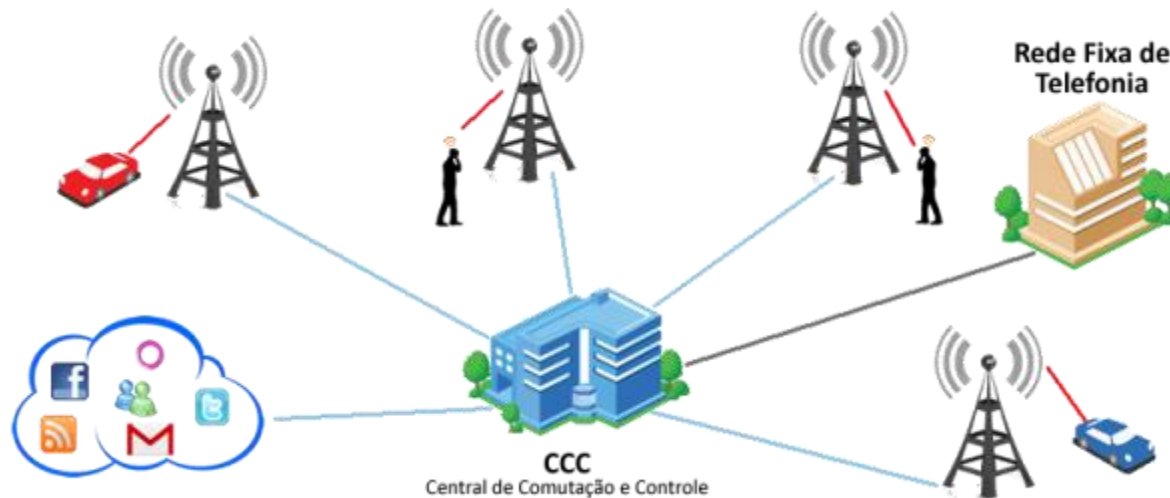


Programação para Dispositivos Móveis

Telefonia Móvel Celular



Professor: Nairon Neri Silva
naironsilva@unipac.br

Evolução dos sistemas

- Primeira Geração: 1G
 - Sistemas analógicos (canal de voz) com o AMPS
- Segunda Geração: 2G
 - Sistemas digitais com o GSM, TDMA (IS-136/D-AMPS) e CDMA (IS-95)
- 2.5 G
 - Sistemas celulares que oferecem serviços de dados a taxas de até 115 kbps
 - Passo intermediário na evolução para 3G
 - Principais sistemas: GPRS/EDGE e extensões do CDMA
- Terceira Geração: 3G
 - Sistemas celulares que oferecem serviços de dados por pacotes e taxas de até 2 Mbps
 - Principais sistemas: WCDMA (UMTS) e CDMA2000

Evolução dos sistemas

- 3.5G
 - Evoluções do padrões 3G
 - Principais sistemas: HSDPA (*High-Speed Downlink Packet Access*) e 1x EV-DO (*Evolution Data Optimized*)
- 3.75G
 - Pré-4G
 - Principais sistemas: adição do protocolo HSUPA (*High-Speed Uplink Packet Access*), gerando o padrão HSPA (*High Speed Packet Access*) e posteriormente sua evolução HSPA+ (*Evolved HSPA*)

Evolução dos sistemas

- Quarta Geração: 4G
 - “*Beyond 3G*” (*Após 3G*)
 - “*Anywhere, anytime*” (*Qualquer lugar, sempre conectado*)
 - LTE (*Long Term Evolution*)
 - Taxas de 100 Mbit/s (móvel) a 1 Gbit/s (fixo)
 - Interconectividade (WiFi, WiMax)
 - Baseada em endereçamento IP (IPv6)
 - Padrões:
 - Mobile WiMAX 802.16m (IEEE)
 - Coreia do Sul (2006)
 - LTE-Advanced: 3rd Generation Partnership Project (3GPP)
 - Escandinávia (2009)
 - Comercialmente no mundo (EUA, Canadá, etc) desde de 2011
 - Brasil (Copa das Confederações – 2013): Salvador, Recife, Fortaleza, Brasília, Belo Horizonte e Rio de Janeiro

Sistemas de telefonia celular

- Comunicação sem fio a longas distâncias
- Oferece uma conexão sem fio à PSTN (*Public Switched Telephone Network* – Rede Telefônica Pública Comutada)
- Permite mobilidade contínua dos usuários
- Acomodam um grande número de usuários em uma grande área geográfica e dentro de um espectro de frequência limitado
- Alta capacidade é alcançada limitando-se a cobertura dos transmissores a sub-regiões geográficas: células

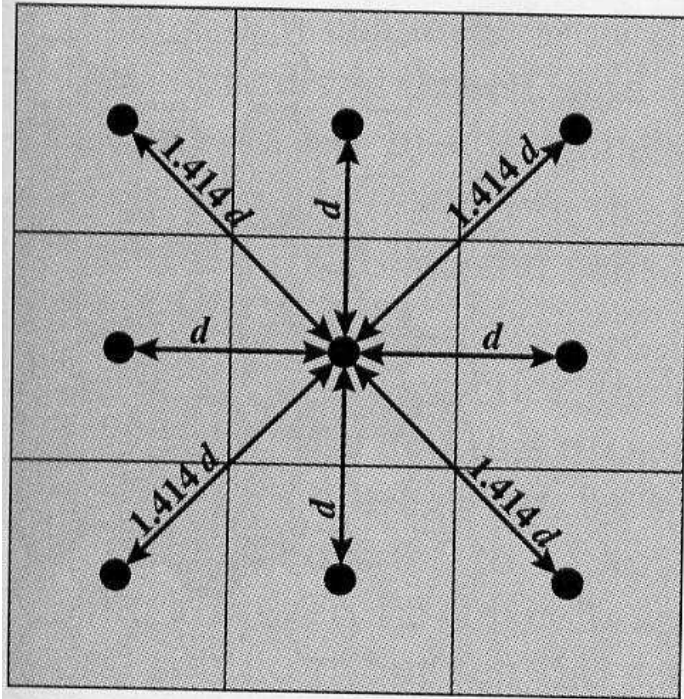
Sistemas de telefonia celular

- Utiliza múltiplos transmissores de baixa potência
- Cada célula é servida por uma estação rádio base (ERB), composta por: transmissor, receptor e unidade de controle
- A extensão da área de cobertura de uma ERB é dependente dos seguintes fatores:
 - Potência de saída do rádio transmissor
 - Banda de frequências utilizada
 - Altura e localização da antena
 - Tipo da antena
 - Topografia do terreno (sombreamento)

