

Análise de Descarte em Redes Ad Hoc: Estudo de Escalabilidade do Protocolo de Roteamento OLSR

Erico Augusto Cavalcanti Guedes

Centro de Informática – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Av. Prof. Luis Freire, s/n – Cidade Universitária – Recife – PE – Brasil
eacg@cin.ufpe.br

***Abstract.** OLSR is a well-known protocol concerned to MANETs. In this paper, the scalability feature of OLSR protocol will be exposed, at low and medium density networks. Results that following were obtained using NS-2 simulator. It was perceived that OLSR, in scenarios with middle number of nodes, has a satisfactory behavior in relationship between node's number increasing and total lost rate.*

Resumo – O OLSR é um protocolo de roteamento bem conhecido para MANETs. Neste artigo, explora-se o aspecto de escalabilidade do protocolo OLSR em redes de baixa e média densidades. Os resultados apresentados foram obtidos através do uso do simulador NS-2. Foi constatado que o OLSR, em cenários com número intermediário de nós, tem um comportamento satisfatório na relação entre aumento de número de nós e índice total de descarte.

1. Introdução

A ampla utilização de dispositivos portáteis de comunicação materializou a necessidade de interligação entre os mesmos. O trânsito dos proprietários dos dispositivos portáteis criou um desafio de destaque ao funcionamento desses equipamentos. A realidade da possibilidade do rápido re-posicionamento dos nós é um dos pontos focais da exploração das redes ad hoc.

Redes ad hoc *wireless*, também chamadas de redes wireless *multihop*, são formadas por nós móveis, os quais se comunicam através de um canal sem-fio compartilhado. Em redes ad hoc *wireless* não há estações base intermediárias que administram a troca de informações entre os nós. Estes nós, que compõem uma MANET (*Mobile Ad Hoc Networks*), acumulam as funcionalidades de host, transmissor e roteador [SARANGAPANI, 2007].

Com o acúmulo destas funcionalidades, os aspectos de mobilidade são ainda mais sensíveis. É possível constatar mobilidade aleatória individual, mobilidade em

grupo, movimentações ao longo de rotas previamente planejadas, dentre outros. Os modelos de mobilidade associados com a definição dos cenários permitem prever a topologia da rede. A precisão dessa previsão depende da sensibilidade durante a especificação dos cenários e da descrição do comportamento dos nós. O modelo de mobilidade pode apresentar maior impacto sobre a seleção do esquema de roteamento e ter uma influência direta sobre o desempenho da rede.

A movimentação de nós em redes ad hoc é um obstáculo interessante para os algoritmos de roteamento. O IETF desenvolve dois protocolos de roteamento de estado de link para redes ad hoc: o OLSR – *Optimized Link State Routing Protocol* [RFC3626, 2003] – e o TBRPF - *Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding* [OGIER, 2004].

Este trabalho propõe explorar o comportamento do tráfego em MANETs que utilizam o protocolo de roteamento OLSR, com o objetivo de investigar como o aspecto de escalabilidade se comporta em ambientes de baixa e média densidade de nós.

As demais seções deste artigo estão organizadas da seguinte forma: A segunda seção discute conceitos introdutórios que relacionam redes ad hoc e protocolos de roteamento. A seção 3 aborda as características do protocolo de roteamento OLSR. A seção 4 fornece uma descrição dos cenários utilizados para conduzir as simulações, cujos resultados estão presentes na seção 5. Finalmente, na seção 6 são apresentadas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2. Redes Ad hoc e protocolos de roteamento

Uma rede ad hoc é aquela formada espontaneamente por nós presentes em uma determinada área, sem uma infra-estrutura prévia definida, tampouco a existência de uma administração centralizada previamente formada. Uma das funções esperadas para os nós que compõem uma rede ad hoc é a capacidade de estabelecimento de comunicação, mesmo sem nenhum nível anterior de organização. Espera-se, além disso, que esses nós possam desempenhar um trabalho mútuo de colaboração. Os nós devem, a princípio, manipular tráfego destinado até mesmo a outros nós, caracterizando-os como dispositivos de encaminhamento.

A necessidade de encaminhamento de tráfego resulta na classificação das redes ad hoc como *multihopping*: o percurso a ser seguido, desde a fonte até o destino, atravessa vários outros nós. Redes ad hoc, frequentemente, fazem uso da forma de comunicação *multihopping* para contorno de obstáculos, reuso de espectro e conservação de energia, além da utilização do encaminhamento com o objetivo de alcançabilidade. Outro requisito marcante existente nas redes ad hoc é a escalabilidade. Em aplicações como redes veiculares ou utilização militar, há um crescimento que pode resultar na presença de várias dezenas, ou até centenas, de nós.

