

的节点以一定的概率继续发送假数据包。

张江南等(张江南,褚春亮.无线传感器网络中源节点位置隐私保护方案研究:传感技术学报,2016,29(09):1405-1409)提出了基于假包的策略的虚拟圆环路由方法SVCRM,当数据包到达虚拟圆环时,在其上逆时针或者顺时针方向传递随机跳数。针对虚拟圆环上的节点过早失效的问题提出了多虚拟圆环的策略MVCRM。在网络中创建多个虚拟圆环,在数据转发时,随机选择一个圆环传递。

7.结语

无线传感器网络广泛应用于目标监测,当源节点的位置被攻击者获取,则直接威胁到目标的安全性。为了抵御局部攻击者,现已经提出了多种方案。但这些方案仍然有一下问题:

现有的方案中,为了提高源位置隐私保护,往往会造成网络能耗的增加。无线传感器网络中节点往往由电池供电,能量有限且电池更换不易,当网络中能耗较高时,容易造成节点能量较早耗尽,节点死亡,影响网络的正常使用。

无线传感器网络能耗不平衡,基站周围的节点承担了网络中大部分的能耗,容易造成网络热区现象。当网络中第一个节点死亡时,距离基站较远的节点仍有90%的能量剩余,能耗的不均衡会缩短网络寿命。

现有的大多数策略都是平面路由策略,而在实际的无线传感器网络应用中,更多是基于分簇的多层网络,而且现有的方案多是针对静止网络中的源位置隐私保护,当节点

移动时,源位置隐私保护方案较少。

对于隐私保护强度的评价时,没有一个统一的标准。现今研究中大多采用安全时间、通信开销、能量消耗等,但具体的指标量化与评价方法没有统一的标准。

基金项目:反应堆系统设计技术国家重点实验室开放基金(HT-KFKT-02-201606);南华大学研究生科学基金项目(No.2018KYY081)。

作者简介:

刘敬坡(1993—),男,河南汝南人,硕士研究生,主要研究方向为网络安全、无线传感器网络。

刘朝晖【通信作者】(1974—),男,博士,副教授,主要研究方向为计算机网络安全。

DOI:10.19353/j.cnki.dzsj.2019.04.059

基于车流量的自适应智能交通信号灯控制算法

江苏师范大学科技学院 朱旭东

现有的交通信号灯控制系统已经无法适应城市的发展,致使出现严重的交通拥堵。针对这一问题,文章在分析基于北斗系统的车流量监测方案上,提出了一种自动监测道路车流量,并智能控制交通信号灯的算法。仿真证明:该算法可根据实时车流量自动调整各方向上的交通信号灯时长,保证城市交通顺畅。

引言:随着我国科学技术的发展和城市化进程的加快,智能交通越来越受到人们的重视。在城市道路交通指挥系统中,交通信号灯是管理交通的重要工具之一。传统的交通信号灯固定周期不变带来几个问题:(1)浪费时间,如图1,东西方向有车或是车辆很多而当前是红灯,致使车辆无法通行,而南北方向没有车或者是车辆相对很少而当前是绿灯,造成“空等”现象;(2)经济损失和环境污染,汽车不能行走而发动机又不能关闭,汽车在待速的情况下消耗油量,造成经济损失,同时也不利于节能减排;(3)特定时间段通行效率低下,特定时段车流量很大时(如上下班时间),交通信号灯红绿灯周期是固定的不能延长,造成交通信号灯切换过快,使十字路口的车辆通行效率低下。

显然,目前人为设定交通信号灯的周期及红绿灯时长已经无法满足实际运用的需求。也正是在这种情况下,智能交通信号灯应运而生。该课题旨在设计一种自适应协调的智能交通信号灯控制系统,实时检测道路的通行状况,并根据各路段的车流量对红绿灯时长调控,建立起信号灯间的系统控制,确保车辆等待红灯时长最短。提高道路的通行能力,实现道路的最大疏导作用。

