

Aula 10

Redes Sem-Fio e Mobilidade

Bluetooth, WiMAX e Redes Celulares

Igor Monteiro Moraes
Redes de Computadores II

ATENÇÃO!

- Este apresentação é contém partes baseadas nos seguintes trabalhos
 - Notas de aula do Prof. Marcelo Rubinstein, disponíveis em <http://www.lee.eng.uerj.br/~rubi>
 - Notas de aula do Prof. José Augusto Suruagy Monteiro, disponíveis em <http://www.nuperc.unifacs.br/Members/jose.suruagy/cursos>
 - Material complementar do livro Computer Networking: A Top Down Approach, 5th edition, Jim Kurose and Keith Ross, Addison-Wesley, abril de 2009
 - Computer Networks, Andrew S. Tanenbaum, 4a. Edição, Editora Prentice Hall

Bluetooth

- Interesse de conexão de telefones móveis a outros dispositivos sem cabos
 - Consórcio criado em 1994
 - Ericsson, IBM, Intel, Nokia e Toshiba
- Objetivo de criar um padrão sem fio para conectar dispositivos
 - Computação
 - Comunicação
 - Acessórios

- Uso de rádios sem fio
 - Curto alcance
 - Baixa potência
 - Baixo custo
- Atualmente
 - Padrão também voltado para a área de redes sem fio
 - Consórcio com mais de 9000 empresas
 - 3Com, Compaq, Dell, HP, Motorola, Philips, Samsung, Siemens, Texas e outras

Rede Bluetooth

- Bluetooth vem de Harald Blaatand II
 - Rei viking que unificou a Dinamarca e a Noruega
- Blaatand significa Bluetooth em dinamarquês
- Bluetooth unifica diferentes tecnologias como computadores e telefones celulares
- Logotipo do Bluetooth é baseado nos caracteres H e B



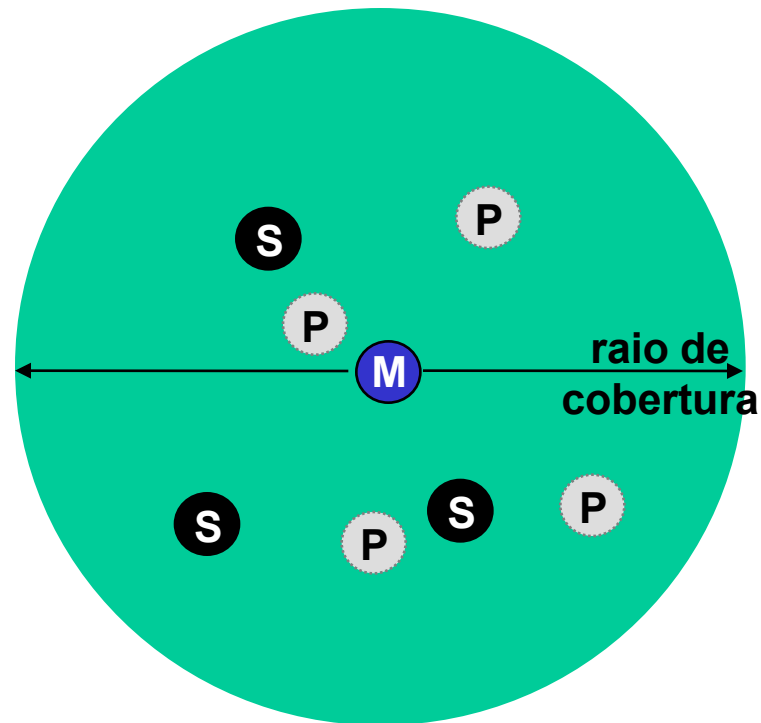
Rede Bluetooth

- Bluetooth 1.0 (1999)
 - Camadas física a aplicação
- Bluetooth 1.1 (2001)
 - Camadas física a aplicação
- IEEE 802.15.1 (2002)
 - Padrão para redes pessoais
 - Camadas física e enlace
 - IEEE adotou o Bluetooth como base e passou a modificá-lo
 - História mostra que isso pode promover o uso da tecnologia

IEEE 802.15.1

- *Personal Local Area Networks* (PANs)
 - Diâmetro menor do que 10 m
- Substituição de cabos
 - Mouse, teclados, fones de ouvido, etc.
- Operação em modo *ad hoc*
- Definição de mestre e escravo
 - Escravos pedem permissão para enviar ao mestre
 - Mestre recebem e respondem
- Usa a banda ISM (2,4 GHz) e atinge taxas de até 3 Mb/s

- Exemplo



- M** Dispositivo mestre
- S** Dispositivos escravo
- P** Dispositivos estacionados (inativos)

Aplicações da Rede Bluetooth

- Bluetooth 1.1 define 13 aplicações (perfis)
 - Diferentes pilhas de protocolos para cada uma
- Acesso a rede local
- Acesso a rede via dial-up
 - Computador portátil se conecta via telefone celular
- Telefonia sem fio
 - Fusão de interfone, telefone fixo e telefone celular
- Sincronização de dados
 - PDAs e computadores portáteis
- Outras

Arquitetura do Bluetooth

- Consiste em
 - Piconets
 - Unidade básica
 - Scatternets

Arquitetura do Bluetooth - Piconet

- Rede Ad Hoc
 - Não há ponto de acesso
- Formada por um mestre e por escravos
 - Mestre
 - Unidade que estabelece a piconet
 - Informa aos escravos
 - Que endereços usar
 - Quando eles podem transmitir e por quanto tempo
 - » “O que vale é o seu relógio”
 - Que frequências devem usar
 - Comunicação feita entre o mestre e um ou mais escravos
 - Não é possível a comunicação direta entre escravos

