

# Um Protocolo Baseado em Localização para Restringir as Mensagens de Descoberta e Resposta de Serviços em Redes *Ad Hoc* Móveis com Nós Cooperativos

Janine Kniess<sup>1,2</sup>, Orlando Loques<sup>1</sup>, Célio V. N. Albuquerque<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Computação – Universidade Federal Fluminense (UFF)  
Niterói, RJ – Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Ciência da Computação  
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) – Joinville, SC – Brasil

{jkniess, loques, celio}@ic.uff.br, janine@joinville.udesc.br

**Abstract.** *Service Selection in service discovery protocols has an important effect on wireless multi-hop ad hoc networks (MANETs) performance. This paper presents a service selection mechanism based on localization to reduce the redundant replies in these protocols. The mechanism dynamically selects the best resource providers during the reply forwarding taking into account geographic distance, speed and the number of service replicas requested. One second contribution in this paper is a service discovery mechanism that adjusts a search area for each request taking into account localization, the required request response time nodes speed.*

**Resumo.** *Seleção de serviços em protocolos de descoberta de serviço tem um efeito substancial no desempenho de redes ad hoc móveis sem fio de múltiplos saltos (MANETs). Neste artigo é proposto um mecanismo de seleção de serviços baseado em localização para reduzir a disseminação de mensagens de resposta nestes protocolos. O mecanismo seleciona durante o encaminhamento as respostas dos melhores provedores levando em conta distância geográfica, velocidade do nó e o número de réplicas do serviço solicitado. Uma segunda contribuição deste artigo é um mecanismo de descoberta de serviços que ajusta área de busca para cada pedido com base na localização onde o serviço é necessário, no tempo para atendimento do pedido e na velocidade dos nós.*

## 1. Introdução

Uma rede *ad hoc* móvel sem fio (MANET) opera na ausência de uma infra-estrutura fixa. Uma MANET pode ser criada rapidamente e com baixo custo em áreas onde a infra-estrutura de comunicação não existe ou é precária. Os nós em uma MANET são livres para se moverem e se auto-organizarem de forma arbitrária. A natureza extremamente dinâmica das MANETs tem motivado o desenvolvimento de aplicações em áreas especializadas tais como, campos de batalha, serviços de emergência, busca e resgate pós-desastres naturais como, por exemplo, inundações ou terremotos [Mauve et al. 2001]. Com a demanda de aplicações para MANETs, o número e a variedade de serviços proporcionados por essas redes está aumentando continuamente. Neste ambiente dinâmico, os nós oferecem diferentes serviços que podem entrar ou sair da rede a qualquer momento.

Um componente essencial para a usabilidade destas redes é a descoberta de serviços que possibilita aos dispositivos automaticamente localizarem os serviços oferecidos por qualquer nó da rede [Marin-Perianu et al. 2005]. A descoberta de serviços em MANETs envolve vários desafios impostos pela instabilidade da rede (mobilidade e falhas) e escassez de recursos como por exemplo, memória, processamento e energia.

Algumas propostas para descoberta de serviços em MANETs integram as funcionalidades da descoberta de serviços com o mecanismo de roteamento das MANETs. Entretanto, a volatilidade da topologia de rede torna difícil garantir a consistência das informações de roteamento. Uma abordagem comum é usar um mecanismo para difusão por *broadcast* ou *multicast* na camada de aplicação. Esta abordagem confere ao protocolo independência em relação às informações de roteamento. Contudo, quando o protocolo de descoberta de serviço adota um mecanismo por difusão em uma MANET, o resultado de uma requisição para um serviço pode conter informações de vários provedores do mesmo serviço. Neste contexto, o ideal é que o(s) melhor (es) provedor (es) seja (m) selecionado (s), sem que haja a necessidade de interferência do usuário.

Muitos esforços foram concentrados na área de descoberta de serviço, entretanto, poucos protocolos consideram o desenvolvimento de mecanismos de descoberta com seleção de serviços. A seleção distribuída e automática permite que o tráfego gerado pelas mensagens de resposta seja filtrado pela rede antes de chegar ao nó que enviou o pedido. A adição dessa funcionalidade na descoberta de serviços reduz a interferência entre os nós causada pelo uso do mecanismo de difusão, e melhora o desempenho geral da rede.

Para atender essa demanda, neste artigo é proposto e avaliado um mecanismo de seleção de serviços, automático, distribuído e ciente de localização (*Location Aware Service Selection* - LASS) com o objetivo de reduzir as mensagens de respostas em protocolos de descoberta para MANETs. O cenário alvo deste trabalho considera o uso de MANETs auxiliando equipes na busca e resgate em áreas vítimas de desastres naturais. Neste cenário identificou-se que alguns aspectos são essenciais para o sucesso do atendimento, tais como: localização geográfica onde um serviço é solicitado; o tempo limite especificado para atendimento deste pedido de serviço (assume-se que o provedor tem que chegar no local do pedido dentro de um tempo máximo pré-determinado); a velocidade de deslocamento do nó provedor do serviço até o local onde o serviço é requerido; e o número serviços (réplicas) que devem ser disponibilizadas.

O mecanismo LASS leva em conta os aspectos citados para eliminar respostas excedentes da rede. Ao receber uma resposta, o nó verifica se a quantidade de respostas já tratadas por ele, associada à mesma requisição de serviço é maior que o número de réplicas desejadas. Além do número de réplicas, o nó compara o tempo de deslocamento do provedor da última resposta anteriormente armazenada. Se um valor menor for obtido o nó encaminha a resposta. Esse mecanismo garante que o nó que enviou o pedido receba as respostas dos provedores mais rápidos.

