

基于车流量的交通灯控制系统设计

章伟¹, 张代远^{1,2,3}

- (1. 南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003;
2. 江苏省无线传感网高技术研究重点实验室, 江苏 南京 210003;
3. 南京邮电大学 计算机技术研究所, 江苏 南京 210003)

摘要:随着在世界各地交通拥堵现象日趋严重,城市内的交通信号智能控制变得越来越重要。先前研究的智能交通信号控制领域内有几个缺点,包括:依赖历史数据、固定配时、不能解决现实复杂多变的环境。文中提出的基于车流量的智能交通灯控制系统,利用视频检测技术,测得路口的实时车流信息,并依据所测得的信息设计了时间分配控制算法来调整控制各车道的绿灯时间,实时改变交通灯的时长以实现车流动态调节,该方案允许信号实时被更新以匹配当前的交通需求。运用到实际可达到缓解交通压力、提高通行效率、节省出行时间、节能减排、保护环境的目的。

关键词:车流量;视频检测;实时;时间分配;控制算法

中图分类号:TP302.1

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2015)05-0196-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.05.046

Traffic Light Control System Design Based on Traffic Flow

ZHANG Wei¹, ZHANG Dai-yuan^{1,2,3}

- (1. College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications,
Nanjing 210003, China;
2. Jiangsu High Technology Research Key Laboratory for Wireless Sensor Networks,
Nanjing 210003, China;
3. Institute of Computer Technology, Nanjing University of Posts and Telecommunications,
Nanjing 210003, China)

Abstract: As traffic congestion rises within urban around the world, the intelligent control of traffic signals within cities is becoming increasingly important. Previous research for the area of intelligent traffic signal control has several shortcomings, including a reliance on historical data, fixing timing, not solving complicated and changeable situation. Propose the intelligent traffic lights control system based on traffic flow in this paper. It can get real-time traffic information with the help of video detection technology, and design the time algorithm that based on the information measured to adjust the control of the time of green light in all lanes, which can accurately change the time of traffic lights by achieving traffic dynamic adjustment. This solution allows signals to be updated frequently to match current traffic demand. It can alleviate traffic pressure, improve efficiency, save people's time and energy and protect the environment.

Key words: traffic flow; video detection; real time; time allocation; control algorithm

0 引言

在世界各地的城市中,随着人口的增加交通流量也不断增加,导致移动缓慢,交通拥挤。事实上,如果没有某种形式的控制,增加流量超出某一临界导致自发形成交通堵塞,交通事故,等等。解决这个问题的一个简单方法是增加整体能力,通过扩大现有的交通基

础设施(如,增加公路车道)。然而,这种解决方案不断消耗空间,这是在一个城市环境中极其有限的资源。而智能交通系统的研究旨在提高交通网络的运行效率,允许车辆更快通过控制系统^[1]。

目前,许多优化操作都采用的是离线的方式,使用历史测量的数据估测出最佳信号配置时间。该方法采

收稿日期:2014-07-01

修回日期:2014-10-03

网络出版时间:2015-04-22

基金项目:江苏高校优势学科建设工程资助项目(yx002001)

作者简介:章伟(1990-),男,硕士研究生,研究方向为智能计算技术与应用;张代远,教授,博士,研究生导师,研究方向为人工智能、计算机体系结构、计算机应用等。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150422.0950.006.html>

用的只是固定配时的方式,这样容易造成“空等”的现象,如当南北方向为红灯且等待的车辆很多,而东西方向已经没有了车辆通行,但还按照原先设定的绿灯时间执行。这样的交通控制系统效率低,严重浪费了交通资源,增加了人们出行时间,影响人们的出行效率^[2-3]。

这种固定配时的方案已经不能满足实际的需要。虽然目前在一些城市采用了分时段控制的方案,即在车辆高峰期和平缓期分配不同的绿灯时间^[4],采用该方式在一定程度上能够缓解交通压力,但因为采用该方式只是基于前期一段时间获取的车流信息来设置不同时间段的红绿灯时间,并且采用的是循环执行,因此不具有实时性的特点。故起到的效果很有限。基于这些问题,智能交通控制系统应运而生^[5]。

