

基于光电信息处理与时间 最优算法下的智能交通系统的设计与应用

丁晓峰

哈尔滨工业大学（威海）

摘要 本项目利用光电信息采集技术，结合路口等待时间最优化算法，通过光电采集、数据分析、数据处理、模块控制来实现城市交通路口的红绿灯控制，做到高效、合理、最大化解决交叉道路的交通堵塞问题，为实现智能化城市交通建设提供一种解决方案。

关键词 光电采集 时间最优算法 智能交通 解决方案

DOI <https://doi.org/10.6938/jie.060111>

产教融合研究 ISSN 2664-5327 (print), ISSN 2664-5335 (online), 第6卷第1期, 2024年2月出版, Email: wtocom@gmail.com。

一、研究意义与目的

“衣、食、住、行”是最大的民生工程。随着社会生活水平的不断提升，其中的“行”也越来越引起人的关注。现在每个家庭基本上都有了自己的爱车，于是“出门难”“城市堵”等现象变得越来越普遍，城市道路的交通拥堵问题，是一个亟待解决的问题。

在各级政府越来越重视和支持智能交通技术的发展和运用，开发和建设城市智能交通得到了普遍认可。但从本质上来看，目前国内智能交通基础信息化建设及交通网络集约化仍存在较多问题，无法完全满足广大民众日常出行需求的同时，对智慧交通建设和发展也造成一定影响。同时，部分城市智慧交通覆盖面相对较窄，无法实现市区内交通设施的协调与统一。智慧交通主要以智慧公交、交通状况监控及交通信息发布为主要内容。当前我国城市智慧交通信息系统设计缺少完善性，无法满足上述多元需求。特别是对于大型路口、城市道路与公路相交处因缺少综合感知与控制系统，导致道路交通堵塞和交通安全等诸多问题频现。

用于解决和优化实际问题的方法统称为优化算法，它是基于创设某种机制或理念，通过一定的技术、规则或方法得到满足实际问题所要求的解的过程。本项目利用先进的光电信息采集技术，对采集的数据进行综合的分析，依据车辆等待用时最优级原则，通过控制信号灯，有序放行路口车辆，达到快速、人性化解决交叉路口的交通拥堵问题，为创新实现智能化城市交通建设提供一种解决方案。

二、国内外研究现状

资料显示，我国的智能交通发展相比国外起步较晚，在具体应用技术和设施建设方面更显落后。面对中国广大的交通市场，很多的国外公司迅速加入我国的交通技术领域和交通咨询领域。据不完全统计，目前我国国内智能交通高端市场 70% 以上被国外企业抢占。像在自适应交通信号系统方面，国内市场基本被国外公司所垄断。尽快创新和发展我们自己的高端智能交通系统已迫在眉睫，这就倒逼国内相关科研院所、高校等机构加大这方面的研究和投入，提高我国高端智能交通系统的国产化水平。近年来，我国在智能监控方面有了长足的进步，为高端智能交通产品的开发打下了坚实基础。

同时我们发现，国内交通系统与国外的智能交通系统相比，我国整体的交通系统在功能、服务项目等方面也相对单一，与国外那种多元化、细致化的产品功能服务有很大的差别。另外我国现有的交通系统多为传统模式，只具有固定时长的交替红绿灯，常存在没有车辆时也是绿灯，而另外一侧有“长长”车辆正在等待通行的情况。如何提高智能交通的“智能化”是我们必须和亟待解决的现实问题。

三、项目研究的创新点

智能交通系统简称 ITS。一个典型的智能交通系统至少由四部分构成：1. 数据收集设备。它由使用各种传感器组成，像摄像头、雷达、感应线圈等，作用就是收集多项交通数据。2. 数据传输网络。作用是将采集的数据传输到交通管理中心和数据分析处理器。3. 交通管理中心。对采集的多项数据进行分析并生成交通控制策略。4. 控制设备。作用是将交通管理中心发出的指令通过信号系统表达出来，指挥车辆及行人通行。如何解决拥堵，提高车辆及行人的通行效率是智能交通系统最重要的职责。在该系统中，对收集的数据分析、优化算法至关重要，是系统的核心。与其他智能交通系统不同，本系统具有独特的创新点在于优化算法，主要体现在以下三个方面。

1. 采用先进的光电信息采集，及时准确地掌握城市道路车辆交通信息，这些信息主要包括：每行车道内车辆数量、每行车道内从停止线到最后一辆车（数据采集时刻）的长度、每行车道内所有车辆通过路口的时长等。这些信息为后续数据分析及处理提供实时数据。