2.1. MANETs

Os avanços realizados nas redes de comunicação ad hoc sem-fio eliminaram a necessidade de uma infra-estrutura fixa (como as estações rádio-base as quais compõem as redes celulares) para comunicação entre usuários, expandindo o horizonte das redes de comunicação. Características de ausência de conexão cabeada e mobilidade, em conjunto, deram origem as MANETs (*Mobile Ad Hoc Networks*). Trata-se de coleções de terminais autônomos que se comunicam uns com os outros, formando uma rede de rádio *multihopping*, onde a conectividade é mantida de uma forma descentralizada.

Os nós que formam uma MANET acumulam as funcionalidades de host, transmissor e roteador. No papel de host, os nós geram dados para emissão. No papel de transmissor, esses dados são transformados em sinais que podem trafegar ao longo do meio de comunicação. Já desempenhando o papel de roteador, os nós de uma MANET são responsáveis por manter tabelas de roteamento, as quais indicarão como alcançar nós remotos, bem como encaminhar o tráfego destinado aos mesmos.

As tabelas de roteamento são alimentadas através de rotas estáticas, inseridas administrativamente, ou através de rotas dinâmicas, inseridas automaticamente através da utilização de protocolos de roteamento.

2.2. Protocolos de Roteamento para MANETs

Uma vez que roteamento é um tema bem conhecido, a literatura existente define duas classes de protocolos de roteamento para redes cabeadas: protocolos de roteamento vetor de distância e protocolos de roteamento de estado de link.

Nos protocolo de roteamento de vetor de distância, um nó envia uma tabela para seus nós vizinhos, que contém tanto os nós alcançáveis quanto o número de saltos (distância) até estes nós. Nos protocolos de roteamento de estado de link, um nó difunde a lista de seus vizinhos. Desta forma, os nós conhecerão os vizinhos de todos os outros nós, processo através do qual se obtém uma visão completa da topologia da rede.

O roteamento para redes sem-fio trata de problemas semelhantes aos presentes nas redes cabeadas. Contudo, o meio wireless é inerentemente menos eficiente que o meio cabeado em termos de largura de banda. Além disso, historicamente, roteadores sem-fio possuíam apenas uma interface, limitando a capacidade de envio simultânea para vários nós. A escassez de recursos de um meio sem-fio é uma provável explicação para o desenvolvimento de outros tipos de protocolos de roteamento, os quais levam em consideração os requisitos de largura de banda. Nas MANETs, foi introduzido um novo tipo de protocolo de roteamento: protocolos reativos. Estes protocolos determinar uma rota apenas quando a aplicação necessita. Desta forma, os protocolos de roteamento sem-fio classificam-se como:

- protocolos de roteamento reativos

- protocolos de roteamento pró-ativos

Nos protocolos de roteamento reativos, as rotas para os destinos são criadas sob demanda, ou seja, quando um nó envia um pacote para o destino é gerada uma solicitação de rota à rede, com o objetivo de obter uma rota para o destino. Protocolos que pertencem à classe reativa incluem: AODV, DSR e TORA, propostos pelo grupo de trabalho MANET, da IETF. Já os protocolos de roteamento pró-ativos enviam pacotes de controle periodicamente para manutenção do conhecimento da topologia da rede. Dentre esses protocolos, também propostos pela IETF, estão o OLSR e o TBRPF.

3. Optimized Link-State Routing Protocol

O OLSR foi desenvolvido como protocolo de roteamento para MANETs. Trata-se de uma otimização do algoritmo clássico de estado de link. As alterações visam suprir os requisitos de uma LAN móvel sem-fio. Trata-se de um algoritmo de roteamento pró-ativo.

O OLSR possui três diferentes tipos de mensagens: HELLO: efetua as tarefas de sensibilidade de link, detecção de vizinhos e sinalização MPR; TC (*Topology Control*): efetua as tarefas de declaração de topologia (anúncios de estado de link); MID (*Multiple Interface Declaration*): declara a presença de múltiplas interfaces em um nó.

O OLSR troca, de forma periódica, informações de topologia com outros nós da rede e destina-se a redes de alta escalabilidade. Com o OLSR, cada nó seleciona um subconjunto de nós vizinhos como um MPR (*MultiPoint Relay*). Apenas os nós selecionados como MPR são responsáveis por encaminhar tráfego de controle enviado em *broadcast* para toda a rede. Cada nó escolhe seus MPRs: nós destinados à retransmissão dos pacotes de controle. Os MPRs garantem um mecanismo eficiente de controle de tráfego por inundação (*flooding*), reduzindo o número de transmissões necessárias. Através da técnica de seleção de MPRs, o OLSR reduz substancialmente a sobrecarga de mensagens, em comparação com os mecanismos clássicos de inundação.

