

1 Introdução

Atualmente a internet tem sido utilizada por cerca de 1,6 bilhões de usuários com uma taxa de crescimento de 342,2 % nos últimos oito anos [1]. Com este aumento e a popularização das ofertas de serviço de banda larga residenciais, o número de novas aplicações vem crescendo substancialmente. Assim desafios relacionados ao provimento com qualidade para estas novas aplicações, se tornam críticos para o contínuo desenvolvimento e sucesso da internet.

Uma questão que vem sendo estudada atualmente diz respeito aos aspectos econômicos do gerenciamento dos recursos de uma rede de pacotes para provimento dessas novas aplicações. Vários trabalhos existentes na literatura tentam incorporar esta nova dimensão, levando em conta políticas de preços, comportamento e satisfação dos usuários, e maximização de receita do provedor de serviço [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

Nessas redes praticamente inexistem comutação de circuitos para tráfego de voz e sim de pacotes, tanto para voz quanto para dados. Isso permite que uma quantidade maior de usuários possa simultaneamente utilizar os diferentes tipos de serviços ofertados na rede. Isso traz muitos benefícios para as provedoras de serviços detentoras das redes, mas também introduzem problemas inerentes a essa diversificação.

O trabalho aqui apresentado busca responder ou pelo menos sugerir respostas para algumas questões levantadas por essa diversificação assim como tentar avaliar a satisfação dos usuários em relação aos serviços contratados. Quanto maior a quantidade de usuários na rede, maior será o tráfego de pacotes, provocando assim o aumento da probabilidade de perda de pacotes, do atraso e de sua variação temporal (jitter) com a conseqüente diminuição da taxa de transmissão de informação. Por outro lado, os diferentes tipos de serviços ofertados requerem requisitos cada vez mais precisos para a obtenção de uma qualidade satisfatória.

Qualidade satisfatória pode ser entendida sob dois pontos de vista: o da rede e o do usuário. Sob o ponto de vista da rede, esta qualidade depende de métricas específicas que compõem o que é denominado de “Qualidade de serviço” (QoS). Existem várias métricas que podem ser utilizadas para a caracterização do QoS: atraso, jitter e probabilidade de perda de pacotes, probabilidade de bloqueio de chamada, desempenho com codificação, entre outras. Essas medidas modelam os aspectos técnicos da rede. Já sob o ponto de vista dos usuários, uma função há muito existente na economia adequada para modelar o comportamento dos usuários é a assim chamada “função utilidade” [10], entendida como uma medida da satisfação ou prazer que um usuário auferir ao adquirir um bem ou serviço. Essa função modela os aspectos econômicos da rede, pois se um usuário está satisfeito com o serviço recebido, implica em dizer que pelo menos para esse usuário, os parâmetros técnicos da rede estão satisfatórios e a chance, pelo menos teórica, de que ele migre desta operadora reduzindo a sua receita, se tornem mínimas. Assim percebe-se a existência de uma relação direta entre QoS e satisfação dos usuários.

A discussão acima induz a seguinte pergunta: como relacionar satisfação dos usuários e Qualidade de Serviço?

Para prover qualidade de serviço em uma rede de pacotes, a rede deve realizar as seguintes tarefas básicas [11]:

- Diferenciar em classes os tipos de serviços solicitados pelos usuários, pois estes requerem diferentes valores quanto aos recursos de comunicações demandados;
- Tratar estas classes de serviços de forma diferenciada através da garantia da alocação de recursos de comunicações necessárias ao seu adequado funcionamento.

No sistema proposto nesta tese, os usuários serão diferenciados em três classes de serviços não exaustivas¹, a saber: VoIP, FTP e HTTP, onde diferentes tratamentos serão realizados no que se refere ao escalonamento dos pacotes de cada classe.

¹ Embora existam outras classes de serviço, as aqui selecionadas representam uma parcela significativa do tráfego em redes.

A próxima pergunta diz respeito a como proceder para incluir a satisfação dos usuários nos mecanismos da rede para prover qualidade de serviço requerida por cada classe?

É razoável assumir que usuários ficam satisfeitos quando são privilegiados em relação aos demais para receber o serviço solicitado e o processo que define o usuário escolhido (e conseqüentemente privilegiado) é o algoritmo de escalonamento da disciplina de serviço da fila associada à classe de serviço considerada. Portanto, este algoritmo desempenha um papel absolutamente central no mecanismo de QoS e provê uma medida de diferenciação tecnológica entre produtos de diferentes fabricantes.

Em geral, uma disciplina de serviço de filas deve possuir as seguintes propriedades: i) ser justa, onde cada fluxo de pacotes deve receber sua justa parte da banda disponível e essa parte não deve ser afetada pela presença e (mau) comportamento de outros fluxos; ii) ter baixa complexidade de implementação e iii) oferecer garantias de limites de atraso. Entretanto o design de uma disciplina que ofereça tais propriedades é complexo [12] fazendo com que as disciplinas de serviço sejam classificadas como “Prioridades sortidas” (prioridades são calculadas para cada fluxo de pacotes para tomada de decisão) ou “Baseada em quadros” (tamanho máximo de quadro é determinado e o máximo de pacotes que o preencha é enviado por cada fluxo de pacotes) [13].

Nesta tese é proposta uma nova disciplina baseada na “satisfação” dos usuários e na qualidade de serviço e seu desempenho é comparado com uma disciplina do tipo “Prioridades sortidas” e duas do tipo “Baseada em quadros” existentes na literatura.

No capítulo 2 é definido o conceito de “Qualidade de Serviço” e suas métricas. Também é evidenciada a razão pelo estudo de tal conceito nas redes de pacotes e sua utilidade no desenvolvimento do presente trabalho.

No capítulo 3, diferentes abordagens utilizadas para caracterizar o comportamento dos usuários em telecomunicações são descritas, assim como o conceito utilizado no presente trabalho referente à função trazida da economia chamada de “Utilidade”.

No capítulo 4 as disciplinas de serviços são definidas e exemplificadas assim como o sistema e seu funcionamento, utilizado neste trabalho. Neste capítulo a disciplina proposta baseada na Satisfação, tema central do trabalho, é descrita assim como a descrição matemática da função utilidade usada para determinar a satisfação dos usuários. Outras disciplinas usadas para efeitos de comparação são descritas e exemplificadas, entre elas, “Round Robin”, “Deficit Round Robin” e “Self-Clocked Fair Queuing”.

No capítulo 5 o cenário utilizado para simulação, o perfil do sistema e o perfil dos usuários são definidos, e os resultados obtidos através das simulações são detalhados e analisados.

No capítulo 6 as conclusões a cerca dos resultados obtidos e sugestões para futuros trabalhos são detalhadas.