

**Kiuza Fraga Nascimento**

**Marcação de Tráfego em Redes DiffServ**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Elétrica

Rio de Janeiro  
Setembro de 2004



**Kiuza Fraga Nascimento**

## **Marcação de Tráfego em redes DiffServ**

### **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 Mattoso Maia

Rio de Janeiro  
Setembro de 2004



**Kiuza Fraga Nascimento**

## **Marcação de Tráfego em redes DiffServ**

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**  
**PUC-RIO**

Prof. João Célio Barros Brandão  
**PUC-Rio**

Prof. Ewerton Longoni Madruga  
**PUC-Rio**

Prof. Marcelo Roberto Baptista Pereira Luis Jimenez  
**PUC-Rio**

Prof. Rodolfo Sabóia Lima de Souza  
**PUC-Rio**

Prof. Ney Augusto Dumont  
**Coordenador(a) Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio**

Rio de Janeiro, 10 de setembro de 2004

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

Ficha Catalográfica

Nascimento, Kiuza Fraga

Marcação de tráfego em redes DiffServ /  
Kiuza Fraga Nascimento ; orientador: Marco Antonio  
Grivet Mattoso Maia. – Rio de Janeiro : PUC,  
Departamento de Engenharia Elétrica, 2004.

86 f. ; 30 cm

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

Inclui referências bibliográficas.

CDD: 621.3

Ao meu pai Dório, minha mãe Conceição e ao Renato

## Agradecimentos

Ao meu orientador, Professor Marco Antônio Grivet Mattoso Maia pelo apoio e incentivo para a realização deste trabalho.

Ao Professor João Célio Barros Brandão, pelo apoio, incentivo, auxílio, paciência e pelas revisões e sugestões fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Ao CNPq pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Ao meu pai Dório, faltam as palavras para agradecer tanto amor e carinho.

A minha mãe Conceição pelo amor e carinho.

Ao meu marido Renato pela paciência e amor essenciais nesses dois anos.

Ao amigo Tiago, pelo apoio e auxílio incondicional.

Aos amigos, Eduardo, Marcelo, Marcelle, Márcio, Fred, Luis Eduardo, Claudia e José Antônio pelo apoio.

A Deus por sempre iluminar o meu caminho.

## Resumo

Nascimento, Kiuza; Maia, Marco Antonio Grivet Mattoso (Orientador). **Marcação de Tráfego em redes DiffServ**. Rio de Janeiro, 2004. 86p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A crescente demanda por aplicações em tempo real tem aumentado a necessidade de fornecimento de QoS na Internet. A arquitetura de Serviços Diferenciados (DiffServ) é uma proposta apresentada pelo IETF para suprir a qualidade de serviço necessária. Resultados de pesquisas, mostram que os componentes da arquitetura DiffServ não distribuem de forma justa os recursos da rede. Este trabalho tem como objetivo propor um mecanismo de marcação de tráfego capaz de melhorar a justiça no compartilhamento da largura de faixa excedente entre agregados de tráfego. O algoritmo de marcação proposto é comparado com os marcadores trTCM, tswTCM e ItswTCM em relação a justiça em diferentes cenários de simulação. Os resultados mostram que o algoritmo proposto apresenta desempenho superior em uma rede com carga de utilização variando entre 20% e 60%.

## Palavras-chave

Internet; Justiça; Marcadores de Tráfego; Qualidade de Serviço; Serviços Diferenciados

## Abstract

Nascimento, Kiuza; Maia, Marco Antonio Grivet Mattoso (Advisor). **Traffic Marking in DiffServ Networks**. Rio de Janeiro, 2004. 86p. MSc. Dissertation - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Recent demand for real time applications has given rise to a need for Quality of Service (QoS) in the Internet. Differentiated Services (DiffServ) is one of such efforts currently pursued by IETF. Previous researchers found unfairness in DiffServ networks. The objective of this work is to propose a new marker which achieves proportional fair sharing of excess bandwidth among aggregates. The proposed algorithm is compared with the following markers trTCM, tswTCM e ItswTCM. Results show that the proposed marker performs better than the other three schemes for network provision level between 20% and 60%.

## Palavras-chave

Differentiated Service Network (DiffServ); Internet; Fairness; Traffic Marker; Quality of Service

# Sumário

1	Introdução	13
1.1.	Qualidade de Serviço na Internet	13
1.2.	Objetivo	15
1.3.	Organização do texto	16
2	Controle de Congestionamento do TCP	17
2.1.	Algoritmos de controle de congestionamento do TCP	19
2.1.1.	Algoritmo Slow Start	19
2.1.2.	Algoritmo <i>Congestion Avoidance</i>	19
2.1.3.	Algoritmos <i>Fast Retransmit</i> e <i>Fast Recovery</i>	21
2.2.	Implementações do protocolo TCP	21
2.2.1.	TCP <i>Reno</i>	22
2.2.2.	TCP <i>New Reno</i>	22
2.2.3.	TCP SACK	23
3	Qualidade de serviço na Internet	25
3.1.	Parâmetros de Qualidade de Serviço	26
3.2.	Características das fontes de tráfego	26
3.2.1.	Voz	26
3.2.2.	Vídeo	27
3.2.3.	Aplicações básicas da Internet	28
4	Serviços Integrados e Diferenciados	31
4.1.	Serviços Integrados (IntServ)	32
4.1.1.	Controle de Admissão e Protocolo de Reserva de Recurso	33
4.1.2.	Classificação e agendamento de pacotes	34
4.2.	Serviços Diferenciados	35
4.2.1.	Elementos de uma arquitetura DiffServ	35
4.2.2.	Encaminhamento Expresso	38
4.2.3.	Encaminhamento Assegurado	39
4.2.4.	Gerenciamento Ativo de Filas	40
4.2.4.1.	RED	40

