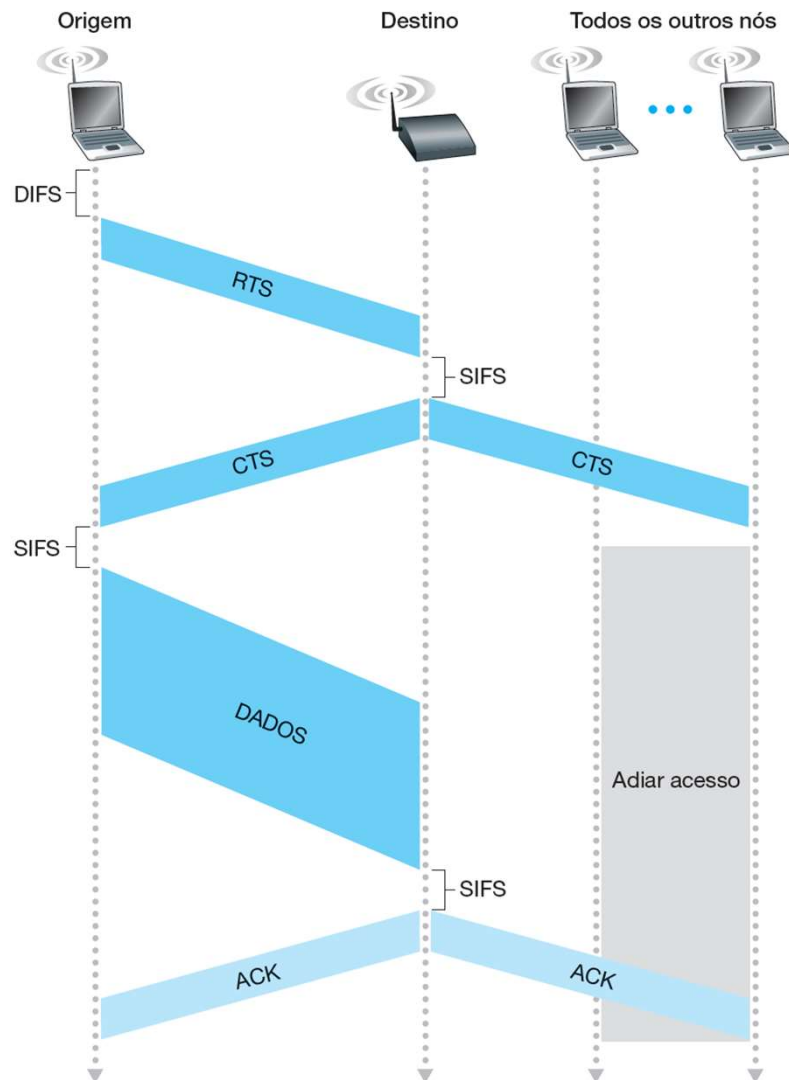
- Exemplo de terminal oculto: H1 está oculto de H2, e vice-versa



Tratando de terminais ocultos: RTS e CTS

- O protocolo IEEE 802.11 permite que uma estação utilize um quadro de controle **RTS** curto e um quadro de controle **CTS** curto para reservar acesso ao canal.
- A utilização dos quadros RTS e CTS pode melhorar o desempenho de dois modos importantes:
 1. O problema da estação oculta é atenuado.
 1. Desde que os quadros RTS e CTS sejam corretamente transmitidos, os quadros DATA e ACK subsequentes deverão ser transmitidos sem colisões.

Tratando de terminais ocultos: RTS e CTS



- Prevenção de colisão usando os quadros RTS e CTS.

O quadro IEEE 802.11

- O quadro 802.11

Quadro (os números indicam o comprimento do campo em bytes):

2	2	6	6	6	2	6	0-2312	4
Controle de quadro	Duração	Endereço 1	Endereço 2	Endereço 3	Controle de sequência	Endereço 4	Carga útil	CRC

