

Comunicações veiculares em cenários realísticos usando diferentes traces de mobilidade

Tiago do Vale Saraiva e Carlos Alberto V. Campos

Resumo—Redes veiculares permitem a comunicação entre automóveis através de tecnologias sem fio, suportando aplicações como os Sistemas de Transporte Inteligentes. Em razão da complexidade dessas redes, uma técnica bastante utilizada para avaliar o seu desempenho é a simulação. Todavia, um desafio da simulação é a representação dessas redes em cenários realísticos e a correta identificação dos parâmetros que podem interferir nos resultados analisados. Este artigo trata desse desafio e tem como principal contribuição a avaliação de comunicações veiculares em ambiente simulado com parâmetros realísticos de simulação, considerando dois traces de mobilidade gerados com base em cenários urbanos de diferentes cidades.

Palavras-Chave—Redes Sem Fio, Comunicações veiculares, Dispositivos de Comunicação, Simulação, VANETs.

Abstract—Vehicular networks allow communication between cars through wireless technologies, supporting applications such as Intelligent Transport Systems. Due to the complexity of these networks, a technique widely used to evaluate their performance is simulation. However, a challenge of the simulation is the representation of these networks in realistic scenarios and the correct identification of the parameters that can interfere in the analyzed results. This paper deals with this challenge and has as main contribution the evaluation of vehicle communications in a simulated environment with realistic parameters, considering two mobility traces generated based on urban scenarios of different cities.

Keywords—Wireless Networks, Vehicular Communications, Communication Devices, Simulation, VANETs

I. INTRODUÇÃO

Redes veiculares, também conhecidas como *Vehicular Ad Hoc Networks* (VANETs), são redes formadas por veículos em movimento equipados com dispositivos de comunicação sem fio. As VANETs são um caso especial das *Mobile Ad Hoc Networks* (MANETs), com a diferença de que a mobilidade dos nós (veículos) é restringida pelas estradas e características de tráfego (engarrafamentos, limites de velocidade, sinalização, etc.) em cada região.

Intelligent Transportation System (ITS) representa um novo conceito que surge no contexto das cidades inteligentes, com o objetivo de fornecer a todos os envolvidos em um sistema de transporte melhores níveis de segurança, conforto e eficiência em relação aos recursos utilizados.

As VANETs podem servir para suportar aplicações relacionadas a ITS e também prover infraestrutura de comunicação para as cidades inteligentes. Como exemplo, o estudo feito em [1] avalia a mobilidade de táxis na cidade de Roma (Itália), a

Tiago do Vale Saraiva e Carlos Alberto V. Campos. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Rio de Janeiro-RJ, Brasil, E-mails: tiago.saraiva@uniriotec.br, beto@uniriotec.br

fim de verificar a eficiência desses veículos como “mulas” que podem prover comunicação para automação da cidade.

Dada a movimentação dos veículos, a topologia em uma rede VANET geralmente é bastante dinâmica, com desconexões frequentes e mobilidade limitada pelas vias de trânsito. A comunicação pode ser do tipo V2V (entre veículos), V2I (entre veículos e infraestrutura) ou Híbrida (combinação de V2V e V2I) [2]. Outras características gerais são a baixa largura de banda e a transmissão sem fio em curtas distâncias.

Cada veículo em uma VANET possui uma unidade de comunicação denominada *On Board Unit* (OBU) e, quando os veículos estão se comunicando entre si, a transmissão/recepção acontece entre essas OBUs. Quando a topologia é infraestruturada, há a presença da *Roadside Unit* (RSU) para interligar os veículos com a infraestrutura física de comunicação da cidade. A Figura 1 ilustra um cenário de VANET para os dois casos.

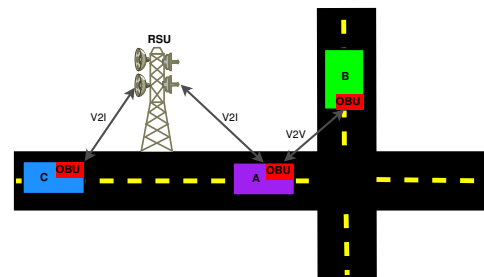


Fig. 1. Uma VANET e seus componentes, ilustrando tanto a abordagem V2I, quanto a V2V.