1.问题的提出及解决方案

一般情况下,十字路口的红绿时间都是固定的。这就说明交通信号灯是周期性变化的。其相应得控制系统也是按照设定的周期时间,依次控制每个方向的交通信号等。在这

种情况下,无论各方向的车流量如何变化,其交通信号灯周期一直是固定不变的。如果东西方向的车流量增多,而南北方向的车流量减少,那么在原有的一个周期内,东西方向的车流量通过总次数依然不变,其车流量剩余总量仍会比较多。而由于南北方向上车流量比较少,在一个周期内,车流量很快就会减少。在这种情况下,就会造成东西方向的堵塞现象。显然,这种交通信号灯控制方式是不太合理的,会造成东西方向上的车流量过大,而南北方向上会出现空等现象。概括地说,就是东西南北四个方向的红绿灯时间并不会依据实际车流量的变化而变化,通行效率非常差。

解决这些问题的关键在于实现红绿灯时间分配的灵活性。比如某方向上的车流量较小时,就缩短其绿灯时间。若无车流量,则延长该方向上的红灯时间及对方向的绿灯时间,消除空等现象的同时解决单方向上的车流量过大问题。显然,其中最关键的就是如何进行车流量监测,并依据车流量变化实现红绿灯的调节。

2.基于车流量的交通信号灯控制算法设计

2.1 车流量的检测

首先,传统的交通信号灯主要是按照

固定配时的方式进行控制。简单地说就是固定东西方向、南北方向的红绿灯时间。这种控制方式并没有考虑到车流量是实时变化的,无法依据车流量的实时性不同而实时调整绿灯时间。显然,在当下城市车辆增多、人口增多的情况下,传统车流量检测并不能保证城市交通的顺畅。其中存在“空等”、道路堵塞、尾气排放等诸多问题。即便如此,传统车流量检测的应用范围仍非常广泛。我国大部分城市基本都是采用这种方式。究其原因,是因为大部分城市在应用传统车流量检测方案时,会依据既往经验,在特定时间段、地点内设定合理的配时方案,以解决交通问题。而且传统车流量检测受天气、日照光线的影响,性能较为稳定。

与传统车流量检测不同的是基于北斗的车流量检测具有实时性、灵活性的特点,可根据实时车流量合理分配东西方向、南北方向的红绿灯时间,有效提高城市道路的通行率。其最大的特点就是智能化,无需人工干预,就可自动检测道路车流量状态,并作出相应的反应、进行数据传输。本文所研究的基于北斗的车流量检测系统,其设计正是采取了北斗卫星导航系统(BDS),BDS系统是中国自主建设和独立运行的卫星导航系统。车辆行驶过程中使用智能手机导航或车载导航。在大众应用市场上,BDS定位系统已经实现了对所有车辆的即时定位。2017年我国申请入网检测的智能手机中,支持北斗定位功能的4G手机款型占比高达99%。随着A-北斗的辅助定位平台产品的出,使用兼容北斗芯片的手机将能满足多种定位精度需求,基于手机的位置服务的差异化和多样化发展局面即将形成。BDS系统在车载导航中的运用占比也逐渐升高。

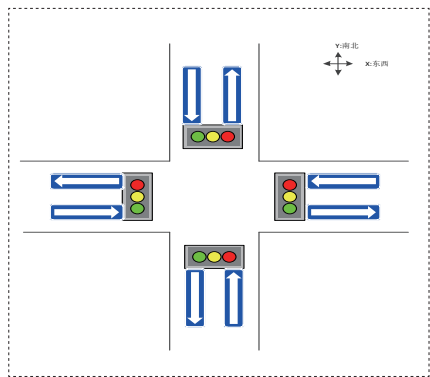


图1 十字路口交通图

北斗卫星导航系统具有高精度、全天候、高效率、多功能、操作简便、应用广泛等优点。应用实践已经证明北斗卫星导航系统(BDS)系统可在全球范围内全天候、全天时为各类用户提供高精度、高可靠定位、导航、授时服务,并且还具备了区域导航、定位和授时能力,尤其是定位精度能达到10米,测速精度能达到0.2米/秒,授时精度能达到10纳秒。总之,北斗卫星导航系统(BDS)不仅可以为本项目研发的系统提供准确的数据参考,也可为本项目今后其他功能的进一步研发提供帮助。

2.2 系统整体控制流程

除了解决上述问题外,本系统设计还有适用性强、人性化、智能化、网络化等优点。既能克服传统控制系统中存在的缺点,也能实现实时、延时调节。同时,还能实现多个路口之间的联合控制,实现城市道路的远程监控,从而进一步促进城市交通的数字化、信息化发展。