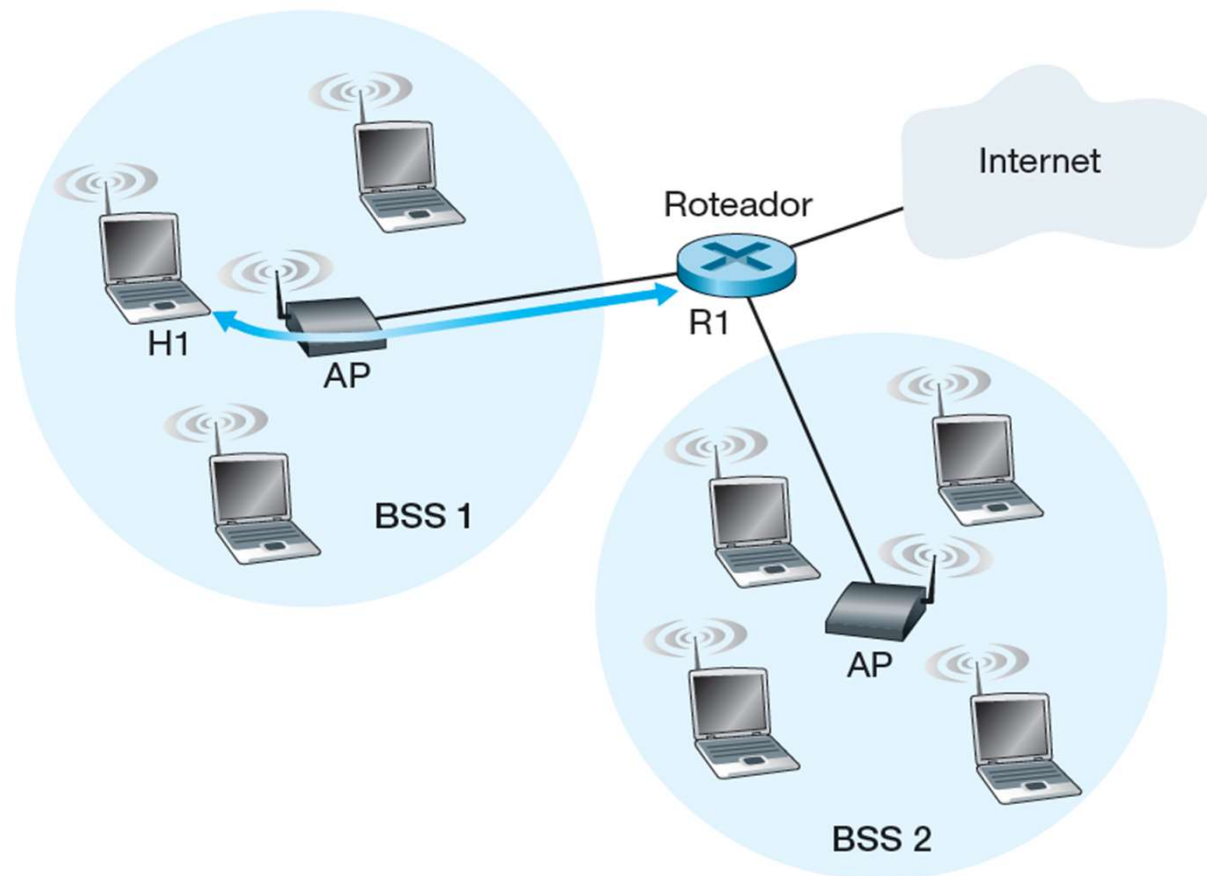
Detalhamento do campo de controle do quadro (os números indicam o comprimento do campo em bits):

2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1
Versão do protocolo	Tipo	Subtipo	Para o AP	Do AP	Mais frag	Nova tentativa	Ger. de energia	Mais dados	WEP	Reservado

O quadro IEEE 802.11

- No coração do quadro está a carga útil, que consiste, tipicamente, em um datagrama IP ou em um pacote ARP.
- Talvez a diferença mais marcante no quadro 802.11 é que ele tem quatro campos de endereço e cada um pode conter um endereço MAC de 6 bytes.
- A figura a seguir mostra a utilização de campos de endereço em quadros 802.11: movendo um quadro entre H1 e R1.

O quadro IEEE 802.11

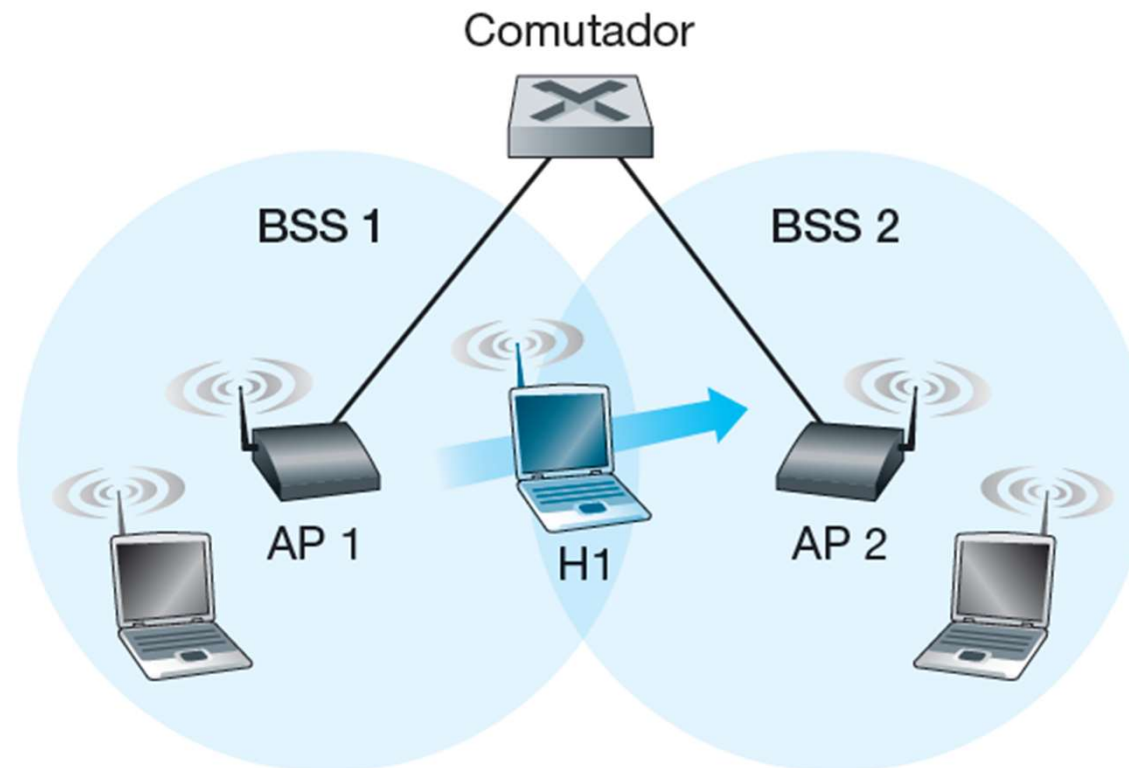


O quadro IEEE 802.11

- Os campos *tipo* e *subtipo* são usados para distinguir os quadros de associação, RTS, CTS, ACK e de dados.
- Os campos *de* e *para* são usados para definir os significados dos diferentes campos de endereço.
- O campo *WEP* (*Wireless Equivalent Privacy*) indica se está sendo ou não utilizada criptografia.

