

Aplicação Distribuída para Alertar condutores em Rodovias utilizando Redes Veiculares

Renê R. Oliveira, Michelle S. Wangham

Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar - Universidade do Vale do Itajaí –
São José – SC- Brasil

{r.oliveira,wangham}@univali.br

Abstract. *This work's motivation comes from the high number of accidents, mostly caused by human error, and victims on Brazilian highways. This paper aims to present a distributed application that can generate, send, receive or reroute warnings quickly to drivers on highways, which are connected through a vehicular network, letting them know about diverse situations such as accidents, tolls, traffic jams, etc. Analyzing the results from the simulations, the proposed system is able to warn all vehicles in the direction of the accident, helping prevent new ones.*

Keywords: *Vehicular Ad hoc Network, Distributed Application.*

Resumo. *A motivação deste trabalho surge em virtude dos altos números de acidentes e de vítimas nas rodovias brasileiras, provocados principalmente por falhas humanas. Este artigo descreve os resultados de um Trabalho de Conclusão de Curso que teve como objetivo o desenvolvimento de uma aplicação distribuída capaz de gerar, enviar, receber e repassar alertas aos condutores que trafegam nas rodovias, conectados através de uma rede veicular, alertando sobre situações adversas e/ou comuns. Ao analisar os resultados obtidos pelas simulações realizadas, pode-se afirmar que o sistema desenvolvido é capaz de alertar todos os nós que trafegam em direção a um acidente, podendo evitar novos acidentes.*

Palavras-chave: *Redes Ad Hoc Veiculares, Aplicação Distribuída.*

1. Introdução

Segundo Jameel (1998), muitas aplicações vêm utilizando avanços tecnológicos que incorporam redes veiculares, possibilitando que condutores tenham ao seu dispor equipamentos capazes de sinalizar sobre situações adversas, informando ao condutor com antecedência quanto a acidentes, engarrafamentos e outras situações. Estas aplicações utilizam um Sistema Inteligente de Transporte (*Intelligent Transportation System - ITS*).

As redes veiculares são compostas por veículos e por equipamentos fixos que estão presentes ao longo das vias [Jameel 1998]. As redes móveis, incorporadas a um ambiente formado por veículos e todos os componentes que formam vias de trânsito, possuem muitos desafios para que possam ser utilizadas em larga escala [Becheler 2003]. Os principais desafios enfrentados pelas aplicações que utilizam redes veiculares são: divulgar rapidamente os alertas aos condutores e a confiabilidade da entrega destes alertas. Segundo Li *et al.* (2008), as redes veiculares apresentam diferentes desafios como nós que podem se mover a alta velocidade, embora em trajetórias limitadas. Estas

redes devem ser robustas e escaláveis, já que devem operar em cenários com poucos ou com alguns milhares de nós. Em termos de qualidade de serviço, as redes veiculares possuem requisitos que devem ser atendidos, pois em muitas situações a integridade física de seres humanos pode estar em jogo. A aplicação desenvolvida neste trabalho teve como desafio apresentar uma solução capaz de auxiliar os condutores, sendo possível com esta reduzir os números de acidentes nas rodovias brasileiras.

O objetivo deste artigo é apresentar o sistema RAMS (*Road Alert Message Service*) que é uma solução capaz de auxiliar os condutores que trafegam em rodovias, através da disseminação de alertas utilizando redes (inter) veiculares, sendo possível com esta reduzir os números de acidentes nas rodovias brasileiras. Esta solução é composta por duas aplicações: a *RAMS Mobile*, aplicação que deve ser embarcada em veículos ou em dispositivos móveis que é capaz de gerar alertas automatizados, dependendo da sinalização gerada pela rede de sensores presente no veículo; e a *RAMS Manager*, a aplicação responsável por criar alertas, por meio da inserção de informações obtidas pelo operador que monitora a via, estes alertas são enviados para os nós móveis presentes na rede veicular.

O texto está organizado da seguinte forma. Na Seção 2 são apresentados os trabalhos relacionados. Em seguida, a Seção 3 apresenta o sistema RAMS e suas características. A Seção 4 apresenta o cenário de mobilidade utilizado neste trabalho, as configurações e as simulações realizadas para determinar a eficiência e a eficácia do sistema proposto. Na Seção 5, são apresentados os resultados obtidos através das simulações realizadas. Por fim, a Seção 6 apresenta a conclusão.

