

Rodrigo Morgado da Silva

**Recursos de QoS aplicados
nos protocolos de NGN com
base no padrão UMTS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Programa de Pós-Graduação em

Engenharia Elétrica

Rio de Janeiro
Novembro de 2005



Rodrigo Morgado da Silva

**Recursos de QoS aplicados nos protocolos
de NGN com base no padrão UMTS**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Elétrica da PUC - Rio.

Orientador: Prof. Marco Antonio Grivet

Rio de Janeiro
Novembro de 2005



Rodrigo Morgado da Silva

**Recursos de QoS Aplicados nos
Protocolos de NGN com Base no
Padrão UMTS**

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.

Prof. Marco Antonio Grivet Mattoso Maia

Orientador
Centro de Estudos em Telecomunicações - PUC-Rio

Prof. Rodolfo Sabóia Lima de Souza

Centro de Estudos em Telecomunicações - PUC-Rio

Prof. Ewerton Longoni Madruga

Centro de Estudos em Telecomunicações - PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro
Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 25 de novembro de 2005

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

Rodrigo Morgado da Silva

Graduou-se em Engenharia de Telecomunicações na UFF (Universidade Federal Fluminense) em 1999. Concluiu Pós Graduação de MBA em Serviços de Telecomunicações pela UFF (Universidade Federal Fluminense) em 2001.

Ficha Catalográfica

Silva, Rodrigo Morgado da

Recursos de QoS aplicados nos protocolos de NGN com base no padrão UMTS / Rodrigo Morgado da Silva ; orientador: Marco Antonio Grivet. - Rio de Janeiro: PUC, Departamento de Engenharia Elétrica, 2005.

137 f. : il. ; 30 cm

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

Incluí referências bibliográficas.

1. Engenharia elétrica - Teses. 2. NGN. 3 - UMTS "all-IP". 4 - QoS. 5 - Diffserv. 6 - MPLS. 7 - protocolos de sinalização. 8 - atraso de pacotes. I. Grivet, Marco Antonio. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. III. Título.

CDD:621.3

A Deus.
A minha família.
A minha esposa.

Agradecimentos

A Marco Antonio Grivet, meu orientador da dissertação. Pelo apoio e conselho.

A meus pais José e Julieta e a minha irmã Flávia, por terem me preparado e me ajudado, com seu amor, a enfrentar os desafios da vida.

A minha esposa Iliana, pelo amor, pela paciência e pelo incentivo.

A meus amigos Mário Rogério Gama Filho e Fernando Septien pela confiança e incentivo.

A Fabio Doueck pela ajuda prestada e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram na elaboração deste trabalho.

À empresa VIVO por disponibilizar os equipamentos necessários para execução dos experimentos deste trabalho.

Resumo

Silva, Rodrigo Morgado da; **Recursos de QoS aplicados nos protocolos de NGN com base no padrão UMTS**. Rio de Janeiro, 2005. 137p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Este trabalho aborda um estudo sobre o desempenho de uma rede de dados IP/MPLS, com a implementação dos protocolos de NGN e (Sinalização sobre IP), utilizando a arquitetura Diffserv para oferecimento de QoS. O objeto do estudo está adequado aos padrões do IETF, definidos para arquitetura de core de rede UMTS “all-IP”. São detalhados o conceito, a arquitetura e os fluxos de chamadas do padrão UMTS e revistos conceitos básicos dos protocolos envolvidos na solução. Para a implementação de QoS no laboratório proposto, são revistos também os principais mecanismos de controle de tráfego Diffserv. Utilizando roteadores, switch’s, emuladores de protocolos e ferramentas de gerência por classes, avalia-se o desempenho do tráfego de uma rede com a implementação de VoIP e SS7oIP. Para o cenário especificado, são estudados: classificação dos protocolos para diferentes fontes de tráfego, disciplinas de serviço, procurando-se obter medidas de desempenho que possam ser úteis em projetos de core de rede, com qualidade de serviço, que possuam as características propostas pelo IETF para o padrão UMTS.

Palavras-chave

NGN; UMTS “all-IP”; QoS; Diffserv; MPLS; protocolos de sinalização; atraso de pacotes.

