

VCARP: Um Protocolo de Roteamento *Geocast* Baseado em Informações de Contexto para Redes Veiculares

Rodrigo B. Soares¹, Eduardo F. Nakamura², Carlos M. S. Figueiredo²,
Antonio A. F. Loureiro¹

¹Departamento de Ciência da Computação (DCC)
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Belo Horizonte – MG – Brasil

²Núcleo de Estudos e Pesquisas em Computação (NEPComp)
Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica (FUCAPI)
Manaus – AM – Brasil

{rodrigoborges, loureiro}@dcc.ufmg.br,

{eduardo.nakamura, mauricio.figueiredo}@fucapi.br

Abstract. *Vehicular Networks routing protocols must deal with several issues such as high mobility, high speed and, consequently, high disconnection rate among the nodes. In this paper, we propose VCARP, a geocast routing protocol for Vehicular Networks that takes into account context informations (such as nodes location and destination) to make routing decisions. It consists of a shared cache mechanism and a flow-based routing. Simulations show that the proposed mechanisms can increase packet delivery rate by 40% and decrease overhead by up to 89%, compared to another geocast protocol of the literature. In addition, we have studied the influence of cache size and neighbors discovery period duration on the packet delivery rate.*

Resumo. *Protocolos de roteamento para Redes Veiculares devem lidar com vários fatores, como o alto índice de mobilidade, velocidade elevada e, conseqüentemente, alta taxa de desconexão entre os nós. Neste trabalho, propomos o VCARP, um protocolo de roteamento geocast para Redes Veiculares que leva em conta características de contexto (tais como localização e destino dos nós) para tomar decisões de roteamento. Ele é composto pelo mecanismo de cache compartilhado e o roteamento baseado em fluxo. Simulações indicam que, utilizando estes mecanismos, pode-se aumentar em 40% o índice de entrega de pacotes e diminuir o overhead em até 89% em relação a outro protocolo geocast da literatura. Além disso, estudamos a influência do tamanho do cache de pacotes e da duração do período de descobrimento de nós vizinhos sobre a taxa de entrega de pacotes.*

1. Introdução

As Redes Veiculares (VANETs - *Vehicular Ad-hoc Networks*) são redes *ad-hoc* estruturadas entre veículos no trânsito ou estações fixas presentes ao lado das vias urbanas. Este tipo de rede visa promover uma estrutura para a implementação de Sistemas de Transporte Inteligente (ITS) [Alves et al. 2009] como sistemas de

detecção de colisões [Briesemeister et al. 2000], monitoramento do tráfego de veículos [Hartenstein and Laberteaux 2008], conectividade ubíqua à Internet [Li and Wang 2007], entre outros.

Os protocolos desenvolvidos para redes *ad-hoc* tradicionais [Karp and Kung 2000, Perkins and Royer 1999] sofrem uma crítica queda no desempenho quando aplicados às VANETs [Li and Wang 2007]. Isto é causado pelo alto índice de mobilidade, velocidade elevada e alta taxa de desconexão entre os nós deste tipo de rede. No entanto, há fatores que podem auxiliar o roteamento, como o padrão de mobilidade dos nós, delimitado pelas ruas e avenidas, [Ranjan and Ahirwar 2011] a tendência dos veículos se moverem em grupos e a integração com sensores presentes nos veículos, como o GPS [Boukerche et al. 2008]. Portanto, é necessária a implementação de novos protocolos próprios para o cenário das VANETs, tornando esta área uma das mais desafiadoras atualmente.

Com o objetivo de tratar e utilizar oportunisticamente as características principais das VANETs, propomos o VCARP (*Vehicular Ad-hoc Networks Context-Aware Routing Protocol*), um protocolo de roteamento do tipo *geocast* para VANETs. Ele é baseado em contexto, isto é, utiliza informações dos veículos, como destino, localização e estado do cache de pacotes para tomar decisões de roteamento. A técnica *carry-and-forward* é utilizada para tratar impossibilidades de retransmissão de pacotes, armazenando-os temporariamente em um cache. Além disso, propomos o mecanismo de cache compartilhado e a técnica de roteamento baseado no fluxo dos nós. Simulações indicam que estas técnicas contribuem para o aumento da taxa de sucesso de entrega e diminuição do overhead da rede causado por retransmissões desnecessárias. Outra contribuição é um estudo sobre a influência do tamanho do cache e da duração do período de descobrimento de nós vizinhos sobre a taxa de entrega de pacotes.