Uma segunda contribuição deste artigo é o mecanismo de descoberta de serviço ciente de localização (*Location Aware Discovery Service* - LADS). O mecanismo ajusta uma área de busca independente para cada pedido com base na localização de onde o serviço é solicitado, no tempo máximo para atendimento de uma requisição e na veloci-

dade máxima dos nós. Este esquema pode auxiliar o mecanismo de seleção de serviços, LASS, na redução de mensagens da rede, uma vez que somente os nós aptos, isto é, aqueles que têm velocidade suficiente para chegar ao local onde o serviço está sendo solicitado em tempo hábil enviam resposta.

Este artigo, além da introdução está organizado da seguinte forma. A Seção 2 apresenta o cenário de motivação e as principais propostas em descoberta de serviços existentes para MANETs. A Seção 3 introduz os mecanismos: *Location Aware Discovery Service* (LADS) e *Location Aware Service Selection* (LASS). A Seção 4 descreve a avaliação e os resultados. A Seção 5 apresenta as conclusões finais do trabalho e direções para trabalhos futuros.

## 2. Motivação da Pesquisa

Esta seção apresenta um cenário de aplicação alvo dos mecanismos propostos neste artigo. Com base neste cenário, os desafios e metas da pesquisa serão discutidos. Uma visão geral dos trabalhos relacionados será apresentada em seguida.

### 2.1. Cenário Alvo de Aplicação

O terremoto que ocorreu na China em maio de 2008 é usado neste trabalho como cenário de aplicação exemplo. Um grande terremoto medindo 8.0 na escala Richter teve seu epicentro em Wenchuan, na província de Sichuan, China [Barboza 2008]. Wenchuan têm uma área de 4084 km<sup>2</sup> e uma população de 106,119 mil habitantes. As estradas que conduzem ao local do epicentro foram bloqueadas por rochas que desabaram e a comunicação foi perdida. Milhares de toneladas de produtos químicos foram expostas e houve vazamento de material radioativo. Neste contexto, conjecturamos que a distribuição de uma equipe de resgate especializada (como, por exemplo, veículos, robôs e humanos) interconectada por uma rede de sensores poderia ser uma grande contribuição no resgate de sobreviventes. Os mecanismos propostos nesta pesquisa focam em descoberta de serviço neste tipo de cenário.

### 2.2. Desafios e Metas

No cenário proposto alguns dos elementos móveis da equipe de resgate provêm um recurso, i.e., um veículo pode ser uma ambulância, um carro do corpo de bombeiros, um robô com capacidade de acessar áreas inacessíveis para os humanos, tais como, áreas com risco de contaminação, ou mesmo um humano transportando um medicamento. Por questão de definição, todos os elementos móveis do cenário serão aqui denominados como nós da rede. Os nós que provêm serviços são os provedores e os que requisitam o serviço são os requisitores. Um serviço é considerado como um recurso (*hardware* ou *software*) que é capaz de gerar ou receber dados. Cada nó da rede transporta sensores, conhece sua posição geográfica através de um sistema de localização, tal como, um GPS e assume-se que os nós possuem relógios sincronizados. Neste cenário, pode-se supor que um sensor identifique a existência de vazamento de algum tipo de gás, e a partir de algoritmos especializados, o sensor deriva que um nó como, por exemplo, um carro do corpo de bombeiros, capaz de atuar dentro de alguns minutos naquela área é necessário. Após identificar qual recurso é necessário, o sensor enviará para a rede a mensagem de requisição buscando pelo recurso apropriado. A descoberta de serviço neste cenário envolve alguns desafios: o primeiro é garantir a transmissão e a recepção da informação de descoberta

considerando a imprevisibilidade da topologia da rede; o segundo é o fato dos nós não conhecerem a localização dos demais; o terceiro é que somente os nós capazes de responder a uma requisição dentro de um tempo máximo serão úteis no processo de descoberta, isto é, somente estes devem enviar a resposta para o requisitor.

### 2.3. Trabalhos Relacionados

Diversos trabalhos na literatura tratam do problema da descoberta de serviços. Cronologicamente, podem ser citados os protocolos para redes fixas, Jini [Inc 1999], Salutation [Salutation 1999] e SLP [Guttman 1999], outros como, Bluetooth SDP [Miller and Bisdikian 2000] e o DEAPspace [Nidd 2001] para redes sem fio *ad hoc* de salto único. Essas soluções não são viáveis para ambientes de larga escala e descentralizados, como por exemplo, o cenário apresentado na Seção 2. Nestes ambientes, existe a possibilidade de formação de redes *ad hoc* de saltos múltiplos. Em MANETs de saltos múltiplos, dois dispositivos que são mutuamente inalcançáveis podem se comunicar se houver pelo menos uma cadeia de dispositivos que seja alcançável por ambos.

Nesta última classe, destacam-se os protocolos GSD (*Group-based Service Discovery*) [Chakraborty et al. 2006], Allia (*Allia-nce*) [Ratsimor et al. 2004], Konark [Helal et al. 2003], ORION (*Optimized Routing Independent Overlay Network*) [Klemm et al. 2003], o protocolo de FTA (*Field Theoretic Approach*) [Lenders et al. 2005], o protocolo P2PDP [Lima et al. 2007] e as abordagens *cross-layer*, de [Varshavsky et al. 2005], de Sotirios [Athanaileas et al. 2007] e *Lightweight Service Discovery* (LSD) [Li and Lamont 2005].

