

Análise de uma rede em malha sem fio portuária com base em tráfego RFID

Juliana Zanelatto Gavião Mascarenhas, Dalbert Matos Mascarenhas, Laura Silva de Assis e Felipe da Rocha Henriques

Resumo—O trabalho apresenta uma análise do comportamento de uma rede em malha sem fio portuária com tráfego característico do sistema RFID. Nesta rede, é analisada a eficiência dos protocolos de roteamento para o cenário proposto. Este cenário é composto por nós mesh e nós clientes em movimento que realizam o controle e monitoramento de cargas do porto. Os protocolos de roteamento foram analisados com base em métricas como vazão e atraso simulando tráfego de um sistema RFID. O protocolo de roteamento OLSR obteve o melhor desempenho tanto na vazão como no atraso quando comparado aos outros protocolos de roteamento testados.

Palavras-Chave—Redes em Malha sem Fio, protocolos de roteamento, RFID, NS-3.

Abstract—The work presents a behavior analysis of a wireless mesh network with RFID traffic characteristics in a harbor's network. In this network, the efficiency of routing protocols for the proposed scenario is analyzed. This scenario consists of mesh nodes and client nodes in motion to control and monitoring harbor's cargo. Routing protocols were analyzed based on metrics such as throughput and delay simulating traffic of an RFID system. The OLSR routing protocol achieves the best performance in throughput and also in delay compared to other routing protocols.

Keywords— Wireless Mesh Network, Routing Protocols, RFID, NS-3.

I. INTRODUÇÃO

As redes em malha sem fio (*Wireless Mesh Networks*) ao longo do tempo conquistaram um mercado crescente entre os diversos ramos de pesquisa e da indústria. Suas características a colocam como rede candidata a locais onde outras tecnologias de rede são inviáveis para implementação (devido aos altos custos, restrições operacionais, etc.). A rede *mesh* possui topologia em malha que provê redundância, capacidade de auto-organização, e alta escalabilidade [1]. Pode-se aumentar ou diminuir o tamanho da rede que a mesma irá se adaptar as mudanças. Como não é uma rede estruturada seus nós possuem a capacidade de roteamento dinâmico, facilitando a escolha dos caminhos [1]. A característica que torna a rede mesh de baixo custo é a falta de mobilidade que elimina a necessidade de baterias nos roteadores como no caso da rede MANET – *Mobile Ad Hoc Network* [1].

Como toda rede sem fio, a rede *mesh* possui problemas como perda de pacotes, colisão e atraso. Uma abordagem utilizada é verificar qual o protocolo de roteamento mais adequado para um determinado cenário e para a aplicação da rede. Neste trabalho o cenário e a aplicação propostos são respectivamente uma zona portuária e o sistema RFID em operação na rede.

Dependendo da aplicação do sistema RFID será necessário alta taxa de entrega e baixa latência da rede. Em um sistema de monitoramento de cargas de uma zona portuária a liberação de uma carga pode estar vinculada ao tempo de resposta do sistema, logo havendo perdas ou atrasos o serviço pode ser comprometido. O trabalho proposto visa analisar a rede *mesh* e os protocolos de roteamento AODV, DSDV e OLSR verificando como a rede se comporta com tal aplicação e qual protocolo obterá os melhores resultados para o correto desempenho do sistema. Os protocolos AODV e DSDV são protocolos tradicionais de redes MANET e são protocolos muito utilizados nos trabalhos de comparação de desempenho de protocolos de roteamento. Já o OLSR é um protocolo que possui um bom desempenho quando aplicado em redes *mesh* e também é muito utilizado nos trabalhos de comparações de desempenho de protocolos em redes em malha sem fio. O objetivo é verificar como a rede se comporta com um tráfego baseado em um sistema RFID.