Este artigo está dividido do seguinte modo: Na seção 2, são mostrados os trabalhos relacionados. A seção 3 explica o funcionamento do protocolo VCARP e descreve os seus conceitos principais. A seção 4 discute a respeito da metodologia de simulação utilizada e mostra uma análise dos resultados obtidos. A seção 5 mostra as conclusões e os trabalhos futuros. Logo após, são listadas as referências para este trabalho.

2. Trabalhos Relacionados

Atualmente, vários trabalhos propõem soluções de roteamento para redes *ad-hoc*. No entanto, nem todos visam o ambiente das VANETs, atentam para o uso oportunístico de informações de contexto dos veículos e estudam a melhoria que o uso de novas informações de contexto podem trazer para o processo de roteamento.

O protocolo proposto em [Karp and Kung 2000] utiliza informações geográficas para realizar o roteamento, procurando sempre selecionar o nó mais próximo do destino da mensagem como o próximo *hop*. Ele evita o roteamento por regiões onde ocorre desconexão entre os nós, enviando os pacotes por uma rota provisória. No entanto, este é um protocolo que não foi implementado visando o ambiente das VANETs, logo, sofre uma grande perda de desempenho, como mostrado em [Maihöfer and Eberhardt 2004]. Isto é causado alta taxa de mobilidade e velocidade elevada dos nós das VANETs, dificultando a escolha de uma rota alternativa, o que implica em um alto índice de perda de pacotes.

O trabalho [Maihöfer and Eberhardt 2004] propõe um protocolo de roteamento

geocast para VANETs. Ele analisa a localização geográfica dos nós durante o roteamento, utilizando o mesmo processo de [Karp and Kung 2000]. É introduzida a técnica *carry-and-forward*, na qual pacotes que não podem ser retransmitidos, em virtude de desconexões na rede, são armazenados em um cache interno até haver um novo momento propício a retransmiti-los. No entanto, quando não há mais espaço livre no cache de um nó, novos pacotes que chegam são descartados, o que é bastante crítico em redes densas. Além disso, esse trabalho leva em conta apenas a localização e não verifica outras características dos nós durante o roteamento.

Em [Bachir and Benslimane 2003], é proposto um protocolo que visa alertar veículos que estão próximos a um problema no trânsito. Estes veículos são determinados através de sua localização, velocidade e direção. O protocolo envia *broadcasts* periodicamente para tratar a desconexão da rede e enviar pacotes para os nós da região de risco. Este trabalho visa resolver um problema específico das VANETs, e não há consideração a respeito do envio de pacotes a regiões mais distantes do problema. Por se basear em *broadcasts*, enviar pacotes para nós mais longes da área de interesse causaria um aumento significativo no *overhead*, comprometendo a taxa de entrega. No entanto, a partir dele, podemos notar o potencial do uso de outras informações de contexto, além da localização, para o desenvolvimento de protocolos de roteamento para VANETs.

3. O Protocolo VCARP

O VCARP é um protocolo de roteamento *geocast*, isto é, ele visa enviar informações a nós que se encontram dentro de uma determinada área geográfica. Protocolos *geocast* podem ser divididos em duas etapas. A primeira consiste no envio *hop-to-hop* do pacote até o destino. Na segunda etapa, é utilizada uma abordagem *hop-to-multicast* para enviar o pacote a todos os nós presentes na região de interesse [Maihöfer and Eberhardt 2004]. Neste trabalho, é dada ênfase à primeira etapa do roteamento.