Na Figura 1, caso os veículos A e B entrassem em colisão, uma mensagem poderia chegar até o veículo C, fazendo com que o mesmo evite um congestionamento ou até mesmo se envolva no acidente.

A arquitetura de referência das VANETs é denominada WAVE e é definida pelos padrões IEEE 1609. O padrão IEEE 1609.4 prevê operações multicanal utilizando IEEE 802.11p, que faz parte da iniciativa *Dedicated Short Range Communications* (DSRC), na faixa de frequências de 5,9 GHz, onde o espectro é dividido em 7 canais de 10 MHz, sendo três de controle e taxa de dados entre 3 e 27 Mbps [4].

Em razão da complexidade logística envolvida em experimentos reais com veículos, pesquisadores vêm recorrendo cada vez mais a estratégias de simulação. O presente artigo tem por objetivo tratar do desafio de representação das VANETs em cenários realísticos no ambiente simulado. Nossa contribuição consiste na avaliação de comunicações veiculares em ambiente simulado, considerando dois traces de mobilidade com diferentes características e parâmetros tanto da simulação quanto da aplicação sendo executada nos veículos.

O restante do artigo está organizado da seguinte forma. Na Seção II são apresentados conceitos de simulação e na Seção III os trabalhos relacionados. Na Seção IV apresentamos os parâmetros utilizados nas simulações realizadas e as características dos traces de mobilidade adotados. Na Seção V estão os resultados obtidos e a correspondente análise. Por fim, a conclusão e os trabalhos futuros constam na Seção VI.

II. FUNDAMENTAÇÃO

Os principais aspectos que precisam ser modelados e simulados para pesquisa em VANETs são: (i) - restrições de movimento (início e fim, topologias, faixas de trânsito, sinalização); (ii) - dinâmica do tráfego (densidade de veículos, direção, velocidade, mudança de pista, pedestres, paradas); (iii) - cenários (acidentes, engarrafamento, violação de sinal, situações de emergência) e; (iv) - canais de comunicação (potência do canal, duração, nível de recepção, perda de pacotes, obstruções) [3]. Para tanto, existem os simuladores de rede e os de mobilidade.

Dois simuladores de rede muito utilizados são o NS-3 e o OMNET++, visto que possibilitam o uso de traces realísticos de mobilidade, implementam o padrão IEEE 802.11p e imprimem realismo inclusive nas características de propagação do sinal eletromagnético de comunicação. Outro simulador de rede muito utilizado é o NS-2, que tem uma longa trajetória no meio acadêmico. Todavia, comparado com o NS-2, o NS-3 modela a rede com maior precisão e tem mais funcionalidades, alcançando ainda melhores níveis de eficiência no uso de recursos computacionais [15].

Quanto a mobilidade, em [16] são classificados os traces disponíveis na literatura em sintéticos ou reais. Os traces sintéticos são construídos por ferramentas que consideram as características das cidades, como população, tipo de área (ex. residencial, industrial) entre outros aspectos. Alguns dos traces de mobilidade sintéticos mais conhecidos são os de Colônia e Zurich [16]. Devido a alta granularidade desses traces em termos de espaço e tempo, trazem grande realismo. Utilizamos esses dois traces no presente trabalho.

Vale observar que traces sintéticos podem apresentar maior capacidade de representação do que traces reais, visto que, a depender de como o trace real é gerado, podem ficar lacunas que levam a resultados inconsistentes [16].

Os modelos sintéticos podem ainda ser classificados em macroscópicos e microscópicos. Os primeiros tratam de modelar a densidade de tráfego, os fluxos e a distribuição inicial dos veículos. Já os microscópicos tratam da movimentação de cada veículo, sua localização, velocidade, aceleração e outros atributos do seu contexto, como as mudanças de faixa e os veículos ao redor, sendo esses os modelos mais realísticos [15].

