

LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO DO RN
ESPECIALIZAÇÃO EM REDES DE COMPUTADORES

DANIEL CÉSAR GURGEL COELHO PONTE

IMPLEMENTAÇÃO DE QUALIDADE DE SERVIÇO (QOS) EM REDES CORPORATIVAS E DOMÉSTICAS

NATAL/RN

2009

RB-33.158

FARN BIBLIOTECA
Nº Reg. 100000
15.01.10

m

004.451

P857i

2009

Ex: 01

DANIEL CÉSAR GURGEL COELHO PONTE

FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO DO RN
ESPECIALIZAÇÃO EM REDES DE COMPUTADORES

DANIEL CÉSAR GURGEL COELHO PONTE

IMPLEMENTAÇÃO DE QUALIDADE DE SERVIÇO (QOS) EM REDES CORPORATIVAS E DOMÉSTICAS

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Redes de Computadores da Faculdade Natalense para o Desenvolvimento do Rio Grande do Norte como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Redes de Computadores.

Orientador:

Aluizio Ferreira da Rocha Neto

NATAL/RN

2009

Catálogo na Publicação – Biblioteca da FARN
Setor de Processos Técnicos

Ponte, Daniel César Gurgel Coelho

Implementação de qualidade de serviço (QOS) em redes corporativas e domésticas. / Daniel César Gurgel Coelho Ponte. – Natal, RN, 2009.
32f.

Orientador: Aluizio Ferreira da Rocha Neto (Msc.)

Monografia (Especialização em Administração de Redes de Computadores) – Faculdade Natalense para o Desenvolvimento do Rio Grande do Norte.

1. Redes de Computadores - Monografia. 2. Informática - Monografia. 3. Sistema Operacional. I. Título.

RN/FARN/BC

CDU 004.451

**LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO DO RN
ESPECIALIZAÇÃO EM REDES DE COMPUTADORES**

DANIEL CÉSAR GURGEL COELHO PONTE

**IMPLEMENTAÇÃO DE QUALIDADE DE SERVIÇO (QOS)
EM REDES CORPORATIVAS E DOMÉSTICAS**

Monografia apresentada e aprovada em 13 de novembro de 2009, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Aluizio Ferreira da Rocha Neto, M.Sc.
Orientador

Membro examinador

Membro examinador

Natal/RN

2009

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a meus amigos Davi Ribeiro Cunha, Klinger Delano Bittenmiller (*in memorian*) e Luiz Gonzaga Meira Bezerra Neto, que sempre me incentivaram em decisões importantes em minha vida.

A minha família, em especial ao meu pai e minha mãe, que sempre incentivaram minha formação, me dando coragem e perseverança indispensável ao longo do curso e da monografia. Dedico também a todos que de forma direta e indireta ajudarem-me em sua conclusão.

Do meu orientador e prof. M. Sc. Aluizio Rocha e pela sua extrema organização e dedicação pelo curso, além de sua dedicação e empenho sempre presentes.

A todos os professores de FARN, que de forma direta ou indireta contribuíram para o meu ensino acadêmico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu pai por sempre ter sido meu braço forte nas horas de indecisão, me orientando e incentivando ao longo do meu percurso e na formação do meu caráter.

A minha mãe pelo carinho, amor e atenção que nunca me faltou e que mesmo quando estava a um continente de distância sempre se mostrou próxima.

A minha noiva e futura esposa Marianna Maciel por estar tão presente, pelo incentivo, amizade e companheirismo.

Ao meu orientador e prof. M.Sc. Aluízio Rocha e pela sua extrema organização e carinho pelo curso, além de sua dedicação e empenho sempre presentes.

A todos os professores da FARN, que de forma direta ou indireta contribuíram para o meu título acadêmico.

RESUMO

Conforme houve o crescimento desenfreado da internet e das grandes redes, surgiu o termo *Quality of Service* (Qualidade de Serviço), que é a garantia de entrega de dados para um determinado serviço e consequentemente a necessidade de classificar o tipo e a prioridade das informações trafegadas. A partir dessa necessidade surgiu o Diffserv, ou serviços diferenciados, que é uma técnica de priorização de tráfego baseada em tipos de serviços, um *upgrade* do até então conhecido Intserv, que já não conseguia acompanhar a escalabilidade necessária.

O Diffserv trabalha "marcando" a prioridade dos pacotes que circulam em uma rede em um campo no cabeçalho IP chamado ToS (*Type of Service*) e designando sua devida prioridade (estabelecida pelo administrador de redes) através do DSCP (*DiffServ CodePoint*) para que os roteadores de borda também repassem a informação contida neste campo adiante.

Destaca-se também o uso da técnica *Packet Scheduling* como uma forma de gerir qualidade de serviço em um ambiente doméstico e como se dá sua implementação em um micro ou roteador com suporte ao sistema operacional Linux.

ABSTRACT

SUMÁRIO

With the unbreakable growth of the internet and the enterprise networks, a new term has risen up: Quality of Service, which is the assured delivery of data to a given service and the necessity to classify the type and priority of data. From this need, DiffServ was created, which is the prioritization of traffic based on types of services, an upgrade to the so well known back then, IntServ, that could not keep up the escalability needed.

DiffServ works by tagging the priority of packets travelling a network on a IP field header called Type of Service and designating its given priority (defined by the network administrator) through a list of DSCP (DiffServ CodePoints) in a way the border routers also forward this information along.

We also highlight the use of a technique called Packet Scheduling as a way to supply Quality of Service in a SoHo environment and how its implementation is done on a Linux-based router or computer.

4. CONCLUSÕES

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LISTA SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS.....	12
1.1.1	<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>12</i>
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	QUALIDADE DE SERVIÇO.....	13
2.2	SERVIÇOS DIFERENCIADOS (DIFFSERV)	15
2.2.1	<i>O Campo DS (DS – Field).....</i>	<i>16</i>
2.2.2	<i>Ação Padrão (Default PHB)</i>	<i>18</i>
2.2.3	<i>Seletor de Classes PHB.....</i>	<i>19</i>
2.2.4	<i>Encaminhamento garantido (Assured Forwarding PHB).....</i>	<i>19</i>
2.2.5	<i>Encaminhamento Expedido (Expedited Forwarding PHB)</i>	<i>21</i>
2.2.6	<i>Serviços Diffserv.....</i>	<i>21</i>
2.3	ARQUITETURA DIFFSERV	22
2.3.1	<i>Domínio Diffserv</i>	<i>22</i>
2.3.2	<i>Classificação e condicionamento de tráfego.....</i>	<i>23</i>
3	QOS DOMÉSTICO	26
3.1	HIERARCHICAL TOKEN BUCKLE	26
3.2	CASO PRÁTICO NO LINUX.....	26
3.2.1	<i>Interface gráfica no roteador.....</i>	<i>28</i>
3.2.1.1	<i>Definição de banda máxima gerenciável</i>	<i>28</i>
3.2.1.2	<i>Prioridades baseadas em conteúdo e porta</i>	<i>28</i>
3.2.1.3	<i>Prioridades baseadas em endereços IP e MAC.....</i>	<i>30</i>
4	CONCLUSÕES.....	31
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: O datagrama IPv4 e o campo <i>Type of Service</i> .	16
Figura 2: O campo de Serviços Diferenciados - DS.	17
Figura 3: Campo <i>Type of Service</i> do IPv4.	19
Figura 4: Implementação de serviço "Olímpico" através de classes de tráfego.	20
Figura 5: Domínio Diffserv.	23
Figura 6: Classificação e condicionamento de tráfego.	24
Figura 7: Roteadores de borda e internos.	25
Figura 8: Link "Main Link" dividido em 3 links virtuais.	26
Figura 9: Definição de banda máxima a ser gerenciada.	28
Figura 10: Criação de uma regra por porta.	29
Figura 11: Utilizando o L7 (<i>Layer 7</i>).	29
Figura 12: Níveis de prioridade.	30
Figura 13: Prioridades baseadas em endereços IP e MAC.	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: A rigidez dos requisitos de qualidade de serviço (Fonte: TANEMBAUM, 2003).....	14
Tabela 2: Faixa de <i>codepoints</i> utilizados no Diffserv.....	17
Tabela 3: <i>Codepoints</i> utilizados no Diffserv.....	18
Tabela 4: DSCP e prioridade de descarte por classe.....	20
Tabela 5: Classes de Tráfego.	22

