

# Uma Arquitetura de Rede para Serviços de Comunicação Autônômicos

Margarete Sá, Sérgio Gorender

<sup>1</sup> Laboratório de Sistemas Distribuídos (LaSiD)  
Departamento de Ciência da Computação  
Universidade Federal da Bahia (UFBA) – Salvador, BA – Brasil

{magsa, gorender}@ufba.br

**Abstract.** *The development of several new applications for vehicular networks has stimulated the development of several new technologies for vehicular networks. A recent approach to deal with dynamic and complex networks are the autonomic networks. This paper presents an architecture for autonomic networks for vehicular applications based on agents.*

**Resumo.** *O desenvolvimento de diversas aplicações para redes veiculares tem estimulado o desenvolvimento de novas tecnologias para estas redes. Uma abordagem recente para tratar redes dinâmicas e complexas são as redes autônômicas. Estas redes efetuam auto-gerenciamento de seus recursos e serviços. Neste artigo apresentamos uma arquitetura para redes autônômicas para aplicações veiculares baseadas em agentes.*

## 1. Introdução

Nas redes de comunicação inter-veiculares (VANETs) os agentes comunicantes apresentam uma alta mobilidade. Os links de comunicação entre os veículos são criados e destruídos a todo momento, tornando difícil sua manutenção e gerenciamento. O desenvolvimento de diferentes aplicações veiculares, com foco no gerenciamento, coordenação, segurança e assistência de tráfego e no suporte a informações de viagem, têm sido um incentivo à pesquisa de novas tecnologias para a comunicação entre veículos. Uma grande quantidade de protocolos e sistemas de comunicação para VANETS tem sido estudada e desenvolvida.

O desenvolvimento de redes em ambientes de comunicação dinâmicos, grandes e complexos, tem estimulado o desenvolvimento das redes de comunicação autônômicas [Dobson et al. 2006, Movahedi et al. 2012, Quitadamo and Zambonelli 2008]. Redes autônômicas são auto-gerenciáveis. Quaisquer recursos e/ou serviços da rede podem ser gerenciados de forma autônoma.

Em [Sá and Gorender 2012b, Sá and Gorender 2012a] apresentamos o I-CAR (*Intelligent Communication Mechanism for Multi-Agent Vehicular Applications*), um protocolo de comunicação para redes veiculares baseado em agentes inteligentes. O I-CAR provê serviços de comunicação unicast e multicast. O protocolo utiliza informações fornecidas por um módulo monitor de estados de comunicação associado a um detector de defeitos para otimizar os serviços fornecidos.

Neste artigo apresentamos a arquitetura do I-CAR para redes autônômicas, adequadas para a comunicação entre agentes veiculares inteligentes. Com esta arquitetura os

serviços de comunicação do I-CAR são providos de forma autônoma, sendo efetuado um auto-gerenciamento dos recursos e serviços de comunicação.

Nas próxima Seção iremos apresentar uma breve descrição sobre arquiteturas de redes autônomas. Na Seção 3, descrevemos a arquitetura I-CAR e seus componentes. Na Seção 4 apresentamos uma implementação do I-CAR, assim como alguns resultados encontrados. A Seção 5 é a conclusão.

## 2. Sistemas de Comunicação Autônomos para Redes Veiculares

Serviços de comunicação autônomos têm sido apresentados com base em diferentes modelos de arquiteturas. Existem variadas arquiteturas para redes autônomas [Movahedi et al. 2012, Dobson et al. 2006] que são classificadas de acordo com diferentes aspectos, como por exemplo: hierárquicas ou planas, com informações centralizadas e/ou distribuídas; arquiteturas baseadas em *clusters* de nós; arquiteturas com *backbones* distribuídos. Apresentamos a seguir arquiteturas com foco em redes veiculares baseadas em alguns destes aspectos.

Em [Farahani et al. 2012] é apresentada uma arquitetura autônoma para redes veiculares baseada em agentes. Esta realiza o auto-gerenciamento das camadas física e de enlace utilizando o conhecimento do agente e as informações coletadas da rede.