Mobilidade na mesma sub-rede IP

- Mobilidade na mesma sub-rede



Recursos avançados em 802.11

Adaptação da taxa 802.11

- Algumas execuções de 802.11 possuem uma capacidade de adaptação de taxa que seleciona, de maneira adaptável, a técnica de modulação da camada física sobreposta a ser usada com base em características atuais ou recentes do canal.
- A adaptação da taxa 802.11 e o controle de congestionamento TCP são semelhantes à criança: está sempre exigindo mais e mais de seus pais até eles por fim dizerem “Chega!” e a criança desistir.

Recursos avançados em 802.11

Gerenciamento de energia

- O padrão 802.11 provê capacidades de gerenciamento de energia, permitindo que os nós 802.11 minimizem o tempo de suas funções de:
- percepção,
- transmissão e recebimento, e
- outros circuitos necessários para “funcionar”.

Redes pessoais: Bluetooth e Zigbee

- As camadas de enlace e física do 802.15.1 são baseadas na especificação do **Bluetooth** anterior para redes pessoais.
- Redes 802.15.1 operam na faixa de rádio não licenciada de 2,4 GHz em modo TDM, com intervalos de tempo de $625 \mu s$.
- Redes 802.15.1 são redes *ad hoc*.
- Dispositivos 802.15.1 são primeiro organizados em uma picorrede (piconet: pequena rede) de até oito dispositivos ativos.

Redes pessoais: Bluetooth e Zigbee

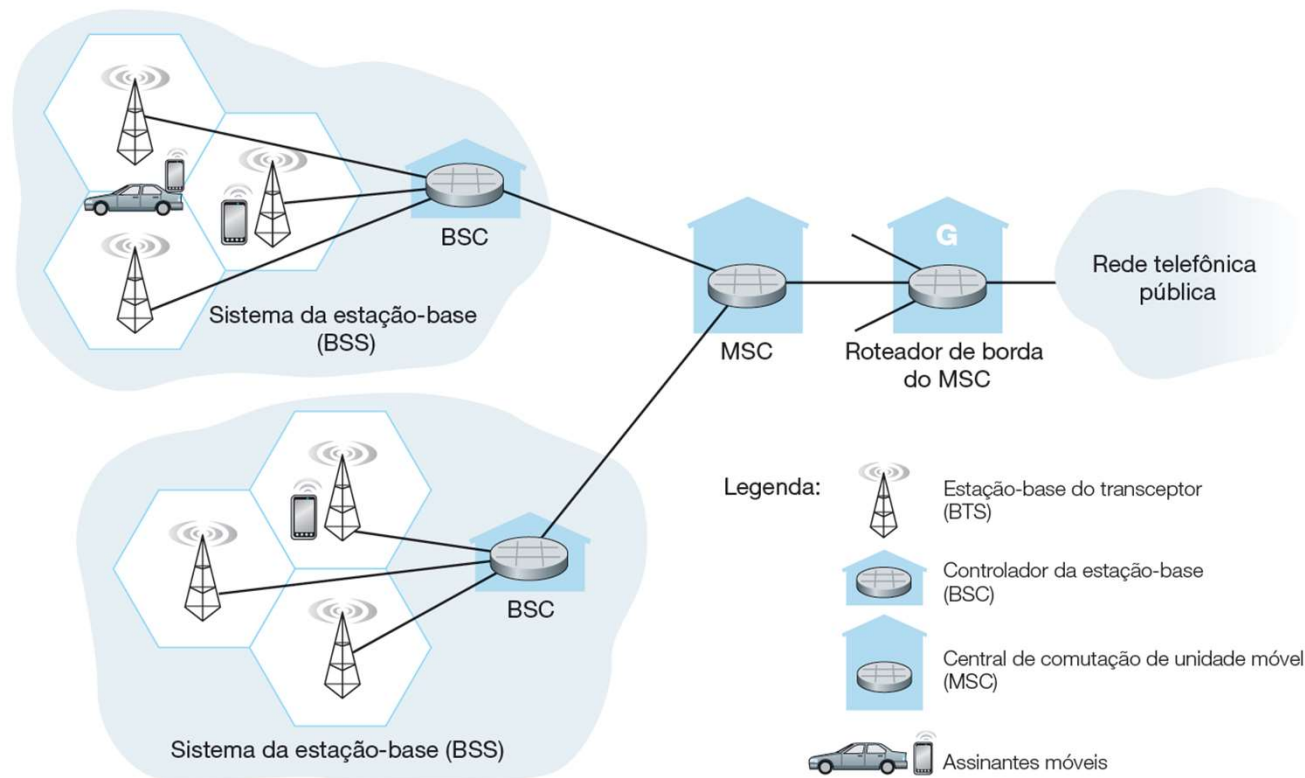
- **Zigbee** é voltada para aplicações de menos potência, menor taxa de dados e menor ciclo de trabalho do que Bluetooth.
- Zigbee define taxas de canal de 20, 40, 100 e 250 Kbits/s, dependendo da frequência do canal.
- Os nós em uma rede Zigbee podem ser de dois tipos.
- Os chamados “dispositivos de função reduzida” operam como escravos controlados por um único “dispositivo de função completa”, assim como dispositivos Bluetooth escravos.