Na Seção II estão descritos os protocolos de roteamento para redes sem fio que foram estudados e utilizados nas simulações. Na Seção III estão descritos os trabalhos relacionados, esses utilizaram redes em malha sem fio e realizaram análise de protocolos de roteamento para um determinado cenário. Na Seção IV se encontra uma descrição breve sobre a aplicação da rede, o sistema RFID. Nas Sessões V e VI estão as descrições do trabalho, o cenário simulado e os resultados respectivamente. A Seção VII é a conclusão do trabalho e as referências bibliográficas.

II. PROTOCOLOS DE ROTEAMENTO

A. AODV – Ad Hoc On Demand Distance Vector

O protocolo de roteamento AODV foi criado para redes MANET composta por nós em movimento [1]. O AODV é um protocolo reativo, ou seja, descobre uma nova rota quando um nó origem deseja transmitir. O AODV utiliza um número de sequência para cada rota a fim de determinar se é recente ou não, esse mecanismo torna possível prevenir loops dentro da rede [7]. O protocolo utiliza o algoritmo Vetor de Distância (*Distance Vector*) permitindo que cada nó tenha uma visão limitada da rede, enxergando apenas seus nós vizinhos e não toda a rede [6]. Como um nó fonte conhece apenas as rotas para seus vizinhos o caminho até ao destino é formado a cada salto. Mensagens HELLO são enviadas para verificar se um nó está ativo ou não, caso o nó não responda ao é considerado que houve falha e a rota é excluída da tabela de roteamento. Se não houver uma rota válida na tabela de roteamento é iniciado um processo de descoberta de rota. O nó origem envia um pacote de requisição de rota *broadcast RREQ (Route Request Flooding)* com o

Juliana Zanelatto Gavião Mascarenhas, Dalbert Matos Mascarenhas, Laura Silva de Assis e Felipe da Rocha Henriques, Departamento de Engenharia de Computação, Centro Federal de Educação Celso Suckow da Fonseca, Petrópolis-RJ, Brasil, E-mails: julianazanelatto@gmail.com, dalbert.mascarenhas@cefet-rj.br, laura.assis@cefet-rj.br, felipe.henriques@cefet-rj.br

destino desejado que é propagada pelo restante da rede até seu destino. Os nós intermediários recebem a requisição e verificam as informações contidas no pacote. Não havendo um número de sequência válido é criada ou atualizada a entrada para o nó anterior. Posteriormente, é verificado pelo identificador de *broadcast* e endereço da origem se a mensagem RREQ foi recebida. Caso o nó tenha recebido o pacote, o mesmo é descartado [7]. A rota é mantida ativa durante o tempo que a origem estiver transmitindo e a manutenção da rede é contínua. Quando o nó origem terminar a transmissão o *Time Out* da tabela de roteamento expira e as informações da rota são excluídas das tabelas de cada nó envolvido [7].

B. DSDV – Destination-Sequence Distance Vector Routing

O DSDV é um protocolo proativo baseado no algoritmo vetor de distância [7] Bellman-Ford com eliminação de loops e implementação de números de sequência [8]. Isso permite saber quando uma entrada na tabela de roteamento foi alterada e o autor desta ação. Em cada nó existe uma tabela composta com os possíveis destinos dentro da rede e o respectivo número de saltos e cada entrada nesta tabela é marcada com um número de sequência determinado pelo nó destino. Este número tem a função de distinguir rotas antigas de rotas novas, evitando assim a formação de loops [8]. A atualização das tabelas é realizada por dois pacotes: [8] o *full dump*, no qual todas as informações de roteamento são transmitidas, e o *incremental dump*, que apenas completa a informação enviada no último *full dump*. Os nós enviam as informações de suas tabelas de roteamento por pacotes de atualização via *broadcast* ou *multicast*, difundidas periodicamente ou quando há mudanças na topologia na rede. Cada pacote inclui o endereço do destino, o número de saltos, o número de sequência da informação original sobre o destino e um número de sequência para o *broadcast* [7]. O caminho é formado a cada salto dentro da rede. Quando uma informação é recebida de um nó vizinho, a primeira verificação a ser realizada é a comparação do número de sequência com a tabela de roteamento. Se a informação for mais recente do que a armazenada é realizada uma atualização independente de outros parâmetros. Se o número de sequência for igual ao da atualização será realizada somente se a métrica registrada for diferente da contida na informação recebida [8].