Uma estratégia geralmente não considerada na maioria das abordagens para descoberta de serviços é a seleção automática de serviços. Quando um serviço é oferecido por múltiplos provedores em uma MANET, o resultado de uma requisição pode conter informações de vários provedores para o mesmo serviço. Seleção de serviço pode ser categorizada em manual, com a intervenção direta do usuário da aplicação, ou automática, através de um algoritmo implementado no lado do requisitor, selecionando a melhor opção em função das características da aplicação. Um mecanismo eficiente de seleção de serviços pode exercer um importante papel no desempenho da rede, pois possibilita que as melhores respostas sejam filtradas entre todas possíveis antes destas alcançarem o nó requisitor.

As abordagens propostas por [Lenders et al. 2005], [Varshavsky et al. 2005], [Lima et al. 2007] e [Athanaileas et al. 2007] provêm um mecanismo para seleção automática de serviços. A abordagem FTA baseia-se na teoria de campos eletrostáticos. As requisições para uma instância de um dado tipo de serviço são encaminhadas seletivamente na direção do provedor que gerou o maior gradiente de campo, de forma similar ao roteamento de mensagens *anycast*. Contudo, essa abordagem não escala bem quando são disponibilizados diferentes tipos de serviços. O problema da escalabilidade no FTA é resultado do fato que os provedores necessitam trocar periodicamente mensagens de atualização do valor da capacidade do serviço por meio de um mecanismo de inundação. Cada tipo de serviço tem uma capacidade de serviço específica. Outra limitação dessa proposta é que apenas uma resposta para o serviço requisitado é enviada ao nó que emitiu o pedido. Em [Varshavsky et al. 2005] e [Athanaileas et al. 2007], a função de seleção de serviços é integrada ao mecanismo de roteamento em uma abordagem *cross-layer*. Em

[Varshavsky et al. 2005], o critério de seleção é a menor distância em número de saltos entre requisitor e provedor e a seleção ocorre somente quando as respostas chegam ao nó que originou a requisição. O protocolo descrito por [Athanaileas et al. 2007] realiza a seleção de serviços através de duas métricas, distância em número de saltos e a energia residual dos nós. Neste protocolo o requisitor também recebe uma única resposta.

O trabalho proposto por [Lima et al. 2007] é o que mais se assemelha com a proposta deste artigo. Em Lima (2007) é apresentado o mecanismo SbV (*Suppression by Vicinity*) que permite suprimir automaticamente durante o encaminhamento as respostas excedentes. Entretanto, esse mecanismo não considera aspectos que são essenciais para o cenário de motivação apresentado na Seção 2 como, por exemplo, a velocidade de deslocamento dos nós, o tempo máximo para deslocamento do provedor ao local onde o recurso é necessário e a localização geográfica entre requisitores e provedores. Além disso, o mecanismo SbV filtra as mensagens de resposta através do conceito de caminho de retorno, ou seja, as mensagens são encaminhadas por um caminho inverso ao percorrido pela requisição correspondente. Em MANETs envolvendo topologias altamente dinâmicas, a rápida mudança da topologia de rede e a presença de falhas de *hardware* ou *software* comuns em redes de sensores [Akkaya and Younis 2005], pode inviabilizar a aplicabilidade desse conceito. O mecanismo LASS não guarda informações sobre os nós que participaram do processo de descoberta (por onde a mensagem passou) para filtrar as respostas. O encaminhamento das respostas fica a cargo do protocolo de roteamento.

### 3. Abordagem Proposta

Esta seção apresenta as estratégias adotadas pelos mecanismos de descoberta de serviços *Location Aware Discovery Service* (LADS) e de seleção de serviços *Location Aware Service Selection* (LASS), para usar a informação de localização dos nós como fator limitador das mensagens de descoberta e de resposta de serviços em MANETs.

#### 3.1. *Location Aware Discovery Service* (LADS)

Seja  $S$  o conjunto de nós pertencentes à rede, o mecanismo de descoberta *Location Aware Discovery Service* (LADS) dimensiona o raio de busca  $R$ , com base na velocidade máxima,  $v_{max}$  (parâmetro com valor conhecido para cada tipo de recurso), que um nó pode atingir e no tempo máximo para atendimento da requisição,  $t_{max}$ . LADS compõe um subconjunto  $S' \subseteq S$  para cada requisição de descoberta enviada por um requisitor  $i \in S'$  diante da necessidade de promover uma descoberta de serviços para outros nós na rede. O raio  $R$  é dado pela equação:

$$R = v_{max} * t_{max}. \quad (1)$$

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  $R$ . Dado o par  $(i,j)$ , sendo  $i \in S'$  o requisitor e  $j \in S'$  o provedor, assumiu-se que velocidade de deslocamento ( $v_j$ ) deste último é conhecida. O algoritmo 1 descreve este mecanismo.