Em [5] são apresentados alguns modelos de mobilidade probabilísticos, como o modelo *Random Waypoint (RWP)*, muito utilizado no passado devido sua simplicidade, porém não é realístico. Outros modelos citados são: *Constant Speed and Uniform Speed*, *Manhattan Model*, *Krauss Mobility Model* e *CA-Based Mobility Model*.

Em [3] classificam-se as aplicações em VANETs entre aquelas voltadas à segurança (*Safety*) e as não voltadas à

segurança. Nessa segunda categoria estão as aplicações de eficiência, conforto e entretenimento. Cada aplicação têm seus diversos parâmetros que podem impactar o desempenho da rede e devem ser objeto de validação para estudo e implantação de maneira adequada.

III. TRABALHOS RELACIONADOS

Existem diversos trabalhos acadêmicos tratando da questão de simulação em VANETs. Em [13] e [9] os autores avaliaram apenas a questão dos modelos de propagação e não utilizaram traces de mobilidade realísticos. Foi avaliado o impacto no atraso médio fim a fim e na taxa de entrega de pacotes da rede, em função dos modelos de propagação Friis, TRG, Log-Normal e Nakagami, através do simulador de redes OMNET++. A mobilidade foi gerada a partir do simulador de mobilidade urbana SUMO, com um mapa da cidade de Curitiba (1800 m x 2800 m) e 5 diferentes demandas: 10, 25, 50, 75 e 100 veículos com velocidade máxima em torno de 40 km/h.

Em [6] os autores avaliaram o impacto dos modelos de propagação em simulações de MANETs e propuseram um modelo de camada física mais realista. Para avaliação, foram comparados os resultados da simulação com medições em campo, no centro da cidade alemã de Stuttgart (1.5 km x 1.5 km). Esse trabalho focou em MANETs, em cenários entre 10 e 300 pedestres caminhando aleatoriamente e utilizou o protocolo IEEE 802.11b.

Em [7] foi proposto um modelo analítico para avaliar as camadas MAC e Aplicação em comunicações multi-canal em VANETs e os resultados validados via simulação no NS-2. O trabalho não considerou a mobilidade dos nós.

Em [8], os autores propuseram um modelo de canal realístico para uso em simulação. Foram feitos testes no OMNet++ e comparados os resultados. A mobilidade utilizada não foi realística, visto que utilizaram um único cenário, composto de duas estradas de 4 Km com um total de 1.043 veículos.

Em [10] são utilizados dados reais da cidade de Shanghai para avaliar a proposta de redução de atraso para disseminação de dados em VANETs. O trace utilizado é reconhecidamente válido, todavia representa a mobilidade de táxis apenas. [1] utilizou estratégia parecida, com a geração de traces reais, onde foram coletados dados de mobilidade de 320 táxis durante 6 meses na cidade de Roma.

No presente artigo, avaliamos o impacto na comunicação das VANETs em função tanto dos modelos de propagação, quanto de parâmetros da própria aplicação, como o intervalo entre as transmissões de mensagens e o tamanho dos pacotes de dados. Consideramos ainda o impacto em função de dois diferentes traces realísticos de mobilidade veicular.

IV. METODOLOGIA

Apesar de tanto o OMNET++ quanto o NS-3 serem simuladores modernos compatíveis com a simulação em VANETs, o NS-3 foi escolhido nesse trabalho em função do script apresentado em [11] e utilizado como referência. Foram feitas

modificações nesse script para atender ao propósito deste artigo.

Um dos dois traces de mobilidade utilizados foi obtido através de um simulador de tráfego microscópico multi-agente, capaz de simular tráfego sobre regiões de mapas da Suíça com grande realismo e baseado em pessoas e seus movimentos, em um período de 24 horas. Utilizamos uma parte que possui o tráfego de 99 veículos, na região de Unterstrass (Zurique), em um tempo de 300 segundos, numa área aproximada de 4650 m x 3000 m. O trace completo abrange uma área aproximada de 50 Km x 260 Km e contém 260.000 veículos [12].