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da Internet e a tendência de utilizá-la para novas aplicações que necessitam de qualidade de serviço provocou o aparecimento de propostas e desenvolvimento de novas arquiteturas. O Diffserv (*Differentiated Services* – Serviços Diferenciados) é uma arquitetura estabelecida para prover a Internet (e redes que utilizem a pilha de protocolos TCP/IP) de qualidade de serviço.

Da mesma maneira que problemas de congestionamento surgem em corporações e redes de grande porte, em redes pequenas e domésticas também podem ser observados, mesmo que em escalas menores e de maneira visualmente imperceptível, mas que ainda assim afetam aplicações mais sensíveis.

A prática de implementação de QoS se tornou comum para os usuários mais avançados e a tendência é que seja adotada cada vez mais por todos. Mesmo nos roteadores domésticos hoje já podemos visualizar e habilitar de maneira simples a prioridade dos serviços, sem a necessidade de configurações mais complicadas e de conhecimento avançado.

Neste trabalho, será analisada a complexidade que está por trás das interfaces de gerenciamento de QoS, como é feito esse trabalho de priorização de serviços e como o QoS pode ajudar em simples tarefas domésticas.

No capítulo inicial é discutida a qualidade de serviço (daqui em diante referenciada como sua abreviação: QoS) as aplicações e seus requisitos, bem como formas de tentar estabelecer qualidade de serviço.

O capítulo posterior detalha a arquitetura Diffserv e como ela se propõe a fornecer qualidade de serviço a fluxos agregados / classes. Definindo e alocando recursos para poucas classes, a arquitetura vem resolver o problema de escalabilidade da arquitetura Intserv, na qual o aumento de fluxos necessita de um aumento da capacidade dos nós da rede para atender à requisição. Neste capítulo é mostrado como é feita a marcação do pacote para indicar sua classe, bem como os tratamentos e ações padrões que podem ser aplicados. Infelizmente a aplicação do Diffserv na Internet não passa de uma utopia, ficando limitada onde existirem roteadores configurados para tal tecnologia (o que provavelmente não atravessará sequer o provedor de internet utilizado) caso contrário será simplesmente descartado qualquer tipo de QoS por este método.

Posteriormente, detalha-se como implantar uma técnica de QoS em uma rede doméstica, a fim de prover qualidade aos serviços mais utilizados neste tipo de ambiente, como Web, Email, SSH, VPN, Telnet, FTP, P2P e outros.

Por fim, detalha-se a sua aplicabilidade em cenários domésticos, exemplificando técnicas e ferramentas para sua instalação em roteadores.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem como finalidade mostrar como as técnicas de QoS podem dinamizar uma rede através de configuração de níveis de prioridade de tráfego utilizando suas mecânicas atuais.

1.1.1 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral, as seguintes etapas serão seguidas:

- Definir o que é QoS e como funciona;
- Exemplificar a aplicabilidade no mundo real;
- Mostrar como o Diffserv é inserido dentro da pilha TCP/IP;
- Categorizar os tipos de prioridades que são “marcados” nos pacotes;
- Mostrar como pode ser configurado o QoS dentro de um roteador doméstico utilizando *packet schedulers*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 QUALIDADE DE SERVIÇO

O crescimento da Internet e a sua tendência de assumir novas aplicações geram novas necessidades na rede. O paradigma inicial, no qual o Protocolo de Internet (IP) rodaria sobre “tudo” foi consolidado e o enfoque da atualidade mostra uma convergência das aplicações para utilizarem o IP, sendo o novo paradigma que “tudo” deve rodar sobre o IP. Porém, as aplicações multimídia (tempo real, voz e dados) têm uma série de requisitos que a pilha de protocolos TCP/IP não está apta a fornecer. Além disto, estas aplicações costumam consumir grande parte dos recursos da rede e se torna necessário que outras aplicações de missão crítica possam ter alguma forma de prioridade.

A Internet é formada por uma rede orientada a pacotes e o protocolo IP oferece um serviço de entrega caracterizado pelo “melhor esforço”:

Essencialmente, o padrão especifica que, embora o IP faça um melhor esforço para tentar entregar cada datagrama, o IP não garante que ele tratará dos problemas de: duplicação de datagrama; entrega atrasada ou fora de ordem; adulteração de dados e perda de datagrama. São necessárias camadas adicionais de software de protocolo para tratar de cada um destes erros.(COMER, 2001).

Com isso torna-se necessário que protocolos superiores se responsabilizem pelo atendimento de alguns critérios como confiabilidade, retardo, flutuação (*jitter*) e largura de banda. Estes parâmetros vão definir a qualidade de serviço (*Quality of service* – QoS). Veja abaixo exemplos de aplicações e suas diferentes necessidades (tabela 1).

APLICAÇÃO	CONFIABILIDADE	RETARDO	FLUTUAÇÃO	LARGURA DE BANDA
Correio eletrônico	Alta	Baixa	Baixa	Baixa
Transferência de arquivos	Alta	Baixa	Baixa	Média
Acesso à web	Alta	Média	Baixa	Média
Login remoto	Alta	Média	Média	Baixa
Áudio por demanda	Baixa	Baixa	Alta	Média
Vídeo por demanda	Baixa	Baixa	Alta	Alta
Telefonia	Baixa	Alta	Alta	Baixa
Videoconferência	Baixa	Alta	Alta	Alta

Tabela 1: A rigidez dos requisitos de qualidade de serviço (Fonte: TANEMBAUM, 2003).

