

# Otimização de uma Rede V2V Através de uma Abordagem Multi-Objetiva

Davino Mauro Tenório da Silva Júnior  
Centro de Informática  
Universidade Federal de Pernambuco  
Email: dmts@cin.ufpe.br

Victor Hugo Sabino dos Santos Araújo  
Centro de Informática  
Universidade Federal de Pernambuco  
Email: vhssa@cin.ufpe.br

## Resumo—

### I. INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS), de acordo com [1], lidam com as questões de tráfego como congestionamento e disseminação de informações, e estão cada vez mais em destaque com o avanço das tecnologias de comunicação sem fio e de automóveis. As Redes *Ad-Hoc* Veiculares (VANETs), que derivam das redes *Ad-Hoc* Móveis (MANETs), permitem que veículos em movimento estejam conectados e se comuniquem sem fio. Esta comunicação pode ser entre dois veículos (V2V) ou entre um veículo e uma infraestrutura (V2I) [2].

Para estabelecer uma comunicação segura e eficiente entre veículos, é necessário que haja uma infraestrutura de comunicação adequada. O padrão IEEE 802.11p apresentado em [3] de Comunicação Dedicada de Curto Alcance (DSRC) foi desenvolvido especificamente para requisitos das VANETs como: auto-organização, configuração automática, topologia dinâmica e alta mobilidade.

Para que a comunicação sem fio opere em tempo real, existem restrições associadas que precisam ser gerenciadas na camada física, como: o tempo de disseminação de dados (*delay*), a perda de pacotes e a taxa de transferência (*throughput*). [4] diz que para garantir um desempenho otimizado em tempo real, é necessário que ambas as restrições sejam atendidas simultaneamente, o que não é trivial devido à limitação de banda e o ambiente veicular altamente dinâmico.

Dentre os vários desafios de VANETs abordados na literatura, [6] destaca o cenário dinâmico e a necessidade de protocolos específicos para redes veiculares que sejam menos afetados pelas frequentes mudanças na rede. [5] aponta o problema de terminal escondido como a principal causa de perda de pacotes em VANETs e propõe uma solução de otimização adaptativa baseada em lógica *Fuzzy* para resolvê-lo. Já [7] faz uma análise do impacto do alcance de transmissão no desempenho de VANETs em termos de taxa de entrega de pacotes e *delay*, enquanto [8] relaciona a potência de transmissão de acordo com seu alcance. [5] também destaca a importância de uma janela de contenção dinâmica, que seja otimizada de acordo com o congestionamento no canal. **[BUSCAR REFERÊNCIA SOBRE A IMPORTÂNCIA DA RELAÇÃO SINAL-RUÍDO MAIS INTERFERÊNCIA]**

As principais contribuições deste artigo são: primeiramente, simular um cenário real de nós em movimento para extrair informações da rede como: *delay*, perda de pacote e *throughput*. Em seguida, definir um espaço amostral de parâmetros de entrada para a simulação, tendo como variáveis a potência de transmissão, o tamanho da janela de contenção ( $CW_{min}$  e  $CW_{max}$ ) e a Relação Sinal-Ruído mais Interferência (SINR). Com isso, é possível fazer uma simulação exaustiva com todo o espaço amostral e realizar um estudo comparativo com o resultado obtido através da aplicação de uma técnica de otimização baseada no algoritmo genético multi-objetivo *Fast Non-dominated Sorting Algorithm* (NSGA-II).

O restante do artigo está organizado da seguinte forma: na Seção II, é apresentado o modelo do sistema a ser simulado; na Seção III, é formulado o problema multi-objetivo e apresentado o algoritmo NSGA-II; na Seção IV, é construído o modelo de simulação e a avaliação de seu desempenho; a seção V conclui o trabalho e são discutidos possíveis trabalhos futuros.

### II. MODELO DO SISTEMA

Neste estudo, é considerado um ambiente urbano comumente encontrado em regiões metropolitanas. A Figura 1 representa o cenário utilizado para a simulação, retirado do *OpenStreetMaps*, o ambiente é localizado no centro da cidade do Recife, nas mediações da Av. Agamenom Magalhães. O número de veículos dentro da rede aumenta conforme o tempo de simulação, e são aleatoriamente colocados no mapa e com velocidade variando de acordo com o tráfego do local, tornando o modelo mais realista. **[VERIFICAR COMO FOI FEITA A SIMULAÇÃO DO SUMO]**

Assume-se que todos os veículos estão equipados com uma Unidade de Controle de Bordo (OBU), que dá suporte a comunicações V2I e V2V. Adicionalmente, os veículos são capazes de transmitir e receber informações atualizadas enquanto trafegam sobre o tráfego, acidentes, e informações baseadas em localização.