Arquitetura do Bluetooth - Piconet

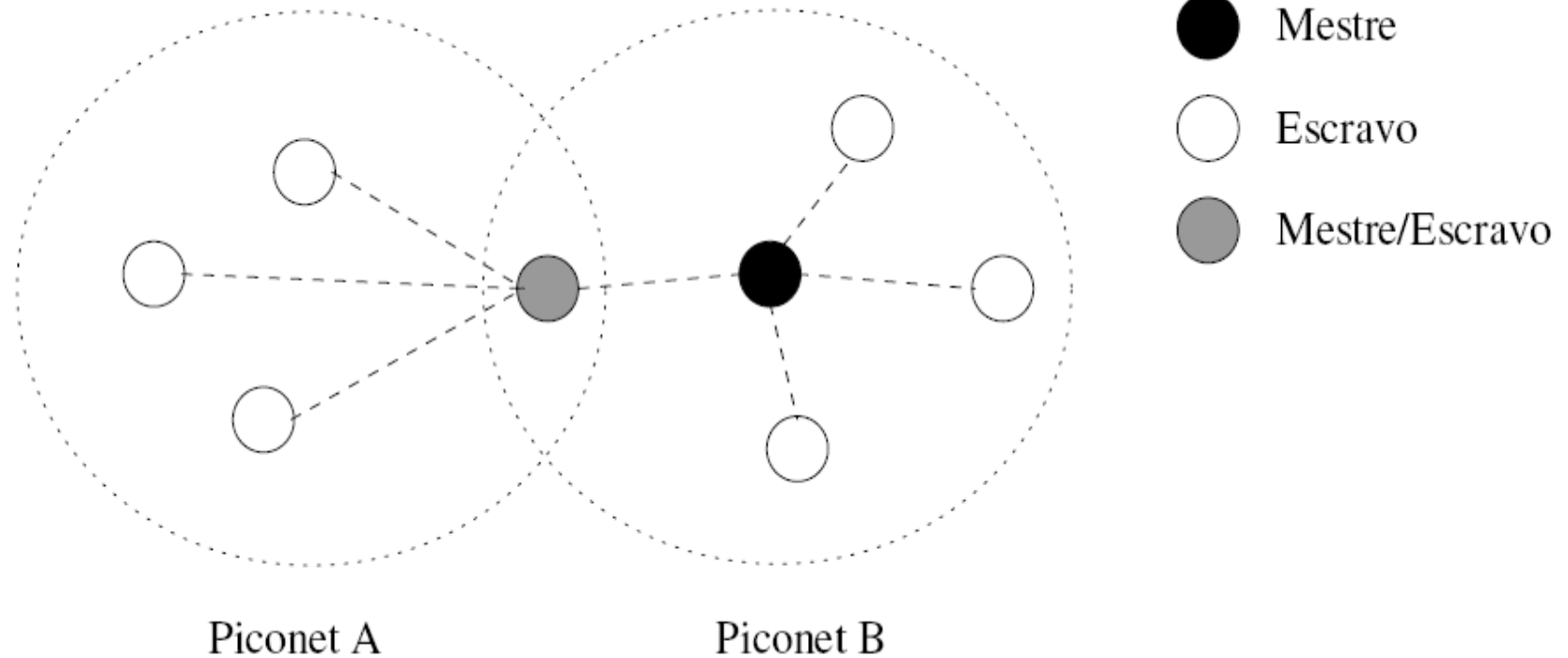
- Formada por um mestre e por escravos (cont.)
 - Escravos
 - Outros dispositivos
 - Até **7 escravos** ativos
 - Suficiente para abrigar
 - » Um computador e seus periféricos
 - » Todos os dispositivos Bluetooth carregados por uma pessoa
 - Podem existir até 255 dispositivos estacionados (inativos)
 - Em um estado de baixa energia
 - Capazes somente de responder a um sinal de ativação ou baliza do mestre

Arquitetura do Bluetooth - Scatternet

- Quantidade máxima de dispositivos ativos limitaria a aplicabilidade das redes Bluetooth
- Rede pode ser estendida através da interconexão de piconets → scatternet
 - Ligação entre a piconets é feita através de nós ponte
 - Ponte pode ser
 - Escravo em todas as piconets
 - Mestre em uma piconet e escravo nas outras
 - Mestre é quem estabelece quais frequências usar

Arquitetura do Bluetooth

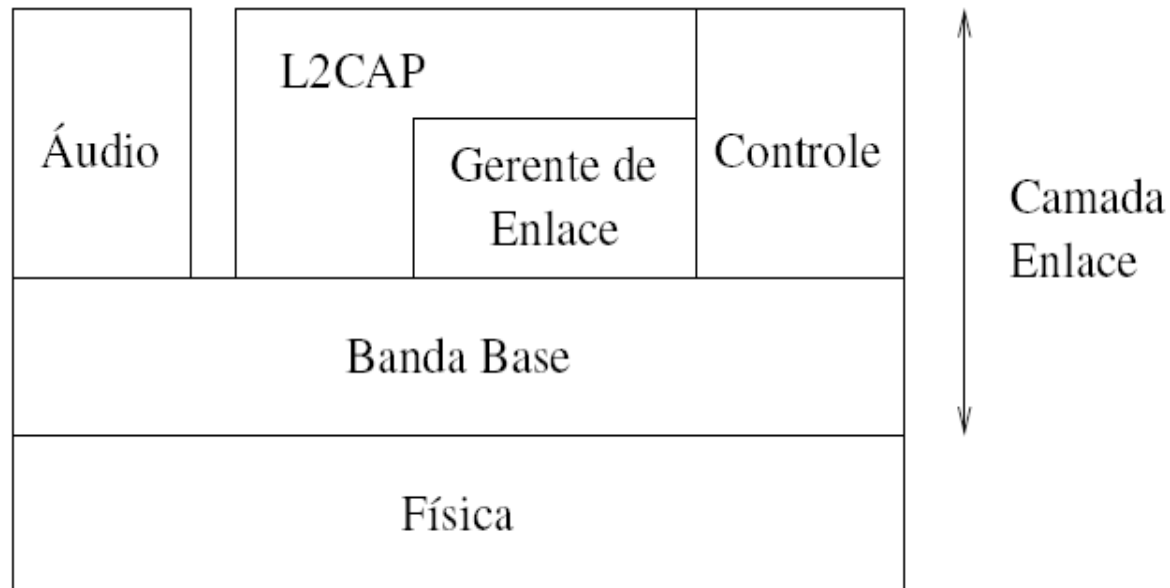
Piconets e Scatternet



Arquitetura de Protocolos do Bluetooth

- Não segue os modelos OSI, TCP/IP ou IEEE 802
- IEEE modificou a arquitetura para adaptá-la melhor ao modelo IEEE 802