Várias técnicas podem ser aplicadas para tentar estabelecer estes parâmetros de qualidade:

- Superdimensionamento, que corresponde ao aumento da capacidade de transmissão e armazenamento dos equipamentos, de forma que a transmissão possa ser sempre atendida e da melhor forma. É a forma mais simples e também a mais cara, pois exige muitos recursos e que possivelmente estarão sem uso na maior parte do tempo.
- Armazenamento em *buffer*, para suavizar a flutuação principalmente (jitter variação, atração, transmissão dos pacotes) em áudio ou vídeo, onde o atraso não é tão prejudicial qual a sua variação;
- Moldagem de tráfego, para regular a taxa média de transmissão de dados. Torna-se necessário um policiamento do tráfego e técnicas de controle das filas de tráfego na transmissão;
- Reserva de recursos, garantindo QoS em todo o fluxo de transmissão;
- Controle de admissão, para garantir a existência de recursos para alocação;
- Roteamento proporcional à capacidade de saída;
- Programação de pacotes, na qual o roteador recebe dados de vários fluxos e cria filas diferentes para permitir que a QoS dos serviços se mantenha estável.

Uma forma de estabelecer qualidade de serviço sobre a Internet foi a implementação dos Serviços Integrados (Intserv), uma arquitetura que faz a reserva de recursos baseados nos fluxos de transmissão. Porém, esta abordagem enfrenta problemas de escalabilidade na Internet, onde os roteadores possuem recursos finitos e administram milhares ou milhões de fluxo. Para resolver esta questão, a IETF (*Internet*

Engineering Task Force) criou uma forma mais simples, orientada a fluxos agregados, para oferecer qualidade de serviço: a arquitetura de serviços diferenciados (*Differentiated Services – DS*).

2.2 SERVIÇOS DIFERENCIADOS (DiffServ)

Para fornecer a qualidade de serviço sem necessitar de reserva de recursos por cada fluxo de transmissão e enfrentar o problema de escalabilidade, o modelo de serviços diferenciados (*Differentiated Services - Diffserv*) optou por definir poucas classes de serviços para diferenciar os serviços prestados, tendo cada classe um tratamento de QoS específico. Como a quantidade de classes é limitada, a necessidade de recursos computacionais também é menor.

Outra vantagem do uso de classes é que a implementação é local em cada roteador, o qual já possui em sua configuração as classes de serviço, sem necessitar um protocolo de reserva de recursos, nem manter uma tabela das conexões em cada roteador do caminho que o fluxo de pacotes percorre.

A desvantagem desta abordagem é que não há garantia de serviço aos fluxos dentro da mesma classe e, neste caso, a Qualidade de Serviço ser comprometida.

O IETF desenvolveu um modelo de Serviços Diferenciados (DiffServ), que se encontra descrito em vários documentos (RFCs):

- RFC 2474: *Definition of the Differentiated Services Field in the IPv4 and IPv6 Headers* - Dezembro, 1998
- RFC 2475: *An Architecture for Differentiated Services* - Dezembro, 1998;
- RFC 2597: *Assured Forwarding PHB Group* - Junho, 1999;
- RFC 2598: *An Expedited Forwarding PHB* (obsoleto pela RFC 3246) - Junho, 1999;
- RFC 2836: *Per Hop Behavior Identification Codes* (obsoleto pela RFC 3140) - Maio, 2000;
- RFC 2983: *Differentiated Services and Tunnels* – Outubro, 2000;
- RFC 3086: *Definition of Differentiated Services Per Domain Behaviors and Rules for their Specification* – Abril, 2001;
- RFC 3140: *Per Hop Behavior Identification Codes* – Junho, 2001;
- RFC 3246: *An Expedited Forwarding PHB* - Março, 2002;

- RFC 3247: *Supplemental Information for the New Definition of the EF PHB* - Março, 2002;
- RFC 3248: *A Delay Bound alternative revision of RFC2598* - Março, 2002;
- RFC 3260: *New Terminology and Clarification for Diffserv* - Abril, 2002;
- RFC 3289: *Management Information Base for the Differentiated Services Architecture* - Maio, 2002;
- RFC 3290: *An Informal Management Model for Diffserv Routers* - Maio, 2002.

Estes documentos descrevem os elementos e funcionamento da arquitetura: os Domínios e regiões de serviços diferenciados, as características dos roteadores no domínio, a classificação e condicionamento do tráfego, os comportamentos assumidos por diferentes classes entre outros conceitos. O modelo DiffServ baseia-se na classificação do tráfego em classes de serviços / fluxo agregados, através da marcação no cabeçalho IP.

2.2.1 O Campo DS (DS - Field)

A classificação do tráfego em classes é realizada através da marcação no cabeçalho IP. Para isto, é redefinido um octeto do datagrama IPv4, visto na figura 1, o de tipo de serviço (ToS) e o octeto de classe de tráfego no IPv6.

Ver	Hlen	ToS	Total length	
Identification			Flags	Fragment Offset
TTL		Protocol	Checksum	
Source Address				
Destination Address				
Options			Padding	
DATA				

Figura 1: O datagrama IPv4 e o campo *Type of Service*.

O campo Tipo de serviço (ToS) do datagrama IPv4 já previa um esquema para o estabelecimento de precedência (*precedence*), e diferentes tratamentos no encaminhamento, mas na prática este campo só foi implementado esporadicamente por roteadores. A RFC 2474, *Definition of the Differentiated Services Field in the IPv4 and IPv6 Header*, define este octeto como *Differentiated Services Field (DS)*.

Seis bits do campo DS são usados para definir um *codepoint* (DSCP), usado para seleccionar qual o tratamento (*Per-Hop-Behavior*, o comportamento / nível de qualidade

de serviço - PHB) que o pacote terá em cada nó. A RFC 2474 não define o uso dos últimos 2 bits do octeto, definindo-os como “atualmente sem uso”, mas RFC 3168, sugere o uso destes bits para notificação explícita de congestionamento - *Explicit Congestion Notification* - ECN). De qualquer forma, os dois bits são desconsiderados na decisão de escolha do comportamento (PHB) a ser aplicado ao pacote. A estrutura do campo DS encontra-se na figura 2.

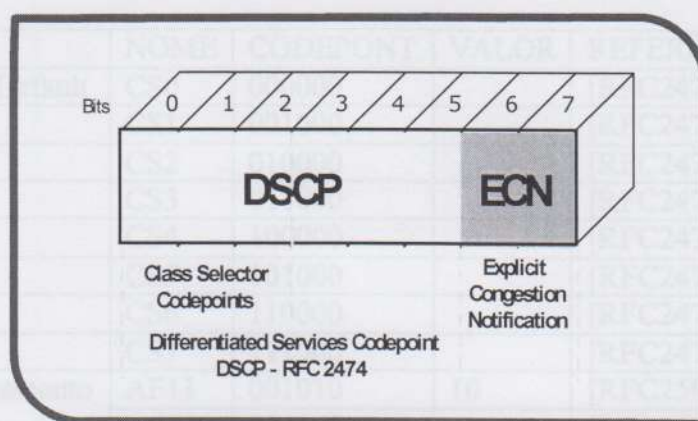


Figura 2: O campo de Serviços Diferenciados - DS.

O campo DS possui 6 bits e pode mapear até 64 *codepoints*. O IANA (*Internet Assigned Numbers Authority*) dividiu este espaço em 3 faixas para propósito de designação e gerenciamento: 32 *codepoints* recomendados para as ações padrões (PHB) definidas e mais duas faixas reservadas para experimental ou local (tabela 2)

FAIXA	CODEPOINTS	USO
1	xxxxx0	Ações/Comportamentos padrões
2	xxxx11	Experimental / Local
3	xxxx01	Experimental / Local, pode ser utilizado em futuras ações.