在该系统设计中,只考虑十字路口的南北直行与东西直行(如图1)。利用北斗卫星定位系统实时的监测十字路口的四个路段的车流量及车速。将车流量及车速数据传送到信号灯处理器,处理器对所得数据进行分析得到各个路段车辆通过红绿灯所需时间。由于南、北方向车辆在同一时间通过,东、西方向车辆在同一时间通过,系统只需取同一直线方向上通过红绿灯时间更长的一方进行红绿灯时长分配。当一个红绿灯周期即将结束,BDS系统立即向处理器发送数据,重新进行红绿灯时长分配。整体流程图如图2所示。

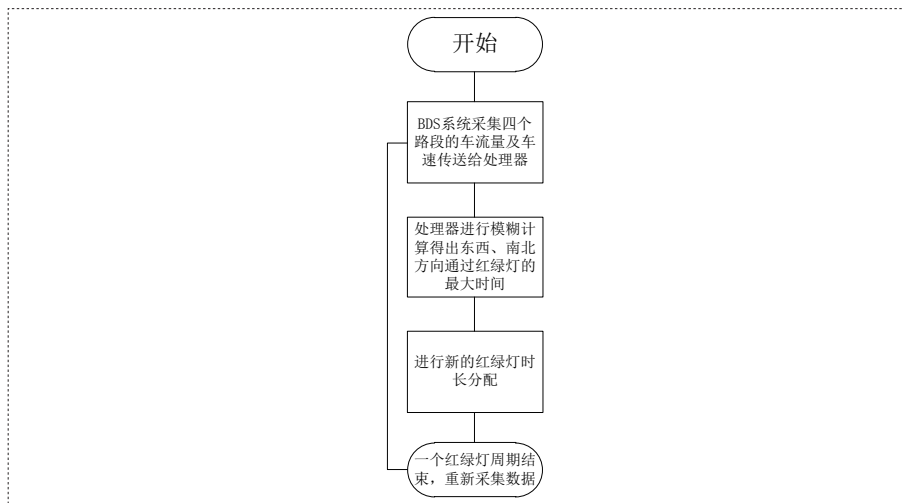


图2 算法整体流程图

2.3 系统所要解决的问题

2.3.1 单方向车流量过大问题

单方向车流量过大问题经常会出现。在传统解决方案中,无论哪个方向上的车流量如何变化,红绿灯时间是不变的。本文所提出的解决方案是将东西方向的车流量检测统一为同一直线方向上的车流量检测。也就是先对比东西、南北两个直线方向上的车流量,选择某个直线方向上其中车流量较多的一方作为红绿灯时间分配依据。例如东西直线、南北直线,其中东西直线方向上的东侧方向车流量较多,而南北直线方向上的南侧车流量较多,则按照东侧、南侧车流量情况分配红绿灯时间。这样做的好处是能够优先考虑某一车流量较大的方向,分配更多的通行时间,从而解决单方向上车流量过大的问题。

2.3.2 绿灯时间无车通过的“空等”现象

在该系统解决方案中,某一个方向优先通行且通行时间较长的依据是该方向上的车流量较大。当某个方向上的车流量为零时,与该方向同直线的方向上的车流量如若也是零流量或比零流量大,那么这一直线上的绿灯时间不会由该方向上的零车流量决定,会由另一方向上的车流量决定。当对方向上的车流量少于另一直线上的最大车流量时,其绿灯分配时间会缩短,另一直线上的绿灯时间延长。在下一个绿灯周期内,该方向上的绿灯时间就是上个周期,该方向所属直线方向上的最短绿灯时间。这样就能消除无车通过的“空等现象”。

2.3.3 各方向上的红绿灯时间不能根据实际车流量情况变化

一个绿灯周期是东西方向绿灯时间和南北绿灯时间之和。如若东西、南北的绿灯时间无法满足车流量及行人,则在下一个周期内,实际东西、南北绿灯时长所设定上周期所需最短绿灯时间,这样就能保证下个周期的绿灯时间变化。虽然这只是其中一种情况,但也能够看出红绿灯时间是随着车流量变化而变化的。

2.4 主要考虑因素及数据处理

该设计的考虑到的因素有:驾驶员的反应时间、汽车的启动时间、车流密度、通过红绿灯的平均车速、路口宽度等、红绿灯时长周期等。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。