Arquitetura de protocolos do IEEE 802.15.1

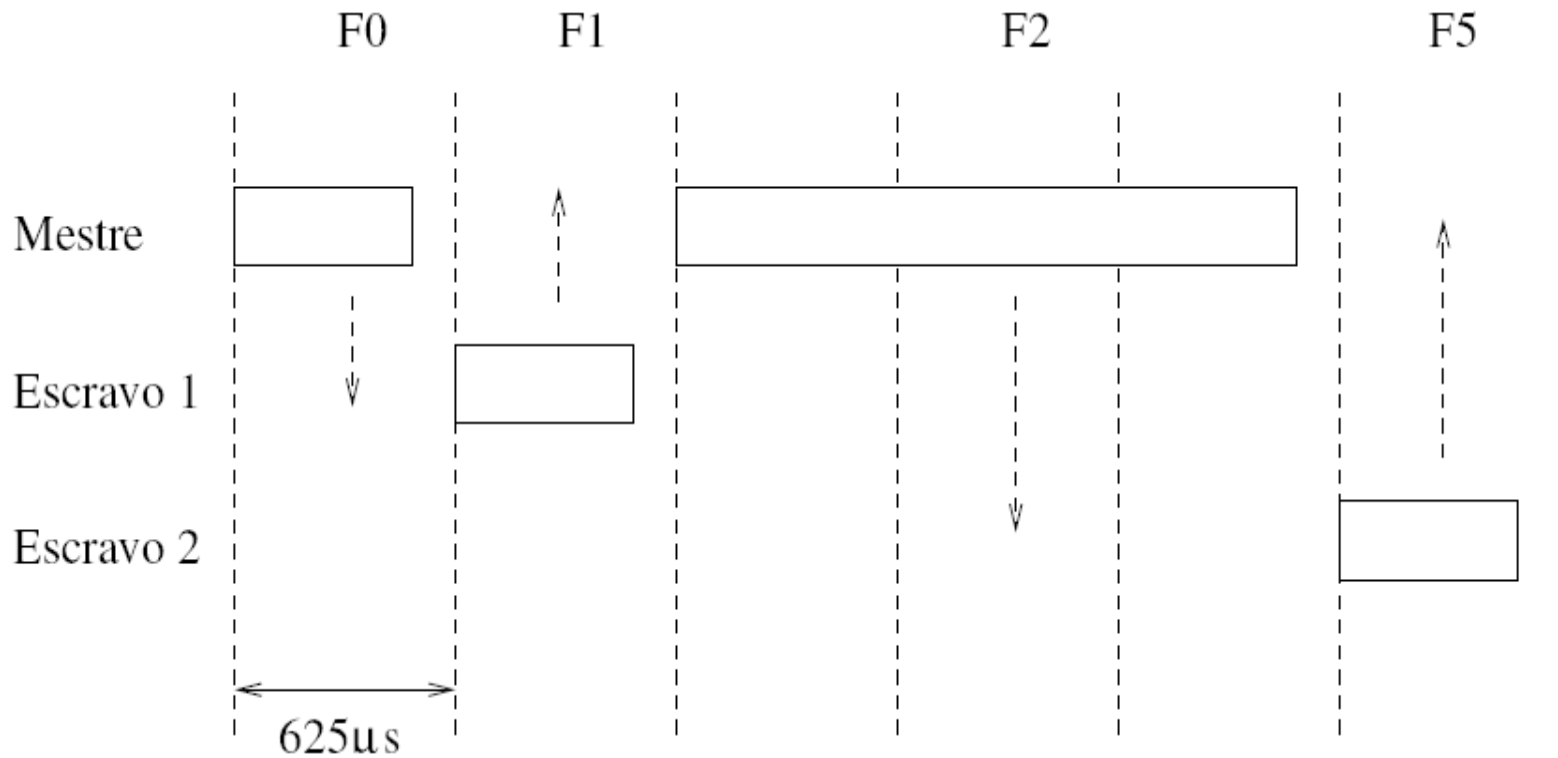


- Provê serviço de dados orientados a conexão e não orientados a conexão com funcionalidades de
 - Multiplexação
 - Segmentação e remontagem
 - Qualidade de serviço
 - Abstração de grupo
 - Usada no endereçamento das piconets
- Permite aos protocolos transmitir e receber pacotes de até 64 kB

- Transmissões do mestre e dos escravos são separadas
 - Duplexação por divisão de tempo (TDD)
 - *Slots* de tempo de 625 μs
 - Mestre de cada piconet começa a transmissão nos *slots* pares
 - Escravos começam a transmitir nos *slots* ímpares
 - Quadros podem ter 1, 3 ou 5 *slots* de duração
 - Dependendo do tipo de quadro
 - Número ímpar para manter a temporização de Tx/Rx

Camada de Banda Base

Exemplo de duplexação por divisão de tempo no Bluetooth



- Banda ISM de 2,4 GHz
 - Regulamentações especificam
 - Espalhamento da energia do sinal transmitido
 - Potência máxima permitida de transmissão

- Potência de transmissão associada a classes
 - Classe 1
 - Potência máxima de saída de 100 mW
 - Alcance típico de 100 m
 - Controle de potência obrigatório
 - Classe 2
 - Potência máxima de saída de 2,4 mW
 - Alcance típico de 10 m
 - Controle de potência opcional
 - Classe 3
 - Potência máxima de saída de 1 mW
 - Alcance típico de 1 m
 - Controle de potência opcional

- Banda dividida em 79 canais de 1 MHz
- Modulação
 - GFSK
 - 1 bit de dados \rightarrow 1 símbolo
 - Taxa física de 1 Mbps
- Usa FHSS
 - Taxa de saltos de 1600 saltos/s
 - Provê resistência a interferências e ao efeito de múltiplos caminhos
 - Serve como uma forma de acesso múltiplo entre dispositivos em diferentes piconets

- Usa FHSS (cont.)
 - Mestre e escravos de uma piconet saltam periodicamente de um canal para outro
 - Em uma sequência pseudo-aleatória
 - Mestre dita a sequência de saltos
 - Definida pela identidade do mestre
 - Podem haver colisões entre diferentes piconets
 - Caso usem a mesma frequência ao mesmo tempo

Bluetooth 2.0

- Compatível com as versões 1.x
- Principal modificação
 - Introdução de um mecanismo chamado EDR
 - *Enhanced Data Rate*
 - Permite que sejam alcançadas taxas de até 3 Mb/s
 - Inclui novos tipos de quadros
 - Usam modulações até 8-DPSK na carga útil
 - » Aumentam a taxa de transmissão em três vezes

