

Um Esquema de Agregação para Economia de Energia em Descoberta de Serviços para MANETs

Janine Kniess, Orlando Loques, Célio V. N. Albuquerque

Resumo— Neste artigo é proposto um protocolo de descoberta de serviços baseado em localização para MANETs. O protocolo é composto de um mecanismo de seleção de serviços com agregação de respostas que escolhe de forma distribuída pelos nós intermediários da rede as respostas dos provedores de serviços mais aptos para atender ao pedido e descartar as mensagens excedentes para economizar energia e aumentar o tempo de vida da rede. Outra contribuição deste artigo é um mecanismo de descoberta de serviços tolerante a falhas que explora redundância para garantir a distribuição das mensagens de descoberta de serviço na MANET.

Palavras-Chave— Seleção de Serviços, Agregação, Tolerância a Falhas.

Abstract— This work proposes a service discovery protocol based on localization to MANETs. This protocol proposes a service selection mechanism with data fusion that dynamically selects the best resource providers during the reply transmissions in order to reduce the energy consumption and improve the network lifetime. Another issue addressed in this work is a fault-tolerant service discovery mechanism based on localization that explore redundancy to guarantee the delivery of packets in MANETs.

Keywords— Selection Service, Data Fusion, Fault-Tolerance.

I. INTRODUÇÃO

A natureza dinâmica das Mobile Ad Hoc Networks (MANETs) tem motivado sua aplicação em diversas áreas: a militar, a industrial e a de busca e resgate pós-desastres naturais. Um componente essencial para a usabilidade dessas redes é a descoberta de serviços, que possibilita que os dispositivos automaticamente localizem e selecionem os serviços oferecidos na rede. Um importante requisito para um sistema de descoberta de serviços é a habilidade de ser propriamente executado a despeito da restrição de energia dos nós da rede.

Uma abordagem comum, usada pelos protocolos existentes para descoberta de serviços em MANETs para encaminhar a mensagem de requisição, é usar um mecanismo de difusão como *broadcast*. A técnica de difusão é comumente empregada porque a localização dos provedores de serviço não é previamente conhecida. Quando um protocolo de descoberta de serviços adota um mecanismo por difusão em MANETs, o resultado de uma requisição pode conter informações de vários provedores para o mesmo serviço. Nesse contexto, o ideal é que as respostas possam ser entregues através de mecanismos de seleção de serviços que garantam a distribuição da mensagem de resposta com baixo custo de transmissão.

Janine Kniess, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), E-mail: janine@joinville.udesc.br, Orlando Loques e Célio V. N. Albuquerque, Universidade Federal Fluminense, E-mails: loques, celio@ic.uff.br.

Este artigo apresenta um mecanismo de seleção de serviços distribuído aliado a um esquema de agregação de respostas para um protocolo de descoberta de serviços. A agregação de respostas ocorre nos nós intermediários da rede para minimizar o número de transmissões, com o objetivo de melhorar a qualidade das respostas recebidas pelo usuário da aplicação e a economia de energia da rede. Outra contribuição deste artigo é um mecanismo de descoberta de serviços tolerante a falhas que explora redundância para garantir a distribuição das mensagens de descoberta de serviço na MANET.

Em algumas aplicações como, por exemplo, MANETs assistindo operações de busca e resgate, o tempo máximo para o atendimento de um serviço é essencial para o sucesso do atendimento (assumindo-se que o provedor é móvel e deve deslocar-se ao local onde o serviço é necessário dentro de um tempo máximo). Outros aspectos devem ser levados em conta no contexto de provedores de serviços móveis: localização geográfica onde o provedor é necessário, a velocidade na qual o provedor se move e o número de provedores solicitados. O protocolo de descoberta considera todos os aspectos mencionados para assegurar o sucesso do atendimento.

Em suma, as contribuições deste trabalho são: (1) um mecanismo de seleção de serviços automático e distribuído que aplica um esquema de agregação nos nós intermediários da rede para filtrar as respostas antes que estas alcancem o requisitante visando economizar energia dos nós; (2) um mecanismo de descoberta de serviços tolerante a falhas que explora redundância para manter o sistema operando a despeito da ocorrência de falhas; e (3) Gerenciamento de requisições com restrições de tempo para o atendimento do pedido, e de provedores de serviços móveis em cenários de difícil acesso como, por exemplo, aqueles afetados por desastres naturais.