Para realizar o roteamento, o VCARP se baseia em informações de contexto dos veículos: localização geográfica, destino e estado do cache de pacotes. A localização e destino dos veículos podem ser facilmente obtidos através de um dispositivo GPS. O cache de pacotes se refere àquele utilizado na técnica *carry-and-forward*, implementado na camada de roteamento. Ele possui dois estados: cheio ou livre.

O funcionamento do protocolo VCARP é estruturado a partir do uso de dois tipos de pacotes: *Hello* e *Response*. Com o auxílio destes pacotes, cada nó mantém uma tabela na qual armazena as informações de contexto dos nós vizinhos. A cada segundo ocorre o período de descobrimento de vizinhos, onde os nós realizam trocas de pacotes *Hello* e *Response*. O pacote *Hello* é utilizado para rastrear nós vizinhos e o pacote *Response*, utilizado como resposta a pacotes *Hello*, contém as informações de contexto do emissor. É importante notar que o envio de pacotes *Hello* não é baseado em *flooding*, ou seja, os nós não replicam o *broadcast* ao receber um pacote deste tipo. Dessa forma, todos os nós da rede mantêm informações atualizadas de seus vizinhos, tornando mais rápida e confiável a tomada de decisões durante o roteamento.

3.1. Envio de pacotes *Geocast*

Quando um nó gera ou recebe um pacote *Geocast*, o qual deve ser enviado à região de destino, ele seleciona o nó para quem o retransmitirá com base nas informações presentes na sua tabela de vizinhos. O Algoritmo 1 descreve esse processo.

Algoritmo 1: Procedimento de envio de pacotes Geocast

```
Entrada: Pacote  $p$   
para cada Vizinho  $i$  faça  
  se  $\text{maisProximoDoDestino}(i)$  E  $\text{emDirecaoAoDestino}(i)$  E  
     $\text{cacheEstaLivre}(i)$  então  
       $\text{enviaPacote}(p,i)$ ;  
    fim se  
fim para cada  
 $\text{armazenaPacote}(p)$ ;
```

A localização geográfica é verificada para selecionar os nós que estão mais próximos da região de destino. O destino é utilizado para escolher apenas nós que estão se aproximando do destino. O cache de pacotes é checado para evitar o envio a nós com cache cheio. Caso haja um vizinho com todas características, o pacote é retransmitido a ele. Caso contrário, o nó o armazena em seu cache. Ao atualizar as informações da tabela de vizinhos, após um novo período de descobrimento, é verificado se há algum nó que preenche os requisitos necessários para ser o próximo a receber o pacote.

3.2. Roteamento Baseado em Fluxo

Uma das características das VANETs é o padrão de mobilidade dos nós, isto é, estes tendem a seguir fluxos estabelecidos por ruas e avenidas [Ranjan and Ahirwar 2011]. Com o intuito de aproveitar esta característica, o VCARP leva em conta o destino dos veículos durante o roteamento dos pacotes *Geocast*. Dessa forma, evita-se que veículos que não estão se aproximando da região de destino carreguem pacotes, contribuindo para reduções na taxa de *overhead* causado por retransmissões desnecessárias de pacotes. O protocolo infere que os nós estão se movendo em sentidos opostos analisando a localização atual dos veículos e comparando com a sua posição anterior (armazenada na tabela de vizinhos).

Em ruas ou avenidas com vias em direções opostas, dois veículos A e B podem ficar em contato apenas por um intervalo curto de tempo [Maihöfer and Eberhardt 2004]. Supondo que haja um veículo A, carregando um pacote, caso um veículo B, que está mais próximo ao destino, porém indo em direção contrária, seja detectado por A, é preferível que A o armazene ao invés de retransmiti-lo para B. Enviar o pacote para B, provavelmente resultaria que B o retransmitisse de volta para A após os veículos se cruzarem (como mostrado na Figura 1), resultando em duas retransmissões desnecessárias.



Figura 1. Ilustração do cenário onde o roteamento baseado em fluxo é aplicável.

Caso um nó que esteja carregando pacotes *Geocast* mude seu destino, verifica-se quais deles são afetados por essa mudança e, então, o protocolo os retransmite imediatamente para outros nós, seguindo o mesmo processo descrito na Seção 3.1.