A escolha de um nó como MPR é baseada na premissa de que o nó consegue alcançar todos os seus vizinhos de dois saltos, através do menor número possível de MPRs. Desta forma, através dos MPRs, o nó de origem consegue alcançar qualquer nó que esteja a dois enlaces de distância, para que todos esses recebam as mensagens de controle geradas na origem. Os nós MPR também informam o estado dos enlaces da rede para seus seletores (nós que os escolheram como MPR). No cálculo da rota, os MPRs são usados para formar a rota de um nó dado para qualquer outro nó da rede. O OLSR provê ótimas rotas, em termos de números de saltos e é particularmente adequado para redes grandes e densas. Nós MPRs desempenham dois papéis:

- i. quando um nó transmite ou encaminha um pacote em *broadcast*, somente os nós MPR, dentre todos os seus vizinhos, retransmitem o pacote;

- ii. quando os nós MPR difundem suas listas de vizinhos através da rede, cada nó da rede reconhece por qual MPR um determinado nó pode ser alcançado.

O processo de construção dos conjuntos MPR de nós vizinhos ocorre conforme exibido nas figuras abaixo:

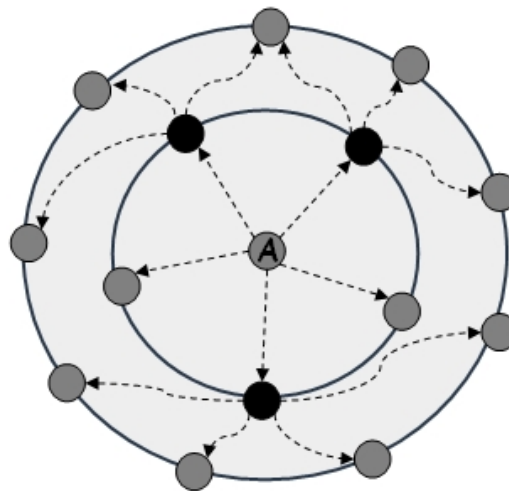
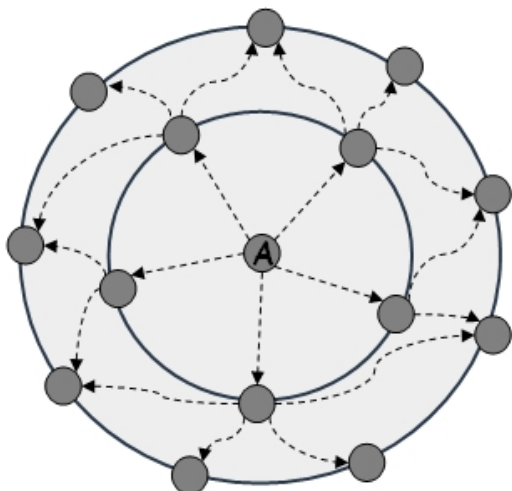


Figura 3.1. Nó “A” determinando conjunto MPR Figura 3.2. Conjunto MPR após processamento

O nó A, conforme ilustrado na Figura 3.1, envia mensagens do tipo HELLO em *broadcast* a todos os seus vizinhos imediatos, com o intuito de trocar informações de vizinhança. Através da lista de vizinhos, obtida no passo anterior, o nó A determina os nós que estão a dois saltos de distância e calcula o conjunto mínimo de nós vizinhos imediatos necessários para alcançar todos os vizinhos de dois saltos, destacados em preto na Figura 3.2.

Cada nó informa a seus vizinhos sobre seu conjunto MPR na mensagem HELLO. Capturados os HELLOs, cada nó guarda os nós (chamados seletores MPR) que o selecionam como um de seus MPRs. A mensagem HELLO tem como objetivo a descoberta de vizinhos, a sinalização de seleção de MPRs e a verificação da conectividade do enlace aos vizinhos. Somente os nós MPR de A precisam encaminhar as atualizações de estado de enlace descobertas por A. Deste forma, apenas informações parciais sobre a topologia são propagadas. O protocolo OLSR melhora o desempenho de um protocolo estado de link, uma vez que cada nó presente na rede envia informações de controle para o conjunto mínimo de nós MPR vizinhos.

