

Uma Proposta para o Monitoramento e Controle Inteligente de Tráfego Urbano

Gilberto Nakamiti^{1,3}, Fábio Pessoa de Sá², José Henrique Ventura³, Vinicius Eduardo S. da Silva³

¹ CEATEC - Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Rod. D. Pedro I, km 136 – 13086-900 - Campinas, SP, Brasil

² Faculdade de Tecnologia de Praia Grande, Praia Grande, SP, Brasil

³ Universidade Paulista, Campinas, SP, Brasil

nakamiti@puc-campinas.edu.br, fabio@fatecpg.com.br,
josehenriqueventura@hotmail.com, viniciuspontocom@gmail.com

Abstract. *This paper describes an urban traffic control system which aims at contributing to achieve more efficient traffic management. It includes fuzzy sets, case-based reasoning, and genetic algorithms to handle dynamic and unpredictable traffic scenarios.*

Resumo. *Esse artigo descreve um sistema de controle de tráfego urbano que visa contribuir para um gerenciamento de tráfego mais eficiente. São utilizados teoria dos conjuntos nebulosos, raciocínio baseado em casos e algoritmos genéticos para lidar com as situações dinâmicas e imprevisíveis do tráfego urbano.*

I. Introdução

O problema do controle de tráfego urbano é essencial para o gerenciamento das cidades e as vidas de seus cidadãos. Com o crescimento contínuo das frotas de veículos, o problema agrava-se particularmente nas grandes cidades.

Dentre as características desejadas para sistemas de controle de tráfego urbano estão sua adaptabilidade a diferentes condições de tráfego, poder de reação a eventos, respostas eficazes e rápidas, confiabilidade e tolerância a falhas, dentre outras.

Este trabalho descreve um sistema de controle de tráfego urbano que envolve teoria dos conjuntos nebulosos, raciocínio baseado em casos e algoritmos genéticos, estendendo uma primeira versão desenvolvida anteriormente pelo primeiro autor. As diversas técnicas empregadas visam contribuir para atingir algumas das características desejadas para este tipo de aplicação. O projeto atual é parte do programa “Cidades Inteligentes”, financiado pela FINEP e que conta com trabalhos de várias universidades brasileiras.

II. Trabalhos Relacionados

Vários trabalhos têm tratado do problema de controle inteligente de tráfego, considerando a comunicação entre os nós ou as estratégias de tomada de decisão. Em [Katiyar 2011] e em [Lee 2010], por exemplo, os nós comunicam entre si, auto-organizam-se e reagem a eventos utilizando uma infraestrutura de redes de sensores sem fio. A previsão de fluxo de tráfego é tratada em trabalhos como em [Pang 2008], que utiliza uma rede neuro-fuzzy para obter maior precisão na previsão de fluxo de tráfego em séries de tempo caóticas. Um ambiente de supervisão é apresentado em [Bouamrane 2005] para identificar distúrbios e avaliar ações corretivas no sistema de tráfego.

III. Estratégia de Controle de Trânsito

O sistema de controle de tráfego é composto por agentes controladores localizados em cada cruzamento onde há semáforos. Esses agentes são responsáveis por coletar informações vindas de sensores (fluxo de tráfego e filas de veículos) e estabelecer uma política local para controlar os semáforos. Além disso, eles são capazes de se comunicar com os agentes vizinhos e com um agente supervisor.

Cada agente raciocina sobre as condições do trânsito, analisando variáveis como o fluxo de veículos, filas de veículos, e tempos de espera. Condições locais são mais relevantes do que condições mais remotas, e o agente supervisor deverá interferir na política de controle.

Condições usuais de trânsito são modeladas através de regras da teoria dos conjuntos nebulosos. Essas regras são usadas para treinar os agentes de modo a prepará-los para lidar com cenários mais complexos. Quando um agente precisa ser reiniciado, as regras nebulosas podem ser empregadas para que um agente possa tomar uma decisão razoável. Um exemplo detalhado dessa estratégia nebulosa é mostrado em [Nakamiti 2002].