Acesso celular à Internet

- Quando as pessoas falam sobre tecnologia celular, em geral a classificam como pertencendo a uma das diversas “gerações”.
- Os sistemas de primeira geração (1G) eram sistemas FDMA analógicos, desenvolvidos especialmente para a comunicação apenas por voz.
- Os sistemas originais 2G também foram projetados para voz.
- Os sistemas 3G também suportam voz e dados, mas com uma ênfase cada vez maior nas capacidades de dados e enlaces de acesso via rádio com maior velocidade.

Acesso celular à Internet

- Componentes da arquitetura de rede celular 2G GSM



Redes de dados celulares

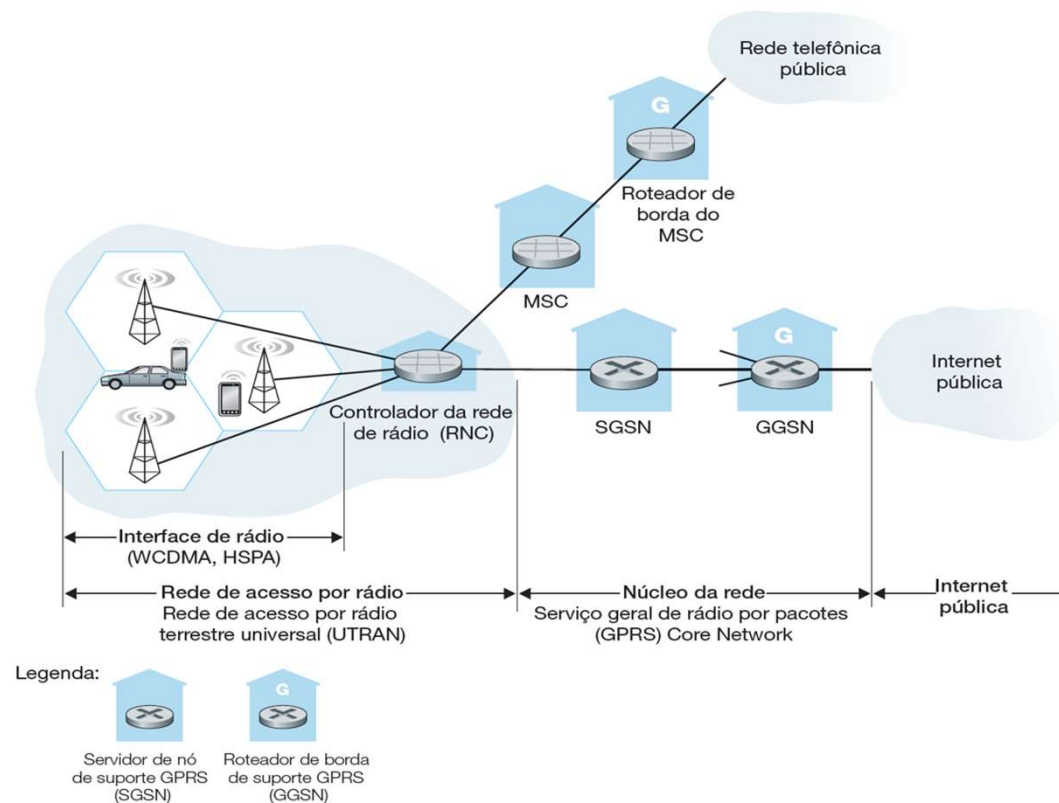
3G: estendendo a Internet para assinantes de celular

- O núcleo da rede de dados celular 3G conecta as redes de acesso por rádio à Internet pública. Existem dois tipos de nós no núcleo da rede 3G:
 1. **Servidor de Nó de Suporte GPRS (SGSN).**
 2. **Roteador de borda de suporte GPRS (GGSN).**
- A rede de acesso por rádio 3G é a rede do primeiro salto sem fio que vemos como usuários do 3G.
- O controlador da rede de rádio (RNC) em geral controla várias estações-base transceptoras da célula.

Redes de dados celulares

3G: estendendo a Internet para assinantes de celular

- Arquitetura do sistema 3G



No caminho para o 4G: LTE

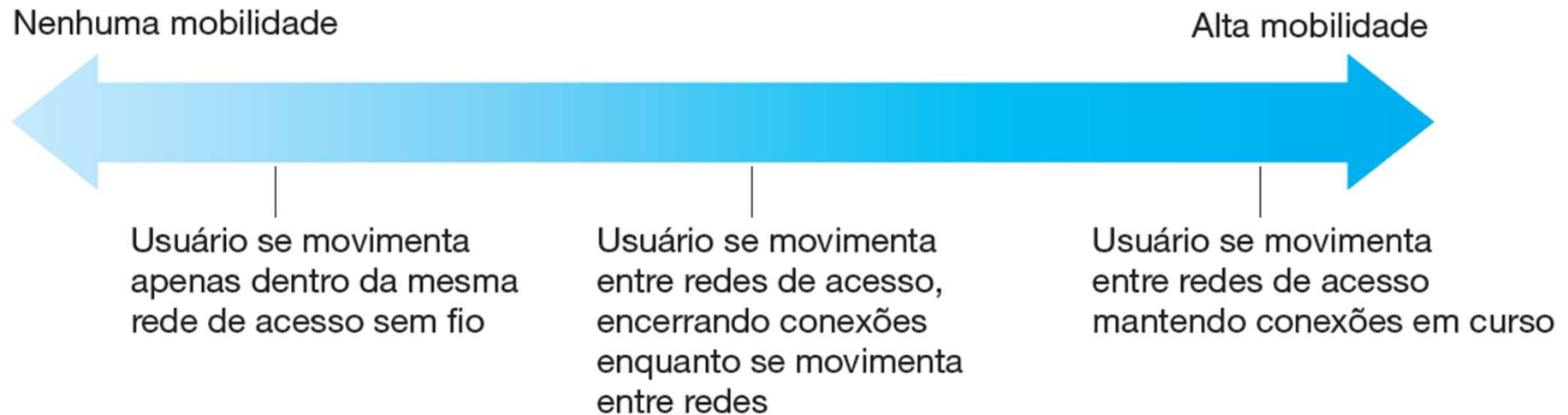
O padrão 4G Long-Term Evolution (LTE) apresentado pelo 3GPP tem duas inovações importantes em relação aos sistemas 3G:

- Núcleo de pacote desenvolvido (EPC).
- Rede de acesso por rádio LTE.

