

# Qualidade de Serviço na Internet

*Carlos Alberto Kamienski*

*cak@di.ufpe.br*

Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba <sup>a</sup>

Universidade Federal de Pernambuco <sup>b</sup>

## **Resumo**

A Internet passou a ser uma realidade na vida de uma grande quantidade de pessoas ao redor do mundo. Pode-se verificar, no entanto, que o serviço proporcionado hoje em dia pela Internet não é adequado para atender à demanda de aplicações avançadas, como multimídia interativa, que os usuários desejam ter à disposição. Aplicações avançadas somente poderão ser oferecidas com a introdução de Qualidade de Serviço, tanto na Internet atual como na Internet2.

## **Abstract**

*The Internet is a reality in the life of a lot of people around the world. However, the kind of service provided by the current Internet is not suitable to cope with the advanced application demands, as interactive multimedia, that users would like to have. Advanced applications only will be provided with the introduction of Quality of Service, both in the current Internet and in the Internet2.*

---

<sup>a</sup> Professor da Gerência de Informática

<sup>b</sup> Doutorando em Ciência da Computação

## **1. Introdução**

A Internet está alcançando uma expansão enorme, que pode ser mensurada de várias formas. De maneira quantitativa, pode-se dizer que a nova fronteira de crescimento é a computação móvel. Considera-se que ela irá se tornar cada vez mais heterogênea, ubíqua e móvel, ou seja, em poucos anos 20 a 50 por cento das estações vão estar conectadas por redes sem fio [Fas99]. Em termos qualitativos, a meta é ultrapassar os limites impostos pelo modelo de melhor esforço utilizado na Internet, proporcionando mecanismos para a obtenção de Qualidade de Serviço (QoS).

Várias abordagens para a introdução de QoS na Internet têm sido propostas nesses últimos anos [Xia99]. Mas, elas apresentam visões segmentadas, provendo soluções em planos específicos. Nenhuma delas é capaz de considerar as necessidades de QoS da Internet atual, deixando margem para novos requisitos que podem surgir no futuro.

## **2. Qualidade de Serviço (QoS)**

Qualidade de serviço (QoS) é algo difícil de definir. Em geral, assume significados diferentes para pessoas distintas. Para a ISO, QoS é definida como o efeito coletivo do desempenho de um serviço, o qual determina o grau de satisfação de um usuário do serviço [ISO95]. Essa definição é bastante genérica e deve ser melhor definida para o problema específico que se deseja tratar.

No caso de aplicações multimídia alguns parâmetros de QoS podem possuir um componente subjetivo, já que a qualidade de áudio e vídeo está relacionada com a percepção dos usuários, que é uma medida variável. Em um sistema multimídia distribuído a qualidade de serviço pode ser definida a representação do conjunto de características qualitativas e quantitativas de um sistema multimídia distribuído, necessário para alcançar a funcionalidade de uma aplicação [Vog95].

Em redes de computadores, QoS é utilizado para definir tanto o desempenho de uma rede relativa às necessidades das aplicações, quanto ao conjunto de tecnologias que possibilitam à redes oferecer

garantias de desempenho [Tei98]. Em um ambiente compartilhado de rede, QoS necessariamente está relacionada à reserva de recursos.

A necessidade da introdução de mecanismos para garantias de qualidade de serviço em redes de alto desempenho, como a Internet2, é um debate caloroso. Uma opinião é que com as novas tecnologias (fibras óticas e WDM) a largura de banda se tornará tão abundante e barata que QoS será obtido automaticamente. Outra opinião diz que largura de banda não elimina a necessidade de QoS. Não importa quanta banda houver, novas aplicações serão inventadas para consumi-la. Logo, serão necessários mecanismos para prover QoS.

Com certeza as novas aplicações terão um grande impacto no congestionamento das redes de alta velocidade. Existe um relacionamento recíproco importante entre aplicações, cuja existência e popularidade motivam melhorias na rede, e a rede em si, cujos avanços permitem e inspiram novas aplicações. Mesmo que seja impossível prever exatamente quais aplicações podem evoluir no futuro, é seguro assumir que redes sempre mais rápidas irão estimular o desenvolvimento de aplicações com altas demandas.

