

Proposta de Tema de Mestrado

Controle Operacional em Tempo Real para Transporte Coletivo Urbano

Orientador

Werner Kraus Jr.

werner.kraus@ufsc.br

Coorientador

Rodrigo Castelan Carlson

rodrigo.carlson@ufsc.br

Palavras-chave

Mobilidade Urbana; Transporte Público; Gerência da Operação do Tráfego Urbano; Prioridade para Transporte Público.

Introdução

Neste projeto, propõe-se estudar e estender métodos de operação de itinerários de ônibus. A proposta baseia-se em métodos de priorização e controle operacional de ônibus em corredores. Visa-se obter método de controle de espaçamento e sequenciamento de veículos de transporte público para otimizar o tempo total de viagem dos usuários (espera nos pontos + deslocamento). Como resultado, almeja-se obter métodos de priorização de transportes coletivos em semáforos e controle de velocidade de veículos aplicando-os em estudo de caso na região metropolitana da Grande Florianópolis. Assim, além do interesse geral em controle de sistemas de mobilidade, este projeto apresenta problemas teóricos de relevância prática, cujas soluções têm o potencial de aperfeiçoar as propostas de implantação de sistemas de transporte coletivo.

Nesta proposta, consideram-se fatores táticos e operacionais que determinam a qualidade do transporte coletivo em termos de disponibilidade e rapidez. Assume-se que decisões estratégicas tais como áreas a serem atendidas, tipo de tecnologia a adotar (p.ex., sobre trilhos ou sobre pneus), metas de troca modal, etc., estão definidas pelo contexto político-institucional no qual serão implantados projetos de transporte.

No nível operacional, serão estudados métodos de controle de itinerários dos veículos de transporte público combinando priorização e retenção, de forma a regularizar o serviço e evitar a formação de aglomerados de veículos por conta de flutuações em tempos de embarque e desembarque, semáforos, tráfego geral (onde aplicável), etc. Considera-se que o traçado dos itinerários está pré-definido, contemplando um redesenho completo do sistema de transporte público metropolitano visando aumento dos níveis de rapidez nas viagens por ônibus em uma rede do tipo tronco-alimentadora com corredores exclusivos.

Para o nível operacional no qual situa-se a presente pesquisa, a topologia da malha viária da Grande Florianópolis oferece um desafio interessante pois entre as partes continental e insular da rede existem apenas quatro faixas de tráfego por sentido, correspondendo às pontes

Colombo Salles (sentido Ilha-Continente) e Pedro Ivo (sentido contrário). Com isso, o sequenciamento dos ônibus nos corredores é importante pois no momento da travessia deve-se evitar aglomerações nas cabeceiras das pontes sob pena de sacrificar a regularidade do serviço.

Objetivos Específicos

Associado ao objetivo geral de obter técnica de controle operacional com prioridade para transporte público, tem-se os seguintes objetivos secundários:

- domínio da modelagem de malhas viárias em simulador microscópico;
- domínio do uso de interface de programa de aplicação (API) para implementação de técnica de controle operacional de veículos de transporte público;
- implementação do controle do espaçamento de veículos de transporte público com base em otimização;
- avaliação conclusiva de estratégias de sequenciamento de ônibus para travessia de gargalo entre setores de malha viária com vários corredores exclusivos.

Referencial Teórico

Propõe-se neste estudo a combinação de técnicas de controle em tempo real apresentadas em Kraus et al. [2010a] com estratégias de prioridade e retenção descritas por Koehler and Kraus Jr. [2010], Koehler et al. [2011b], e Zimmermann et al. [2015; 2016]. Dentre os trabalhos relevantes para o estudo, pode-se citar estudos de prioridade local [Gordon and Tighe, 2005], priorização no sistema de controle em tempo real Rhodes [Mirchandani and Lucas, 2004] e uma técnica para o sistema TUC [Diakaki et al., 2003] apresentada em Dinopoulou et al. [2004]. Este último adapta, para a mesma técnica usada em trabalhos do proponente, métodos heurísticos de prioridade condicionada ao estado geral do tráfego. Embora mais simples que o método de Koehler and Kraus Jr. [2010], serve de um ponto de partida conveniente para análise comparativa de desempenho de propostas mais elaboradas.