该课题研究的是基于车流量的交通灯控制系统,目的是为了解决交通拥堵的问题。实现对交通灯的优化,解决两车道的车辆轮流放行时间固定、两条干道的红绿灯时间不能随时间的改变而修改等问题,进而达到以改变交通整体状况的目的。

1 车流量的检测

视频车辆检测法是另一种形式的车辆检测手段,该技术运用了模式识别的相关原理。路边摄像机捕获主要的交通监控视频,十字路口部分将视频回送到当地的交通服务中心,交通服务中心负责分析收到的监控视频,获得所需的流量参数和事件等信息。交通参数计算来自于统计跟踪结果,而事件检测通过建立基于规则的推理逻辑或使用训练数据训练适当的识别模型^[6]。

运用视频检测技术可以不破坏现有的路基,降低了维护所需的高额的投资,同时可以获得实时的信息,而且较其他检测方法,该方法可获得更大的检测范围^[7-8]。视频测量有一些显著的优点:

- (1) 每个测量点的费用开支较低;
- (2) 与其他技术相比物理安装较为廉价;
- (3) 测量点的维修费用较低;
- (4) 不破坏现有的道路交通建设;
- (5) 完整的解决方案和快速、简洁的配置和校准;
- (6) 视频检测技术发展比较成熟。

2 交通控制的优化

由传统的交通灯的控制方案可知,如表1、2所示,交通灯的控制是按照固定配时的方式控制红绿灯,即东西方向和南北方向的绿灯和红灯的时间固定不变,并没有考虑因车流量实时性的不同而实时调整绿灯时间^[9]。采用固定配时的方案不仅严重浪费了交通资

源,还由于长时间的等待会造成大量尾气的排放污染环境,而且也难以解决城市交通堵塞的问题。但就目前情况来看,中国绝大多数的城市仍然采用固定配时的方法来控制交通,没有对交通资源进行有效利用。

表1 传统交通灯的控制方案(南北向)

信号	时间/s
左转绿灯亮	20
黄灯亮	3
直、右绿灯亮	30
黄灯亮	3
红灯亮	56

表2 传统交通灯的控制方案(东西向)

信号	时间/s
红灯亮	56
左转绿灯亮	20
黄灯亮	3
直、右绿灯亮	30
黄灯亮	3

虽然分时段调整交通灯的时长能够改善交通的通行效率,使得交通灯按照实际路况进行自适应的调整,但这只是基于整体的情况(即前一段时间获取的车流信息)进行调整,不具有实时性,因此并不能够使道路的利用率达到最大,只是能够有限地提高现有的交通利用率。

之前出现的分配红绿灯时长的算法只是根据具体的车流量的比例做了时长的调整。系统需要的是东西、南北两个方向的车流量 m 和 n ,由处理器根据相应的算法计算出时长的调整,最终在红绿灯倒计时的显示牌上显示。

程序的执行(如图1所示):算法只是基于东西和

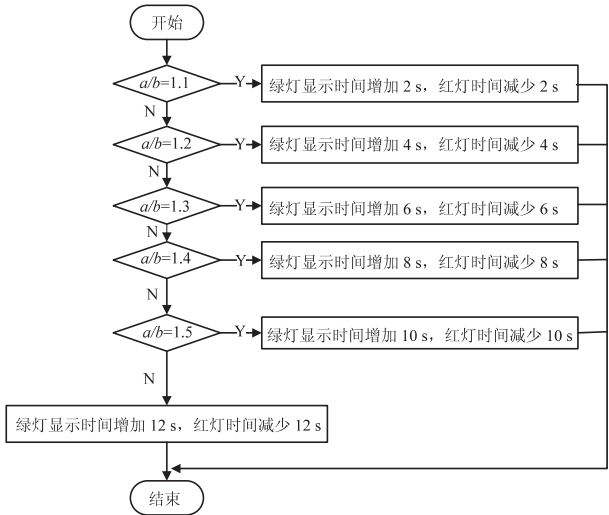


图1 m 路口的车流量比 n 路口的车流量大的程序流程图

南北方向车流量比值的不同设定六个状态(分别为1.1,1.2,1.3,1.4,1.5和大于1.5),当比值满足程序相应的状态则转去执行该状态的时长调整算法。图1只阐述了当 m 路口的车流量高于 n 路口的车辆的情况,而当 n 路口的车流量高于 m 路口只是将相应的比值状态变为0.9,0.8,0.7,0.6,0.5和小于0.5这六个状态。上述的比值都是采用的近似值,在编程时一般将比值状态设定为一定的范围^[10](实质为四舍五入的实现)。

