

LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO DO RIO GRANDE DO
NORTE
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

REDE 3G (WCDMA), SERVIÇOS E SUPORTE À QoS

Tiago dos Santos Bezerra

NATAL/RN

2009

TIAGO DOS SANTOS BEZERRA

REDE 3G (WCDMA), SERVIÇOS E SUPORTE À QoS

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Sistemas de Informação da Faculdade Natalense para o Desenvolvimento do Rio Grande do Norte como requisito para obtenção do grau de Bacharelado em Sistemas de Informação.

Orientador:

MSc. Aluizio Ferreira da R. Neto

NATAL/RN

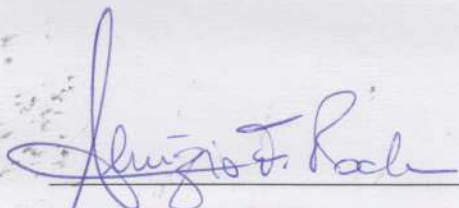
2009

**LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO DO RIO GRANDE DO
NORTE
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

REDE 3G (WCDMA), SERVIÇOS E SUPORTE À QoS

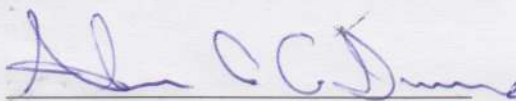
Tiago dos Santos Bezerra

Monografia apresentada e aprovada em ____ de Dezembro de 2009, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros.



Aluizio Ferreira da R. Neto, MSc.

Orientador



Membro examinador

Membro examinador

Natal/RN, ____ de Dezembro de 2009.

Dedico este trabalho ao meu irmão Bruno Henrique Bezerra (in memoria). À minha mãe Silvana por ter me orientado a trilhar a batalha da vida, a minha esposa Valéria pela paciência e por ter acreditado em mim, ao meu pai Ivanildo e aos meus dois queridos irmãos Ivan e Vinicius.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter proporcionado a minha participação e sucesso neste projeto.

Aos meus pais por terem me ensinado que a vida não é fácil e que nunca devemos desistir dos nossos objetivos.

A minha esposa por ter me dado força e demonstrado muita paciência nos momentos mais difíceis.

Ao Prof. Aluizio Rocha por ter me orientado na construção deste trabalho e Prof. Gleydson Lima pelas boas sugestões.

Aos amigos pelo apoio e incentivo.

E por fim aos colegas da minha turma que lutaram juntamente comigo durante toda a graduação.

RESUMO

Esta monografia apresenta informações sobre a evolução da telefonia móvel celular. Aborda o funcionamento geral da rede 3G UMTS (*Universal Telecommunications System*). Exemplifica e demonstra tecnologias e serviços oferecidos pela rede WCDMA e seu uso no cotidiano de empresas e profissionais. Relata um teste comparativo das velocidades de acesso entre as tecnologias 2.75G - EDGE e 3G - HSDPA. Mostra algumas características e requisitos de suporte à QoS (*Quality of Services*) nas redes WCDMA. O objetivo do tema de estudo proposto destina-se a reunir informações gerais e específicas de fontes distintas e relacionadas aos serviços implementados pelas redes WCDMA e a utilização de QoS para garantir a qualidade dos serviços oferecidos. Traz a possibilidade de desenvolvimento de temas em pesquisas futuras.

Palavras-chaves: UMTS, WCDMA, EDGE, HSDPA, SERVIÇOS e QoS.

ABSTRACT

This monograph presents information on the evolution of mobile telephony. It addresses the overall operation of 3G UMTS (*Universal Telecommunications System*). It exemplifies and demonstrates technologies and services offered by the WCDMA network and its use in everyday business and professionals. Reports a comparative test of access speeds between technologies 2.75G EDGE and 3G HSDPA A. It shows some characteristics and requirements to support QoS (*Quality of Services*) in WCDMA networks. The objective of the proposed subject of study is intended to meet general and specific information from disparate sources and related services implemented by WCDMA networks and the use of QoS to ensure the quality of services offered. It brings the possibility of developing issues in future research.

Palavras-chaves: UMTS, WCDMA, EDGE, HSDPA, SERVICES e QoS.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	15
1.1.1	Objetivos Específicos	15
1.2	JUSTIFICATIVA	15
2	EVOLUÇÃO DA TELEFONIA CELULAR	17
2.1.1	Métodos de acessos múltiplos FDMA, TDMA e CDMA	19
2.2	REDES CELULARES 2G, 2.5G E 2.75G (GSM, GPRS E EDGE)	21
2.3	GSM (<i>Global system Mobile</i>) 2G	22
2.3.1	Método de acesso TDMA no GSM	23
2.3.2	Interface aérea no GSM	24
2.3.3	Arquitetura Geral da Rede GSM	25
2.4	REDE CELULAR 2.5G (<i>GPRS - GENERAL PACKET RADIO SERVICES</i>)	28
2.4.1	Arquitetura Geral GPRS	29
2.5	REDE CELULAR 2.75G EDGE (<i>ENHANCED DATA RATES FOR GSM EVOLUTION</i>)	31
2.6	REDES CELULARES DE 3 ^a GERAÇÃO (3G)	32
2.6.1	Padronização de requisitos para redes 3G	32
2.7	UMTS (<i>Universal Telecommunications System</i>)	34
2.7.1	Arquitetura UMTS	35
3	APLICAÇÕES DAS REDES 3G (WCDMA)	37
3.1	SERVIÇOS IMPLEMENTADOS	37
3.1.1	Serviços comutados por circuitos	38
3.1.1.1	Voz	38
3.1.1.2	Vídeo Telefonia	39
3.1.2	Serviços comutados por pacotes	41
3.1.2.1	Imagens e Multimídia	41
3.1.2.2	Voz sobre IP (VoIP)	43
3.1.2.3	Jogos	44
3.2	HSPA (<i>HIGH SPEED PACKET ACCESS</i>)	44
3.2.1	Aplicações para usuários que utilizam HSPA (<i>High Speed Packet Access</i>)	46
3.2.2	Dispositivos móveis para uso do HSPA (<i>High Speed Packet Access</i>)	48
4	SUPORTE À QoS (UMTS-WCDMA)	50
4.1	DEFINIÇÃO DE CLASSES DE TRÁFEGO NO UMTS	51
5	TAXA DE TRÁFEGO DE DADOS EDGE e WCDMA (HSDPA)	54
5.1	TESTE DE TAXA DE TRÁFEGO DE DADOS UTILIZANDO EDGE	54
5.2	TESTE DE TAXA DE TRÁFEGO DE DADOS WCDMA (HSDPA)	55
6	UTILIZAÇÃO DA REDE WCDMA NO DIA-DIA	57
7	CONCLUSÃO	60
7.1	PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Taxas por tecnologia.....	46
Tabela 2: Categorias dos dispositivos Móveis HSDPA.	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Células no sistema celular AMPS. Fonte: BOROS, 2005	18
Figura 2: FDMA - <i>frequency division multiple access</i> . Fonte: PIRTIAHO, 2001	20
Figura 3: TDMA - <i>Time Division Multiple Access</i> . Fonte: PIRTIAHO, 2001	20
Figura 4: CDMA - <i>Code Division Multiple Access</i> . Fonte: PIRTIAHO, 2001	20
Figura 5: Fases do GSM cronologicamente. Fonte: LUNARDON, 2006	23
Figura 6: Alocação de usuários em TDMA. Fonte: KAARANEN, 2005	24
Figura 7: Quadro TDMA. Fonte: GTA, 2009	25
Figura 8: Arquitetura PLMN. Fonte: TUDE, 2003	26
Figura 9: Células de rádio. Fonte: LUNARDON, 2006	27
Figura 10: Arquitetura GPRS. Fonte: TUDE, 2003	30
Figura 11: Evolução das redes celulares. Fonte: LUNARDON, 2006	33
Figura 12: Estrutura FDD. Fonte: CONNIQ	34
Figura 13: Estrutura TDD. Fonte: CONNIQ	34
Figura 14: Arquitetura da Rede UMTS. Fonte: KAARANEN, 2005	36
Figura 15: Desenvolvimento dos serviços para IP. Fonte: HOLMA e TOSKALA, 2004	37
Figura 16: Escopo da Rec.H.324. Fonte: HOLMA e TOSKALA, 2004	40
Figura 17: Serviços de vídeo PS. Fonte: HOLMA e TOSKALA, 2004	43
Figura 18: Categorias de jogos multiplayer. Fonte: HOLMA e TOSKALA, 2004	44
Figura 19: Fatores de influência nos serviços do WCDMA Release 99. Fonte: Ericsson	48
Figura 20: Arquitetura Bearer Service UMTS. Fonte: HOLMA e TOSKALA, 2004	51
Figura 21: Parâmetros das classes QoS UMTS. Fonte: HOLMA e TOSKALA, 2004	52
Figura 22: Características e serviços das classes QoS UMTS. Fonte: KAARANEN, 2005	52
Figura 23: Teste de acesso tecnologia EDGE	55
Figura 24: Teste de acesso tecnologia HSDPA	56

LISTA DE ABREVIATURAS

1G – Primeira Geração

2.5G – Geração Dois e Meio

2G – Segunda Geração

3G – Terceira Geração

3GPP – Third Generation Partnership Project

AuC – Authentication Center

AMPS – Advanced Mobile Phone Service

AMR – Adaptive Multirate (AMR)

API – Application Programming Interface

ARQ – Automatic Repeat Request

AT&T - American Telephone and Telegraph

BS – Base Station

BSC – Base Station Controller

BSS – Base Station System

BTS – Base Transceiver Station

CDMA – Code Division Multiple Access

CDMA2000 – Code Division Multiple Access 2000

CEPT – Conference of European Postal and Telecommunications

CN – Core Network

CS – Circuit Switch

D-AMPS – Digital - Advanced Mobile Phone System

DAP – Download Accelerator Plus

DCS – Digital Cellular System

DCS1800 – Digital Cellular System 1800 MHz

DECT - Digital Enhanced Cordless Telecommunications

DS-CDMA – Direct Sequence - Code Division Multiple Access

HS-DSCH – High Speed Downlink Shared Channel

DTX – Discontinues of transmission

EDGE – Enhanced Data rates for GSM Evolution

EIR – Equipment Identification Register

ERP – Enterprise Resource Planning

ETSI – European Telecommunications Standards Institute

FDD – Frequency Division Duplex
FDMA – Frequency Division Multiple Access
FTP – File Transfer Protocol
GGSN – Gateway GPRS Support Node
GPRS – General Packet Radio Service
GSM – Global System for Mobile Communication
GSM900 – Global System for Mobile Communication 900 MHz
HLR – Home Location Register
HSPA – High Speed Packet Access
HSDPA – High Speed Downlink Packet Access
HSUPA – High Speed Uplink Packet Access
IMEI – International Mobile Equipment Identify
IMT-2000 – International Mobile Telecommunications-2000
IP – Internet Protocol
IS-95 – Interim Standard-95
IS-136 – Interim Standard-136
IS-641 – Interim Standard-141
ITC – Intervalo de tempo de canal
ITU – International Telecommunication Union
ME – Mobile Equipment
MGW – Media Gateway
MMS – Multimedia Message
MPEG-4 – Motion picture experts group
MS – Mobile Station
MSC – Mobile Switching Center
MSS – Media Server Signaling
NMT – Nordic Mobile Telephony
NodeB – Nó B
PCS – Personal Communication System
PCS1900 – Personal Communication System 1900 MHz
PCU – Processor Center Unit
PDA – Personal Digital Assistant
PDC – Personal Digital Cellular
PDN – Packet Data Network

PLMN – Public Land Mobile Network

PS – Packet Switch

PSTN – Public Switched Telephone Network

QoS – Qualidade de Serviço

QPSK – Quadrature PSK

16QAM – 16 Quadrature Amplitude Modulation

RF – Radio Frequência

RNC – Radio Network Controller

SGSN – Serving GPRS Support Node

SID – Silence Descriptor

SIM – Subscriber Identity Module

SIP – Session Initiation Protocol

SMS – Short Message Service

SS7 – common channel Signaling System No. 7

TACS – Total Access Communication System

TDD – Time Division Duplex

TDMA – Time Division Multiple Access

TD-SDCMA – Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access

TTI – Transmission Time Interval

UMTS – Universal Mobile Telecommunications Systems

USIM – Universal Subscriber Identity Module

UTRA – Universal Terrestrial Radio Access

UTRAN – Universal Terrestrial Radio Access Network

VAD – Voice detector activates

VLR – Visitor Location Register

VOIP – Voz sobre IP

WCDMA – Wideband Code Division Multiple Access

WLL – Wireless Local Loop

1 INTRODUÇÃO

A Telefonia Celular está fortemente presente no nosso dia-dia. Hoje no Brasil existem mais linhas móveis do que linhas fixas. Ao contrário do que ocorre na telefonia fixa, a telefonia celular passou-se a ter como alternativa um pequeno aparelho portátil que pode receber ou fazer chamadas, em movimento e de praticamente qualquer lugar onde esteja. A modalidade da Telefonia Celular essencial na vida moderna. Mobilidade, altas taxas de transmissão e terminais móveis cada vez sofisticados vêm se tornando grandes aliados para a praticidade na vida pessoal e também no mundo global dos negócios.

Em paralelo ao grande crescimento da internet, a rede mundial de computadores que se apresenta hoje como uma ferramenta bastante difundida, as redes celulares também apresentaram um grande crescimento e evolução neste cenário onde as pessoas já sentiam a necessidade de aumento das taxas de velocidade para navegação na internet. O foco da telefonia celular até o momento, era prover serviço apenas de voz. No primeiro momento a telefonia fixa foi primeira quem proporcionou as maiores taxas de navegação na internet para atender a esse grande crescimento de navegadores na internet, em seguida com o aumento do número de usuários utilizando terminais móveis (*Notebooks, iPhones, Smart Phones* etc.), logo veio a necessidade do uso da mobilidade com as altas taxas de navegação que tem como suporte em telefonia celular a transmissões de dados por pacotes.

Tendo em vista este cenário, surgem as redes de telefonia celular de terceira geração (3G) que chegam com transmissão de dados por pacotes de alta velocidade, garantia da qualidade de serviço (QoS) e suas aplicabilidades. Tem por objetivo oferecer mobilidade, qualidade e facilidade de acesso rápido para os usuários de internet e sistemas que possibilitam acessos remotos. Esta monografia abordará uma breve evolução dos sistemas celulares (seção 2), uma visão geral do sistema de terceira geração com o padrão UMTS (*Universal Telecommunications System*) (seção 2.6), explanação de serviços oferecidos pelas redes WCDMA (seção 3), suporte à QoS (seção 4), teste de taxa de tráfego dados em acesso a internet com as tecnologias EGDGE (2.75G) HSDPA (WCDMA-3G) (seção 5) e exemplos de utilização no cotidiano dos profissionais e empresas (seção 6).