3.3. Cache Compartilhado

Em protocolos baseados em *carry-and-forward*, é necessário a implementação de um cache para o armazenamento de pacotes que não possuam nós candidatos a recebê-los. Quando há um intenso tráfego de pacotes na rede, esses caches podem atingir facilmente seus limites de armazenamento, resultando em perdas.

Com intuito de resolver este problema das VANETs e também aproveitar a tendência dos nós desse tipo de rede se moverem em grupos, este trabalho propõe o mecanismo de cache compartilhado. O seu objetivo principal é evitar que pacotes sejam descartados devido a caches cheios, enviando-os a nós vizinhos próximos, para que estes ajudem na capacidade de armazenamento para pacotes *Geocast* que não podem ser retransmitidos num determinado momento.

Este mecanismo funciona da seguinte maneira: caso um nó A esteja com seu cache cheio e receba um novo pacote *Geocast*, ele verifica qual dos seus vizinhos está mais próximo da região de destino, indo em direção a ela e com, no mínimo, uma posição livre no cache. Caso haja um vizinho B com essas características, o pacote será retransmitido a ele. Antes de transmiti-lo, o nó A adiciona um *header* no pacote indicando que ele está com cache cheio. Dessa forma, quando o nó vizinho de A receber o pacote, armazenará e saberá que não deve enviar para A, em virtude de seu cache cheio. Neste processo, um pacote só será descartado caso o nó A, com cache cheio, receba o pacote e não possua vizinhos. Isto é bastante improvável, uma vez que a situação de cache cheio caracteriza um ambiente com vizinhos por perto enviando pacotes.

Até o próximo período de descobrimento de vizinhos, os próximos nós que tentarem enviar pacotes *Geocast* para A passarão pelo mesmo processo. A partir do novo período de descobrimento, os vizinhos de A atualizarão suas tabelas com a condição de cache cheio de A, evitando envios desnecessários, até que o cache de A esteja livre.

4. Metodologia de Simulação e Resultados

Para avaliar o protocolo VCARP, foram realizados experimentos de simulação utilizando o simulador NS-2 [Fall and Varadhan 2010]. Visando modelar o comportamento do trânsito e criar uma simulação mais realística, utilizou-se o gerador de mobilidade veicular MOVE [Karnadi et al. 2007]. Além do protocolo VCARP, também foram implementados o protocolo proposto por [Maihöfer and Eberhardt 2004] e o mesmo com as modificações propostas neste trabalho, para fins de comparação dos resultados.

4.1. Metodologia de Simulação

O cenário de simulação foi implementado de maneira que fosse possível testar todas as funcionalidades principais dos protocolos. Por isso, ele foi caracterizado por fatores que os influenciam diretamente, auxiliando-os ou não, como vias opostas e desconexões entre os nós, as quais são causadas pelas acelerações variáveis dos nós durante as simulações.

O cenário consistiu em uma rua reta com 5000 metros de comprimento por 50 metros de largura, possuindo 2 vias em direções opostas. Foram utilizados 200 nós, 100 partindo de cada extremidade da rua. O destino dos pacotes *Geocast* foi estabelecido como a área central da rua. Cada nó pode armazenar até 20 pacotes em seu cache e a

cada 1 segundo iniciava o período de descobrimento de vizinhos. Tanto os nós emissores quanto os momentos de envio dos pacotes foram definidos aleatoriamente em cada experimento. Este cenário é ilustrado na Figura 2.

O padrão de redes sem fio e modelo de propagação utilizados nas simulações foram o IEEE 802.11 e o FreeSpace, respectivamente. Além disso, o raio de alcance dos nós foi 250 m, mesmo valor utilizado em [Maihöfer and Eberhardt 2004]. A velocidade média dos carros foi definida como 60 km/h e a aceleração é variável.

