

Luis Claudio dos Santos

**Análise de Transmissão de Voz
em Modo Pacote nas Redes
Celulares EGPRS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
Programa de Pós Graduação em
Engenharia Elétrica

Rio de Janeiro
Março de 2006



Luis Claudio dos Santos

**Análise de Transmissão de Voz em
Modo Pacote nas Redes Celulares EGPRS**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Técnico Científico da PUC-Rio.

Orientador: Prof. José Roberto Boisson de Marca

Rio de Janeiro
Março de 2006



Luis Claudio dos Santos

**Análise de Transmissão de Voz
Em Modo Pacote nas Redes
Celulares EGPRS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Dr. José Roberto Boisson de Marca
Orientador

Centro de Estudos em Telecomunicações - PUC-Rio

Dra. Rosa Maria Meri Leão
COPPE/UFRJ

Dr. João Célio Barros Brandão

Centro de Estudos em Telecomunicações - PUC-Rio

Dr. Luiz Alencar Reis da Silva Mello

Centro de Estudos em Telecomunicações - PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal
Coordenador Setorial do Centro
Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 27 de março de 2006

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização formal do autor, do orientador e da universidade.

Luis Claudio dos Santos

Graduou-se em Engenharia de Computação pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica em 1999.

Ficha Catalográfica

Santos, Luis Claudio dos

Análise de transmissão de voz em modo pacote nas redes celulares EGPRS / Luis Claudio dos Santos; orientador: José Roberto Boisson de Marca. – Rio de Janeiro: PUC, Departamento de Engenharia Elétrica, 2006.

107 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica.

Inclui referências bibliográficas.

1. Engenharia elétrica – Teses. 2. PoC. 3. Push to Talk over Cellular. 4. EDGE. 5. EGPRS. 6. Transmissão de Voz em Modo Pacote. 7. Análise de Desempenho. 8. Tangram. I. Marca, José Roberto Boisson de. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. III. Título.

CDD: 621.3

Aos meus pais, Neura e Reginaldo,
ao meu irmão, Rogério,
e a Deus.

Agradecimentos

Aos meus chefes no Departamento de Controle do Espaço Aéreo, órgão do Comando da Aeronáutica, em especial, ao Major Walcyr Josué de Castilho Araújo, pelo incentivo e confiança durante tantos meses em que não pude me dedicar inteiramente às minhas atividades no DECEA.

Aos meus subordinados naquele Departamento, em especial ao Sargento Carlos Manuel Teixeira Mansores, por continuarem desempenhando tão bem o seu trabalho, mesmo nos momentos em que estive ausente por conta da dedicação às minhas obrigações como aluno de mestrado nesta Universidade.

Ao meu orientador, Prof. José Roberto Boisson de Marca, pela paciência e compreensão desde o início e, sobretudo, pelos ensinamentos que me foram tão importantes.

Ao amigo Marcelo Lomonaco, que iniciou esta jornada comigo, e cuja força foi imprescindível nesta reta final.

A Deus, por tudo.

Resumo

Santos, Luis Claudio; de Marca, José R. Boisson (Orientador). **Análise da Transmissão de Voz em Modo Pacote nas Redes Celulares EGPRS.** Rio de Janeiro, 2006. 107 páginas. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Atualmente, há uma demanda crescente por serviços que exploram a integração entre as tradicionais redes de pacotes (como a Internet) e as redes celulares de última geração. Além das aplicações que visam ao transporte de dados em si, há linhas de pesquisa no sentido de oferecer serviços de voz sobre IP em redes celulares, ou seja, explorando o paradigma da transmissão de voz em pacotes. Uma destas aplicações é o *Push to Talk over Cellular*, ou PoC, serviço no qual, durante uma sessão, apenas um usuário por vez pode falar em modo *half duplex*. No PoC, assim como em toda aplicação baseada em voz sobre IP, o atraso fim-a-fim, a variação do atraso (*jitter*) e as taxas de perdas (além de outros fatores) influenciam a qualidade da recepção da voz nos extremos finais da comunicação. Os resultados aqui apresentados estão focados no requisito de atraso fim-a-fim dos pacotes de voz, cujos valores variam dependendo do tamanho destes pacotes, do número de usuários por canal e, principalmente, das condições do meio (razão C/I). Também são apresentados resultados referentes às simulações que validaram o modelo da rede EGPRS, mais especificamente, referentes às características da interface aérea baseada no EDGE. Durante as simulações, considerou-se que os canais eram dedicados às sessões PoC, isto é, sem nenhuma espécie de tráfego concorrente.

Palavras-chave

PoC; Push to Talk over Cellular; EDGE; EGPRS; Transmissão de Voz em Modo Pacote; Análise de Desempenho; Tangram.