C. OLSR – Optimized Link State Routing

O protocolo OLSR é um protocolo proativo que utiliza o algoritmo estado de enlace (*Link State*) [10]. Nesse caso os nós possuem uma visão geral da rede e conhecem todas as rotas existentes. Isso permite que as informações dos nós sejam consistentes e homogêneas. Por ser proativo, o OLSR envia pacotes de requisição de rota periodicamente, porém possui um mecanismo diferente de outros protocolos proativos, a inundação por MPR (*Multipoint Relays*). Essa técnica consiste em diminuir a quantidade de pacotes de controle difundidos na rede, diminuindo a sobrecarga e economizando largura de banda [9]. Tem seu melhor desempenho em redes com alto número de nós e com pouca mobilidade, já que não há outro mecanismo para controle de tráfego [10]. Serão selecionados para retransmitir os pacotes de controle os nós que podem alcançar a maioria dos vizinhos de até 2 saltos e, portanto, diminuir a quantidade de retransmissões. Essa escolha é feita para cada nó de maneira independente de outros nós da rede e só são utilizados nós simétricos [10]. Esse subconjunto de nós responsáveis por encaminhar mensagens é chamado de conjunto de MPRs [10]. Os nós que não pertencem a esse grupo ao receberem uma mensagem de um nó MPR a descartam. Sempre que há uma mudança de topologia da rede o algoritmo de

escolha de MPR é executado para cada interface. Os nós MPRs enviam pacotes TC (*Topology Control*) que disseminam pela rede a lista de nós MPRs e quais nós são possíveis de alcançar através desses. As mensagens TC têm por propósito a difusão da informação de estado de enlace e a informação de *last hop* para toda a rede [11]. Nos pacotes TC, o campo ANSN, determina quão recente é a informação contida no pacote pelo número de sequência do anúncio. Toda vez que há uma mudança na topologia da rede esse número é incrementado. As mensagens TC são difundidas periodicamente para toda a rede, explorando a otimização do MPR. Apenas os nós selecionados como MPR podem gerar e retransmitir as mensagens TC [11].

III. TRABALHOS RELACIONADOS

Em [2] é realizada uma análise comparativa dos protocolos de roteamento AODV e o DSR em uma rede mesh composta por quatro nós, com distâncias de 1km. Representando Belém, Marituba, Benevides e Santa Isabel, cada nó é composto por um enlace dedicado de 2 Mbps e o padrão utilizado foi 802.11g com tráfego CBR – *Constant Bit Rate*. O objetivo foi disponibilizar acesso à internet através do *gateway* situado em Belém. Foi realizada a análise do desempenho da rede através dos resultados gerados pela ferramenta NS2. Perda de pacotes e a taxa de entrega de pacotes foram os parâmetros utilizados. O protocolo AODV obteve um maior atraso comparado com o protocolo DSR na entrega dos pacotes. O AODV obteve um resultado de 52% na entrega dos pacotes, já o DSR atingiu um resultado de 72% na taxa de entrega. O DSR teve 56% a mais de perda que o protocolo AODV na taxa de perda de pacotes. Segundo o autor a estratégia "agressiva" do DSR afeta seu desempenho com a adição de nós fontes. Logo, mesmo que o AODV congestionasse a rede com pacotes de solicitação de rota, o protocolo ainda possui melhor desempenho que o DSR.

