Análise e Melhoria do Desempenho em Redes Mesh IEEE 802.16

Cecília de A. Castro Cesar[1], Nelson Fonseca[2], Solon Carvalho[3]

[1]Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA
São José dos Campos – SP – Brazil

[2]Universidade Estadual de Campinas – UniCamp
Campinas – SP - Brazil

[3]Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
São José dos Campos – SP – Brazil

cecilia@ita.br, nfonseca@unicamp.br, solon@inpe.br

Abstract. *This article describes the proposal of theory of doctorate in computer network área, dedicated to broadband wireless, exploring the new Standard WiMax, specifically the mesh mode. The final goal is to analyse the capacity of this new kind of networks, making analytical studies and simulations and to propose algorithms that, in dynamic way, adapt the parameters defined in the protocol.*

Resumo. *Este artigo descreve a proposta de tese de doutorado aprovada área de redes de computadores banda larga, explorando o novo padrão WiMax especificamente no modo mesh. O objetivo final é analisar a capacidade destas novas redes, fazendo estudos analíticos e de simulação e propor algoritmos que adaptem dinamicamente os parâmetros definidos no protocolo.*

1. Introdução

Redes sem fio em malha – Wireless Mesh Network (WMN) - surgiram recentemente na busca de melhores serviços no ambiente sem fio. Sua característica principal é dada pelo fato que a "inteligência da rede" é distribuída entre os nós que podem transmitir e receber informação ao mesmo tempo, roteando os dados entre nós próximos.

WMN são consideradas sistemas distribuídos multi-hop, onde os nós podem ser alcançados por mais de um caminho e cada nó coopera ativamente para a entrega da informação a seu destino final. Como diferentes enlaces de rádio podem ser usados para alcançar quaisquer nós, as redes WMN são confiáveis, porque podem re-rotear o tráfego de rede por outros caminhos se um nó específico for removido. Devido a topologia em malha e arquitetura distribuída, uma rede mesh pode explorar os caminhos redundantes para precaver-se de situações que podem bloqueá-la devido à más condições de propagação [Akyildiz, 2005].

A Figura 1 ilustra uma WMN onde tanto os roteadores de uma infra-estrutura como clientes mesh podem contribuir na construção desta malha. Enquanto o backbone

permite alcançar outras redes, a capacidade de roteamento dos clientes permite melhorar a conectividade e cobertura dentro da WMN. É o caso mais geral e aplicável.

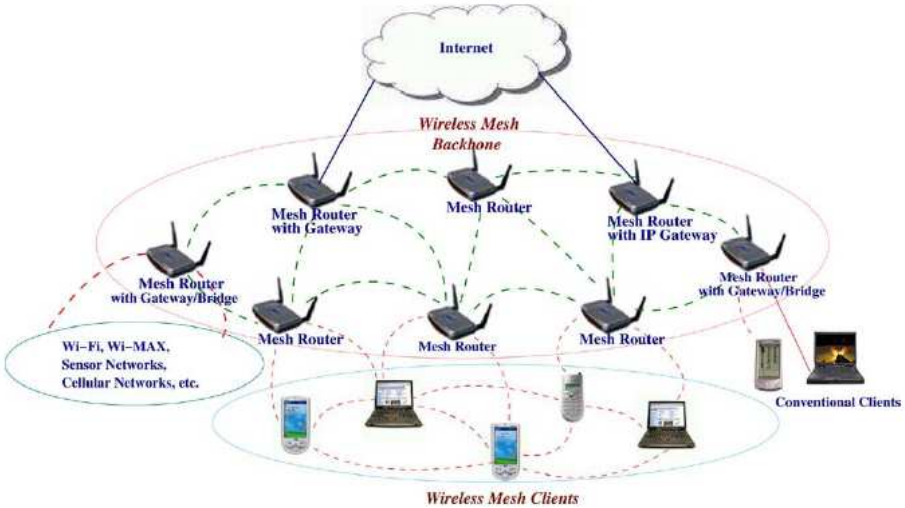

Figure 1. WMN construída com roteadores fixos e clientes

2. WiMax em modo Mesh

O objetivo do novo padrão WiMax é aumentar o mercado para soluções de acesso sem fio banda larga aproveitando a mobilidade inerente ao meio sem fio. Ele pretende preencher a lacuna entre as redes sem fio com taxas muito altas e sistemas celulares com mobilidade muito alta. Suportando serviços fixos e móveis espera-se impulsionar os mercados empresariais e consumidores em geral.