Bluetooth 2.1

- Modificações em
 - Segurança
 - Economia de energia

- Bluetooth SIG
 - Intenção de usar UWB (*Ultra Wide Band*) na próxima geração
 - Poderia alcançar as taxas necessárias para o uso de áudio e vídeo em um ambiente domiciliar
- Bluetooth 3.0 e 4.0
 - Até 24 Mb/s

WiMAX

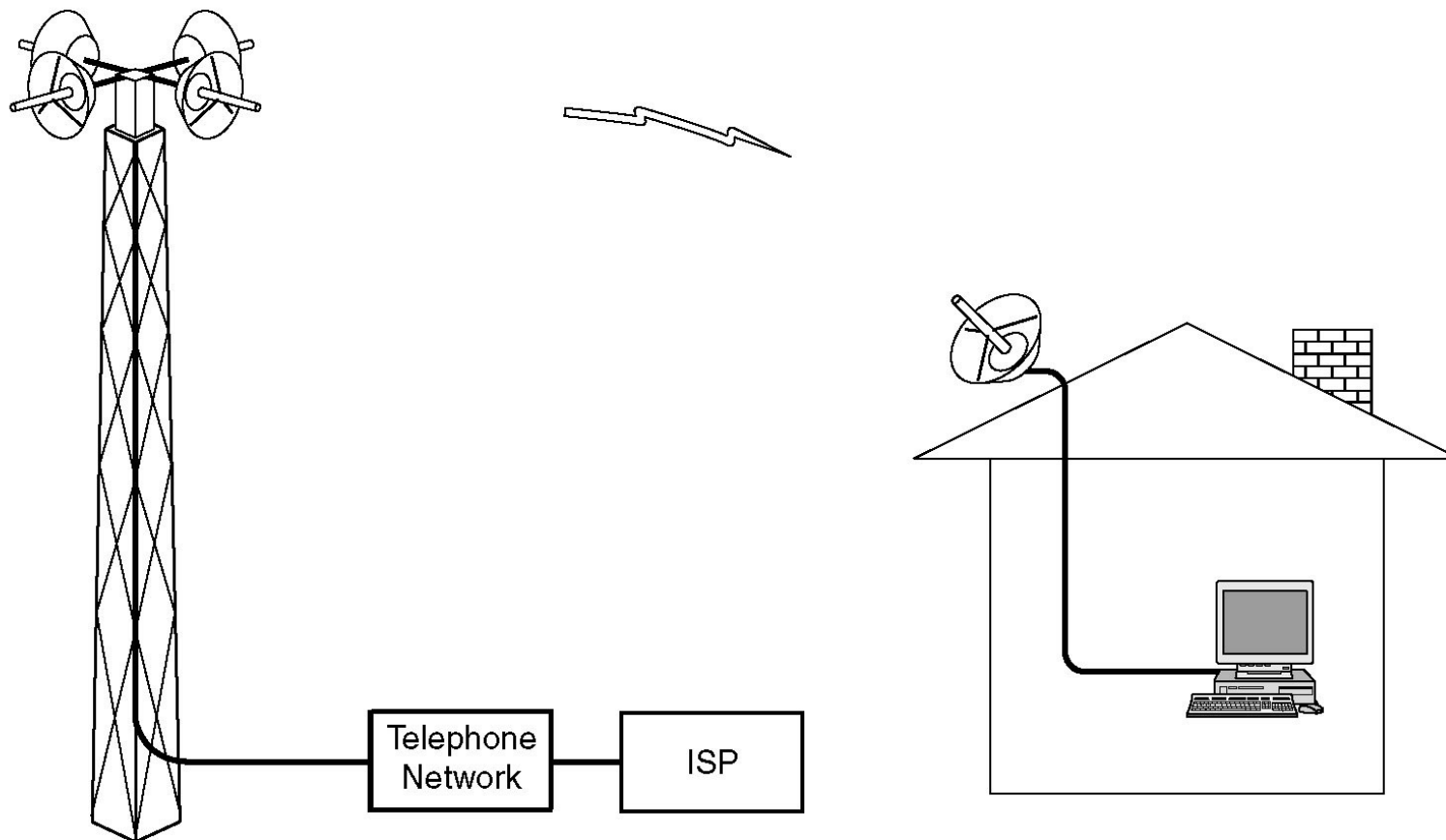
Rede Sem-Fio de Banda Larga

- Privatização dos sistemas de telefonia nos EUA
 - Concorrentes podem prover serviços de voz e Internet de alta velocidade
 - Problema: custo da extensão de cabos de fibra, coaxiais ou de par trançado
 - Solução: rede sem fio de banda larga
 - Estender uma antena em um lugar alto e antenas orientadas nas casas dos clientes é mais fácil e barato
 - LMDS criado para esse fim

Rede Sem-Fio de Banda Larga

- LMDS (*Local Multipoint Distribution Service*)
 - Serviço de distribuição multiponto local
 - *Loop* local sem fio (*Wireless Local Loop* – WLL) de vários megabits/s
 - Criado para prover serviços de
 - Voz
 - Internet
 - Vídeo sob demanda

Arquitetura de um sistema LMDS (fonte: Tanenbaum)



- Banda de 1,3 GHz na faixa de 27,5 a 31,3 GHz
 - Ondas milimétricas são altamente direcionais
 - Cada antena define um setor independente
 - Deve haver uma visada direta entre as antenas
 - Chuva e folhas podem absorver as ondas
 - Deve-se evitar a presença de árvores na linha de visão
 - Pode variar de acordo com a estação do ano
- Alcance de 2 a 5 Km
 - Muitas torres são necessárias para cobrir uma cidade

- Cada concessionária de telecomunicações tinha o seu próprio sistema LMDS
 - Falta de padronização eleva custos de *hardware* e *software* → IEEE definiu o padrão 802.16 (MAN sem fio)
- IEEE 802.16 (2004)
 - Interface aérea para sistemas fixos de acesso sem fio de banda larga (*Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems*)