Abstract

Santos, Luis Claudio; de Marca, José R. Boisson (Advisor). **Analysis of the Voice Transmission on Packet Mode over EGPRS Networks**. Rio de Janeiro, 2006. 107 pages. MSc. Dissertation – Department of Electrical Engineering, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Nowadays, there is a increasing demand for services that join traditional packet data networks (like Internet) and last generation cellular systems. Besides applications based on data only, there are researches about offer services of voice calls in cellular networks based on packet switched transmission mode. One of that is *Push to Talk over Cellular*, or PoC, that is a real-time service based on delivery of voice traffic in packets between two or more parties in a *half duplex* way. Like traditional VoIP services, the end-to-end delay, the *jitter* and the lost rates can affect the transmission and reception of the voice between the extremes of the communication. The results are focused on end-to-end delay of the voice packets in a PoC session, whose values can change drastically depending on the size of the packets, the number of users sharing a channel and, mainly, the conditions of the medium (C/I rates). The model used for the EGPRS network, in special, the EDGE air interface, is studied by simulations and the results are presented and analysed too. This work presents a mean of estimating the capacity of EGPRS/EDGE channels of supporting PoC sessions without considering any other type of traffic.

Keywords

PoC; Push to Talk over Cellular; EDGE; EGPRS; Voice Transmission in Packet Mode; Performance Analysis; Tangram.

Sumário

1	Introdução	16
2	Transmissão de Pacotes na Segunda Geração	18
2.1.	Introdução	18
2.2.	GSM (<i>Global System for Mobile communications</i>)	19
2.2.1.	A Transmissão de Dados no GSM	20
3	Evolução Rumo à Terceira Geração	23
3.1.	HSCSD (<i>High Speed Circuit Switched Data</i>)	23
3.2.	GPRS (<i>General Packet Radio Service</i>)	24
3.2.1.	A Transmissão de Dados no GPRS	25
3.3.	EDGE (<i>Enhanced Data Rate for Global Evolution</i>)	27
3.3.1.	A Transmissão de Dados no EDGE	27
3.4.	Os sistemas ECSD e EGPRS	29
4	Transmissão de Voz em Pacotes nas Redes Celulares	30
4.1.	Requisitos de Qualidade em Aplicações VoIP	31
4.2.	Padrões para Medir Qualidade (MOS e o <i>E-Model</i>)	33
4.3.	Codificação com Taxas Adaptativas (AMR)	36
4.4.	Sinalização de Sessões (SIP)	38
5	Análise do PoC nas Redes EGPRS	40
5.1.	A Ferramenta de Simulação	40
5.2.	Interface Aérea do EGPRS	41
5.2.1.	Relação C/I	41
5.2.2.	Adaptação de Canal	44
5.3.	Modelos Desenvolvidos	46
5.3.1.	Modelo para o canal (<i>EDGE_Channel</i>)	46
5.3.1.1.	Resultados	50
5.3.2.	Modelo para o serviço <i>Push-to-Talk over Cellular (PoC_Max)</i>	52

5.3.2.1. Simulação das Sessões	53
5.3.2.2. Formação dos Pacotes de Voz	55
5.3.2.3. Sinalização	55
5.3.2.4. Resultados	56
6 Conclusão	70
Referências Bibliográficas	73
Glossário	76
Apêndice A – Código Parcial do Objeto <i>PoC_Max</i>	77

Lista de figuras

Figura 1: Arquitetura GSM.	20
Figura 2: Estrutura de um <i>frame</i> GSM.	21
Figura 3: Estruturação do canal de tráfego (TCH) do GSM.	21
Figura 4: Protocolos do GPRS.	24
Figura 5: Arquitetura GPRS.	26
Figura 6: MOS versus <i>E-model</i> .	34
Figura 7: Esquema para a obtenção de valores MOS a partir do PESQ.	35
Figura 8: Variação do MOS para o AMR sem supressão de silêncio.	35
Figura 9: Variação do MOS para o AMR com supressão de silêncio.	36
Figura 10: Curva C/I de 3GPP para o TU-3 com perda por sombreamento <i>log-normal</i> (desvio de 6 dB) e perda por propagação igual a 38 dB/década.	42
Figura 11: Curva C/I de LUCENT para o TU-3 com perda por sombreamento <i>log-normal</i> (desvio de 7 dB) e perda por propagação igual a 35 dB/década.	43
Figura 12: Curva C/[I+N] de YALLAPRAGADA para o TU-3, C/N igual a 24 dB com perda por sombreamento <i>log-normal</i> (desvio igual a 6 dB).	43
Figura 13: Desempenho do EDGE: BLER.	44
Figura 14: Desempenho do EDGE: Vazão.	45
Figura 15: Envoltórias de desempenho do EDGE.	46
Figura 16: Imagem do modelo <i>EDGE_Channel</i> na plataforma TANGRAM.	47
Figura 17: Alternância entre os grupos durante a simulação.	48
Figura 18: Vazão EDGE com PG variando (02 PDTCHs / TU-3 / 4/12).	50
Figura 19: Vazão EDGE com PG fixas (02 PDTCHs / TU-3 / 4/12).	51
Figura 20: Imagem do modelo <i>PoC_Max</i> na plataforma TANGRAM.	52
Figura 21: Diagrama de estados das estações em uma sessão PoC.	54
Figura 22: Sessões com AMR 4.75, PTIME=12, PG1=PG2=0.1 e LA ideal.	59
Figura 23: Sessões com AMR 4.75, PTIME=12, PG1=PG2=0.1 e BLER < 3%.	60
Figura 24: Sessões com PTIME=08, PG1=PG2=0.1 e iLA.	61
Figura 25: Sessões com PTIME=12, PG1=PG2=0.1 e iLA.	62
Figura 26: Sessões com PTIME=16, PG1=PG2=0.1 e iLA.	62
Figura 27: Sessões com PTIME=20, PG1=PG2=0.1 e iLA.	63