[Cherif et al. 2009] propõe uma arquitetura para redes veiculares autônomas que auto-organiza a estrutura de uma rede utilizando *backbones* distribuídos ao longo das vias. Utiliza um protocolo para redes veiculares baseado em formação de *clusters* com veículos com perfis variados.

A arquitetura do I-CAR, que é baseada em agentes, com seus módulos distribuídos em um modelo plano, será discutida nas próximas seções.

## 3. I-CAR - Serviço de Comunicação Autônomo para Redes Veiculares

O sistema I-CAR foi originalmente desenvolvido tendo como foco o provimento de serviços de comunicação adaptáveis para agentes veiculares autônomos executando a aplicação de formação veicular. O sistema fornece os serviços de comunicação unicast e multicast, além de serviços de monitoração de estados de comunicação e detecção de defeitos. Os serviços foram construídos em uma abordagem baseada em regras.

O módulo monitor de estados monitora os canais de comunicação entre os agentes. É executado de forma distribuída. Esta monitoração é efetuada acessando informações da placa de rede sem fio, e efetuando trocas de mensagens. Regras analisam o resultado da monitoração, estabelecendo uma visão local dos estados dos canais de comunicação. A visão dos estados é utilizada para otimizar os serviços de comunicação. A visão do estado do ambiente de comunicação consiste em informações sobre os recursos envolvidos na comunicação. A relação entre cada agente local e os demais agentes do grupo é definida em termos de adjacência, e se o canal entre os agentes é comunicável, não comunicável, falho, transmissor ou receptor [Sá and Gorender 2012b]. O atraso na comunicação também é calculado e/ou estimado. Cada uma dessas informações tem um tempo de validade, o qual é mantido pelo serviço de monitoramento [Sá and Gorender 2012a].

O I-CAR foi estendido para ser utilizado por qualquer aplicação veicular entre agentes. Neste sentido, assumimos um ambiente composto por um conjunto de agentes

autônomos veiculares cooperativos, que se comunicam através de uma rede veicular sem fio. A comunicação não é confiável, podendo mensagens ser perdidas. Os agentes podem falhar por colapso. Na subseção a seguir apresentamos a arquitetura do I-CAR para redes autonômicas.

### 3.1. A Arquitetura e Funcionamento do I-CAR

Assumimos uma aplicação veicular executada por um conjunto de agentes veiculares autônomos, se comunicando via uma rede veicular sem fio. Todos os agentes executam o módulo do I-CAR, o qual é inserido em sua base de conhecimento. Estes módulos fornecem os serviços de comunicação aos agentes, e gerenciam o seu funcionamento. A rede é então formada por um conjunto de módulos do I-CAR. A arquitetura da rede é definida como plana, pois não existe hierarquia entre os módulos. A monitoração da rede é cooperativa.

Cada módulo do I-CAR é assumido como um elemento da rede. Os módulos possuem uma arquitetura baseada em um ciclo de execução, no qual são realizadas monitorações periódicas dos links de comunicação, monitoração também periódica pelo detector de defeitos, os resultados destas monitorações são analisados por regras para gerar uma nova visão dos estados dos links de comunicação, e novas monitorações são planejadas e executadas. Os serviços de comunicação também possuem sua execução otimizada, após planejamento, pela alteração constante da visão dos estados de comunicação.

Na Figura 1 mostramos a arquitetura de um módulo do I-CAR, dividido em submódulos. Regras Online corresponde ao conjunto de regras que estão sendo verificadas durante a execução do I-CAR. O monitoramento é efetuado pelos módulos de regras do Detector de Estados e do Detector de Defeitos. Estes módulos também analisam os resultados das monitorações, gerando novas visões do estado de comunicação.

O planejamento é caracterizado pela definição de quais ações de monitoração deverão ser executadas imediatamente e, também, quais ações dos serviços de comunicação deverão ser executadas de acordo com as decisões das regras do módulo Serviços Online. O módulo de execução das ações encaminha estas ações, armazenando registros do que está sendo realizado. A visão dos estados dos canais de comunicação, registros de ações em andamento, e demais informações mantidas pelo I-CAR são armazenadas na base de conhecimento.