Na mensagem de descoberta, *ServDisc()*, o requisitor envia as seguintes informações: uma identificação do nó, sua coordenada geográfica,  $cord_x$ ,  $cord_y$ , o tempo máximo para atendimento da requisição,  $t_{max}$ , o serviço procurado,  $s$  e o número de

**Algoritmo 1** Descoberta de serviços (LADS) – nó  $j$ 


---

```

1: ProcessDiscovery( $i, cord_X, cord_Y, t_{max}, s$ )
2:  $j$  recebe mensagem ( $msg$ ) ServDisc( ) do nó  $i$ , requisitando o serviço  $s$ 
3: if  $d_{ij} > R$  then
4:   Discard( $msg$ )
5: else if  $d_{ij}/v_j \leq t_{max}$  then
6:   if FindResource( $s$ ) then
7:     if not busy then
8:       Send ServResponse()
9:     end if
10:  end if
11: end if

```

---

réplicas desejado. Se o nó  $j$  recebe uma requisição do nó  $i$ , o algoritmo irá verificar a distância euclidiana ( $d_{ij}$ ) entre os dois nós. Se  $d_{ij} > R$ , a requisição é descartada por  $j$  admitindo-se que, esse nó está fora do raio de interesse. Caso contrário, se  $d_{ij} \leq R$ , o algoritmo verifica se o nó  $j$  tem velocidade de deslocamento suficiente para chegar ao local do evento dentro do tempo limite, se possui o recurso procurado e se o nó está disponível no momento. A equação (2), garante que somente os nós com velocidade de deslocamento suficiente para atender o pedido dentro do tempo máximo, respondam à requisição enviada por  $i$ . Se a restrição dada por (2) for satisfeita, o nó  $j$  envia uma mensagem de resposta, *ServResponse*( ), para o nó  $i$ .

$$d_{ij}/v_j \leq t_{max}. \quad (2)$$

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

LADS provê um mecanismo de descoberta reativo. Os nós atendem aos pedidos sob demanda. Por exemplo, na Figura 1, o nó  $i$  identifica a necessidade de um recurso e envia uma mensagem do tipo *ServDisc*( ) para a rede. Os vizinhos de  $i$  recebem a mensagem e reencaminham sucessivamente, porém, somente os nós aptos respondem. Nesta figura, *ServDisc*( ) está representada pelo número (1). Neste cenário, supondo que o nó  $k$ , um vizinho de  $i$  receba a requisição. O mecanismo LADS neste caso, verifica se o nó tem o recurso procurado. Caso não, o nó  $k$  apenas encaminha a requisição. Por outro lado, o nó  $m$  recebe a mensagem de  $k$  e atende ao perfil da requisição. Neste caso,  $m$  envia a mensagem *ServResponse*( ) (representada na Figura 1 pelo número (6)) para  $i$ .

### 3.2. Location Aware Selection Services (LASS)

Na Figura 1, quando o nó  $k$  recebe a resposta do nó  $m$  para uma dada requisição, verifica se já encaminhou o número máximo de réplicas solicitado pelo requisitor. Se o número máximo foi alcançado, o nó  $k$  descarta essa resposta. Caso contrário,  $k$  compara o tempo de deslocamento do nó  $m$  com o tempo de deslocamento da última resposta encaminhada para a requisição, por exemplo, do nó  $j$ . Se  $(d_{im}/v_m) \leq (d_{ij}/v_j)$ , a resposta é encaminhada.

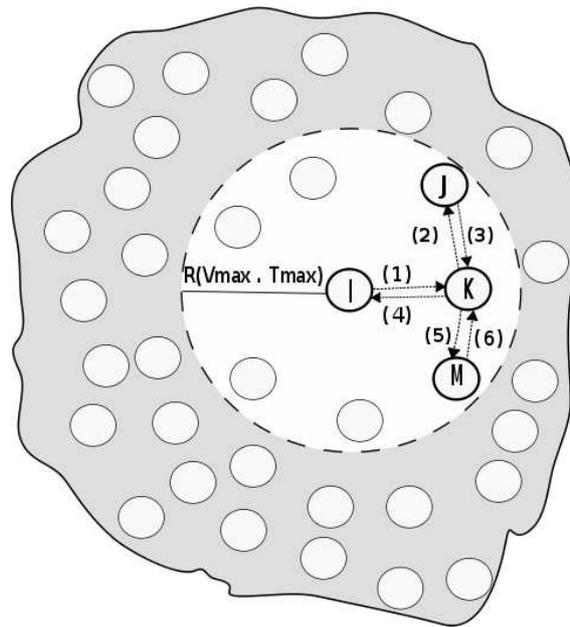


Figura 1. Visão geral do protocolo

Essa restrição garante que o nó requisitor receba as respostas dos nós mais rápidos. Os resultados apresentados na Seção 4 demonstram que a taxa de sucesso de descoberta de serviço não foi afetada negativamente pelo mecanismo de seleção de serviços.

O mecanismo de seleção de serviços é apresentado no algoritmo 2. Na mensagem de resposta, *ServResponse()*, o provedor envia sua coordenada geográfica e sua velocidade de deslocamento. Se as restrições dadas nas linhas, 6 e 7 do algoritmo 2 forem atendidas, o nó receptor reencaminha a mensagem de resposta para seus vizinhos.

---

**Algoritmo 2** Seleção de serviços (LASS) – nó  $k$

---

- 1: *ProcessResponse*( $m, cord_X, cord_Y, v_j, max\_replicas$ )
  - 2:  $k$  recebe mensagem ( $msg$ ) *ServResponse* do nó  $m$
  - 3:  $k$  armazenou última resposta do nó  $j$
  - 4: **if**  $n_{replicas} \geq max\_replicas$  **then**
  - 5:     Discard( $msg$ )
  - 6: **else if**  $d_{im}/v_m \leq d_{ij}/v_j$  **then**
  - 7:      $n_{replicas} = n_{replicas} + 1$
  - 8:     Forward ( $msg$ )
  - 9: **else**
  - 10:     Discard( $msg$ )
  - 11: **end if**
- 

### 3.3. Considerações Adicionais

O mecanismo LASS pode ser usado de forma independente do mecanismo LADS em protocolos de descoberta de serviços para MANETs. Por exemplo, o mecanismo de seleção poderia atuar sobre um protocolo de descoberta por difusão do tipo *broadcast* ou *multicast*. Nenhuma informação adicional seria necessária. Para garantir que somente os nós

aptos respondam a requisição, cada nó, antes de enviar uma resposta, deve verificar se tem velocidade de deslocamento suficiente para atender ao pedido. A única restrição é que os nós devem enviar sua localização geográfica no pedido, como ocorre no mecanismo LADS.

