

Proposta para otimização de desempenho do protocolo TCP em redes sem fio 802.11

André Aguiar Santana, Tereza Cristina de Melo Brito Carvalho

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP)
CEP 05508-900 – São Paulo – SP – Brazil

andre@masterway.com.br, carvalho@larc.usp.br

***Abstract.** The TCP has been shown to perform poorly on the wireless networks, because it suffers from significant losses due to high bit error rate. TCP responds to all data losses indistinctly by invoking congestion control that reduces the network's throughput. This paper presents and evaluates a new solution to TCP's performance losses in wireless networks.*

***Resumo.** O TCP não apresenta bons resultados em redes sem fio, devido às altas taxas de erro. Ele responde a qualquer tipo de perda com a ativação do controle de congestionamento, reduzindo a vazão da rede. Este artigo apresenta e avalia uma nova solução para o problema.*

1. Introdução

O objetivo do trabalho é descrever as razões da perda de desempenho do protocolo TCP sobre as redes sem fio e propor e simular uma solução para minimizar a perda de desempenho do TCP sobre redes sem fio.

2. Visão geral sobre TCP

O serviço de transmissão do fluxo (*stream*) do TCP com confiabilidade fim-a-fim garante a entrega dos dados sem duplicações ou perdas. Para isso, ele utiliza uma técnica onde o receptor envia uma resposta (ACK) para cada segmento recebido corretamente. O transmissor só envia o próximo segmento se já tiver recebido a confirmação de que o anterior chegou corretamente. Além disso, o transmissor mantém um temporizador e, se a confirmação não retornar em um determinado intervalo de tempo, o segmento é retransmitido, pois supõe que ocorreu uma falha. [STA98].

Sempre que o TCP perceber uma falha na transmissão, é retransmitido o segmento e ativado o controle de congestionamento, pois para o TCP, como, atualmente, a taxa de erro de uma rede cabeada é muito baixa (10^{-8}) sempre que houver uma perda, é unicamente devido ao congestionamento. Com este mecanismo, é reduzida bruscamente a transmissão, através da diminuição da janela do transmissor, para que a rede possa voltar ao estado normal, sem o congestionamento [TAN96].

3. Características das redes WLAN

Um dos motivos para a perda de desempenho do TCP são as diferentes características das redes sem fio, em relação às redes cabeadas, que podemos resumir como: **Bit Error Rate** (BER), onde a taxa de erro das redes sem fio ($10^{-3} - 10^{-5}$) é muito maior que nas redes cabeadas ($10^{-6} - 10^{-8}$) [PEN00] e **Mobilidade**, pelo qual os equipamentos movem-se de uma célula para outra (*handoffs*), trocando de AP, cortando assim, momentaneamente, a conexão [GEI02].

4. Descrição do problema

O principal problema da perda de desempenho do TCP sobre redes sem fio é que o TCP empregado originalmente em redes cabeadas supõe que toda perda de pacotes, independente da natureza, é devido a congestionamento. Conseqüentemente, nas redes sem fio, é invocado o controle de congestionamento do TCP, que reduz bruscamente a taxa de transmissão, devido à perda de pacotes, sem saber efetivamente se houve congestionamento ou não, pois em redes sem fio, essa perda provém, também, de erros na transmissão e perda na conexão devido à mobilidade [TAN96].

4.1. Avaliação do comportamento do TCP

O cenário adotado para o estudo do problema, é de uma rede heterogênea cabeada e sem fio. Os principais componentes desse ambiente são (i) os Equipamentos Fixos (FH), correspondem, principalmente, a servidores que pertencem exclusivamente à rede cabeada; (ii) os Equipamentos Móveis (MH), são equipamentos que pertencem exclusivamente à rede sem fio e o Ponto de Acesso (AP) que controla os MH de cada célula sem fio e realiza a função de conexão (gateway) entre as redes cabeada e sem fio.

Um experimento foi realizado para analisar o problema, onde vários tamanhos de arquivos diferentes foram transmitidos em uma rede cabeada e uma rede heterogênea, não simultaneamente, através de uma aplicação FTP (que utiliza o TCP como protocolo de transporte). Para coletar os parâmetros de desempenho, foi usado o tcpdump [JAC89]. Os resultados da avaliação são apresentados na Figura 4.1.

Na Figura 4.1a, devido à elevada taxa de erro nas redes cabeadas, a janela de congestionamento não mantém um valor constante. A cada erro, o valor da janela é reduzido e conseqüentemente, a vazão da rede também. Na Figura 4.1b, como a rede cabeada não tem uma alta taxa de erro, o valor de sua janela se mantém constante e sem muitas variações como na Figura 4.1a (sem fio). Assim, podemos concluir que a perda de vazão do TCP em uma rede heterogênea é devido à alta taxa de erros na rede cabeada, que o TCP trata como congestionamento, ativando seu mecanismo de controle.

