

Signal Control Strategies of Tramcar Priority Based on Coordinate Control

Chunhui Zheng¹, Xiaoning Zhang², Wei Mao³, Jianliang Han³

¹School of Transportation Engineering, Tongji University, Shanghai

²School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai

³Suzhou New District Tramway Company Limited, Suzhou Jiangsu

Email: 578786672@qq.com

Received: Feb. 22nd, 2015; accepted: Mar. 4th, 2015; published: Mar. 10th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Considering the driving characteristics and the impacts of tramcars on other traffic in the intersection, signal control strategies are investigated in the paper by which it can give the right way of tramcars to achieve the purposes that guarantee the tramcars' service level and minimize the bad impacts on the other traffic. Based on the tramcar system of Line One in the Gaoxin region of Suzhou city, we propose to use a coordinate control mode—"green wave" on tramcars to optimize the entire line and improve the efficiency of tramcars.

Keywords

Tramcar, Road Intersection, Signal Priority, Coordinate Control

基于联动控制的有轨电车信号优先研究

郑春晖¹, 张小宁², 毛伟³, 韩建良³

¹同济大学交通运输工程学院, 上海

²同济大学经济与管理学院, 上海

³苏州高新有轨电车有限公司, 江苏 苏州

Email: 578786672@qq.com

收稿日期: 2015年2月22日; 录用日期: 2015年3月4日; 发布日期: 2015年3月10日

摘要

论文主要根据现代有轨电车的行驶特性及其对路口其他车流的影响，通过采取信号控制的方式，给予有轨电车在路口上的优先通行权以达到保障其服务水平同时尽量减小对其他车流的影响的目的。结合苏州市高新区有轨电车1号线的系统建设，提出在有轨电车行驶线路上采用“绿波带”式的联动控制方式，对整条线路进行优化以提高有轨电车的行驶效率。

关键词

有轨电车，平面交叉口，信号优先，联动控制

1. 引言

现代有轨电车作为一种新型的城市交通工具，以其绿色环保、运量适中、乘坐舒适、造价低和建设周期短等优点，已被我国许多城市所接受。全国各地争相开展有轨电车的规划和前期研究工作，有近 50 个城市正在进行规划或前期研究工作。据不完全统计，至 2020 年，全国现代有轨电车的规划线路超过 2500 千米，工程总投资预计达 3000 亿元；远期规划线路将超过 6000 千米[1]。现代有轨电车已进入全速发展的阶段。

随着苏州市高新区城市化、现代化进程的不断加快，发展空间的不断拓展，交通需求的增长越来越迅速，其需求增长所带来的挑战也日益严重。优先发展公共交通，特别是大容量的快速公交是解决其交通问题的唯一出路。基于此，苏州高新区提出将现代有轨电车这一新兴的交通方式引入进来。现代有轨电车的发展应用符合苏州高新区“科技、人文、生态、高效”的发展主题，并且可以弥补高新区在轨道交通与常规公交运能之间的空档，从而成为高新区的骨干公交网络组成部分[2]。

苏州市高新区有轨电车 1 号线是苏州市内现代有轨电车的第一条线路(见图 1)，该有轨电车线路贯穿了整个高新区，并可在终点站苏州乐园站与轨道交通 1、3 号线相互换乘，线路全长 18.19 公里，有轨电车的最高运行速度可达 70 km/h，总投资约为 31.49 亿人民币[3]。高新区有轨电车 1 号线共设站点 22 个，其中初期设立 11 个站点，分别为：苏州乐园站、新区公园站、外企生活服务区站、白马涧生态园站、马涧路站、大阳山森林公园站、高新区管委会站、科技城站、龙山路站、嘉陵江路站以及龙安路站[4]。

2. 控制方法

通常所讨论的信号控制都只限于单个交叉口，也就是我们所说的交叉口的单点信号控制。这种点控制方式对于单个交叉口的交通流而言效果自然较好，但是，在城市街道网络当中，交叉口之间的距离一般较近，各个交叉口分别设置点控制信号时，车辆就会经常遇到红灯，时开时停，从而造成行驶不畅，且对于环境的污染也十分严重。为了有效的减少车辆在各个交叉口的停车，人们开始研究把一批交通信号联结起来并加以协调控制的方法，于是就形成了交通信号控制系统[5]。本文所研究的就是基于联动控制的有轨电车信号优先。