Este artigo está organizado da seguinte forma: Na Seção 2 será apresentado o cenário de motivação e os trabalhos relacionados; Na Seção 3 os mecanismos de descoberta e de seleção de serviços; Na Seção 4 os resultados computacionais e na Seção 5 as conclusões finais do trabalho.

II. REQUISITOS PARA DESCOBERTA DE SERVIÇOS EM MANETS

A pesquisa na área de descoberta de serviços para ambientes com restrição de tempo para o atendimento do pedido e com provedores móveis ainda é uma questão em aberto.

Por exemplo, na Figura 1 considera-se uma área afetada por um desastre natural (por exemplo, um tsunami). Nesse contexto, conjectura-se que equipes de resgate (formadas por humanos, veículos ou mesmo robôs) interconectadas por uma

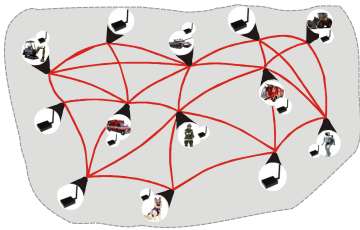


Fig. 1. Exemplo de Cenário de Aplicação com Restrição de Tempo.

MANET, poderiam contribuir de forma significativa na identificação de eventos, e no resgate de sobreviventes.

No cenário descrito na Figura 1, os elementos móveis transportam um dispositivo para a comunicação sem fio e conhecem sua posição geográfica através de um sistema de localização à semelhança de um GPS. Os nós que proveem os serviços serão chamados de provedores e os que requisitam o serviço, chamados de requisitantes.

Admitindo-se que no local exista um dispositivo móvel coletando informações do ambiente, os dados obtidos a partir da identificação de um fenômeno, por exemplo, o vazamento de algum tipo de gás, serão transformados em uma descrição do evento observado. Em seguida, partindo de algoritmos especializados, o dispositivo móvel deduz que é necessário um provedor capaz de atuar em poucos minutos naquela área. Após a identificação do provedor de serviço necessário, o dispositivo móvel envia para a rede a mensagem de requisição, buscando o provedor de serviço apropriado.

A. Trabalhos Relacionados

Protocolos de descoberta de serviços podem ser geralmente classificados em três categorias [1]: protocolos para redes fixas, para redes sem fio *ad hoc* de salto único e para redes sem fio *ad hoc* de saltos múltiplos. As duas primeiras categorias não atendem às restrições impostas pelas redes *ad hoc* de múltiplos saltos.

Dentre esses protocolos para MANETs de saltos múltiplos, destacam-se os protocolos GSD [2], P2PDP [3], FTA [4], a abordagem *cross-layer* de Varshavsky *et al.* [5], e o protocolo de [6]. Poucos consideram o uso de agregação distribuída de respostas para economia de energia em MANETs de múltiplos saltos. Além da economia de energia na fase de seleção, outro aspecto pouco explorado é a tolerância a falhas. As abordagens propostas por P2PDP [3], FTA [4] e a abordagem *cross-layer* de Varshavsky *et al.* [5] proveem um mecanismo de seleção de serviços. Contudo, questões de tolerância a falhas não são exploradas. O trabalho de [6] apresenta um protocolo para descoberta de serviços aplicado em situações de desastres, porém, nenhuma estratégia para seleção de respostas é considerada. Os provedores de serviço apenas enviam as respostas para um nó central que realiza a seleção. Além disso, estes trabalhos apenas consideram serviços que podem ser remotamente acessados e usados.

III. PROTOCOLO PARA DESCOBERTA DE SERVIÇOS BASEADO EM LOCALIZAÇÃO

Nesta seção descreve-se: como o mecanismo de descoberta de serviços, nomeado de *Location Aware Discovery Service*

(LADS), limita o escopo da busca para cada pedido individualmente visando reduzir o número de mensagens de descoberta e provê tolerância a falhas; e as estratégias adotadas no mecanismo de seleção de serviço, nomeado de *Location Aware Selection Service* (LASS), para redução do número de respostas da rede. Uma primeira versão desse protocolo foi apresentada em [7]. A Tabela 1 sumariza a notação usada neste artigo.