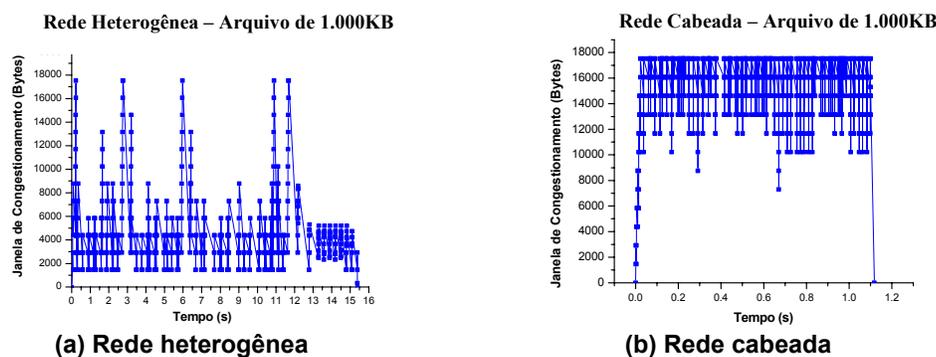


Figura 4.1 – Janela de Congestionamento do TCP

5. Solução Proposta

Baseado no estudo das soluções já existentes [SAN03], foi elaborado a especificação de requisitos e proposto uma nova solução para o problema. Antes de apresentarmos uma solução adequada para a perda do desempenho do TCP sobre redes sem fio, é necessário determinar os requisitos: (i) deve contemplar a otimização de desempenho do TCP

sobre redes heterogêneas; (ii) não deve alterar o TCP da rede cabeada, nem quebrar a confiabilidade fim-a-fim e (iii) deve tratar problemas de alta taxa de erro e desconexões.

Considerando esses requisitos e avaliando (testes e simulações) outras soluções, o *snoop* foi selecionado [SAN03]. Assim, a solução proposta, chamada **snoop otimizado**, é uma otimização deste protocolo, que além de melhorar a performance em redes sem fio, também reduz alguns problemas do *snoop* relacionados com a grande perda de segmentos em meio à desconexão.

A solução propõe um mecanismo que armazena os segmentos no ponto de acesso (AP), e reenvia-o para o MH, caso ocorra alguma perda na rede sem fio. Para isso são armazenados os segmentos que passam pelo do FH para MH pelo AP. Os ACKs são tratados para saber quais segmentos armazenados podem ser descartados ou devem ser reenviados para a rede sem fio. Além disso, temporizadores controlam o tempo, antes de uma retransmissão pelo AP, caso nenhum ACK retorne.

O *snoop* retransmite apenas um segmento por vez, quando chega um ACK repetido ou ocorra algum estouro de temporizador. Quando o AP encontrar um ACK, ele deve tomar uma decisão: (i) o ACK traz a confirmação de um novo segmento e apaga do buffer; (ii) o ACK traz um número de seqüência repetido, indicando perda e retransmite o segmento. O problema, quando se utiliza o *snoop* em uma rede sem fio, é que podem ocorrer perdas dispersas no fluxo da janela do receptor, e como ele apenas retransmite um segmento de cada vez, não é suficiente para que, em todas as perdas de segmentos, não ocorra um estouro do temporizador do FH, reduzindo a vazão da rede.

Para resolver esta situação, a solução proposta, **snoop otimizado**, implementa um mecanismo onde o TCP receptor do MH indica quais são os segmentos que estão faltando para o AP, através de um ACK seletivo (um ACK seletivo para cada segmento faltante no fluxo TCP), e este reenvia todos esses segmentos de uma vez. Com isso, ao invés de retransmitir um segmento e esperar pelo próximo ACK para retransmitir outro, são enviados todos de uma só vez.

6. Validação da solução proposta

A validação da solução foi feita com o simulador de redes ns2 (Network Simulator) [VIN95], uma ferramenta dirigida por eventos discretos, que simula ambientes de rede.

O objetivo da simulação foi avaliar o **snoop otimizado** e comparar o seu desempenho, com o do TCP padrão (Reno), TCP Westwood, TCP SACK e TCP *snoop*.

Teste: Desempenho dos protocolos TCP em função do BER

Neste teste, são gerados gráficos, da vazão da rede para uma aplicação FTP que, continuamente, transmite dados durante 100 segundos. Para cada transferência de dados, é variada a taxa de erro (BER) da rede sem fio, de 10^{-6} até 10^{-3} .

Pela Figura 6.1, é possível concluir que a solução proposta apresenta um desempenho semelhante aos outros protocolos, se o BER é baixo, como 10^{-6} . Quando mais o BER é aumentado, mais o **snoop otimizado** se destaca em relação às outras soluções. Na pior taxa de erro, Figura 6.1d (BER de 10^{-3}), a diferença é bem acentuada.