1.1 OBJETIVOS

Apresentar o processo evolutivo das redes de telefonia celular, proporcionar o conhecimento de forma geral do funcionamento do sistema das redes de terceira geração (3G), explicar os serviços que a rede WCDMA pode oferecer, mostrar o funcionamento do suporte à QoS, verificar a eficiência de tráfego de dados de duas tecnologias de rede móvel celular e citar exemplos de utilização práticas funcionando em empresas e algumas áreas profissionais.

1.1.1 Objetivos Específicos

Apresentar as primeiras técnicas de telefonia sem fio até as tecnologias de utilizadas em telefonia celular, mostrando a evolução de forma breve e cronológica;

Realizar estudo geral do funcionamento do sistema de Telefonia de terceira geração (3G) com o padrão UMTS (*Universal Telecommunications System*);

Realizar uma explicação dos serviços que uma rede WCDMA oferece;

Mostrar o funcionamento e importância do suporte à QoS utilizados nas redes WCDMA;

Testar a taxa de acesso das tecnologias EDGE e HSDPA realizando um download e executando vídeo simultaneamente na Web;

1.2 JUSTIFICATIVA

A revisão dos estudos relacionados a rede de 3^a Geração, divulga um tema recente no Brasil e que tem um número limitado de fontes de pesquisas escritas na língua portuguesa, a maior parte dessas fontes para pesquisa sobre o assunto, estão escritas na língua inglesa.

Informações relacionadas aos serviços oferecidos pelas redes WCDMA estão em sua maioria disponíveis apenas em fontes dispersas, tendo a necessidade de unir vários pontos em um único trabalho de pesquisa.

A realização da pesquisa identifica a importância do suporte à QoS em redes WCDMA, justifica-se sua relevância no que diz respeito a garantia de qualidade e melhor aproveitamento dos serviços oferecidos. Traz rapidez, comodidade e êxito em aplicações que utilizam este tipo de rede.

O teste de taxa de acesso traz informações suficientes para escolha de qual tecnologias utilizar em aplicações que necessitam tráfego de dados de boa performance.

À proporção que se utiliza a tecnologia de rede 3G em aplicações computacionais já existentes, surgem novas formas de aplicá-lo em rotinas contribuindo sempre para o melhor desempenho.

2 EVOLUÇÃO DA TELEFONIA CELULAR

Segundo Fernandes, Oliveira e Soares (2004), ao pensarmos em modernidade ou em algum bem recente, podemos facilmente associar esses pensamentos aos nossos aparelhos de telefone celular, porém, isto são resultados de passos tecnológicos bem antigos e com mais de um século, isso sem levar em conta a necessidade de comunicação que chega a ser confundida com o surgimento do homem no planeta terra.

Segundo Fernandes, Oliveira e Soares (2004), a primeira tentativa de comunicação com terminais sem fio, foi em junho de 1880, quando Alexandre Graham Bell conseguiu transmitir a voz utilizando-se da luz com um aparelho chamado de "Photophone". Resumindo, a voz era projetada por meio de um tubo para um espelho fino que vibrava e servia como um transmissor, a luz era direcionada para outro espelho que fazia o processo inverso agindo como receptor. Embora não relacionado à telefonia móvel que conhecemos atualmente, a experiência de Graham Bell pode ser considerada como a primeira tentativa de transmissão da voz sem fio.

Segundo Fernandes, Oliveira e Soares (2004), posteriormente vários sistemas de comunicação sem fio surgiram, sistemas de paging e os telefones sem fio (CT-1 \CEPT-1. CT-2. CT-3\DECT) também experimentos na área de microondas e rádio apareceram no início do século passado relacionados com os serviços militares, emergência e polícia.

Em 1946 nos Estados Unidos, a AT&T criou o primeiro sistema rádio móvel a se comunicar com a rede de telefonia fixa pública. O IMTS (*Improved Mobile Telephone Service*) era basicamente um transmissor de alta potência com um sistema de células que cobriam uma extensa área e possuía dois canais para cada usuário permitindo assim comunicação full-duplex. Um canal para transmitir e outro para receber simultaneamente. Usava cerca de 23 canais entre as faixas de 150 e 450Mhz.

Em 1968 nos Estados Unidos, a Bell Labs propôs um sistema celular composto de várias torres de transmissão, onde cada uma cobria uma célula de alguns quilômetros. Utilizando algumas das frequências disponíveis, em 1969, a Bell System lançou o primeiro sistema comercial com reuso de frequências, porém, não foi considerado um sistema portátil pelo fato dos aparelhos de telefone estar instalado em um trem que realizava o trajeto Nova York – Washington. Os Estados Unidos não

foram os primeiros a lançarem o primeiro sistema de telefonia comercial de celular, em 1979, o Japão lançou em Tóquio o primeiro sistema de telefonia celular que se chamava de MSC-L1 e era similar ao AMPS (*Advanced Mobile Phone Service*) criado pela Bell Labs.

Criado em 1979, o sistema AMPS sistema de primeira geração de redes celulares (1G), entrou em operação nos Estados Unidos e somente em 1983 e tornou-se o sistema analógico dominante a nível mundial que serviu de base para os demais sistemas analógicos como o TACS (*Total Access Communication System*) no Reino Unido também da primeira geração de redes celulares (1G).

Diferentemente do sistema IMTS, com células que cobriam uma grande área, o AMPS utilizava células de 10 a 20 km e permitia reuso das frequências disponíveis em células não vizinhas. Como as células eram menores para cobrir áreas pequenas, era possível utilizar transmissores também menores e com menor custo. A figura 1 mostra um célula do sistema AMPS.

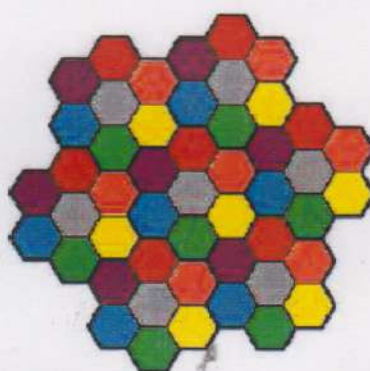


Figura 1: Células no sistema celular AMPS. Fonte: BOROS, 2005

As células verdes identificam grupos de frequências que podem ser reutilizadas.

Pode ser usar células menores, porém, isso faz precisão de uma maior coordenação entre cada uma das células de suas respectivas estações rádio base. Ocorre também um aumento da probabilidade de mudança de célula de um terminal móvel, causando realocação de circuitos e ocorrendo um problema conhecido como *handoff*.

As redes celulares de 1^a geração eram comutadas por circuitos e analógicas, as redes de 2^a geração (2G) também usam comutação por circuitos, mas utilizam tecnologias digitais. As redes de gerações 2.5 e 2.75 possibilitam plena interação com

as redes da 2^a Geração, com a diferença de utilizar comutação por pacotes oferecendo serviços de dados em adição aos de voz.

As redes celulares de 3^a geração (3G) surgiram com comutação por circuitos para tráfego de voz e comutação por pacotes para tráfego de dados. Estas redes representam uma evolução em termos de capacidade, taxa de transmissão de dados e um acréscimo de novos serviços e facilidades em relação às redes de 2^a Geração.

2.1.1 Métodos de acessos múltiplos FDMA, TDMA e CDMA

Mesmo não sendo o foco deste trabalho, mas com o objetivo de facilitar o entendimento do funcionamento de uma rede de celular de 3^a Geração, será feita uma introdução de alguns conceitos básicos dos principais sistemas de telefonia móveis. “O acesso múltiplo é capacidade de uma tecnologia processar várias chamadas simultâneas na mesma frequência.” (Müller, 2008, p.75)

Nos sistemas celulares vários usuários compartilham a mesma faixa de frequência para originar e receber chamadas.

FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) é utilizado nas redes celulares analógicas de 1^a geração (1G) se baseia em multiplexação por divisão de frequências consistindo de chamadas realizadas simultaneamente e em paralelo, usam canais de frequências distintos.

TDMA (*Time Division Multiple Access*) usado nas redes celulares digitais da 2^a Geração (2G) é baseado em multiplexação por divisão do tempo, as chamadas podem ser feitas usando-se a mesma frequência, porém, em espaços de tempo distintos.

CDMA (*Code Division Multiple Access*) é mais avançada, utilizada nas redes celulares de 2^a e 3^a Gerações, as chamadas são simultâneas e podem usar as mesmas frequências durante todo o intervalo de tempo, mas são tratadas por códigos inseridos diferentes o que as distinguem umas das outras.

As figuras 2,3 e 4 mostram os esquemas das três tecnologias de acesso múltiplo.

O FDMA utiliza frequências diferentes cada usuário. Ver na figura 2.



Figura 2: FDMA - *frequency division multiple access*. Fonte: PIRTTIAHO, 2001

O TDMA utiliza um time slot para cada usuário. Ver figura 3.

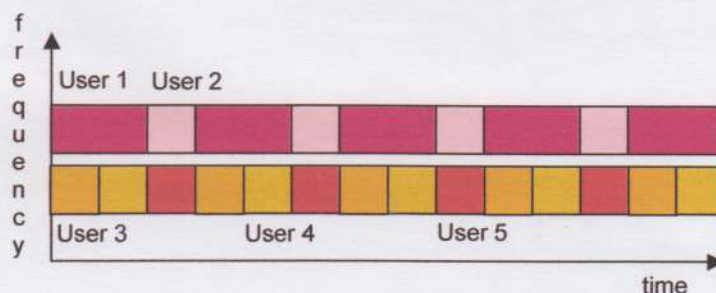


Figura 3: TDMA - *Time Division Multiple Access*. Fonte: PIRTTIAHO, 2001

O CDMA cada usuário utiliza um código na mesma frequência. Ver figura 4.

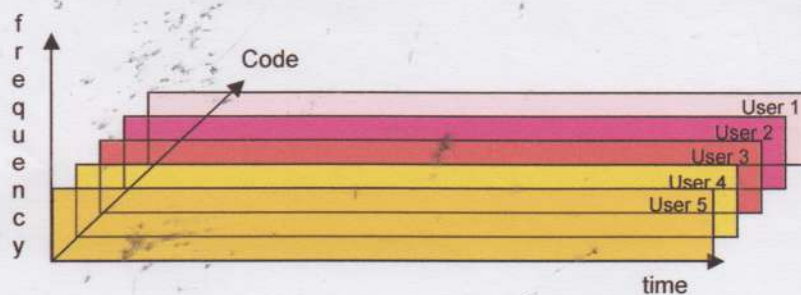


Figura 4: CDMA - *Code Division Multiple Access*. Fonte: PIRTTIAHO, 2001

2.2 REDES CELULARES 2G, 2.5G E 2.75G (GSM, GPRS E EDGE)

Segundo Souza e Tude (2007), O GSM é um padrão digital de segunda geração desenvolvido na Europa para substituir os padrões analógicos existentes no continente, originalmente foi chamado de Groupe Special Mobile.

Para Souza e Tude (2007), As redes de 2^a Geração (2G) são basicamente três: TDMA (Padrão IS-136) que é um padrão digital americano que substituiu o AMPS (Analógico), CDMAone (Padrão IS-95) criado nos Estados Unidos, padronizou os sistemas celulares digitais de segunda geração conhecidos popularmente como CDMA (*Code Division Multiple Access*) e o GSM (*Global System for Mobile Communications*) que é baseado em TDMA.

Segundo Melo Filho (2001), outras tecnologias também baseadas em TDMA são elas:

- D-AMPS (*Digital-Advanced Mobile Phone System*) e a evolução do AMPS empregada nos EUA que ficou conhecida como padrão IS-54, mantendo compatibilidade com o sistema analógico do AMPS operando na faixa de 800 MHz (faixa que inicia em torno dos 800 MHz).
- Personal Digital Cellular (*PDC*), padrão japonês, que opera nas faixas de 800 e 1500 MHz.

Segundo Sverzut (2005), na Europa antes de 1980, o mercado de Telefonia Celular era caracterizado por vários padrões analógicos incompatíveis, como por exemplo, o TACS (*Total Access Communication System*) e NMT (*Nordic Mobile Telephony*), tendo um cenário em que os serviços eram limitados aos seus próprios países.

Para Sverzut (2005), diante de tal cenário, as autoridades Européias implementaram as seguintes decisões:

- Em 1982, duas bandas de frequências: 890 até 915Mhz e 935 até 960Mhz, que foram disponibilizadas para uso de sistemas celulares.
- Em 1985, decisão de implantar um sistema digital. O próximo passo seria decidir entre os sistemas Wideband (banda larga) ou Narrowband (banda estreita).

Em 1987, ficou decidido pelo comitê europeu que a tecnologia digital com acesso múltiplo por divisão de tempo TDMA (*Time Division Multiple Access*) seria a melhor solução para os sistemas futuros.

2.3 GSM (GLOBAL SYSTEM MOBILE) 2G

Com a padronização da tecnologia GSM foi possível um fator de escala maior, reduzindo o custo dos sistemas (...) Com a evolução do GSM está claro que esta tecnologia não é mais um padrão Europeu. As redes GSM foram planejadas em mais de 80 países ao redor do mundo. (Sverzut, 2005, p.60).

Um fato interessante no GSM é a utilização de um cartão inteligente com memória que é chamado de SIM (*Subscriber Identity Module*) ou também popularmente chamado de “chip”. Este pode ser instalado em diferentes aparelhos celulares móveis pessoais, mesmo assim conserva o número que o usuário já utiliza na rede celular móvel. O SIM pode ser do tamanho de um cartão de crédito (ex. Cartão para Telefones Públicos) ou bem menor para telefones portáteis.

Na medida em que foi crescendo a demanda por novas aplicações, os serviços no GSM foram sendo desenvolvidos. A tecnologia GSM passou basicamente por três fases:

Fase 1: A Fase inicial do GSM que tiveram os seguintes serviços básicos:

Chamadas de voz;

- Chamadas de emergência (911 nos EUA, 112 na Europa);
- SMS (*Short Message Service*) serviços de mensagens de texto curto que podem ser enviadas ponto a ponto e ponto-multiponto;
- Serviços de dados assíncrono que atingia no máximo 9,6 kpbs;

Fase 2: A Fase posterior que ampliou a quantidade de serviços básicos:

- Voz a meia taxa (half rate);
- Melhoria no serviço SMS;
- Pacotes de transmissão síncrona dedicada que atingia taxas entre 2,4 e 14,4 kpbs;
- Serviços suplementares: Identificação do número de usuário chamador, chamada em espera, restrição de chamadas por número e teleconferência, entre outros;

Fase 2+ : Introdução de serviço de dados por pacotes de altas taxas de transmissão GPRS (*General Packet Radio Service*) e faz parte do 2.5G.