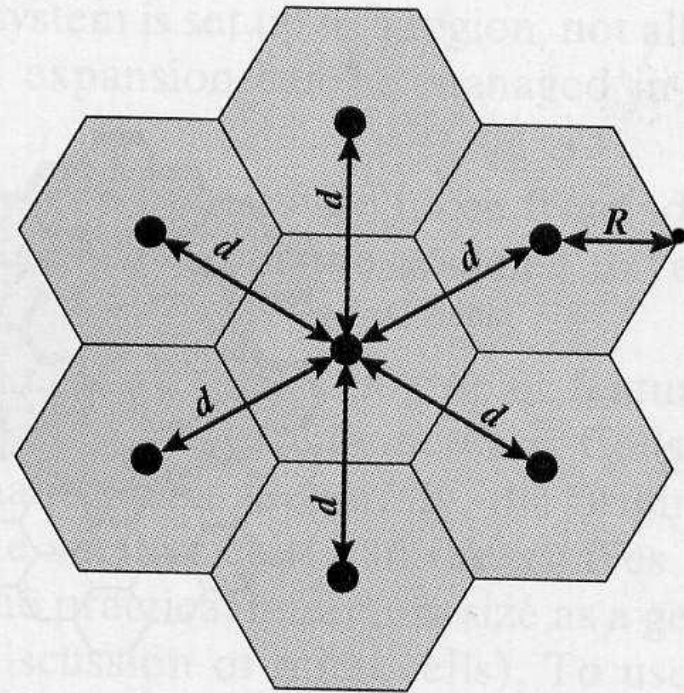
Sistemas de telefonia celular

- A cada célula são atribuídas faixas de frequência
 - Reuso de frequências – uso da mesma frequência (canal) na cobertura de diferentes áreas
- Células são organizadas de forma que todas as antenas vizinhas sejam equidistantes (padrão hexagonal)
 - Interferência co-canal – interferência entre células que usam a mesma frequência (limites toleráveis)

Organização das células



(a) Square pattern



(b) Hexagonal pattern

Organização das células



Theoretical
Propagation
Pattern



Cellular
Grid Design



Actual Cellular
Grid Layout

Características do sistema celular

- Alta densidade de tráfego
- Permite o reuso de frequências
- Transmissores de baixa potência montados em estruturas mais baixas
- Pequena área de cobertura
- Permite expansão modular
- Capacidade limitada pela interferência entre usuários

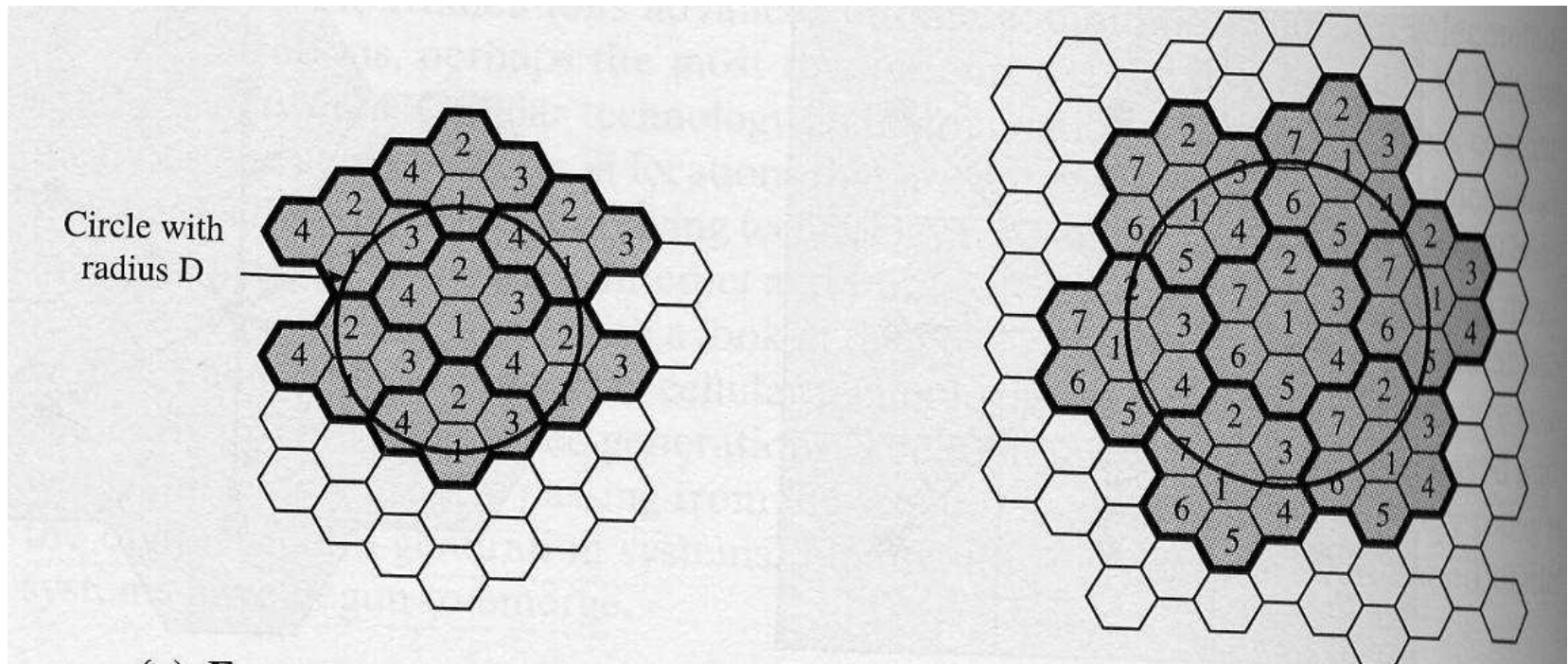
Características do sistema celular

- Por que não usar uma grande torre de rádio e uma grande área de serviço?
 - Número de usuários simultâneos seria bastante limitado
 - Relacionado ao número de canais disponíveis
 - Terminal móvel teria um grande requisito de potência de transmissão
- Conceito de telefonia celular – pequenas células com reuso de frequência
 - Vantagens
 - Baixa potência de transmissão dos dispositivos
 - Aumento da capacidade do sistema com reuso de frequências
 - Desvantagens
 - Custo das células
 - *Handoff* (ou *handover*) entre as células deve ser suportado
 - Necessário rastrear o usuário móvel para rotear mensagens e chamadas

