



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE ROTEAMENTO EM REDES SEM FIO EM MALHA EM TRÁFEGO MULTIMÍDIA

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/INPE)**

Ana Clara Rodrigues Alves (FATEC Prof. Jessen Vidal, Bolsista
PIBIC/CNPq)

E-mail: clara.aclr@gmail.com

Prof. Dr. Nandamudi L. Vijaykumar (LAC/CTE/INPE, Orientador)

E-mail: vijay.nl@inpe.br

Dr. Marlon da Silva (CAP/INPE, Colaborador)

E-mail: marlon@feg.unesp.br

Julho de 2015
São José dos Campos

1. INTRODUÇÃO

Redes sem fio em malha, mais conhecidas como redes *mesh*, são uma tecnologia de rede em que vários pontos de acesso são interligados, proporcionando a extensão da área de cobertura para localidades mais remotas de fontes externas. As redes *mesh* têm como principal característica a capacidade de autoconfiguração, que permite incluir ou excluir pontos de acesso sem que haja danos ao funcionamento da rede. No entanto, isto requer a utilização de um algoritmo de roteamento, para que a rede possa atender a parâmetros de qualidade de serviço ou QoS (*Quality of Service*), que quantifica os níveis de satisfação do serviço oferecido. Os parâmetros de QoS, como latência, perda de pacotes e *jitter*, são aplicados em diferentes tipos de serviço, tais como o tráfego de dados comuns, além do tráfego de dados multimídia – áudio e vídeo.

Este relatório tem como objetivo abordar as redes *mesh* como alternativa eficaz para ambientes cuja implementação de uma rede convencional com fio é inviável, de modo a garantir bons níveis de qualidade de serviço em termos de roteamento. Além disso, este relatório ilustra as principais atividades realizadas durante a vigência do projeto de Iniciação Científica. Estas atividades estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1: Atividades realizadas

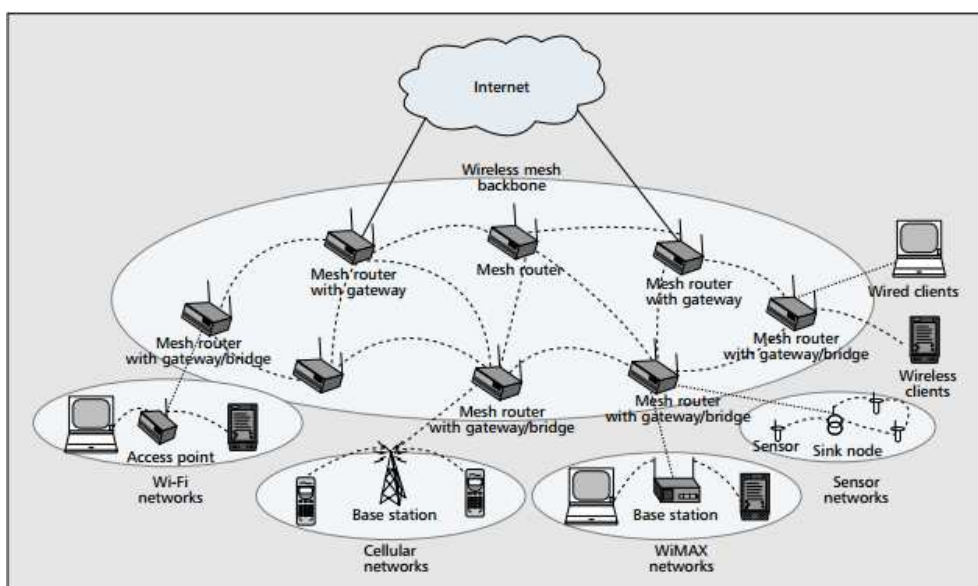
Atividade	Tempo de Realização
Relatório Parcial das atividades realizadas	15 dias
Desenvolvimento de algoritmo Monte Carlo com objetivo de verificar perda de pacotes de Extração das Métricas de Roteamento ETT e ETX	3 meses
Início de desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso embasado na pesquisa sobre Redes Mesh e os resultados obtidos com o algoritmo Monte Carlo	6 meses
Desenvolvimento do Resumo dos trabalhos desenvolvidos.	15 dias
Realização do Pôster para apresentação no SISINP/2015.	10 dias
Desenvolvimento do relatório final	15 dias

O início da vigência do projeto de Iniciação Científica foi em agosto de 2014. Durante este tempo, foram realizados alguns trabalhos relativos ao tema, conforme estão descritos nas seções a seguir.