O GPRS será abordado na próxima seção.

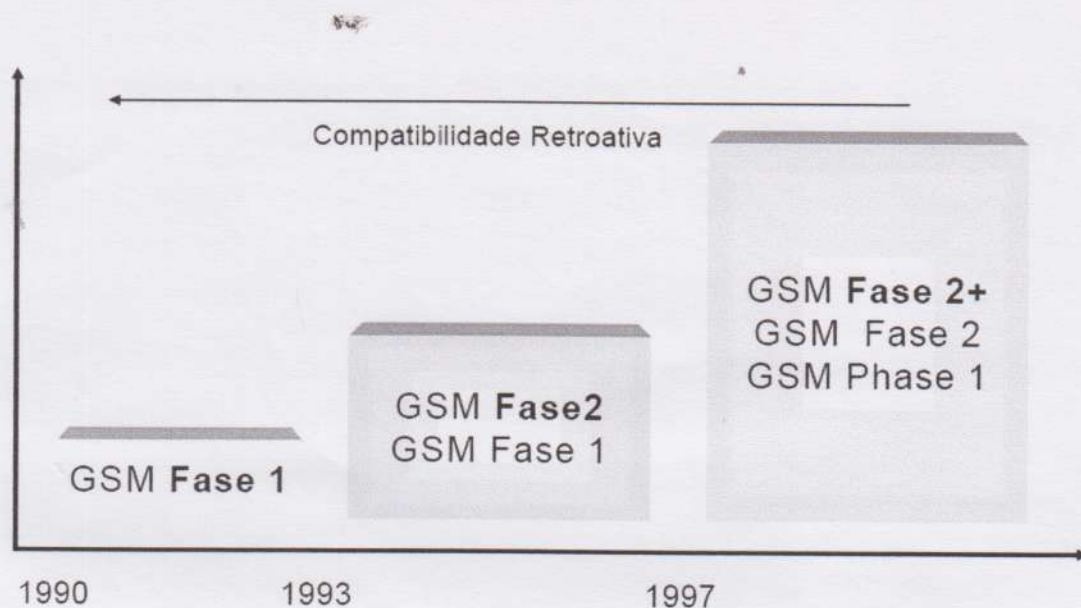


Figura 5: Fases do GSM cronologicamente. Fonte: LUNARDON, 2006

As fases posteriores suportavam todos os serviços das fases anteriores.

O sistema GSM é formado por vários padrões, dentre eles estão o GSM900, DCS1800 e o PCS1900.

O GSM900 é o sistema GSM original. Este sistema utiliza frequências na banda de 900 MHz, tendo sido projetado para a operação celular em uma área ampla. Abrange a faixa de frequência de 890MHz até 960MHz.

O GSM1800 ou DCS1800 é uma adaptação do GSM900. O termo GSM pode ser usado coletivamente para descrever os padrões GSM900 e DCS1800. A criação do DCS1800 envolveu a ampliação das bandas reservadas ao GSM e a passagem destas a 1,8 GHz. Compreende a faixa de frequência entre 1710MHz e 1880MHz.

O PCS1900 foi desenvolvido para aumentar quantidade de serviços oferecidos aos usuários da rede de telefonia móvel celular. Atualmente esse padrão é equivalente ao GSM 1800 com a diferença de operar na faixa de frequência de 1,9GHz. Atua na faixa de frequência de 1850MHz até 1990MHz.

Na próxima seção será abordado de forma breve o método de acesso TDMA que é utilizado no GSM, isto facilitará o entendimento das seções posteriores.

2.3.1 Método de acesso TDMA no GSM

Utilizadas nos sistemas digitais, a tecnologia de acesso TDMA (*Time Division Multiple Access*) transmite várias conversações simultâneas e no mesmo canal de rádio

freqüência. Cada conversação é transmitida em intervalos de tempo distintos, ou seja, os aparelhos celulares intercalam-se no tempo, com a transmissão e recepção locadas na mesma freqüência compartilhada. No TDMA, cada usuário ocupa uma faixa de freqüência apenas durante um intervalo de tempo alocando assim, o chamado slot.

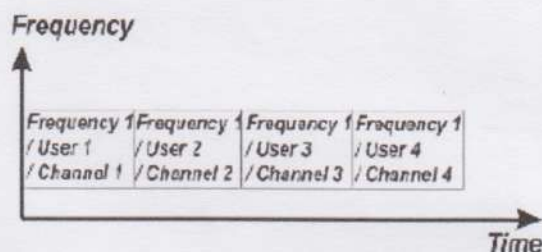


Figura 6: Alocação de usuários em TDMA. Fonte: KAARANEN, 2005

2.3.2 Interface aérea no GSM

Um usuário da telefonia móvel celular utiliza um aparelho móvel para usufruir dos serviços que as operadoras de telefonia móvel celular oferecem. O aparelho móvel celular utiliza RF (Radio Freqüência) para comunicar com os equipamentos das operadoras de telefonia móvel, também conhecidas popularmente como “torres de telefonia celular”. Essa comunicação entre os aparelhos móveis celulares e os equipamentos das operadoras acontece na interface aérea. O GSM divide as chamadas portadoras de RF (interface aérea) em intervalos de de Tempo de Canal (*Time Slots*), pela técnica de Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo (TDMA). A Portadora de RF é a unidade mínima de transmissão da interface aérea no GSM e tem 200Khz de largura de faixa. É utilizado, por exemplo, na faixa de Freqüência em que o GSM original atua. O original (GSM900) está na faixa de freqüência entre 890Mhz e 960Mhz, com um intervalo para transmissão e recepção entre 914.8Mhz e 935.2Mhz. Com a banda de freqüência do GSM900 formam-se 124 canais de portadoras de freqüências de 200Khz ou 0,2Mhz. Uma única portadora de RF suporta simultaneamente até oito aparelhos móveis celulares, ou seja, oito usuários conectados por portadoras de RF ao mesmo tempo. Os Intervalos de Tempo de Canal (TTI) são indentificados de 0 a 7, com duração de 0,577ms cada um. A repetição das sequencias é chamado de frame (quadro) e tem a duração de aproximadamente 4,62ms.

A figura 7 apresenta no sentido estação radio base-unidade móvel e vice-versa, a estrutura dos 124 canais de portadoras de RF e os 8 times slots do quadro TDMA

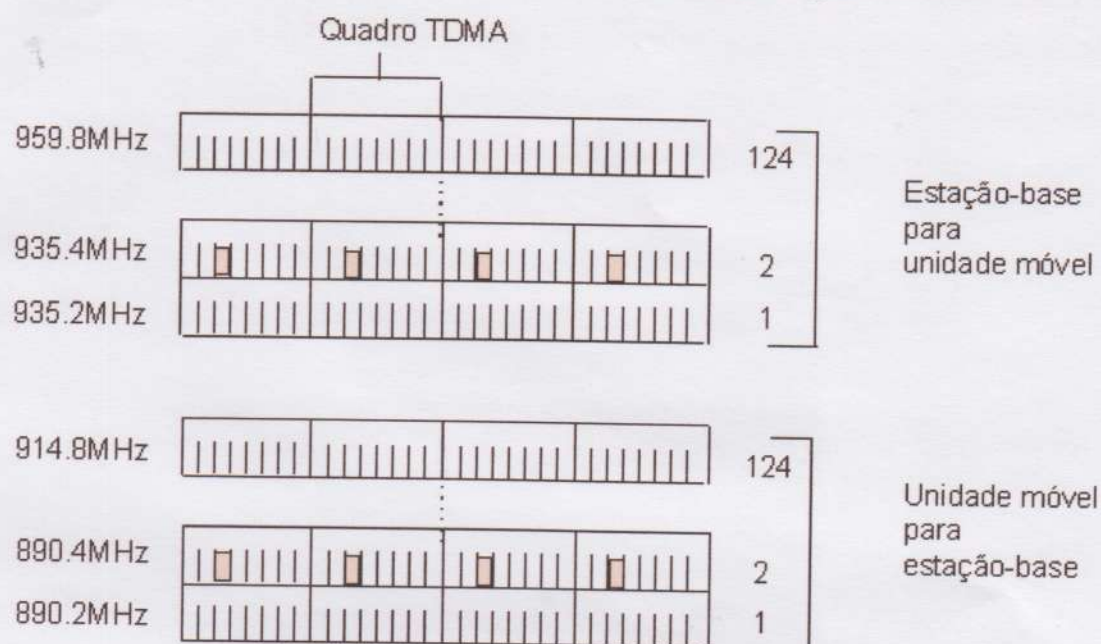


Figura 7: Quadro TDMA. Fonte: GTA, 2009

2.3.3 Arquitetura Geral da Rede GSM

Na arquitetura GSM, a Rede Pública de Comutação Móvel (*PLMN – Public Land Mobile Network*) é uma rede estabelecida e operada com licença e que tem a finalidade específica de oferecer serviços públicos de comunicação celular móvel em sua área de concessão. É composta por MSC (*Mobile Switching Center*) que é uma Central de Comutação de Serviços Móveis e está interligada via gateway com a rede fixa (PSTN - *Public Switch Telephone Network*). Outro elemento de uma PLMN chamasse BSC (*Base Station Controller*). A BSC é responsável pelas funções inteligentes de toda parte de rádio de um PLMN. Uma única BSC controla várias células de rádio das BTSs (*Base Transceiver Station*) simultaneamente.

Ainda nesta seção será abordada a formação das células de rádio. A figura 9 mostra as células de rádio.

Os elementos MS, BTS e BSC formam o subsistema de estação base BSS (*Base Station System*) no GSM.

As BSCs são interligadas a MSC do subsistema de comutação de rede NSS (*Network Switch System*).

Neste formato de arquitetura, a estação móvel - MS (*Mobile Station*) é o equipamento de rádio portátil que é necessário para um usuário acessar os serviços

fornecidos pela PLMN. A estação móvel é a única parte que realmente possui mobilidade dentro de uma PLMN. O MS consiste em um cartão SIM (*Subscriber Identity Module*) que também conhecido popularmente como “chip” e um ME (*Mobile Equipment*), o SIM fornece ao ME um identidade.

A figura 8 apresenta o esquema básico de uma PLMN e seus elementos.

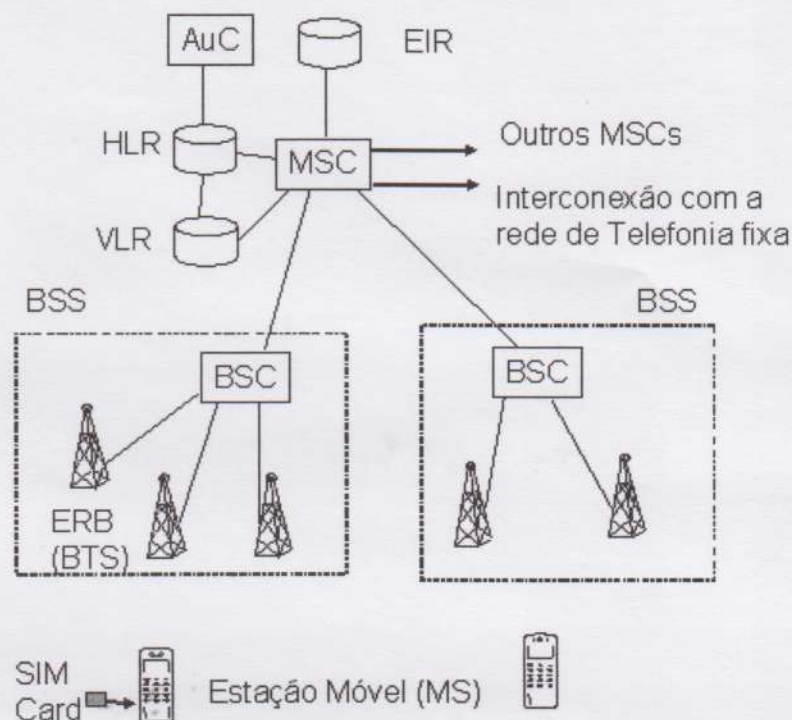


Figura 8: Arquitetura PLMN. Fonte: TUDE, 2003

Uma célula de rádio é a menor área de serviço em uma PLMN. A Célula de rádio consiste de uma estação rádio base BTS (*Base Transceiver Station*) que transmite através e uma pequena área geográfica e é representada como um hexágono. Toda a área da de uma PLMN é coberta por um grande número de células de rádio.

A figura 9 apresenta as células de rádio das BTSs e uma PLMN.

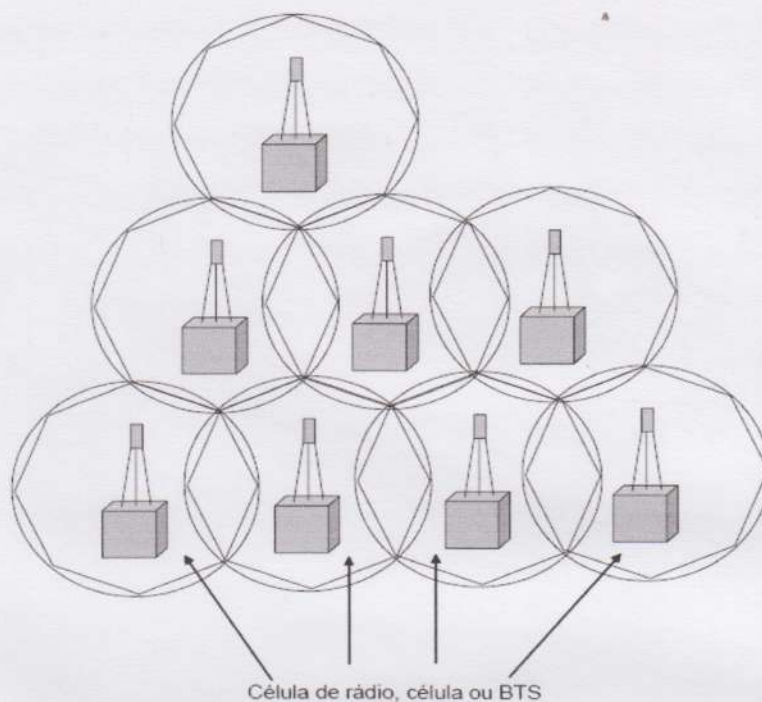


Figura 9: Células de rádio. Fonte: LUNARDON, 2006

A MSC possui uma base de dados que contém informações para o roteamento de conexões de canal de tráfego e para o tratamento dos serviços básicos e suplementares (caixa postal, siga-me chamada em espera etc.). A MSC também executa a administração de células executando tarefas como gerenciamento das chamadas do MS, localização do MS por se tratar de uma rede móvel, gerência de recursos e realização do procedimento de handoff. A MSC interliga o subsistema de estação base BSS e a rede fixa e pode se comunicar com outras MSCs da mesma rede, através do protocolo de sinalização por Canal Comum número 7 que também é conhecido como SS7. Para cobrir uma área geográfica extensa, como um país, geralmente são necessárias várias MSCs para constituir a rede de uma única operadora de telefonia móvel.