#### 4. Resultados das Simulações

Para avaliar a abordagem proposta usamos o simulador de redes *Network Simulator*(NS-2) [Simulator 2005] e modelo de mobilidade *Gauss-Markov* [de Waal and Gerharz 2003]. Este modelo elimina mudanças bruscas de direção e paradas abruptas dos modelos randômicos possibilitando uma maior aproximação do movimento real dos usuários. A meta dessa avaliação é validar a eficácia do mecanismo de seleção de serviços na redução do número de mensagens de resposta sem prejudicar o processo de descoberta. Neste sentido, o mecanismo será avaliado em diferentes cenários, incluindo diferentes velocidades, e tempo máximo de atendimento. Comparamos o desempenho do mecanismo de descoberta com seleção, com um mecanismo de descoberta sem seleção e com um mecanismo de inundação tradicional.

##### A. Ambiente de Simulação

Para fins de simulação, mapeou-se o cenário apresentado na Seção 2 para uma área de 25km<sup>2</sup> considerando que uma dada equipe de resgate atuará em uma região afetada pelo terremoto. Na região existem obstáculos que dificultam a passagem dos veículos, focos de incêndio e vazamentos químicos. No cenário de simulação, a velocidade dos nós móveis pode variar de 1,0 m/s (uma pessoa caminhando) até 15,0 m/s (um veículo com velocidade moderada). A Tabela 1 apresenta os parâmetros de rede simulados.

**Tabela 1. Parâmetros do Sistema**

Parâmetro	Valor
Terreno	5000 x 5000m
Número de nós	250
Tempo de Simulação	300s
Alcance da antena	250m
Tamanho do pacote	120 <i>bytes</i>
Velocidade dos nós	3.6km/h – > 1,0 m/s 18km/h – > 5,0 m/s 36km/h – > 10,0 m/s 54km/h – > 15,0 m/s

Cada nó disponibiliza um recurso. Realizou-se uma distribuição aleatória de recursos entre os nós, ou seja, foram realizados testes onde foram atribuídos recursos para 1%, 5%, 10%, 15%, 20% e 30% dos nós da rede. Assume-se que cada nó conhece sua localização corrente.

Nas simulações realizadas usou-se o protocolo OLSR (*Optimized Link State Routing*)[Clausen and Jacquet 2003] como protocolo de roteamento de múltiplos saltos

sobre o topo do protocolo da camada MAC IEEE 802.11 para enviar o pacote de descoberta de serviço para os vizinhos locais. OLSR é uma otimização do clássico algoritmo de estado de enlace. O conceito chave deste protocolo é o uso de *multipoint relays* (MPRs)[Clausen and Jacquet 2003] que são os únicos nós que encaminham as mensagens. Os demais nós apenas ouvem tais mensagens, mas não as retransmitem. Os MPRs são selecionados de forma que todos os nós a dois saltos do emissor possam ser alcançados. Essa técnica reduz de maneira substancial a sobrecarga de mensagens quando comparada a um mecanismo de inundação tradicional. Essa característica o torna particularmente apropriado para a rede representada pelo cenário proposto neste trabalho. Contudo, os mecanismos propostos neste artigo podem ser usados sobre o topo de outros protocolos de roteamento para MANETs, desde que, o envio de mensagem de descoberta de serviços ocorra através de um mecanismo por difusão.

## B. Métricas

Embora a economia de energia seja uma métrica importante em MANETs, esquemas de gerenciamento de energia estão fora do escopo deste trabalho. As métricas analisadas são: taxa de sucesso de descoberta (SD), economia de respostas (ER) e sobrecarga das mensagens do protocolo de descoberta (NMD). As métricas são definidas como: (1)  $SD = \text{Número de respostas recebidas} / \text{Número de requisições enviadas}$ ; (2)  $ER = \text{Número de respostas geradas} / \text{número de respostas recebidas}$ ; (3)  $NMD = \text{Número de mensagens de descoberta de serviços transmitidas} / \text{Número total de mensagens transmitidas}$ .

## C. Cenários

Para manter a integridade dos experimentos adotou-se os mesmos parâmetros em todos os cenários. Nos experimentos realizados, cada nó faz 290 pedidos durante os 300s de simulação. O número mínimo de réplicas (número de recursos desejado) que deve ser entregue, foi estipulado em 1(uma). Todos os nós da rede são móveis, incluindo o que realiza consultas. A velocidade de deslocamento dos nós varia de 1,0 m/s até 15,0 m/s. O que diferencia os cenários é o tempo máximo para atendimento do pedido. No primeiro cenário o tempo de atendimento é de 1,5 minutos. No segundo cenário, o tempo de atendimento é de 5,5 minutos. O terceiro cenário adota um mecanismo de inundação tradicional. O intervalo de confiança apresentado nos resultados é de 95%.