### **3. QoS na Internet**

Atualmente existe uma grande demanda por QoS na Internet, tanto por parte dos usuários quanto dos provedores de serviços. Os usuários estão solicitando a definição de níveis consistentes de QoS que eles gostariam de poder usufruir, para permitir a utilização de aplicações como videoconferência e voz sobre IP. Por outro lado, provedores estão desejando atender a essas necessidades dos usuários, e para isso precisam de mecanismos capazes de implementar uma certa diferenciação de serviços. Mas, para isso é necessário romper a barreira do modelo de serviços utilizado atualmente na Internet.

#### **3.1. O modelo de melhor esforço**

A Internet atual utiliza um modelo de serviço de melhor esforço [Lei97], que significa que todos os usuários e aplicações tem o mesmo tratamento nos roteadores no caminho entre origem e destino dos pacotes. Em situações de congestionamento, roteadores guardam

pacotes em filas na ordem estrita de chegada (FIFO). Quando a capacidade da fila transborda, os pacotes são simplesmente descartados.

Esse modelo apresenta uma grande simplicidade e robustez, que foi o motivo do sucesso da Internet. No entanto, não permite o desenvolvimento de aplicações avançadas e a diferenciação de serviços entre usuários.

### 3.2. Parâmetros de QoS

Disponibilizar QoS basicamente significa proporcionar garantias de transmissão para certos fluxos de dados. A garantia de transmissão pode ser expressa como a combinação de alguns dos seguintes parâmetros [Fer98]:

- **Atraso:** É o tempo necessário para um pacote ser passado do emissor, através da rede, até o receptor. Quanto maior o atraso, maiores são os problemas causados para o bom funcionamento dos protocolos de transporte, como o TCP. Algumas aplicações exigem o cumprimento de níveis máximos de retardo para funcionar adequadamente (vídeo e áudio, por exemplo).
- **Variação do atraso (*jitter*):** É a variação no atraso fim-a-fim. Mesmo com níveis de retardo dentro dos limites aceitáveis, variações acentuadas do retardo podem ter efeitos negativos na qualidade do serviço oferecido a algumas aplicações.
- **Largura de banda:** É a taxa de transmissão de dados máxima que pode ser sustentada entre dois pontos finais. Além dos limites físicos (tecnologia utilizada) a largura de banda é limitada também pela quantidade de fluxos que compartilham a utilização de determinados componentes da rede.
- **Confiabilidade:** Como uma propriedade dos sistemas de transmissão, pode ser vista como a taxa de erros do meio físico. Na Internet, no entanto, protocolos como o TCP consideram que menos de 1% das perdas de pacotes tem causas físicas. O principal componente para expressar a confiabilidade, é então o roteamento, que pode atrasar os pacotes, alterar a sua ordem ou mesmo descartá-los quando as filas estão cheias.

Um serviço com qualidade pode ser visto como aquele que provê baixo atraso e variação do atraso, grande quantidade de banda e muita confiabilidade. Quando se refere a QoS na Internet, no entanto, a questão diz respeito à diferenciação e uma ou mais dessas quatro métricas básicas de qualidade para uma determinada categoria de tráfego. O serviço oferecido pela Internet é justo para com todos os usuários, mas o que se quer, na realidade, é introduzir uma boa dose de injustiça, a fim de beneficiar usuários ou aplicações que desejam ou podem pagar por serviços de melhor qualidade.

## **4. Abordagens para QoS na Internet**

A IETF (Internet Engineering Task Force) tem ultimamente dado uma grande atenção à introdução de QoS na Internet e propôs alguns modelos de serviços e mecanismos para atender essa demanda. Entre eles, com mais destaque estão [Xia99]: a Arquitetura de Serviços Integrados, A Arquitetura de Serviços Diferenciados, MPLS, Roteamento com QoS e Engenharia de Tráfego, apresentados a seguir.