No trabalho [3] é realizada a comparação de desempenho de protocolos de roteamento AODV, DSDV, DSR e FSR para dois cenários de redes mesh. O primeiro cenário possui 50 nós sendo 1 nó caracterizado como servidor e o segundo possui dois servidores. O tráfego utilizado foi CBR e simulações de 300 segundos. A vazão foi utilizada para análise do desempenho das simulações. No primeiro cenário o protocolo DSR obteve o melhor desempenho, porém no segundo cenário o DSR se igualou ao protocolo AODV nos resultados. Na medição da vazão da rede, o protocolo DSR obteve o desempenho mais eficiente seguido pelo AODV, DSDV e o FSR no cenário composto por 50 nós. No cenário composto por 51 nós o AODV e o DSR possuem um desempenho similar, assim como os protocolos DSDV e FSR.

No artigo [4] foram realizadas simulações para verificar qual o impacto gerado pelo comprimento da rota, ou seja, de acordo com o aumento de saltos em uma WMN - *Wireless Mesh Networks* - rede mesh. A rede mesh foi implementada nos blocos A e D do Centro Universitário Ritter dos Reis em Porto Alegre com o total de 9 roteadores (nós) compondo a rede. O protocolo de roteamento utilizado na implantação foi o OLSR. Segundo os autores o protocolo tem a capacidade de considerar o menor caminho e a menor perda de pacotes, essas características motivaram a escolha do protocolo. Os parâmetros analisados foram vazão da rede, o tempo de resposta que é o tempo entre um pacote enviado e a confirmação recebida, e a perda de pacotes de acordo com o número de saltos. A vazão da rede é influenciada pelo aumento de saltos, variando de 6,72Mbps em 1 salto a 0,09 Mbps em 8 saltos. Segundo os autores na maioria dos casos a vazão é de 40% a cada salto. Com relação ao tempo de resposta ocorre o inverso da vazão, quanto maior o número

de saltos maior o valor do tempo de envio em milissegundos. Segundo os autores o tempo de envio aumentou em média 2 milissegundos a cada salto. A perda de pacotes na rede aumenta de acordo com o número de saltos, o que é comum devido ao aumento de pontos de falha da rede. Interferências, competição dos nós pelo meio e colisão de pacotes ocasionam falhas na rede. Essas falhas geram perdas e atrasos, prejudicando a qualidade de transmissão da rede. Segundo os autores a rede mesh apresentada necessita de uma taxa compatível ao tamanho da rede, quanto menor o número de saltos nesse caso maior seu desempenho.

No artigo [5] o autor realiza uma comparação entre os protocolos de roteamento AODV, DSR, ZRP e WRP em uma rede MANETs ou *Mobile Ad-Hoc Network*, com a utilização de cache. Determinados nós da rede chamados de super nós possuem maior poder de processamento para manter um repositório de dados. O cenário é composto por 80 nós móveis e fluxo de dados CBR. Foram analisados vazão, latência, perda média de pacotes e o consumo médio de energia. Dois cenários foram considerados: com suporte a cache e sem suporte a cache. O AODV e DSR tiveram o melhor resultado no consumo de energia. O ZRP obteve o pior resultado de consumo de energia e na vazão em ambos os cenários, porém segundo os autores a diferença de consumo de energia não é significativa. Na vazão o AODV obteve o melhor resultado dentre os protocolos. A taxa de perda de pacotes aumenta nos cenários de mobilidade, onde os resultados com a maior e menor eficiência foram respectivamente dos protocolos AODV e ZRP. No cenário com a utilização de cache os protocolos utilizados foram o AODV e WRP. Houve uma pequena diminuição na perda com o AODV enquanto o WRP obteve um resultado com diminuição de 16% a 45% na latência. Como o WRP é sensível à mobilidade a adição de cache resulta em um resultado mais satisfatório. Logo, há um melhor desempenho na vazão devido à diminuição na perda de pacotes com o protocolo WRP com cache. Pode-se verificar neste trabalho, que a implantação do cache para cenário com mobilidade gera um ganho no desempenho da rede com a utilização de protocolos sensíveis a nós móveis.