Abstract

Silva, Rodrigo Morgado da; **QoS Resources used in NGN protocols based to the UMTS standard**. Rio de Janeiro, 2005. 137p. MSc Dissertation – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This work approaches a study about the performance of a data network IP/MPLS, with an implementation of NGN protocols (Signaling over IP), using the DiffServ architecture to offer the QoS. The purpose of the study is suitable to the IETF standards, determined by architecture of core network UMTS “all-IP”. The concept, the architecture and the flux of standards call UMTS are detailed. In order to implement the QoS in the proposed laboratory, the main mechanism of traffic DiffServ control are revised too. Using routers, switch’s, network emulators and classes’ management tools, the performance of a network traffic with the implementation of VoIP and SS7oIP is evaluated. To the specific cenary, are studied the classification protocols for different traffic sources and disciplines of service, searching to get the measures of perform that can be useful in core network projects, with quality of service, that own the proposal characteristics by IETF to UMTS standard.

Keywords

NGN; UMTS “all-IP”; QoS; Diffserv; MPLS; signaling protocols; package delay.

Sumário

1	Introdução	17
2	UMTS e arquitetura “all-IP”	23
2.1.	Histórico	23
2.2.	Arquitetura UMTS “all-IP”	24
2.2.1.	Arquitetura “all-IP” – opção 1	25
2.2.2.	Arquitetura “all-IP” – opção 2	27
2.2.3.	Níveis da arquitetura UMTS “all-IP”	28
2.2.4.	Detalhamento dos nós de rede envolvidos na arquitetura UMTS “all-IP”	29
2.2.4.1.	Nós de rede do subsistema GPRS	29
2.2.4.2.	Nós de rede do subsistema de IP Multimídia	30
2.2.4.3.	Nós de rede da arquitetura UMTS all-IP da opção 2	33
2.2.5.	Protocolos de sinalização NGN	33
2.2.5.1.	H.248	34
2.2.5.2.	SIP	37
2.2.5.3.	SIGTRAN	40
2.2.6.	Fluxos de chamadas na arquitetura UMTS “all-IP”	43
3	Qualidade de Serviço	47
3.1.	Fases de QoS	47
3.2.	Parâmetros de desempenho de QoS	50
3.2.1.	Disponibilidade	50
3.2.2.	Perda de pacotes	50
3.2.3.	Atraso (Delay)	50
3.2.4.	Jitter	51
3.2.5.	Banda passante	51
3.3.	Modelo IntServ x Modelo DiffServ	51
3.3.1.	Serviços Integrados	52
3.3.2.	Serviços Diferenciados	53
3.3.2.1.	Classificação	54
3.3.2.2.	Marcação	54

3.3.2.3. Policiamento e Shaping	58
3.3.2.4. Gerência de Congestionamento	59
3.4. Suporte de QoS em UMTS – conceitos e arquiteturas	61
3.4.1. Requerimentos de QoS para o usuário final no core da rede de transporte	62
3.4.2. Classes de qualidade de serviço definidas no UMTS	62
3.4.3. Atributos de qualidade de serviço da rede de transporte UMTS	64
3.4.4. Valores padronizados para os atributos das classes	66
4 Experimento em Laboratório	68
4.1. Objetivo	68
4.2. Topologia e configurações dos equipamentos do Laboratório	69
4.3. Caracterização do tráfego especificado pelo UMTS	72
4.3.1. Class-Based Weighted Fair Queuing (CBWFQ)	78
4.3.2. Low-Latency Queuing (LLQ)	79
4.4. Dimensionamento e características dos perfis de tráfego	79
4.4.1. Classe Conversational - QOS_REAL-TIME	79
4.4.1.1. RTP áudio	79
4.4.1.2. RTP vídeo	80
4.4.2. Classe Streaming - QOS_GOLD	80
4.4.2.1. H.248	80
4.4.2.2. SIP	81
4.4.2.3. SIGTRAN	81
4.4.3. Classe Interactive - QOS_SILVER	82
4.4.3.1. Http	82
4.4.4. Classe Background = class-default	82
4.4.4.1. Telnet	82
4.4.4.2. Ftp	82
4.5. Gráficos e análises	82
4.5.1. Fase 1: Gráfico - Throughput por classe x Throughput por classe com perda de pacotes	84
4.5.2. Fase 2: Gráfico - Throughput x Delay	110
5 Conclusão e Trabalhos Futuros	115
5.1. Conclusão	115
5.2. Trabalhos Futuros	117
Referências Bibliográficas	118