TABELA I
SUMÁRIO DE NOTAÇÃO

Símbolo	Definição
Δ_{tmax}	tempo máximo de resposta para uma requisição
$max_{provider}$	número máximo de respostas especificado pelo requisitante
$\Delta_{trequester}$	temporizador do requisitante
$\Delta_{tintermediate}$	temporizador do nó intermediário
β	tempo máximo no qual o nó intermediário mais próximo ao requisitante mantém a resposta armazenada antes de encaminhá-la.

A. Location Aware Discovery Service (LADS)

No escopo deste mecanismo, assume-se que as mensagens não são corrompidas ou duplicadas, e devem ser distribuídas dentro de um tempo máximo. Se a mensagem não for distribuída dentro deste tempo, presume-se a ocorrência de uma falha. Nesse sentido, considera-se dois tipos de falhas: componentes (por *crash*) e perda de mensagens. Falhas de componentes são aquelas relacionadas aos dispositivos físicos, tal como, interferência eletromagnética. Falhas de mensagens são aquelas relacionadas ao congestionamento da rede, as desconexões involuntárias ou desvanecimento do sinal.

LADS funciona como segue. Supondo-se que um nó na rede necessita de informações sobre provedores de serviço e envia uma mensagem para a rede. O mecanismo de descoberta LADS dimensiona o raio de busca R_i , com base na velocidade máxima, v_{max} (parâmetro com valor conhecido para cada tipo de provedor de serviço), que um nó pode atingir e no tempo máximo para atendimento da requisição, Δ_{tmax} . Através do raio R_i , o mecanismo LADS evita transmissões desnecessárias de mensagens de descoberta e de respostas na rede. O raio R_i é dado pela equação:

$$R_i \leftarrow v_{max} \times \Delta_{tmax} \quad (1)$$

O mecanismo define o raio de busca com base em v_{max} para que o raio inclua o maior número de provedores aptos possíveis. A mensagem somente irá trafegar pela área limitada por R_i .

Logo após enviar uma mensagem de descoberta de serviço para a rede, o nó requisitante aciona um temporizador denominado $\Delta_{trequester}$. Esse temporizador estabelece o tempo limite no qual o nó requisitante espera pelas respostas solicitadas. Caso o requisitante não receba as respostas dentro desse tempo, o nó requisitante inicia uma fase de redescoberta, retransmitindo a mensagem de descoberta de serviço. O temporizador $\Delta_{trequester}$ é calculado conforme a expressão:

$$\Delta_{trequester} \leftarrow K \times (R_i/R_t) \quad (2)$$

Na expressão 2, $\Delta_{requester}$ representa o tempo de espera no requisitante por mensagem(s), por exemplo, mensagem(s) de resposta(s), sendo que esse tempo é proporcional ao raio de alcance da requisição. O valor de K é definido como, $\alpha + \beta$. O valor de α especifica o atraso de ida e volta para 1 (um) salto na rede. β é utilizado para representar o tempo máximo de armazenamento das respostas recebidas no nó intermediário mais próximo ao requisitante. O raio de busca da requisição é dado por R_i , e o raio de alcance do sinal da antena por R_t . A expressão R_i/R_t representa uma estimativa do número de saltos. Os nós intermediários mais próximos ao requisitante mantêm a resposta armazenada por um tempo maior em relação aos nós mais distantes. Cada nó mantém informações sobre o serviço que é oferecido por ele.

Se um nó j recebe uma requisição de um nó i , o algoritmo de descoberta de serviço verifica a distância (d_{ij}) entre os dois nós. Se $d_{ij} > R_i$, a requisição é descartada por j porque este nó está fora da área de busca. Caso contrário, se $d_{ij} \leq R_i$, o algoritmo verifica a velocidade de deslocamento do provedor de serviço j . Além disso, o algoritmo verifica se o provedor oferece o recurso procurado (s) e se esse provedor j está disponível no momento. Se a restrição estabelecida na Equação 3 for atendida, o nó j envia uma resposta para o nó i .

$$d_{ij}/v_j \leq \Delta_{tmax} \quad (3)$$

Admite-se que os nós da rede têm velocidade de deslocamento conhecida. Se j tem o recurso, mas v_j é insuficiente, j não envia resposta para i , e apenas encaminha a mensagem de requisição para seus vizinhos na rede. Esse mecanismo evita transmissões de mensagens de resposta desnecessárias na rede.