O padrão WiMax é o primeiro padrão que contém especificação para operar no modo mesh, permitindo que a partir de uma estação-base - Base Station (BS) - se construa uma malha de nós que permitam expandir o alcance da rede.[IEEE 802.16, 2004]

Comumente, os trabalhos que analisam capacidade para redes ad-hoc são muito teóricos e gerais não cuidando dos casos específicos do protocolo MAC, e, portanto não são de grande utilidade na prática. Assim, faz-se necessário analisar a especificidade do protocolo para chegar a uma análise mais precisa de sua capacidade.
Algumas características do WiMax Mesh o distinguem de outros casos semelhantes:

- O 802.16 é um sistema de fatias de tempo e as transmissões devem ser sincronizadas, utilizando o método de modulação OFDM. Para estabelecer uma conexão o 802.16 tem um handshaking de 3 vias antes de transmitir os dados;
- Os canais de controle e de dados são separados, e cada nó compete pelo canal de controle. A contenção no canal de controle não afeta a transmissão corrente dos dados;
- Os nós podem reservar múltiplos slots para os pacotes seguintes sem a necessidade de troca de pacotes de controle novamente (no 802.11 os nós competem para cada pacote);
- Um quadro mesh, consiste de sub-quadros de dados e controle. Os sub-quadros de controle dividem-se em:

a) Controle de Rede: Cria e mantém coesão entre os diferentes sistemas;

b) Controle de escalonamento: coordena o escalonamento para transferência de dados entre os sistemas, que pode ser centralizado na estação base (Mesh BS) ou distribuído entre as estações clientes (Mesh SS - Subscriber Station).

3. Analisando a Capacidade da WMN - Trabalhos relacionados

O sucesso das redes mesh está atrelado a garantia da qualidade, requerendo condições para transmissão de dados de multimídia, em relação a vazão e atraso. O problema do excessivo número de saltos pode ser inaceitável se a configuração da rede e/ou protocolos não lidarem de forma eficiente com a competição entre as transmissões dos nós, com encaminhamento de pacotes, com diferenciação de serviços. Nesta problemática diversos níveis podem colaborar, porém o padrão 802.16 traz, já na especificação do nível de enlace, alguns parâmetros que, se adequadamente ajustados, podem favorecer a qualidade de toda a malha.

Alguns trabalhos já foram iniciados na análise da capacidade da rede WiMax mesh, como [Cao,2005] e [Liu,2005]. O padrão define alguns mecanismos para escalonamento da transmissão nestas redes, porém deixa algumas lacunas nestes mecanismos. Há partes incompletas na definição do escalonamento do canal de controle e também do escalonamento do canal de dados. Ambos os canais tem controle independente.

As mensagens do escalonamento distribuído, denominadas mensagens MSH-DSCH definem parâmetros que juntos determinam os próximos intervalos de transmissão destas mensagens. São eles: *XmtHoldoffExponent* e *NextXmtMx.*

Os autores de [Cao, 2005], desenvolveram um modelo estocástico para estimar o desempenho do canal de controle, considerando na formulação apenas o parâmetro *XmtHoldoffExponent*.

Neste modelo determina-se a distribuição de τ (intervalo entre transmissões sucessivas) que é dado pela soma do intervalo de holdoff H, tempo no qual o nó não pode transmitir, e o tempo S no qual o nó compete com outros nós antes de ganhar a oportunidade de transmissão, segundo a figura 2.