Tabela 2: Faixa de *codepoints* utilizados no Diffserv.

O *codepoint* é utilizado para permitir a definição de ação aplicada sobre o pacote e a agregação dos vários fluxos de pacotes no tráfego da rede. A RFC 2475 define a ação (PHB – Per Hop Behaviors) como o comportamento externamente observável de uma coleção de pacotes com o mesmo *codepoint* (*Behavior Aggregate* – BA) em um nó da rede de serviços diferenciados (DS). O PHB refere-se ao enfileiramento, policiamento e conformação de qualquer pacote pertencente ao BA, configurado por um acordo de serviço (SLA) ou política estática.

São 4 as ações básicas definidas:

- Comportamento Padrão (default PHB – definida na RFC 2474)
- Seletor de classe PHB (definido na RFC 2474)
- Encaminhamento Garantido (AFny PHB - definido na TRFC 2597)
- Encaminhamento Expedido (EF PHB - definido na RFC 2598)

Os 21 *codepoints* definidos pelas RFC podem ser visualizados na tabela 3.

PHB	NOME	CODEPONT	VALOR	REFERÊNCIA
Seletor de classe PHB	Default	CS0	000000	[RFC2474]
		CS1	001000	[RFC2474]
		CS2	010000	[RFC2474]
		CS3	011000	[RFC2474]
		CS4	100000	[RFC2474]
		CS5	101000	[RFC2474]
		CS6	110000	[RFC2474]
		CS7	111000	[RFC2474]
Encaminhamento Garantido	AF11	001010	10	[RFC2597]
	AF12	001100	12	[RFC2597]
	AF13	001110	14	[RFC2597]
	AF21	010010	18	[RFC2597]
	AF22	010100	20	[RFC2597]
	AF23	010110	22	[RFC2597]
	AF31	011010	26	[RFC2597]
	AF32	011100	28	[RFC2597]
	AF33	011110	30	[RFC2597]
	AF41	100010	34	[RFC2597]
	AF42	100100	36	[RFC2597]
	AF43	100110	38	[RFC2597]
Encaminhamento Expedido	EF PHB	101110	46	[RFC3246]

Tabela 3: *Codepoints* utilizados no Diffserv.

2.2.2 Ação Padrão (Default PHB)

Especifica o comportamento do nó marcado com valor 000000, que é o recomendado para o serviço de “melhor esforço” tradicional da rede. É também o valor marcado para pacotes que ingressam em uma rede DiffServ e o *codepoint* (DSCP) não está mapeado para qualquer PHB válido.

2.2.3 Seletor de Classes PHB

Para preservar a compatibilidade com qualquer esquema de prioridade IP já em uso na rede, o DiffServ definiu valores de DSCP na forma xxx000 (no qual x pode ser 0 ou 1) para compatibilidade. Estes valores respeitam as 8 classes já definidas no cabeçalho padrão do IPv4 (3 bits de precedência, do campo TOS), mostrados na figura 3.

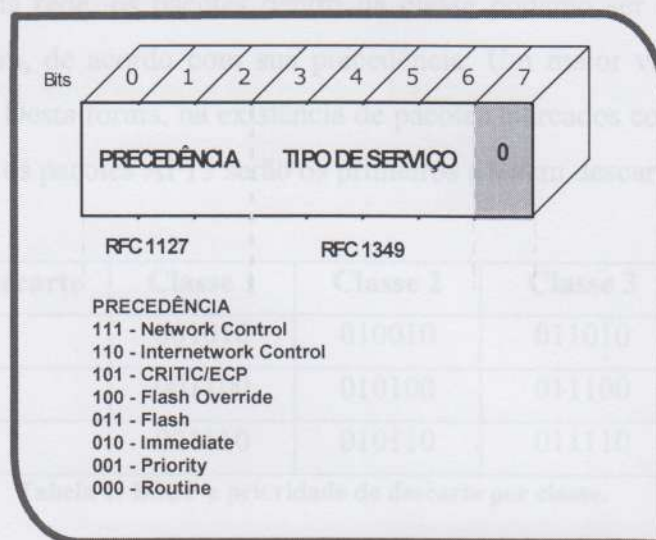


Figura 3: Campo *Type of Service* do IPv4.

Quanto maior o valor da precedência, melhor o tratamento do pacote. Desta forma, pacotes com DSCP 110 000 (equivalente à precedência IPv4 de valor 110) tem um tratamento preferencial à pacotes com DSCP 100 000.

2.2.4 Encaminhamento garantido (*Assured Forwarding PHB*)

O encaminhamento garantido é um serviço similar ao serviço de carga controlada das redes Serviços Integrados (IntServ), fornecendo baixo retardo, próximo ao oferecido por um serviço de melhor esforço em uma infra-estrutura de rede sem congestionamento.

Definido na RFC 2597, o encaminhamento garantido foi especificado para prover diferentes níveis de garantia de tráfego. São especificadas quatro classes diferentes (AF1, AF2, AF3 e AF4), cada qual com suas respectivas quantidades de recursos alocados (buffers, banda). Cada classe ainda possui 3 níveis de precedência para o descarte, totalizando então um total de 12 AF PHBs.

Os comportamentos (PHBs) no encaminhamento assegurado podem ser expressos na forma: **AFny**, sendo:

n o número da classe (1,2,3 ou 4);

y o valor de precedência para descarte (1,2 ou 3).

Cada classe possui seus próprios recursos e, em um momento de congestionamento da rede, os pacotes dentro da classe poderão ser descartados, mas seguindo uma ordem, de acordo com sua precedência. Um maior valor indica maior chance de descarte. Desta forma, na existência de pacotes marcados com AF11, AF12 e AF13, em uma fila, os pacotes AF13 serão os primeiros a serem descartados.

Precedência de descarte	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Baixa	001010	010010	011010	100010
Média	001100	010100	011100	100100
Alta	001110	010110	011110	100110

Tabela 4: DSCP e prioridade de descarte por classe.

Um exemplo da utilização de classe e a implementação do serviço “Olimpico”, que consiste em três classes: ouro, prata e bronze. Pacotes marcados como “ouro” podem, por exemplo, alocar 50% da banda, e possivelmente serem mais eficientemente tratado que pacotes “prata” que alocam 30% da banda e pacotes “bronze” que alocam apenas 20% da banda (figura 4).

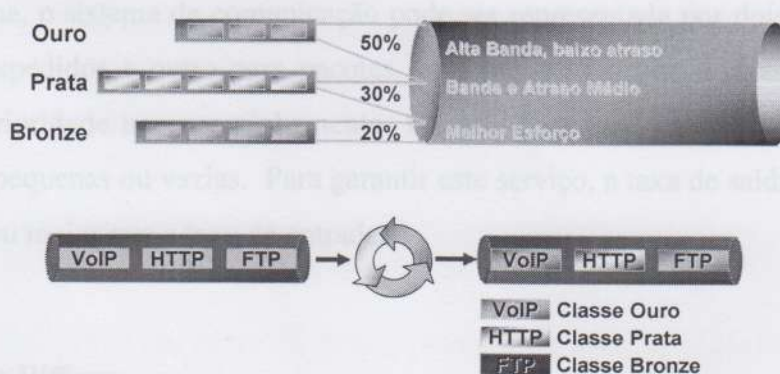


Figura 4: Implementação de serviço "Olimpico" através de classes de tráfego.