### **4.1. A Arquitetura de Serviços Integrados**

A Arquitetura de Serviços Integrados (IntServ) [Bra94] assume que a arquitetura atual da Internet não precisa ser modificada, mas pode ser estendida para fornecer vários novos serviços. O foco principal de IntServ são as aplicações de tempo real, que necessitam de garantias rígidas de QoS para funcionar corretamente. Para isso, foram propostas duas novas classes de serviços, além do serviço de melhor esforço existente:

- Serviço garantido, para aplicações intolerantes a variações no atraso fim a fim, como conversas telefônicas.
- Serviço de carga controlada, para aplicações que toleram variações no atraso fim a fim, como algumas aplicações unidirecionais de distribuição de áudio e vídeo.

Esse modelo supõe que os recursos (dos roteadores, principalmente) devem ser explicitamente gerenciados para atender às necessidades das aplicações. Isso implica na necessidade de realizar reserva de recursos e controle de admissão, do mesmo modo como funciona o sistema

telefônico. A reserva de recursos pode ser estática ou, mais adequadamente, dinâmica através do protocolo RSVP [Bra97]. Isso gera uma grande desvantagem ao IntServ, a sua falta de escalabilidade. Em grandes redes, a necessidade de manter recursos reservados em todos os roteadores e o grande número de mensagens trocadas para reserva de recursos pelo protocolo RSVP inviabilizam a sua utilização.

## **4.2. A Arquitetura de Serviços Diferenciados**

Entre várias propostas para QoS na Internet, Serviços Diferenciados (DiffServ) [Bla98] vem se destacando por oferecer uma característica indispensável: escalabilidade. Escalabilidade pretende ser obtida através da agregação de fluxos e separação das funções dos roteadores de borda e de núcleo nas grandes redes de *backbone*. As redes que implementam serviços diferenciados são chamadas Domínios DS.

Domínios DS negociam entre si contratos que visam ao provimento de garantias mínimas de QoS para as aplicações dos usuários. Todos os pacotes que fluem de um domínio para outro são fiscalizados (policidados) nos roteadores de borda para verificar sua conformidade com os contratos. No centro da rede, os roteadores simplesmente encaminham os pacotes para os seus destinos, oferecendo algumas garantias de QoS a determinados pacotes. Ou seja, pacotes distintos podem ter tratamentos distintos nos roteadores, para sua aderência a seus requisitos de QoS. Esse tratamento específico de encaminhamento é chamado de PHB (Per-Hop Behavior).

A combinação do PHB no centro da rede com as regras de policiamento na borda, permitem a criação de vários serviços em uma rede de Serviços Diferenciados. Atualmente estão sendo padronizados dois PHBs pelo IETF: Encaminhamento Expresso (EF) e Encaminhamento Assegurado (AF). O PHB AF pode ser utilizado por serviços que necessitam de garantias não muito rígidas, para obter diferenciação (preferência) aos seus pacotes fluindo na rede. Por outro lado, o PHB EF define garantias mais rígidas de QoS para aplicações muito sensíveis a variações de características temporais da rede.

Apesar de ser escalável, DiffServ não oferece a garantia rígida de recursos para todos os fluxos, como o IntServ. As reservas de recursos são feitas para agregações, ou seja, grandes conjuntos de fluxos. Um

fluxo individual pode não atingir as suas necessidades em termos dos parâmetros de QoS, como largura de banda e atraso. Esse tipo de QoS algumas vezes é chamado de Classes de Serviço (CoS). Nesses casos, garantias somente podem ser obtidas através do correto provisionamento dos recursos da rede, o que nem sempre é algo fácil.