2. Trabalhos Relacionados

As aplicações de segurança têm por objetivo reduzir o número e a gravidade dos acidentes através da troca de informações entre os veículos. Essas aplicações impõem requisitos restritos de latência e confiabilidade para as mensagens, exigindo características diferentes dos protocolos de camadas inferiores [Benslimane 2004]. Uma parte dos acidentes de trânsito é causada por veículos parados por algum motivo, lentos ou desgovernados. Existem maneiras de evitar estes acidentes, uma delas é a utilização de mensagens assíncronas disparadas somente quando ocorre uma situação de problema, fazendo com que seja acionado um dispositivo emissor de mensagens. O *Cooperative Collision Avoidance (CCA)* é uma aplicação que tem como objetivo evitar colisões utilizando o envio de mensagens em múltiplos saltos avisando aos condutores sobre uma situação adversa na via. Esta aplicação utiliza o padrão de comunicação 802.11a e foi analisada no simulador NS-2 (*The Network Simulator*). O CCA pode ser utilizado quando o condutor não possui visão clara da via onde trafega [Biswas 2006].

O Projeto CarTALK 2000 [Reichardt 2002] foi inicializado em agosto de 2001, teve duração de três anos, e foi financiado pela *Information Society Technologies (IST)*. Este projeto teve o objetivo de pesquisar e desenvolver aplicações de segurança no trânsito. O projeto foi desenvolvido para projetar, testar e avaliar sistemas para segurança utilizando redes veiculares. O projeto *Vehicle Safety Communications (VSC)*, desenvolvido nos Estados Unidos, uniu montadoras como a Toyota, General Motors (GM), Honda, Mercedes-Benz e Ford para identificar aplicações de segurança e levantar seus requisitos. O projeto, ainda em andamento, pretende usar estas aplicações para aumentar a segurança das autoestradas, diminuir congestionamentos, diminuir a poluição do ar e consumo de energia. Este projeto utiliza a frequência 5,9 Ghz DSRC e o padrão 802.11p para a comunicação entre veículos [VSCP 2005].

No Brasil, o Grupo Bandeirantes e a emissora OI FM utilizam o RDS (Radio Data System), um sistema de transmissão de dados em formato digital utilizado em transmissores de radiodifusão em FM (Frequência Modulada), além deste sistema, estas emissoras utilizam em conjunto o Traffic Message Channel (TMC) que é uma tecnologia de envio de informações de trânsito para os condutores. As mensagens são enviadas via FM-RDS e recebidas em navegadores GPS que possuem o receptor e configurações específicas para receber estas informações. Quando as mensagens são recebidas, o navegador oferece ao usuário rotas alternativas para chegar ao seu destino final, podendo optar para que o navegador recalcule a rota automaticamente ou manualmente, selecionando os eventos de tráfego que deseja desviar. As informações do tráfego são levantadas por um centro de informações de trânsito (CIT). Cada evento referente ao tráfego é traduzido em uma mensagem TMC, de acordo com o protocolo de codificação AlertC¹ [INDICA 2010].

Outra aplicação que utiliza redes veiculares para segurança no trânsito e que utiliza o padrão 802.11 é a aplicação criada para informar os condutores sobre a chegada de veículos de emergência, fazendo com que os condutores abram caminho, facilitando a passagem destes veículos de emergência. Esta aplicação utiliza a variação 802.11p como padrão de comunicação [RIZVI *et al.* 2007].

3. Sistema RAMS Desenvolvido

O sistema RAMS proposto pode ser utilizado no monitoramento das condições do trânsito em rodovias, ser embarcado em veículos ou em dispositivos móveis, sendo de caráter preventivo e emergencial, com o principal desafio de divulgar rapidamente as informações aos condutores que trafegam na rodovia.

O sistema RAMS é composto por duas aplicações. A aplicação *RAMS Mobile* é capaz de gerar alertas por meio da integração entre a aplicação e uma rede intraveicular, que gera um sinal no momento do acidente, sendo que a aplicação utiliza este sinal para gerar o alerta a ser enviado. A aplicação também é responsável por receber e repassar alertas enviados pela aplicação *RAMS Manager* e pelos nós móveis próximos.