A alocação em particular de intervalos de tempo a nós móveis não é exigida pelo padrão LTE.

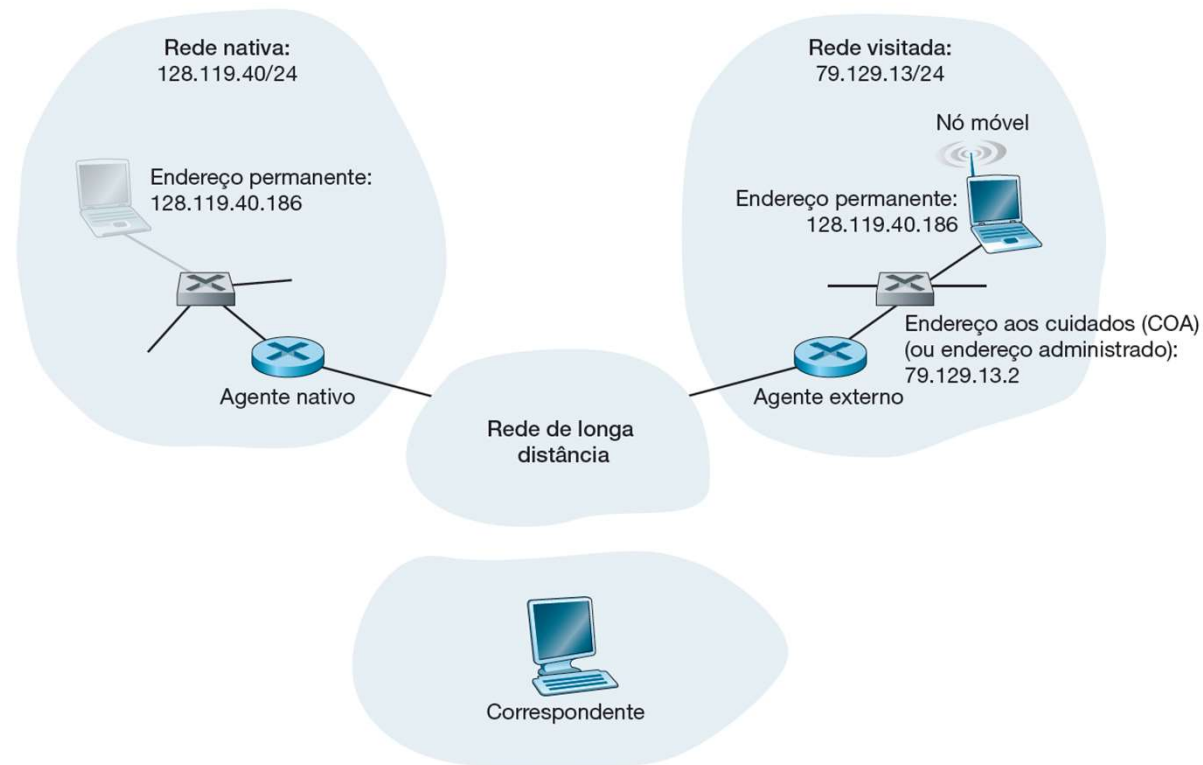
Gerenciamento da mobilidade: princípios

- Vários graus de mobilidade do ponto de vista da camada de rede



Gerenciamento da mobilidade: princípios

- Elementos iniciais de uma arquitetura de rede móvel



Endereçamento

- Um dos papéis do agente externo é criar o denominado **endereço aos cuidados (COA)** ou **endereço administrado** para o nó móvel.
- Há dois endereços associados a um nó móvel:
 1. seu **endereço permanente** (semelhante ao endereço da família do nosso jovem móvel) e
 1. seu endereço COA, às vezes denominado **endereço externo**.