4. Simulação

4.1. Configuração da Simulação

O estudo de simulação foi conduzido com ns-2 [NS-2, 2007], versão 2.29.3. A versão

padrão do simulador foi estendida com o módulo UM-OLSR [UM-OLSR, 2007], versão 0.8.8, para possibilitar o estudo de simulação com o protocolo de roteamento OLSR.

Foram utilizadas redes com dois diferentes números de nós: 20 nós, para simular uma rede de baixa densidade; e 40 nós, para simular uma rede de densidade média. Os nós foram posicionados de forma aleatória, em uma área de 1000m por 1000m.

Para que os resultados apresentados a seguir pudessem ser mais confiáveis, as simulações foram executadas 40 vezes, tanto para o cenário de baixa quanto para o cenário de média densidade. Foi utilizado o modelo de mobilidade *freospace*. Esse modelo assume uma condição de propagação ideal, na qual há uma visada sem obstáculos entre o transmissor e o receptor. Com isso, pode-se estabelecer um parâmetro ideal de comparação com os demais modelos de mobilidade, os quais levam em consideração as condições nocivas do ambiente onde a comunicação é realizada, como obstáculos e interferências elétricas. Exemplos desses outros modelos são o *Two-Ray Ground Reflection* e o modelos de sombreamento.

As particularidades de mobilidade também foram tratadas. A velocidade de movimentação dos nós foi estabelecida em 10m/s, com o intuito de verificar o comportamento de nós com uma velocidade de valor intermediário. Além disso, os nós passaram por períodos estacionários de 5s. O tempo de simulação foi de 40s tanto para o cenário de baixa quanto de média densidade.

Para que as rotas estabelecidas através do protocolo de roteamento OLSR pudessem ser avaliadas, foram criadas conexões de tráfego CBR(*Constant Bit Rate*) aleatórias através do uso do *script* para gerador de tráfego aleatório `cbrgen.tcl`. Ele pode ser usado para criação de conexões entre nós móveis sem-fio. O número de conexões que todos os nós (n) presentes na rede podem estabelecer foi definido como 2n. O tamanho dos pacotes CBR foi definido como 512 bytes.

4.2. Métrica

Para cada iteração da simulação, em ambos os cenários, foi levantado o índice de descarte total de tráfego. O principal objetivo é determinar quanto de desperdício a rede sofrerá com o aumento do número de nós de baixa para média escala. Para tanto, foi calculada a taxa de descarte em intervalos de 1s, da seguinte forma:

$$\text{Índice de descarte} = (\text{ND}/\text{NT}) * 100$$

onde: ND = número de pacotes descartados

NT = número total de pacotes

Os valores de ND e NT foram calculados para cada intervalo de 1s. Uma vez que se deseja conhecer o desperdício de esforço da rede, o valor resultante desse quociente é multiplicado por 100, para se obter a taxa percentual de descarte. A média para 40

iterações, nos dois cenários propostos, pode ser observada na seção a seguir.

5. Resultados

Em uma primeira iteração de experimentos, a taxa de transmissão de tráfego CBR foi fixada em 5,12kbps. A taxa média de descarte para o cenário de baixa densidade pode ser observada na Figura 5.1. A média percentual de descarte para o cenário de baixa densidade é de 1,064%. A taxa média de descarte para o cenário de densidade média pode ser observada na Figura 5.2. A média percentual de descarte para o cenário de baixa densidade é de 0,669%.

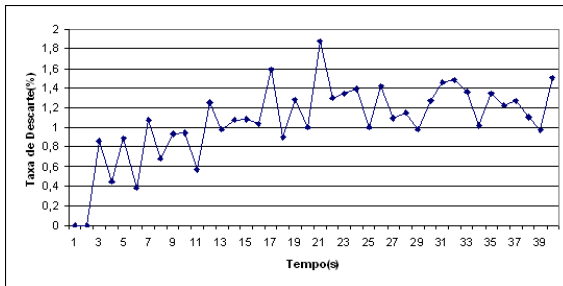


Figura 5.1. Taxa média de descarte: 20 nós com taxa de transmissão fixada em 5,12kbps

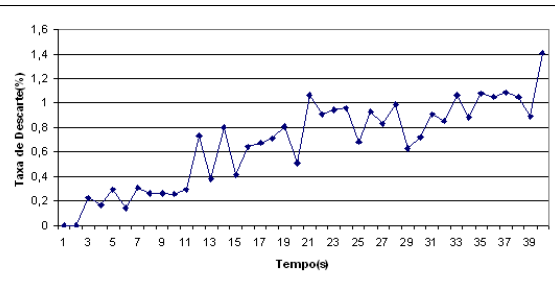


Figura 5.2. Taxa média de descarte: 40 nós com taxa de transmissão fixada em 5,12kbps

Na segunda iteração de experimentos, a taxa de transmissão CBR foi fixada em 250kbps, a qual caracteriza uma taxa comum para tráfego *Best Effort*(BE). A taxa média de descarte para o cenário de baixa densidade pode ser observada na Figura 5.3. A média percentual de descarte para o cenário de baixa densidade é de 15,448%. A taxa média de descarte para o cenário de densidade média pode ser observada na Figura 5.4. A média percentual de descarte para o cenário de média densidade é de 14,496%.