IV. SISTEMA RFID – RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION

A sigla RFID (*Radio Frequency Identification*) significa identificação por rádio frequência, ou seja, realiza a captura de dados por rádio frequência [12]. A utilização do RFID hoje não é apenas na substituição do código de barras, possui outras aplicações. Pode-se realizar monitoramento e rastreamento de cargas e animais, limitar roubos, gerir inventários, identificação de pessoal autorizado, entre outros. Uma das maiores vantagens dos sistemas baseados em RFID é a codificação em ambientes hostis e em produtos onde o uso de código de barras não é eficaz [12]. O sistema RFID possui a capacidade de armazenamento, leitura e envio de dados e as informações estão armazenadas nas etiquetas ativas, ou Tags. Com os dados coletados no Tag é possível realizar a contagem instantânea de estoque e obter precisão nas informações. O campo eletromagnético também é a fonte que alimenta o transponder, que por sua vez responde ao leitor com o conteúdo de sua memória [13].

O sistema RFID é basicamente composto por dois componentes: transponder (Tag) - que será colocado no objeto a ser identificado; e leitor - dispositivo que possui captura de dados e/ou transmissão de dados [12]. O leitor emite frequências de rádio que são dispersas no espaço, desde centímetros até metros, dependendo da saída e da frequência de rádio utilizada. A fonte que alimenta o transponder, por sua vez, responde ao leitor com o conteúdo de sua memória. Quando o Tag passa pela

área de cobertura da antena, o campo magnético é detectado pelo leitor, que decodifica os dados, passando-os para um computador realizar o processamento [13].

Existem soluções onde a antena, o *transceiver* e o decodificador estão no mesmo aparelho, recebendo o nome de leitor completo. Muitos leitores são feitos com uma interface adicional que permite a ele enviar os dados recebidos a outro sistema utilizando tecnologias como Bluetooth e WLAN. A energia requerida para ativar o transponder é fornecida a ele através da antena, que também transmite o pulso e os dados. Os transponders estão disponíveis em diversos formatos (pastilhas, argolas, cartões, etc), tamanhos e materiais utilizados para o seu encapsulamento que podem ser de plástico, vidro, entre outros. O tipo de Tag também é definido conforme a aplicação, ambiente de uso e performance [13].

Existem dois tipos de transponders: ativos e passivos. Os transponders ativos são alimentados por uma bateria interna permitindo leitura e escrita. Os passivos não possuem a bateria como fonte de alimentação, essa é fornecida através das ondas eletromagnéticas emitidas pelo leitor. São do tipo só leitura (*read-only*), usados para curtas distâncias [13]. O custo de Tags ativos são maiores que Tags passivos, além de possuírem uma vida útil limitada de no máximo 10 anos. Os passivos têm, teoricamente, uma vida útil ilimitada [13].

Os sinais com os dados enviados para a antena são retransmitidos para leitoras especiais, passando em seguida por uma filtragem de informações, comunicando-se com os diferentes sistemas da empresa, tais como sistema de gestão, sistema de relacionamentos com clientes, sistemas de suprimentos, sistema de identificação eletrônica de animais, entre outros [13]. Esses sistemas conseguem localizar em tempo real os estoques e mercadorias. As informações contidas na Tag diminuem o processamento dos dados sobre os produtos na linha de produção [13]. Essas características tornam o RFID uma tecnologia promissora.

V. CENÁRIO DA SIMULAÇÃO

Esse trabalho tem por objetivo avaliar o comportamento de uma rede em malha sem fio disposta em um cenário como o Porto do Rio de Janeiro, com o tráfego de informações do sistema RFID. Os clientes enviam informações de monitoramento de cargas saindo e entrando no porto através dos leitores portáteis do sistema RFID. O leitor RFID considerado neste trabalho é a versão completa, com conexão wireless 802.11a/b/g que possibilita ao operador circular pelo porto para checagem das cargas. As informações armazenadas no Tag situado nas cargas são coletadas pelo leitor completo e enviadas através da antena sem fio conectada a rede mesh para o *gateway* da rede. Considera-se que o envio das informações deve ser próximo do tempo real, para atender o bloqueio ou liberação da carga.