Reuso de frequências

- São alocadas frequências diferentes para células adjacentes
- Células distantes reusam frequências
- Um número de canais (faixas de frequência) são atribuídas a cada célula
 - Potência de transmissão é controlada para evitar a invasão para células vizinhas
 - A questão é determinar quantas células devem se interpor entre duas células que utilizem a mesma frequência

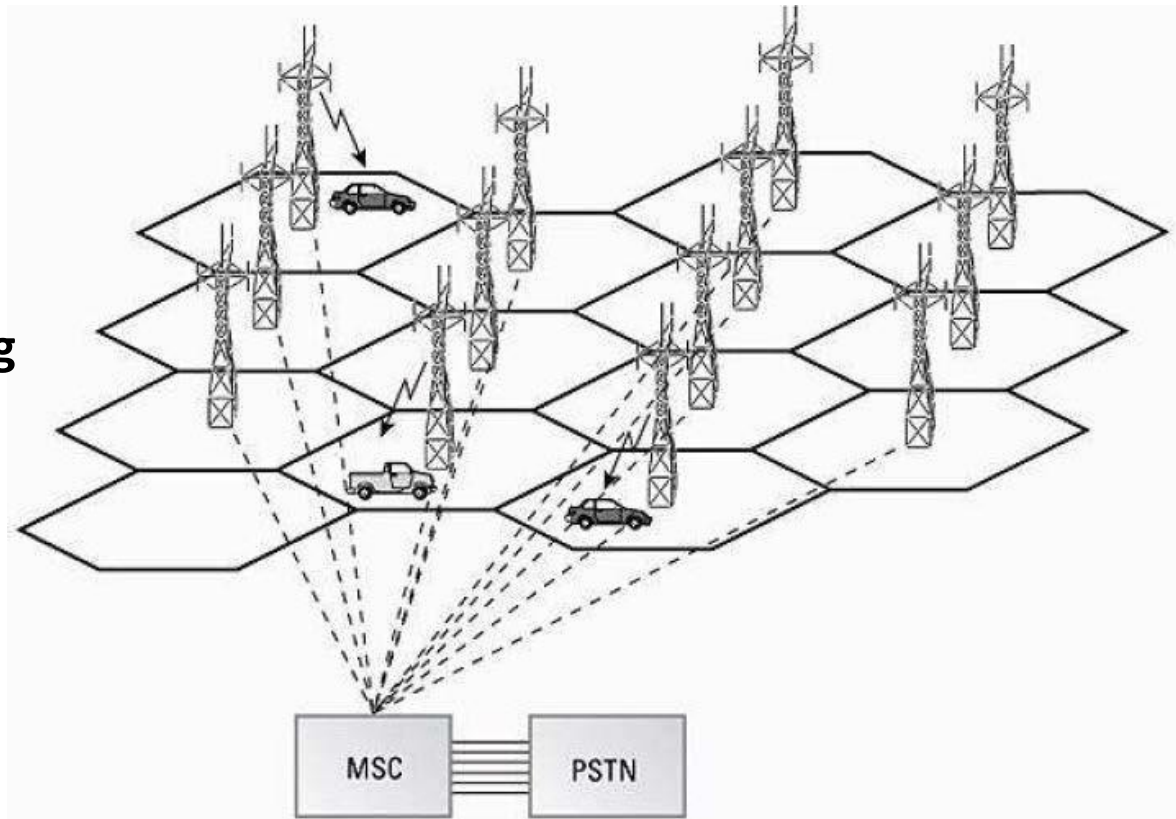
Reuso de frequências



- *Cluster* — conjunto de células em que não há reutilização de frequências
Estruturas mais empregadas (antenas omnidirecionais — células hexagonais)

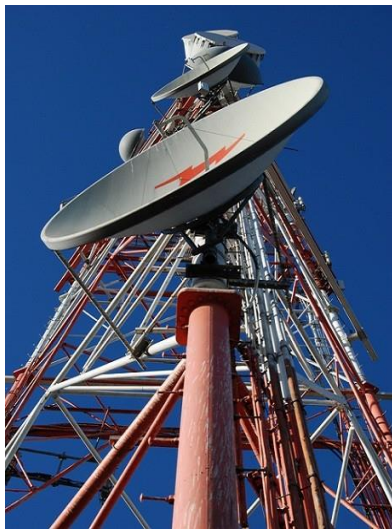
Componentes básicos dos sistemas celulares

- **ERB – Estação Rádio Base**
(Base station – BS)
- **CCC – Central de Comutação e Controle**
(Mobile Switching Center – MSC, também chamada de Mobile Telephone Switching Office - MTSO)
- **EM – Estações móveis**
(Mobile Station – MS)
- **RTPC - Rede Telefônica Pública Comutada** (Public Switched Telephone Network – PSTN)



Estação Rádio Base

- Provê canais de rádio entre as unidades móveis e a rede
 - Pico-células (indoor, 0-0.5 Km) suportam de 8-20 canais
 - Micro-células (outdoor, 0-1 Km)
 - Macro-células (1-30 Km)