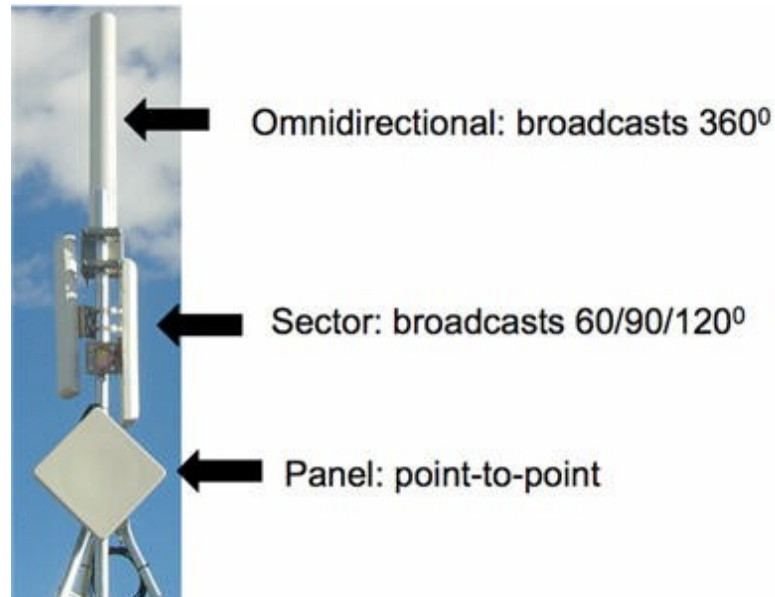
- *Worldwide Interoperability for Microwave Access*
- Aliança formada por mais de 500 membros
 - Intel, Atheros, Motorola, NEC, Samsung, Siemens, TDK e outros
- Objetivo
 - Promover o uso de redes de acesso sem fio de banda larga através de um padrão global
 - Prover a interoperabilidade entre produtos
 - Através da realização de testes
- Testes estão sendo feitos na faixa de 2 a 11 GHz

Arquitetura do IEEE 802.16

- Ponto-a-multiponto (PMP)
 - Infraestruturada
 - Estação base (*Base Station* – BS)
 - Pode estar conectada a outras redes
 - Estações dos assinantes (*Subscriber Stations* – SSs)
 - Comunicação entre a BS e as SSs é ponto-a-multiponto
 - Não há comunicação direta entre as SSs
 - BS coordena toda a comunicação entre a BS e as SSs

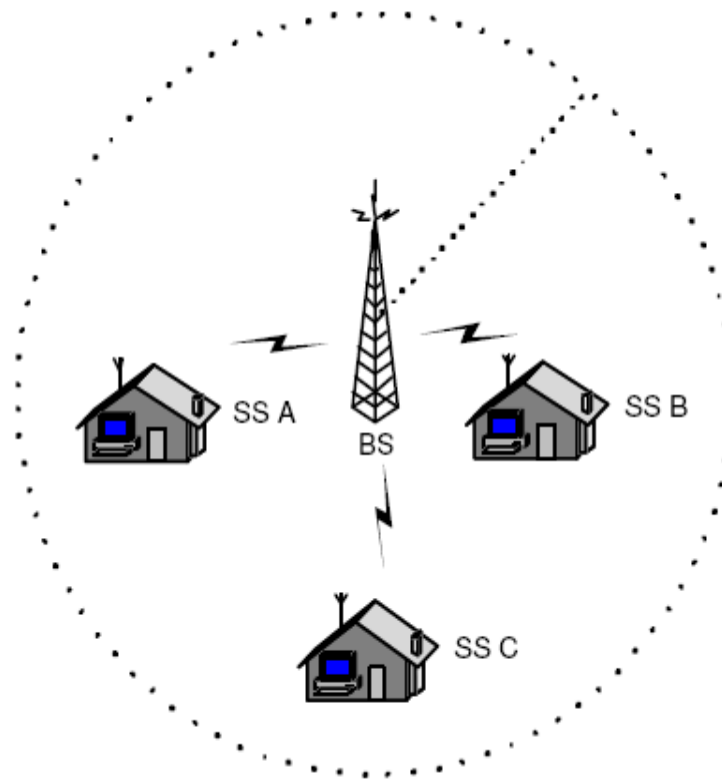
Arquitetura do IEEE 802.16

- Uso de uma estação base
 - Como o IEEE 802.11 e as redes celulares
 - Transmissões para e da estação base para as estações usando antenas omnidirecionais
 - Comunicação entre estações-base → ponto-a-ponto