B. Location Aware Service Selection (LASS)

Como resultado do processo de descoberta, múltiplos provedores podem responder a uma requisição. O mecanismo LASS leva em conta os seguintes aspectos para selecionar e descartar respostas: localização geográfica dos nós, o tempo máximo para atendimento do pedido, a velocidade na qual o provedor de serviço se desloca e o número de provedores de serviços desejados.

LASS funciona como segue. Supondo-se que o nó k (nó intermediário) recebe uma resposta de um nó intermediário vizinho, por exemplo, nó m . Então, o nó k aciona um temporizador, denominado $\Delta_{tintermediate}$. O temporizador $\Delta_{tintermediate}$ estabelece o tempo limite no qual o nó intermediário mantém as respostas armazenadas. $\Delta_{tintermediate}$ é dado pela Equação 4:

$$\Delta_{tintermediate} \leftarrow \gamma \times (1/d_{ik}) \leq \beta \quad (4)$$

Na Equação 4, γ especifica um fator de proporcionalidade cuja função é manter o valor do temporizador $\Delta_{tintermediate}$ menor do que β . $1/d_{ik}$ denota a distância inversamente proporcional entre o nó requisitante i e o nó intermediário k , para que os intermediários mais próximos ao requisitante armazenem respostas por mais tempo que os nós mais distantes.

Por exemplo, na Figura 2b, o temporizador, $\Delta_{tintermediate}$, do nó intermediário $I2$ armazenará as mensagens de resposta

por um tempo maior, quando comparado ao temporizador do intermediário $I1$. Isso ocorre porque $I2$ situa-se mais próximo do nó requisitante. Na mensagem de resposta, o provedor envia as seguintes informações: identificação do provedor, $id_{Provider}$, a identificação do requisitante, id_{Client} , a identificação da requisição, $id_{Request}$, a identificação do número de sequência, $id_{SeqRequest}$, o tempo máximo de atendimento do provedor, $serviceTimeProvider$, o número máximo de respostas solicitado pelo requisitante, $max_{provider}$, e as coordenadas geográficas do requisitante. O esquema de agregação do LASS é apresentado na Subseção III.C.

C. Esquema de Agregação de Dados do LASS

Quando o nó intermediário recebe uma resposta, este nó inicia um temporizador $\Delta_{intermediate}$. Se o número máximo de respostas $max_{provider}$ especificado pelo cliente na mensagem de descoberta for armazenado no intermediário antes de $\Delta_{intermediate}$ terminar, o nó intermediário agrega essas respostas em uma única mensagem de resposta, e a envia ao requisitante. Após esta etapa, o temporizador $\Delta_{intermediate}$ é cancelado pelo intermediário. Outras respostas recebidas são descartadas.

Um intermediário pode receber respostas diretamente de um provedor ou de outro nó intermediário. Se a resposta foi enviada diretamente pelo provedor, a mensagem de resposta ainda não foi agregada. Neste caso, enquanto o número máximo de respostas ainda não foi alcançado, o nó intermediário armazena respostas. Por outro lado, se um nó intermediário recebe uma resposta de outro nó intermediário, o algoritmo de agregação de respostas do LASS funciona conforme representado na Figura 2.

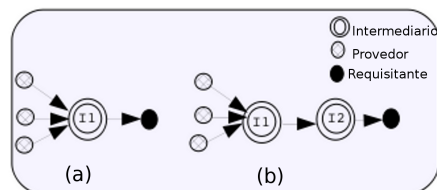


Fig. 2. Esquema de fusão de dados do LASS sem agregação (Fig. 2.0a) e com agregação (Fig. 2.0b).

Suponha na Figura 2 que o nó intermediário $I2$ receba uma resposta do nó intermediário $I1$. Primeiro, o algoritmo de agregação em $I2$ verifica o número de respostas agregadas na mensagem. Então, o algoritmo de agregação verifica o número de respostas já armazenada pelo nó intermediário $I2$. O número de respostas armazenadas somado ao número de respostas agregadas não pode exceder a $max_{provider}$. Para tal decidiu-se que o algoritmo atualiza as respostas armazenadas pelas respostas agregadas, caso existam respostas na mensagem com melhor qualidade, ou seja, respostas de provedores mais rápidos. É importante mencionar que as respostas repetidas, já tratadas de um provedor em particular são descartadas.