4.2.4.2. RIO (RED IN-OUT)	41
4.2.4.3. FRED	42
4.3. Comparação entre IntServ e DiffServ	44
5 Classificadores e Condicionadores de Tráfego	46
5.1. Classificadores e Condicionadores de tráfego	46
5.2. Marcadores de tráfego	48
5.2.1. Marcadores baseados em balde de fichas	48
5.2.1.1. Balde de Fichas	49
5.2.1.2. Single Rate Three Color Marker (srTCM)	50
5.2.1.3. Two Rate Three Color Marker (trTCM)	51
5.2.2. Marcadores baseados em Estimadores de Taxa Média	52
5.2.2.1. Marcador de Janela Deslizante no Tempo – tswTCM	52
5.2.2.2. Marcador de Janela Deslizante no Tempo – TSW2CM	54
6 Trabalhos Relacionados	55
6.1. Compartilhamento justo de largura de faixa entre fluxos em um agregado	56
6.2. Compartilhamento justo do excesso de largura de faixa entre agregados	58
6.3. Marcador proposto	60
7 Resultados	62
7.1. Técnica de avaliação	62
7.2. Objetivos	62
7.2.1. Cenário escolhido	63
7.2.2. Métrica de desempenho	65
7.2.3. Primeiro estudo : Fontes TCP/ <i>Reno</i>	66
7.2.4. Segundo Estudo: Fontes TCP <i>New Reno</i>	69
7.2.5. Terceiro Estudo: Fontes TCP <i>Sack</i>	72
7.2.6. Quarto Estudo: Desempenho EltswTCM	75
7.2.7. Quinto Estudo : Influência dos parâmetros RED sobre o EltswTCM	76
8 Conclusão	79
8.1. Sumário da tese	79
8.2. Sugestões para trabalhos futuros	80
Referências Bibliográficas	81

A Algoritmos	84
B Estimativa do RTT	86

## Lista de figuras

Figura 4.1: Mensagens PATH e RESV	34
Figura 4.2: Região DiffServ	36
Figura 4.3: Roteadores de borda e núcleo de um domínio DiffServ	36
Figura 4.4: Campo DSCP	37
Figura 4.5: Cabeçalho IPv4 e IPv6	38
Figura 4.6: Parâmetros do algoritmo RED	41
Figura 4.7: Parâmetros do algoritmo RIO	42
Figura 5.1: Visão lógica do Classificador e Condicionador de tráfego	47
Figura 5.2: Balde de Fichas	50
Figura 5.3: Single Rate Three Color Marker	51
Figura 5.4: Two Rate Three Color Marke	52
Figura 5.5: Diagrama em blocos do tswTCM	53
Figura 7.1: Topologia de Simulação	64
Figura 7.2: Fontes TCP homogêneas : TCP <i>Reno</i>	67
Figura 7.3: Fontes heterogêneas TCP e UDP: TCP <i>Reno</i>	68
Figura 7.4: Fontes heterogêneas TCP e Exponencial: TCP <i>Reno</i>	69
Figura 7.5: Fontes TCP homogêneas : TCP <i>New Reno</i>	70
Figura 7.6: Fontes heterogêneas TCP e UDP: TCP <i>New Reno</i>	71
Figura 7.7: Fontes heterogêneas TCP e Exponencial: TCP <i>New Reno</i>	72
Figura 7.8: Fontes homogêneas TCP: TCP <i>Sack</i>	73
Figura 7.9: Fontes de tráfego heterogêneas TCP e UDP: TCP <i>Sack</i>	74
Figura 7.10: Fontes de tráfego heterogêneas TCP e Exponencial: TCP <i>Sack</i>	75
Figura 7.11: Desempenho EltswTCM para diferentes implementações do TCP	76
Figura 7.12: Influência dos parâmetros RED sobre o algoritmo EltswTCM	77
Figura 7.13: Influência dos parâmetros RED sobre o algoritmo EltswTCM	78

## Lista de tabelas

Tabela 3.1: Taxas de bits para serviço de voz	27
Tabela 3.2: Taxas de bits para diferentes padrões de codificação de vídeo	28
Tabela 3.3: Aplicações versus sensibilidade aos parâmetros de QoS.	30
Tabela 7.1: Características das fontes de tráfego	65
Tabela 7.2: Características do Gerenciamento Ativo de Filas	65
Tabela 7.3: Parâmetros RED utilizados no agregado 1	77