基于车路协同的公交优先策略

Bus Priority Strategy Based on Cooperative Vehicle Infrastructure System

魏 然 (北方工业大学城市道路交通智能控制技术北京市重点实验室,北京 100144)

罗 毅 (武汉市公安局交通管理局,湖北 武汉 430030)

摘要:针对现有的公交优先控制数据滞后,评价指标单一等问题,提出基于车路协同的公交优先策略,利用车路协同的实时数据信息,综合多个评价指标,进行多交叉口的连续公交优先控制,经过 VISSIM 仿真验证,可以有效提升公交准点率和交叉口的综合效益。

关键词:车路协同;公交优先;公交准点率;延误

Abstract:In view of the existing bus priority control data lag,single evaluation index and other problems,this paper proposes a bus priority strategy based on vehicle road cooperation,which uses the real-time data information of vehicle road cooperation to integrate multiple evaluation indexes to carry out continuous bus priority control at multiple intersections. The VISSIM simulation results show that it can effectively improve the bus punctuality rate and the comprehensive benefits of intersections.

Keywords:cooperative vehicle infrastructure system, bus priority, bus punctuality, delay

近年来车路协同技术的迅速发展为公交车的优先控制提供了更加全面的支撑条件,基于实时的交通数据,采集和计算各种参数,应用于各种公交优先控制模型中,能够减少公交车的延误或者减少人均延误等,从而提高公交车的效率。

1 车路协同数据获取

据文献[1],车路协同系统能够为使用者提供车辆安全与控制、行人安全、非机动车安全、信息服务、应急救援等领域的基本服务,面向对象涵盖车辆驾驶者、行人、非机动车、出行者等。有关公交系统的功能中可直接获取车辆速度、位置、加速度、时刻表、路口控制模式等信息,可以通过计算间接获取载客情况、下游乘客等待时间、排队长度、公交准点率等数据,具体主要功能如表 1 所示。

表 1 车路协同系统为公交优先提供的主要功能

		36
服务名称	功能描述	用户主体
车辆运行状	实时、动态地向驾驶员提供自身车辆以及周边车辆的位置、速	机动车驾驶员
态信息	度、加速度等运行化态信息。	7000十与状火
路网交通	实时、动态地向出行者及相关管理部门提供如交通流量、路段	出行者、交通控
状态信息	占有率、拥挤程度等路网交通状态信息。	制决策中心
气象信息	向出行者提供气象部门发布的当前和未来一段时间内的天气	出行者
430-111-20	情况信息以及如湿度等路面状态信息。	
自主导航	为驾驶员提供如当前车辆位置、目的地方向及位置、路网中各	驾驶员
	路段的结构信息及交通管理控制信息等丰富的行驶信息。	
公交乘 OD		调度中心、交通
信息	工具用各站点乘降量进行公交线路客流OD管流类推估算。	控制中心
公交调度信	向出行者及公交驾驶员提供固定的公交调度信息以及实时调	出行者、交通控
息	度信息, 同时提供各路段建议车速, 尽可能实现正点运行。	制决策中心
交通管理策	利用各种信息技术以及控制手段来保证制定的交通管理策略	交通控制决策
略的实现	的实现。	中心
交通拥堵状	对交通运行状态进行监控,及时向管理部门发出预警信息,并	交通决策中心、
态监测	通过路侧设备、车载设备和手持终端以及互联网发布信息。	管理部门
公交需求管	通过车路协同信息采集技术和信息交互技术, 获取出行者对公	交通控制
理	交的需求,并根据需求对公交车辆进行调度。	决策中心
公交电子自	通过先进的电子技术和信息处理技术, 实现公交乘客乘车费用	运营管理者、出
动收费	的自动收取。	行者