IV. RESULTADOS COMPUTACIONAIS

O protocolo de descoberta de serviço foi avaliado no simulador de redes *Network Simulator* (NS-2) [8]. O cenário

apresentado na Seção II foi mapeado para diferentes tamanhos de área com o objetivo de avaliar a escalabilidade do protocolo, especificamente, 4km² (2000m x 2000m) e 121km² (11000m x 11000m). O número mínimo de provedores que devem ser distribuídos varia entre 1(um) e 2(dois) e o tempo máximo de atendimento foi estipulado em 10,0 min. Os nós foram equipados com o módulo de energia fornecido pelo NS-2 [8]; e segundo padrões de consumo de rádios 802.11 ajustou-se os módulos de transmissão e recepção de energia para 42mW e 55mW, respectivamente; a energia inicial dos nós configurada para 1000J. Todos os nós do cenário são móveis, contudo, o nó requisitante permanece estático enquanto espera pelas respostas. As métricas analisadas são: (1) taxa média de descoberta (SD)=número de respostas recebidas/número de respostas enviadas; (2) consumo de energia (EC)=total de energia consumida/energia inicial; (3) qualidade das respostas (TQoS)=tempo médio de atendimento da requisição/número total de respostas recebidas.

Foram avaliados quatro mecanismos: descoberta com seleção (LASS), descoberta sem seleção (LADS), descoberta de serviço com seleção e com agregação (Seleção+Agregação), inundação, Inundação-2 e Abordagem Exata. Com relação ao mecanismo de Inundação-2, extraiu-se das respostas obtidas pelo requisitante com o mecanismo de inundação, as julgadas válidas, ou seja, as provenientes dos provedores que efetivamente têm velocidade de deslocamento para atender ao pedido. A abordagem exata mostra, a cada instante de tempo, a(s) resposta(s) do(s) melhor(es) provedor(es). O mecanismo LASS ao receber uma resposta, o nó apenas verifica se a quantidade de respostas já tratadas por ele, associada a mesma requisição de serviços é maior que o número de provedores desejados. O fator α foi ajustado para 100 ms. O intervalo de confiança é de 95%.

V. CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO E RESULTADOS

Na Figura 3 apresenta-se a taxa média de descoberta (SD) em função da mobilidade dos nós. Essa métrica foi avaliada em relação aos seguintes mecanismos: LADS, Seleção+Agregação, inundação e Inundação-2. Neste experimento determinou-se que 10% dos nós da rede são provedores. O número de provedores solicitado pelo requisitante é 1(um). A velocidade de deslocamento dos nós varia de 0,5 m/s a 1,0 m/s e a área monitorada é de 4km².

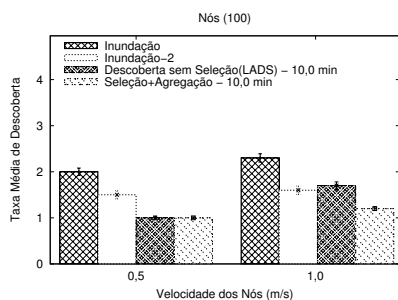


Fig. 3. Análise da taxa média de descoberta, em função da velocidade dos nós na rede para um cenário com 100 nós.

A taxa média de descoberta, obtida com o mecanismo Seleção+Agregação no experimento realizados, ficou abaixo ou igual da taxa média de descoberta, obtida com os outros mecanismos avaliados, porém, dentro do número de respostas esperado. Esse resultado demonstra que o mecanismo de agregação de dados foi eficiente na redução de mensagens, e sem prejudicar o processo de descoberta.

Experimentos com a métrica energia(EC) também foram realizados para o mesmo cenário e configurações apresentadas na Figura 3. Tomando por base os resultados obtidos, observou-se na Figura 4 que o mecanismo Seleção+Agregação através do descarte das respostas excedentes, permitiu economizar 24% de energia dos nós e sem comprometer o processo de descoberta. Por exemplo, no cenário onde os nós deslocam-se a 1,0 m/s, EC foi de 33,9% para a Seleção+Agregação versus, 44,6% com o mecanismo de inundação.