Convém ressaltar que devido o tratamento ser dado aos pacotes agregados (efetuado por classe - BA) pode ocorrer o caso em que os pacotes “ouro” sofrerem uma sobrecarga maior que os pacotes “prata”, no caso a quantidade de pacotes ingressantes

ser muito maior na primeira categoria. O PHB define a ação sobre fluxos agregados, e não individuais.

O serviço de encaminhamento garantido oferece garantias qualitativas e relativas (com base em prioridades). Da mesma forma como mostrado no exemplo do serviço “Olímpico”, não é obrigatória a implementação de todas as classes e níveis de precedência de descarte.

2.2.5 Encaminhamento Expedido (Expedited Forwarding PHB)

O tratamento expedido, expresso ou acelerado (EF PHB) é caracterizado por baixa perda, retardo ou flutuação do retardo (jitter) e possui prioridade total de encaminhamentos.

Este serviço (definido nas RFC 2598 e 3246), também designado por Premium, pode ser usado em aplicações como videoconferência, voz sobre IP (VoIP) ou emulação de linha dedicada.

A idéia que rege o encaminhamento expedido é muito simples. Há duas classes de serviço disponíveis: regular e expedido. A vasta maioria do tráfego deve ser regular, mas uma pequena fração dos pacotes é expedida. Os pacotes expedidos devem ser capazes de transitar pela sub-rede como se nenhum outro pacote estivesse presente. (TANENBAUM, 2003)

Desta forma, o sistema de comunicação pode ser representada por dois fluxos, um para pacotes expedidos e outro para pacotes regulares, sendo que a classe expedida, deve possuir prioridade no encaminhamento, fazendo com que o tráfego EF encontre filas de espera pequenas ou vazias. Para garantir este serviço, a taxa de saída de pacotes deve ser igual ou maior que a taxa de entrada.

2.2.6 Serviços Diffserv

Na configuração dos nós Diffserv não é obrigatória a configuração de todas as classes descritas. Em geral são definidas poucas classes de tráfego para todos os nós do Domínio DS. Na tabela 5, pode-se encontrar um exemplo de configuração.

<i>Classe de Tráfego</i>	<i>Tipo de Tráfego</i>	<i>DSCP</i>
Premium	Voz	46
Ouro	TACACS	10
Prata	Telnet	18
	SMTP	20
	FTP	22
Bronze	HTTP	26

Tabela 5: Classes de Tráfego.

Devido a esta possibilidade, a comunicação entre domínios diffserv sob diferentes autoridades administrativas precisam entrar em acordo para mapear quais os serviços correspondentes em cada Domínio DS.

2.3 ARQUITETURA DIFFSERV

A arquitetura de serviços diferenciados é baseada em um modelo simples, onde o tráfego que entra na rede é classificado e possivelmente controlado para se adequar ao perfil de tráfego especificado para este tipo de pacote. Cada pacote é identificado por um código (DSCP) e agregado com o restante dos pacotes da sua classe. Os tratamentos diferenciados são definidos por cada classe, e não por fluxo, e é realizado a cada nó da rede DiffServ.

No núcleo da rede, os pacotes agregados são tratados de acordo com os comportamentos (PHBs) definidos pelos *codepoints* marcados nos equipamentos de borda da rede, tornando o núcleo mais eficiente, visto que sua operação é mais simples (não precisa implementar todas as funções da borda).

2.3.1 Domínio Diffserv

Um domínio DS é um conjunto de equipamento capazes de efetuar o tratamento diferenciado dos pacotes e oferecer serviços de tráfego definidos comum a todos os nós.

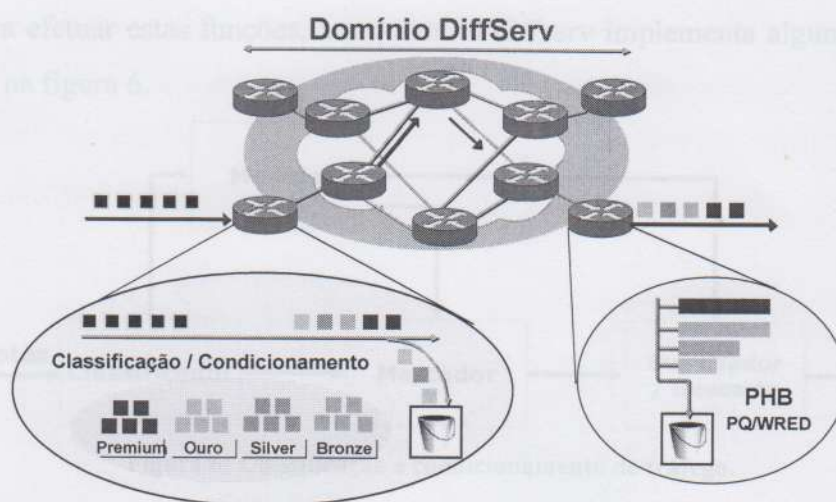


Figura 5: Domínio Diffserv.

O Domínio DS consiste de uma ou mais redes sob a mesma administração, a qual define os tipos de serviços e políticas de gerenciamento para suportar os acordos de tráfego (*Service Level Agreement* – SLA) que define o perfil do tráfego do cliente. O *Service Level Agreement* é um contrato comercial bilateral que identifica perfil de tráfego. Serviço é o tratamento global de um determinado subconjunto do tráfego de um usuário dentro de um domínio DS, ou fim a fim.

O cliente pode ser uma organização ou outro domínio DS. O estabelecimento do acordo entre o cliente e fornecedor de serviço especifica o serviço que o cliente deve receber.

Para o estabelecimento de acordos dinâmicos, é necessário a utilização de um protocolo de sinalização, como o RSVP e um elemento controlador de recursos (Bandwidth broker – BB) para correta configuração dos roteadores de borda.

2.3.2 Classificação e condicionamento de tráfego

O perfil de tráfego contratado vai estabelecer as propriedades para o tratamento dos pacotes, como o DSCP e o PHB a serem associados e as políticas para o tráfego fora do padrão.

Os parâmetros explicitamente contratados e as regras implícitas derivadas dos requisitos do serviço e das políticas de provisão de serviço definem o Acordo de Condicionamento de Tráfego (*Traffic Conditioning Agreement* – TCA).

Para efetuar estas funções, a arquitetura diffserv implementa alguns elementos, mostrados na figura 6.