O cenário é composto por 10 nós de clientes móveis e 20 nós que compõem a rede em malha sem fio, sendo que o nó 13 representado na Figura 1 é o gateway da rede. Esses nós clientes estão representando os operadores da zona portuária que realizam o monitoramento das cargas. A rede *mesh* está distribuída no porto como representado na Figura 1.



Fig. 1. Representação da disposição dos nós na rede mesh portuária

Como o *backbone* da rede *mesh* é fixo foi verificado o comportamento da rede quando a mesma possui clientes com mobilidade. Durante as simulações foram analisados os resultados de cada protocolo de roteamento utilizado no cenário proposto, a fim de verificar qual obteve melhores resultados. A intenção é verificar qual protocolo de roteamento apresenta a menor latência (atraso), maior taxa de entrega de pacotes (razão entre os pacotes recebidos e enviados) e maior vazão da rede. O objetivo é prover ao sistema que usa RFID (com a aplicação de monitoramento de cargas) o menor tempo de transmissão associado a qualidade de transmissão na rede *mesh*. A rede *mesh* foi considerada neste trabalho devido as suas diversas vantagens de implantação e custo para prover os serviços necessários em uma rede.

O cenário foi simulado na ferramenta *Network Simulator 3* com a rede em malha sem fio composta por 20 nós e 10 clientes com mobilidade transmitindo informações durante toda simulação. Neste trabalho foi considerada baixa mobilidade dos nós para representar o andar dos operadores dentro do porto. Foi escolhido o modo aleatório de mobilidade para os nós clientes de maneira que representasse o melhor possível um cenário real. Foram realizadas 10 simulações para cada protocolo a fim de obter uma média dos resultados, nas simulações foi utilizada a métrica *hop count*. O tempo de cada simulação foi de 200 segundos para os protocolos AODV e DSDV. Para o OLSR foi necessário reservar um tempo de convergência da rede. Logo o tempo de simulação para a rede com OLSR foi de 400 segundos, sendo que a transmissão de dados apenas iniciou-se após 200 segundos. Em um ambiente real, esse tempo é irrelevante visto que o *backbone* da rede não possui mobilidade, logo, essa convergência da rede é realizada para que todos os nós tenham conhecimento das rotas existentes para os possíveis nós dentro da rede. No cenário apresentado os nós clientes possuem um tráfego baseado em RFID e o tipo de tráfego utilizado CBR. A taxa de envio de pacotes simulada foi de 1 pacote a cada 0.1 segundos, ou seja, 10 pacotes enviados a cada segundo pelos clientes da rede. Foi utilizado o padrão IEEE 802.11g para rede simulada e os pacotes trafegados de 1300 bytes eram enviados a cada 0.1 segundos, logo a taxa de envio utilizada foi de 13KBps.

VI. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

Após 10 simulações realizadas na ferramenta NS-3 (*Network Simulator*) o protocolo OLSR obteve o melhor desempenho. Sua

taxa de entrega foi afetada pela mobilidade constante dos nós clientes. O OLSR realiza cálculos de rotas e inunda a rede com os pacotes de controle que afetam o desempenho da mesma. A mobilidade dos nós foi um fator atenuante para o protocolo proativo, gerando um resultado distante do ideal. Os resultados de taxa de entrega e o atraso da rede constam na Tabela 1.

TABELA I. TABELA COM OS RESULTADOS DE CADA PROTOCOLO

Protocolo	Taxa de Entrega	Atraso
AODV	31,45%	0,336 seg.
DSDV	39,60%	0,620 seg.
OLSR	48,65%	0,475 seg.