O segundo trace utilizado foi derivado da cidade de Colônia (Alemanha), cobrindo uma região de 400 Km² em um período de 24 h de um dia típico de trabalho, envolvendo mais de 700.000 viagens individuais de veículos. Foi gerado a partir de dados de mapas do OpenStreetMap em conjunto com o simulador de mobilidade SUMO e dados de pesquisas e surveys. O trace completo é detalhado em [14]. Para esse trabalho, derivamos uma parte de 300 segundos do trace, envolvendo 1.547 veículos.

O script no NS-3 implementa em cada cenário avaliado uma aplicação que executa em todos os veículos do trace enviando mensagens do tipo *Basic Safety Messages* (BSM). Essas mensagens são enviadas em broadcast nos intervalos correspondentes aos canais de controle em uma aplicação IEEE 1609, contendo informações do veículo como: posição, velocidade e direção, de forma a suportar serviços relacionados a segurança [7].

Variamos o modelo de propagação, o intervalo de transmissão entre as mensagens de broadcast enviadas pela aplicação em cada veículo e o tamanho (em bytes) dessas mensagens. Essas variações foram feitas utilizando o trace de Unterstrass. Para um desses cenários, realizamos a simulação também com o trace de Colônia, de modo a compararmos os resultados e identificarmos a influência do trace na métrica avaliada.

Quanto aos modelos de propagação, temos na Equação 1 o cálculo do modelo Friis, onde P_r é o nível de potência que chega ao receptor (em Watts), P_t é o nível de potência transmitido e G_r e G_t são, respectivamente, os ganhos nas antenas de recepção e transmissão, enquanto λ é o comprimento de onda, L é a perda no sistema e d é a distância entre transmissor e receptor.

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2 L} \quad (1)$$

Vemos que esse modelo considera apenas a distância entre origem e destino, a frequência (inversamente proporcional ao comprimento de onda) e os ganhos de transmissão e recepção.

Na Equação 2 temos a fórmula do modelo *Two Ray Ground* (TRG), o qual considera a altura das antenas de transmissão e recepção, respectivamente h_t e h_r . Esse componente adicional da altura das antenas é necessário para o cálculo dos efeitos negativos na potência do sinal em função da reflexão do sinal eletromagnético.

$$P_r = P_t G_t G_r \frac{h_t^2 h_r^2}{d^4 L} \quad (2)$$

Na prática, o modelo TRG apresenta melhores resultados de predição para longas distâncias, sendo que o modelo Friis é mais indicado para curtas distâncias. Os dois modelos apresentam o mesmo nível de perdas até uma distância d_c , sendo que para distâncias maiores as perdas são melhor representadas pelo modelo TRG. Na prática, $d_c = \frac{4\pi h_t h_r}{\lambda}$. Com a operação dos veículos na frequência de 5,9 GHz e a altura de 1,5m das antenas, temos $d_c \approx 556m$.

Além desses modelos determinísticos, existem modelos probabilísticos que podem ser empregados na simulação e adicionam maior realismo e precisão, como os modelos *Log-Normal Shadowing* (LNS) e o Nakagami (NAK).

De forma a prover maior realismo aos dados obtidos, utilizamos o modelo Nakagami em conjunto tanto com o modelo Friis, em um cenário, quanto com o modelo TRG, em outro. Com o modelo Nakagami adicionamos os efeitos de desvanecimento por múltiplos caminhos. Deixamos esse modelo com sua configuração padrão, onde o parâmetro de forma m para distância $d < 80m$ ficou em $m = 1,5$ e para distância maiores $m = 0,75$.

Neste trabalho, ranges *Packet Delivery Rate* (PDR) são valores que determinam uma distância para o cálculo do PDR. Por exemplo, se o PDR em um determinado cenário foi de 0,8 para um range de 200 m, isso significa que 80% das mensagens transmitidas pelos veículos foram recebidas em uma distância de até 200 metros dos transmissores.