A *RAMS Manager* tem como principal função permitir que operadores criem e enviem os alertas. Esta aplicação pode estar presente nos postos de controle das empresas que monitoram as rodovias e também em veículos de monitoramento das vias pertencentes à rodovia. A visão geral da dinâmica do sistema proposto é apresentada na Figura 1 e descrita a seguir. No **passo 1**, o operador se autentica na aplicação *RAMS Manager* e cria o alerta a ser enviado. Esta sinalização é enviada em difusão para os nós mais próximos (**passo 2**). No **passo 3**, a aplicação *RAMS Mobile* recebe o alerta, verifica se esta sinalização já foi recebida, e, caso o alerta não tenha sido recebido anteriormente, a aplicação *RAMS Mobile* repassa a sinalização a seus nós vizinhos. Caso contrário, a aplicação a descarta. Após a *RAMS Mobile* repassar o alerta aos nós próximos, esta disponibiliza o aviso ao condutor (**passo 4**).

¹ O Alert-C é o padrão europeu para a troca de informações independente do idioma através do canal de tráfego RDS-TMC (EUROTRAFFIC 2002).

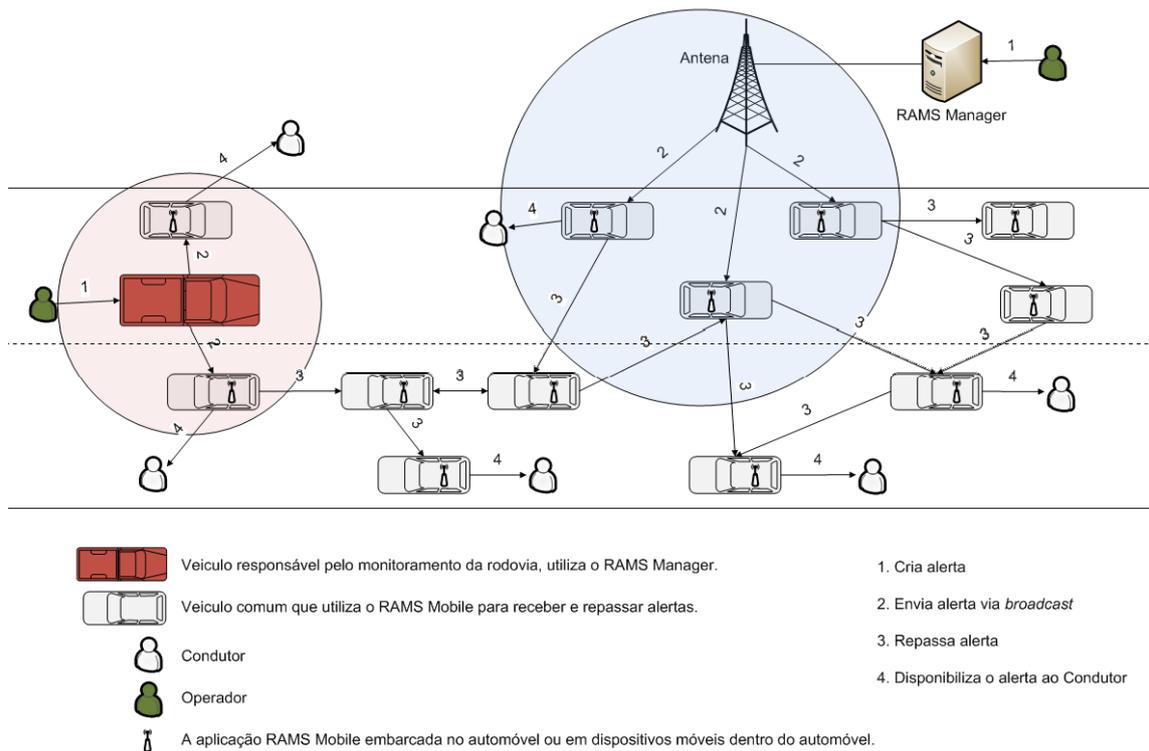


Figura 1. Visão geral do sistema RAMS.