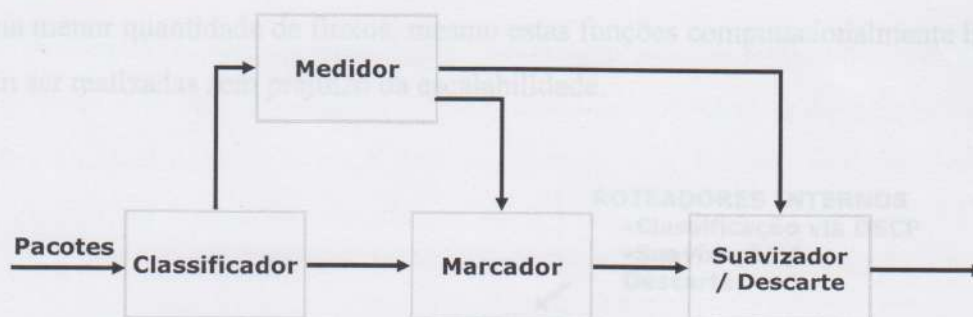


Figura 6: Classificação e condicionamento de tráfego.

- **Classificadores:** classificam pacotes no tráfego com base do conteúdo de partes do cabeçalho. São definidos dois tipos de classificadores: os *Behavior Aggregate Classifier*, que classificam os pacotes apenas com base no DS codepoint; e os *Multi-Field Classifier*, que classificam os pacotes com base em um ou mais campos do cabeçalho, tal como o endereço de origem e destino, campo DS, o ID do produto, portas de origem e destino e outras informações como a interface de ingresso. Por segurança, os classificadores devem autenticar as informações que utilizam para classificação dos pacotes.
- **Medidor:** responsável por medir o fluxo para verificar se o fluxo está de acordo com o perfil do tráfego contratado (SLA). No caso de pacotes dentro do perfil, podem ser aceitos sem alterações do DSCP. No caso de terem sido marcados pela primeira vez com um valor de *codepoint* diferente do recomendado, por omissão ou quando o domínio é usado para fluxo um PHB diferente ou mapeamento diferente entre *codepoints* e PHBs, o pacote é encaminhado para remarcação. Pacotes, fora do perfil podem ser atrasados (Shaping) ou descartados (Dropping) ou remarcados na BA “Interiores”.
- **Marcador:** atribui um valor ao *codepoint* com base nas regras definidas.
- **Suavizador/ Descartador e policiamento:** atrasa o tráfego fora do perfil para adequá-lo ao perfil. Em geral é um *buffer* finito e pacotes podem ser descartados se não houver espaço para mantê-los. Um descartador é um caso particular de suavizador onde o tamanho do *buffer* é muito pequeno ou zero.

Na arquitetura DiffServ, os roteadores de borda realizam toda a complexidade de classificação, marcação, suavização e descarte. Como estão próximos ao cliente e tratam de uma menor quantidade de fluxos, mesmo estas funções computacionalmente intensas podem ser realizadas sem prejuízo da escalabilidade.

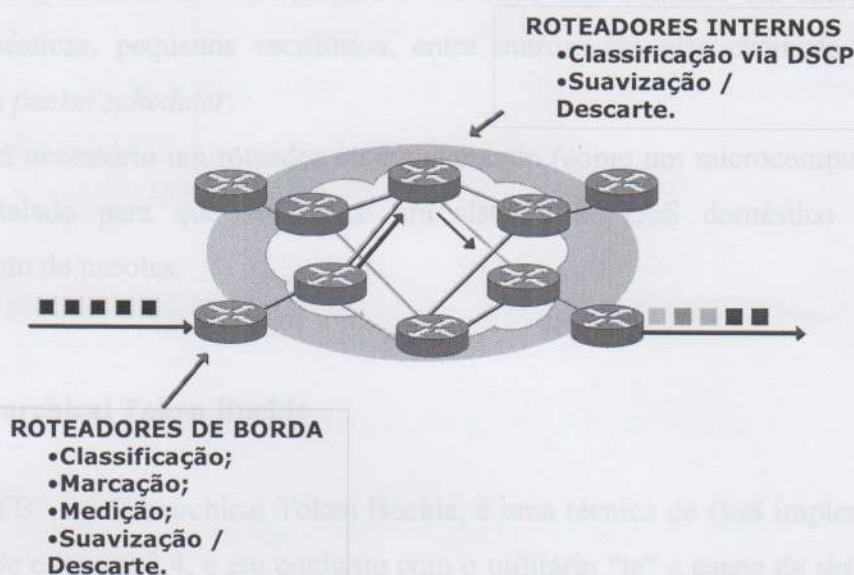


Figura 7: Roteadores de borda e internos.

Os roteadores internos (*core*) devem se preocupar no tratamento adequado (PHB) já definido pelo roteador de borda, que marcou o DSCP do pacote. Neste caso, o classificador de núcleo não precisa ser do tipo MF (Multi-Field – analizador de vários campos do cabeçalho) e o roteador deve se preocupar mais com o grande número de pacotes agregados e o gerenciamento das filas.



Figura 8: Link "Main Link" dividido em 3 fluxos virtuais.

Um caso prático seria caso quiséssemos dividir uma banda de 100kbps em duas: 60kbps para o cliente B e 40kbps para o cliente A. Após essa divisão, o link de A seria dividido em 30kbps para WWW e 10kbps para o restante dos serviços. Utilizando-se o

3 QOS DOMÉSTICO

Infelizmente, como a implementação de uma rede de roteadores com Diffserv não atravessa nem sequer os gateways da maioria dos provedores de Internet, existem soluções de Qualidade de Serviço para redes onde haja somente um roteador, como redes domésticas, pequenos escritórios, entre outros, são elas chamadas de *traffic shaping* ou *packet scheduler*.

Será necessário um roteador ou equipamento (como um microcomputador) com Linux instalado para que seja feito um sistema de QoS doméstico através de agendamento de pacotes.

3.1 Hierarchical Token Buckle

O “HTB”, ou Hierarchical Token Buckle, é uma técnica de QoS implementada no Linux desde o kernel 2.4, e em conjunto com o utilitário “tc” é capaz de simular vários pequenos links virtuais em uma interface física de tal maneira que é possível determinar a banda máxima e mínima que cada um desses links simulados pode utilizar.

3.2 CASO PRÁTICO NO LINUX

Na figura 8, observa-se que existem dois “clientes”, A e B, e ambos estão conectados ao mesmo link físico denominado “Main Link”.

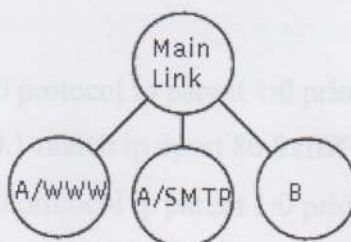


Figura 8: Link "Main Link" dividido em 3 links virtuais.