2. 依据红灯等候时间总时长最优和人性化为目标, 依据交通规则, 建立最优时间算法, 控制红绿灯的工作, 实现路口等待红灯的时间最优, 避免传统红绿灯路口“无车也在绿灯”的现象。

3. 建立不同城市道路路况下的智能交通标准化模块, 便于能够快捷、广泛地进行系统产品推广打好基础。

四、项目研究的内容

成熟的城市智能交通系统至少要包含: 智能应用平台、基础信息平台、信息保障平台三部分, 依托系统接口与地方交通管理部门系统平台数据交换, 为公安、政府部门及社会群众提供交通信息服务。本系统主要侧重于智能应用平台的建设与开发, 与城市交通信号控制、交通信息采集等系统相连, 实现城市交通基础信息集成化, 进而依托大数据分析, 构建信息数据库。该数据库具有实时采集、捕捉、分析的功能, 可根据数据库对中心应用平台相关数据进行检索与查询, 为后续智能交通系统管理提供支持。

在数据采集分析的基础上, 对交叉路口的信号灯进行有效控制。达到对城市道路交通流量实时监控、捕捉, 具有控制、协调城市交通、改善区域内交通堵塞的功能。多路口甚至城域范围内数据共享、协调联动, 结合“绿波通行”算法, 可全面提升路口车辆通行效率, 最大限度解决交通拥堵难题。

根据项目建设内容与后期推广情况, 预想达到以下目标:

1. 系统总体结构框架的设计

调查研究系统的可行性, 与相关部门沟通, 收集必要的信息数据和硬件信息。了解我交通系统内的规章制度及法规, 行业标准信息等。完成整系统应用平台建设、基础应用平台建设。

2. 项目主要功能模块的开发与设计

该目标主要包括: 系统采集模块建设、系统数据分析模块建设、交通控制模块建设等。

3. 系统产品的实际运用及推广

通过建立校内模拟路口交通, 测试本系统项目的实际使用效果, 发现及优化系统设计, 修正系统效能, 为推向实际运用做好科学规划与评价。

五、本项目所涉及的符号及图示说明

交通 (traffic) 方向分别用 D、N 来表示, 两者为交差方向。在每个方向上, 又根据相对的两个行车方向, 分别用 D_1 、 D_2 ; N_1 、 N_2 表示。

方向 D1 上的直行 (Straight travel) 时长, 用符号 D_{1ST} 来表示; 方向 D2 上的直行时

长，用符号 D_{2ST} 来表示。

方向 $N1$ 上的直行时长，用符号 N_{1ST} 来表示；方向 N_2 上的直行时长，用符号 N_{2ST} 来表示。

方向 D_1 上的左转弯（turn left）时长，用符号 D_{1SL} 来表示；方向 D_2 上的左转弯时长，用符号 D_{2SL} 来表示。

方向 $N1$ 上的左转弯时长，用符号 N_{1SL} 来表示；方向 N_2 上的左转弯时长，用符号 N_{2SL} 来表示。

方向 D 上的直行总（sum）时长，用符号 S_{1ST} 来表示，有 $S_{1ST}=D_{1ST}+D_{2ST}$ ；方向 N 上的直行总时长，用符号 S_{2ST} 来表示，有 $S_{2ST}=N_{1ST}+N_{2ST}$ 。

方向 D 上的左转弯总时长，用符号： S_{1SL} 来表示，有 $S_{1SL}=D_{1SL}+D_{2SL}$ ；方向 N 上的左转弯总时长，用符号： S_{2SL} 来表示，有 $S_{2SL}=N_{1SL}+N_{2SL}$ 。