Para ocorrer o processo de recebimento e originação de chamadas pelo MS na rede móvel, a MSC precisa localizar tais MSs na rede, para isso existe na rede GSM uma função chamada de gerência de localização. Para executar a função de localização na rede, existem na rede GSM dois elementos chamados de VLR (*Visitor Location Register*) e HLR (*Home Location Register*) no qual a MSC sempre está em consulta.

Diante da função de administrar os dados de usuários, o HLR é uma base de dados no qual os usuários móveis são criados, cancelados e bloqueados. Ele contém

todas as identidades de usuário permanentes, assim como os serviços que um usuário móvel é autorizado utilizar.

Um MS pode estar localizado em uma área que não seja a da MSC e do HLR da sua área de origem, por este fato é dito que esse MS está em roaming. O Registrador de Localização do Visitante (VLR) contém os dados relevantes de todos os usuários móveis que atualmente estão localizados na área de serviço de uma determinada MSC e HLR. Os dados são os mesmos que os dados encontrados no HLR. A localização dos dados no VLR reduz os acessos ao HLR.

Durante uma atualização de localização (quando o MS move-se para uma área de serviço de um diferente VLR), o novo (atual) VLR solicita os dados do usuário ao HLR.

A área de localização não está presa a uma única BSC ou MSC, pode englobar vários elementos distintos e vice-versa.

Para autenticação dos MSs na rede GSM, utilizasse o centro de autenticação através do elemento AuC (*Authentication Center*).

O A AuC é responsável pelas funções autenticação e criptografia.

A finalidade da autenticação é proteger a rede contra usuários não autorizados.

A autenticação assegura que o usuário (MS) é realmente quem ele diz ser. A autenticação do usuário pode ser executada em cada registro de localização e em cada tentativa de estabelecimento de chamada originada ou recebida pelo MS.

Se um usuário móvel deseja acessar a rede, o VLR verifica se seu cartão SIM é aprovado através do procedimento de autenticação.

O procedimento de autenticação (executado pelo algoritmo A3) e criptografia são descritos no documento GSM 03.20.

O EIR é uma base de dados que armazena os números de “Identificação Internacional de Equipamento Móvel” o chamado IMEI (*International Mobile Equipment Identity*). Para todos os equipamentos móveis ME registrados na rede, o IMEI identifica unicamente cada ME registrado. Geralmente há um EIR por PLMN, com interfaces aos vários HLRs da PLMN.

A arquitetura GSM é bastante ampla e foi abordado de forma superficial devido a não ser o foco principal deste trabalho.

2.4 REDE CELULAR 2.5G (GPRS - GENERAL PACKET RADIO SERVICES)

Segundo Melo Filho (2001), as redes caracterizadas como 2.5G (GPRS) têm como objetivo o aumento da taxa de transmissão de dados, aproveitando toda a interface de rádio da rede já implantada 2G (GSM).

Anteriormente as redes de 1^a Geração analógica e as de 2^a Geração Digital, foram projetadas para tráfego de voz. O perfil dos usuários de telefonia móvel mudou consideravelmente, havendo hoje os usuários não só apenas necessidade de falar e sim também de trocar e-mails, acessar páginas da internet, enviar fotos, mensagens de texto, etc. Com o tempo isso gerou um forte crescimento de demandas por novos serviços e aplicações.

Para acompanhar esta mudança no perfil dos usuários, juntamente com as evoluções tecnológicas, foi implementado na rede GSM novas aplicações e serviços.

O GPRS que é considerado 2.5G e esta em operação e utiliza recursos já existentes na rede GSM.

Com o GPRS surgiram novos serviços que trouxe vários benefícios para os usuários dos sistemas celulares móveis, dentre eles:

- Comunicação: e-mail, fax, acesso a internet / intranet;
- Serviços de informação, jogos;
- Comércio Eletrônico (e-commerce): acesso a banco, venda de ingressos, compras on-line;
- Aplicações de localização (location-based): navegação informação sobre as condições do trânsito, informações sobre voos;
- Avisos: informações sobre promoções ao entrar em determinado recintos comerciais, viagens, meteorologia, etc.

O GPRS soma a rede GSM uma infra-estrutura que suporta a comunicação de dados através do protocolo IP (*Internet Protocol*) ou X.25. Essa infra-estrutura posteriormente será utilizada também nas redes de 3^a Geração (3G), para integração dos serviços de voz (voz sobre IP – VoIP) e dados.

O GPRS teoricamente permite até 171,2 Kbits/s na taxa de transmissão de dados em condições ideais.

2.4.1 Arquitetura Geral GPRS

Na arquitetura GPRS são acrescentados dois novos elementos a rede GSM são eles: SGSN (*Serving GPRS Support Node*) e o GGSN (*Gateway GPRS Support Node*).

A figura 10 apresenta a arquitetura GPRS acoplada à rede GSM.

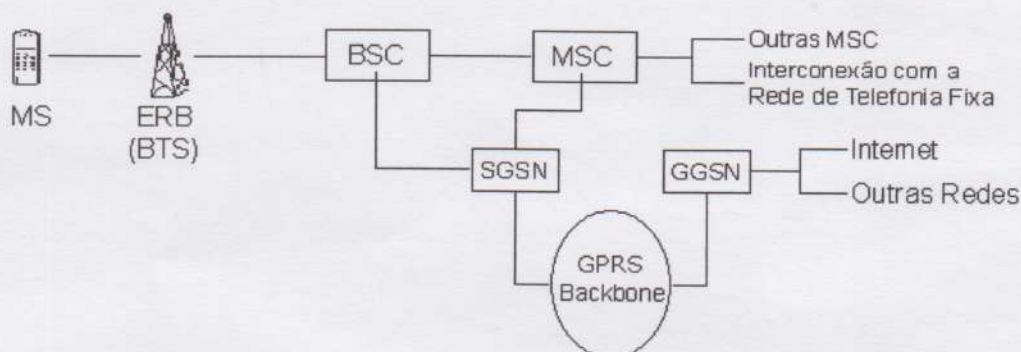


Figura 10: Arquitetura GPRS. Fonte:TUDE, 2003

Para interligação entre SGSN e GGSN existe um Backbone intra PLMN que é baseado em IP.

O SGSN realiza um grande número de funções para a execução de serviços GPRS e está no mesmo nível hierárquico que uma MSC.

Funções SGSN:

- É o nó que serve estações móveis GPRS em uma região atribuída a ele;
- Rastreia as localizações das respectivas MSs GPRS (funções de Gerenciamento de Mobilidade);
- Executa as funções de segurança e controle de acesso (procedimentos de autenticação/cifragem), os procedimentos são baseados no mesmo algoritmo de cifras e critérios que são utilizados no GSM. Os algoritmos de cifragem foram otimizados para a transmissão de pacotes de dados;
- Possui funções de roteamento /gerenciamento de tráfego;
- Coleta dados relacionados à taxas/tarifas;

Funções do GGSN:

- É o nó que permite contato/interoperação entre uma PLMN de GSM e uma rede de pacotes de dados PDN (*Packet Data Network*);
- Contém as informações de roteamento para usuários do GPRS disponíveis na PLMN. As informações de roteamento servem para contatar o respectivo SGSN na área em questão na qual uma MS está momentaneamente localizada;
- Possui função de filtragem;

2.5 REDE CELULAR 2.75G EDGE (*ENHANCED DATA RATES FOR GSM EVOLUTION*)

Para Soares (2003), o EDGE é um aumento de capacidade da interface de rádio do padrão GSM e o principal objetivo era acrescentar novas funcionalidades mantendo compatibilidade com os aparelhos móveis celulares e os equipamentos da rede GSM/GRPS.

Segundo Soares (2003), a tecnologia EDGE (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*) é uma evolução do GPRS e a principal diferença é o incremento da velocidade em serviços de transmissão de dados.

Segundo Melo Filho (2001), o EDGE pode ser considerado uma tecnologia 3G já que teoricamente permite até 473,6 Kbits/s de taxa na transmissão de dados em condições ideais.

Para Melo Filho (2001), o EDGE continua usando os mesmos protocolos de alto nível como os utilizado no SGSN e GGSN.

Como os novos esquemas de codificação não são capazes de incrementar a performance, o EDGE sugere, então, a troca da modulação utilizada na interface de rádio.

Para Soares (2003), no mesmo intervalo de tempo em que o GSM padrão transporta um bit, com o EDGE, transmite 3 bits.

Para Sverzut (2005), a interface do sistema do radio frequência EDGE suporta as tecnologias GSM e GPRS.

Segundo Sverzut (2005), a Arquitetura EDGE é idêntica as das redes GSM/GPRS como visto na figura 10, o que basicamente vai modificar são os MSs que terão que ter suporte a tecnologia EDGE e as BTSs que serão acrescentadas de novos hardwares.

2.6 REDES CELULARES DE 3^a GERAÇÃO (3G)

Para Bannister, Mather e Coope (2004, p.02), 3G é o impulso da evolução da telefonia celular, pode ser considerada a junção do avanço das redes de telefonia fixa e o mundo da internet. O resultado da sua criação tem propósito geral de flexibilidade para oferecer acesso a qualquer serviço independente da localização do usuário.

2.6.1 Padronização de requisitos para redes 3G

Em 1989, a ITU (*International Telecommunication Union*) criou um documento com as especificações para os sistemas de 3^a Geração. Este documento que continha as características gerais dos sistema, os requisitos mínimos para a sua operação, restrições de funcionamento e o dito projeto.

Essas especificações foram chamadas de IMT-2000 (*International Mobile Telephony 2000*), além de especificar redes de telefonia celular também contempla outros sistemas como WLL (*Wireless Local Loop*).

Das 13 propostas que foram apresentadas pelas e órgãos reguladores, apenas quatro foram selecionadas pela ITU:

- DECT - *Digital Enhanced Cordless Telecommunications*;
- WCDMA - *Wideband Code Division Multiple Access*;
- UTRA - *Universal Terrestrial Radio Access*;
- CDMA2000 - *Wideband CDMA*;

Na prática as propostas UTRA e WCDMA formam o padrão UMTS (*Universal Telecommunications System*). O WCDMA é uma das propostas-chave submetidas na ITU (*International Telecommunication Union*) como alternativa para o IMTS-2000 (*International Mobile Telephony 2000*).

Estes esforços levaram ao projeto IMT-2000 da ITU a definir os requisitos de um sistema celular de 3^a Geração como sendo:

- Altas taxas de dados: 144 kbit/s em todos os ambientes e 2 Mbit/s em ambientes "indoor" e de baixa mobilidade;
- Transmissão de dados simétrica e assimétrica;
- Serviços baseados em comutação de circuitos e comutação de pacotes;
- Qualidade de voz comparável à da telefonia fixa;
- Melhor eficiência espectral (faixas de frequências na interface aérea);
- Vários serviços simultâneos para usuários finais, para serviços multimídia;

- Incorporação suave dos sistemas celulares de 2^a Geração;
- Roaming global (acesso de rede por operadoras distintas em diversas áreas geográficas);

- Arquitetura aberta para a rápida introdução de novos serviços e tecnologias;

O objetivo político da ITU era padronizar os requisitos necessários das rede 3G e atender as necessidades econômicas dos detentores das tecnologias TDMA, CDMA e GSM. Na figura 11 podemos ter uma visão do caminho das tecnologias até a chegada ao 3G.

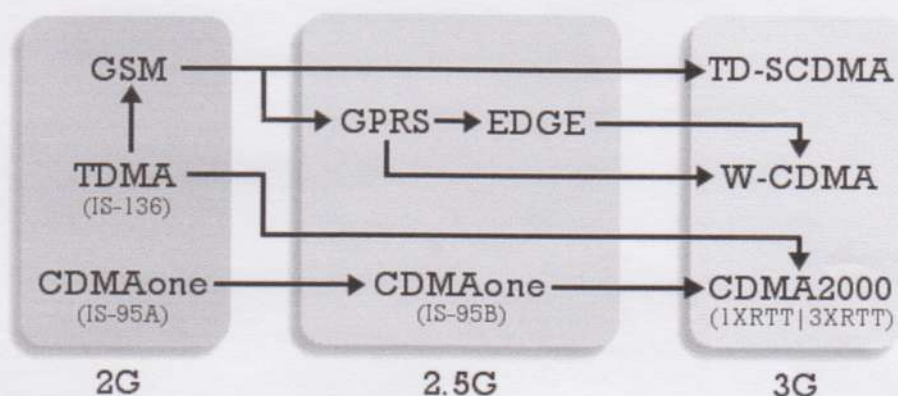


Figura 11: Evolução das redes celulares. Fonte: LUNARDON, 2006

WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) foi idealizado pela ETSI (*European Telecommunication Standard Institute*) e por grandes fabricantes da tecnologia GSM como Siemens e Ericsson.

O CDMA2000 é o padrão de 3^a Geração de sistemas celular americano baseado no CDMA IS-95. Patrocinado pela comunidade CDMA Americana, e as empresas Qualcomm e Lucent juntamente com o CDG (*CDMA Development Group*).

TD-SCDMA (*Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access*) é o padrão chinês de terceira geração.

A evolução natural dos sistemas GSM, GPRS e EDGE, rumo aos sistemas de terceira geração (3G) é a tecnologia WCDMA do padrão UMTS, que mantém total compatibilidade com as tecnologias GPRS, EDGE. Atualizações mais recentes no padrão UMTS definiram compatibilidade com a interface de rede que usam as tecnologias TDMA e CDMA.

2.7 UMTS (*Universal Telecommunications System*)

O padrão UMTS (*Universal Telecommunications System*) representa uma evolução em termos de capacidade, taxa de transmissão de dados e um incremento nos serviços e facilidades oferecidas pelos sistemas móveis celulares de segunda geração (2G). UMTS Fórum apud Sverzut (2005, p.388).

O UMTS é padrão diretamente relacionado com a tecnologia WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*), utiliza a interface de rádio UTRA (*Universal Terrestrial Radio Access*).

A UTRA foi especificada pelo projeto de parceria da terceira geração 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) e tem dois modos de operação que utilizam o método duplex entre os canais de transmissão e recepção.

