

Promoting the Use of End-to-End Congestion Control in the Internet

(Sally Floyd e Kevin Fall)

Prof. Dr. Célio V. N. Albuquerque

Etienne César R. de Oliveira
Doutorando em Computação

Objetivo e Motivações

Os autores avaliam inúmeras abordagens com intuito de identificar dois tipos de tráfego que apresentam-se indiferentes a questões de congestionamento na rede e, com conseqüência, restringir a banda de transmissão destes tráfegos na presença de congestionamento.

Proposta

Considerando que o problema de congestionamento da Internet não dispõe de uma solução imediata, as propostas dos autores relacionadas a seguir são direcionadas ao controle do tráfego de melhor esforço (*best-effort*):

- implantação de disciplinas para escalonamento de pacotes nos roteadores que possibilitem o isolamento dos diferentes fluxos de dados, evitando, desta forma, que a tentativa de uso excessivo da banda de rede por um fluxo específico seja capaz de causar grande impacto nos demais fluxos. Esta abordagem sugere a implantação de mecanismos de escalonamento por fluxo que sejam capazes de regular a banda de rede utilizada por cada fluxo de melhor esforço;
- uma segunda abordagem destina aos roteadores a função de controle de congestionamento fim-a-fim como um mecanismo principal para controle de tráfego de melhor esforço, ao compartilhar uma banda de rede escassa. Além disso, como incentivo aos usuários finais, desenvolvedores de aplicações e projetistas de protocolos, os mecanismos de controle restringiriam a banda de rede de fluxos baseados no tráfego de melhor esforço que requeiram uma banda de rede desproporcional em relação aos demais fluxos, em momentos de congestionamento;
- a terceira abordagem depende da adoção de incentivos financeiros ou na adoção de mecanismos de tarifação para controle do compartilhamento da banda de rede. Essa abordagem, no entanto, dá margem aos provedores de acesso para o provisionamento de banda de rede adicional e de mecanismos

de cobrança que possibilitem o crescimento de tráfego de melhor esforço impassível à questão de congestionamento.

Os autores classificam como *unresponsive flows* os fluxos que não fazem uso de controle de congestionamento fim-a-fim e, em particular, não reduzem a carga na rede mesmo em condições de perda de pacotes. Esse comportamento implica em falta de justiça e em colapso de congestionamento na Internet.

A falta de justiça é demonstrada através de simulações com o simulador NS-2, nas quais fluxos de tráfego TCP competem com fluxo de tráfego UDP. Nas simulações com algoritmos de escalonamento FCFS (*First Come First Serve*), os fluxos TCP sofreram com a interferência de um fluxo UDP, que chegou a 2 Mbps. À medida que se incrementava a taxa de transmissão do fluxo UDP, a taxa de *goodput* (taxa de pacotes recebidos pelo destinatário, excluindo-se os pacotes repetidos) dos fluxos TCP era decrementada. A simples modificação do algoritmo de escalonamento dos roteadores de FCFS para WRR (*Weighted Round Robin*) foi capaz de limitar a taxa de *goodput* do fluxo UDP em 25%, tornando o uso da banda de rede mais justo. A figura 1 apresenta a topologia da simulação realizada, na qual os três fluxos TCP partem de S1 com destino a S3 e o fluxo UDP parte de S2 com destino a S4.