### **4.3. Multiprotocol Label Switching (MPLS)**

Na Internet, quando um roteador recebe um pacote ele faz uma busca na sua tabela de roteamento e então, baseado no endereço IP do pacote, ele decide para onde enviá-lo. Essa busca pode levar bastante tempo, dependendo do tamanho da tabela de cada roteador. MPLS [Ros99] rompe com esse paradigma, usando um rótulo de tamanho fixo a partir do qual o roteador decide por onde enviar os pacotes.

MPLS é na realidade a padronização de várias implementações existentes no mercado da técnica de encaminhamento baseado em rótulos (*label switching*). Essa forma de encaminhamento proporciona algumas vantagens em relação a maneira tradicional, como: a) melhor desempenho no encaminhamento de pacotes; b) criação de caminhos (chamados de LSPs -Label Switched Paths) entre roteadores, útil para engenharia de tráfego; e c) possibilidade de associar requisitos de QoS baseados no rótulo carregado pelos pacotes.

### **4.4. Roteamento com QoS**

As tabelas de roteamento dos roteadores podem ser mantidas estática (administração manual) ou dinamicamente. Para a manutenção dinâmica, existem protocolos de roteamento, como RIP e OSPF, que escolhem as melhores rotas geralmente baseados no caminho mais curto. Esse tipo de roteamento é otimizado para apenas uma métrica, que pode ser a quantidade de roteadores a ser percorrida (RIP), ou o peso administrativo de cada enlace (OSPF).

Roteamento com QoS (*QoS Routing*) [Cra98] é o processo de selecionar as rotas que serão utilizadas pelos pacotes baseado nos seus requisitos de QoS, como largura de banda e atraso. A motivação para esse tipo de roteamento é a esperança de que isso irá ajudar a melhorar tanto o serviço recebido pelos usuários, como a eficiência global da rede. Roteamento com QoS pode ser utilizado para descobrir as rotas

que serão utilizadas por roteadores que implementam MPLS, IntServ ou DiffServ, por exemplo.

#### **4.5. Engenharia de Tráfego**

Engenharia de Tráfego [Awd98] é o processo de arranjar como o tráfego flui através da rede para que congestionamentos causados pela utilização desigual da rede possam ser evitados. A Engenharia de Tráfego é direcionada à otimização de desempenho de redes operacionais. Em geral, ela engloba a aplicação de princípios tecnológicos e científicos para medir, modelar, caracterizar e controlar o tráfego na Internet e a aplicação dessas técnicas e conhecimentos para atingir determinados objetivos de desempenho.

Um objetivo central da Engenharia de Tráfego na Internet é facilitar a operação eficiente e confiável da rede enquanto que ao mesmo tempo otimiza a sua utilização e desempenho. A Engenharia de Tráfego já é atualmente uma função indispensável em grandes redes por causa do custo alto dos equipamentos e da natureza comercial e competitiva da Internet. Como altera o fluxo normal dos pacotes, ela pode ser utilizada para atender a requisitos de QoS de determinados fluxos de dados.

A Engenharia de Tráfego pode ser feita manualmente, ou usando algum tipo de técnica automatizada, usando inclusive MPLS ou Roteamento com QoS para descobrir e fixar os caminhos mais adequados a determinados fluxos dentro da rede.

### **5. QoS na Internet2: o projeto QBone**

A Internet2 é um projeto desenvolvido pelaUCAID (University Corporation for Advanced Internet Development), um grupo de universidades americanas, que visa possibilitar a utilização de aplicações avançadas em redes de computadores [I2]. Cerca de 150 universidades e várias corporações estão trabalhando para disponibilizar aplicações, tais como telemedicina, bibliotecas digitais e laboratórios virtuais, que não são possíveis atualmente devido à tecnologia utilizada na Internet.

Assim como a Internet surgiu de pesquisas acadêmicas e governamentais nos anos 80, a Internet2 está ajudando a desenvolver e



testar novas tecnologias, como Ipv6, multicasting, e Qualidade de Serviço (QoS). Dando suporte a essas tecnologias está uma infraestrutura extremamente veloz, baseada em enlaces óticos, com tecnologias como SONET/SDH e WDM.