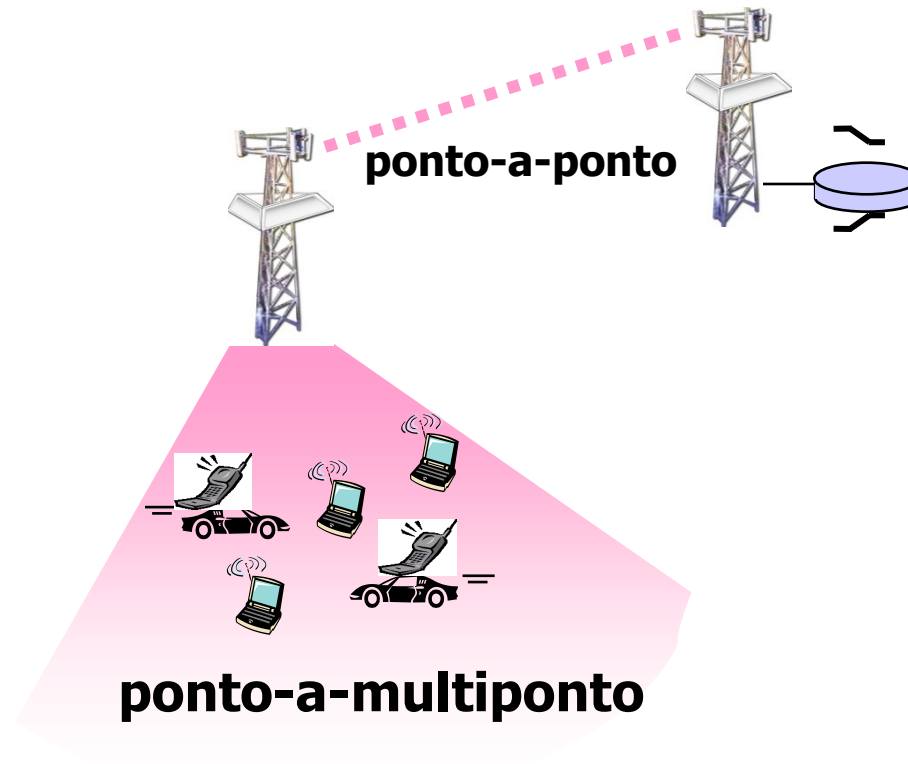


Arquitetura do IEEE 802.16

Uma rede IEEE 802.16 com topologia PMP



Arquitetura do IEEE 802.16

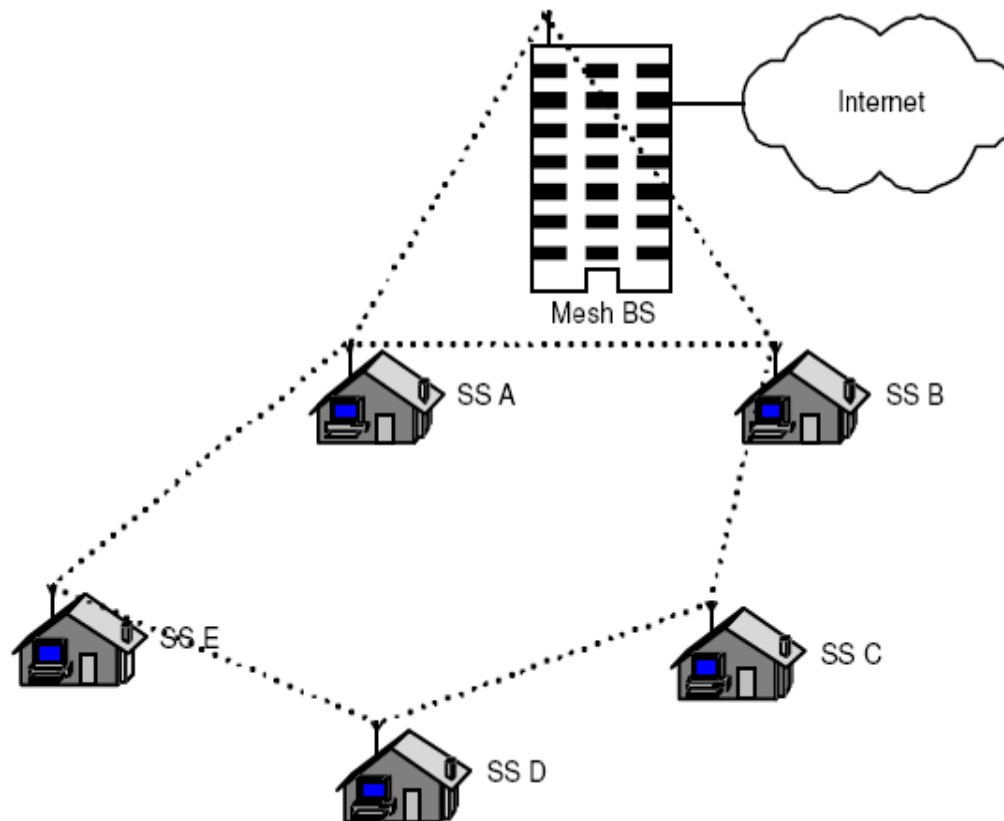


Arquitetura do IEEE 802.16

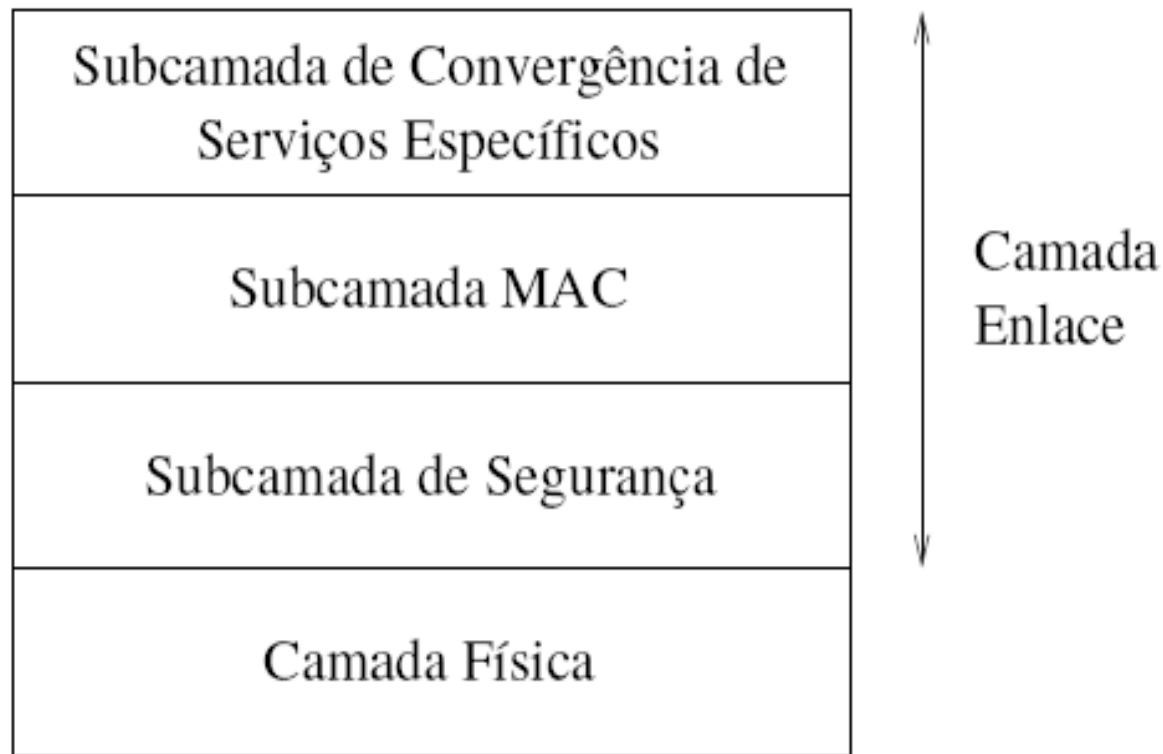
- Topologia em malha (opcional)
 - Faixa de frequências de 2 a 11 GHz
 - SS pode se comunicar com outras SSs diretamente
 - Pode haver comunicação entre estações da rede com outras redes
 - Através da Mesh BS