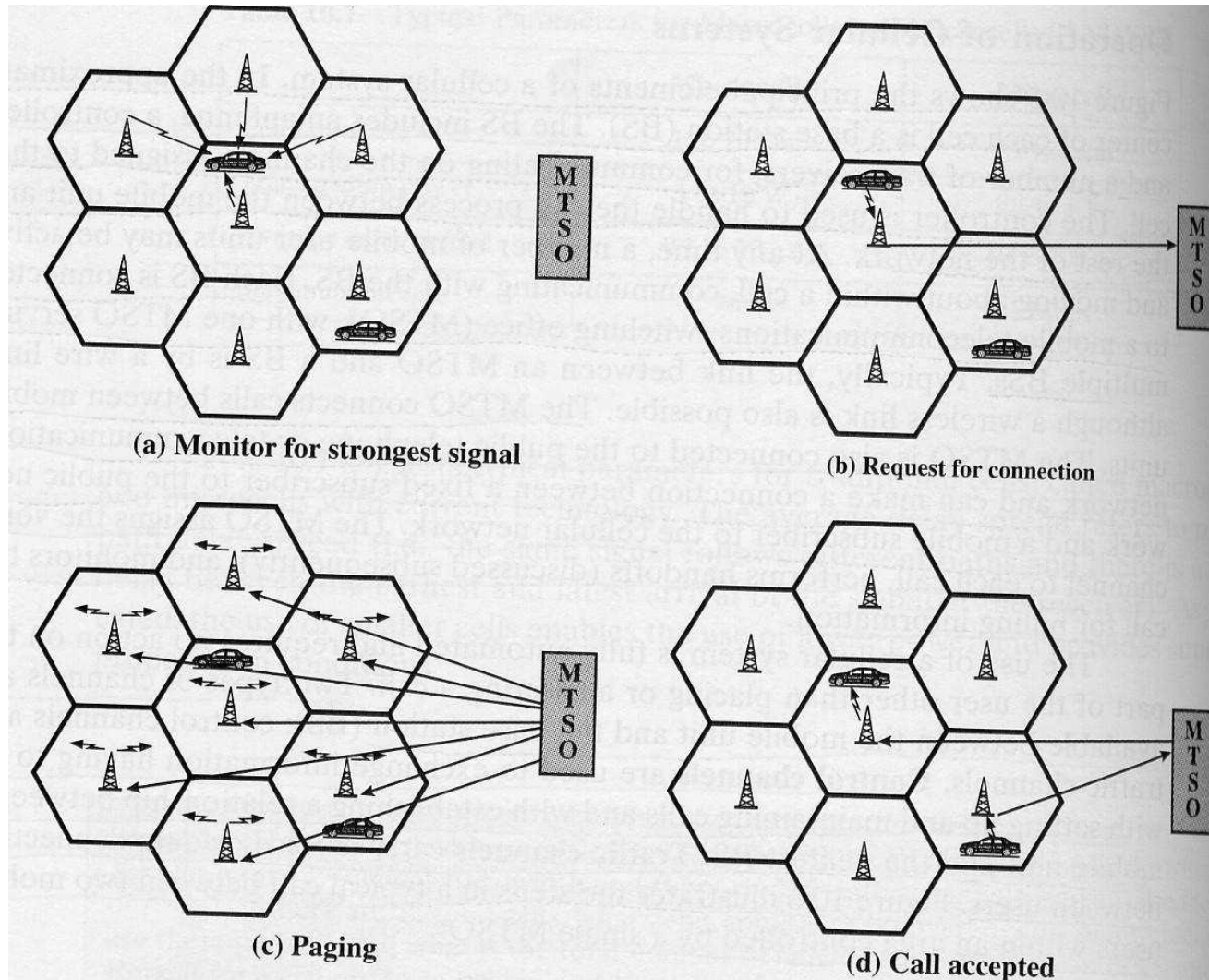
Estação Rádio Base



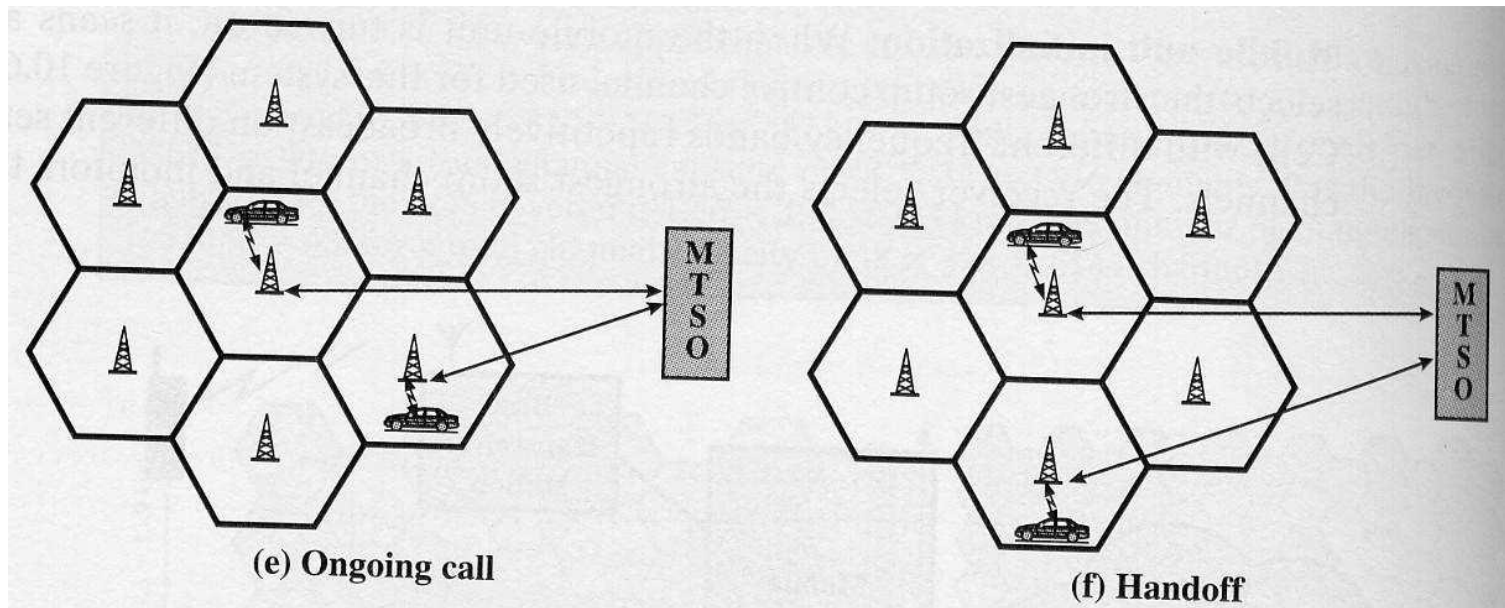
Central de comutação e controle

- Central telefônica expandida para operar com software próprio de serviço móvel celular
- Uma CCC se liga a várias ERBs por meio de linhas telefônicas e de dados privativos (fibras ópticas, rádios digitais, enlaces de microondas, etc.)
- Coordena atividades de todas as ERBs e conecta o sistema celular à PSTN
- Funções da CCC:
 - Realiza conexões de chamadas entre unidades móveis