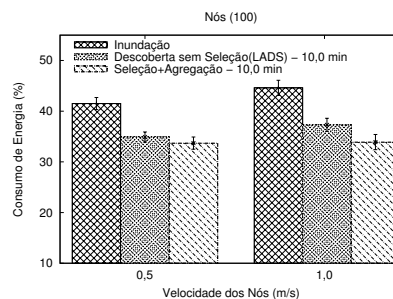


Fig. 4. Avaliação do consumo de energia, em função da velocidade dos nós para um cenário com 100 nós.

A Figura 5 apresenta uma avaliação da qualidade das respostas recebidas pelo nó requisitante (TQoS). O número de provedores solicitado é 1(um), a velocidade de deslocamento é de 0,5 m/s e a área é de 4km².

Foi realizada uma comparação entre os mecanismos LADS e Seleção+Agregação com a abordagem exata. Nos resultados constata-se que TQoS obtido com o mecanismo Seleção+Agregação no cenário onde 30% dos nós disponibilizam o serviço procurado ficou próximo aos resultados obtidos com a abordagem exata. Para os cenários onde 10% e 15% dos provedores disponibilizam o recurso, TQoS resultante com o mecanismo Seleção+Agregação apresentou maior distância em relação a abordagem exata. Esse resultado sugere que esse mecanismo alcança melhor desempenho em cenários com mais recursos.

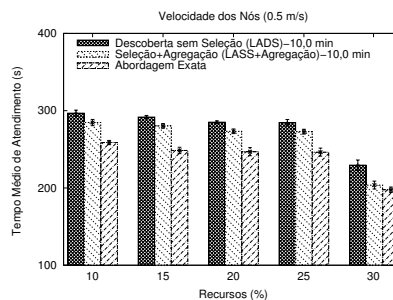


Fig. 5. Avaliação do tempo médio de atendimento, em função do percentual de recursos.

Na Figura 6 apresenta-se o consumo de energia (EC) do protocolo LADP em uma área de 121km², e onde os nós movem-se a 5,0 m/s. O objetivo desse experimento é de avaliar a escalabilidade do protocolo. O número de provedores de serviços desejados pelo requisitante é 2(dois); o percentual de recursos dos nós é de 10,0%; o consumo de energia está avaliado em função do número de nós da rede; e o número de nós varia entre 100, 200, 300, 400 e 500.

Verificou-se nesse cenário que a economia de energia (EC) foi maior com o mecanismo Seleção+Agregação. Por exemplo, em um cenário com 500 nós, a economia de energia proporcionada pelo mecanismo Seleção+Agregação, em relação ao mecanismo inundação, foi de 33,0%. Para os demais mecanismos avaliados, a economia de energia em relação ao mecanismo inundação ficou assim distribuída: 31,0% para o mecanismo LADS e 32,5% para o mecanismo LASS.

Através dos resultados da Figura 6, pode-se concluir que o esquema de agregação de dados reduziu o consumo de energia dos nós, em comparação com outros mecanismos avaliados, porque o mecanismo Seleção+Agregação agrega as respostas que chegam ao intermediário em uma única resposta, diminuindo o número de transmissões e recepções de mensagens.

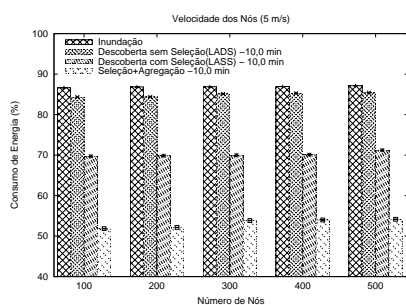


Fig. 6. Avaliação do consumo de energia, em função do número de nós na rede para um cenário com velocidade máxima de 5,0 m/s.

No gráfico apresentado na Figura 7 mediu-se a taxa média de descoberta para o mesmo cenário de configuração apresentado na Figura 6. Neste experimento foram comparados os mecanismos: Seleção+Agregação, LASS, LADS e inundação. Os nós deslocam-se com a velocidade de 5,0 m/s, o percentual de recurso dos nós é de 10,0% e o número de provedores solicitado pelo requisitante é 2(dois).