- FDD (*Frequency Division Duplex*)
- TDD (*Time Division Duplex*)

Os dois modos duplex citados acima, são baseados no GSM. A principal diferença entre os dois modos é que no FDD são alocadas duas faixas de frequências, uma para transmissão e outra para recepção, já o TDD utiliza a mesma frequência para transmissão e recepção. Os sistemas iniciais de redes 3G implantados no mundo usam o modo FDD.

As figuras 12 e 13 apresentam a estrutura dos modos de operação FDD e TDD.

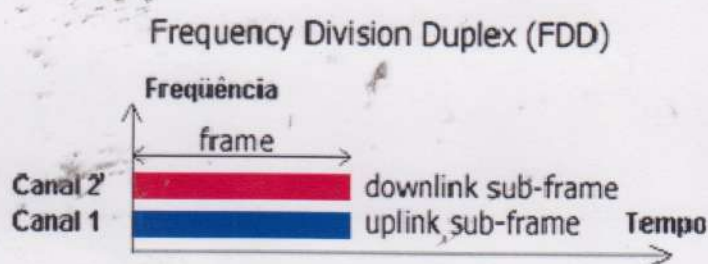


Figura 12: Estrutura FDD. Fonte:CONNIQ

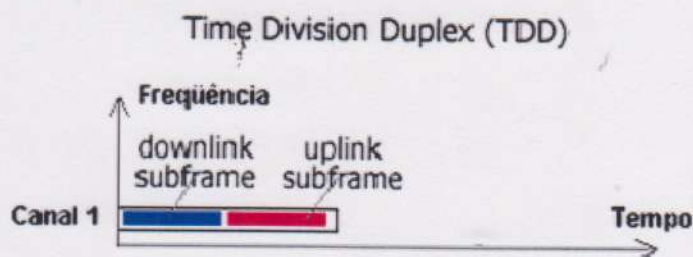


Figura 13: Estrutura TDD. Fonte:CONNIQ

O padrão UMTS utiliza o método de acesso CDMA (descrito anteriormente na seção 2.1.1). Como usa a mesma frequência para transportar vários usuários, é atribuído um código específico para cada usuário de modo a conseguir distinguir as informações de cada um.

2.7.1 Arquitetura UMTS

O CN (*Core Network*) é o núcleo da rede que suporta serviços baseados em comutação de circuitos e comutação de pacotes. Utiliza a mesma infra-estrutura das redes GPRS e EDGE o que facilita um upgrade entre as redes 2G para 3G. Como existe esta compatibilidade entre as redes de gerações distintas, serviços utilizados nas redes 2.5G (GPRS) e 2.75G (EDGE) serão utilizados também nas redes 3G. O CS (*Circuit Switch*) faz parte do CN e é formado por MGW (*Media Gateway*), MSS (*Media Server Signalling*) no qual as conexões entre os elementos de rede são do tipo comutado por circuito e trafegam serviços como voz por exemplo. O CS é responsável pelo gerenciamento de toda a rede, processamento de chamadas e gerenciamento dos registros de localização. O PS (*Packet Switch*) consiste nos elementos de rede SGSN (*Serving GPRS Support Node*) e GGSN

(*Gateway GPRS Support Node*), as conexões entre os elementos de rede são do tipo comutado por pacotes e trafegam serviços de dados, como por exemplo acesso a internet em alta velocidade. O PS é responsável por prover o transporte de dados por pacote (IP).

A UTRAN (*Universal Terrestrial Radio Access Network*) é um conjunto de subsistemas de RF (Radio Frequência) que é composto por BS (*Base Station*) ou NodeB (*Nó B*) e RNC (*Radio Network controller*). A RNC substitui a BSC da rede GPRS e está conectado a rede suporte CN (*Core Network*). É responsável pelo gerenciamento de recursos de Radio Frequência (RF), gerenciamento de mobilidade e localização do equipamento de usuário (UE). O Nó B é o elemento da rede UMTS responsável pela interconexão da interface aérea com infra-estrutura celular.

A UE (*User Equipment*), ou equipamento do usuário. É o terminal móvel e seu módulo de identidade de serviços do usuário (USIM) equivalente ao SIM card dos terminais GSM.

A figura 14 ilustra a Arquitetura da rede UMTS com elementos UE, UTRAN e CN.

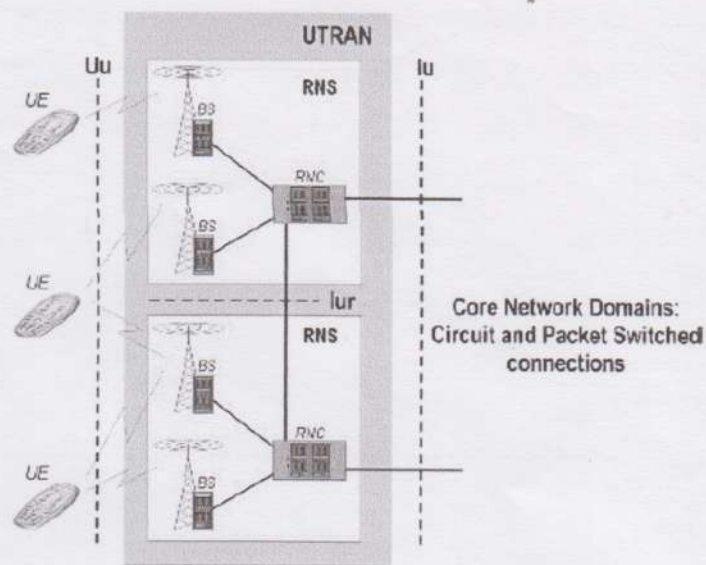


Figura 14: Arquitetura da Rede UMTS. Fonte: KAARANEN, 2005

Descrição das interfaces da figura 14:

Uu -Interface aérea localizada entre a UE (*User Equipment*) e a NodeB (*Nó B*).

Iu -São as interfaces entre a UTRAN (*Universal Terrestrial Radio Access Network*) e as entidades do CN (*Core Network*) que pode ser conexão comutado por circuito ou por pacote.

Iur -Interface de sinalização entre duas RNCs (*Radio Network controller*).

3 APLICAÇÕES DAS REDES 3G (WCDMA)

3.1 SERVIÇOS IMPLEMENTADOS

Para Holma e Toskala (2004, p.11) Enquanto a rede GSM foi projetada para prover serviços de voz, o WCDMA (UMTS) tem a flexibilidade para prover qualquer tipo de serviço não necessitando de nenhum tipo de otimização específica na rede. O WCDMA é uma solução de rádio que traz uma enorme capacidade de habilitação de novos serviços.

O 2G (GSM) utiliza serviços comutado por circuito (*Circuit Switched*), o 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) desenvolvedor da tecnologia 3G lançou o release 99 onde já eram previstos novos serviços que usavam comutação por circuito e por pacotes. Nos releases 5 e 6 todos os serviços já podem ser providos através de comutação por pacotes.

A figura 15 mostra as etapas antes do release 99 até os releases 5 e 6 no WCDMA.

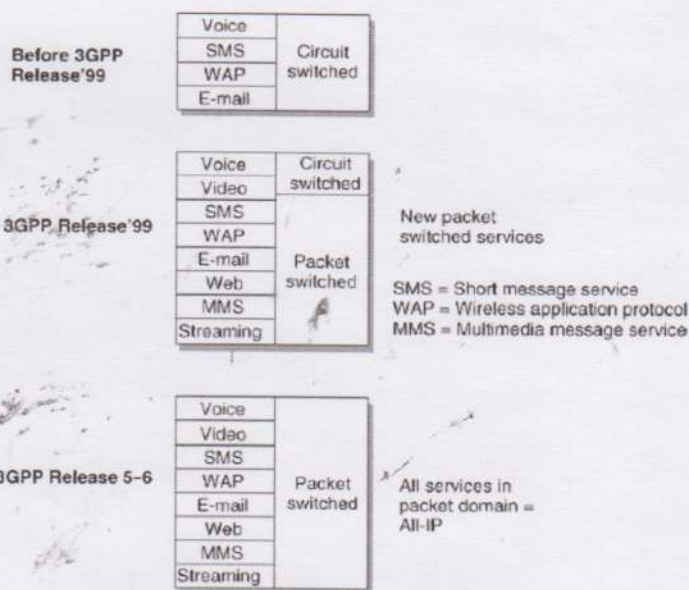


Figura 15: Desenvolvimento dos serviços para IP. Fonte: HOLMA e TOSKALA, 2004

Características da rede WCDMA:

- Teoricamente taxas de até 2 Mbps no release 99 e acima de 10Mbps no release 5, na prática taxa inicial de 384 kbps para release 99 e acima de 2 Mbps para o release 5;
- Mobilidade para aplicações de dados por pacotes;
- Qualidade de serviço (QoS) diferenciada para eficiência de alguns serviços;
- Capacidade simultânea de tráfego dados e voz;
- Compatibilidade com as redes existentes GSM/GPRS;

A seguir será mostrado o funcionamento e os requisitos de alguns dos serviços providos na rede WCDMA.

3.1.1 Serviços comutados por circuitos

3.1.1.1 Voz

O codec de voz no UMTS utiliza a técnica *Adaptive Multirate* (AMR), e se adapta a até oito diferentes taxas para voz: 12.2 GSM-EFR (*Enhance full rate*), 10.2, 7.95, 7.40 (IS-641), 6.70 PDC (*Personal Digital Cellular*, sistema 2G no Japão)-EFR, 5.90, 5.15 e 4.75 kbps. A taxa do AMR é controlada pela parte de rádio da rede UMTS.

Com uma conversação em curso, os usuários alternam de forma que cada um ocupa aproximadamente 50% do tempo.

O AMR tem basicamente 4 funções para utilizar em períodos de descontinuidade ativa:

- Detector de voz ativa (VAD) na TX (transmissão);
- Verificação de ruído na TX (transmissão) para enviar parâmetros à RX (recepção);
- A transmissão das informações de ruído de conforto para RX é adquirida através de um quadro (*frame*) SID (*Silence Descriptor*) que é enviado em intervalos constantes;
- Geração de ruído de conforto no lado da RX quando não tem fala, quadros são recebidos normalmente;

A descontinuidade de transmissão (DTX) trás benefícios para o usuário da rede WCDMA, como o prolongamento da vida útil da bateria ou a duração desta por um determinado tempo operacional. Do ponto de vista da rede, a taxa de bit média exigida é reduzida chegando a uma diminuição do nível de interferência e consequentemente um aumento de capacidade na rede.

3.1.1.2 Vídeo Telefonia

O exemplo mais conhecido no Brasil para vídeo telefonia é a vídeo chamada ou a vídeo conferência.

Em vídeo telefonia o delay tem requisitos semelhantes ao serviço de voz.

Devido ao tipo de compreensão de vídeo, a exigência para bit erro é mais rigorosa do que no serviço de voz.

No 3GPP, especificado pela ITU-T, deve ser usar a Rec. H.324M para vídeo telefonia em conexões por circuitos comutados e o Protocolo de Iniciação de Sessão (SIP- *Session Initiation Protocol*) para suporte a aplicações de multimídia IP.

O VoIP possibilita novos níveis de serviços de comunicação.

O H.324M habilita serviços usando o conexão por comutação de circuitos (CS). Seguem alguns exemplos de serviços:

- Videoconferência: ponto a ponto ou sessões multiponto entre equipamentos móveis com sistemas de videoconferência;
- Video streaming: Telefone celular com TV e vários canais ao vivo, variedade de videos por conteúdo como notícias e filmes;
- Jogos Multimidia: Jogar em tempo real com outros usuários remotos;

O H.324M permite que os serviços 3G tenha uma nova roupagem, utilizando um legado de uma tecnologia já existente e implantada a bastante tempo que é o GSM. Os outros serviços IP comuns, como navegação na Web e e-mail estão habilitados para se conectar a um provedor utilizando um método semelhante com os telefones celulares 2G. Do ponto de vista do usuário da telefonia celular, um novo mundo de serviços de conversação torna-se disponível com o H.324M.

A Rec. H.324 inicialmente foi criada para comunicação multimídia na rede de telefonia fixa (PSTN - *Public Switched Telephone Network*), o modem V.34 assíncrono é utilizado para essas conexões. Posteriormente com a evolução das redes wirelles, as extensões móveis foram acrescentadas na especificação para tornar o sistema mais completo contra erros de transmissão, com isso surge a Rec. H.324M.

O escopo da Rec. H.324 é composto por H.223 para multiplexação e H.245 como sistema de controle. Os elementos codec de vídeo H.263, o codec de voz G.723.1 e V.8bis são opcionais, porém, bastante utilizados. Posteriormente, o MPEG-4 (*Motion Picture Experts Group*) video e AMR (*Adaptive Multirate*) de voz foram adicionados como codecs opcionais no sistema. A rec. H.324 especifica sete etapas para uma chamada: configurando, somente voz, testando modem, inicializando, somente mensagem, fim e limpando. O nível 0 do H.223 multiplexa exatamente os terminais mais antigos no H.324. Quando a negociação é estabelecida o terminal pode se adaptar as condições do link de rádio para selecionar o nível apropriado que tem menos erro. V.8bis contém procedimentos para a identificação e seleção dos modos comuns de comunicação entre terminais de comunicação de voz e os terminais de comunicação de dados na rede telefonica comutada, colocando-as estes tipos de telefones se comunicando ponto a ponto. A arquitetura geral do H.324M veja na figura 16.