 - Realiza conexões entre um usuário da rede fixa e um usuário móvel
 - Atribui um canal de voz para cada chamada
 - Controla e comuta o *handoff* de chamadas
 - Monitora informações de cobrança

Como é feita a chamada celular?

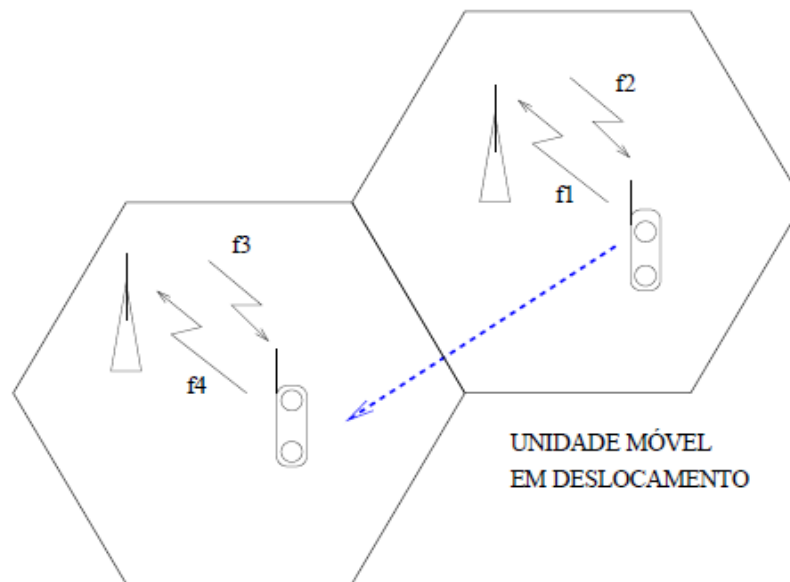


Como é feita a chamada celular?



Handoff

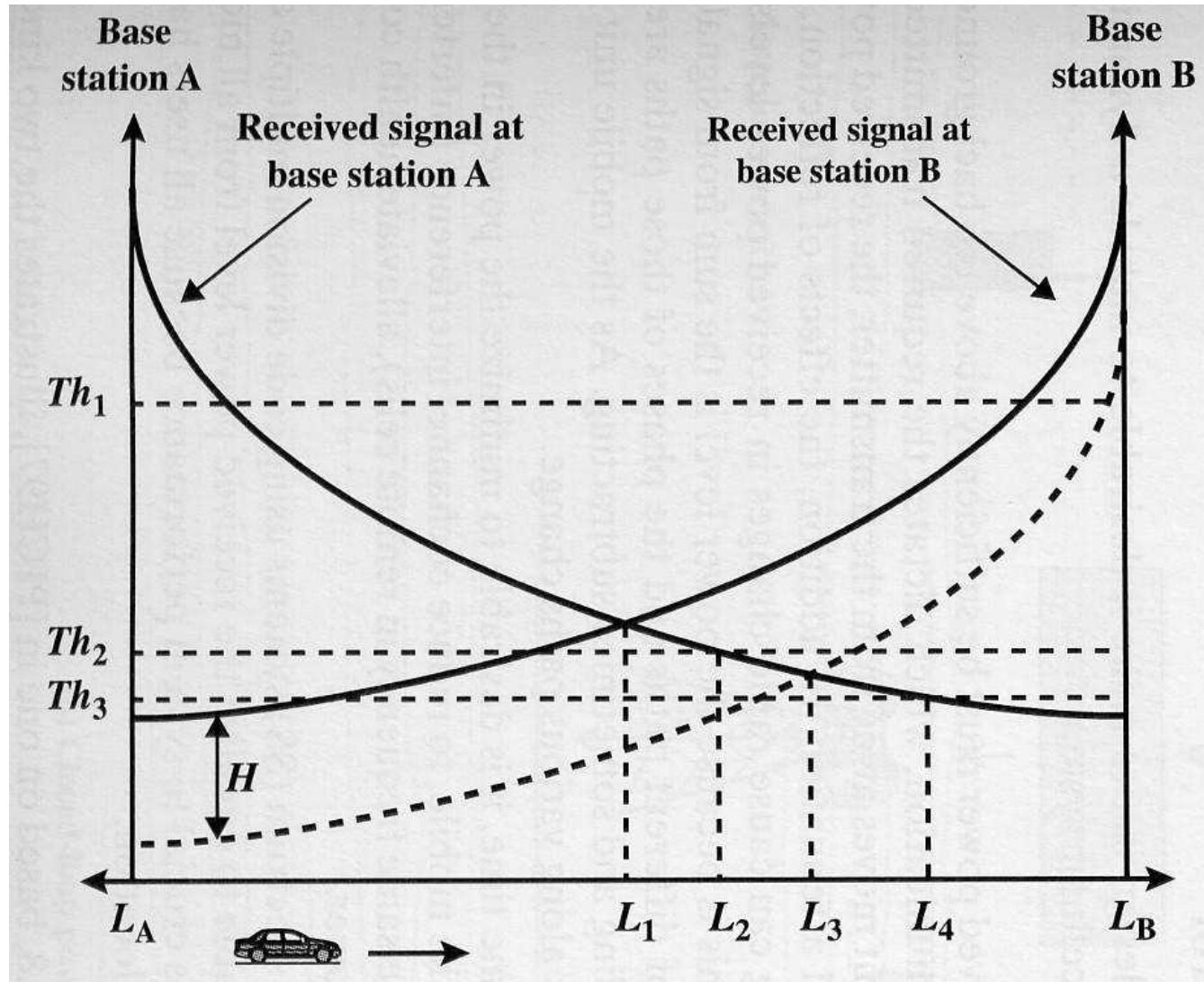
- Função que permite manter a continuidade de uma conversação quando o usuário passa de uma célula para outra
- O *handoff* está centralizado no CCC e pode causar uma interrupção na comunicação de até 0,5 s