Na Figura 7 observa-se que a meta de duas respostas não foi alcançada pelos mecanismos avaliados. Atribui-se esse comportamento ao fato de a rede ser esparsa de acordo com o número de nós distribuídos na área de 121km², dificultando a comunicação entre os nós. Ainda que a agregação tenha sido eficiente na redução do número de respostas, o uso dessa técnica em, cenários esparsos, não acrescentou ganho, concluindo-se então que a topologia da rede é desfavorável à entrega das mensagens de resposta. Por outro lado, constatou-se que o uso do mecanismo LASS sem agregação foi mais eficiente, uma vez que este mecanismo seleciona, dinamicamente e de forma distribuída, as respostas encaminhadas para o requisitante. Os resultados obtidos no cenário com 400 nós confirmaram esse fato: taxa média de descoberta com o

mecanismo LASS igual a 1,51 e taxa média de descoberta com o mecanismo Seleção+Agregação igual a 1,48.

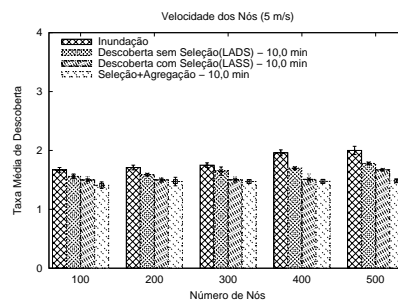


Fig. 7. Análise da taxa média de descoberta, em função do número de nós na rede para um cenário com velocidade máxima de 5,0 m/s.

VI. CONCLUSÕES

Neste artigo apresentou-se um esquema de agregação de dados proposto para um mecanismo de seleção de serviços. Através dos experimentos realizados constatou-se que o mecanismo Seleção+Agregação reduziu de forma significativa o número de mensagens sem prejuízo no processo de descoberta mesmo nas redes com alta mobilidade dos nós, e economizou energia dos nós na rede. Porém, em redes esparsas, o esquema de agregação de respostas provocou uma redução na taxa média de descoberta.

Nos resultados apresentados observou-se que o uso do temporizador $\Delta_{requester}$ no mecanismo de descoberta de serviços contribuiu para manter a taxa média de descoberta (atendimento das requisições) mesmo na presença de falhas, e sem afetar negativamente a sobrecarga de mensagens na rede¹.

REFERÊNCIAS

- [1] A. N. Mian, R. Baldoni, and R. Beraldi, "A survey of service discovery protocols in multihop mobile ad hoc networks," *IEEE Pervasive Computing*, vol. 8, no. 1, pp. 66–74, 2009.
- [2] D. Chakraborty, A. Joshi, Y. Yesha, and T. Finin, "Toward Distributed Service Discovery in Pervasive Computing Environments," *IEEE TRANSACTIONS ON MOBILE COMPUTING*, pp. 97–112, 2006.
- [3] A. T. A. Gomes, A. Ziviani, L. dos S. Lima, M. Endler, and G. Chelius, "Mitigating reply implosions in query-based service discovery protocols for mobile wireless ad hoc networks." in *ADHOC-NOW*, ser. Lecture Notes in Computer Science, D. Coudert, D. Simplot-Ryl, and I. Stojmenovic, Eds., vol. 5198. Springer, 2008, pp. 29–42.
- [4] V. Lenders, M. May, and B. Plattner, "Service discovery in mobile ad hoc networks: A field theoretic approach," *Pervasive and Mobile Computing*, vol. 1, no. 3, pp. 343–370, 2005.
- [5] A. Varshavsky, B. Reid, and E. de Lara, "A cross-layer approach to service discovery and selection in manets," in *The 2nd IEEE International Conference on Mobile Adhoc and Sensor Systems Conference*, 2005, pp. 459–466.
- [6] Y. Gadallah and M. A. Serhani, "A wsn-driven service discovery technique for disaster recovery using mobile ad hoc networks," in *Wireless Days*, 2011, pp. 1–5.
- [7] J. Kniess., O. Loques, and C. V. Albuquerque, "Location aware discovery service and selection protocol in cooperative mobile wireless ad hoc networks," in *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Communications (Student Workshop INFOCOM)*, 2009.
- [8] S. Mecanne, "Network Simulator (NS2)," 2005. [Online]. Available: <http://www.isi.edu/nsnam/>, January

¹Por questão de espaço, a análise da sobrecarga das mensagens de descoberta não foi apresentada neste artigo