### III. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Baseado nas informações anteriores, o objetivo deste estudo é minimizar a perda de pacotes e o *delay* de disseminação, e aumentar o *throughput* de dados de uma rede

VANET considerando apenas a comunicação entre veículos (V2V). Portanto, pode-se propor uma técnica de Otimização Multi-Objetiva (MOO) para resolver este problema. A MOO é um campo que diz respeito a otimização de duas ou mais funções objetivas [9]. A solução deste problema envolve a localização de um conjunto de soluções candidatas chamadas de não dominadas. O conjunto de soluções não dominadas ótimas é chamado de pareto ótimo. Todas as soluções que estão no pareto ótimo pertencem ao conjunto de paretos, e os pontos representados em relação a cada objetivo no espaço são chamados de pareto *front*. A complexidade dos problemas MOO são diretamente ligadas as dependências entre as variáveis de decisão em relação a seus objetivos, no caso em que existem conflitos entre estas variáveis, é necessário um *trade-off* para analisar qual objetivo deve ser priorizado.

O presente trabalho adotou o algoritmo genético multi-objetivo denominado *Fast Non-dominated Sorting Genetic Algorithm* (NSGA-II) proposto por [11]. Este algoritmo aplica o conceito de dominância ao classificar elementos da população de maneira elitista em fronteiras (*fronts*), de acordo com o grau de dominância. A cada geração, os indivíduos classificados no primeiro *front* são considerados melhores, ou, dominantes. Após a classificação em *fronts*, os indivíduos também são ordenados através de um operador de diversidade baseado num indicador de densidade (*crowding distance*), que relaciona a distância de cada indivíduo para seus vizinhos imediatos com a distância entre as soluções extremas do mesmo *front*. O pseudocódigo para o NSGA-II é apresentado no Algoritmo 1 a seguir.

#### IV. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO

Neste trabalho, os cenários descritos na seção III foram simulados utilizando a ferramenta Veins [Davino:[Descrever o veins?]] de forma exaustiva, tendo como resultado um arquivo de resultados. Para avaliação do algoritmo multi-objetivo em busca da melhor configuração de parâmetros a serem utilizados no simulador, foi utilizada uma implementação em Ruby do algoritmo NSGA-II com funções objetivo adaptadas para o problema proposto. As funções foram baseadas no problema multi-objetivo introduzido por Schaffer e apresentado em [11], e visam maximizar o *throughput* e minimizar a perda de pacotes e *delay*.

Foi utilizada uma implementação do algoritmo NSGA-II na linguagem de programação Ruby [9], adaptando a mesma para o problema e proposito deste trabalho.

##### A. Parâmetros de Configuração

[Davino:[Victor, por favor descreve de forma breve os parâmetros utilizados (cwmin, cwmax, slotlength, txpower)]]

a) *Simulação*: A representação do indivíduo no algoritmo NSGA-II se dá por um mapa de 16 bits. Cada indivíduo é dividido de forma a representar os quatro parâmetros de configuração utilizados no simulador e descritos na seção IV-A, a saber (1)  $CW_{min}$ , (2)  $CW_{max}$ , (3) slot length, e (4) txPower, como mostra a figura 1. A simulação consiste

em efetuar o *parse* desse indivíduo para uma dada configuração, isto é, um valor para cada parâmetro, e buscar essa configuração no arquivo resultante da busca exaustiva. Uma vez encontrados os resultados da simulação realizada com os parâmetros de configuração do indivíduo, isto é, *throughput*, perda de pacotes e *delay*, são calculadas as respectivas funções objetivo buscando determinar se o indivíduo é ótimo, isto é, se condizem com os objetivos propostos na seção IV. O algoritmo NSGA-II busca então pelo pareto *front* com os melhores resultados de simulação para um dado indivíduo (configuração), executando o ranqueamento dos paretos não dominados, e os passos de reprodução e *crossover*.

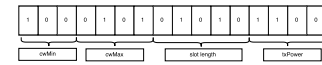


Figura 1. Indivíduo utilizado no algoritmo representando uma dada configuração para simulação.

b) *Resultados*: Para execução do algoritmo NSGA-II, foi utilizada uma taxa de *crossover* de 0.98%, como consta em [9], bem como 50 gerações. Foi utilizada uma população de 5 a 50 indivíduos...

#### V. CONCLUSÃO