Na Equação 3 é apresentada a fórmula da PDR, onde QP_r é a quantidade de pacotes recebidos em uma determinada área e QP_t é a quantidade de pacotes transmitidos naquela área.

$$PDR = \frac{QP_r}{QP_t} \quad (3)$$

Apresentaremos na Seção V alguns gráficos com a PDR calculada ao longo do tempo. Conforme a Equação 4, a PDR em um momento t_1 qualquer durante o período da simulação será o somatório de todos os pacotes recebidos em determinada distância divididos pela soma de todos os pacotes transmitidos naquela distância.

$$PDR(t_1) = \frac{\sum_{t=0}^{t_1} QP_r}{\sum_{t=0}^{t_1} QP_t} \quad (4)$$

Conforme [3], as VANETs foram padronizadas estabelecendo uma área de cobertura para comunicação de 30 m na América do Norte, 15 a 20 m na Europa e 1 Km no Japão. Assim, para comparação entre os resultados em função dos parâmetros escolhidos, foi escolhida nesse trabalho uma PDR média de 500 m.

Visto que em diferentes aplicações podem ser necessários diferentes tamanhos de pacotes para transmitir as informações, variamos o tamanho dos pacotes transmitidos pela aplicação BSM, de modo a verificarmos como essa mudança impacta a PDR.

Outro parâmetro da aplicação que foi variado nas simulações foi o intervalo de transmissão entre os sucessivos pacotes gerados e enviados em broadcast pela aplicação BSM rodando em cada veículo. Existem diversos motivos pelos quais pode-se variar o intervalo de transmissão de pacotes

em uma aplicação. Um desses motivos é a economia de energia, visto que mais tempo transmitindo resulta em um maior consumo.

De forma sumarizada, os parâmetros utilizados na simulação constam na Tabela I. Esses parâmetros podem ser subdivididos em parâmetros inerentes à aplicação BSM e parâmetros inerentes à simulação. Mudanças em ambos irão gerar resultados diferentes nas métricas, todavia são independentes entre si. Tamanho dos pacotes e intervalo de transmissão são parâmetros inerentes à aplicação BSM, sendo os demais parâmetros inerentes da simulação.

TABELA I
PARÂMETROS UTILIZADOS NAS SIMULAÇÕES

Parâmetros	Valores
Distâncias avaliadas	50,100,150,200,250,300,350,400,450 e 500 m
Quantidade veículos	99 (trace Unterstrass), 1547 (trace Colônia)
Mobilidade	2 traces realísticos (Unterstrass e Colônia)
Modelos propagação	Two Ray Ground e Friis (+ Nakagami)
Frequência	5.9 GHz (modulação OFDM - 10 MHz canal)
Taxa de dados	6 Mbps
Tamanho dos pacotes	150, 300 e 600 Bytes
Intervalo de transmissão	10 ms, 1 e 10 s
Número de rodadas	10 para cada cenário de simulação

V. RESULTADOS

Começamos os resultados pelo principal diferencial do presente trabalho, que é a análise comparativa dos dois traces realísticos de mobilidade veicular. Assim, temos na Figura 2 os resultados para 10 PDRs diferentes, em uma rodada de simulação com os veículos transmitindo pacotes de 300 Bytes a cada 1 segundo, com uma modelagem de perdas por propagação equivalente à Nakagami + TRG.