在实施联动控制的干道上，当车辆行驶至某一个交叉口时，可能要等待绿灯放行，而在车辆通过这个交叉口以后再以一定的车速行驶，这样，当行驶到以后的各个交叉口时，信号灯大多协调为绿灯，以保证干道上行驶车辆的畅通，从而提高干道上车辆行驶的速度及通行能力；而与干道相交的次要道路则在一定程度上要服从于干道交通[5]。实际上，由于各种因素的影响及条件的限制，很难做到从第一个交



Figure 1. The schematic diagram of line one in the Gaoxin region

图 1. 高新区有轨电车 1 号线示意图

交叉口一直到最后一个交叉口这段很长的路程上保证车辆行驶时遇到的均为绿灯，一般在经过几个交叉口以后就有可能遇上红灯，但遇上红灯的概率总要比不加协调的单点控制要小一些。因此，借鉴这种道路的信号控制方法，本文提出基于干线协调式的有轨电车信号优先联动控制方案。

由于现代有轨电车沿着固定的线路行驶，这就对有轨电车在交叉口采用联动控制的策略提供了条件。所谓联动控制就是在一条干道上，将相邻的各个交叉口的信号灯以某种方式联结协调起来，按照一个既定的方案同步联动控制的一种控制方法[6]。现代有轨电车其运行特征类似于地铁，在运行模式上则类似于 BRT，鉴于此，可以将有轨电车看成是需要经过平面交叉口的地铁，而这个特点，就为有轨电车实施“绿波带”式的联动控制方式提供了可行性及可实施性。所谓“绿波带”式的信号控制方案，简单来说，就是将各个信号控制交叉口按照事先设计好的配时方案进行信号灯的分配，该配时方案的生成是为了使得当有轨电车按一定速度运行时，能够在各交叉口连续的碰到绿灯信号。而因为有轨电车可以按照一定速度运行于既定的轨道之上，且其运行过程中不会受到其他车辆等外界因素的干扰，因此可将其行驶线路上的各交叉口联动控制，按一定的信号配时规则使得有轨电车能在各个交叉口上所遇信号灯均为绿灯。

图 2 所示，为双向主干道的时距图，图中红色部分代表红灯时长，白色部分为绿灯时长，通过将干道上的若干交叉口联动控制的手段，使得车辆以稳定的速度通过时，在各个交叉口所遇信号灯均为绿灯。如图中所示，当车辆以 25.8 km/h 的速度由南往北行驶时，只要给予其 10.5 秒的“带宽”时间(即每个信号周期内绿灯的最短时间)就能让车辆在该干道上的所有交叉口均实现不停车通过。通过采取这种“绿波带”式的控制方法，当有轨电车以一定的速度沿线路行驶时，就可以使得有轨电车在大部分交叉口碰到绿灯，从而提高其行驶效率。同时对于与有轨电车相协调相位的社会车辆的顺畅通行也起到一定的帮助作用，对于干道上的交通流有着较好的控制效果，相对的，与其相交的次要道路的交通可能会受到一定的影响。

3. 案例分析

根据苏州高新区有轨电车 1 号线，结合其工程实例来验证控制方案的可行性及效果。为了减小对社会其他车辆的不利影响，选取高新区有轨电车 1 号线的太湖大道路段的相关交叉口作为研究对象，其中，东西向的太湖大道作为城市主干道为双向八车道，承担了较为重要的交通出行需求，交通量也较大；南北向为与主干道相交的次干道，其交通量明显小于主干道。因此，采用这种联动控制的优先方案对于道路交通的影响并不大(有轨电车主线交通流明显大于相交道路)。

采用“绿波带”式的联动控制方法对交叉口信号进行控制，并加入有轨电车动态优先控制中的绿灯点亮时间提前或绿灯延长的方法协调控制。当有轨电车即将抵达交叉口时，根据实际情况进行判断，如