Handoff

- Transferência do gerenciamento de uma unidade móvel de uma ERB para outra
- Pode ser iniciada exclusivamente pela rede ou assistida pela unidade móvel
- Principal parâmetro utilizado: intensidade do sinal da unidade móvel para a ERB

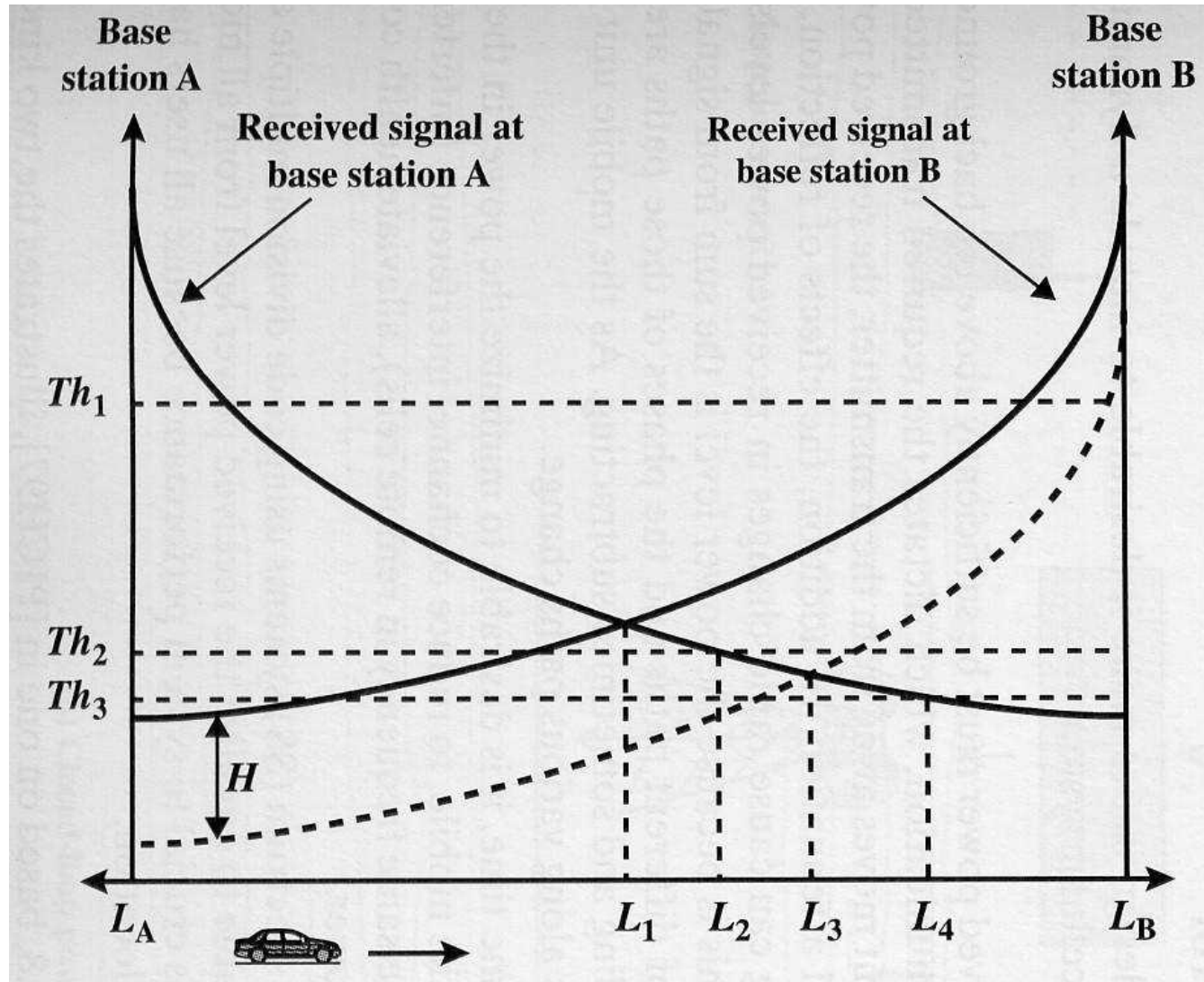
Estratégias de *Handoff*



Estratégias de *Handoff*: Intensidade Relativa do Sinal

- Unidade móvel transferida de ERB A para ERB B assim que a intensidade do sinal em B exceder a intensidade de A
- Na figura, *handoff* ocorre em L_1
- Pode levar ao efeito ping-pong