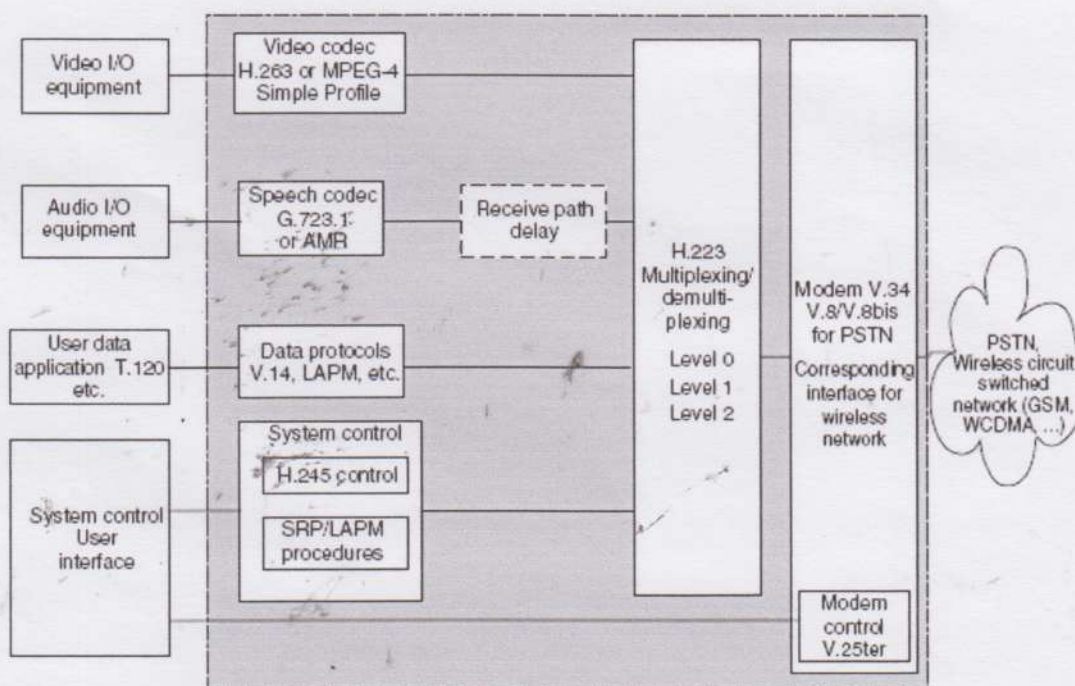


Figura 16: Escopo da Rec.H.324. Fonte: HOLMA e TOSKALA, 2004

Algumas características das Rec. H324:

- Permite que os dispositivos móveis identifiquem automaticamente o modo de operação das aplicações.
- Possibilita que seja realizada a comutação de voz para um modo de comunicação baseada em modem.
- Habilita de forma automática a seleção de vários terminais que compartilham o mesmo circuito de telefonia.

O modem V.8bis disponibiliza uma lista de modos de comunicação para aplicações de software e também para a comunicação trocada entre os terminais. Cada terminal é capaz de estabelecer o modo de comunicação que deve ser usado durante a comunicação com a estação remota.

As tentativas de seleção do modo de comunicação compatíveis realizadas no V.8bis melhora a performance da conexão com a camada de aplicação.

Para garantir os serviços de transmissão de dados entre PSTN (Rede de Telefonia Fixa) com a rede WCDMA, o mecanismo de controle de chamadas deve levar em consideração as mensagens oriundas do modem V.8bis.

Os modos de comunicação definem as taxas de bits que variam entre 56 kbps e 1920 kbps.

3.1.2 Serviços comutados por pacotes

3.1.2.1 Imagens e Multimídia

O MMS (*Multimedia Message*) inclui os serviços de envio de fotos e vídeos através de dispositivos móveis portáteis.

Hoje em dia o envio de fotos via MMS é bastante utilizado pelo usuário. É visto pelo usuário como se fosse uma SMS (*Short Message*), porém, mais robusta. Para o MMS é importante que a mensagem seja entregue com alta confiabilidade, o tempo de entrega é abaixo de um minuto. O tempo não chega a ser tão crucial, pode ser utilizado níveis com menos exigências de qualidade de serviço (QoS) para MMS do 3GPP (*Third Generation Partnership Project*).

Um requisito importante para o usuário da rede telefonia 3G seria o uso simultâneo dos serviços de envio de MMS e voz. Para isso tanto o dispositivo móvel

portátil como a rede têm que suportar o uso de portadoras de rádio de acesso múltiplo em paralelo.

Apesar do uso de circuitos paralelos de chamadas de voz e envio de MMS ser possível, a interatividade e o fluxo de informações das imagens fica limitado.

Um serviço mais robusto que o envio de MMS chamasse compartilhamento de vídeo em tempo real. Este serviço é quando um usuário da rede 3G sente a necessidade de mostrar um vídeo para o usuário que está do outro lado. A chamada se inicia com uma chamada de voz simples e depois um dos usuários inicia um fluxo de vídeo no qual queira mostrar para o usuário do outro lado. O serviço apenas só é iniciado quando os dois usuários sentem a necessidade de reforçar a ligação de voz com uma ligação de vídeo.

Os requisitos para um bom desempenho de um compartilhamento de vídeo em tempo real são:

- Ter qualidade de imagem e atualização das taxas devem ser altas o suficiente para que permitir a captura e transmissão da imagem pela câmera no ambiente;
- Ter baixo atraso (*delay*) entre tirar um foto e mostra no outro lado permitindo assim uma verdadeira interatividade;
- Ser fácil e rápido para iniciar um fluxo de vídeo uma vez que a conexão de voz estiver disponível;

O compartilhamento de vídeo *streaming* (distribuição de vídeo numa rede através de pacotes) tem requisitos diferentes quando ocorre em tempo real ou não. Para compartilhamento de vídeo que não ocorre em tempo real há pouca interatividade ou nenhuma, não tendo requisitos para baixo atraso (*delay*). Já o compartilhamento de vídeo em tempo real, a tolerância de atraso entre a retirada da foto e a mesma ser mostrada para o usuário que está no outro lado da comunicação precisa ser menor do que 5 segundos.

Com relação à taxa de bits (*bit rate*) depende do tamanho display das estações móveis, nos primeiros testes de vídeo *streaming* realizados, o limite mínimo entre 3,5 cm e 4 cm de display de exibição eram entre 40 e 60kbps. Entretanto, fica constatado que a taxa de bits não está diretamente relacionado com a tolerância de atraso, e sim com a taxa de atualização de codificação da imagem aplicada no esquema.

Do ponto de vista da rede 3G, o serviço de *streaming* tem propriedades definidas e diferentes de outros serviços oferecidos, este serviço exige uma taxa de bits

elevada em uplink (direção de transmissão no sentido dispositivo móvel portátil do usuário da rede 3G para estação rádio base). A rede UMTS (*Universal Telecommunications System*) deverá ser capaz de proporcionar uma elevada taxa de bits razoavelmente constantes de modo a suportar os atrasos da conexão *streaming*, isso acontece também com ao serviço de voz se o mesmo estiver trafegando no domínio comutado por pacotes. As elevadas taxas de bits e as exigências dos atrasos podem ser cumpridas com os diferentes recursos de QoS (*Quality of Services*) presentes nas redes UMTS. Ainda neste trabalho veremos características do QoS na rede 3G (WCDMA).

A Figura 17 mostra uma breve evolução dos serviços comutados por pacotes, desde o mais simples como o MMS (*Multimedia Message*) até os mais complexos como vídeo telefonia. A vídeo telefonia tem exigência de atraso menor do que 400ms, mas o ideal seria se fosse apenas 150ms.

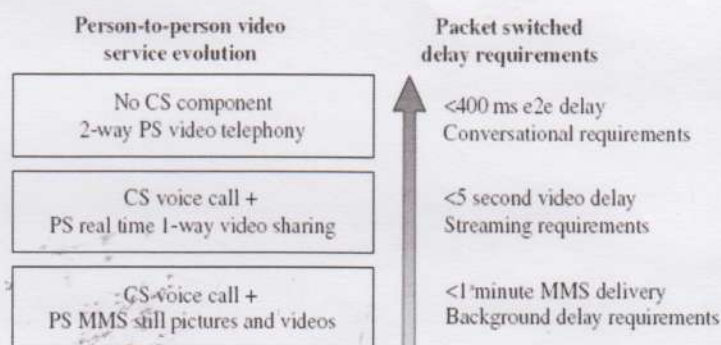


Figura 17: Serviços de vídeo PS. Fonte: HOLMA e TOSKALA, 2004

3.1.2.2 Voz sobre IP (VoIP)

O VoIP (Voz sobre IP) foi implantado na rede de telefonia fixa como uma solução de baixo custo para chamadas de longa distância nacionais e internacionais. Para a rede de telefonia móvel celular, as chamadas que utilizam VoIP são mais complexas porque proporcionam sessões em tempo real para comunicação comum ou com mais usuários da rede móvel. Isso consiste em um ou mais tipos de serviços ou mídia.

A Sessão VoIP pode ser complementada com *streaming* de vídeo, imagens, jogos, compartilhamento de conteúdos e ainda duas vias de vídeo.

As chamadas VoIP podem trafegar da rede WCDMA com baixo atraso (*delay*) sendo o suficiente para satisfazer as exigências de serviços de conversação. Os

diferentes QoS e a compressão do cabeçalho IP são de extrema importância para garantir qualidade nos serviços oferecidos pela rede WCDMA.

3.1.2.3 Jogos

Os jogos *multiplayer* são divididos em categorias baseadas na necessidade final do usuário.

Pode ser dividido em três categorias, que são elas: jogos de ação em tempo real, jogos de estratégias em tempo real e jogos de estratégias que mudam baseados em informações da partida.

Os jogos são categorizados com base nas suas propriedades e requisitos. Os requisitos para funcionamento foram baseados em jogos para conexão com redes fixas de telefonia e não para redes de telefonia móvel celular. Levando em consideração que a tela de um dispositivo móvel é bem menor, ainda assim o jogador utilizará de forma satisfatória os jogos.

A figura 18 mostra os atrasos (*delay*) permitidos para cada categoria de jogos.

Gaming category	End user delay requirements for average player
Real time action games	End to end network delays < 300 ms
Real time strategy games	End to end network delays < 900 ms
Turn based strategy games	End to end network delays < 40 s

Figura 18: Categorias de jogos multiplayer. Fonte: HOLMA e TOSKALA, 2004

Usuários mais avançados de jogos percebem os atrasos de 70ms, porém, outros usuários jogam com os atrasos superiores, por exemplo, a 200ms e muitas vezes nem chegam a notar.

Para Alma e Toskala (2004, p.23), já que as redes WCDMA fornecem tempos de ida e volta entre 150 e 200 ms, é possível utilizar jogos de ação em tempo real, jogos de estratégias em tempo real e até mesmo jogos de estratégias que mudam baseados na partida.

Os jogos de ação em tempo real transmitem e recebem pacotes com bit rate (taxa de bits) entre 10 e 20 kbps.

3.2 HSPA (HIGH SPEED PACKET ACCESS)

Este capítulo apresentará a tecnologia HSPA (*High Speed Packet Access*), é utilizada para tráfego de dados comutados por pacotes com altas taxas de transmissão no padrão de rede UMTS (*Universal Telecommunications System*) de telefonia móvel

de terceira geração WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) do 3GPP (*Third Generation Partnership Project*).

Para Ericsson (2007), o padrão WCDMA 3GPP Release 99 permite oferecer taxa de dados de 384 kbit/s para redes de com grande cobertura. No entanto, quando se aumenta o uso dos serviços de dados e novos serviços são introduzidos, torna-se necessário fornecer maiores taxas de dados e maior capacidade de rede, com custos competitivos.

No Release 5 do 3GPP, apresenta um novo canal de transporte downlink entre BS (*Base Station*) ou NodeB (*Nó B*) que faz parte do sistema de rádio da operadora de telefonia móvel celular e o UE (*User Equipment*) que é o dispositivo portátil móvel celular do usuário da rede 3G. A sigla que representa este novo canal de transporte downlink é HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*).

Para Ericsson (2007), o custo do bit trafegado é reduzido, já que o canal de *downlink* melhorado permite um aumento considerável da capacidade de transporte, quando comparado com o Release 99. Também reduz de forma significativa a latência e possibilita picos de transmissão de dados de até 14 Mbit/s.

“O HSDPA é um serviço de dados, baseado em pacotes do WCDMA, em um canal de 5 MHz no enlace de descida do WCDMA.” (TUDE, 2001).

A maior parte do tráfego ocorre no sentido downlink (*Base Station -> User Equipment*), porém, algumas aplicações como e-mail com arquivos grandes anexados blogs, figuras e vídeo clipes que necessitam de um maior tráfego no sentido uplink (*User Equipment -> Base Station*). No Release 6 estas aplicações são beneficiadas por um canal de uplink aperfeiçoado, conhecido como HSUPA (*High Speed Uplink Packet Access*). O HSUPA possibilita maior capacidade de transporte de dados chegando a picos de transmissão de dados de até 5,8 Mbit/s.

A tabela abaixo mostra a evolução das taxas média e máxima de tráfego de dados em redes de telefonia móvel.

Tabela 1: Taxas por tecnologia

Geração	2 G	2,5 G	2,5/3 G	3 G	
Tecnologia	GSM	GPRS	EDGE	WCDMA (UMTS)	WCDMA/HSDPA (UMTS)
Taxa de dados máx. teórica (kbit/s)	14,4	171,2	473.6	2.000	14.000
Taxa de dados média (kbit/s)	-	30-40	100-130	220-320	550-1100
Canalização (kHz)	200	200	200	5.000	5.000

Fonte: TUDE, 2005

Podemos observar pela tabela acima que as taxas que podem ser alcançadas são bem satisfatórias para os usuários da rede de telefonia móvel de terceira geração (WCDMA).

Os padrões HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*) release 5 e HSUPA (*High Speed Uplink Packet Access*) release 6 juntos formam o HSPA (*High Speed Packet Access*) nas redes baseadas em WCDMA.

O HSPA é uma evolução em relação do release 99. O release 99 permite apenas taxas de 384 kbit/s de downlink no WCDMA.

3.2.1 Aplicações para usuários que utilizam HSPA (*High Speed Packet Access*)

Dois importantes fatores são considerados quando se avalia o desempenho de uma rede de telefonia móvel de terceira geração WCDMA utilizando o HSPA.

Para Ericsson (2007), o TCP (*Transmission Control Protocol*), que é o protocolo mais utilizado para os serviços de transporte de dados, foi originalmente projetado para redes com fios e possui mecanismos de inicialização lentos (*slow start*) e de controle de congestionamento (*congestion-avoidance*) que influenciam fortemente no desempenho. Uma avaliação completa do desempenho total de um serviço deve incluir esses mecanismos.

Nos casos em que os usuários da rede WCDMA estão navegando na internet utilizando software de navegação (*Web Browser*), o limitante de taxas de dados é causada pelo protocolo TCP e não pela interface da rede celular. O usuário da rede 3G navegando na internet exige um bom desempenho, porém, às vezes esbarra no protocolo TCP que transmite através de rajadas de dados repentinas (*burst*) seguidas por intervalos considerados longos. A figura 19 que ilustra a navegação Web em rede WCDMA utilizando o release 99.

Os benefícios das redes que utilizam HSPA são nas aplicações que trafegam pequenas quantidades de dados através do protocolo TCP, o tempo do dado ir e voltar é reduzido (latência) devido à implementação do mecanismo híbrido de requisição e repetição automática (*fast hybrid-ARQ – Automatic Repeat Request*) e o intervalo de tempo de transmissão que é reduzido (*short TTI – Transmission Time Interval*).