O protocolo AODV teve um desempenho precário. A baixa mobilidade dos nós clientes e o *backbone* estacionário contribuíram para o desempenho inferior do protocolo. Além disso, foi observado que o AODV teve uma alta taxa de descarte de pacotes na camada de rede. Com uma média de 2 pacotes por segundo, ou seja, um descarte de 31% de pacotes enviados.

Além das simulações com taxa de 10 pacotes por segundo, foram realizadas simulações com taxa de 20 e 40 pacotes por segundo com o objetivo de verificar como os protocolos se comportaram com o aumento de tráfego na rede. A Figura 2 demonstra o comportamento da rede à medida que aumentamos a taxa de transmissão de pacotes.



Fig. 2. Taxa de entrega de pacotes em cada simulação

Verifica-se que com o aumento da taxa de transmissão os protocolos têm seu desempenho reduzido. A rede possui os mesmos recursos e devido ao aumento do tráfego ocorre a saturação da mesma. Devido à alta utilização da rede ocorrem mais perdas de pacotes, mais colisões e uma maior competição pelo meio. Estes fatores contribuem para a diminuição de seu desempenho. Pode-se perceber também que o atraso da rede aumenta devido à competição dos nós pelo meio, conforme mostrado na Figura 3.

VII. CONCLUSÕES

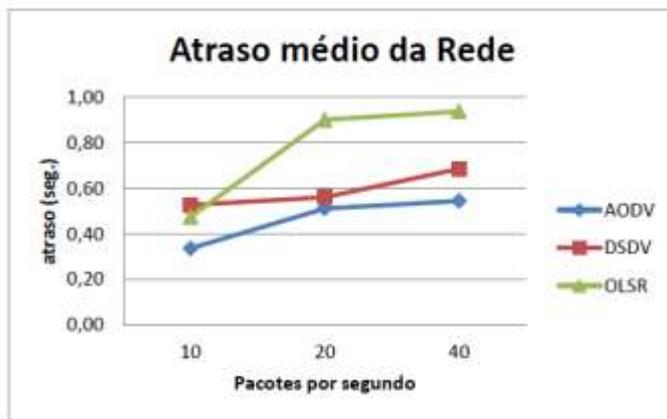


Fig. 3. Gráfico de atraso médio da rede

Pode-se observar pelo gráfico representado na Figura 4 que os protocolos AODV, DSDV e OLSR tiveram uma taxa de vazão similar, aumentando essa diferença quando a taxa de envio chega em 40 pacotes por segundo. Isso ocorre por que durante as simulações os protocolos AODV e DSDV enviaram uma maior quantidade de pacotes que o OLSR e obtiveram uma pequena diferença na quantidade de pacotes recebidos. Logo, os protocolos AODV e DSDV foram ineficientes, pois utilizaram mais o meio de transmissão que o protocolo OLSR.



Fig. 4. Vazão média da rede

O AODV, por ser um protocolo reativo ocasiona um retardo inicial no envio dos pacotes na rede. O protocolo realiza a descoberta dessa nova rota por *broadcast* o que ocupa os enlaces com mensagens de controle, porém menos que um protocolo proativo.

O DSDV obteve um resultado melhor que o AODV na taxa de entrega por que possui uma maior consistência em suas informações de roteamento. Porém o fato do DSDV ser um protocolo proativo influencia no atraso se comparado a um protocolo reativo. O *delay* do DSDV mostrado na Figura 3 foi o maior entre os três protocolos testados no cenário com taxa e transmissão de 10 pacotes por segundo.

O OLSR e DSDV são protocolos proativos, porém, utilizam métodos diferentes de inundação para controle da rede. O DSDV inunda a rede periodicamente mesmo não havendo necessidade de envio de pacotes assim como o OLSR. Mas a inundação do OLSR por MPR torna esse processo mais eficiente.