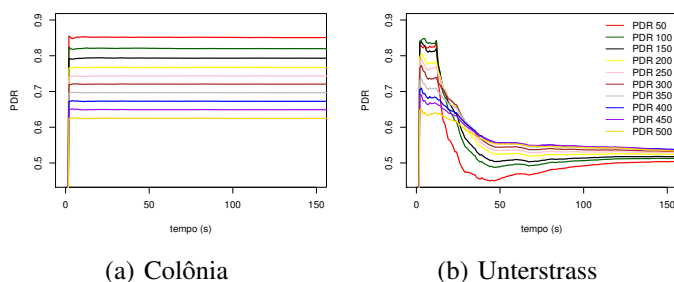


Fig. 2. Diferentes PDRs para os dois traces analisados

Apesar de cada cenário ter um tempo de simulação de 300 segundos, os gráficos na Figura 2 mostram os resultados até o tempo de 150s, visto que esse intervalo foi escolhido por ser suficiente para representar adequadamente os efeitos nas PDRs. Fica evidente que, apesar das simulações estarem executando a mesma aplicação, os resultados são bastante diferentes. Analisando-se apenas a quantidade de veículos, poderia-se supor que o cenário de Colônia tivesse menores PDRs, visto que seria maior o nível de interferências e, conforme mencionado em [15], a relação sinal ruído é dada por $SINR = \frac{S}{I+N}$, sendo N o nível de ruído, S o nível de sinal e I a potência acumulada dos sinais interferentes.

Todavia, ao analisarmos a densidade de veículos (dv) em cada trace, que equivale a quantidade de veículos por Km^2 ,

temos no trace de Colônia $dv = \frac{1547\text{veiculos}}{400km^2} \rightarrow dv = 3,87$ veículos/ km^2 . No trace de Unterstrass, a densidade equivale a $dv = \frac{99\text{veiculos}}{4,65*3} \rightarrow dv = 7,1$ veículos/ km^2 . Assim, o resultado está coerente com a teoria, visto que, apesar de ter o menor número de veículos, o trace de Unterstrass possui quase o dobro da densidade, resultando em maior probabilidade de interferência e, conseqüentemente, menores PDRs.

Na Figura 3 apresentamos a PDR de 500 m calculada ao longo do tempo de simulação para os 2 traces, junto com as barras de erro. A discrepância continua evidente, visto que temos uma PDR praticamente contínua para o trace de Colônia e, para o de Unterstrass, uma PDR que se inicia próximo a 70% e vai reduzindo até 50% no final da simulação.

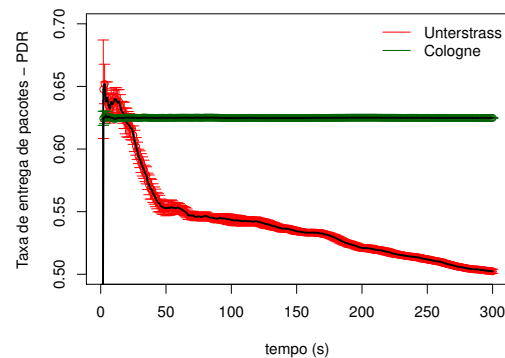


Fig. 3. PDR 500 m - Traces Unterstrass e Colônia

Temos na Figura 4 os resultados para o trace da região de Unterstrass com relação ao impacto dos modelos de propagação. Apesar da distância de separação teórica entre os modelos TRG e Friis ser de aproximadamente 556 m, considerando a faixa que estamos operando (5,9 GHz) e a altura das antenas dos veículos (1,5 m), podemos perceber os modelos se comportarem como se estivessem além desse limite, com as perdas decorrentes do modelo TRG sendo bem mais acentuadas, visto considerar os efeitos da reflexão do sinal. Vale observar que nos dois casos temos o efeito de desvanecimento adicionado pelo modelo Nakagami (NGK).

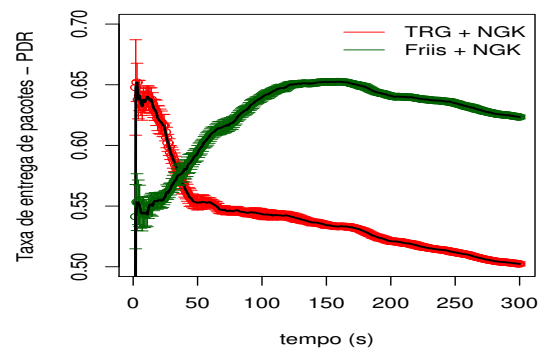


Fig. 4. Modelos de propagação TRG e Friis - Traces Unterstrass

Em relação ao tamanho dos pacotes, pela Figura 5 pode-se constatar que, quanto maior a quantidade de Bytes sendo transmitidos, menores são as PDRs. Esse resultado está coerente com a teoria, visto que maiores pacotes exigem maior

tempo transmitindo, o que pode acarretar em uma maior probabilidade de interferência.