A aplicação distribuída descrita neste artigo tem seu protocolo de disseminação de alertas baseado no funcionamento do protocolo Gnutella. Este protocolo permite que a rede seja descentralizada [Kurose 2006]. Sendo assim, o envio dos alertas é feito através de inundação e estes alertas são encaminhados pelos nós que compõem a rede, por conexões de múltiplos saltos. A premissa fundamental para o funcionamento do sistema é que um nó ao ingressar na rede receberá alertas por meio da camada MAC, o nó receberá os alertas via endereçamento *broadcast* e irá repassar estes alertas através da aplicação *RAMS Mobile*, que também fará uso do endereçamento *broadcast* para enviar os alertas. A comunicação entre a aplicação *RAMS Manager* e a aplicação *RAMS Mobile* é feita através de difusão, por meio do endereçamento MAC e *socket UDP*.

Seguindo a idéia da mensagem *Query* que é disseminada no protocolo Gnutella, na aplicação desenvolvida uma mensagem específica chamada *AlertRAM* foi definida. Esta mensagem é inserida no datagrama UDP e é composta pela tupla: <ID, endMAC, Type, Description, Coordinates, Timestamp, TTL>. Os campos da mensagem *AlertRAM*, definidos em bits, são apresentados na Figura 2. A seguir, uma descrição de cada campo da mensagem é apresentada.



Figura 2. Estrutura da mensagem AlertRAM.

O campo *ID* armazena a identificação da mensagem que é gerada através da utilização de uma função *hash* que implementa o algoritmo SHA1 (*Secure Hash Algorithm*). Esta função produz uma sequência de bits de tamanho fixo a partir do mapeamento dos bits pertencentes às informações armazenadas nos campos *endMAC*, *Timestamp* e *Description*. O campo *endMAC*, é responsável por armazenar o endereço

MAC de origem, ou seja, o endereço MAC da máquina que executava a aplicação que criou o alerta. O campo *Type* armazena o código referente ao tipo do alerta pré-definido a ser emitido.

A descrição do alerta a ser enviado é armazenada no campo *Description*, este campo é capaz de armazenar 1600 bits, ou seja, duzentos caracteres ASCII. Este campo foi criado para aumentar o nível de detalhamento do alerta a ser enviado. Para armazenar a longitude e a latitude do local onde houve a ocorrência, foi criado o campo *Coordinates*, com tamanho estipulado em 256 bits, suficiente para armazenar as informações obtidas pelo GPS (*Global Positioning System*).

O campo *Timestamp* da mensagem *AlertRAM* é responsável por armazenar a hora e a data em que o alerta foi enviado. O campo TTL armazena inicialmente um valor positivo e diferente de zero, este valor é gerado pela aplicação que cria o alerta partir do tipo de alerta, os valores de TTL para cada tipo de alerta foram definidos de forma empírica através de simulações. O valor armazenado no campo TTL é decrementado em uma unidade a cada nó que retransmitir o alerta. Ao atingir o valor 0, este alerta é descartado pela aplicação *RAM Mobile*.

4. Simulação

Tanto o Sistema RAMS quanto o cenário de mobilidade foram simulados, pois realizar testes em redes veiculares em um ambiente real é preciso utilizar veículos, condutores e equipamentos, o que tornam os custos elevados. A utilização de simulações se mostra atraente por permitir o controle sobre o ambiente e por consumir menos recursos. Neste trabalho, a implementação do sistema e suas aplicações foram feitas no simulador OMNeT++ (*Objective Modular Network Testbed in C++*) e, para o cenário de mobilidade, utilizou-se o gerador de tráfego SUMO (*Simulation of Urban Mobility*).

As simulações foram feitas considerando um trecho real da rodovia BR-101 (de 5km) entre os municípios de Itapema e Porto Belo no estado de Santa Catarina, que se encontra à aproximadamente 50 km de distância de Florianópolis (ver Figura 3(a)). O trecho é composto por dois sentidos e duas faixas para cada sentido, com uma velocidade máxima estipulada em 100 km/h. O tráfego diário normal neste trecho segundo o Posto Policial Rodoviário Federal (2010), do município de Itapema é de 45 mil veículos, sendo constituído aproximadamente por 60% de veículos de passeio, 30% de veículos destinados ao transporte de carga, 9% veículos destinados ao transporte de passageiros e, por fim, 1% de motocicletas.