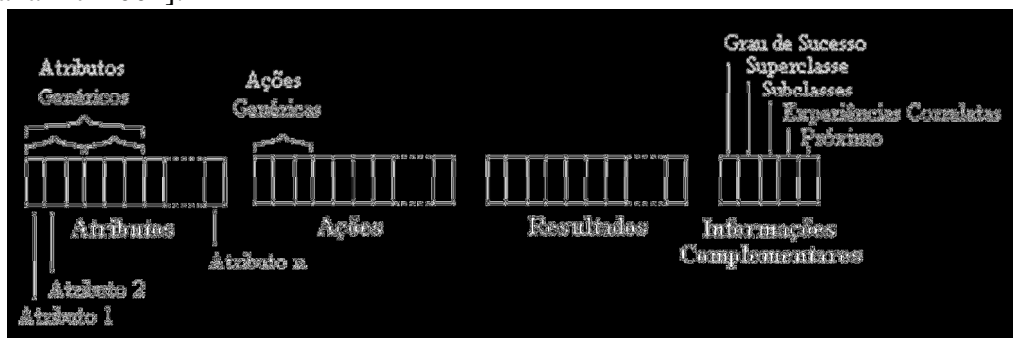


Figura. 1. A estrutura de um caso

Como é virtualmente impossível modelar todas as situações de trânsito possíveis, incluindo interações entre cruzamentos locais e remotos, é necessária uma estratégia mais abrangente, adaptativa e flexível.

Dessa maneira, os agentes também implementam uma solução híbrida genética-baseada em casos. Os casos são representados como uma série de *slots* (genes), divididos em três seções: uma seção de atributos utilizada para representar e caracterizar o caso, uma seção de ações utilizada para lembrar as ações de controle adotadas na situação em questão, e uma seção de resultados com informações relacionadas ao desempenho obtido com as ações descritas. (ver Figura 1). Cada *slot* na seção de atributos representa uma variável de trânsito em especial, como fluxo do tráfego, número de veículos na fila e tempo de espera (local e remoto). Os *slots* de ação

representam a estratégia de controle escolhida, como o tempo adotado para que o semáforo permaneça verde ou vermelho naquela situação. Os *slots* de resultados guardam informações sobre se ocorreu ou não variação, em relação a tamanhos de filas e tempo de espera.

A aplicação de regras nebulosas gera a base de casos inicial. Após isso a situação do trânsito é continuamente identificada, baseada nas variáveis citadas e é usada para obter um subconjunto dos casos armazenados, baseado nas características de similaridade e desempenho (geração zero). Essa geração será combinada através de algoritmos genéticos. Na primeira versão do sistema, este processo ocorreu somente uma vez por ciclo de semáforos. Mesmo sendo possível obter bons resultados utilizando esse sistema, somente uma geração de casos de semáforos era obtida em cada ciclo. Agora estamos investigando as melhorias no desempenho com uma simulação em *background*, ou seja, estamos criando uma segunda camada de simulação. Casos genéticos serão produzidos e testados na segunda camada até que o sistema atinja um tempo limite e tenha que tomar uma decisão de controle. Nesse momento, o sistema irá escolher o melhor caso produzindo pela *thread* executada em *background* para utilizar no sistema de simulação. Esperamos que essa abordagem propicie um comportamento mais eficiente e adaptativo.

As ações descritas no caso selecionado são tomadas, e o sistema armazena os resultados. Os resultados incluem o aumento, a estabilidade, ou a redução das filas de veículos e tempo de espera.

IV. Supervisor

Além dos agentes controladores, o sistema irá incluir um agente supervisor (que está ainda sendo implementado). O supervisor ficará localizado no departamento de trânsito da cidade. Algumas funcionalidades implementadas pelo agente supervisor também serão implementadas pelos agentes controladores, especialmente por questões de tolerância a falhas e outros problemas relacionados a sistemas distribuídos.

O supervisor também incluirá regras nebulosas para detectar situações anormais de tráfego, e também bons resultados obtidos pelos agentes controladores. Dependendo da situação, o próprio supervisor irá tentar resolver os problemas de trânsito, ou até mesmo informar um operador de trânsito humano, que irá ter acesso contínuo à situação atual do trânsito através de uma interface de controle.