综上所述,发现上述算法的不足:

(1)算法只是周期性地采集车流量的数据,对数据进行分析,计算出相应的绿灯时长,但不具有真正意义上的实时调控,只是从宏观方面进行把控。

(2)算法只是采用了车流量的比值调整时长,只适用于正常东西方向与南北方向车流较为平均的情况,没有考虑极端的情况,假设初始设定两个方向的放行时长都为45 s。当东西方向一侧车流量为3,南北方向一侧车流量为100,根据此算法,将要分配给东西一侧33 s的绿灯时间,远远超出通行3辆车的时间,将会出现南北一侧“空等”的现象。

文中系统的核心算法是基于比值算法而设计的,此算法考虑到的因素有:人的反应时间、汽车启动时长、通过红绿灯的平均车速、模糊车间距、车流长度、路口的宽度等。通过时长分配算法,并结合两个路口的车流量比值,换算为绿灯的时长^[11],同时对特殊需求的车辆做了处理。

由于人具有一定的反应时间,经研究调查人在高度紧张的情况下反应较快,反应时长为0.16 s左右,而正常的平均反应时长在0.2 s左右,并且启动汽车的平均操作时长为1.5 s。车辆在通行红绿灯路口时的平均车速在15~35 km/h,汽车平均百公里加速时长大约为15 s。

程序具体执行如下:通过传感器得到东西、南北两个路口的车流量的信息 m 和 n ,车流长度,再得知百公里加速时长为15 s,根据运动定律公式 $v=at$ 可以得出加速度 a ;在算出加速度 a 的前提下根据公式 $v_0t_1 + \frac{1}{2}at^2 = s$,并结合车辆在通行红绿灯路口时的平均车速在15~35 km/h以及车流长度和道路的总宽度 s ,可算出车辆行驶时间 t_1 。由于存在反应时间 a 和启动汽车时间 b ,结合车流量 f ,可算出车辆等待时长 $t_2 = (a+b) \times f$,由此可得出时长 $t = t_1 + t_2$ 。 t 调整的最大值为63 s^[6]。绿灯变为63 s,在繁忙的十字路口这种变化已经非常大了。 t 的最小值为10 s,得给行人留有最低标准的时长。如果两个路口的车流量较大,换算出的时长均为63 s,此系统将采用原始的标准时长

45 s。

上述只是对一般情况进行了设计,并没有考虑一些特殊的交通需求,但对特殊情况的考虑也成为了对系统设计成功与否的一项重要指标。

该设计对交通特殊需求也做了相应处理,例如,当有特殊需求的车辆如消防车、救护车等急需通过路口的情形。在传统设计中,当救护车需强行通过路口一般需闯红灯,这样在没有交警做交通管制的情况下容易造成交通事故。针对这一情况,该设计提出了相应的解决方案。将该地区的特殊车辆的车牌号放入数据库,将检测的车牌号进行匹配检查,在匹配的前提下即可将这一类拥有特殊权限的车辆分配较高的优先级。

当检测到这类车经过时,系统做出了如下的设计方案:该设计在距路口80~100 m的地方设置了一个检测点,当检测到有此类车通过时,根据当时车辆的平均通行速度,计算得到路口的时长为 t s。

(1)当检测到该类型的车通过时,并且此路口为绿灯时,如果现有的绿灯时长大于 $t+8$ s,则维持原有的绿灯时长,否则调整绿灯的时长为 $t+8$ s。

(2)当检测到该类型的车通过时,并且此路口为红灯时,则检测另一车道绿灯的时长,如果时长小于10 s则不作调整,如果时长大于10 s则将横向路口的时长调整为10 s倒计时(这样做的目的是为了能够给过马路的行人一个最低的反应时间,以防造成交通事故)。执行的流程如图2所示。

