

6

Conclusões e sugestões para trabalhos futuros

6.1.

Conclusões

Com o intuito de responder ou induzir respostas referentes às questões levantadas sobre a inclusão da satisfação dos usuários de serviços de telecomunicações nos mecanismos de rede para prover qualidade de serviço é que o presente trabalho encontrou sua razão de existir.

Para o seu desenvolvimento em busca de tais respostas, simulou-se o funcionamento de roteadores de borda de uma rede de uma provedora de serviços de telecomunicações onde os usuários requisitam três tipos de tráfego VoIP, FTP e HTTP. Para esses usuários serem atendidos uma disciplina de serviço baseada na satisfação dos mesmos, medida através de métricas de qualidade de serviço, foi proposta e comparada com outras já existentes na literatura.

De acordo com os resultados obtidos no capítulo 5, a disciplina proposta teve desempenho razoável em relação às outras disciplinas consideradas. Dependendo do tipo de tráfego considerado e dos requisitos necessários, a disciplina se mostrou ora razoável ora insatisfatória.

Levando em conta a justiça das disciplinas de serviço, evidenciada neste trabalho pelo nível de satisfação dos usuários, a disciplina proposta teve desempenho razoável em relação às outras para os tráfegos de FTP. Mesmo com níveis superiores acima das outras disciplinas em boa parte do tempo simulação, a disciplina não modelou com precisão o comportamento dos usuários, pois na maior parte do tempo eles estavam com satisfações menores que 50%. Vale, entretanto ressaltar que o trabalho considera os valores limites aceitável das métricas de qualidade de serviço como valores que não refletem o que acontece na prática, seja pela inacessibilidade a dados reais ou pela difícil definição do que seja um limite aceitável para métricas de tráfego FTP.

Em relação ao tráfego de VoIP, a disciplina proposta tem um dos piores desempenhos em relação às outras disciplinas. A disciplina “Deficit Round Robin” foi projetada para priorizar o tráfego de VoIP por isso obtendo um ótimo desempenho e a disciplina “Self-Clocked Fair Queuing” obteve um ótimo desempenho devido a suas características já comprovadas [24] de fornecimento de garantias de serviço a tráfegos em tempo real. A disciplina proposta só obtém desempenho melhor na maior parte do tempo que a disciplina “Round Robin”, pelo fato dessa disciplina manter um atraso longo e constante dos pacotes comprometendo esse tipo de serviço.

Em relação ao tráfego de HTTP, a disciplina proposta obteve o pior desempenho em relação às demais disciplinas. Aqui, mais uma vez, vale ressaltar que os valores limites aceitáveis considerados são valores teóricos e não práticos. Por isso, fica difícil modelar a satisfação dos usuários.

Com isso, a análise das métricas de qualidade de serviço fica subentendida, pois é através delas que as satisfações são calculadas.

O conceito mais relevante para o desenvolvimento do trabalho foi o de definir a maneira de se calcular e atualizar as satisfações dos usuários, pois com essa satisfação, a disciplina decide por qual usuário receberá serviço tentando evitar congestionamentos, grandes atrasos, jitter e problemas nas taxas de transmissão.

No sistema considerado, as estatísticas das métricas de qualidade de serviço são calculadas apenas para o usuário que recebeu serviço, ou seja, para o pacote trafegado na rede. Com isso no próximo escalonamento o único usuário que teve sua satisfação atualizada foi o usuário que recebeu serviço. Só que na prática, todos os usuários têm satisfações que estão dinamicamente sendo alteradas ora melhorando ora piorando. E a forma como a satisfação é concebida neste trabalho, torna-se difícil fazer essa atualização dinâmica para todos os usuários em todos os instantes de escalonamento.

O seguinte exemplo mostra a dificuldade em se atualizar dinamicamente a satisfação dos usuários concorrendo por serviço: Considerando um caso em que dez usuários estejam concorrendo por serviço de FTP. Inicialmente todos estão

insatisfeitos para “forçar” a oferta de serviço a cada um deles até que um número limite de pacotes de cada um seja trafegado na rede e todos tenham adquirido um perfil de satisfação. A partir desse momento a satisfação é levada em conta para escalonamento dos pacotes, logo enquanto a média das métricas de QoS da sessão do usuário que está sendo priorizado não estão crescendo, a satisfação desse usuário também não decresce (ou permanece no mesmo patamar ou cresce). Porém as satisfações dos outros nove usuários decrescem, pois a média das métricas de QoS das sessões desses usuários crescem pelo fato de não serem priorizados. E esse ciclo se repete para todos esses usuários até que suas sessões terminem. Só que bem antes desse momento, suas satisfações já chegaram a zero e quando chega à zero, se torna muito difícil o usuário aumentar sua satisfação novamente.