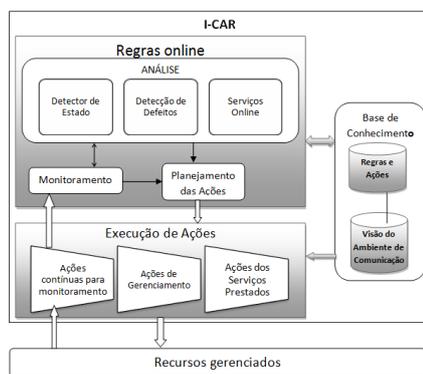


Figure 1. Modelo da Arquitetura do I-CAR

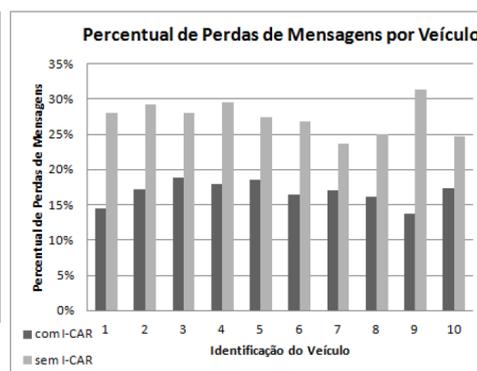


Figure 2. Mensagens Perdidas

#### 4. Implementação, Simulação e Resultados Encontrados

Utilizamos nesta implementação o *framework Veins (Vehicles in Network Simulation)*, que permite integrar o simulador de redes *OMNeT++* para simulação do ambiente de comunicação e o simulador de movimentação de veículos *SUMO (Simulation of Urban Mobility)* para a simulação do tráfego.

O gráfico da Figura 2 mostra o percentual de perdas de mensagens transmitidas de cada veículo nos ambientes com e sem uso do I-CAR. Fizemos simulações de comunicações unicast. Aplicamos no I-CAR uma sobrecarga alta de monitoração ( $\cong 40msg/s$ ), além da carga da aplicação de  $20msg/s$ . Mesmo assim conseguimos um resultado melhor do que não usando o I-CAR. Verificamos com este experimento a capacidade de otimização do I-CAR para a comunicação, minimizando a perda de mensagens.

#### 5. Conclusões

Neste artigo apresentamos a arquitetura para redes autônomicas do serviço de comunicação para agentes veiculares I-CAR. Esta arquitetura é baseada em um modelo plano, no qual cada componente executa um ciclo periódico de monitoração, análise, decisão e execução de ações, tanto para efetuar continuamente o monitoramento, como para prover os serviços de comunicação. O auto-gerenciamento da rede é feito de forma distribuída, pelos diversos módulos do I-CAR, que executam cooperativamente. Esta arquitetura caracteriza um sistema em desenvolvimento, sendo que novos serviços estão em desenvolvimento para o I-CAR.

#### Referências

- Cherif, M., Senouci, S. M., and Ducourthial, B. (2009). Vehicular network self-organizing architectures. In *GCC Conference & Exhibition, 2009 5th IEEE*, pages 1–6. IEEE.
- Dobson, S., Denazis, S., Fernández, A., Gäiti, D., Gelenbe, E., Massacci, F., Nixon, P., Saffre, F., Schmidt, N., and Zambonelli, F. (2006). A survey of autonomic communications. *ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems (TAAS)*, 1(2):223–259.
- Farahani, A., Sadeghian, H., Abbaspour, M., and Nazemi, E. (2012). A model for autonomic vehicular ad hoc networks. *AWERProcedia Information Technology and Computer Science*, 1:578–584.
- Movahedi, Z., Ayari, M., Langar, R., and Pujolle, G. (2012). A survey of autonomic network architectures and evaluation criteria. *Communications Surveys & Tutorials, IEEE*, 14(2):464–490.
- Quitadamo, R. and Zambonelli, F. (2008). Autonomic communication services: a new challenge for software agents. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 17(3):457–475.
- Sá, M. and Gorender, S. (2012a). Monitoração inteligente de estados de comunicação para aplicações sobre redes veiculares. In *IX Encontro Nacional de Inteligência Artificial, ENIA'2012*, Paraná, Brasil.
- Sá, M. and Gorender, S. (2012b). Um serviço de comunicação baseado em regras para veículos autônomos em redes móveis. In *VII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica*, Maranhão, Brasil.