

Avaliação do atraso de pacotes em filas para tráfego estocástico em rajada no simulador de redes com base no modelo fluido

Rudolfo E. Runcos e Eduardo P. Ribeiro

Resumo—Este trabalho avalia através de simulações no network simulator (ns2) as condições em que o atraso em fila de pacotes de um tráfego estocástico tipo rajada (modelo exponencial *on/off*) pode ser calculado com boa aproximação por um simples modelo fluido. Tanto os parâmetros do tráfego (tempo relativo de rajada e ociosidade) quanto a fila inicial são variados e pode-se observar quando a representação pelo modelo fluido não é adequada.

Palavras-Chave— modelo fluido, tráfego *on/off*, atraso, fila.

Abstract—This article evaluates through simulations on network simulator (ns2) the conditions where queue packet delays due to an bursty traffic (exponential *on/off*) may be calculated with good approximation using a simple fluid model. Both traffic parameters (relative burst/idle times) and initial queue are tested and adequacy of fluid model representation can be verified.

Keywords— fluid model, *on/off* traffic, delay, queue.

I. INTRODUÇÃO

A teoria de filas em muito tem contribuído para o estudo e dimensionamento das redes de comunicações de dados de uma maneira geral. O tempo médio de espera em fila pode ser usualmente determinado supondo-se o processo de chegada de pacotes marcoviano e um estado estacionário de operação onde a utilização média do sistema seja abaixo de 100%. No entanto situações momentâneas quando se deseja calcular o atraso médio após um certo período de operação em que a taxa média de entrada é maior que a taxa de saída não são contempladas por esta teoria. Tais situações são de interesse na avaliação de protocolos que envolvam operação de tempo real como, por exemplo, comunicações de áudio e vídeo ou comunicações de controle de processos industriais. Uma abordagem simples para essas situações consiste na aproximação do tráfego estocástico por um modelo de fluxo de fluido. Esta aproximação geralmente é razoável quando o sistema se encontra em condição de tráfego pesado com filas longas e ocupadas. Kleinrock [1] comenta justamente a importância da análise destas situações críticas visto que a situação de filas vazias não apresentam sério problema para a o desempenho dos sistemas. Recentemente este tipo de modelagem por fluxo fluido tem atraído a atenção de pesquisadores para acelerar o processo de simulação principalmente como uma solução escalável para grandes redes [2][3]. Este trabalho visa fazer uma investigação inicial da validade do modelo fluido simples

para simulações realizadas no NS2 - Network Simulator com tráfego estocástico em rajada (tipo *on/off*). Objetiva-se determinar o tempo de espera em fila (ou de forma equivalente o tamanho da fila) após um período de operação no qual a taxa média do tráfego estocástico de entrada é superior à taxa de saída da fila. Devido a natureza aleatória do processo, várias simulações são realizadas sendo estabelecido o intervalo de confiança (95%) dos resultados obtidos.

II. METODOLOGIA

A topologia considerada para teste consiste na fila com capacidade de saída de 1Mbps. O protocolo de transporte utilizado é o UDP e todos os pacotes apresentam um tamanho de 1000 bytes. No início de cada simulação foi usado um tráfego CBR para preencher a fila e evitar que ela fique vazia durante a simulação.

Quando o tempo de simulação é $t=1s$ o tráfego CBR é desligado e o tráfego exponencial *on/off* tem início. Os parâmetros do tráfego *on/off* são: tempo médio ocioso - *idle time* (T_{off}), tempo médio de rajada - *burst time* (T_{on}) e taxa de rajada - *burst rate* (R_{burst}). Estes parâmetros foram escolhidos de forma a sempre se ter uma taxa média $R_{in}=1,1Mbps$. Por simplicidade foi fixado $T_{on} = 50ms$ para todas as simulações. A eq. (1) mostra o cálculo da taxa média de entrada de acordo com o modelo de fluxo fluido:

$$R_{in} = \frac{R_{burst}T_{on}}{T_{on} + T_{off}} \quad (1)$$

O tempo durante o qual o tráfego *on/off* permaneceu ligado foi escolhido como 10s. Deseja-se estudar o comportamento médio do atraso durante o tempo de simulação mas descontando-se o atraso inicial. Assim o atraso (A) é medido como a diferença entre o tempo de entrada e saída da fila do último pacote da simulação (mais próximo de 10s) menos o atraso inicial (A_0). O valor do atraso pelo modelo fluido é dado por $A = [(R_{in} - R_{out})T_{sim}]/R_{out}$ e este é sempre igual a 1s para todas simulações. Ou seja, de acordo com o modelo fluido, as simulações deveriam chegar num atraso médio de 1s.

O primeiro caso simulado foi para $A_0 = 15s$. Este caso garante a fila sempre cheia durante o tempo de simulação, servindo, portanto, como caso de referência para os demais. Dentro deste caso, valores de T_{off} foram considerados e o respectivo valor de R_{burst} . A tabela I mostra os valores adotados para T_{off} e R_{burst} em cada situação, já que $T_{on} = 50ms$ e

$R_{in} = 1,1Mbps$ são mantidos fixos. Como o desvio padrão do atraso (σ_A) aumenta com o aumento de T_{off} (e R_{burst}), decidiu-se manter um intervalo de confiança de 95% com cerca de 0,1s de largura. O número de simulações realizadas para alcançar esse objetivo em cada situação também se encontra na tabela. Os outros casos estudados foram para $A_0 = 6s$, $A_0 = 3s$, $A_0 = 1s$ e $A_0 = 0s$. Nenhum destes casos garante fila cheia ao longo de toda a simulação. Para estes casos, foram simuladas apenas 3 das situações: $T_{off} = 5ms$, $T_{off} = 50ms$ e $T_{off} = 150ms$.