Priorizar veículos de transporte público em cruzamentos semaforizados implica em interrupções no tráfego dos demais veículos. Poder-se-ia argumentar que a atuação do poder público deveria ser no sentido da priorização absoluta dos ônibus, porém tal medida poderia, numa situação limite, levar a um nível de congestionamento que viesse a prejudicá-los também [Heydecker, 1983]. Assim, o problema consiste no cálculo de tempos semafóricos que permitam a concessão de prioridade sem interrupções sérias ao tráfego não-prioritário.

Método

Para a pesquisa, interessa estudar os movimentos dos veículos de transporte coletivo (VLT, BRT, ônibus) em nível micro e mesoscópico. No nível microscópico, são estudados os comportamentos detalhados de reações diante de mudanças na sinalização semafórica e dos comandos de retenção/partida emitidos em pontos de embarque e desembarque. Para tanto, serão desenvolvidos modelos específicos em ambiente de simulação microscópica Aimsun [TSS, 2014], o qual permite controle externo das entidades simuladas através de uma API [Fang, 2008]. Além da representação detalhada do comportamento de veículos, pode-se alterar facilmente as ações de controle aplicadas tanto a estes como a semáforos presentes na malha viária, permitindo o teste de ações de controle em tempo real.

No nível mesoscópico, convivem a representação individual de veículos de transporte público com a representação dos demais veículos como “filas” cujos comportamentos são agregados em conceitos como “comprimento de fila”, “taxa de descarga”, “tempo perdido de início de verde”, etc. Tais modelos são melhor adaptados para descrição matemática compacta, permitindo o tratamento por métodos como a programação matemática [Bradley et al., 1977]. No método de estudo a ser empregado, os modelos mesoscópicos provêm a base de cálculo dos controles de prioridade e retenção, conforme apresentado em Koehler e Kraus Jr. [2010] e Koehler et. al [2011].

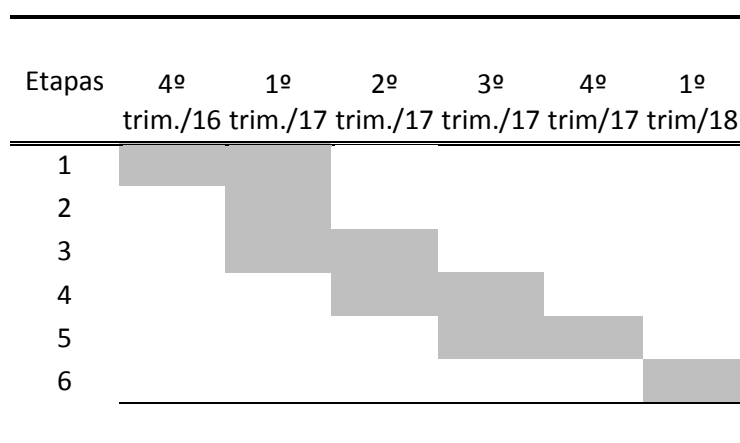
A junção dos níveis micro e mesoscópico se dá através da aplicação dos controles calculados com base em modelos mesoscópicos (tratáveis por métodos de otimização) em redes viárias simuladas em ambiente microscópico. Estes permitem representar fenômenos não descritos nos modelos de controle, servindo de teste da robustez dos cálculos feitos com modelos simplificados diante da realidade dos fenômenos do tráfego urbano.

Atividades e Cronograma

Atividades:

1. Estudo bibliográfico sobre controle de espaçamento entre ônibus, prioridade em semáforos para transporte público e controle de tráfego em tempo real.
2. Estudo do simulador de tráfego Aimsun.
3. Estudo das redes de transporte público propostas para a Grande Florianópolis e representação no simulador Aimsun.
4. Proposição de controle de espaçamento para veículos em múltiplos itinerários.
5. Implementação e testes.
6. Redação da dissertação.