Arquitetura do IEEE 802.16

Uma rede IEEE 802.16 com topologia em malha



Arquitetura do IEEE 802.16

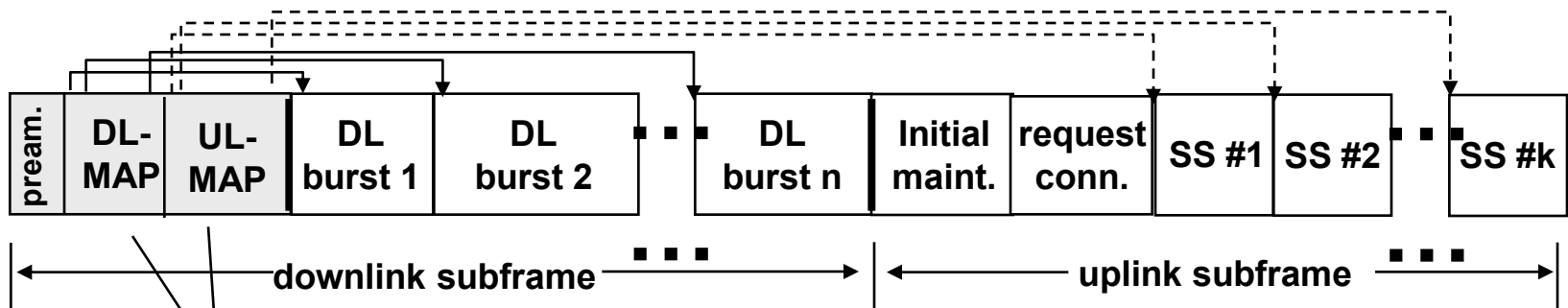


- Responsável pelo gerenciamento de canais usados para transmissão e recepção
- Orientada a conexões
 - Fornecer garantias de qualidade de serviço
 - Identificador de conexão corresponde a um fluxo de serviço
 - Ex. de parâmetros de fluxo de serviço
 - » Atraso máximo aceitável
 - » *Jitter* máximo aceitável
 - » Vazão mínima aceitável
- Difere-se de acordo com a topologia utilizada

Subcamada MAC - PMP

- Comunicações divididas em subquadros *downlink* e *uplink*
 - Subquadro de *downlink*: estação base para um nó
 - Subquadro de *uplink*: nó para uma estação base

Subcamada MAC - PMP

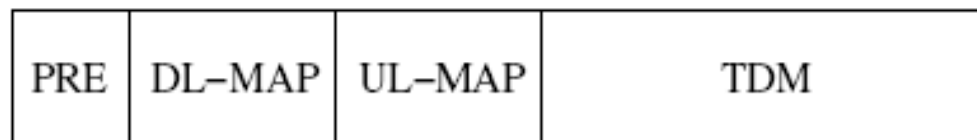


Estação base informa os nós quem irá receber (DL map) e quem irá enviar (UL map) e quando

O padrão WiMAX provê mecanismos para escalonamento, mas não provê algoritmos de escalonamento

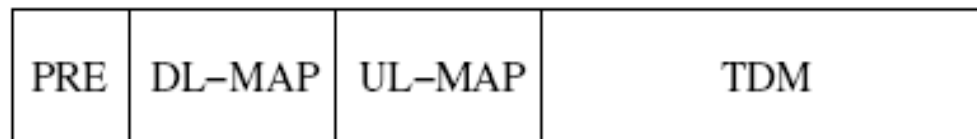
Subcamada MAC - PMP - *downlink*

- Mapas
 - Enviados em difusão
 - Informam quais as transmissões previstas em cada *slot* de tempo e quais *slots* estão livres
- BS decide o que colocar em cada quadro
 - UL-MAP indica as oportunidades de transmissão nas quais as estações podem transmitir
 - Estações enviam solicitações de banda para a BS pedindo oportunidades de transmissão



Subcamada MAC - PMP - *downlink*

- Parte TDM
 - Contém os dados organizados em rajadas (PDUs MAC) com diferentes perfis
 - Consequentemente diferentes
 - Modulação, FEC, comprimento do preâmbulo etc.



IEEE 802.16 vs. IEEE 802.11

IEEE 802.16

- Alcance de quilômetros
 - Uma cidade
- Suporte a mobilidade dado por uma extensão (IEEE 802.16e, 2005)
- Pode utilizar *full-duplex*
- Pode usar uma faixa de frequências de 10 a 66 GHz
 - Maior largura de banda
 - Ondas direcionais
- Suporte nativo a qualidade de serviço

IEEE 802.11

- Alcance de poucas centenas de metros
 - Uma cafeteria
- Suporte nativo a mobilidade
- *Half-duplex*
- Opera geralmente em 2,4 ou 5 GHz
 - Ondas omnidirecionais
- Suporte a qualidade de serviço dado por uma extensão (IEEE 802.11e, 2005)

- Aprovada em dezembro de 2005
- Suporte à mobilidade de usuários na faixa de 2 a 6 GHz
- Três técnicas usadas na faixa de 2 a 11 GHz são empregadas
 - OFDMA estendida para 128, 512 e 1024 subportadoras
- *Handoff* com veículos até 130 Km/h
- Permite que uma SS seja incorporada a computadores portáteis ou assistentes pessoais digitais

- Alguns produtos já lançados
 - Certificação WiMAX
- Intel
 - <http://www.intel.com/technology/wimax/>

Família RedMAX

Estação Base (Fonte: Redline)



- 802.16-2004

Estação do Assinante (Fonte: Redline)