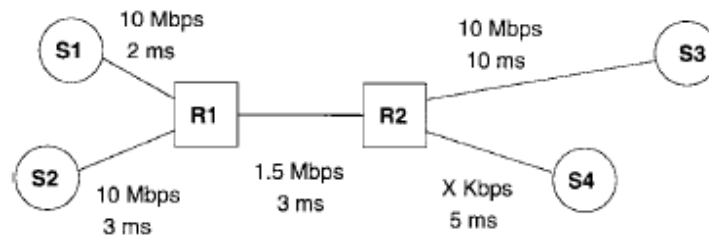


Figura 1- Topologia de Rede da Simulação

Um colapso de congestionamento ocorre quando um aumento na carga da rede implica em uma redução do aproveitamento de pacotes transmitidos. Este fenômeno foi identificado, inicialmente, na década de 1980 e ocorreu principalmente devido a retransmissão de pacotes TCP que ainda encontravam-se em trânsito ou que já haviam sido recebidos pelo destinatário. Uma outra forma de colapso de congestionamento surge quando a banda de rede é desperdiçada pelo envio de pacotes que serão descartados antes que possam alcançar seus respectivos destinatários. Entre as aplicações mais destrutivas encontram-se aqueles que incrementam a taxa de envio de pacotes ao identificarem o aumento de pacotes descartados. A topologia da figura 1 é utilizada em novas simulações, com a banda de rede entre R2 e S4 configurada com 128 Kbps. Ao passo que o fluxo UDP aumenta a taxa de transmissão, causando um congestionamento na conexão entre R1 e R2, os fluxos TCP sofrem e reduzem as suas respectivas taxas de transmissão. Como o enlace entre R2 e S4 encontra-se limitado a 128 Kbps e o algoritmo de escalonamento definido nos roteadores foi o FCFS, o incremento do fluxo UDP reduz o *goodput* da rede. A repetição desta simulação com o algoritmo de escalonamento WRR, limitando o fluxo UDP em 25% do enlace R1-R2, possibilita um melhor aproveitamento dos recursos da rede. Outros experimentos foram realizados pelos autores variando a quantidade de fluxos TCP e UDP e os algoritmos de controle de escalonamento.

Além destes tipos de colapso de congestionamento, os autores citam e descrevem brevemente outros tipos baseados em fragmentação, aumento no tráfego de controle etc.

Para que seja possível a identificação de fluxos de dados que devem ser controlados, os autores relacionam algumas alternativas que encontram-se brevemente descritas a seguir:

- identificação de fluxos que não apresentam comportamento compatível com o protocolo TCP (*TCP-Friendly*) – um fluxo *TCP-Friendly* mantém a sua taxa de chegada de pacotes no mesmo limite de um fluxo TCP, ou seja, caso haja perda de pacotes, a taxa é reduzida à metade, caso contrário, a taxa é incrementada por até um pacote por RTT (*Round Trip Time*). Esse comportamento é utilizado para identificar se um fluxo adota um comportamento *TCP-Friendly*. A equação 1 descreve a equação matemática utilizada para descrever esse comportamento;
- identificação de fluxos *unresponsive* – um fluxo *responsive* é um fluxo que reage reduzindo a taxa de transmissão apropriadamente, caso haja aumento na taxa de pacotes descartados, conseqüentemente, um fluxo *unresponsive* manterá ou incrementará a taxa de transmissão na mesma situação. Com base na equação 1, se a taxa de descarte for incrementada por um fator x , espera-se que a taxa de chegada seja decrementada por um fator igual ou superior a \sqrt{x} . Neste caso, o roteador deve restringir a banda de transmissão de fluxos de melhor-esforço;
- identificação de fluxo usando banda de rede desproporcional – o uso de banda de rede desproporcional em momentos de congestionamento ocorre quando um fluxo ocupa uma fatia bem superior da banda de transmissão que os demais fluxos. Neste caso, cabe aos roteadores limitar a banda de transmissão deste fluxo, ainda que mesmo apresente um comportamento *TCP-Friendly*.

Equação 1 - Controle de Congestionamento

$$T \leq \frac{1.5\sqrt{2/3} * B}{R * \sqrt{p}}$$

Os autores dedicam, ainda, uma seção para tratar de abordagens alternativas. Uma destas abordagens alternativas seria o uso de mecanismos de escalonamento por fluxo em todos os roteadores congestionados da Internet, tais como RR (*Round Robin*), FQ (*Fair Queueing*). Os autores afirmam, ainda, que somente a adoção destes mecanismos é insuficiente para controlar, adequadamente, tráfego de dados de melhor esforço. Analisando a ação dos algoritmos de escalonamento, os autores afirmam que sob o aspecto de performance, o algoritmo FCFS apresenta vantagens sobre os demais algoritmos, devido à simplicidade e conseqüente eficiência. Além destas abordagens, outras abordagens são sucintamente discutidas pelos autores.

Vantagens

A ação de fluxos de dados que não apresentam um comportamento *TCP-Friendly* causa um impacto negativo na rede. Desta forma, o estudo deste impacto, a proposição de alternativas para identificar este tipo de tráfego e de ações reativas caracterizam-se como vantagens deste trabalho.

Desvantagens e Limitações

Todas as conclusões foram obtidas a partir de simulações. Para que seja possível validar, de fato, as alternativas propostas, torna-se imperativo a implementação das alternativas em um ambiente real, ou seja, na Internet. A adoção de alternativas que requeiram alteração nos mecanismos de escalonamento constitui um grande desafio, pois para que este modelo possa ser amplamente utilizado, seria primordial a implantação desta nova política em todos os roteadores da Internet.

Ao analisar a seção IV, os autores acabam discutindo propostas contraditórias, corroborando a afirmativa de que o trabalho proposto apenas relaciona abordagens diferenciadas para o problema causado por fluxos de melhor esforço.