As simulações procuraram verificar o comportamento da rede de acordo com número de pacotes enviados. As quantidades de pacotes utilizadas foram 10, 50, 100, 150 e 200. A variação no número de pacotes enviados teve o intuito de verificar o comportamento dos protocolos tanto para poucos quanto para muitos pacotes enviados. Foram realizadas 10 simulações de cada protocolo para cada quantidade de pacotes enviados. Realizamos também um estudo sobre a influência do tamanho do cache e da duração do período de descobrimento de vizinhos na taxa de entrega de pacotes.

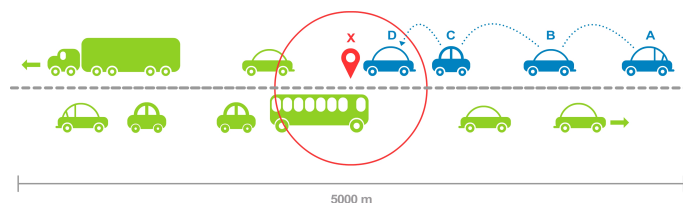


Figura 2. Ilustração do cenário de simulação implementado.

4.2. Resultados

As avaliações foram divididas em 3 critérios: taxa de sucesso na entrega, retransmissões necessárias e o atraso na entrega. A primeira consistiu em verificar a porcentagem de pacotes que conseguiram atingir o destino. A segunda avaliou a quantidade de retransmissões necessárias para que os pacotes fossem entregues ao destino. A análise do atraso verificou o tempo necessário para os pacotes atingirem o destino. Para cada critério, foram plotados gráficos dos resultados com seus respectivos intervalos de confiança.

4.2.1. Taxa de Sucesso na Entrega

Na avaliação da taxa de sucesso na entrega de pacotes, o VCARP obteve a maior porcentagem de pacotes recebidos em relação à [Maihöfer and Eberhardt 2004] em todos os casos, chegando a uma diferença de 40%. Nota-se também que ele obteve uma menor queda de desempenho à medida que a quantidade de pacotes enviados aumentava, em comparação ao [Maihöfer and Eberhardt 2004]. Enquanto este caiu aproximadamente 55% entre o primeiro e último caso, VCARP obteve uma queda de apenas 18% (Figura 3a).

À medida que mais pacotes foram enviados, houve um aumento no número de casos de caches cheios. Como o protocolo [Maihöfer and Eberhardt 2004] não possui uma técnica para tratar esses casos, ocorreram mais perdas de pacotes, comprometendo a taxa de sucesso na entrega. Quando apenas 10 pacotes foram enviados, percebe-se que os dois protocolos obtiveram resultados bastante semelhantes. Neste caso, não houve cache cheio, uma vez que o cache armazenava até 20 pacotes neste cenário. Podemos

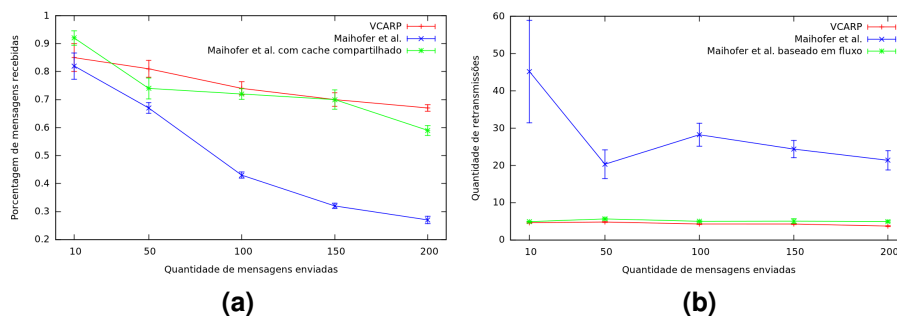


Figura 3. (a) Taxa de sucesso de entrega de pacotes (b) Média das retransmissões necessárias para que os pacotes cheguem o destino.

notar no gráfico da Figura 3a que os intervalos de confiança se sobrepõem, indicando que ambos protocolos compartilharam um intervalo de valores comum, o que não acontece nos demais casos.

Também foi simulado o protocolo de [Maihöfer and Eberhardt 2004] com o mecanismo de cache compartilhado para avaliar o impacto individual deste mecanismo. Na Figura 3a, podemos perceber que este mecanismo contribuiu bastante para o aumento da taxa de entrega do protocolo de [Maihöfer and Eberhardt 2004].