Apêndice A Escalonamento de recursos	120
A.1 - Escalonamento FIFO (First In First Out)	122
A.2 - Escalonamento FQ (Fair Queuing)	122
A.3 - Escalonamento WFQ (Weighted Fair Queuing)	123
A.4 - Escalonamento PQ (Priority Queuing)	123
Apêndice B Configurações dos elementos de rede - Laboratório	125
B.1 – Configurações físicas dos elementos de rede	125
B.2 - Configurações lógicas do roteador Cisco 7140:	126
B.3 - Configurações lógicas do roteador Cisco 3660:	131
B.4 - Configurações lógicas do switch Cisco 2950:	135

Lista de tabelas

Tabela 1 - Utilização de bits no padrão DiffServ	56
Tabela 2 - Categorias DiffServ	56
Tabela 3 - Código DSCP x padrão Diffserv	57
Tabela 4 - Atributos de transporte do padrão UMTS por classe	66
Tabela 5 - Valores dos atributos da rede de serviço de transporte UMTS	67
Tabela 6 – Endereçamento IP alocado nas interfaces dos equipamentos	71
Tabela 7 - Sumário configuração proposta de QoS	73
Tabela 8 - Características de classificação e marcação dos pacotes	75
Tabela 9 - Configuração interfaces LAN dos roteadores	77
Tabela 10 - Configuração interfaces WAN dos roteadores	78
Tabela 11 – Fluxo de mensagens H.248	81
Tabela 12 - Fluxo de mensagens SIGTRAN IUA	81
Tabela 13 - Recomendação para classificação dos pacotes com protocolos NGN	116

Lista de figuras

Figura 1 - Design da porta de saída (WAN) de um roteador UMTS segundo [3]	21
Figura 2 - Evolução das redes até a 3ª geração	24
Figura 3 - Arquitetura da rede UMTS “all-IP” opção 1	26
Figura 4 - Arquitetura da rede UMTS “all-IP” opção 2	27
Figura 5 - Estrutura horizontal da uma rede UMTS “all-IP”	28
Figura 6 - Pilha de protocolos dos nós do subsistema GPRS	30
Figura 7 - Protocolos NGN e o modelo OSI	34
Figura 8 – Histórico Megaco/H.248	35
Figura 9 - Gateway control functions	36
Figura 10 – Arquitetura SIP	38
Figura 11 - Arquitetura de Protocolos SIGTRAN	41
Figura 12 - Pacote SCTP	43
Figura 13 - Fluxo de mensagens de chamada originada no domínio CS	44
Figura 14 - Fluxo de mensagens de chamada originada no domínio PS	45
Figura 15 - Fluxo de mensagens de chamada terminada no domínio PS	46
Figura 16 - Fases de Qualidade de serviço	48
Figura 17 - Árvore de recursos virtuais	48
Figura 18 – Definições de QoS da rede	54
Figura 19 - Byte TOS x Campo DiffServ	55
Figura 20 - Mecanismo RED	60
Figura 21 - Mecanismo WRED	61
Figura 22 - Arquitetura QoS do UMTS	62
Figura 23 - Topologia lógica do laboratório	69
Figura 24 - Topologia física do laboratório	70
Figura 25 - Design configuração QoS experimento	76
Figura 26 – Políticas de QoS aplicadas no Laboratório	76
Figura 27 - Estrutura de cabeçalho do protocolo RTP	80
Figura 28 - 1º Cenário: Marcação do tráfego antes do QoS – 0 a 500 segundos	88
Figura 29 - 1º Cenário: Marcação do tráfego antes do QoS – 510 a 1010 segundos	88
Figura 30 - 1º Cenário: Marcação do tráfego depois do QoS – 0 a 500 segundos	88
Figura 31 - 1º Cenário: Marcação do tráfego depois do QoS – 510 a 1010 segundos	89
Figura 32 - 1º Cenário: Tráfego descartado por QoS – 0 a 500 segundos	89