O agente supervisor irá armazenar os casos genéticos recebidos dos agentes de controle, de modo que os melhores casos poderão ser usados por agentes similares em situações similares. Irá também ser capaz de forçar uma política de controle, quando as estratégias adotadas pelos agentes de controle não estiverem sendo eficazes ou não forem desejadas. Obviamente, essa funcionalidade poderá também ser utilizada em casos de emergência.

VI. Resultados Iniciais

Uma primeira versão do sistema de controle de trânsito foi implementada assim como as estratégias convencionais de simulação para comparação de desempenho.

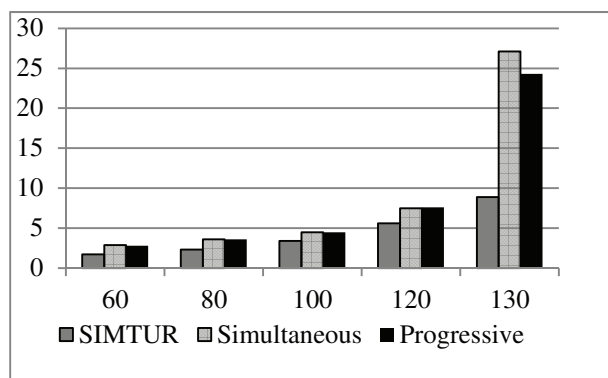


Figura. 2. Tamanho médio das filas

Os testes mostram a média para filas de veículos e tempo de espera em três abordagens: o SIMTUR apresentado neste artigo, uma estratégia simultânea, e outra sequencial. Informações reais do centro de Campinas - SP - Brasil, foram coletadas nas terças-feiras e quintas-feiras entre às 18:30 e 19:30, correspondente à hora do pico da tarde. Os testes apresentados ainda não incluíam a presença de um supervisor. As três estratégias foram testadas com 60%, 80%, 100%, 120% e 130% do fluxo do trânsito monitorado. A Figura 2 mostra os resultados obtidos em relação à média de veículos por faixa na fila ao final da fase de vermelho. Com o fluxo de tráfego medido (100%), por exemplo, a primeira versão apresentou 3.4 veículos contra 4.5 veículos nas estratégias convencionais. Quando testamos os sistemas aumentando em 30% o fluxo de trânsito em horário de pico, o SIMTUR apresentou média de 8.9 veículos por faixa. As outras estratégias levaram o trânsito da cidade a uma situação caótica.

VII. Conclusão

Este artigo apresentou um simulador de um sistema de controle de trânsito. Este sistema é parte de um sistema maior voltado ao controle e gerenciamento de trânsito. Ainda há muito trabalho a ser feito de modo a melhorar as estratégias de controle, segurança, tolerância a falhas, disponibilidade, entre outros, porém os primeiros resultados obtidos nas simulações parecem bastante promissores.

Referências

- K. Bouamrane, C. Tahon, M. Sevaux, B. Beldgilali (2005), "Decision Making System for Regulation of a Bimodal Urban Transportation Network, Associating a Classical and a Multi-Agent Approaches", *Journal Informatica*, IOS Press, Amsterdam, pp. 473-502.
- V. Katiyar, P. Kumar, N. Chand (2011), "An Intelligent Transportation System Architecture using Wireles Sensor Network", *International Journal of Computer Applications*, vol. 14, no. 2, pp. 22-26.
- W. Lee, S. Tseng, W. Shieh (2010), "Collaborative real-time traffic information generation and sharing framework for the intelligent transportation system", *Information Sciences*, vol. 180, no. 1.
- G. Nakamiti, R. Freitas, F. Gomide (2002), "Intelligent, Real-Time Traffic Control", *International Journal of Smart Engineering Systems Design*, vol. 4, no.1, pp. 49-62.
- M. Pang, X. Zhao (2008), "Traffic Flow Prediction of Chaos Time Series by Using Subtractive Clustering for Fuzzy Neural Network Modeling", *2o International Symposium on Intelligent Information Technology Application*, Washington, pp.23-27.