4.2.2. Retransmissões Necessárias

Neste experimento, houve comportamentos bastante distintos entre o protocolo VCARP e o [Maihöfer and Eberhardt 2004] (Figura 3b). Enquanto VCARP obteve uma média de aproximadamente 4,3 retransmissões, [Maihöfer and Eberhardt 2004] apresentou um comportamento bastante instável, apresentando valores que variaram entre 20 e 45 retransmissões. Foi obtida uma diferença de 89% no caso de envio de 10 mensagens. O VCARP não envia pacotes para nós que estão indo em direção contrária ao destino, o que evita retransmissões desnecessárias.

Podemos validar este fato analisando o comportamento do protocolo de [Maihöfer and Eberhardt 2004] com roteamento baseado em fluxo, o qual é bastante semelhante ao VCARP. Neste caso, a diferença entre os intervalos de confiança foi mínima. Já em relação ao [Maihöfer and Eberhardt 2004] não baseado em fluxo, os intervalos de confiança do VCARP foram bastante curtos. Além disso, eles não se sobrepõem, logo, o VCARP obteve o melhor resultado em todos os casos deste experimento.

4.2.3. Atraso na Entrega

Como mostrado na Figura 4a, à medida que o número de pacotes enviados aumentou, o protocolo VCARP apresentou um atraso médio na entrega maior em relação a [Maihöfer and Eberhardt 2004]. O uso de cache compartilhado contribuiu para uma melhoria na taxa de sucesso de entregas, porém compromete o tempo de entrega dos pacotes que caem nesses casos. Este comportamento não caracteriza um mal resultado, pois os pacotes que seriam descartados sem a técnica do cache compartilhado são entregues.

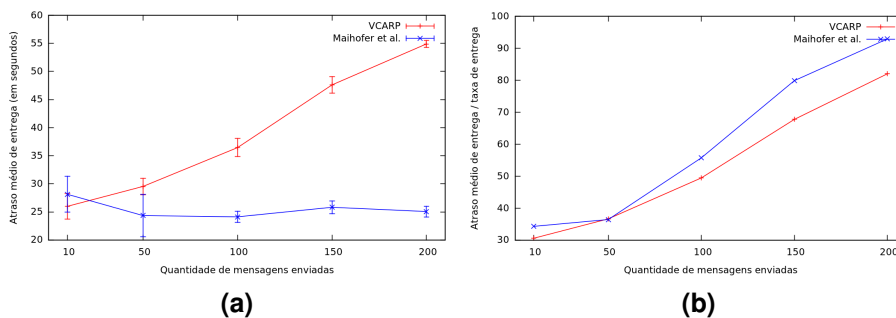


Figura 4. (a) Média do atraso de entrega de pacotes (b) Relação entre média do atraso e a taxa de sucesso de entrega de pacotes.

A média foi calculada com base no número de pacotes recebidos. Como o VCARP recebeu mais pacotes oriundos de tratamentos de caches cheios, possuiu uma maior média final de atraso na entrega. Já com o protocolo [Maihöfer and Eberhardt 2004], todos os pacotes que chegaram ao destino sofreram apenas o atraso causado pelo roteamento *hop-to-hop* e carregamento dos pacotes, contribuindo para um atraso geral mais baixo.

Para permitir uma comparação mais justa, o atraso foi avaliado em relação à taxa de sucesso na entrega, onde dividiu-se o primeiro fator pelo segundo. Como podemos verificar na Figura 4b, o comportamento resultante foi que VCARP obteve uma curva bastante semelhante à anterior, pois, à medida que o atraso geral aumentava, mais pacotes eram recebidos. No entanto, em [Maihöfer and Eberhardt 2004], houve uma acentuação na curva, pois quanto mais pacotes eram enviados menos eram recebidos.