2. REDES SEM FIO EM MALHA

Rede *mesh* é uma rede sem fio cooperativa, multissaltos, com capacidade de se auto-organizar e se autoconfigurar. Sua comunicação ocorre entre receptores sem fio, conhecidos como *mesh points* (MPs), que tem a capacidade de realizar o roteamento da rede usando técnicas de multissaltos. Cada MP pode encaminhar suas requisições e também rotear requisições de outros MPs (BREUEL, 2004). A Figura 1 mostra um exemplo de uma rede sem fio em malha.

Figura 1 – Exemplo de rede sem fio em malha. (AKYILDIZ ET AL., 2005)



Note que, na Figura 1, existem alguns componentes distintos que compõem a rede. De acordo com Bauer (2012), estes elementos podem ser classificados como:

- **Cliente** - é uma estação que requer serviços, mas não repassa dados, nem participa da descoberta de caminhos feita pelos protocolos de roteamento;
- **Roteador** - é uma estação que participa da formação e operação da rede *mesh*, repassando dados e participando das descobertas de rotas, além de prover serviços aos clientes;

- **Gateway** - é um MP com uma funcionalidade especial de atuar como um gateway entre a rede *mesh* e a rede externa (Internet, por exemplo);
- **Backbone** - conjunto de roteadores e *gateways* que compõem a rede *mesh*.

Segundo Gómez (2012) a implementação de uma rede sem fio em malha traz consigo algumas vantagens que a diferencia de uma rede convencional cabeada, como descritas abaixo:

- **Custo** - Conexões sem fio são mais baratas por não exigir a instalação de cabos de rede. É mais baixo que o de criar novos pontos de acesso com fios, e não há a necessidade de obras caras como passar fios para interligação de um ponto ao outro. O custo do *hardware* cai rapidamente, reduzindo o custo com equipamentos. Além disso, são dispositivos que podem ser instalados com base em equipamentos simples, conhecidos como *mesh boxes*. Estes equipamentos encapsulam, em caixas pequenas e resistentes, todo o hardware e software necessário para criar um nó de uma rede em malha sem fios. Este kits incluem tipicamente um computador, uma ou mais antenas IEEE802.11, um sistema operacional (na maioria dos casos, um sistema aberto, como Linux) e o software de roteamento específico.
- **Simplicidade** - A instalação resume-se a ligar o *mesh box* à tomada, ou instalar um software no PC do cliente, já que o roteamento é dinâmico (e, normalmente, a atribuição de endereços também).
- **Robustez** - O roteamento dinâmico também significa que dificilmente será necessário um administrador da rede. Se as condições da rede forem

modificadas, como a adição ou remoção de um nó ou interferência em um enlace, a rede se adapta automaticamente. Esta capacidade de adaptação automática é outra vantagem das redes em malha sem fios.

2.1 Métricas de Roteamento

Como forma de avaliar a qualidade na transmissão de dados, métricas de roteamento são adotadas para refletir otimização, desempenho e indicadores de transmissão durante a rota de um pacote (PASSOS, 2007). Alguns objetivos específicos podem ser destacados, tais como:

- **Minimização do atraso** - Isso é muitas vezes o principal objetivo das métricas de roteamento. O caminho de rede através da qual os dados podem ser entregues com atraso mínimo é selecionado;
- **Maximização da probabilidade de entrega de dados** - Para aplicações que não são em tempo real, a exigência principal é a obtenção de uma baixa taxa de perda de dados ao longo da rota, mesmo com isso aumentando o atraso;
- **Maximização do caminho** - O objetivo é a selecionar um caminho que tenha uma alta capacidade de transmissão;
- **Maximização da vazão (*throughput*) da rede** - O objetivo pode ser formulado como a maximização do fluxo de dados em toda a rede ou, implicitamente, por meio da minimização da interferência ou retransmissões;
- **Minimização do consumo de energia** - O consumo de energia é raramente um problema em redes cabeadas. No entanto, torna-se uma grande preocupação em redes de sensores e redes móveis *ad hoc*, onde a vida útil da bateria restringe a autonomia dos nós de rede;
-

- **Distribuição igual da carga de tráfego** - O objetivo é assegurar que nenhum nó ou link é usado de forma desproporcional.