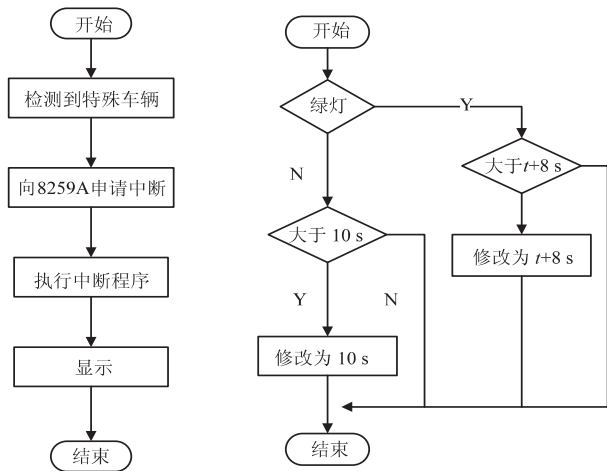


图2 采用中断处理特殊需求车辆流程图

当出现特殊车辆急需通行的情况时,首先由检测器检测到相应的车牌信息,并向8259A发出中断请求信号(系统已经设置了给予此类中断最高的优先权),处理器暂停当前程序的执行,转入特殊需求车辆的中断处理程序执行^[12]。

3 基于车流量的交通灯控制系统模拟

运用Java语言编写基于车流量的交通灯控制系

统的执行情况,再输入车流量和排队长度的相关信息,系统会根据获得的数据执行算法获得绿灯时长进行配时。

```
核心算法:
if ("东西" || "南北" == 红灯 && 无特殊车辆) {
    time = 根据算法得到的换算时长;
    if (time > 63) time = 63;
    else if (time < 10), time = 10;
    if ("" == 63 && "" == 63) time = 45;
}
else if ("东西" || "南北" == 绿灯 && 有特殊车辆)
{
    t = 车辆行驶到路口时长;
    time1 = 绿灯时长;
    time2 = 红灯时长;
    if (time1 < t + 8)
    {
        time1 = t + 8;
        time2 = t + 8;
    }
    else if ("东西" || "南北" == 红灯 && 有特殊车辆)
    {
        t = 车辆行驶到路口时长;
        time1 = 绿灯时长;
        time2 = 红灯时长;
        if (time1 > 10)
        {
            time1 = 10;
            time2 = 10;
        }
    }
}
```

在不做操作的情况下,该模拟器的执行只是按照传统红绿灯的固定配时的方案进行,红灯和绿灯的固定配时均基准时长 45 s。

举例说明正常车流的通行情况,如图 3 所示。

- 当东西方向由红灯跳转为黄灯时:
- (1) 由于设定了改变后的最大时长为 63 s,因此,如在车流量输入栏输入 25,排队长度输入栏输入 120,根据时长换算算法得出的时长大于 63 s,但在交通灯跳转到黄灯时点击确定,会发现东西方向的交通灯跳转为绿灯时的时长只是调整为了 63 s,这是由于超出了设定的最大改变时长,符合算法要求。
 - (2) 由于设置的最低时长为 10 s,因此,如在车流量输入栏输入 0,排队长度输入栏输入 0,根据时长换算算法得出的时长为 0 s,但会发现系统显示的东西方向绿灯时长为 10 s,而不是 0 s,这是因为系统设置的最低调整时长为 10 s(保护行人的通行安全)。
 - (3) 除去上述两种情况,为了使换算时长在 10 s 到 63 s 之间,选用在车流量输入栏输入 10,排队长度

输入栏输入 40,在交通灯跳转到黄灯时点击确定,会发现东西方向绿灯时长为调整为了 16 s,符合算法要求。南北方向的执行和东西方向执行规律相同。

有特殊需求车辆通过时的通行情况:

当东西方向为红灯,并且在东西方向检测到特殊车辆的信号(即在“距红绿灯的距离”的输入框中输入距离,并选择东西点击确定),如果红灯时长高于 10 s,则立即调整为 10 s;如果低于 10 s,则不作调整;如果在南北方向有特殊信号(即选择南北),将距离换算为行驶时间 t ,如果当前显示时间大于 $t + 8$ s,则不作调整;如果当前显示时间小于 $t + 8$ s,则调整为 $t + 8$ s。