## D. Resultados

A Figura 2, compara o número total de respostas obtido pelo nó requisitor (ER), com os mecanismos de descoberta com seleção, descoberta sem seleção e com um mecanismo por inundação. A velocidade de deslocamento dos nós neste cenário é de 5,0 m/s e o número de réplicas é 1(uma). O comportamento do mecanismo por inundação poderia ser considerado o melhor dentre os três caso não fosse necessário avaliar a qualidade das respostas. Nos cenários simulados, encaminhar a resposta de um nó que não tenha qualidade para atender o pedido é desnecessário, uma vez que, esse nó não está apto para atender ao pedido. O mecanismo de descoberta sem seleção possibilitou reduzir

durante o encaminhamento da mensagem de descoberta àquelas mensagens dos nós que não tem velocidade de deslocamento suficiente para chegar ao local onde o recurso é necessário. Porém, nenhum mecanismo é aplicado para a redução das respostas, ou seja, o nó requisitor recebe as respostas de todos os nós dentro do raio limite para atendimento do pedido. Em alguns cenários, onde o percentual de recursos é baixo, por exemplo 10%, observou-se que o mecanismo de descoberta com seleção obteve uma média de 0.86 respostas para 1.35 do mecanismo de descoberta sem seleção. Contudo, o número de respostas que não foram recebidas foi de 7.58% na descoberta com seleção para 5.51% na descoberta sem seleção. A diferença percentual de 2.07% atribui-se ao fato do número de réplicas ser muito pequeno e a perdas de pacotes no encaminhamento das respostas. Para estes casos, uma possível solução seria o mecanismo de seleção prever, além do número máximo, um número mínimo de réplicas que deve ser entregue. Por fim, este experimento mostrou que o desempenho do mecanismo de descoberta com seleção melhora a medida que o número de recursos da rede aumenta.

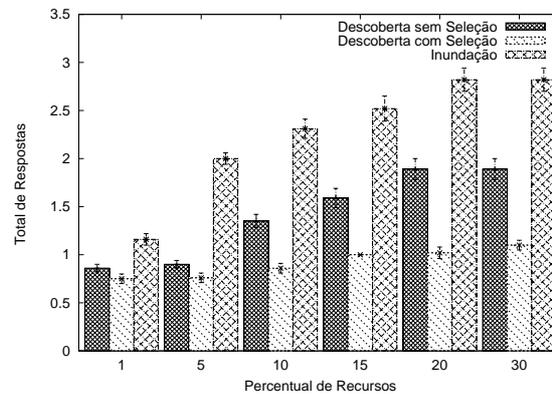


Figura 2. Total de respostas

A Figura 3, compara a taxa média de descoberta (SD) do mecanismo de descoberta com seleção de serviços com um por inundação. Essa métrica define se o requisitor encontrou ou não o recurso. Para este experimento definiu-se que 10% dos nós da rede têm o recurso procurado e a velocidade dos nós varia de 1,0 m/s até 15,0 m/s. O tempo de atendimento é de 1,5 e 5,5 minutos.

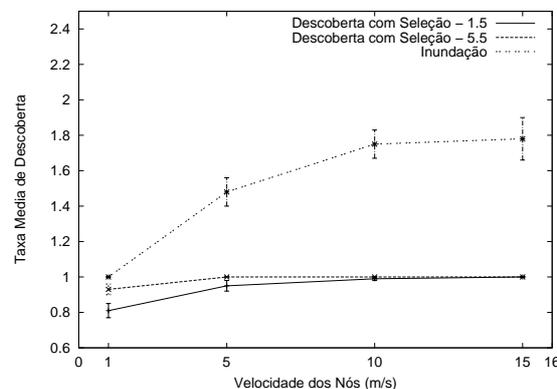
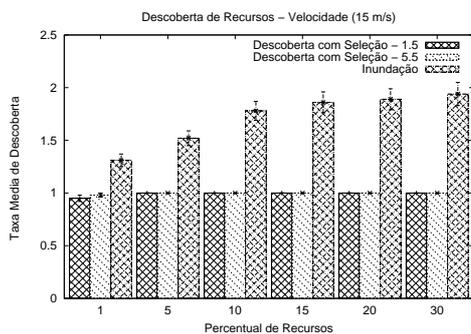


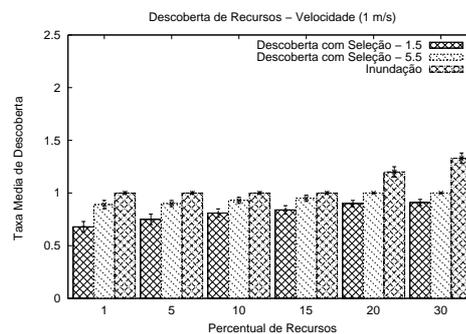
Figura 3. Sucesso de descoberta x efeito da mobilidade dos nós

Os resultados mostraram que a taxa de sucesso de descoberta é de mais de 95% para quase todos os cenários, exceto para os cenários onde a velocidade de deslocamento dos nós é de 1,0 m/s. Com essa velocidade e com um tempo de atendimento de 1,5 minutos, o percentual de descoberta foi de 0.81%. Esse comportamento, justifica-se pelo fato do mecanismo LADS limitar o raio de busca pelos nós aptos resultando em um raio de apenas 90 m. Além disso, devido à baixa mobilidade dos nós, não houve uma mudança substancial da topologia para que vizinhos diferentes fossem encontrados. Esses mesmos fatores limitaram a taxa de descoberta em 0.93% para o cenário com a mesma velocidade e com tempo de atendimento de 5,5 minutos. No eixo y, o número 1 corresponde a 100% de sucesso, ou seja, o nó recebeu a réplica solicitada. Outro aspecto observado é que a medida que a velocidade dos nós aumenta, a taxa média de descoberta cresce. Isso se deve não apenas ao fato do tamanho do raio estar relacionado com a velocidade de deslocamento, mas também, devido à mudança mais acentuada da topologia. A taxa média de descoberta foi maior para todos os casos com o mecanismo de inundação, porém, não existe uma seleção dos nós para atender ao pedido. Todos que tem o recurso respondem, mesmo os que não estão aptos para atender.