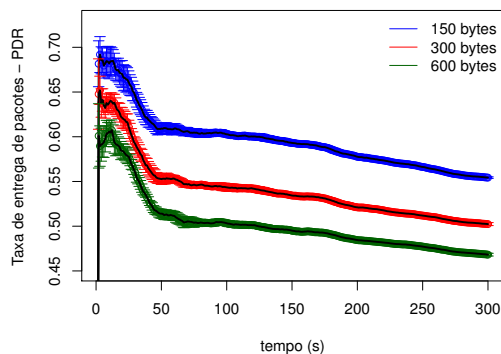


Fig. 5. Diferentes tamanhos de pacotes transmitidos - trace Unterstrass

O último parâmetro avaliado da aplicação foi o intervalo de transmissão entre pacotes. A Figura 6 mostra os resultados para as PDRs ao longo do tempo. Percebe-se PDRs ligeiramente maiores para o valor de 10 s, o que está coerente com a teoria, visto que maiores intervalos sem transmitir reduzem a probabilidade de interferência. Vale observar que como a PDR é apurada a cada segundo, valores menores no intervalo de transmissão entre pacotes pouco influenciam.

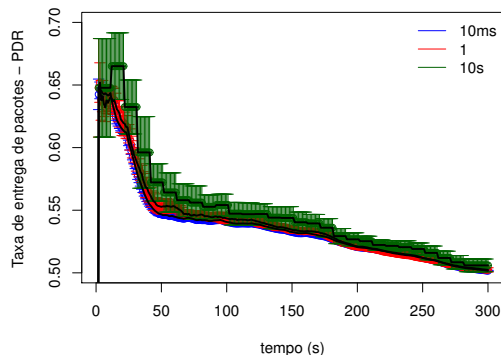


Fig. 6. Diferentes intervalos de transmissão - trace Unterstrass

VI. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Verificou-se nesse trabalho como parâmetros de aplicação (intervalo de transmissão e tamanho dos mensagens) e de simulação (modelo de propagação e traces de mobilidade) podem afetar significativamente a métrica definida para avaliação da comunicação em uma rede veicular.

Apesar da distância avaliada estar no limiar de operação entre os modelos TRG e Friis, foram obtidos resultados coerentes com a teoria relacionada, sendo possível observar os diferentes resultados em função de cada modelo. O tamanho dos pacotes influenciou inversamente o valor da PDR, em razão do aumento na probabilidade de interferências. Já o intervalo de transmissão entre pacotes pouco influenciou nos resultados, apesar de que a pequena influência observada foi coerente com a teoria relacionada, comprovando o nível de representação realística dos experimentos.

Por fim, comprovamos a necessidade de se avaliar diversos traces de mobilidade veicular. Aplicações BSM, por exemplo,

estão relacionadas com segurança no trânsito, de forma que devem ser verificadas em todos os cenários possíveis. Constatamos que, em relação aos dois traces utilizados, a mesma aplicação gerou resultados bem diferentes.

Assim, constata-se que esse trabalho evidenciou, através dos resultados das simulações apresentadas, que parâmetros inerentes à simulação ou à aplicação podem alterar a métrica definida para análise da rede veicular, ficando claro que para obter resultados realísticos os pesquisadores não podem ignorar esses parâmetros ou avaliá-los em separado.

Como trabalhos futuros, pretendemos avaliar aplicações em redes fazendo uso de algoritmos de roteamento para VANETs e considerando métricas adicionais como latência, vazão e tempo de recepção entre pacotes.