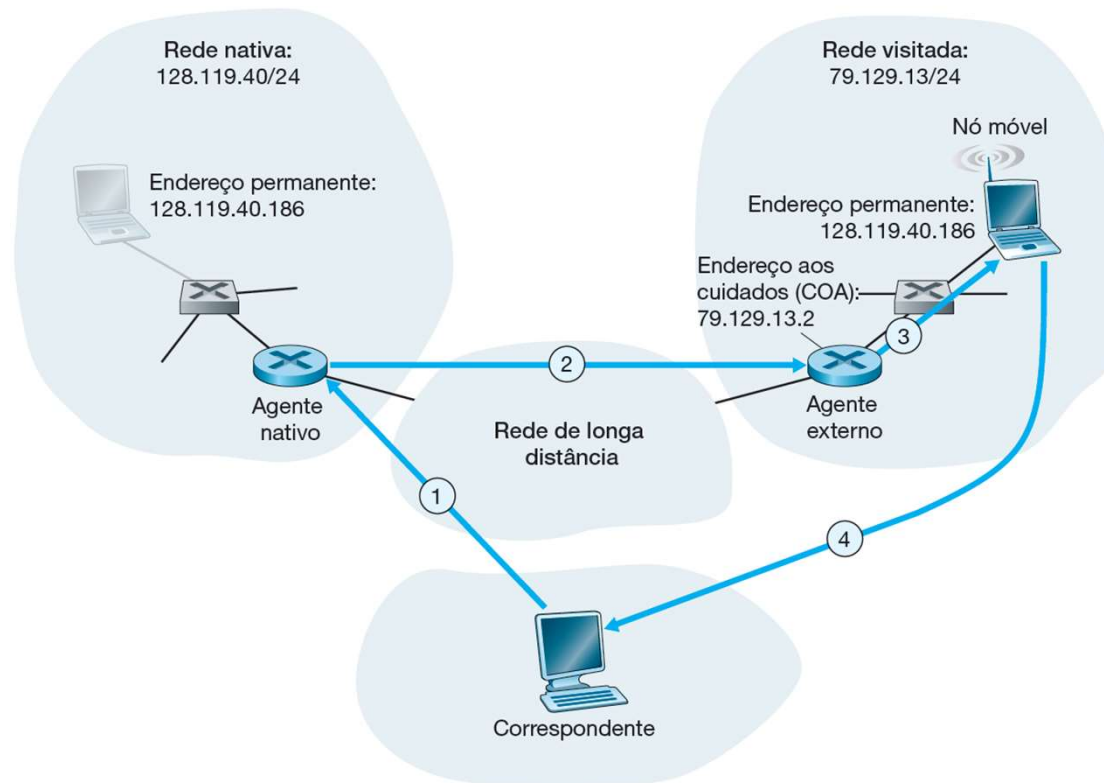
Roteamento para um nó móvel

Roteamento indireto para um nó móvel

- Na abordagem de roteamento indireto o correspondente apenas endereça o datagrama ao endereço permanente do nó móvel.
- Envia o datagrama para a rede e nem precisa saber se o nó móvel reside em sua rede nativa ou está visitando uma rede externa.
- Esses datagramas são primeiro roteados, como sempre, para a rede local do nó móvel.

Roteamento para um nó móvel

Roteamento indireto para um nó móvel



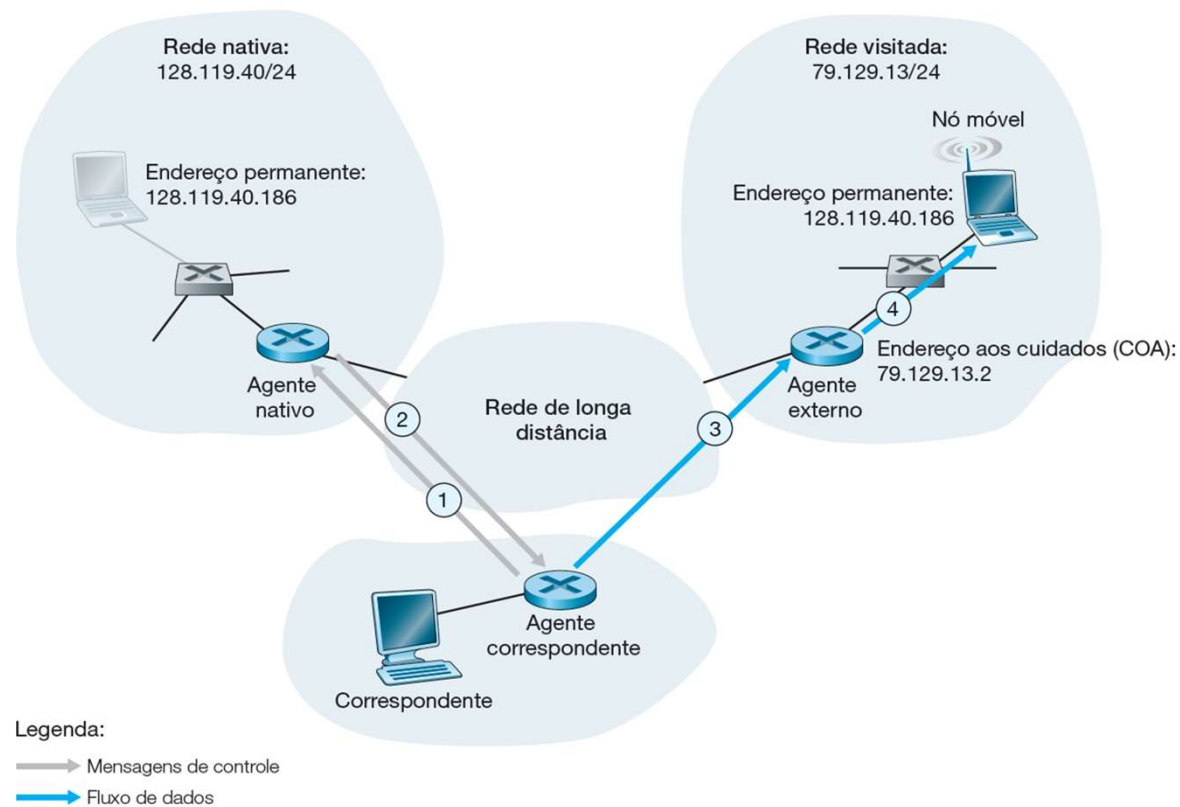
Roteamento para um nó móvel

Roteamento direto para um nó móvel

- A abordagem do roteamento indireto sofre de uma ineficiência conhecida como problema do roteamento triangular.
- Datagramas endereçados ao nó móvel devem ser roteados primeiro para o agente nativo e em seguida para a rede externa, mesmo quando existir uma rota muito mais eficiente entre o correspondente e o nó móvel.
- O roteamento direto supera a ineficiência do roteamento triangular.