Figura 28: Sessões com PTIME=08, PG1=PG2=0.1 e BLER < 3%.	64
Figura 29: Sessões com PTIME=12, PG1=PG2=0.1 e BLER < 3%.	64
Figura 30: Sessões com PTIME=16, PG1=PG2=0.1 e BLER < 3%.	65
Figura 31: Sessões com PTIME=20, PG1=PG2=0.1 e BLER < 3%.	65
Figura 32: Sessões com AMR variável, PTIME=12 e iLA.	66
Figura 33: Sessões com AMR variável, PTIME=12 e BLER < 3%.	67
Figura 34 Sessões com taxas de codificação AMR variando de acordo com JARVINEN [27] (PG1=PG2=0.1, PTIME=12, BLER < 3% e C/I de LUCENT).	68

Lista de tabelas

Tabela 1: MCSs do EDGE e CSs do GPRS.	28
Tabela 2: Taxas de codificação do AMR.	37
Tabela 3: Parâmetros para simulação do modelo <i>EDGE_Channel</i> .	49
Tabela 4: Recomendações para o atraso de sinalização no PoC.	56
Tabela 5: Parâmetros para simulação do modelo <i>PoC_Max</i> .	57
Tabela 6: Caracterização da sessão PoC simulada.	58
Tabela 7: Pontos de chaveamento AMR de acordo com a razão C/I.	66
Tabela 8: Pontos de chaveamento AMR de acordo com a razão C/I.	68

Abreviaturas e Siglas

2G/3G	<i>2rd/3rd Generation</i> - Segunda Geração de Telefonia Celular.
3GPP	<i>3rd Generation Partnership Project</i> - Projeto de Parceria para a Terceira Geração.
8-PSK	<i>Octogonal Phase Shift Keying</i> - Chaveamento em Fase Octogonal.
AMPS	<i>American Mobile Phone System</i> - Sistema de Telefonia Móvel Americano.
AMR	<i>Adaptative Multi-Rate codec</i> - Codificador Multi-Taxa Adaptativo.
AuC	<i>Authentication Center</i> - Centro de Autenticação.
BER	<i>Bit Error Rate</i> - Taxa de Bits Errados.
BLER	<i>Block Error Rate</i> - Taxa de Blocos Errados.
BTS	<i>Base Transceiver Station</i> - Estação Rádio-Base (ERB).
BSC	<i>Base Station Controller</i> - Controlador de Estação Rádio-Base.
BSS	<i>Base Station SubSystem</i> - Subsistema de Estação Rádio-Base.
CDF	<i>Cumulative Distribution Function</i> - Função de Distribuição Cumulativa.
CDMA	<i>Code Division Multiple Access</i> - Acesso Múltiplo por Divisão em Código
C/I	<i>Carrier/Interference</i> – Relação Portadora/Interferência (SIR).
C/N	<i>Carrier/Noise</i> - Relação Portadora/Ruído (SNR).
CS	<i>Coding Scheme</i> - Esquema de Codificação.
DTX	<i>Discontinuous Transmission</i> - Transmissão Descontínua.
ECSD	<i>Enhanced Circuit Switched Data</i> - Otimização do Serviço de Dados Chaveados por Circuito.
EDGE	<i>Enhanced Data Rates for GSM Evolution</i> - Otimização das Taxas de Dados para Evolução Global.
EGPRS	<i>Enhanced GPRS</i> - GPRS Otimizado.
EIR	<i>Equipment Identity Register</i> - Registro de Identidade de Equipamento.
ETSI	<i>European Telecommunications Standards Institute</i> - Instituto de Padrões de Telecomunicações Européias.