Nos gráficos das Figuras 4 e 5 avaliou-se a taxa de sucesso de descoberta (SD) em um cenário com seleção de serviços, onde, os nós movem-se com velocidade de deslocamento de 15,0 m/s e 1,0 m/s, respectivamente, e com o percentual de recursos variando em 1%, 5%, 10%, 15%, 20% e 30%.



**Figura 4. Sucesso de descoberta x percentual de recursos - 15,0 m/s**



**Figura 5. Sucesso de descoberta x percentual de recursos - 1,0 m/s**

Os resultados das Figuras 4 e 5 mostram que o protocolo sofre uma redução no percentual de descoberta em cenários com baixa velocidade de deslocamento. Porém, esses resultados são independentes do mecanismo de seleção. Conclui-se que alguns fatores como, distribuição dos nós na área, a velocidade de deslocamento e o raio de alcance influenciaram os resultados neste cenário. Quanto mais baixa a velocidade e maior a área geográfica, menor será a probabilidade de um nó encontrar novos vizinhos que disponibilizem o recurso, salvo em alguns casos específicos onde haja uma concentração de nós em alguma região.

O gráfico da Figura 6 ilustra o efeito da mobilidade dos nós em relação à sobrecarga (NMD) de mensagens da rede com seleção de serviços e com inundação. Para este experimento considera-se que 30% dos nós têm o recurso. Os resultados mostraram que para todas as velocidades e tempo de atendimento, os mecanismos de descoberta com seleção de serviços possibilitou uma redução significativa no número de mensagens em

relação ao mecanismo de inundação. Por exemplo, com uma velocidade de 10,0 m/s e com o tempo de atendimento de 5,5 minutos, foi obtido um desvio percentual de 10% na redução das mensagens.

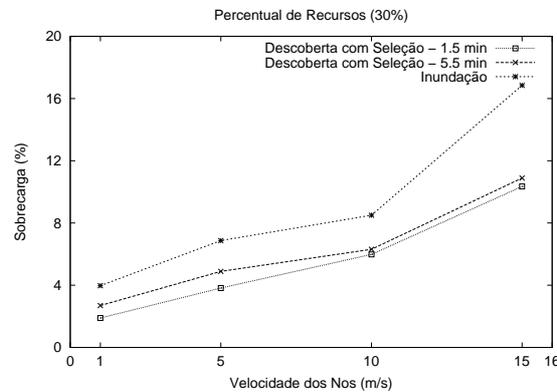


Figura 6. Sobrecarga x efeito da mobilidade dos nós

Na Figura 7 avaliou-se o tempo médio de atendimento. O tempo médio de atendimento é dado por  $d_{ij}/v_j$ , e mede o tempo de deslocamento dos provedores até o local informado pelo requisitor. O tempo limite para o atendimento neste cenário é de 1,5 minutos, a velocidade de deslocamento é de 5,0 m/s e o percentual de recursos varia em 5%, 10%, 15%, 20% e 30%. Os resultados mostram que a qualidade das respostas entregues

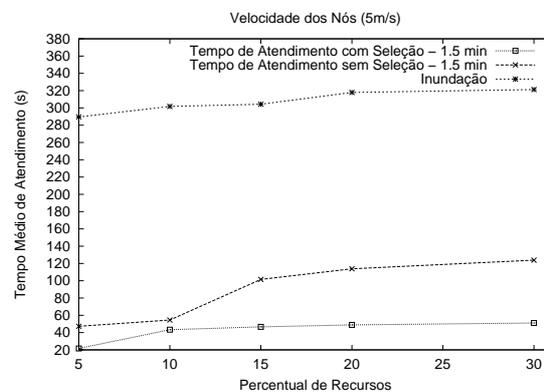


Figura 7. Tempo de Atendimento

ao nó requisitor foi melhor para todos os percentuais de recursos com o mecanismo de descoberta com seleção em relação aos outros testados. Esse resultado, justifica-se pelo fato do mecanismo filtrar durante o encaminhamento, as respostas com tempo de atendimento maior. Conforme apresentado no gráfico da Figura 7, o uso de um mecanismo de descoberta de serviço por inundação não adiciona vantagem quanto ao tempo de atendimento no cenário alvo deste trabalho. Esse mecanismo, além de aumentar o número de respostas que trafegam na rede, entrega ao requisitor mensagens de nós que não podem atender ao pedido. O mecanismo de descoberta sem seleção, por sua vez, entrega somente as respostas dos nós no raio de alcance. Porém, não existe um limite para este número, o que resulta em uma redução na qualidade das respostas entregues.