交通红灯（red light）最长（maximum）时长，用 RTM 来表示；心理上（psychologically）红灯最长时长，用 RPM 来表示。

符号意义见图 1 所示。

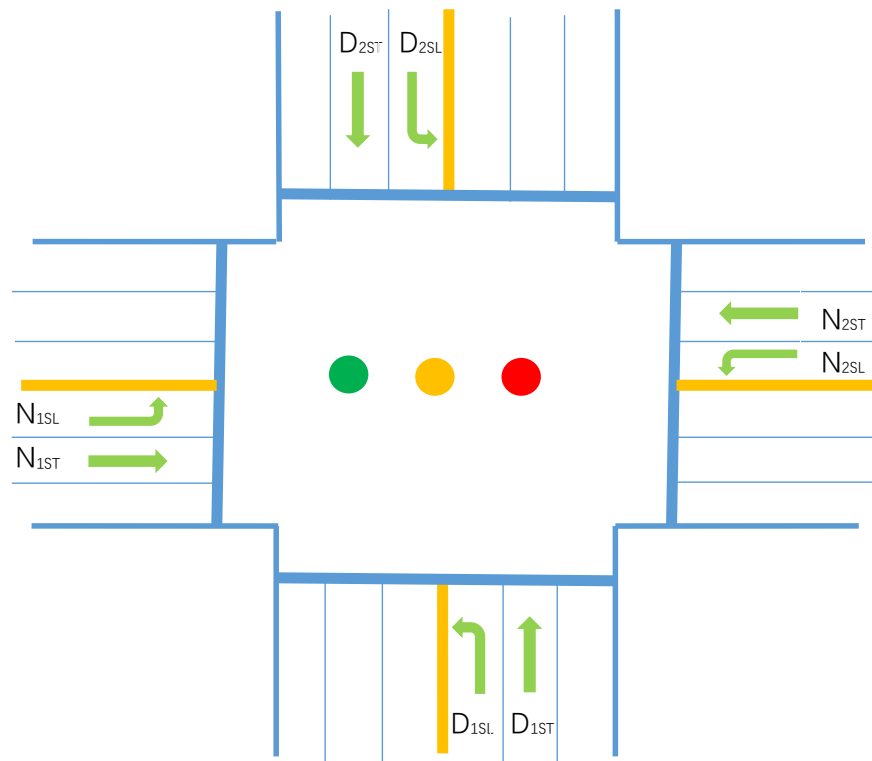


图 1: 交叉路口红绿灯示意图

六、项目实施的路径与方法

数据采集是进行有效控制的首要任务,当前我国在视频数据采集方面走在了世界前列,其中不乏众多知名品牌:如大华、海康威视、宇视等等,通过这些产品,我们可比较方便地获取到路口车辆信息,为我们后续工作提供了基础保障,在此基础之上,确定了项目实施的方法:

(一) 确定通行等级(放行规则)

1. 优先级:交通管制

在应急或突发事件时,由交管或其他相关部门人为控制信号灯。此时信号灯的控制不再由本系统控制,等交通管制结束后恢复本系统控制。

2. 次优先级:心理承受

根据当地人员及习惯认知,通过随机采样调查,确定当地民众通过路口时,在心理上所能承受的等待红灯时的最大时长,记作 R_{TM} 。

3. 正常级:日常交通

依据该路口车流量情况,由本系统根据等待时间最优算法,控制通行信号。

4. 闲时级:闲时交通

在某些时段,道路上车辆较少时,定义为交通闲时,此时系统会根据实际情况,放行待通过的车辆,不会考虑次优先级和正常级下的限定。即可能会出现,某一方向上若长时间没有车辆等待通行时,这个方向上将“长时间”会显现出红灯的情况。

(二) 通行算法

通过安装在路口上方标志杆上的数据收集摄像头,完成采集周期上的数据收集,由计算机根据预设程序,进行分析、决策,进而控制信号灯的指示。通行根据通行等级,由高到低执行。在优先级别下,信号灯由人员接管;在正常级别下,要遵循次优先级所设定的最大心理承受时长 R_{TM} 下,根据车辆等待总时长最短来控制信号灯。由于优先级是由人员控制,具体操作由人来完成,所以不做赘述。对于其他级别,具体程序设计如下:

系统开机,作为初始状态,收集各方向上的直行和左拐车辆的长度(从停止线到最后一辆车的尾部),根据长度换算成时长(长度/路口限速=时长)。

采集周期为 T ,它是一个变量。即开始从某一方向放行到另一方向放行完毕为一个采集周期。而采集时刻为这一周期结束后的“瞬间”。在这一瞬间之外的时段,进入各车道的车辆不会被计算在本周期内。

此周期直接关系到后续车辆是否能在本周期内通过,也就是说,虽然车辆“紧跟”在前车后面,但如果没有被本次“瞬间”所采集到,也有可能本次不能通过路口。

特别指明的是:每个车道内的车辆通过路口的总时长不能超过“心理上红灯最长时长”