2 公交优先延误模型

在车路协同环境下可对公交车进行全路段的控制,因此将公交优先分为车站到交叉口的阶段和交叉口内的阶段,分别计算延误构建公交优先延误模型,目标函数 f(v,t)为延误减少最大量,控制变量为引导车速 v 和控制策略时长 t,模型如下:

$$\max f(v,t) = \frac{\triangle D_{\perp iij} + \triangle D_{\neq X \Pi} + \triangle D_p + \triangle D_+ - AD_-}{U + Q + S_+ * p + S_- * p}$$

优先策略受益的社会车辆总延误变化 D_+ 、车辆数为 S_+ ,优先策略受损的社会车辆总延误变化 D_- 、车辆数为 S_- ,优先策略前后下游站点乘客延误变化 ΔD_p , U 为公交车上的乘客数,Q 为下游站点等待此公交车的乘客数,p为社会车辆平均乘客数,公交车正常到达下游站点的时刻 t_0 ,优先后公交车到达下游站点的时刻 t_0

$$\triangle D_p = (t_0 - t_0)Q$$

$$\triangle D_{+}=t * S_{+} * p$$

$$\triangle D_=t * S_* p$$

公交车在车站到交叉口的阶段中延误减少量为 $\Delta D_{\perp ii}$, 距离为 X, 初速度 V_{ii} , 引导车速为 V_{ij} , 公交车在交叉口内延误减少量为 $\Delta D_{\alpha \in \mathbb{Z}}$:

$$\begin{split} & \Delta D_{\text{\tiny LiB}} \text{=} U * (\frac{X}{V_{\text{\tiny BJ}}} \text{-} \frac{X}{V_{\text{\tiny BJ}}}) \\ & \Delta D_{\text{\tiny XXII}} \text{=} U * \Big[\Big(\frac{V_{\text{\tiny BJ}}}{\left| a_{\text{\tiny BJ}} \right|} \text{+} \frac{V_{\text{\tiny BJ}}}{a_{\text{\tiny BI}}} \Big) \text{-} \Big(\frac{V_{\text{\tiny BJ}}}{\left| a_{\text{\tiny BJ}} \right|} \text{+} \frac{V_{\text{\tiny BJ}}}{a_{\text{\tiny BI}}} \Big) \text{+} t \ \Big] \end{split}$$

3 公交优先控制策略

基于车路协同系统的均衡优先控制流程如图 1 所示。

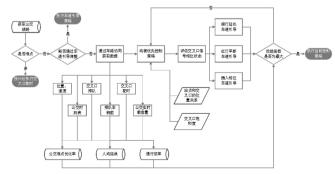


图 1 车路系统环境下公交优先控制流程图

效益函数 PI:表示实施优先策略前后的效益问题,包含公交准点优化率 P、人均延误变化率 D%、通行效率变化率 C%三个评价指标。其中公交准点优化率为公交车辆经过均衡优先控制

后减少的晚点时间与原晚点时长之比。通行效率为整个周期内交叉口通过的车辆数,比例系数 α 、 β 、 γ 在仿真时标定。

 $PI = \alpha \triangle P + \beta \triangle D\% + \gamma \triangle C\%$

当求解得到 Pl_{max} 时,绿灯延长、红灯早断、相位插入、跳跃相位或者倒转相位方案可行,执行公交优先策略,实现公交优先。当 Pl<0 时,保持原来的信号配时方案,不进行公交优先。

4 仿真验证

取北京一路公交线路连续3个公交站进行公交优先控制仿真分析,公交站之间分别有一个信号交叉口,为简化计算,假定车辆为线性到达(实际交通流并非严格的线性规律,可近似按照分时段线性规律来进行处理)。在 Vissim 中画出路网并填写交通数据,采用 Python 进行二次开发,使用本文提出的公交优先控制策略进行仿真验证,具体流程如图2。