Um caso prático seria caso quiséssemos dividir uma banda de 100kbit em duas: 60kbit para o cliente B e 30kbit para o cliente A. Após essa divisão, o link de A seria dividido em: 30kbit para WWW e 10kbit para o restante dos serviços. Utilizando-se o

utilitário “tc” do Linux é possível fazer esse QoS, definindo limites para cada cliente e cada serviço. Os diferentes tipos de tráfego acima são denominados de “classes” no HTB. Acompanhando os seguintes passos pode-se implementar o diagrama de QoS da figura 8 facilmente:

- 1) Configura a interface física onde o tráfego será disciplinado e define que o tráfego padrão deverá seguir a classe número 12 (que será definida mais a frente):

- `tc qdisc add dev eth0 root handle 1: htb default 12`

- 2) Agora serão criadas as classes, primeiramente a classe pai, definindo o total de banda:

- `tc class add dev eth0 parent 1: classid 1:1 htb rate 100kbps ceil 100kbps`

- 3) Em seguida as classes que definem os limites de cada sub-link:

- `tc class add dev eth0 parent 1:1 classid 1:10 htb rate 30kbps ceil 100kbps`
- `tc class add dev eth0 parent 1:1 classid 1:11 htb rate 10kbps ceil 100kbps`
- `tc class add dev eth0 parent 1:1 classid 1:12 htb rate 60kbps ceil 100kbps`

- 4) Por fim, deve-se definir que tipo de serviço irá trafegar por cada uma dessas regras. Definimos o cliente A com o IP 10.1.10.1 e o cliente B com o IP 10.1.10.2, porém, não será necessário definir o cliente B, já que todo o tráfego por padrão e quando não especificado seguirá a classe 12, que limita em 60kbps. Portanto, os comando para definir o tráfego do cliente A são os seguintes:

- `tc filter add dev eth0 protocol ip parent 1:0 prio 1 u32 \`
`match ip src 10.1.10.1 match ip dport 80 0xffff flowid 1:10`
- `tc filter add dev eth0 protocol ip parent 1:0 prio 1 u32 \`
`match ip src 10.1.10.1 flowid 1:11`

Deve-se observar que nesse sistema, qualquer banda não utilizada pode ser por outra classe que a precise e que as unidades devem ser especificadas da seguinte maneira: Kilobyte = kbps e Kilobit = kbit.

3.2.1 Interface gráfica no roteador

Para a configuração em um roteador, deve-se instalar um firmware linux no mesmo, como por exemplo o DD-WRT ([HTTP://www.dd-wrt.com](http://www.dd-wrt.com)), que habilita as opções de QoS em roteadores compatíveis.

3.2.1.1 Definição de banda máxima gerenciável

O que a interface de gerenciamento do roteador faz é exatamente o que foi previamente explicado sobre HTB no capítulo anterior, porém, de forma simples e prática. Primeiramente deve-se definir a banda máxima a ser gerenciada pelo programa, que deve ser entre 85-95% da banda total de internet disponível para o roteador, conforme figura 9, afim de evitar congestionamento e possível jitter nos pacotes.

Quality Of Service (QoS)	
QoS Settings	
Start QoS	☒ Enable ☐ Disable
Port	WAN
Packet Scheduler	HTB
Uplink (kbps)	100
Downlink (kbps)	800
Optimize for Gaming	☐

Figura 9: Definição de banda máxima a ser gerenciada.

3.2.1.2 Prioridades baseadas em conteúdo e porta

Existem duas maneiras de definição de serviços a serem gerenciados, são elas:

- Prioridade baseada em portas: O roteador gerencia as prioridades de acordo com as portas configuradas e seus respectivos níveis de preferência;

- Baseada em conteúdo: Também chamada de L7 (camada 7), nesse tipo de gerenciamento o roteador analisará os pacotes de dados afim de atribuir uma prioridade baseada no tipo de serviço trafegado, é um método mas eficaz e complexo, porém demanda muito mais poder de processamento do roteador.

Ambos métodos, se tornam mais práticos e fáceis de ser pôr em prática quando se tem uma interface de gerenciamento gráfico, por exemplo, para definir-se um nível de prioridade para todo o tráfego da porta 65000, basta definir uma regra (equivalente ao que foi explanado no tópico 4.1.1) da seguinte maneira:

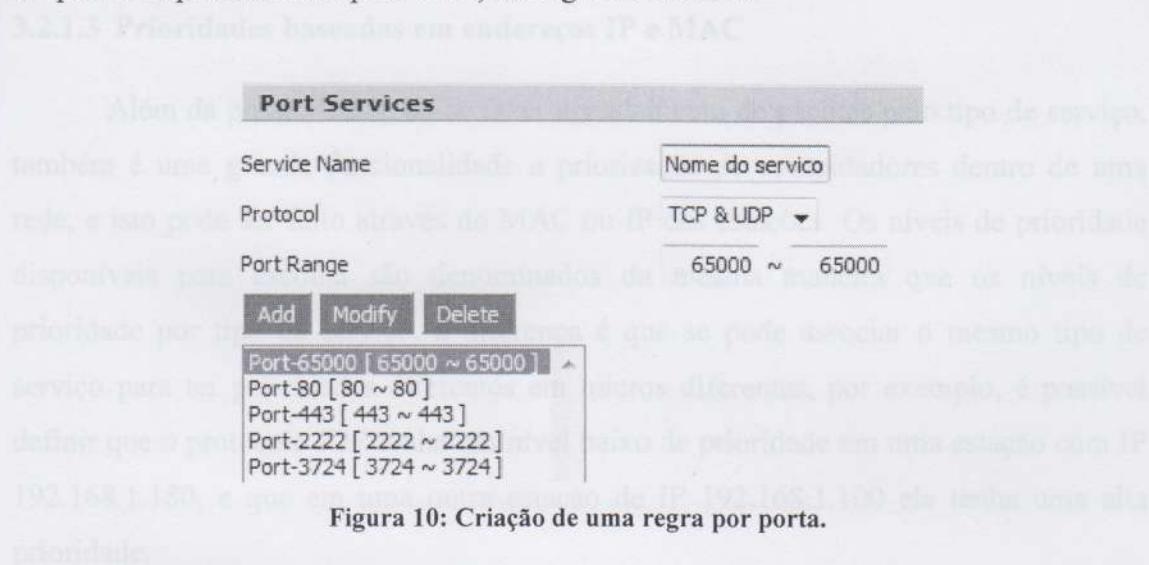


Figura 10: Criação de uma regra por porta.

Já para a criação de regras usando o algoritmo de análise de tráfego L7, é necessário escolher um tipo de serviço pré-definido pelo software conforme figura 11. Existe a possibilidade de escolher desde protocolos P2P à jogos.

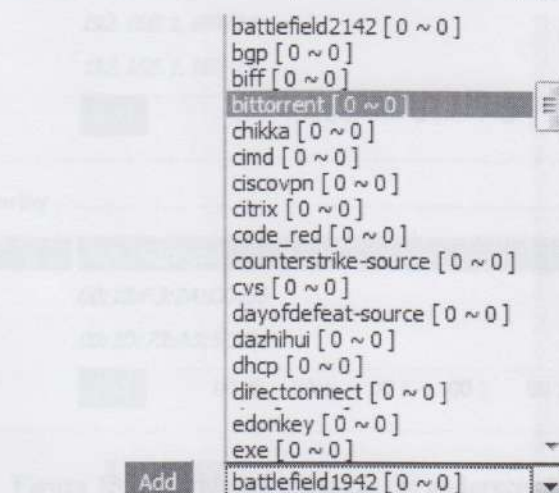


Figura 11: Utilizando o L7 (Layer 7).