A dificuldade em aumentar a satisfação dos usuários se justifica pelo fato da duração das sessões dos usuários serem da ordem de segundos e as estatísticas médias das métricas de QoS serem coletadas na ordem de milissegundos. Com isso são coletadas muitas estatísticas das métricas, chegando a um ponto onde os valores coletados não fazem com que a média mude significativamente ao ponto de influenciar na satisfação. Em se tratando do atraso médio, como a quantidade “n” de pacotes tende a crescer muito, o atraso coletado do próximo pacote (n+1) não altera o valor médio, conseqüentemente não alterando a satisfação do usuário em relação à métrica “atraso”. Isso vale para outras métricas consideradas no trabalho. Ilustrando:

$$\bar{S}_k^{usuário}{}_{atraso}(t) = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n \text{ pacotes}} \cong \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n + d_{n+1}}{n + 1 \text{ pacotes}}$$

Como as satisfações dos usuários atingem o patamar zero e não se alteram como explicado acima, a regra de decisão da disciplina proposta perde sua razão de existir, pois os usuários terão a mesma satisfação e a regra de decisão se torna uma regra aleatória. Uma solução para esse problema pode ser o da definição de uma janela de tempo mais estrita em relação à duração da sessão para coletar as estatísticas médias garantindo que suas variações sempre influenciem as satisfações dos usuários. Essa alternativa não foi implementada por questões de tempo.

O trabalho, então, não utilizou atualização dinâmica das satisfações como descrito acima. A atualização das satisfações e cálculos das estatísticas médias das métricas de QoS foram realizadas apenas para os pacotes das sessões dos usuários escolhidas para trafegarem na rede. O ponto fraco dessa abordagem é que depois de conhecido o perfil da satisfação dos usuários, cada usuário terá satisfações diferentes uns dos outros e essa diferença faz com que uns usuários sejam priorizados por mais tempo do que os outros usuários concorrentes. Quanto maior essa diferença, ou seja, quanto menos satisfeito um usuário estiver maior será a priorização dele em relação aos outros. Quando as estatísticas médias de suas métricas de QoS forem coletadas, sua satisfação irá aumentar mas não tão rápido para tornar outro usuário menos satisfeito ao ponto de ser priorizado.

Isso resulta em uma priorização demasiada de alguns usuários em relação aos seus concorrentes. Por isso que na figura 35 referente ao VoIP mostrada no capítulo anterior, há um pico em torno de 60 segundos onde alguns usuários estão sendo priorizados demasiadamente enquanto os outros estão sofrendo grande atraso e jitter. Para compensar essa situação, esses usuários são priorizados instantes depois para re-estabilizar suas métricas atingindo um pico de transmissão de 180 kbps.

O resultado disso é que novas formas de medir as métricas de QoS para calcular as satisfações precisem ser elaboradas e estudadas a fim de entender o comportamento dos usuários para prover serviços personalizados com alto desempenho.

Em relação à complexidade de implementação, a disciplina proposta juntamente com as disciplinas baseadas em quadros têm o melhor desempenho quando considerados apenas os escalonadores iniciais. Quando se trata do escalonador mestre, as disciplinas baseadas em quadros têm menor complexidade de implementação e a disciplina proposta tem complexidade comparável à “Self-Clocked Fair Queuing”. Para determinar com precisão qual das disciplinas baseadas em prioridades tem menor complexidade de implementação, é necessário saber o número de escalonadores iniciais ativos. Considerando os dois níveis de escalonamento, as disciplinas baseadas em quadros levam vantagem em relação às disciplinas baseadas em prioridades.

Depois de analisados todos os resultados anteriores percebe-se que ainda há muito que se estudar sobre os aspectos econômicos relacionados com as telecomunicações. Não somente no relacionamento dos aspectos econômicos com as telecomunicações, mas também, na definição de qual aspecto considerar e como medi-lo.

O presente trabalho teve o objetivo de pensar sobre as telecomunicações seguindo uma linha de pensamento não muito explorada, mas com grande potencial de desenvolvimento e relevância, devido ao crescente interesse do tema por parte dos pesquisadores e das provedoras de serviços de telecomunicações.

6.2. Sugestões para trabalhos futuros

Como forma de dar continuidade às pesquisas desenvolvidas, na presente dissertação, são propostos trabalhos futuros que incluem os seguintes tópicos:

1. Investigação de novas formas de cálculo para a satisfação dos usuários de forma a modelar com mais adequação o comportamento dos mesmos, dado o crescente interesse e relevância por tal interação entre telecomunicações e os aspectos econômicos relacionados;
2. Investigação de novas formas de atualização dinâmica das satisfações de todos os usuários para que um usuário muito insatisfeito não seja priorizado por um longo intervalo de tempo, melhorando assim o desempenho da disciplina proposta;
3. Definição de uma janela de tempo mais estrita para coleta das estatísticas médias das métricas de QoS afim de facilitar a atualização dinâmica das satisfações dos usuários;
4. Inclusão de novas métricas de qualidade de serviço no cálculo da satisfação, tais como, probabilidade de perda de pacotes, probabilidade de aceitação do serviço, probabilidade de queda de conexão, entre outros;

5. Extensão do estudo para vários nós da rede da provedora de serviços de telecomunicações;
6. Estudo e implementação de novas formas de modelagem de tráfego assim como a inserção de diferentes tipos de serviço tal como “streaming de vídeo”;
7. Investigação de novos valores limites aceitáveis mais adequados para as métricas de qualidade de serviço;