Além disso, existem métricas específicas para redes *mesh*, como forma de aprimorar a avaliação da rede em termos de roteamento. Neste trabalho de iniciação científica e desenvolvimento do estudo foram escolhidas duas métricas específicas para serem estudadas e extraídas por meio do algoritmo desenvolvido. A Tabela 2 mostra as principais características das métricas de roteamento estudadas para redes sem fio em malha.

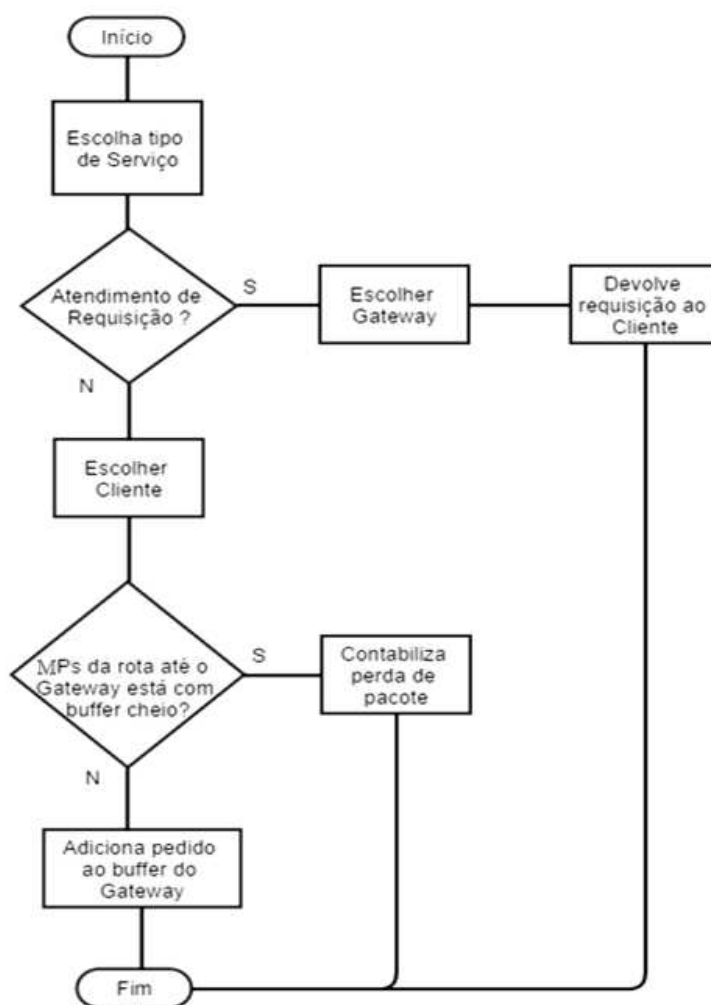
Tabela 2 - Especificação de métricas de roteamento estudadas

Métrica	Descrição
ETX - <i>Expected Transmission Count</i>	são escolhidas as rotas que diminuam o número total de transmissões no nível de enlace, com o objetivo de aumentar a vazão.
ETT - <i>Expected Transmission Time</i>	extensão de ETX, mas também considera a taxa de transmissão utilizada.

3. SIMULAÇÃO MONTE CARLO APLICADA A VERIFICAÇÃO DE PERDAS DE PACOTES

Na atividade proposta, foi desenvolvido um algoritmo baseado no método Monte Carlo que, segundo Fichthorn e Weinberg (1991), é utilizado para a obtenção de resultados estatísticos por meio de testes aleatórios. Neste trabalho o uso da simulação Monte Carlo tem o intuito de verificar a perda de pacotes. Foi desenvolvido em Java por meio da ferramenta Eclipse. O algoritmo proposto foi realizado conforme a Figura 2.

Figura 2 – Simulação Monte Carlo para verificação de perda de pacote



Na Figura 2, são descritas etapas para se avaliar uma transmissão de dados. Primeiro é decidido que tipo de requisição o processo realizará – atendimento ou solicitação. Caso seja atendimento, o *gateway* atenderá a uma requisição de um cliente. Caso contrário, uma solicitação, algumas etapas serão realizadas:

1. Escolher um cliente para requisitar um serviço;

2. Verificar se a rota do MP que atende a esse cliente até o *gateway* está disponível para novas solicitações. Se não, contabiliza-se uma perda e com isso finaliza-se o ciclo podendo começar um novo ciclo;
3. A requisição é incluída no *buffer* do *gateway* e fica no aguardo de ser atendida.