R_{PM} 。当超过这个时长时，将执行下一“步骤”。

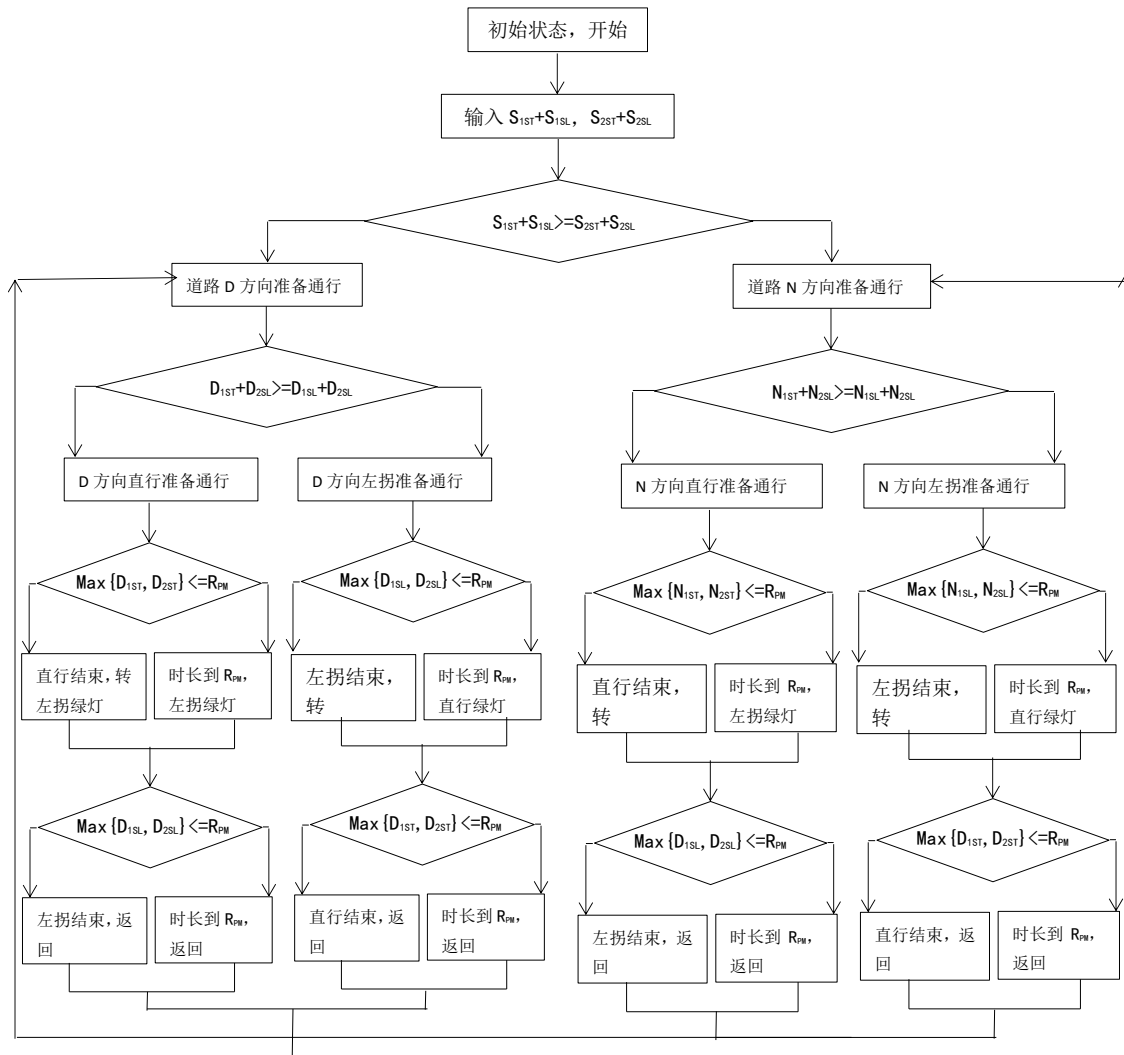


图 2: 交通信号灯控制程序设计流程

于是在初始状态下，将 $S_{1ST} (D_{1ST}+D_{2ST}) + S_{1SL} (D_{1SL}+D_{2SL})$ 与 $S_{2ST} (N_{1ST}+N_{2ST}) + S_{2SL} (N_{1SL}+N_{2SL})$ 对比，根据 $S_{1ST}+S_{1SL}$ 与 $S_{2ST}+S_{2SL}$ 的大小，确定数量大的这个方向首先放行，此时，再比较这个方向上的直行 $D_{1ST}+D_{2ST}$ ($N_{1ST}+N_{2ST}$) 与左拐 $D_{1SL}+D_{2SL}$ ($N_{1SL}+N_{2SL}$) 的大小，根据数量大的先行，最终确定该方向是先直行还是先左拐。但不管是先直行还是先左拐，当即将完成时，黄灯闪烁，然后红灯亮，在该方向上，进而有直行改左拐或者左拐改直行。

当这个方向上的总的通行时长 $S_{1ST}+S_{1SL}(S_{2ST}+S_{2SL})$ 小于等于 $2 * R_{TM}$ 时，在这个方向上的车辆即将全部通过时，黄灯闪烁，然后红灯亮，更换为另一方向上的车辆，依据上