- Indoor
- 802.16-2004

Redes Celulares

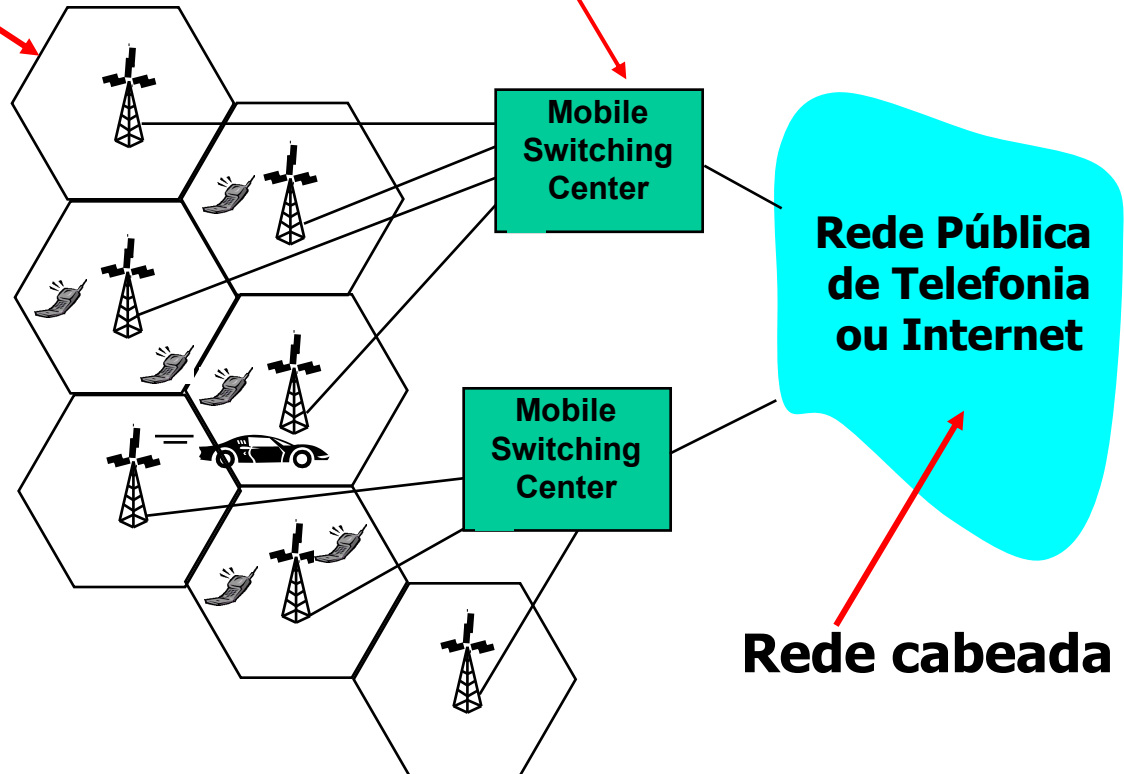
Arquitetura de uma Rede Celular

MSC

- ❑ Conecta as células às redes de longa distância
- ❑ Gerencia o estabelecimento das chamadas e a mobilidade

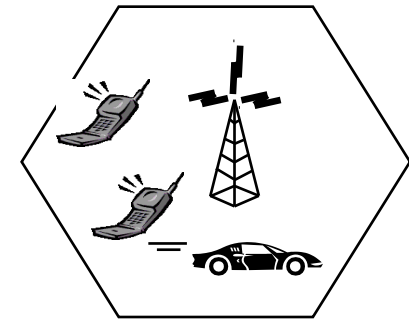
célula

- ❑ Cobre uma região geográfica
- ❑ Estação Base (BS)
 - ❑ Análoga a um AP 802.11
- ❑ Usuário móveis se conectam à rede através das BSs
- ❑ Interface aérea (*air-interface*)
 - ❑ Protocolos das camadas de enlace e física entre usuários e BSs



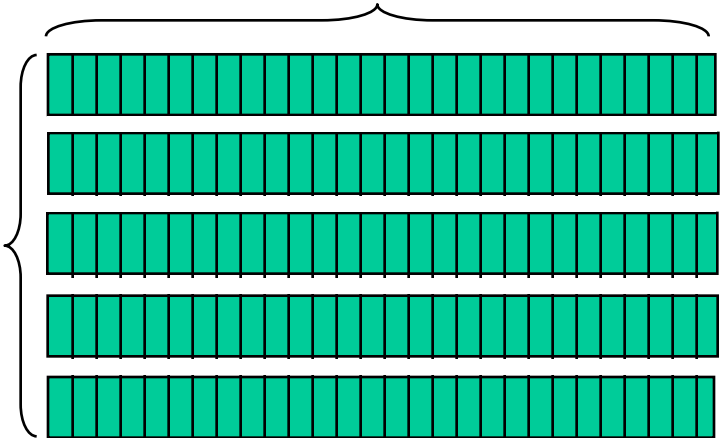
Redes Celulares: o 1o. Salto

- Duas técnicas usadas para compartilhar o espectro de rádio dos usuários e a BS
 - Combinação FDMA/TDMA
 - Divide o espectro em canais de frequência e cada canal em *slots* de tempo
 - CDMA
 - *Code division multiple access*



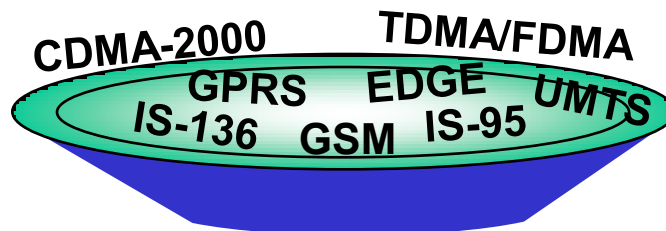
slots de tempo

Bandas de frequência



Redes Celulares: Padrões

- Sistemas 2G: canais de **voz**
 - IS-136 TDMA
 - Combinação de FDMA/TDMA (América do Norte)
 - GSM (*Global System for Mobile communications*)
 - Combinação de FDMA/TDMA
 - Mais empregado
 - IS-95 CDMA (*Code Division Multiple Access*)



“Sopa de letras”

Redes Celulares: Padrões

- Sistemas 2,5G: canais de **voz e dados**
 - Extensão dos sistemas 2G
 - *General Packet Radio Service* (GPRS)
 - Surgiu do GSM
 - Dados enviados em múltiplos canais (se disponíveis)
 - *Enhanced Data rates for Global Evolution* (EDGE)
 - Também surgiu do GSM → usa modulações aprimoradas
 - Taxas de transmissão de até 384 Kb/s
 - CDMA-2000 (Fase 1)
 - Taxas de transmissão de até 144 Kb/s
 - Surgiu do IS-95 CDMA

- Sistemas 3G: canais de **voz e dados**
 - *Universal Mobile Telecommunications Service* (UMTS)
 - Serviço de dados: High Speed Uplink/Downlink packet Access (HSDPA/HSUPA)
 - Até 3 Mb/s
 - CDMA-2000: CDMA em *slots* TDMA
 - Serviço de dados: 1xEvolution Data Optimized (1xEVDO)
 - Até 14 Mb/s
 - *Long Term Evolution* (LTE)
 - Evolução do UMTS
 - LTE-Advanced → candidato ao padrão 4G

Aula 10

Redes Sem-Fio e Mobilidade

Bluetooth, WiMAX e Redes Celulares

Igor Monteiro Moraes
Redes de Computadores II