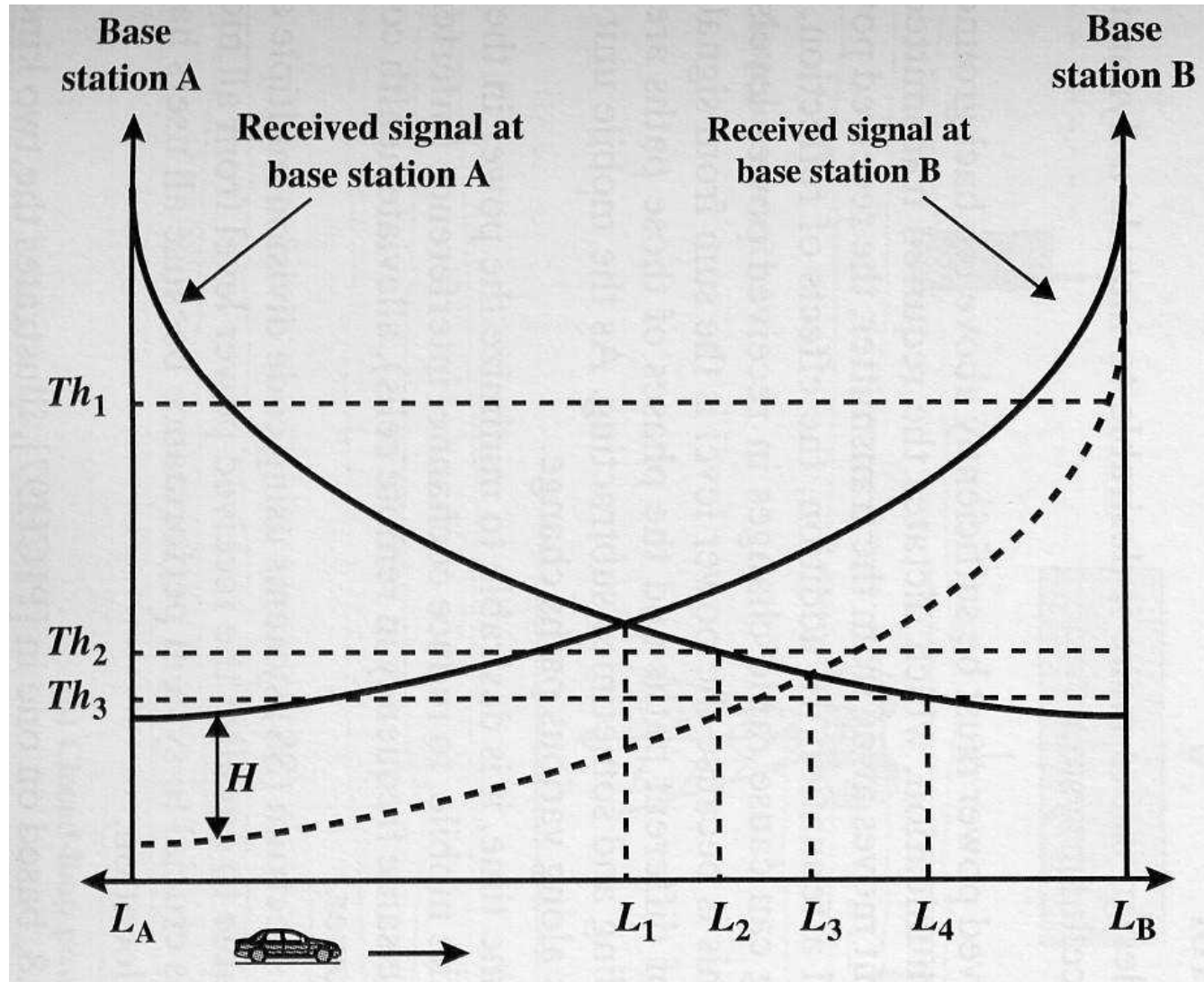
Estratégias de *Handoff*



Estratégias de *Handoff*: Intensidade Relativa do Sinal com Limite

- O *handoff* ocorre quando:
 1. O sinal na ERB atual estiver abaixo de um limite E e
 2. O sinal na ERB nova for maior
- Se for definido um limite alto (Th_1) comporta-se como a estratégia anterior
- Se for definido um limite baixo (Th_3) resulta em comunicação de baixa qualidade e eventualmente queda de comunicação. *Handoff* em L_4
- Usando Th_2 , *handoff* ocorre em L_2