O usuário de rede 3G quando está realizando o download de um arquivo extenso tem pouco ou não existe impacto com relação ao mecanismo de inicialização lenta (*slow start*) do protocolo TCP. A maior parte de definição para o desempenho como um todo está relacionado com a capacidade de transporte da Base Station (NodeB). A figura 19 ilustra um download de um arquivo extenso em um servidor utilizando FTP (*File Transfer Protocol*) numa rede WCDMA release 99 taxa de dados de 384 kbit/s.

A tecnologia HSPA pode reduzir em até 1/20 o tempo de download e 1/10 para upload de arquivos extensos.



Figura 19: Fatores de influencia nos serviços do WCDMA Release 99. Fonte: Ericsson

Um fator que é bastante utilizado para medir a capacidade das redes implantadas e em operação é a latência fim a fim, que é o tempo médio em que o dado leva para ir de um dispositivo móvel (*User Equipment*) até um servidor de internet. Quanto menor a latência fim a fim, melhor será a percepção do usuário que está utilizando o serviço oferecido pela rede 3G WCDMA.

3.2.2 Dispositivos móveis para uso do HSPA (*High Speed Packet Access*)

Novos e mais sofisticados terminais ou dispositivos móveis surgiram para suportar o HSPA. Doze categorias foram estabelecidas para se acomodar desde os modelos mais simples até os mais sofisticados.

Existem algumas diferenças que distinguem as categorias dos terminais móveis, são elas: os esquemas de modulação (QPSK ou 16QAM), o número de canais de transporte HS-DSCH e o intervalo de tempo de transmissão TTI. A tabela 2 mostra a relação das categorias dos dispositivos moveis HSDPA e suas respectivas taxas de dados máximas alcançadas.

Tabela 2: Categorias dos dispositivos Móveis HSDPA.

UE Category	Maximum number of HS-DSCH codes	Layer 1 peak rate (Mbps)	Minimum inter TTI interval	QPSK/ 16QAM
Category 1	5	1.2	3	Both
Category 2	5	1.2	3	Both
Category 3	5	1.8	2	Both
Category 4	5	1.8	2	Both
Category 5	5	3.6	1	Both
Category 6	5	3.6	1	Both
Category 7	10	7.2	1	Both
Category 8	10	7.2	1	Both
Category 9	15	10.2	1	Both
Category 10	15	14.4	1	Both
Category 11	5	0.9	2	QPSK
Category 12	5	1.8	1	QPSK

Fonte: Ericsson

4 SUPORTE À QoS (UMTS-WCDMA)

“Antes de relatar quais são as normas de Qualidade de Serviço (QoS) para as redes UMTS, é importante compreender a definição desse conceito. QoS se relaciona ao grau de satisfação dos usuários de uma rede.” (TOSTES e FIGUEIREDO, 2008).

“A garantia de QoS a um serviço é equivalente à garantia de um desempenho requisitado pelo cliente.” (TOSTES e FIGUEIREDO, 2009).

QoS (*Quality of Service*) na rede UMTS tem o objetivo de oferecer e garantir a qualidade do serviço oferecido fim a fim.

Quando a carga de tráfego e processamento aumenta na rede UMTS torna-se importante priorizar importantes e diferentes serviços de acordo com suas necessidades. Esta hierarquização é chamada de *Quality of Service* (QoS).

O desempenho requisitado pelo cliente equivale à garantia de QoS em determinado serviço.

O QoS na rede UMTS é especificado pela 3GPP [3GPP 2006].

Alguns aspectos na rede móvel WCDMA são considerados para a implementação do QoS: a mobilidade do usuário, os canais não confiáveis que estão sujeitos a ruídos e interferência, tipo de aplicação que está sendo requisitada e também a potência entre o usuário da rede 3G e o BS (*Base Station*).

A arquitetura do QoS em UMTS especificado pela 3GPP 2006 é baseada e separada por camadas conforme mostra a figura 20.

A principal função da gerência QoS é admissão e a capacidade de manter e distribuir de forma equilibrada os recursos que estão disponíveis na rede UMTS, outras funções são: o gerenciamento de *Bearer Services*, condicionamento de tráfego e o gerenciamento de recursos e classificação de pacotes.

Para estabelecer certo nível de QoS é preciso configurar um *bearer service* entre origem e destino com funcionalidades e características bem definidas.

A sinalização de controle no UMTS configura uma *bearer* apropriada com intuito de atender aos requisitos fim a fim das aplicações que estão sendo usadas.

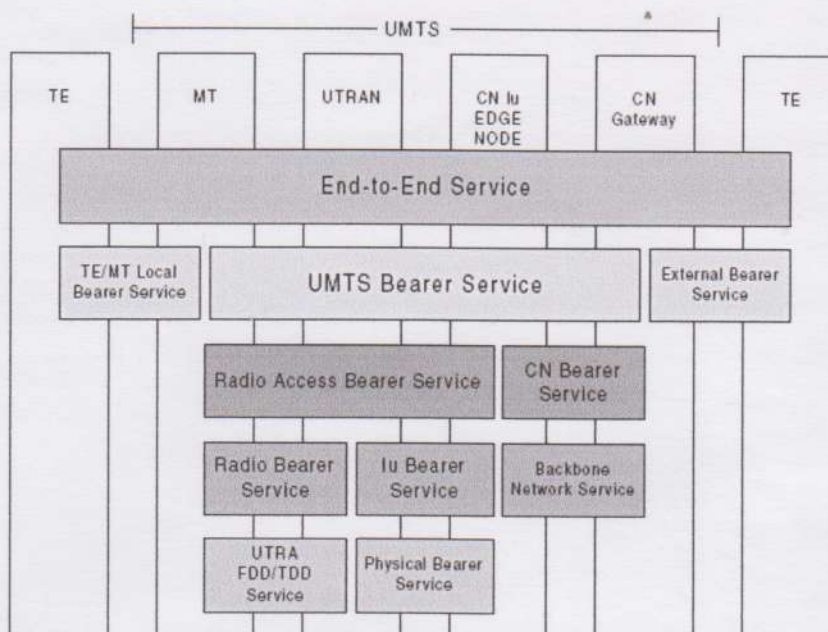


Figura 20: Arquitetura Bearer Service UMTS. Fonte: HOLMA e TOSKALA, 2004

O serviço provido por uma *bearer* de uma camada individualmente, utiliza também os serviços oferecidos pelas camadas inferiores.

No UMTS o *bearer service* de cada camada é responsável por prover serviço dentro da própria rede de telefonia móvel, porém, através do *external bearer service* também realiza funções de interoperação com as redes externas.

Um exemplo para o que foi citado é quando um terminal móvel (lap top ou PDA) se conecta com uma rede UMTS através de um UE (*User Equipment*), o terminal móvel se conecta com o UE usando uma local *bearer service*. Um exemplo seria uma *API socket* alterada para QoS.

4.1 DEFINIÇÃO DE CLASSES DE TRÁFEGO NO UMTS

O padrão 3GPP QoS define quatro classes de tráfego nas redes UMTS:

Conversational class: Classe que tem maior prioridade na rede e garante a relação de tempo entre os agentes envolvidos no fluxo. Dentro desta classe estão as aplicações de conversação em tempo real, como vídeo conferência e voz.

Streaming class: Aplicações baseadas em fluxo, como por exemplo, downloads de vídeos. Dependem do tempo, porém, não têm um padrão de conversação e toleram o retardo bufferização.

Interactive class: Aplicações baseadas no padrão solicitação de resposta que requer uma banda assegurada (e-commerce, ERP, etc). Precisa de priorização de

tráfego para garantir o tempo de resposta. Classe de maior priorização que a Background.

Background class: Aplicações em que o destino não tem tempo determinado para receber os dados. O tráfego é de menor priorização. Exemplo: e-mails.

Os parâmetros mais relevantes das quatro classes UMTS QoS são resumidos na figura 21. O principal fator de distinção entre as quatro classes de tráfego é a forma como são sensíveis a atrasos do tráfego de dados.

	Conversational class	Streaming class	Interactive class	Background class
Transfer delay	80 ms –	250 ms –	—	—
Guaranteed bit rate (kbps)	Up to 2 Mbps	Up to 2 Mbps	—	—
Traffic handling priority	—	—	1,2,3	—
Allocation/retention priority	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3

Figura 21: Parâmetros das classes QoS UMTS. Fonte: HOLMA e TOSKALA, 2004

A Conversational class tem a maior sensibilidade à atraso de tráfego, enquanto a Background class tem menor sensibilidade. Existem três níveis de prioridades distintas para a categoria de alocação e/ou retenção de chamadas em cada classe de QoS. A Interactive class tem três níveis de prioridade para controle de tráfego, a conversational e streaming class possuem garantia de taxa de bits e parâmetros de atraso (*delay*) na transferência de dados.

A figura 22 apresenta algumas características das classes de QoS e exemplos de serviços.

Traffic class	Conversational	Streaming	Interactive	Background
Fundamental characteristics	• Low delay • Small delay variation	• Moderate delay and variation (end-user-application-dependent)	• Round trip delay is a matter of importance • Moderate delay variation • Request-response pattern	• Destination (end-user application) does not expect a response within a certain time
Service examples	• Speech, VoIP, video conferencing	• Streaming video, streaming audio	• Web-browsing	• Email and file-downloading

Figura 22: Características e serviços das classes QoS UMTS. Fonte: KAARANEN, 2005

O uso de QoS numa rede de telefonia móvel 3G é considerado útil quando temos alta carga de tráfego e serviços de diferentes requisitos de atraso (*delay*). Se a rede móvel 3G tem conhecimento destes diferentes requisitos ela será capaz de priorizar alguns serviços para melhor eficiência e utilização da rede.

5 TAXA DE TRÁFEGO DE DADOS EDGE e WCDMA (HSDPA)

Hoje muitos sistemas precisam de transmissão de dados para seu funcionamento e a tendência é que para atender a necessidade de tais sistemas que vem se tornando cada vez mais robustos, a performance destas transmissões tenham que ser cada vez melhor.

Para atender a estas demandas, realizaremos testes de taxa de acesso utilizando as tecnologias 2.75G EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*) e 3G WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) que utiliza a tecnologia HSDPA.

5.1 TESTE DE TAXA DE TRÁFEGO DE DADOS UTILIZANDO EDGE

Para teste de taxa de acesso na tecnologia EDGE foi realizado um acesso a um vídeo streaming com 56 minutos de duração no site www.globo.com e simultaneamente um download de um arquivo de 600 MB no site www.baixaki.com.br. Conforme figura 23.

Para medição da taxa de acesso em kbps (Kilobits por segundo) foi utilizado a ferramenta NetPersec e para o download do arquivo o software DAP (*Download Accelerator Plus*).

O teste foi realizado uma única vez, no dia 28/12/2009 às 12h e 46min na cidade de Natal – RN. Foi utilizado um contrato de serviço que não tem limite para taxa de tráfego de dados na rede EDGE.

Após 10 minutos de conexão foram coletadas as taxas de tráfego de dados que estavam sendo recebidas.

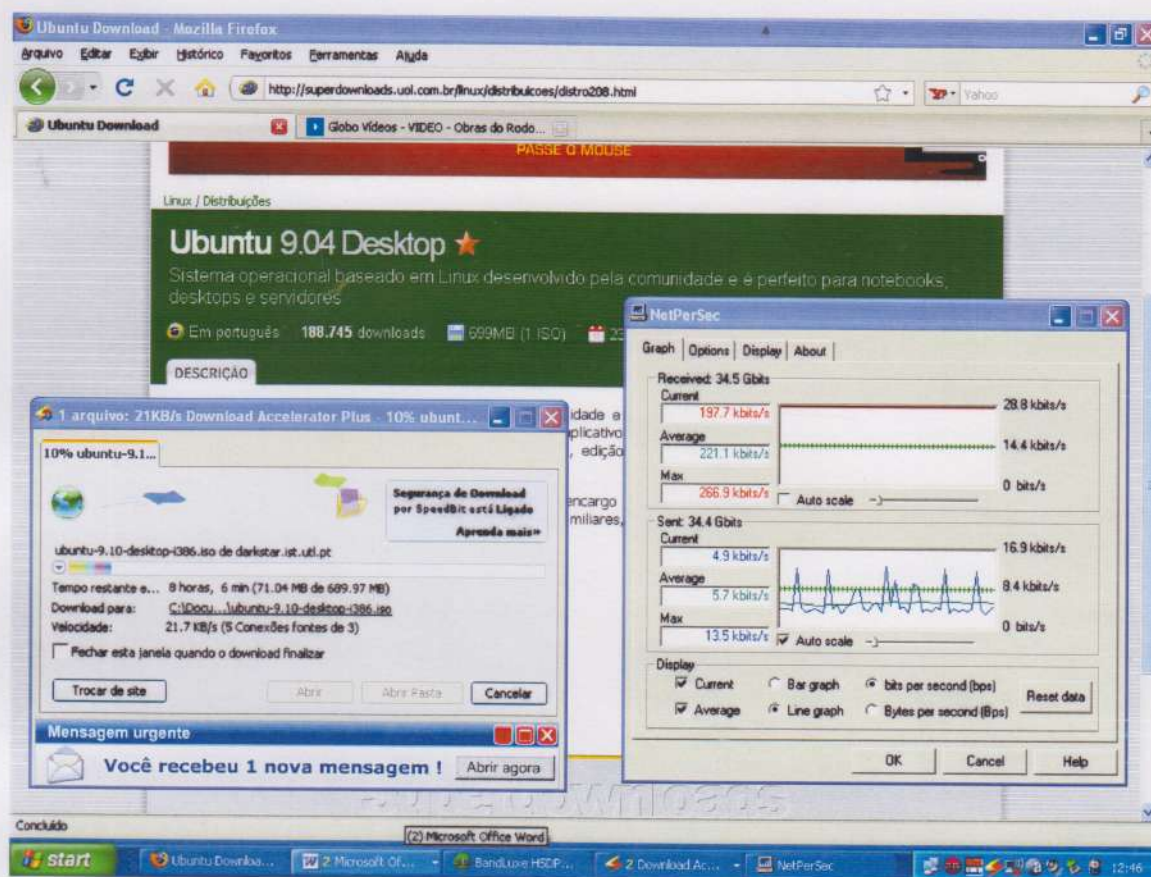


Figura 23: Teste de acesso tecnologia EDGE

No acesso com a tecnologia EDGE foi obtido uma taxa média de acesso de 221,1 kbps e uma taxa máxima de 266,9 kbps.

5.2 TESTE DE TAXA DE TRÁFEGO DE DADOS WCDMA (HSDPA)

Para teste de taxa de acesso na tecnologia HSDPA foi realizado um acesso a um vídeo streaming com 56 minutos de duração do site www.globo.com e simultaneamente um download de um arquivo de 600 MB no site www.baixaki.com.br. Conforme figura 24.