TABELA I
VALORES USADOS NAS SIMULAÇÕES.

T_{on} (ms)	T_{off} (ms)	R_{burst} Mbps	σ_A (s)	n
50	150	4,4	1,682	4200
50	100	3,3	1,258	2400
50	75	2,75	1,030	1800
50	50	2,2	0,775	900
50	25	1,65	0,448	315
50	5	1,21	0,098	20
50	2,5	1,155	0,054	7
50	0,25	1,1055	0,004	3

III. RESULTADOS

A figura 1 mostra a média dos atrasos obtidos nas simulações para cada situação no caso de $A_0 = 15s$ (fila sempre cheia). Neste gráfico, o eixo das abscissas corresponde à razão T_{on}/T_{off} . Assim, quanto mais à direita um ponto estiver no gráfico, menor o tempo de ociosidade e menor a variabilidade, aproximando-se no limite a um tráfego CBR. Quanto mais à esquerda, mais os tempos ociosos aumentam e maior é a taxa de transmissão em momentos de rajada, o que faz com que a variabilidade do tráfego aumente e, por conseguinte, também aumente a variância do atraso. O gráfico mostra também os intervalos de confiança de 95% para cada situação onde o número de simulações foi propositalmente variado conforme tabela I para que cada intervalo de confiança ficasse próximo de 0,1s. Observa-se que nesta situação de fila cheia, os intervalos de confiança sempre contém o valor previsto teoricamente pelo modelo fluido, mesmo para situações de alta variabilidade do tráfego ($T_{on}/T_{off} = 1/3$).

A figura 2 resume o resultado dos demais casos simulados. Os resultados das situações com fila inicial menor mostram que para situações de grande variabilidade do tráfego, a média deste se desvia da esperada pelo modelo fluido. Esse desvio é sempre no sentido de aumentar o atraso médio. Quanto menos cheia estiver a fila, maior se torna o aumento do atraso. O motivo que leva ao aumento do atraso médio é que durante o período em que a fila fica vazia, não há escoamento de tráfego. Dessa forma, numa situação onde a fila fica por algum tempo vazia, a taxa média de saída da fila é menor do que a taxa do enlace. Como a taxa de entrada média R_{in} se mantém a mesma, pois independe do estado da fila, o atraso na fila tende a ser maior nessas situações. Portanto, em situações em que não se pode garantir uma fila sempre cheia, o modelo fluido se afasta de uma boa representação. Porém, em tipos de tráfego de baixa variabilidade, mesmo nos momentos de ociosidade

a fila não consegue ser completamente esvaziada, ou não fica vazia por muito tempo. Nestes casos o modelo fluido é uma boa aproximação para o tempo médio de espera em fila e os resultados obtidos no simulador corroboram isto.

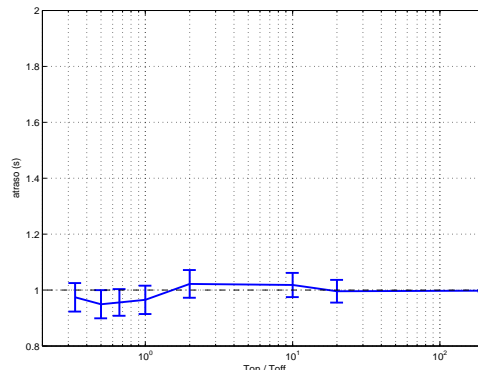


Fig. 1. Simulação com fila cheia. Atraso previsto de 1s

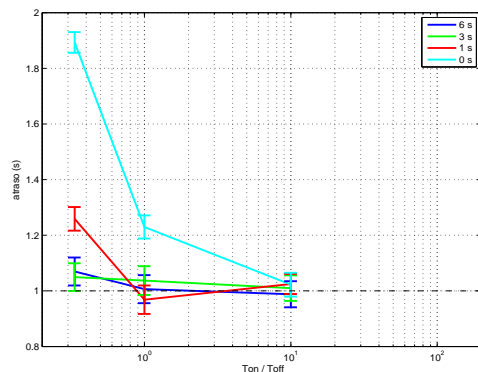


Fig. 2. Simulação com fila parcialmente cheia. Atraso previsto de 1s

IV. CONCLUSÕES

Uma grande quantidade de simulações foi realizada no simulador de redes (ns2) para se verificar o atraso em fila durante um período de operação onde a taxa média de entrada do tráfego exponencial *on/off* era maior que a taxa de saída. Calculou-se o intervalo de confiança (95%) para se avaliar quando que as simulações correspondiam ao valor previsto teoricamente segundo um modelo fluido. Verificou-se que quando tráfego apresenta períodos de ociosidade pequenos (baixa variabilidade) a fila inicial pode estar vazia que os os breves períodos de ociosidade não vão afetar a aproximação do modelo fluido. Porém, para os casos de tráfego com grandes períodos de ociosidade (razão T_{on}/T_{off} baixa), se a fila inicial não tiver tamanho suficientemente grande isto implicará numa subestimação do atraso pelo modelo fluido.

REFERÊNCIAS

- [1] L. Kleinrock, Queueing Systems, v.II. John Wiley & Sons, 1976.
- [2] B. Liu, D. R. Figueiredo, J. K. Yang Guo e D. Towsley, A study of networks simulation efficiency: Fluid simulation vs. packet-level simulation. In *Proc. of the IEEE INFOCOM*, volume 3, pages 1244-1253, Apr. 2001.
- [3] Y. Liu, F. L. Presti, V. Misra, D. Towsley e Y. Gu, Fluid models and solutions for large-scale ip networks. In *Proceedings of ACM SIGMETRICS'03*. San Diego, CA. 2003.