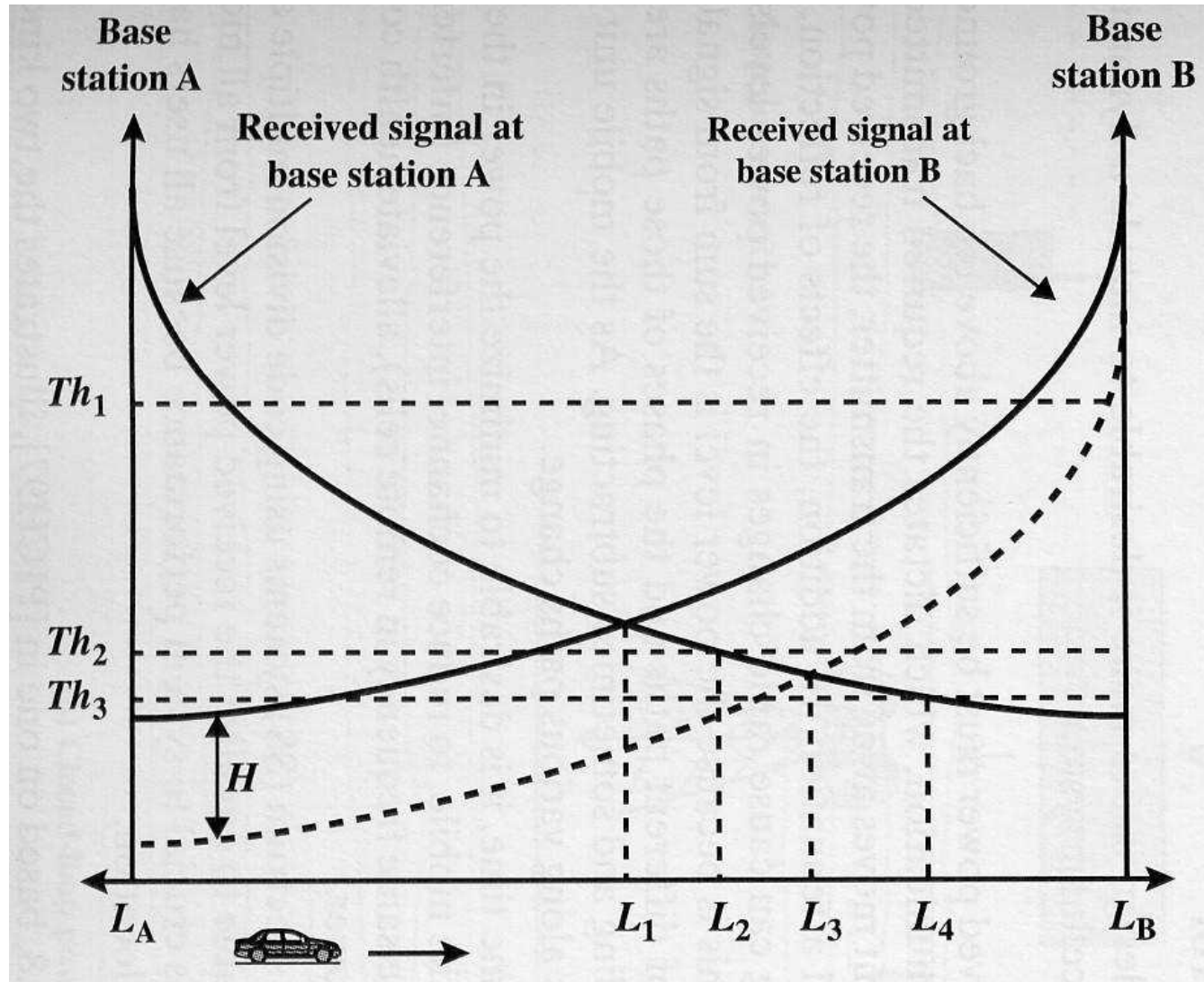
Estratégias de *Handoff*



Estratégias de *Handoff*: Intensidade Relativa do Sinal com Margem

- Ocorre somente caso o sinal da nova ERB for suficientemente maior (margem H)
- *Handoff* ocorre em L_3
- Previne o efeito ping-pong

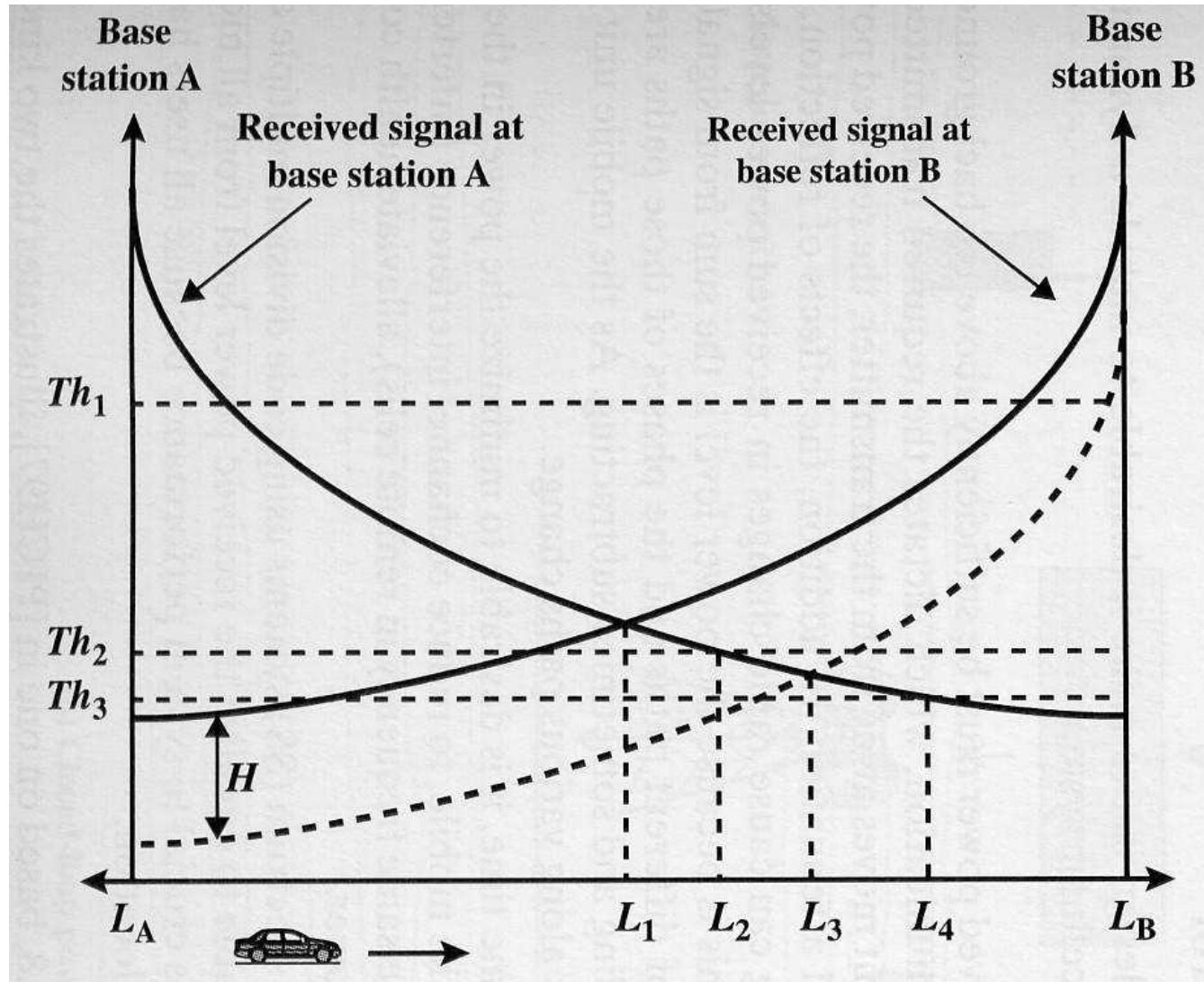
Estratégias de *Handoff*



Estratégias de *Handoff*: Intensidade Relativa do Sinal com Margem e Limite

- Quando ocorre o *handoff*:
 1. O sinal cai abaixo de um dado limite e
 2. O sinal da ERB destino é maior que o atual acrescido de uma margem H
- *Handoff* ocorre L_3 caso o limite seja Th_1 ou Th_2 e em L_4 caso o limite seja Th_3

Estratégias de *Handoff*



Fonte dos Slides

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação
(PPGCC)

Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Disciplina: Introdução à Computação Móvel

Prof. Francisco José da Silva e Silva

Prof. Rafael Fernandes Lopes