O nó que sofreu o acidente é responsável por criar o alerta e enviá-lo aos outros nós que compõem a rede, sendo que este está posicionado no início do quilômetro 5, obstruindo as duas pistas em direção ao sul (ver Figura 3(b)). O alerta é enviado a cada 20 segundos aos nós que estiverem no raio de cobertura do nó que sofreu o acidente. Também através de experimentos empíricos definiu-se como 4 o valor do TTL utilizado nas simulações.

Nas simulações realizadas, os valores 20 segundos para o tempo entre retransmissões e o valor 4 para o TTL, foram selecionados, pois provocaram o menor número de colisões, geraram o menor número de pacotes na rede e atenderam a todos os nós presentes na via, diferentemente dos demais valores testados.



Figura 3. Cenário de Mobilidade.

Também foram definidos os parâmetros da rede simulada para que todas as comunicações feitas se assemelhem ao padrão IEEE 802.11g. Estes valores foram definidos na ferramenta OMNeT++ e podem ser observados na Tabela 1. Tais parâmetros foram configurados de tal maneira a seguir as características existentes no Cisco Aironet 1250 Access Point e manter a integridade dos pacotes enviados, evitando que estes se transformem em ruído. Como as transmissões são feitas por meio de *broadcast*, foram desabilitados o RTS e o CTS. Para simular a propagação das ondas de rádio, o modelo de espaço livre simples foi utilizado.

Tabela 1. Parâmetros da Rede Configurados no INET FRAMEWORK

Parâmetros	Valores
wlan.mac.address	auto
wlan.mac.maxQueueSize	14
wlan.mac.bitrate	12Mbps
wlan.radio.channelNumber	0
wlan.radio.transmitterPower	50mW
wlan.radio.bitrate	12Mbps
wlan.radio.thermalNoise	-110dBm
wlan.radio.pathLossAlpha	1.9
wlan.radio.snirThreshold	3dB
wlan.radio.sensitivity	-83dBm
channelcontrol.carrierFrequency	2.4GHz
channelcontrol.pMax	50mW

De modo a simular o conjunto de veículos que circulam no trecho entre os municípios de Itapema e Porto Belo, foram definidas quatro classes de veículos, sendo distinguíveis no seu comprimento, velocidade máxima, probabilidade, imperfeição do condutor, taxa de aceleração e desaceleração (ver Tabela 2).

Tabela 2. Características das Classes de Veículos Implementados

Parâmetros	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Tamanho (m)	5	15	15	3
Velocidade Máxima (m/s)	27,8	19,5	22,3	27,8
Aceleração (m/s ²)	5	1	3	3
Desaceleração (m/s ²)	10	4	6	6
Probabilidade (%)	60	30	9	1
Imperfeição do Condutor (σ)	0,5	0,75	0,5	0,5

Todos os cenários apenas diferem no número de nós que trafegam na via durante a simulação. Na Tabela 3, pode ser observado o total de nós móveis e a quantidade de cada classe de veículos nos cenários simulados.

Tabela 3. Quantidade de Nós Móveis existentes em cada um dos Cenários Simulados

Cenário	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Total de Nós Móveis
Cenário 1	6	3	1	0	10
Cenário 2	12	6	2	0	20
Cenário 3	18	9	3	0	30
Cenário 4	29	14	4	1	48
Cenário 5	58	29	9	1	97
Cenário 6	87	43	14	2	146
Cenário 7	90	45	13	2	150
Cenário 8	96	48	14	2	160
Cenário 9	102	51	15	2	170
Cenário 10	175	87	26	4	292

5. Análise dos Resultados

Os experimentos realizados tiveram como objetivo analisar eficiência e a eficácia do sistema RAMS. A eficiência é a comparação dos resultados alcançados com os recursos utilizados. Soares Mello *et al.* (2005) conceituam que a eficiência compara o que foi produzido, dado os recursos disponíveis, com o que poderia ter sido produzido com os mesmos recursos. Já eficácia, segundo Daft (2005), é o grau em que o sistema alcança uma meta declarada. Os dados foram obtidos através de 300 simulações, para cada cenário foram geradas 30 simulações.