述规则通过。

当这个方向上的总的通行时长 $S_{1ST}+S_{1SL}(S_{2ST}+S_{2SL})$ 大于 $2 * R_{TM}$ 时, 该方向上的车辆在达到 $2 * R_{TM}$ 时长时, 黄灯开始闪烁, 然后红灯亮, 更换为另一方向上的车辆, 再重复前面的所述规则通过。具体见程序流程图 2 所示。

因此方案设计未将行人考虑在内, 所以当车辆直行时, 同方向上的行人可以通过路口。根据此设计理念, 下一步完全可以推广到人行道上行人问题, 只要解决人行道上行人数量的采集, 再将此数据考虑到时间最优方案中即可。

七、结束语

通过参与本项目的研究, 能够锻炼项目组成员的知识应用能力, 加强动手能力和跨专业拓展能力的训练。进一步加深学生对本专业和相关专业学科知识, 如电子设计、数学、大数据、交通、软件工程等的理解, 对提升学生综合素质有很好的帮助。通过努力, 试图能够提供一种城市智能交通的设计思路, 为进一步开发更为合理的交通系统研究提供参考。

〔责任编辑: 丁勇〕

基金项目 教育部产学合作协同育人项目创新创业联合基金项目: 基于光电信息处理与时间最优算法下的智能交通系统的设计与应用(项目编号: 230802206290546), 哈尔滨工业大学(威海)与港美通科技(深圳)有限公司合作。

作者简介 丁晓峰, 男, 2004年5月出生, 哈尔滨工业大学(威海)理学院光电信息科学与工程本科专业本科生, 通讯地址: 山东省威海市文化西路2号哈尔滨工业大学(威海)理学院。E-mail: dingxiaofeng0505@163.com, <https://orcid.org/0009-0008-6906-6434/>

文章记录 收文: 2024年1月13日; 修改: 2024年1月20日; 发表: 2024年2月28日。

引用本文 丁晓峰. 基于光电信息处理与时间最优算法下的智能交通系统的设计与应用 [J]. 产教融合研究, 2024, 6(1):108-115, <https://doi.org/10.6938/iie.060111>。

参考文献

- [1] 邝先验, 刘平. 基于改进 YOLOv5s 的复杂场景车辆检测方法 [J]. 现代计算机, 2022, 28(7): 47-52.
- [2] 白建峰. 大数据时代城市智能交通网络系统发展可行性研究 [J]. 通讯世界, 2020, 1: 157-158
- [3] 史宇倩, 温永杰, 屈凯. 城市智能交通发展现状和展望 [J]. 科学技术创新. 2020, (1). DOI: <http://doi.org/10.3969/j.issn.1673-1328.2020.01.058>.

- [4] 张九龙, 王晓峰, 芦磊, 牛鹏飞. 若干新型智能优化算法对比分析研究 [J]. 计算机科学与探索, 2022, 16(1): 88-105. DOI:<http://fcst.ceaj.org/CN/10.3778/j.issn.1673-9418.2107028>
- [5] 马秋芳. 改进 PSO 优化的 BP 神经网络短时交通流预测 [J]. 计算机仿真. 2019,(4). DOI:<http://doi.org/10.3969/j.issn.1006-9348.2019.04.020> .

Design and Application of Intelligent Transportation Systems Based on Optoelectronic Information Processing and Time-optimal Algorithms

Xiaofeng DING

Harbin Institute of Technology, Weihai

Abstract The project employs photoelectric information acquisition technology and integrates it with an intersection waiting time optimization algorithm to achieve traffic light control at urban intersections through photoelectric acquisition, data analysis, data processing, and module control. Its objective is to efficiently and effectively address the issue of traffic congestion at intersections, providing a solution for the development of intelligent urban transportation.

Keywords Photoelectric acquisition; Time optimization algorithm; Intelligent transportation Solutions

Cite This Article Xiaofeng DING. Design and Application of Intelligent Transportation Systems Based on Optoelectronic Information Processing and Time-optimal Algorithms[J]. *Integration of Industry and Education*, 2024,6(1):108-115, <https://doi.org/10.6938/ie.060111>

©The Author(s) and Creative Publishing Co., Limited 2024. *Integration of Industry and Education*, ISSN 2664-5327(print), ISSN 2664-5335(online), DOI 10.6938, Volume 6 Issue 1, published on 28 February 2024, by Creative Publishing Co., Limited, <http://riie.cc>, <http://www.ssci.cc>, Email:wtocom@gmail.com, kycbshk@gamil.com.