Outras simulações, como a comparação dos protocolos em função da desconexão na rede sem fio, também mostraram a superioridade do **snoop otimizado**, desde que a desconexão não seja muito elevada (abaixo de 2 segundos) [SAN03].

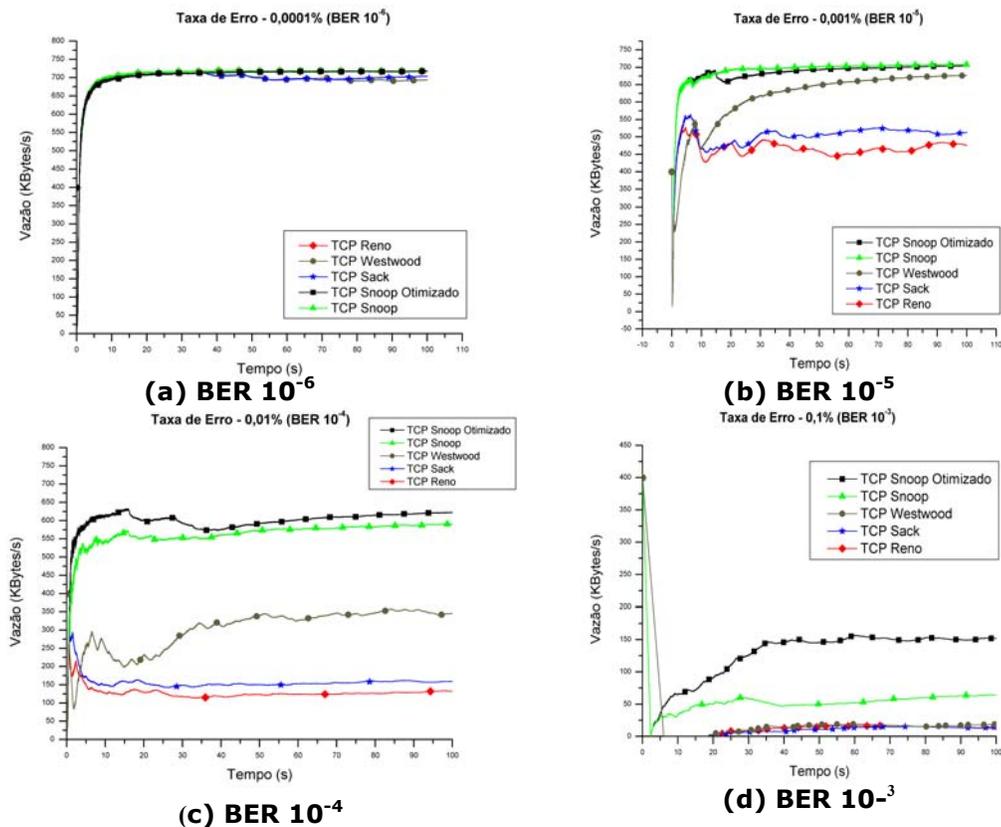


Figura 6.1 – Gráfico de vazão por tempo com variação do BER

7. Considerações finais

Os resultados dos testes com o simulador ns2 mostraram que o **snoop otimizado** tem um desempenho superior aos outros protocolos, inclusive o *snoop*, se a taxa de erro na rede sem fio variar de 10^{-3} a 10^{-6} e o fluxo de dados for do FH para o MH, como uma rede corporativa, com servidores na rede cabeada e os clientes na rede sem fio.

8. Referências

- [GEI02] Geier, J. (2002) “Wireless LANS: Implementing High Performance IEEE 802.11 Networks”, 2.ed., p.5-125, SAMS.
- [JAC89] Jacobson, V. e Leres, C. e McCanne, S. (1989) “TCPDUMP Public Repository”, [HTTP://www.tcpdump.org](http://www.tcpdump.org)
- [PEN00] Pentikousis, K. (2000) “TCP in *Wired-cum-Wireless* Environments”, IEEE Communications Surveys, v.3, n.4.
- [SAN03] Santana, A. e Carvalho, T. C. (2003) “Proposta para otimização de desempenho do protocolo TCP em redes sem fio 802.11”, Dissertação de Mestrado, USP
- [STA98] Stallings, W. (1998) “High-Speed Networking: TCP/IP and ATM Design Principles”, Prentice Hall, p.239-296.
- [TAN96] Tanenbaum, A. S. (1996) “Computer Network”, Prentice Hall, 3.ed., p.479-572.
- [VIN95] VINT Group, UCB/LBNL/VINT, (1995) “The Network Simulator (ns), v.2”, [HTTP://www.isi.edu/nsnam/ns](http://www.isi.edu/nsnam/ns)