Ao analisar os dados gerados pela ferramenta OMNET++, pôde-se verificar que em todos os cenários o sistema RAMS atendeu a todos os nós que trafegavam em direção ao acidente. Em todas as densidades de veículos simuladas neste trabalho, os nós que trafegavam no sentido ao acidente receberam o alerta, porém em dois cenários com densidade de 20 e 10 veículos, dois veículos em cada um dos cenários não receberam o alerta, porém, estes veículos não atendidos estavam viajando no sentido contrário ao acidente, sentido norte. Logo, o sistema RAMS mostrou-se 100% eficaz ao atender a todos os nós que trafegavam em direção ao acidente, mesmo em situações extremas, por exemplo, o dobro de veículos de um dia normal, 292 veículos, ou um número muito inferior de veículos que de fato trafegam no trecho, 10 veículos.

Na Figura 4, pode ser observada a proporção de colisões diante da quantidade de pacotes criados na rede nos quatro principais cenários simulados.

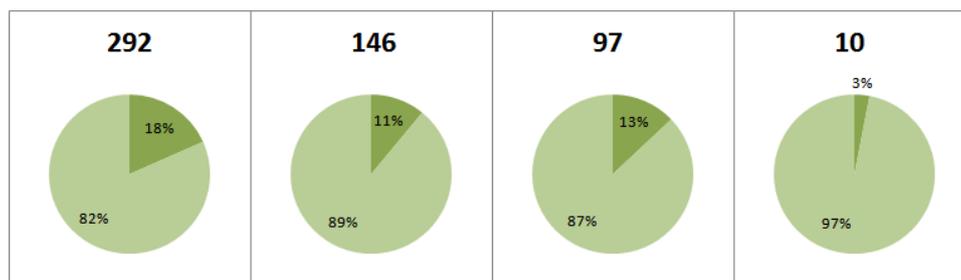


Figura 4. Porcentagem de colisões de pacotes de acordo com a quantidade de pacotes gerados.

Para 292 veículos, 18% dos pacotes gerados pelo sistema sofreram colisões e foram perdidos, mas 82% dos pacotes gerados foram entregues. Já a densidade de 10 veículos, teve a menor quantidade de colisões, 3% e 97% dos pacotes gerados pelo sistema foram entregues. O maior fluxo de veículos no trecho real é de aproximadamente 146 veículos a cada 5 minutos, o sistema manteve uma boa eficiência ao entregar os alertas, mesmo para um fluxo duas vezes maior que o fluxo máximo. Ao atender o dobro de nós, o sistema teve uma queda de eficiência de apenas 7% comparada ao maior fluxo de veículos em um dia normal.

Os nós que trafegam em direção ao acidente, em sua maioria, receberam as maiores quantidades de pacotes. Deve-se ressaltar que para o sistema RAMS ser 100% eficiente este deve enviar apenas um alerta a cada nó, porém ao analisarmos os dados gerados pelas simulações, pode-se observar que o sistema acaba inundando a rede com alertas desnecessários.

Já os nós que trafegavam no sentido contrário ao acidente, receberam em sua maioria menos pacotes que os nós que trafegavam em direção do acidente. Estes nós que trafegam em direção contrária ao acidente tem um papel importante, disseminar os alertas a pontos mais distantes do acidente, assim alertando os condutores o mais longe possível do acidente e em menos tempo.

Para analisar a distância e o tempo que os nós receberam o alerta na via, foram levados em consideração apenas os nós que se deslocavam na direção ao acidente. Ao analisar as simulações, foi possível observar quantos segundos após o acidente os nós receberam o alerta e a distância (metros) em que os nós receberam pela primeira vez o alerta disseminado pelo nó que estava no local do acidente nos dez cenários simulados.

Através dos dados recolhidos diante destes dez cenários, pôde-se observar que o sistema conseguiu alertar o veículo mais próximo do acidente em aproximadamente 0,54 microssegundos a uma distancia de 8 metros. O cenário com o maior número de veículos permitiu que o alerta fosse disseminado a 3.546 metros de distância do acidente (ver Figura 5), podendo evitar que os condutores alertados se envolvam em um novo acidente.