Figura 33 - 1º Cenário: Tráfego descartado por QoS – 510 a 1010 segundos	89
Figura 34 - 2º Cenário: Marcação do tráfego antes do QoS – 0 a 500 segundos	92
Figura 35 - 2º Cenário: Marcação do tráfego antes do QoS – 510 a 1010 segundos	92
Figura 36 - 2º Cenário: Marcação do tráfego depois do QoS – 0 a 500 segundos	92
Figura 37 - 2º Cenário: Marcação do tráfego depois do QoS – 510 a 1010 segundos	93
Figura 38 - 2º Cenário: Tráfego descartado por QoS – 0 a 500 segundos	93
Figura 39 - 2º Cenário: Tráfego descartado por QoS – 510 a 1010 segundos	93
Figura 40 - 3º Cenário: Marcação do tráfego antes do QoS	95
Figura 41 - 3º Cenário: Marcação do tráfego depois do QoS	95
Figura 42 - 3º Cenário: Tráfego descartado por QoS	96
Figura 43 - 4º Cenário: Marcação do tráfego antes do QoS	97
Figura 44 - 4º Cenário: Marcação do tráfego depois do QoS	97
Figura 45 - 4º Cenário: Tráfego descartado por QoS	98
Figura 46 - 5º Cenário: Marcação do tráfego antes do QoS	100
Figura 47 - 5º Cenário: Marcação do tráfego depois do QoS	100
Figura 48 - 5º Cenário: Tráfego descartado por QoS	100
Figura 49 - 6º Cenário: Marcação do tráfego antes do QoS	103
Figura 50 - 6º Cenário: Marcação do tráfego depois do QoS	103
Figura 51 - 6º Cenário: Tráfego descartado por QoS	103
Figura 52 - 7º Cenário: Marcação do tráfego antes do QoS	106
Figura 53 - 7º Cenário: Marcação do tráfego depois do QoS	106
Figura 54 - 7º Cenário: Tráfego descartado por QoS	106
Figura 55 - 8º Cenário: Marcação do tráfego antes do QoS	108
Figura 56 - 8º Cenário: Marcação do tráfego depois do QoS	109
Figura 57 - 8º Cenário: Tráfego descartado por QoS	109
Figura 58 - Influência classe Background na latência dos pacotes da classe Streaming	113

Lista de acrônimos

3GPP – 3rd Generation Partnership Project
AF - Assured Forwarding
BGCF: Breakout gateway control function
BSS: Base station subsystem
BSSGP – BSS GPRS Application Protocol
CAMEL: Customized Application Mobile Enhanced Logic
CAP: CAMEL application part
CB-WFQ – Class Based Weighted Fair Queuing
CS – Circuit Switching
CSCF: Call state control function
CSE: CAMEL service environment
DiffServ - Differentiated Service
DS – Differentiated Service
DSCP – DiffServ Code Point
EDGE: Enhanced data rates for global evolution
EF - Expedited Forwarding
ETSI - European Telecommunications Standards Institute
GERAN: GPRS Edge Radio Access
GGSN – Gateway GPRS Support Nodes
GPRS - General Packet Radio Service
GSM - Global System for Mobile Communication
GTP – GPRS Tunneling Protocol
HSS: Home subscriber server
IETF - Internet Engineering Task Force
IMS – IP Multimedia Subsystem
IntServ – Integrated Service
IP - Internet Protocol
ISDN - Integrated Services Digital Network
ISUP – ISDN User Part

ITU-T: International Telecommunication Union — Telecommunication

LLC – Logical Link Control

MAC – Medium Access Control

MAP: Mobile application part

MEGACO: Media Gateway Control

MGCF: Media gateway control function

MGW: Media gateway

MRF: Media resource function

MS: Mobile station

MSF: Multiservices Switching Forum

OSA: Open service architecture

PDP - Packet Data Protocol

PDU - Protocol Data Unit

PHB - Per Hop Behaviour

PLL – Physical Link Layer

PQ – Priority Queuing

PS - Packet Switched

PSTN - Public Switched Telephone Network

QoS - Quality of Service

RED - Random Early Detection

RFL – Physical RF Layer

RLC – Radio Link Control

RNC: Radio network controller

RSVP - Resource ReSerVation Protocol

SCS: OSA Service Capability Server

SGCP: Simple Gateway Control Protocol

SGSN - Serving GPRS Support Nodes

SIGTRAN - Signaling Transport

SLA – Service Level Agreement

SNDCP – Sub network Dependent Convergence Protocol

SSF: Service switching function

TCP – Transmission Control Protocol

T-SGW: Transport signaling gateway

UDP - User Datagram Protocol

UE: User equipment

UMTS – Universal Mobile Telecommunications System

UTRA - UMTS Terrestrial Radio Access

UTRAN - UMTS Terrestrial Radio Access Network

UTRN: UMTS Terrestrial Radio Access Network

WFQ – Weighted Fair Queuing

WRED – Weighted Random Early Detection