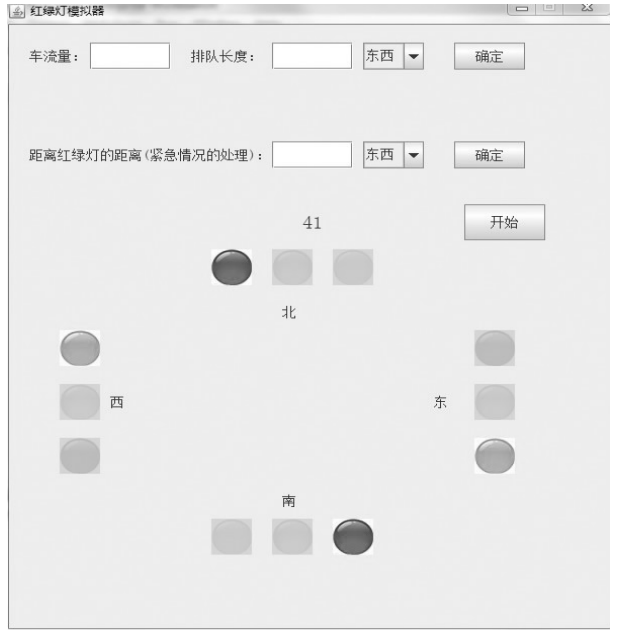


图 3 红绿灯控制模拟界面

模拟实现了利用车流信息调整交通灯时长的功能。但信息的采集和设置绿灯的时长都应该在信号灯变换之前完成。

4 结束语

城市堵车的一个重要原因是由于交叉路口采用了固定配时的控制方式。而文中系统设计的基于车流量的控制方案却能够在一定程度上提高对道路资源的利用率;消除了红灯方向车辆排起长队而无法通过,绿灯方向车辆却寥寥无几的现象;减少了红绿灯因采用固定配时方案造成的道路资源的浪费;降低了因交通拥堵造成的能源的消耗和尾气的排放以及噪声污染^[13-14]。达到了缩短平均等待时间,提高人们出行效率的目的,为社会创造出无形的财富。

该系统的设计只是针对一个独立路口的红绿灯控制系统所做,并没有考虑到周边红绿灯控制的情况,如今有很多研究提出了“群控”的思想,群控思想是将多

参数整定的要求也越来越高,很多学者已提出了大量有效的算法。文中提出了改进的人工鱼群算法进行控制器主要参数的优化选取,在机器人跟踪控制仿真实验中,获得了满意的实验结果。

参考文献:

- [1] 苏剑波. 机器人无标定手眼协调[M]. 北京:电子工业出版社,2010.
- [2] 马文罗,胡建新,钱东海. 基于视觉的运动目标伺服跟踪研究[J]. 计算机工程,2012,38(8):183-185.
- [3] Cardenas A, Goodwine B, Skaar S, et al. Vision-based control of a mobile base and on-board arm[J]. International Journal of Robotics Research, 2003, 22(9):677-698.
- [4] 汪明媚,程启明,王映斐,等. 基于自适应 GA 自抗扰控制在蒸汽发生器水位控制中的应用研究[J]. 核动力工程, 2011, 32(6):28-33.
- [5] 李晓磊. 一种新型的智能优化方法-人工鱼群算法[D]. 杭州:浙江大学,2003.
- [6] 徐晓晴,朱庆保. 动态环境下基于多人工鱼群算法和避碰规则库的机器人路径规划[J]. 电子学报,2012,40(8):1694-1700.
- [7] 潘 喆,吴一全. 二维 Otsu 图像分割的人工鱼群算法[J]. 光学学报,2009,29(8):2115-2121.