4. EXTRAÇÃO DAS MÉTRICAS ETX E ETT

Após a execução do método Monte Carlo, o resultado obtido - quantidade de perda de pacotes - é o parâmetro para obtenção das métricas ETX e ETT. Estas métricas são extraídas por meio de cálculos, seus resultados servem para metrificar a qualidade de serviço da rede. Para se chegar aos resultados é necessário realizar as seguintes operações:

$$ETX = \frac{1}{(1 - \frac{P}{100})}, \text{ em que } P \text{ é a quantidade de perda obtida pela simulação.}$$

$$ETT = etx * \frac{\Lambda}{\mu}, \text{ em que } \Lambda \text{ é a soma de todas as taxas dos clientes trafegadas pela rede e } \mu \text{ é a taxa de transmissão de um MP.}$$

5. RESULTADOS

Com a implementação do algoritmo foi possível obter o resultado esperado: contabilização de perda e as métricas ETX e ETT. Para que se obtenha estes resultados, o algoritmo opera encima de cenários - parâmetros que caracterizam o comportamento de uma rede. A partir de um cenário específico o algoritmo vai simular o tráfego na rede contabilizando as perdas de pacotes e posteriormente cancelando as métricas. Um exemplo de cenário pode ser visto de acordo com a

seguinte Tabela 3 e posteriormente, na Tabela 4, os resultados obtidos a partir do cenário proposto:

Tabela 3 - Exemplo de configuração de cenário para simulação

Nº de clientes	Nº de MP's	Nº de gateways	Taxa de dados de clientes	Taxa de processamento do MP
64	5	1	0,02 Mb	5 Mb/s

Tabela 4 - Resultados obtidos a partir do cenário proposto

% de perda	ETX	ETT
5,66	0,21	0,72

6. CONCLUSÃO

A realização das atividades descritas permitiu a visualização do funcionamento de uma rede sem fio em malha. Mostrando quais são suas características bem como as variáveis que devem ser levadas em consideração para implantação de um boa rede *mesh* que atenda os requisitos de qualidade.

Implantar uma rede *mesh* para depois verificar se existe uma entrega de serviço adequada não constitui uma alternativa barata ou até mesmo viável. Em um levantamento de especificações de uma rede para uma possível implantação, o tipo de dados que vão trafegar por aquela rede pode ser conhecido, logo a infraestrutura que será necessária para comportar a quantidade de dados também pode conhecida. É baseado neste fato que a importância desse estudo é

ressaltada, simulando uma rede *mesh* e utilizando métricas de roteamento, a qualidade de serviço da futura rede é medida.

Sendo assim, a proposta de minimizar exponencialmente o trabalho ou o retrabalho na especificação de uma rede *mesh*, por meio de um algoritmo, implementado conforme a modelagem de simulação Monte Carlo, e com a utilização de métricas de roteamento é obtida.

REFERÊNCIAS

AKYILDIZ, I. F.; WANG, X. **A survey on wireless mesh networks**. Communications Magazine, IEEE, v. 43, n. 9, p. S23-S30, 2005.

BAUER, M. **Redes sem fio Mesh: Padrão 802.11s**. 2012. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2012. Disponível em <http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/d/dc/TCC_MuriloBauer.pdf>

BREUEL, M. C. **Redes em malha sem fios**. 2004. 22f. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Matemática e Estatística Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em <http://grenoble.ime.usp.br/movel/Wireless_Mesh_Networks.pdf>

FICHTHORN, K. A.; WEINBERG, W. Hh. **Theoretical foundations of dynamical Monte Carlo simulations**. The Journal of chemical physics, v. 95, n. 2, p. 1090-1096, 1991.

GÓMEZ, C. B. **Implementação e Avaliação do Desempenho de Redes WI-MESH de Baixo Custo**. 2012. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso. Fundação Edson Queiroz Universidade de Fortaleza, Fortaleza, 2012. Disponível em

<https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/16267/4/MONOGRAFIA_MESH_definitiva.pdf>

PASSOS, D. **Métricas de Roteamento para Redes em Malha Sem Fio**. 2007.

57f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007. Disponível em

<<http://www.midiacom.uff.br/~diego/Documentos/ProjFinal.pdf>>