Após a criação da regra, se faz necessário definir o seu nível de prioridade, são eles: *Exempt* o nível de maior prioridade, seguido do *Premium*, *Express*, *Standard* e por último o *Bulk*, o nível de menor prioridade:

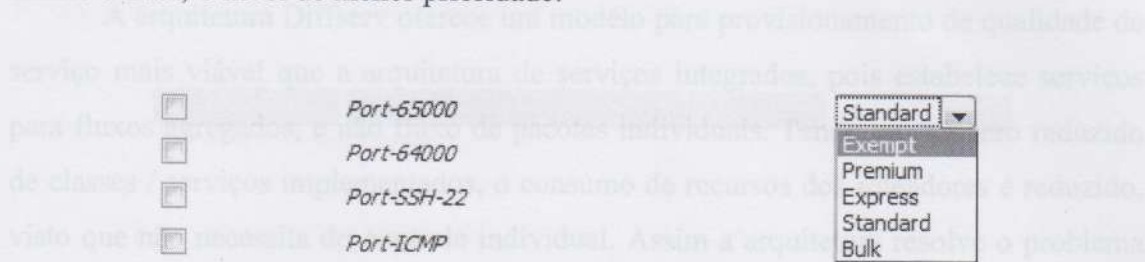


Figura 12: Níveis de prioridade.

3.2.1.3 Prioridades baseadas em endereços IP e MAC

Além da possibilidade de se fazer agendamento de pacotes pelo tipo de serviço, também é uma grande funcionalidade a priorização de computadores dentro de uma rede, e isto pode ser feito através do MAC ou IP das estações. Os níveis de prioridade disponíveis para escolha são denominados da mesma maneira que os níveis de prioridade por tipo de serviço, a diferença é que se pode associar o mesmo tipo de serviço para ter prioridades diferentes em micros diferentes, por exemplo, é possível definir que o protocolo P2P tenha um nível baixo de prioridade em uma estação com IP 192.168.1.180, e que em uma outra estação de IP 192.168.1.100 ela tenha uma alta prioridade.

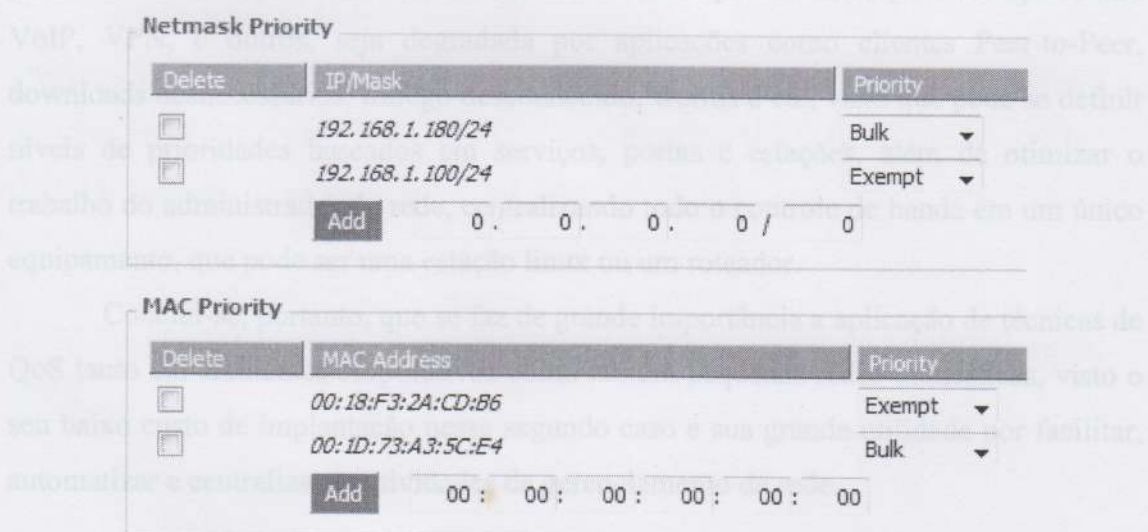


Figura 13: Prioridades baseadas em endereços IP e MAC.

4 CONCLUSÕES

A arquitetura Diffserv oferece um modelo para provisionamento de qualidade de serviço mais viável que a arquitetura de serviços integrados, pois estabelece serviços para fluxos agregados, e não fluxo de pacotes individuais. Tendo um número reduzido de classes / serviços implementados, o consumo de recursos dos roteadores é reduzido, visto que não necessita do controle individual. Assim a arquitetura resolve o problema de escalabilidade existente na arquitetura de serviços Integrados, na qual a quantidade de fluxos de tráfego possíveis esta diretamente vinculada aos recursos (capacidade, memória) dos roteadores do caminho.

Visto que os roteadores de borda realizam toda a complexidade de classificação, marcação, suavização e descarte e os roteadores internos precisam implementar apenas a classificação de repasse e controles de congestionamento, o núcleo da rede se torna mais eficiente.

A arquitetura Diffserv se mostra mais capaz de suportar a escalabilidade presente na Internet, tem baixo consumo de recursos dos roteadores e fornece serviços melhores que o simples “melhor esforço”, e por isso uma alternativa viável na busca de qualidade de serviço.

Em ambientes SoHo (small office, home office), onde talvez não seja viável a aplicação de Diffserv, a técnica de agendamento de pacotes é capaz de dar a devida prioridade a serviços essenciais, não deixando que a performance para serviços como VoIP, VPN, e outros, seja degradada por aplicações como clientes Peer-to-Peer, downloads desnecessários, tráfego desconhecido, worms e etc, visto que pode se definir níveis de prioridades baseados em serviços, portas e estações, além de otimizar o trabalho do administrador de rede, centralizando todo o controle de banda em um único equipamento, que pode ser uma estação linux ou um roteador.

Conclui-se, portanto, que se faz de grande importância a aplicação de técnicas de QoS tanto em ambientes corporativos como até em pequenas redes domésticas, visto o seu baixo custo de implantação nesse segundo caso e sua grande utilidade por facilitar, automatizar e centralizar as atividades de gerenciamento de rede.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLAKE, S., BLACK, D., CARLSON, M., DAVIES, E., WANG, Z., WEISS, W. *An Architecture for Differentiated Services*. IETF, RFC 2475, Dezembro de 1998.

Disponível em <http://www.ietf.org>.

COMER, Douglas E., Interligação em rede com TCP/IP. Vol I. 3ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

COMER, Douglas E., Redes de computadores e Internet. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

HEINANEN, J., BAKER, F., WEISS, W., WROCLAWSKI, J. *Assured Forwarding PHB Group*. IETF, RFC 2597, Junho de 1999. Disponível em <http://www.ietf.org>.

JACOBSON, V., NICHOLS, K., PODURI, K. *An Expedited Forwarding PHB*. IETF, RFC 2598, Junho de 1999. Disponível em <http://www.ietf.org>.

NICHOLS, K., BLAKE, S., BAKER, F., BLACK, D. *Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers*. IETF, RFC 2474, Dezembro de 1998. Disponível em <http://www.ietf.org>.

TANENBAUM, Andrew S., Redes de Computadores. 4ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003.