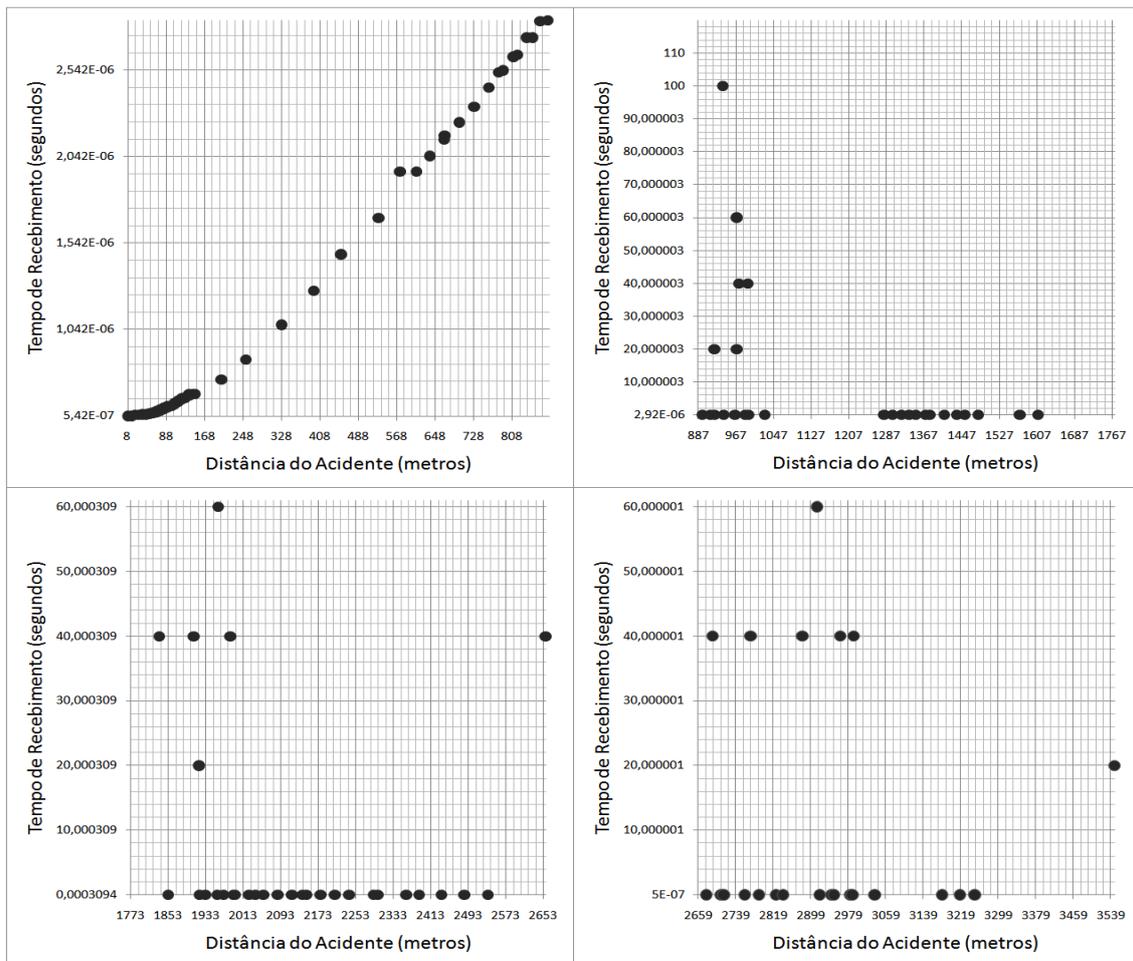


Figura 5. 292 Nós - Distância (metros) e Tempo (segundos) em que os nós receberam o alerta pela primeira vez.

Fica claro que a maior distância alcançada pelo alerta depende do número de nós que trafegam na via. Quanto maior o número de veículos na via, maior será a distância alcançada pelo alerta. O atraso na entrega do alerta dependerá também do número de veículos na via e o tempo entre retransmissões, o maior atraso na entrega do alerta ocorreu no cenário com maior densidade de veículos, 292. O condutor recebeu o alerta após 100 segundos da ocorrência do acidente e, neste momento, estava a 940 metros do acidente, o que lhe permitiria frear sem dificuldade (ver Figura 5).