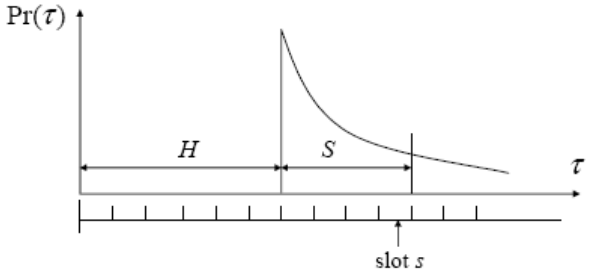

Figura 2 – Distribuição do tempo entre transmissões sucessivas
Fonte: [Cao, 2005]

O modelo assume que as sequências de tempo de transmissão de todos os nós no sub-quadro de controle formam um processo de renovação estatisticamente independente, segundo a definição encontrada em [Tijms,2003].

A fórmula simplificada, desenvolvida pelo artigo, está a seguir, onde *x* é o parâmetro *XmtHoldoffExponent*, *N* é o número de nós na rede e *E[S]* é a expectativa do tempo da competição entre vizinhos.

$$E[S] = (N-1)\ \frac{2^x + E[S]}{2^{x+4} + E[S]} + 1$$

4. Proposta

Conforme mencionado anteriormente, há dois parâmetros, *XmtHoldoffExponent* e *NextXmtMx*, que juntos determinam os próximos intervalos de transmissão de mensagens de controle de escalonamento. Detalhando-os ainda mais temos:

- *XmtHoldoffExponent (*o *x* da fórmula anterior*)*: para cálculo de *XmtHoldoffTime*, tempo correspondente ao número de oportunidades de transmissão (após um intervalo de transmissão permitido) onde este nó não pode transmitir mensagens deste tipo.
- *NextXmtMx* (abreviadamente *mx*): para cálculo do intervalo elegível de transmissão destas mensagens por este nó.

As formulações apresentadas até o momento incluem apenas o *x*, todavia o parâmetro *mx* também é importante como indicador da contenção. Nosso primeiro objetivo é inserir o *mx* nesta formulação para analisar sua influência na expectativa dos tempos de transmissão.

O processo de renovação parece muito adequado para esta formulação, pois após uma transmissão o nó encontra-se novamente na mesma situação antes da transmissão anterior; identifica-se este ciclo com o processo matemático da renovação. Desta maneira a presente proposta será uma extensão do trabalho apresentado no item 3. O modelo a ser desenvolvido, com ênfase no quesito de qualidade delay - atraso no tempo de transmissão - permitirá analisar atrasos em um nó da malha.

Um segundo objetivo deste trabalho é definir um algoritmo para ajustar dinamicamente estes parâmetros (*x* e *mx*). O algoritmo de ajuste dos parâmetros poderia alterar o critério de decisão de atribuição dos índices. Diversas opções de ajuste de parâmetros serão analisadas:

- Ajuste baseado no número de nós e topologia da rede;
- Ajuste baseado na classificação pacote-a-pacote;
- Ajuste baseado na classificação de fluxos.

Em todos estes itens a simulação será ferramenta de base para validar resultados alcançados.

5. Referências

Akyildiz Ian F., Wang Xudong, Wang Weiling. “Wireless Mesh Networks: a survey“,Computer Network, 47, pages 445-487, 2005

IEEE 802.16, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, IEEE Std. 802.16, Oct.

2004. http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16-2004.pdf Acessado em 20/04/07

Cao Min, Ma Wenchao et. al., “Modelling and Performance Analysis of the Distributed Scheduler in IEEE 802.16 Mesh Mode”, International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking & Computing, ACM, pg 78-89, 2005.

Liu F., et al.“Achieving QoS for IEEE 802.16 in Mesh Mode”, The 8th International Conference on Computer Science and Informatics, July 21-26, 2005, Salt Lake City

M.Ş. Kuran, B. Yılmaz, F. Alagöz and T. Tuğcu, "Quality of Service in Mesh Mode IEEE 802.16 Networks," SOFTCOM2006, Split, Croatia, September 2006.

Henk C. Tijms. A first course in stochastic models. John Wiley & Sons, 2003

Editado por Yan Zhang, Jijun Luo, Honglin Hu, “Wireless Mesh Networking – Architectures, Protocols and Standards”, Auerbach Publications, December 2006.