Roteamento para um nó móvel

Roteamento direto para um nó móvel



IP móvel

- O IP móvel é um protocolo complexo, cuja descrição detalhada exigiria um livro inteiro.
- O padrão IP móvel consiste em três partes principais:
 1. Descoberta de agente.
 1. Registro no agente nativo.
 1. Roteamento indireto de datagramas.

Gerenciamento de mobilidade em redes celulares

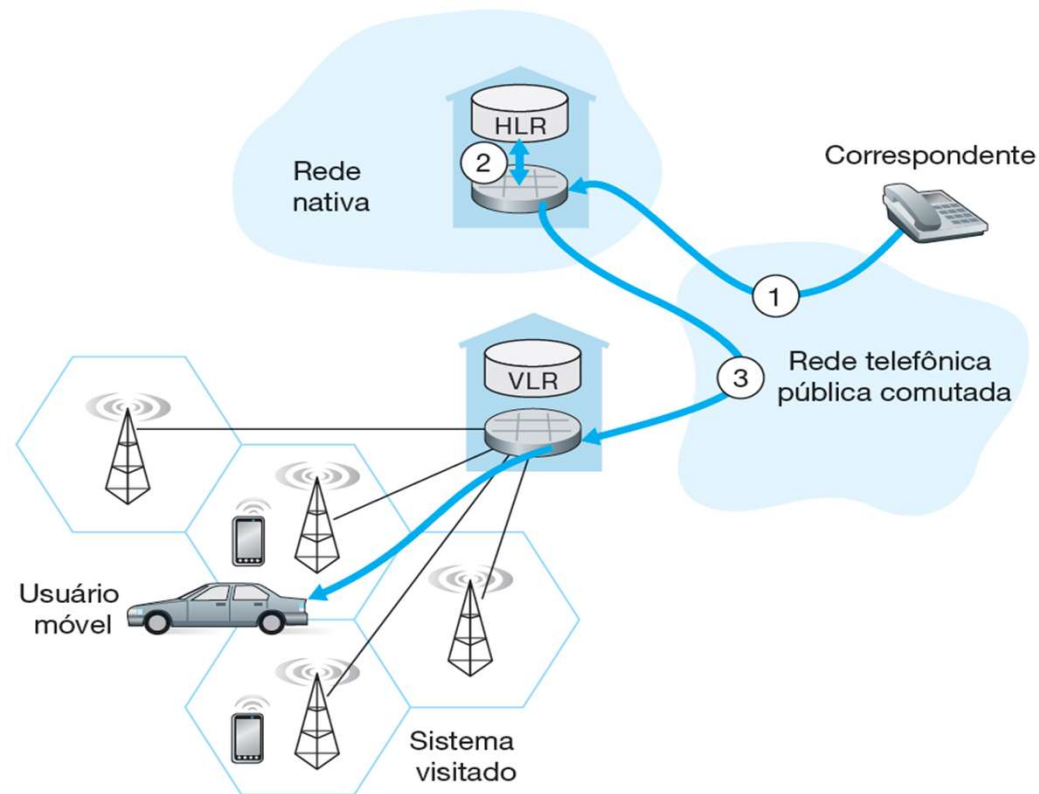
Em terminologia GSM, a rede nativa do nó móvel é denominada **rede pública terrestre móvel nativa (PLMN nativa)**.

Como no caso do IP móvel, as responsabilidades das redes nativas e visitadas são bastante diferentes:

- A rede nativa mantém um banco de dados conhecido como **registro nativo de localização (HLR)**.
- A rede visitada mantém um banco de dados conhecido como **registro de localização de visitantes (VLR)**.