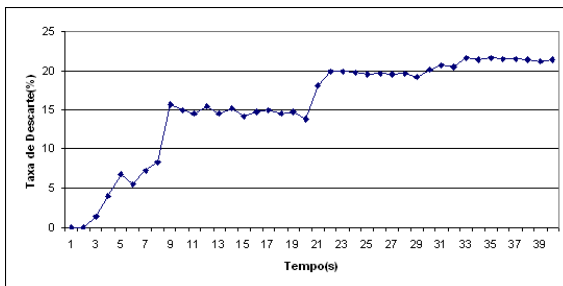


Figura 5.3. Taxa média de descarte: 20 nós com taxa de transmissão fixada em 250kbps

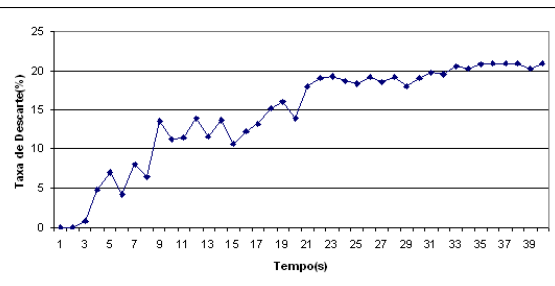


Figura 5.4. Taxa média de descarte: 40 nós com taxa de transmissão fixada em 250kbps

A escalabilidade é um dos principais requisitos ao desenvolvimento de protocolos de roteamento ad hoc. Estes resultados demonstram a capacidade adequada da escalabilidade presente no protocolo de roteamento OLSR em ambientes de baixa e média densidade de nós. Os resultados das simulações, em ambos os cenários, demonstram que a taxa de descarte permanece estável, mesmo após a duplicação dos número de nós presentes no ambiente.

Como descrito em [RFC3626, 2003], o OLSR é particularmente adequado para redes

grandes e densas, uma vez que a técnica de MPRs atua de maneira mais satisfatória nesses ambientes. Observando os gráficos acima, pode-se ratificar que, quando houve o aumento da taxa de transmissão, embora a taxa de descarte tenha aumentado significativamente, ela permanece estabilizada, com o passar do tempo, em torno de 20% a 25% de perda, o que caracteriza um comportamento ergódico.

6. Conclusão

Neste artigo, foi estudado o comportamento do parâmetro de escalabilidade do protocolo de roteamento ad hoc pró-ativo e de estado de link OLSR. Através da análise de descarte, foi observado que o OLSR apresenta uma adaptação adequada para redes de baixa e média densidade com relação a taxa de descarte. Trabalhos futuros a serem realizados com base neste artigo envolvem: explorar os demais modelos de propagação de tráfego para redes sem-fio; explorar o comportamento dos protocolos de roteamento para redes ad hoc com nós que apresentam múltiplas interfaces; verificar o comportamento das mensagens MID do OLSR e qual o impacto dessas mensagens no desempenho do encaminhamento do tráfego de *payload*.

Referências

- [RFC3626, 2003] T. Clausen, P. Jacquet, Optimized Link State Routing Protocol (OLSR), Request for Comments 3626, MANET Working Group. Disponível em: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3626.txt>, outubro de 2003. Acessado em: dezembro de 2007.
- [NS-2, 2007] Network Simulator 2. Disponível em: <<http://www.isi.edu/nsnam/ns/>>. Acesso em: dezembro de 2007.
- [SARANGAPANI, 2007] J. Wireless Ad Hoc and Sensor Networks: Protocols, Performance, and Control. CRC Press, New York, 2007. 514p
- [UM-OLSR, 2007] Disponível em: <masimum.dif.um.es/um-olsr/html/>. Acesso em: dezembro de 2007.
- [OGIER, 2004] R. Ogier, F. Templin, M. Lewis. Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding(TBRPF), Request for Comments 3684. Disponível em: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3684.txt>, fevereiro de 2004. Acessado em: dezembro de 2007.