Há tipos de protocolos Geocast para VANETs que não sofrem restrições de tempo de entrega, como é o caso do Abiding Geocast [Maihöfer et al. 2005]. Como exemplo de aplicação deste tipo de protocolo, podemos citar publicidade baseada na localização dos veículos. Num cenário como este, apesar do atraso de algumas mensagens como acontece no VCARP, é completamente válido que elas sejam entregues.

4.3. Influência do tamanho do cache na taxa de entrega de pacotes

Para verificar a influência que o tamanho do cache tem na rede, realizou-se uma comparação com a taxa de entrega de pacotes. Neste estudo, o número de pacotes enviados foi fixado em 100 e os tamanhos do cache utilizados foram 10, 20, 50 e 100 pacotes. Os tamanhos foram escolhidos para avaliar tanto os casos com grande índice de caches cheios (10 e 20 pacotes) quanto aqueles com pouco ou nenhum (50 e 100 pacotes).

A Figura 5a mostra as curvas do VCARP e de [Maihöfer and Eberhardt 2004] representando a porcentagem de pacotes recebidos para cada tamanho de cache. Verifica-se que o VCARP manteve um comportamento semelhante em todos os casos de tamanhos de cache, mesmo naqueles onde houve mais caches cheios. Neste caso, a taxa de entrega de pacotes permaneceu alta devido ao mecanismo de cache compartilhado. [Maihöfer and Eberhardt 2004] obteve um resultado próximo de VCARP somente nos casos com caches de pacotes grandes, pois, nos casos com 10 e 20 pacotes, houve muitos descartados em virtude de caches cheios. Novamente, percebemos a melhoria que o cache compartilhado traz para a taxa de entrega de pacotes da rede.

4.4. Influência do período de descobrimento de vizinhos na taxa de entrega

Para avaliar a influência que a duração do período de descobrimento de vizinhos teve na taxa de entrega de pacotes, foram realizadas simulações com as seguintes durações: 0,5, 1, 2, 3, 6 e 9 segundos. Em cada simulação foram enviados 100 pacotes e analisadas as quantidades que alcançaram o destino.

Percebe-se que utilizar maiores intervalos entre descobertas é inviável devido à natureza dinâmica das VANETs, pois estas mudam sua topologia rapidamente e com frequência elevada. Isto fica claro ao analisarmos o gráfico da Figura 5b. A partir de 1 segundo, com o aumento da duração do período de descobrimento, menos pacotes chegam ao destino. Isto é causado porque quanto maior o tempo para atualizar a tabela, mais desatualizada ela fica, causando envios para nós que não são mais vizinhos, ou seja, perda de pacotes. É importante notar que o período de 1 segundo, utilizado no protocolo VCARP, foi o que apresentou melhor resultado na taxa de entrega de pacotes.

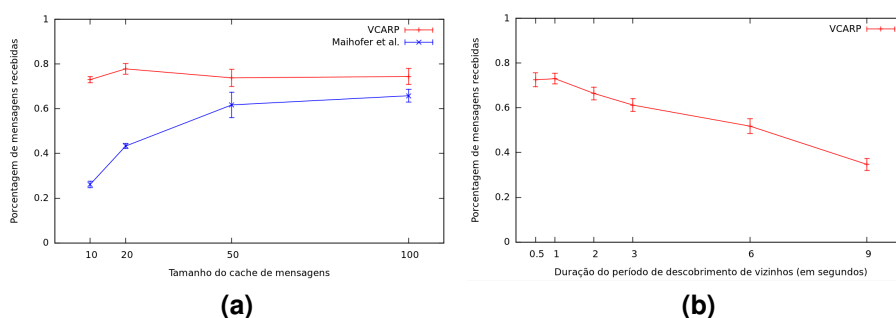


Figura 5. (a) Relação entre o tamanho do cache e a taxa de entrega (b) Relação entre a duração do período de descobrimento de vizinhos e a taxa de entrega.