Para medição da taxa de acesso em Mbps (Mega bits por segundo) foi utilizado a ferramenta NetPersec e para o download do arquivo o software DAP (*Download Accelerator Plus*).

Após 10 minutos de conexão foram coletadas as taxas de tráfego de dados que estavam sendo recebidas.

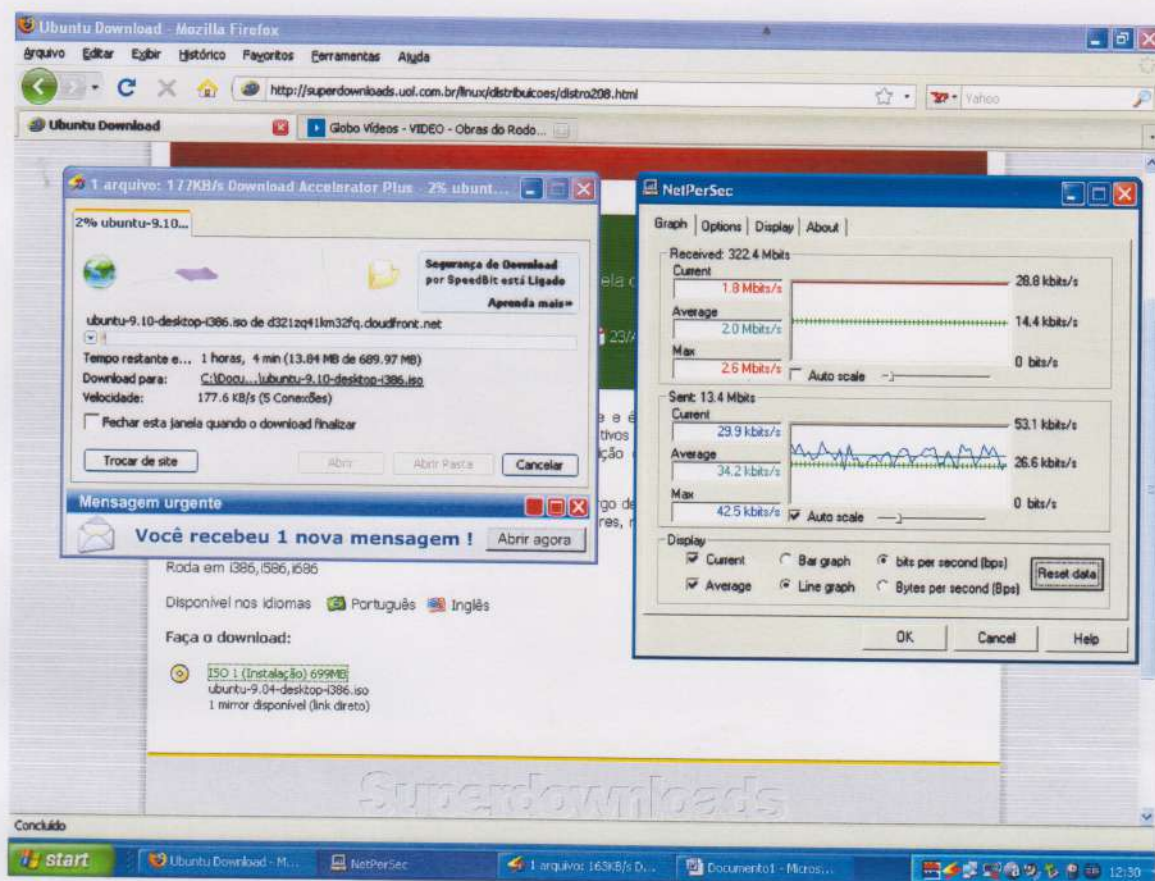


Figura 24: Teste de acesso tecnologia HSDPA

No acesso com a tecnologia HSDPA foi obtido uma taxa média de acesso de 2 Mbps e uma taxa máxima de 2,6 Mbps.

6 UTILIZAÇÃO DA REDE WCDMA NO DIA-DIA

A convergência de serviços de voz e dados com transmissão em alta velocidade nas redes de 3ª Geração, fez com que os fabricantes de dispositivos móveis evoluíssem produzindo com maior sofisticação. Processadores cada vez melhores, telas sensíveis ao toque humano, capacidade de executar diversas aplicações e sistemas operacionais, memórias com grande capacidade de armazenamento, câmeras fotográficas e de vídeos de alta definição que suportam o serviço de vídeo chamada e envio e recebimento de mensagens multimídias.

Grandes mudanças e benefícios surgiram para os usuários de serviços de dados que utilizam serviços de entretenimentos. As corporações integram estes novos serviços às atividades rotineiras. A alta velocidade na transmissão de dados e a mobilidade contribuem significativamente para uma melhor comodidade e rapidez nas transações diárias.

Os aparelhos portáteis móveis celulares passaram a ser dispositivos computacionais por terem sistemas operacionais, aplicativos para leitura de e-mail, aplicativos usados em escritório de trabalho etc. As empresas tiveram uma visão com relação a oportunidades de contenção de custos e buscaram implementar o Home Office. Os funcionários das empresas passaram a produzir em ambientes que não fossem os da empresa em que trabalhavam. Com certeza isso contribui bastante para a diminuição do que hoje são um dos maiores custos de uma empresa, o consumo de energia elétrica e de água por exemplo. Em consequência disto, estes funcionários mudaram também o seus perfis de usuários da telefonia móvel celular levando também essa filosofia para suas vidas pessoais cotidianas.

A união de dispositivos computacionais com as redes de telefonia de 3ª geração gerou benefícios para empresas e usuários dando suporte a algumas atividades.

Algumas rotinas de trabalho dos profissionais liberais e das empresas brasileiras já utilizam como suporte da rede telefonia de 3ª Geração (3G). Segue relato de alguns cenários na prática:

Sistema transmite imagens de câmeras em tempo real pela rede de celular. As soluções de monitoramento de rotas não são novidade para empresas de logística e distribuição. A forma como ela é feita, no entanto, pode variar bastante. Desde um simples acompanhamento via satélite, até transmissão em tempo real das imagens produzidas a câmeras acopladas aos veículos. Operadoras de telefonia celular, em parceria com a empresa de transportes e logísticas, usam um sistema de monitoramento que usa as redes de celular 3G (WCDMA). O princípio é muito simples: câmeras são instaladas em veículos ou pontos fixos e transmitem por streaming as imagens para uma central. Quem comanda o processo todo é um pequeno computador, com o tamanho de um cd player. Ele recebe e comprime as imagens para um formato proprietário e as envia à central usando um roteador 3G. A transmissão é feita a uma velocidade que varia entre 10 e 15 fps. As imagens são acessadas num computador comum ou em dispositivos móveis. O módulo também pode vir com função de GPS e vídeo alarme. Caso algo saia do previsto como o acionamento de um botão antipânico ou a ativação do sensor de presença um alarme é enviado à central e a imagem do assaltante entra ao vivo.

A vantagem das redes 3G para profissionais liberais são inúmeras. De um modo geral, as atuais redes de dados permitem que profissionais liberais, empresários e executivos gerenciem e-mails e finanças remotamente a partir de Smart Phones. Mas manipular anexos de emails pesados sempre foi um tarefa árdua. Engenheiros, arquitetos e publicitários são as categorias profissionais que mais demandam redes robustas para o gerenciamento de seu trabalho, já que arquivos gráficos são rotina em seu dia-a-dia. Profissionais da área de vendas também terão seu trabalho otimizado, o que traz benefícios imediatos em produtividade e nos ganhos.

Outra área que está sofrendo o impacto positivo das rede de 3ª Geração (3G), é a área de comunicação. Um conjunto de aparelhos e acessórios juntamente com um conexão na rede 3G, dão suporte aos jornalistas que trabalham em campo e precisam publicar ou mandar seu material para redações com extrema urgência. Isso traz tudo o que os jornalistas precisam para desempenhar seu trabalho nas regiões mais distantes do mundo.

Como podemos observar, temos inúmeras aplicações que utilizam a rede de telefonia móvel 3G, e a partir destas, utilizando sofisticados dispositivos

computacionais, já podemos imaginar outras atividades que podem ter suporte da rede móvel de alta velocidade.

7 CONCLUSÃO

O estudo da evolução da tecnologia móvel possibilita uma boa visão sistêmica desde o início das comunicações sem fio até as redes de tecnologia 3G com as características das principais tecnologias.

Ficou constatado também que através dos métodos de priorização, a aplicação de QoS é um dos principais fatores que influenciam na qualidade dos serviços em uma rede WCDMA.

A relação de capacidade para taxas de transmissão de dados por categorias de terminais móveis utilizados pelos usuários da rede 3G, é de suma importância para definir qual dispositivo deve se utilizar para diferentes tipos de sistemas de informação, pois lista qual a capacidade de transmissão de dados que cada dispositivo contém.

Fica comprovado que a tecnologia HSDPA da rede WCDMA tem um ótimo desempenho em taxa de tráfego dados chegando à taxa média de 2 Mbps e máxima de 2.6 Mbps, sendo recomendado para sistemas de informações que necessitam de altas taxas de transmissão de dados. Diante dos testes, fica constatado que a tecnologia EDGE pode ser utilizada como ferramenta para sistemas de informação que não necessitam de altas taxas de tráfego de dados, no teste chegou a atingir uma taxa média de 221,1 kbps e uma taxa máxima de 266,9 kbps.

7.1 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Aqui são sugestões para continuação de pesquisas relacionadas aos assuntos abordados neste trabalho.

Durante o desenvolvimento de sistemas de informações alguns problemas podem ocorrer com relação aos custos e desempenho que estes sistemas podem agregar. A fim de minimizar estes custos seguem algumas propostas:

Uma primeira proposta seria a realização do estudo de qual tipo de transmissão de dados da rede móvel seria viável especificamente para determinado sistema de informação. Neste trabalho foram abordadas as tecnologias de transmissão de dados EDGE e HSDPA (WCDMA), suas características, testes de funcionamento e desempenho.

Uma segunda proposta seria um estudo de quais categorias de dispositivos móveis são mais adequadas para cenários de utilização e necessidade distintas. Neste trabalho foi relacionada à capacidade de transmissão de dados por categoria dos dispositivos móveis celulares em uso com a tecnologia HSDPA.

Uma terceira e última proposta seria quais protocolos se utilizar para suporte a sistemas de informações a fim de minimizar as perdas ocasionadas por rotinas específicas de cada protocolo, tendo assim um melhor aproveitamento do meio de transmissão da rede móvel. Este trabalho apresentou algumas situações onde os protocolos podem influenciar para o usuário final no que diz respeito ao desempenho da transmissão de dados na rede móvel.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANNISTER, Jeffrey; MATHER, Paul; COOPE, Sebastian. **Convergence technologies for 3G networks: IP, UMTS, EGPRS and ATM**. England: John Wiley & Sons Ltd, 2004.

BORO, Rogério. **CDMA – CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS**. Disponível em: <http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/boros/cdma_01.html#2>. Acesso em: 16 jun. 2009.

CONNIQ. **Duplexing: TDD or FDD**. Disponível em: <<http://www.conniq.com/WiMAX/>>. Acesso em 15 de ago. de 2009.

ERICSSON. **BASIC CONCEPTS OF HSPA**. Disponível em: <http://www.dcc.fc.up.pt/~mrodrigues/teaching/wn0809/wn0708_additions3.pdf>. Acesso em 13 de set. de 2009.

FERNANDES, Michelle Poliana; OLIVEIRA, Luciana Biachini de; SOARES, Marilson Duarte. Tutorial **Evolução dos Celulares**. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/>>. Acesso em: 10 out. 2009.

GTA. Comunicações Pessoais Móveis - **Uma visão geral sobre os sistemas**. Disponível em: <<http://www.gta.ufrj.br/~flavio/commovel/GSM.htm>>. Acesso em: 10 jun. 2009

HOLMA, Harri; TOSKALA, Antti. **WCDMA FOR UMTS: Radio Access for Third Generation Mobile Communications**. England: John Wiley & Sons Ltd, 2004.

KAARANEN, Heikki et al. **UMTS NETWORKS: Architecture, Mobility and Services**. England: John Wiley & Sons Ltd, 2005.

KUROSE, James F.; ROSS, Keith W; tradução Arlete Simille Marques; revisão técnica Wagner Luiz Zucchi. **Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down**. 3. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2006.

LUNARDON, Mario Luiz. SIEMENS Ltda. **Visão Geral do Sistema BSS**. Werner von Siemens Academy, 2006.

MARK SWEENEY. Software **NetPerSec Version 1.1**. Disponível em: <<http://www.pcmag.com/article2/0,4149,1735,00.asp>>. Acesso em: 24 de nov. de 2009.

MELO FILHO, José Coelho de. **Introdução às redes de celulares de 3ª geração: redes (3G)**. Universidade Federal do Rio de Janeiro – Mestrado em Informática – Sistemas Distribuídos Multimídia, 2001. RUST, Luiz Fernando.

MÜLLER, Hans Jürgen. **3G**. Disponível em: <bernadete.eeol.org/IVSEEL/Palestras/Hans_3G4G.ppt>. Acesso em: 10 mar. 2009

PIRTTIAHO, Lauri. **Introduction to 3G WCDMA: Radio Communications System**. Nokia, 2001.

SOARES, Marilson Duarte. Tutorial **EDGE**. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/>>. Acesso em: 3 set. 2009.

SOUZA, José Luiz de; TUDE, Eduardo. Tutorial **Telefonia Celular no Brasil**. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/>>. Acesso em: 13 out. 2009.

SPEEDBIT. Software **DAP – Download Accelerator Plus** Version 9.3.0.4. Disponível em: <<http://www.speedbit.com/dap/>>. Acesso em: 18 de nov. de 2009.

SVERZUT, José Umberto, **Redes GSM, GPRS, EDGE e UMTS: evolução a caminho da terceira geração (3G)**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2005.

TOSTES, Anna Izabel J; FIGUEIREDO Fátima de L. P. Duarte **Simulação e análise de redes móveis de terceira geração 3G**. 2008. Destaque da Iniciação Científica 2007 (Instituto de Informática) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUCMG), Belo Horizonte.

_____. **Simulação e Análise de Controles de Admissão de Chamadas para Redes Móveis UMTS de Terceira Geração 3G**. 2009. Artigo Científico (Instituto de Informática) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUCMG), Belo Horizonte.

TUDE, Eduardo. Tutorial **GSM**. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/>>. Acesso em: 20 mai. 2009.

_____. Tutorial **GPRS**. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/>>. Acesso em: 25 mai. 2009.

_____. Tutorial **HSDPA: A Banda Larga do UMTS**. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/>>. Acesso em: 26 mai. 2009.