Cronograma:



Infraestrutura

Os recursos de infraestrutura necessários para a execução da proposta estão disponíveis no DAS/UFSC, consistindo de:

- * Computadores
- * Licença de software de simulação microscópica Aimsun
- * Licença de software para análise de sistema de transporte TransCAD

- * Software livre de interpretador da linguagem Python
- * Software livre de gerenciador de banco de dados MySQL

Referências

Bradley, Hax, e Magnanti. Applied Mathematical Programming. Addison-Wesley, 1977. URL: <http://web.mit.edu/15.053/www/>. Acessado em 15/01/2014.

Diakaki, C., V. Dinopoulou, K. Aboudolas, M. Papageorgiou, E. Ben-Shabat, E. Seider, and A. Leibov (2003). Extensions and new applications of the traffic signal control strategy TUC. Transportation Research Record, 1856:202-216, 2003.

Dinopoulou, V., E. Kosmatopoulos, e M Papageorgiou (2004). Application of the traffic signal control strategy TUC to networks with public transport priority. In Proceedings International Conference on Modern Trends in Traffic Signalling and Telematic Systems, Patra, Greece.

Fang, F.C., Elefteriadou, L. (2008). Capability-Enhanced Microscopic Simulation With Real-Time Traffic Signal Control. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol:9, Ed:4, pp. 625-632.

Gordon, R. L. e W. Tighe. Traffic Control Systems Handbook. Federal Highway Administration, Washington, DC, EUA, 2005.

Heydecker, B. G. (1983). Capacity at a signal-controlled junction where there is priority for buses. Transportation Research B, 17B:341-357..

Koehler, L. A., E. Camponogara, and W. Kraus Jr. (2011a). Modelo e controle da operação de um sistema BRT com segmento de faixa exclusiva única bidirecional. Revista Transportes, 19(3):12-17.

Koehler, L. A., W. Kraus, and E. Camponogara (2011b). Iterative quadratic optimization for the bus holding control problem. Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on, 12(4):1568-1575. ISSN 1524-9050. doi: 10.1109/TITS.2011.2164909.

Koehler, L. A. e W. Kraus Jr. (2010). Simultaneous control of traffic lights and bus departure for priority operation. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 18(3):288-298. ISSN 0968-090X. doi: 10.1016/j.trc.2009.01.007.

Koehler, L. A., W. Kraus Jr., E. Camponogara, and A. Reuters Jr. (2012). Modelo e validação da estratégia de controle integrado de prioridade e retenção CIPER II para sistemas BRT. In Anais do XXVI ANPET, volume 1, pages 40-51, Rio de Janeiro.

Kraus Jr., W., F.A. de Souza, R.C. Carlson, M. Papageorgiou, L.D. Dantas, E. Camponogara, E. Kosmatopoulos, and K. Aboudolas (2010). Cost effective Real-Time traffic signal control using the TUC strategy. Intelligent Transportation Systems Magazine, IEEE, 2(4):6-17. ISSN 1939-1390. doi: 10.1109/MITS.2010.939916.

Kraus Jr., W., J. D. Vergara, F. A. de Souza, and E. Camponogara (2011). Novo método de cálculo das frações de verde para controle semafórico em tempo real. Revista Transportes, 19(1):87-94.

Mirchandani, P. B. e D. E. Lucas (2004). Integrated transit priority and rail/emergency preemption in real-time traffic adaptive signal control. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 8(2):101-115.

TSS (2014). Aimsun ng - the integrated transport modelling software. TSS Website. URL: <http://www.aimsun.com>. Acessado em 15/01/2014.

Zimmermann, Lucas; Kraus Jr., Werner; Koehler, Luiz Alberto; Camponogara, Eduardo. Holding Control of Bus Bunching without Explicit Service Headways. In: 14-th IFAC Symposium on Control in Transportation Systems, 2016, Istambul, Turquia. Proceedings of the 14-th IFAC Symposium on Control in Transportation Systems. Laxenburg, Austria: Internation Federation of Automatic Control, 2016. v. 1. p. 1-6.

Zimmermann, Lucas; Kraus Jr., Werner; Koehler, Luiz Alberto; Camponogara, Eduardo. Análise de Estratégias Realimentadas para Controle por Retenção do Intervalo entre Ônibus. In: XXIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2015, Ouro Preto, MG. Anais do XXIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Rio de Janeiro, RJ: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2015. v. 1. p. 1482-1493.