FEC	<i>Foward Error Correction</i> - Correção de Erros Adiantada.
GERAN	<i>GSM EDGE Radio Access Network</i> - Rede de Acesso Rádio GSM EDGE.
GGSN	<i>Gateway GPRS Support Node</i> - Nó Gateway para Suporte GPRS.
GMSK	<i>Gaussian Minimum Shift Keying</i> - Chaveamento Gaussiano Mínimo.
GPRS	<i>General Packet Radio System</i> - Sistema Rádio Generalizado baseado em Pacotes.
GSM	<i>Global System for Mobile communicatons</i> - Sistema Global para Comunicações Móveis.
GTP	<i>GPRS Tunneling Protocol</i> - Protocolo Tunelamento GPRS.
HLR	<i>Home Location Register</i> - Base de Registro do Usuário Local.
HSCSD	<i>High Speed Circuit Switched Data</i> - Transmissão de Dados Comutados por Circuito em Alta Velocidade.
IMT	<i>International Mobile Telecommunications</i> - Telecomunicações Móveis Internacionais.
IS-95	<i>Interim Standard 95</i> - Padrão Interino 95
ISDN	<i>Integrated Services Digital Network</i> - Rede Digital de Serviços Integrados (RDSI).
ITU	<i>International Telecommunication Union</i> - União Internacional para as Telecomunicações.
LLC	<i>Logical Link Control</i> - Controle de Enlace Lógico.
MAC	<i>Medium Access Control</i> - Controle de Acesso ao Meio.
MCS	<i>Modulation and Coding Scheme</i> - Esquema de Codificação e Modulação.
MOS	<i>Mean Opinion Score</i> - Pontuação Subjetiva Média.
OMA	<i>Open Mobile Alliance</i> - Aliança para Padronização de Padrões Abertos de Mobilidade.
PDTCH	<i>Packet Data Traffic Channel</i> - Canal de Tráfego de Dados em modo Pacote.
PDP	<i>Packet Data Protocol</i> - Protocolo de Dados em modo Pacote.
PDU	<i>Protocol Data Unit</i> - Unidade de Dados de Protocolo.
PDN	<i>Packet Data Network</i> - Rede de Pacotes.
PESQ	<i>Perceptual Evaluation of Speech Quality</i> - Avaliação Perceptiva da Qualidade da Fala.

PSTN	<i>Public Switched Telephone Network</i> - Rede Pública Chaveada de Telefonia.
PoC	<i>Push-to-Talk over Cellular</i> - Comunicação PTT em Redes Celulares.
PTT	<i>Push-to-Talk</i> - Acesso Direto para Comunicação Instantânea via Rádio.
RFC	<i>Request for Comment</i> – Documentos de Padronização dos Protocolos da Internet. Disponíveis em http://www.rfc-editor.org/ .
RLC	<i>Radio Link Control</i> - Controle de Enlace Rádio.
RTP	<i>Real Time Protocol</i> - Protocolo de Mídia de Tempo Real.
RTCP	<i>Real Time Control Protocol</i> - Protocolo de Controle do RTP.
SACCH	<i>Slow Associated Control Channel</i> - Canal Lento de Controle Associado.
SGSN	<i>Server GPRS Support Node</i> - Nó Servidor de Suporte GPRS.
SID	<i>Silence Descriptor</i> - Descritor de Silêncio.
SIM	<i>GSM Subscriber Identity Module</i> - Módulo de Identidade do Assinante GSM.
SMS	<i>Short Message Service</i> - Serviço de Mensagens Curtas.
SigComp	<i>Signaling Compression</i> - Compressão de Cabeçalhos.
TBF	<i>Temporary Block Flow</i> - Fluxo Temporário em Bloco.
TFI	<i>Temporary Flow Identity</i> - Identidade de Fluxo Temporário.
TGIF	<i>Tangram Graphic Interface Facility</i> - Interface Gráfica Auxiliar do Tangram.
TCH	<i>Traffic Channel</i> - Canal de Tráfego.
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunication services</i> - Serviços Globais de Telecomunicação Móvel.
UTRAN	<i>UMTS Terrestrial Radio Access Network</i> - Rede Terrestre de Acesso Rádio para o UMTS.
UWCC	<i>Universal Wireless Communications Consortium</i> - Consórcio para as Comunicações “Sem-Fio” Universais.
VAD	<i>Voice Activity Detector</i> - Detector de Atividade de Voz.
VLR	<i>Visitor Location Register</i> - Base de Registro do Usuário Visitante.
WCDMA	<i>Wideband Code Division Multiple Access</i> - Acesso Múltiplo por Divisão em Código em Banda Larga.