(上接第 199 页)

台设备联合起来控制,合理分配每台设备,提高组合利用率。而红绿灯设计也可采用这样的思想,实现对红绿灯的群控能够更大限度地利用道路资源^[13,15],提高人们出行的效率。

参考文献:

- [1] McKenney D, White T. Distributed and adaptive traffic signal control within a realistic traffic simulation[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2013, 26(1):574-583.
- [2] 青 木. 德国红绿灯根据车流变长短[J]. 金融博览, 2011(15):23-23.
- [3] Sun C. An investigation in the use of inductive loop signatures for vehicle classification[J]. Partners for Advanced Transit and Highways, 2000, 4:4-15.
- [4] 王成勇. 智能交通灯控制系统[J]. 广东技术师范学院学报, 2006(4):92-94.
- [5] Orozco J, Barceló J. Reactive and proactive routing strategies with real-time traffic information[J]. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2012, 39:633-648.
- [6] Cheng H, Gau V, Huang C, et al. Advanced formation and delivery of traffic information in intelligent transportation systems


- [8] 王联国,洪 毅,赵付青,等. 一种改进的人工鱼群算法[J]. 计算机工程,2008,34(19):192-194.
- [9] Cheng Y M, Liang L, Chi S C, et al. Determination of the critical slip surface using artificial fish swarms algorithm[J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2008, 134(2):244-251.
- [10] Rocha A M A C, Martins T F M C, Fernandes E M G P. An augmented Lagrangian fish swarm based method for global optimization[J]. Journal of Computational and Applied Mathematics, 2011, 235(16):4611-4620.
- [11] Shen Wei, Guo Xiaopen, Wu Chao, et al. Forecasting stock indices using radial basis function neural networks optimized by artificial fish swarm algorithm[J]. Knowledge-based Systems, 2011, 24:378-385.
- [12] Lu Zhigang, Liu Jian, Wu Jie, et al. Application of artificial fish swarm algorithm in power distribution network planning[J]. High Voltage Engineering, 2008, 34(3):565-568.
- [13] 彭 勇,唐国磊,薛志春. 基于改进人工鱼群算法的梯级水库群优化调度[J]. 系统工程理论与实践, 2011, 31(6):1118-1125.
- [14] 汪 照,李有明,陈 斌,等. 基于鱼群算法的 OFDMA 自适应资源分配[J]. 物理学报, 2013, 62(12):128802.

- [J]. Expert Systems with Applications, 2012, 39(9):8356-8368.
- [7] Li X, She Y, Luo D, et al. A traffic state detection tool for free-way video surveillance system[J]. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2013, 96:2453-2461.
- [8] 夏 丽. 基于视频检测技术的车流量统计算法研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2012.
- [9] 许火勇. 自适应交通灯智能控制系统[J]. 科技风, 2011(11):91-91.
- [10] 孙玉芳. 一种新型的智能交通灯控制系统[J]. 黑龙江科技信息, 2011(24):71-71.
- [11] 朱胜华,胡福乔,施鹏飞. 平面交叉路口信号灯自动配时方案的优化算法[J]. 交通与计算机, 2002, 20(4):3-8.
- [12] 李群芳,张士军,黄 建. 单片微型计算机原理与接口技术[M]. 北京:电子工业出版社,2002.
- [13] Stoilova K, Stoilov T. Traffic noise and traffic light control[J]. Great Britain, 1998, 3(6):399-417.
- [14] 曹树志. 智能红绿灯对城市交通节能减排效果的仿真[J]. 电脑知识与技术:学术交流, 2011, 7(5):3097-3099.
- [15] Garcia-Nieto J, Alba E, Olivera A C. Swarm intelligence for traffic light scheduling: application to real urban areas[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2012, 25:274-283.

基于车流量的交通灯控制系统设计

作者：[章伟](#)，[张代远](#)，[ZHANG Wei](#)，[ZHANG Dai-yuan](#)

作者单位：[章伟, ZHANG Wei \(南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京, 210003\)](#)，[张代远, ZHANG Dai-yuan \(南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003; 江苏省无线传感网高技术研究重点实验室, 江苏 南京 210003; 南京邮电大学 计算机技术研究所, 江苏 南京 210003\)](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2015(5)

引用本文格式：[章伟](#). [张代远](#). [ZHANG Wei](#). [ZHANG Dai-yuan](#) [基于车流量的交通灯控制系统设计](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(5)