REFERÊNCIAS

- [1] M. Bonola, L. Bracciale, P. Loreti, R. Amici, A. Rabuffi, and G. Bianchi, "Opportunistic communication in smart city: Experimental insight with small-scale taxi fleets as data carriers," *Ad Hoc Networks*, vol. 43, pp. 43–55, 2016.
- [2] [1] F. Cunha et al., "Data communication in VANETs: Protocols, applications and challenges," *Ad Hoc Networks*, vol. 44, pp. 90–103, 2016.
- [3] M. Saini, A. Alelaiwi, and A. El Saddik, "How Close are We to Realizing a Pragmatic VANET Solution? A Meta-Survey," *ACM Comput. Surv.*, vol. 48, no. 2, pp. 1–40, 2015.
- [4] [1] M. E. Renda, G. Resta, P. Santi, F. Martelli, and A. Franchini, "IEEE 802.11p VANets: Experimental evaluation of packet inter-reception time," *Comput. Commun.*, vol. 75, pp. 26–38, 2016.
- [5] J. A. Sanguesa, M. Fogue, P. Garrido, F. J. Martinez, J. C. Cano, and C. T. Calafate, "A Survey and Comparative Study of Broadcast Warning Message Dissemination Schemes for VANETs," *Mob. Inf. Syst.*, vol. 2016, 2016.
- [6] I. Stepanov and K. Rothermel, "On the impact of a more realistic physical layer on MANET simulations results," *Ad Hoc Networks*, vol. 6, no. 1, pp. 61–78, 2008.
- [7] X. Yin, S. Member, K. S. Trivedi, A. Vinel, and S. Member, "Performance and Reliability Evaluation of BSM Broadcasting in DSRC with Multi-Channel Schemes," *IEEE Trans. Comput.*, vol. 63, no. 12, pp. 3101–3113, 2014.
- [8] S. Bastani and M. Karaca, "On the Performance of Vehicular Communications with a Measurement-Based Radio Propagation Model," in *CAMAD*, 2016, pp. 6–11.
- [9] W. Angeles, V. P. Borin, A. Munaretto, and M. Fonseca, "The Impact of Propagation Models in the Performance of Ad Hoc Routing Protocols for Urban VANET," *IEEE Veh. Technol. Conf.*, 2016.
- [10] J. He, L. Cai, P. Cheng, and J. Pan, "Delay Minimization for Data Dissemination in Large-Scale VANETs with Buses and Taxis," *IEEE Trans. Mob. Comput.*, vol. 15, no. 8, pp. 1939–1950, 2016.
- [11] S. E. Carpenter, M. L. Sichitiu, and S. Starr, "Evaluating VANET Performance Using ns-3," in *WNS3 Workshop on NS-3*, 2014, pp. 3–4.
- [12] V. Naumov, R. Baumann, and T. Gross, "An evaluation of inter-vehicle ad hoc networks based on realistic vehicular traces," in *MobiHoc '06*, 2006, vol. 6, no. 2, p. 108.
- [13] [1] F. M. William, F. M. Anelise, "O impacto dos modelos de propagação nos protocolos de roteamento para redes veiculares urbanas," in *XXXIV SBRT*, 2016, pp. 192–196.
- [14] S. Uppoor, O. Trullols-Cruces, M. Fiore, and J. M. Barcelo-Ordinas, "Generation and analysis of a large-scale urban vehicular mobility dataset," *IEEE Trans. Mob. Comput.*, vol. 13, no. 5, pp. 1061–1075, 2014.
- [15] F. J. Ros, J. A. Martinez, and P. M. Ruiz, "A survey on modeling and simulation of vehicular networks: Communications, mobility, and tools," *Comput. Commun.*, vol. 43, pp. 1–15, 2014.
- [16] C. Celes, F. Silva, A. Boukerche, R. Andrade, and A. Loureiro, "Improving VANET Simulation with Calibrated Vehicular Mobility Traces," *IEEE Trans. Mob. Comput.*, vol. 1233, no. c, pp. 1–1, 2017.