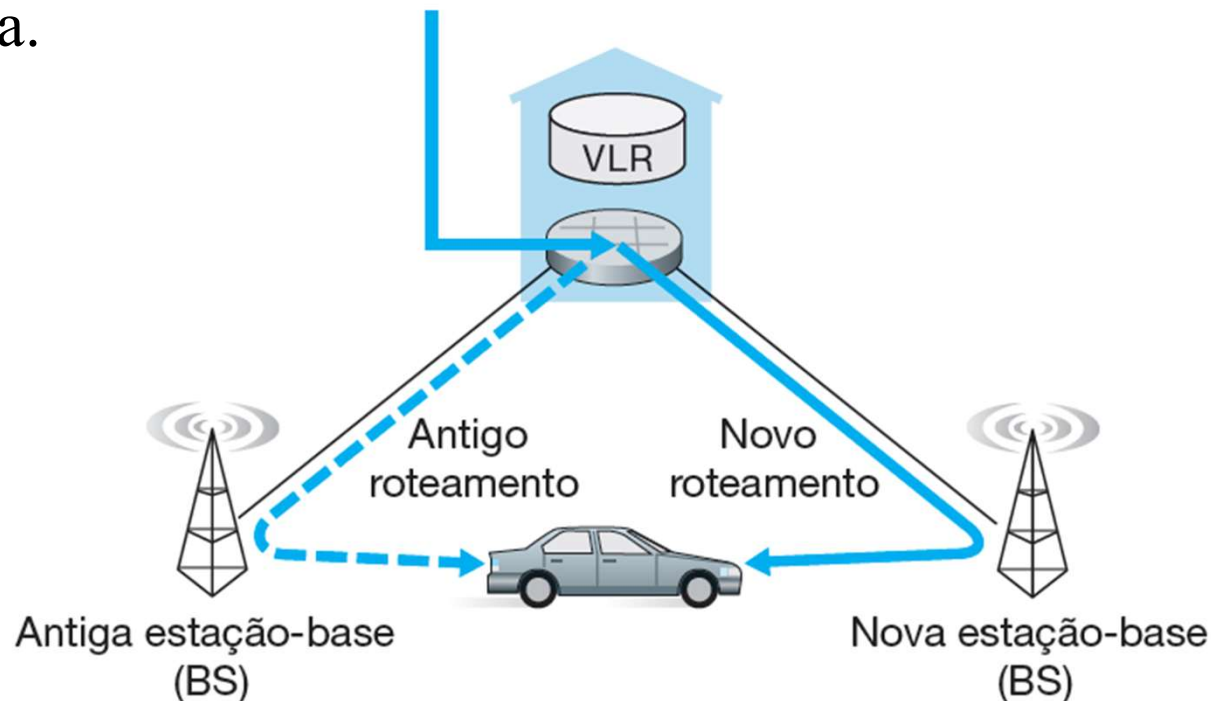
Roteando chamadas para um usuário móvel

- Estabelecendo uma chamada para um usuário móvel: roteamento indireto:



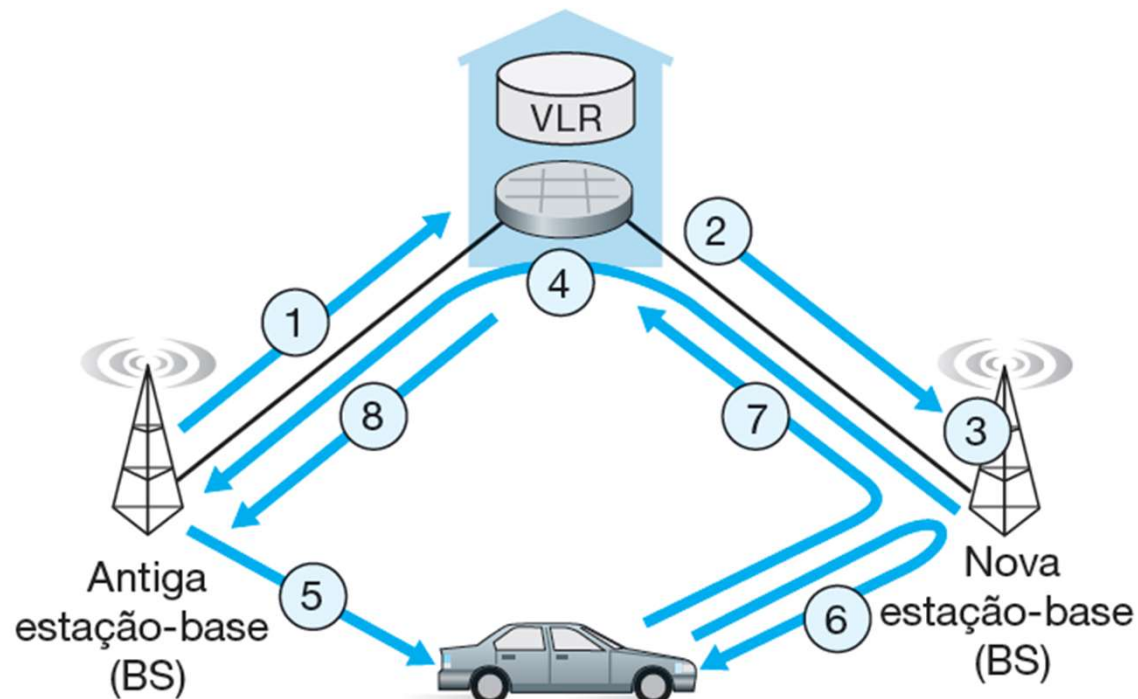
Transferências (*handoffs*) em GSM

- Uma **transferência** (*handoff*) ocorre quando uma estação móvel muda sua associação de uma estação-base para outra durante uma chamada.



Transferências (*handoffs*) em GSM

- Etapas da execução de uma transferência entre estações-base que têm uma MSC em comum:



Sem fio e mobilidade: impacto sobre protocolos de camadas superiores

- O TCP retransmite um segmento que é perdido ou corrompido no caminho entre remetente e destinatário.
- No caso de usuários móveis, a perda pode resultar de congestionamento de rede ou de transferência.
- Reduzindo de modo incondicional sua janela de congestionamento, o TCP admite implicitamente que a perda de segmento resulta de congestionamento e não de corrupção ou transferência.

Sem fio e mobilidade: impacto sobre protocolos de camadas superiores

- Entre o início e meados da década de 1990, pesquisadores perceberam que, dadas as altas taxas de erros de bits em enlaces sem fio e a possibilidade de perdas pela transferência de usuários, a resposta do controle de congestionamento do TCP poderia ser problemática em um ambiente sem fio.
- Há duas classes gerais de abordagens possíveis para tratar esse problema:
- *Recuperação local*. Os protocolos de recuperação local recuperam erros de bits quando e onde eles ocorrem.

Sem fio e mobilidade: impacto sobre protocolos de camadas superiores

- *Remetente TCP ciente de enlaces sem fio.* Em técnicas de recuperação locais, o remetente TCP fica completamente desavisado de que seus segmentos estão atravessando um enlace sem fio.
- *Técnicas de conexão dividida.* Nesta técnica de conexão dividida, a conexão fim a fim entre o usuário móvel e o outro ponto terminal é dividida em duas conexões da camada de transporte: uma do hospedeiro móvel ao ponto de acesso sem fio, e uma do ponto de acesso sem fio ao outro ponto terminal de comunicação.