## 5. Conclusões

Neste artigo apresentou-se um protocolo que envolve descoberta e seleção de serviços baseada em localização para MANETs. O protocolo é composto por dois mecanismos. O primeiro mecanismo LADS, atua na fase de descoberta de serviço, limitando o encaminhamento das mensagens de descoberta dos nós não aptos para atender ao pedido. O segundo mecanismo LASS, seleciona de forma dinâmica durante o encaminhamento as respostas dos melhores provedores para atender ao pedido. Através de experimentos com simulações, comprovou-se que o uso dos dois mecanismos possibilitou uma redução significativa na sobrecarga da rede quando comparado com um mecanismo de difusão do tipo inundação. O mecanismo LASS melhorou o desempenho da rede por meio da supressão de respostas excedentes sem comprometer o processo de descoberta. Os resultados mostraram que o percentual de redução de respostas variou conforme aumenta a velocidade de deslocamento dos nós. Esse comportamento atribui-se ao fato do número de mensagens que trafegam na rede nos cenários com maior velocidade também é maior devido às mudanças freqüentes da topologia da rede. Os dois mecanismos podem ser usados de forma independente desde que o requisitor informe na mensagem de descoberta a sua localização geográfica.

Em trabalhos futuros planeja-se investigar esses mecanismos levando em consideração o consumo de energia dos nós e a presença de obstáculos no caminho. Outros aspectos como, comparação com trabalhos da literatura e uma análise do compromisso entre o desempenho da descoberta e o custo do processamentos nos pares intermediários gerado pelo LASS serão abordados nos trabalhos futuros. Por fim, conclui-se que o uso de mecanismos de seleção de serviços automático e distribuído em MANETs exerce um importante papel na minimização do consumo dos recursos e auxilia o nó requisitor na tomada de decisão sobre qual provedor escolher.

## Referências

- Akkaya, K. and Younis, M. (2005). A survey on routing protocols for wireless sensor networks. *Ad Hoc Networks*, 3(3):325–349.
- Athanaileas, S., Ververidis, C., and Polyzos, G. (2007). Optimized Service Selection for MANETs using an AODV-based Service Discovery Protocol. In *thAnnual Mediterranean Ad Hoc Networking Workshop (MEDHOCNET 2006)*, Corfu, Greece, June.
- Barboza, D. (2008). One week later, a nation pauses to share its mourning and grief. *The New York Times*, May.
- Chakraborty, D., Joshi, A., Yesha, Y., and Finin, T. (2006). Toward Distributed Service Discovery in Pervasive Computing Environments. *IEEE TRANSACTIONS ON MOBILE COMPUTING*, pages 97–112.
- Clausen, T. and Jacquet, P. (2003). RFC3626: Optimized Link State Routing Protocol (OLSR). *RFC Editor United States*.
- de Waal, C. and Gerharz, M. (2003). BonnMotion: A mobility scenario generation and analysis tool. *Communication Systems group, Institute of Computer Science IV, University of Bonn, Germany*. Website: <http://web.informatik.uni-bonn.de/IV/Mitarbeiter/dewaal/BonnMotion>.

- Guttman, E. (1999). Service location protocol: Automatic discovery of IP network services. 3(4):71–80.
- Helal, S., Desai, N., and Verma, V. (2003). Konark-a service discovery and delivery protocol for ad-hoc networks. *Wireless Communications and Networking, 2003. WCNC 2003. 2003 IEEE*, 3.
- Inc, S. (1999). Jini Architectural Overview. *Technical White Paper, January*.
- Klemm, A., Lindemann, C., and Waldhorst, O. (2003). A special-purpose peer-to-peer file sharing system for mobile ad hoc networks. In *Vehicular Technology Conference, 2003. VTC 2003-Fall. 2003 IEEE 58th*, volume 4.
- Lenders, V., May, M., and Plattner, B. (2005). Service discovery in mobile ad hoc networks: A field theoretic approach. *Pervasive and Mobile Computing*, 1(3):343–370.
- Li, L. and Lamont, L. (2005). A lightweight service discovery mechanism for mobile ad hoc pervasive environment using cross-layer design. In *Pervasive Computing and Communications Workshops, 2005. PerCom 2005 Workshops. Third IEEE International Conference on*, pages 55–59.
- Lima, d. S. L., Azevedo, T. A. G., Ziviani, A., Endler, M., Fernando, L. G. S., and Bastos, B. S. (2007). Reduzindo a implosão de respostas em protocolos de descoberta de serviços para redes sem fio ad hoc de saltos múltiplos. Proc. of the XXV Brazilian Symposium on Computer Networks (SBRC 2007), Belém.
- Marin-Perianu, R., Hartel, P., and Scholten, H. (2005). *A Classification of Service Discovery Protocols*. Centre for Telematics and Information Technology, University of Twente.
- Mauve, M., Widmer, A., and Hartenstein, H. (2001). A survey on position-based routing in mobile ad hoc networks. *IEEE Network*, 15(6):30–39.
- Miller, B. and Bisdikian, C. (2000). *Bluetooth Revealed: The Insider's Guide to an Open Specification for Global Wireless Communications*. Prentice Hall.
- Nidd, M. (2001). Service discovery in DEAPspace. *Personal Communications, IEEE [see also IEEE Wireless Communications]*, 8(4):39–45.
- Ratsimor, O., Chakraborty, D., Joshi, A., Finin, T., and Yesha, Y. (2004). Service Discovery in Agent-Based Pervasive Computing Environments. *Mobile Networks and Applications*, 9(6):679–692.
- Salutation, C. (1999). Salutation architecture specification (part 1). <http://systems.cs.colorado.edu/grunwald/MobileComputing/Papers/Salutation/s21a1a21.pdf>.
- Simulator, N. (2005). 2 (NS2). URL: <http://www.isi.edu/nsnam/>, January.
- Varshavsky, A., Reid, B., and de Lara, E. (2005). A cross-layer approach to service discovery and selection in MANETs. In *Mobile Adhoc and Sensor Systems Conference, 2005. IEEE International Conference on*, pages 459–466.