据调查,得到交叉口流量,社会车辆均折换成标准当量小汽车,流量表如表 2 所示,由于右转车辆不受信号控制,不考虑其影响。

表 2 交叉口流量

	转向	流量(pcu•h-1)		转向	流量 (pcu・h-1)
	北直	1731		北直	1035
	北左	51		北左	311
	东直	141		东直	366
路口1	东左	31	路口2	东左	288
	南直	1664		南直	1027
	南左	153		南左	160
	西直.	70		西直	443
	西左	25		西左	153

现状交叉口信号配时分别采用 3 相位、4 相位控制方案,具体方案如表 3。

表 3 原配时方案

路口	不同相位	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4
路口1	方向	南北直行	南北左转	东西方向	
11 口台	相位时长/s	75	35	40	
마이	方向	南北直行	南北左转	西方向	东方向
路口 2	相位时长/s	84	44	56	56

公交车在第一相位到来,即公交车在南北直行方向,且以 120s 的发车间隔出发,3600s 为一个运行周期。假设平均乘客数为 35 人,社会车辆载客数为 2 人,车辆以随机速度到达信号交叉口,公交车从上游站点出发时模型生效,编程进行数值计算,为减少误差,运行 60 次。准点率分为平均准点率和总平均准点率,平均准点率为每一秒出发的车辆准点率的平均,总平均准点率为整个周期内所有车辆准点率的平均。设公交车准点时旅行时间为 60s,假设在正点前后 5s 范围内均为准点,将本文公交优先策略下的公交车准点率与原配时方案下的准点率进行比较,不同策略下公交车平均准点率、总平均准点率如图 3 和表 4。

由图 3 和表 4 可知,本文提出的公交优先策略可以有效提高公交车的准点率,总平均准点率从 20.54%提高到 42.94%,平均准点率提高至 70%,但是准点率并不稳定,因为优先策略不满足效益函数时,会采用原配时方案,准点率不变。

假设公交车平均载客数量为 40 人,社会车辆载客数量为 2 人,通过优先策略后公交车和社会车辆的人均延误和原控制方 案下公交车和社会车辆的人均延误对比如表 5 所示。

由表5可知,本文策略能够有效降低公交车的人均延误,减

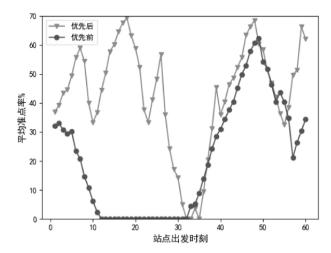


图 3 不同控制策略下公交车平均准点率

表 4 公交车总平均准点率

运行参数	优先前	优先后	变化率/%
总平均准点率/%	20.54	42.94	+109.06

表 5 公交车和社会车辆人均延误

车辆类别	优先前人均延误	优先后人均延误	变化率/%
公交车	1.62	0.88	-45.68
社会车辆	18.31	18.64	+1.80

少百分比为 45.68%,并且对社会车辆的影响较低,社会车辆的人均延误仅增加了 1.8%,可以证明公交优先策略的有效性。

5 结束语

车路协同是智能交通发展的趋势,也为公交优先提供了新的技术手段,但是目前相关研究较少,本文综合考虑公交准点优化率、人均延误变化率和通行效率变化率三个评价指标进行公交优先,提出了基于车路协同技术的公交优先策略。根据车路协同获取各个交通参数,在公交车延误模型下求得最大效益函数,通过效益函数来确定公交优先的配时方案,通过连续几个公交车站的仿真表明,公交车的平均准点率提高22.4%,公交车人均延误降低45.68%且对周围的社会车辆影响较低,提升了整个交叉口的综合效益。

参考文献

[1] 张毅, 姚亚丹. 基于车路协同的智能交通系统体系框架[M]. 北京: 电子工业出版社. 2015

[收稿日期:2020.12.31]



区域搜索推荐 引领行业变革

详情请登陆: http://www.gkong.com/co/gkong/fresh.htm

工控行业交流交易平台

http://www.gkong.com 客服热线: 0755-26585712