6. Conclusão

Em virtude dos altos números de acidentes, do número elevado de vítimas nas rodovias brasileiras e da falha humana ser a principal causa de acidentes, uma medida de segurança que contribua para uma maior segurança do trânsito nas rodovias se mostra necessária. A utilização de avanços tecnológicos no âmbito automotivo como os sistemas de comunicação entre veículos (VANETs), possibilita a interação entre diferentes veículos.

O principal objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de uma solução para alertar os condutores de uma rodovia sobre situações comuns e/ou adversas em tempo hábil, para que o condutor tenha tempo de reagir a esta situação de forma segura e antecipada, podendo assim evitar novos acidentes.

No sistema proposto neste trabalho, em todos os cenários simulados, o sistema atendeu a todos os veículos que trafegavam em direção ao acidente, indiferente da

quantidade de veículos na via. Por fim, o sistema RAMS mostrou resultados satisfatórios, alertando os condutores em tempo e distância hábil, cumprindo o objetivo de divulgar rapidamente alertas aos condutores, a tempo de evitar novos acidentes.

Referências

- Becheler, M.; Wolf, L; Storz, O. e Franz, W. (2003) “Efficient discovery of internet gateways in future vehicular communication systems”, em: Vehicular Technology conference. Vol. 2, p.965-969.
- Benslimane, A. (2004) “Optimized dissemination of alarm messages in vehicular ad-hoc networks (vanet)”. Computer Science, França, Toulouse p.655-666.
- Biswas, S.; Tatchikou, R.; Dion, F. (2006) “Vehicle-to-vehicle wireless communication protocols for enhancing highway traffic safety”. IEEE Communications Magazine, p.74–82.
- Daft, R. (2005) “Administração”. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.
- Evans, L. (1991) “Traffic safety and the driver”. New York: Van Nostrand Reinhold.
- INDICA. (2010), Como Funciona. Disponível em: <<http://www.indicaseucaminho.com.br/funcionamento.asp?idsession=14,9985>>. Acesso em: 20 maio 2010.
- Jameel, A.; Stuempfle, M.; Jiang, D. e Fuchs, A. (1998) “Web on wheels: Toward internet-enabled cars. Computer”. Vol. 31, No 1.
- Kurose, J. e Ross, K. (2006) “Redes de computadores e a Internet: Compartilhamento de arquivos P2P”. 3.ed. Addison-Wesley.
- Li, Y-Z.; Wang, L.; Wu, X-M.; Zhang, Y-T. (2008) “Experimental Analysis on Radio Transmission and Localization of a Zigbee-based Wireless Healthcare Monitoring Platform”, em: International Conference on Information Technology and Application in Biomedicine, 5., Shenzhen, CHINA. Proceeding..., p.488-490.
- Posto da Policia Rodoviária Federal. (2010) Por meio de contato telefônico com o Posto da Policia Rodoviária Federal, que é localizado no km 143 da rodovia BR-101, foram obtidos os dados referentes ao fluxo de veículos no trecho. Contato: (47) 33682055.
- Reichardt, D.; Miglietta, M.; Moretti, L.; Morsink, P.; Schulz, W. (2002) “CarTALK 2000: safe and comfortable driving based upon inter-vehicle-communication” em: IEEE 120 Intelligent Vehicles Symposium, 4., Versailles, França. Proceedings..., p.545–550.
- Rizvi, S.; Olariu, S.; WEIGLE, M.; Rizivi, M. (2007) “A novel approach to reduce traffic chaos in emergency and evacuation scenarios”, em: IEEE Vehicular Technology Conference (VTC-Fall), 1., Baltimore, USA. Proceedings..., p.1937–1941.
- Soares de Mello, J. C. C. B.; Meza, L. A.; Gomes, E. G. e Bioni Neto, L. (2005) “Curso de Análise de Envoltória de Dados”, em: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 37, Gramado, RS.
- VSCP. (2005), Vehicle safety communications project task 3 final report: Identify intelligent vehicle safety applications enabled by DSRC. Relatório Técnico, National Highway Traffic Safety Administration, p. 809-859.