5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Este trabalho apresentou um protocolo de roteamento *geocast* para Redes Veiculares que verifica informações de contexto dos veículos antes de tomar as decisões de roteamento. As informações utilizadas são localização geográfica, destino e estado do cache de pacotes. É proposta uma integração entre dois mecanismos, o cache compartilhado e o roteamento baseado em fluxo. Além disso, foi realizado um estudo sobre como o tamanho do cache de pacotes e a duração do período de descobrimento de vizinhos influenciam na taxa de entrega de pacotes da rede.

Experimentos de simulação indicaram que o cache compartilhado foi responsável por um aumento em 40% taxa de sucesso de entrega de pacotes, pois salva pacotes que seriam descartados devido a caches cheios. Além disso, contribuiu para uma maior taxa de entrega na rede com o aumento de pacotes enviados. No roteamento baseado em fluxo, o fato de enviar pacotes apenas para nós que vão em direção ao destino acarretou numa queda de 89% no número de retransmissões necessárias para que um pacote chegasse ao destino, reduzindo o *overhead* da rede.

Como trabalhos futuros, pretende-se avaliar o uso de outras informações de contexto dos veículos, como a velocidade, durante o processo de roteamento *hop-to-hop*. É esperado que, levar a velocidade em conta, contribua para uma diminuição ainda maior do

overhead causado por retransmissões desnecessárias e uma melhoria no atraso de entrega. Também pretende-se analisar o comportamento do protocolo VCARP em cenários mais complexos e estudar a segunda fase do roteamento *geocast*, propondo novas técnicas de disseminação de dados baseadas em informações de contexto.

Referências

- Alves, R., do V. Campbell, I., de S. Couto, R., Campista, M. E. M., Moraes, I. M., Rubinshtein, M. G., Costa, L. H. M. K., Duarte, O. C. M. B., and Abdalla, M. (2009). Redes veiculares: Princípios, aplicações e desafios. In *Minicursos do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores*, pages 199–254.
- Bachir, A. and Benslimane, A. (2003). A multicast protocol in ad hoc networks inter-vehicle geocast. In *The 57th IEEE Semiannual Vehicular Technology Conference, 2003*, pages 2456–2460 vol.4.
- Boukerche, A., de Oliveira, H. A. B. F., Nakamura, E. F., and Loureiro, A. A. F. (2008). Localization in ad-hoc vehicular networks. In *Stephan Olariu and Michele C. Weigle. (Org.). Vehicular Networks: From Theory to Practice*.
- Briesemeister, L., Schafers, L., Hommel, G., and Ag, D. (2000). Disseminating messages among highly mobile hosts based on inter-vehicle communication. In *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pages 522–527.
- Fall, K. and Varadhan, K. (2010). The ns manual. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-documentation.html>.
- Hartenstein, H. and Laberteaux, K. P. (2008). A tutorial survey on vehicular ad hoc networks. *IEEE Communications Magazine*.
- Karnadi, F. K., Mo, Z. H., and Lan, K.-C. (2007). Rapid generation of realistic mobility models for vanet. In *Wireless Communications and Networking Conference, 2007 IEEE*, pages 2506–2511.
- Karp, B. and Kung, H. T. (2000). Gpsr: greedy perimeter stateless routing for wireless networks. In *Proceedings of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking*, pages 243–254, New York, NY, USA. ACM.
- Li, F. and Wang, Y. (2007). Routing in vehicular ad hoc networks: A survey. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, pages 12–22.
- Maihöfer, C. and Eberhardt, R. (2004). Geocast in vehicular environments: Caching and transmission range control for improved efficiency. In *IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, pages 522–527, Parma, Italy.
- Maihöfer, C., Leinmüller, T., and Schoch, E. (2005). Abiding geocast: time-stable geocast for ad hoc networks. In *Proceedings of the 2nd ACM international workshop on Vehicular ad hoc networks, VANET '05*, pages 20–29, New York, NY, USA. ACM.
- Perkins, C. E. and Royer, E. M. (1999). Ad-hoc on-demand distance vector routing. In *IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, pages 90–100.
- Ranjan, P. and Ahirwar, K. K. (2011). Comparative study of vanet and manet routing protocols. In *Proceedings of the International Conference on Advanced Computing and Communication Technologies (ACCT 2011)*.