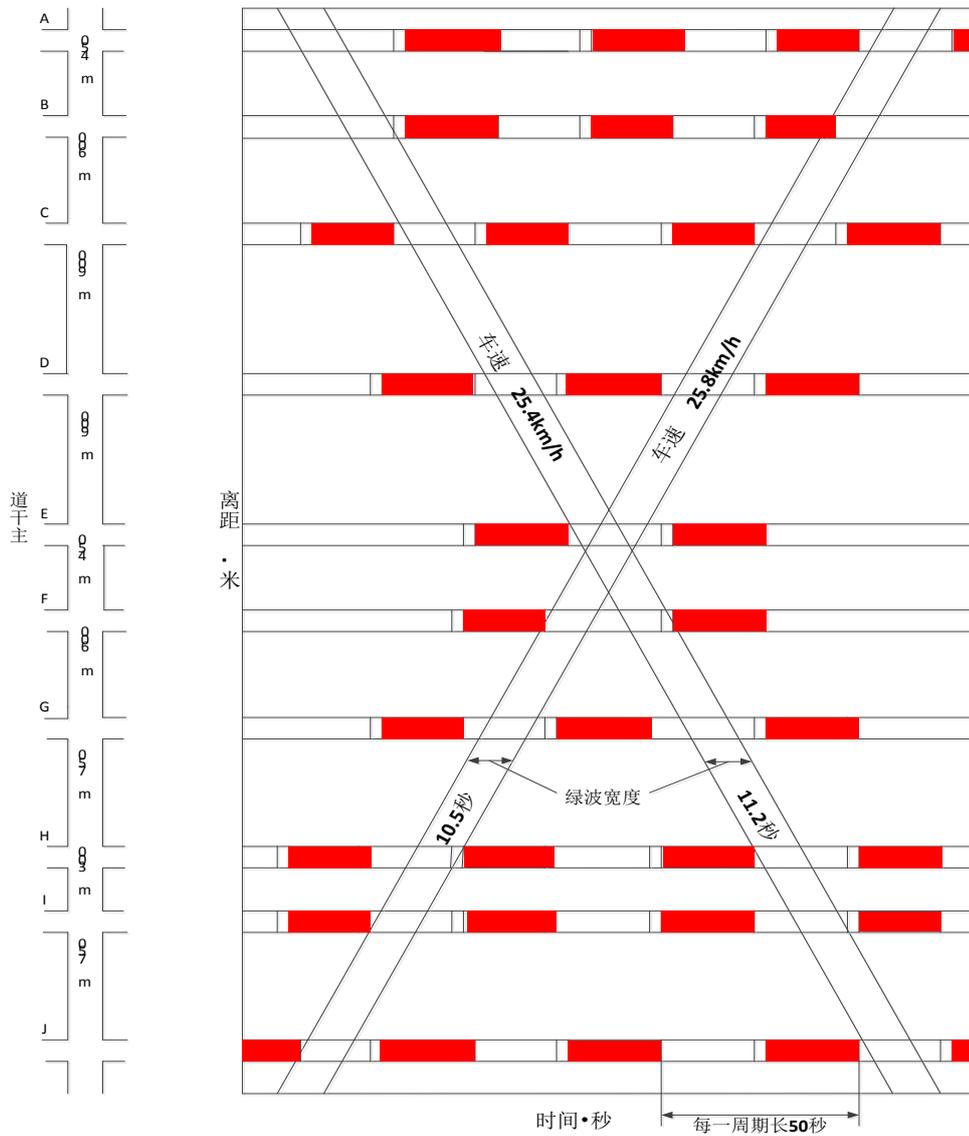


Figure 2. The time-distance graph of two-way arterial streets [7]
图 2. 双向主干道时距图[7]

满足一定条件则采取绿灯延长或提前启亮的方式给予有轨电车优先通行权[4]，然后协调控制该交叉口下游联动的路口信号机，使得有轨电车在通过这些交叉口时所遇均为绿灯。

对选取的交叉口采用联动控制的方案，并统计计算这些交叉口 6 个信号周期内的车辆延误时间，绘制联动控制方案前后的主线方向车辆延误表。

如表 1 所示，为采用控制方案前后主线(东西向)方向车辆延误，其中原有控制方案是指未加入联动控制方案时按原有的各路口信号配时方案实施的信号控制，联动控制则为加入“绿波带”式的控制方案。由该表可以看出，车辆的平均延误降低了约 44%。因此，采取这种控制方案，不仅有利于有轨电车在平交路口的信号优先，且对与有轨电车控制相位相协调相位的车辆的延误能起到一定的控制作用，可以提高主线上的通行能力。