O QBone [Tei99] é um produto do Grupo de Trabalho QoS da Internet2 e constitui-se em uma plataforma de testes para Qualidade de Serviços na Internet2, onde vários aspectos relacionados à introdução de novos serviços baseados no protocolo IP podem ser explorados. Sua estrutura é baseada em DiffServ.

Entre os serviços possíveis em uma rede de Serviços Diferenciados, o serviço Premium, que emula uma linha privativa de dados, foi escolhido para viabilizar as primeiras aplicações do QBone. Aplicações avançadas de rede, como as pretendidas pela Internet2, necessitam de garantias mais rígidas de QoS, e o objetivo principal do QBone é explorar essa classe de novos serviços.

## **6. Conclusão**

A introdução de Qualidade de Serviço (QoS) na Internet não é simplesmente um assunto de pesquisa, mas uma exigência real do mercado. Provedores de serviço desejam oferecer a seus clientes serviços com vários níveis de diferenciação em qualidade e preços.

A Internet2, sem dúvida, é um ambiente onde as expectativas dos usuários com relação à qualidade de serviço em aplicações avançadas poderão ser testadas e mensuradas. Aplicações em rede atualmente, principalmente aqueles da Internet, sofrem com uma falta crônica de qualidade de serviço, motivada pelo modelo de melhor esforço, que compartilha toda a banda igualmente com todos os usuários.

Para a Internet evoluir para uma plataforma abrangente de serviços integrados, os usuários devem se sentirem confortáveis ao utilizar suas aplicações, a qualquer hora do dia. Da empolgação inicial sentida pelos usuários quando do início da utilização da Web, à irritação manifestada hoje em dia, pode-se concluir que o usuário realmente precisa ter suas expectativas de QoS atendidas para que qualquer projeto de rede, inclusive da Internet2 tenha sucesso.

## Referências Bibliográficas

- [Awd98] Awduche, D. et al., Requirements for Traffic Engineering over MPLS, Internet Draft, <draft-ietf-mpls-traffic-eng-00.txt>, Outubro 1998.
- [Bla98] Black, D., An Architecture for Differentiated Services, Internet RFC 2475, Dezembro 1998.
- [Bra94] Braden, R., Clark, D. & Shenker, S., Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview, Internet RFC 1633, Junho 1994.
- [Bra97] Braden, R. et al., Resource ReSerVation Protocol (RSVP) – Version 1 Functional Specification, Internet RFC 2205, Setembro 1997.
- [Cra98] Crawley, E. et al., A Framework for QoS-based Routing in the Internet, Internet RFC 2386, Agosto 1998.
- [Fas99] Fasbender, A., Any Network. Any Terminal. Anywhere, IEEE Personal Communications, Abril 1999.
- [Fer98] Ferguson, P. & Huston, G., Quality of Service in the Internet: Fact, Fiction, or Compromise ? INET'98, julho 1998.
- [I2]UCAID, Internet2 Project, <http://www.internet2.edu>
- [ISO95] ISO/IEC DIS 13236, Information Technology - Quality of Service - Framework, ISO/OSI/ODP, Julho 1995.
- [Lei97] Leiner, B. M. et al., The Past and Future History of the Internet, Communications of the ACM, Fevereiro 1997.
- [Ros99] Rosen, E. et al., Multiprotocol Label Switching Architecture, Internet Draft, <draft-ietf-mpls-arch-05.txt>, Abril 1999.
- [Tei98] Teltelman, B. & Hanss, T., QoS Requirements for Internet2, Internet2 QoS Work Group Draft, Abril 1998.
- [Tei99] Teitelman, B. et. al., Internet2 OBone: Building a Testbed for Differentiated Services, IEEE Network, Setembro 1999.
- [Vog95] Vogel, L. A. et al., Distributed Multimedia and QoS: A Survey, IEEE Multimedia, Summer 1995.
- [Xia99] Xiao, X. & Ni, L. M., Internet QoS: A Big Picture, IEEE Network, Março/Abril 1999.