A taxa elevada de perda de pacotes do protocolo AODV na camada de rede demonstra que houve desperdício e que mais recursos da rede foram utilizados quando comparado aos demais protocolos, tornando assim o AODV menos eficiente para o cenário proposto. O DSDV obteve o pior atraso e a pior taxa de entrega. Além disso, ambos os protocolos utilizaram mais o meio de transmissão quando comparado ao OLSR como mostrado na Figura 3. Quanto a vazão, o OLSR possui o melhor desempenho quando a taxa de transmissão aumenta. Portanto, pode-se verificar através dos resultados obtidos que o desempenho mais eficiente foi do protocolo proativo OLSR. Seu método de inundação por MPR é mais eficiente que a abordagem tradicional dos protocolos AODV e DSDV. Outra diferença é a visão global da rede que o OLSR possui, enquanto o DSDV e o AODV possuem apenas informações sobre determinadas partes da rede de acordo com cada nó. A rede em malha sem fio apresentada neste trabalho possui clientes com mobilidade que influenciaram no desempenho dos protocolos testados. Com base nesse cenário e sua respectiva mobilidade o OLSR apresentou o melhor desempenho para a aplicação RFID utilizada. Para trabalhos futuros pretende-se realizar a comparação com outros protocolos de roteamento, como o WRP (WMN Proactive Routing Protocol) e ZRP (Zone Routing Protocol). Outra abordagem que poderá ser adotada é a modificação da métrica utilizada pelos protocolos, como ETX (Expect Transmission Count), ML (Miniun Loss), em vez de utilizar a métrica *hop count* padrão dos protocolos no NS-3.

REFERÊNCIAS

- [1] D.C. Saade, C. Albuquerque, L.C.S. Magalhães, D. Passos e J. Duarte, R. Valle, Redes em Malha: Solução de Baixo Custo para Popularização do Acesso a Internet no Brasil, XXV Simpósio Brasileiro de Telecomunicações, 2007.
- [2] H.M. Reis e D.A. Leal, Simulação de Protocolos de Roteamento em uma Rede Mesh Interurbana, Instituto de ensinos superiores da Amazônia, 2010.
- [3] M.M. Farias, Protocolo de Roteamento para Redes Wireless Mesh, Pontifca Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 26º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, 2008.
- [4] M. S. Gomes e B. A. Vasconcelos, Análise do Roteamento em uma Topologia de Rede em Malha sem Fio, Centro dos Ritter dos Reis, Porto Alegre, 2010.
- [5] Z. D. Rodriguez, P.L.A. Correa e A. M. Ramirez, Análise de Performance dos Protocolos WRP, ZRP, AODV e DSR em Ambiente sem Fio com Implementação de um Sistema Cache, XXVII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações, 2009.
- [6] C. E. Perkins e E. M. Belding-Royer, Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing, 2003.
- [7] S. N. Mohamad, A. Abdullah e A. F. A. Abidin, Performance Evaluation of AODV, DSDV & DSR Routing Protocol in Grid Environment, IJCSNS – International Journal of Computer Science and Network, VOL. 9 No.7, 2009.
- [8] C. E. Perkins e P. Bhagwat, Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) For Mobile Computers, 1994.
- [9] D.M. Mascarenhas, Uma Nova Métrica para Protocolos de Roteamento em Redes em Malha sem Fio, UERJ – Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2008.
- [10] B. S. O. F. Schiller, Estudo, Implementação e Análise de Métricas Baseadas na Qualidade do Enlace para o Protocolo OLSR, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.
- [11] D. Raffo, Security Schemes for the OLSR for Ad Hoc Network, Universidade de Paris, 2005.
- [12] G. L. Zanlourensi, Identificação por Rádio Frequência – RFID, UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.
- [13] G. C. Bernardo, A Tecnologia RFID e os Benefícios da Etiqueta Inteligente para os Negócios, Revista Eletrônica Universo de Iniciação Científica, 2004.