由于在干线信号联动控制时，需选取交叉口中信号周期最大的路口作为系统的协调信号周期，因此优化后交叉口的信号周期变长，从而红灯时间也要变长，导致南北向次干道上的车辆在交叉口的等待时

Table 1. The vehicles delay of arterial streets before and after coordinate control
表 1. 联动控制前后主线车辆延误

周期	1	2	3	4	5	6
原控制方案(s)	524	375	733	477	512	788
联动控制方案(s)	245	249	397	303	310	359
优化效果	0.53	0.34	0.46	0.37	0.40	0.54

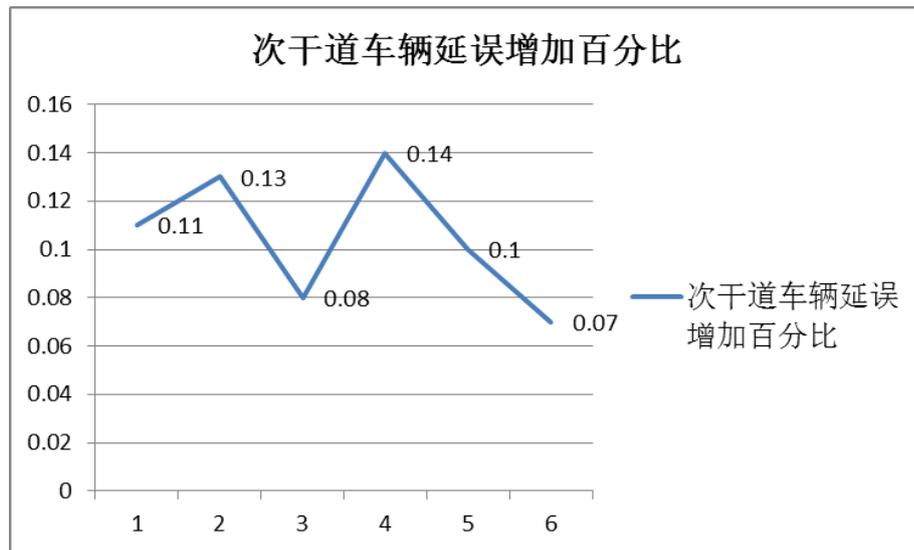


Figure 3. The impact of coordinate control on secondary roads
图 3. 联动控制对次干道车辆延误影响

间增加，其车辆延误也有所增加。由图 3 所示，为所控制的 6 个信号周期内，主线联动协调控制后对次干道车辆的信号控制延误影响，其车辆平均延误大约增长了 11%。

4. 结语

综上所述，论文提出的基于联动控制的有轨电车信号优先控制方案，对于有轨电车的运行效率有着良好的控制效果。经过对实际工程案例的模拟仿真，对所提出控制方案的有效性进行了论证，从其主线车辆及次干道车辆的信号控制延误方面，可以看出，所提出的方案对现代有轨电车交叉口信号优先控制的可行性及可实施性。

参考文献 (References)

- [1] 黎冬平, 等 (2006) 苏州高新区有轨电车线网规划方案与要点研究. *城市交通规划*, **2**, 30-38.
- [2] 王力舟 (2013) 苏州高新区有轨电车一号线工程建设与运营方案设计. 硕士论文, 南京理工大学, 南京.
- [3] 金建飞 (2013) 现代有轨电车信号优先设计方案研究. *交通企业管理*, **10**, 47-49.
- [4] 郑春晖, 等 (2014) 平交路口有轨电车信号优先控制策略研究. *交通技术*, **3**, 146-153.
- [5] Doll, C. and Listl, G. (2007) Tram and bus prioritization at trafficsignal systems within Green Waves. *Traffic Engineering and Control*, **1**, 21-24.
- [6] 周商吾 (1987) 交通工程. 同济大学出版社, 上海.
- [7] Martori, J.R. and Thorson, O. (2000) System for tramway priority at traffic. *Proceedings of the 7th International Conference on Computers in Railways*, Bologna, WIT Press, Southampton, 1205-1213.