车辆驾驶员从决定启动车辆到开始启动车辆的这段时间叫做驾驶员的反应时间。普通驾驶员的正常反应时间在0.3s-1.0s之间,该系统设计取0.5s。由于汽车启动时的启动电流一般在200A-600A范围内,若长时间启动,线路会过热,且对蓄电池损害很大。该设计取汽车平均启动时间3.5s。将驾驶员的反应时间与汽车平均启动时间3.5s记为其他时间 $t_0=4s$ 。

在新的红绿灯周期之前,北斗卫星系统检测十字路口东西南北四个路段1000米内的车辆数 K_e 、 K_w 、 K_s 、 K_n ,及各车车速。处理器取各个方向车辆的所有车辆速度的平均值 V_e 、 V_w 、 V_s 、 V_n 。考虑各个方向的设置的车行道数目不同,分别为 N_e 、 N_w 、 N_s 、 N_n ,并且假设驾驶车辆人员能够根据实时路况选择车辆最少的一条车行道。根据运动学公式:

$$t = \frac{KH_d}{NV} + t_0$$

(H_d 为模糊车身距,该设计取7米)可以计算出各个方向所有车辆通过红绿灯所需要的时长 t_e 、 t_w 、 t_s 、 t_n 。由于统一直线方向的车辆是同时进行通过红绿灯动作的,所以南北方向的绿灯时长 t_y 为 t_s 、 t_n 中更大的值,即 $t_y = \max\{t_s, t_n\}$ 。同理东西方向的绿灯时长 $t_x = \max\{t_e, t_w\}$ 。当车辆较少时会出现 t_x 、 t_y 很小的情况,设置一个最短绿灯时长 T_{\min} 保证行人能通过十字路口;当车辆较多时会出现 t_x 、 t_y 很大的情况,设置一个最长周期 T_{\max} ,即 $t_x + t_y \leq T_{\max}$ 。

2.5 时长分配的算法

该系统设计的核心算法是基于横纵方向采集数据前所有车辆通过十字路口的预

估时间的比值算法。为了有限提高道路的通行能力,较大的缩短驾驶人员的等待时长,根据南北方向所需绿灯时长 t_y 与东西方向所需绿灯时长 t_x 确定红绿灯周期时长 $T = t_x + t_y$ 。当所需绿灯时长为 t_x 、 t_y 均不能保证行人通过十字路口,即 $t_x < T_{\min}$ 且 $t_y < T_{\min}$ 时,将所需最短绿灯时长 T_{\min} 设定为下一周期的东西方向、南北方向的实际绿灯时长,即 $T_x = t_x$ 、 $T_y = t_y$;当所需绿灯时长为 t_x 、 t_y 有且只有一方不能保证行人通过十字路口,即 $t_x < T_{\min}$ 或 $t_y < T_{\min}$ 时,要确保行人有足够的时间通过十字路口,应使小于最短绿灯时长的一方在下一周期设定实际绿灯时长为 T_{\min} ,另一方向的实际绿灯时长设定为该方向的所需绿灯时长,但最长不能使确定的红绿灯周期时长 $T = t_x + t_y$ 大于最长周期 T_{\max} ;当所需绿灯时长为 t_x 、 t_y 均能保证行人通过十字路口,即 $t_x > T_{\min}$ 且 $t_y > T_{\min}$ 时,若此时确定的红绿灯周期时长 $T = t_x + t_y$ 未超出设定的最长周期 T_{\max} ,将东西、南北方向所需绿灯时长 t_x 、 t_y 设定为下一周期的东西方向、南北方向的实际绿灯时长,即 $T_x = t_x$ 、 $T_y = t_y$,若此时确定的红绿灯周期时长 $T = t_x + t_y$ 超出了设定的最长周期 T_{\max} ,根据比值配时,以所需绿灯时长 t_x 、 t_y 在其确定的红绿灯周期时长 $T = t_x + t_y$ 上所占比重来分配最长周期 T_{\max} ,即:

$$T_x = \frac{t_x}{t_x + t_y} T_{\max}, T_y = \frac{t_y}{t_x + t_y} T_{\max}$$

上述时长分配算法的大致流程图如图3。

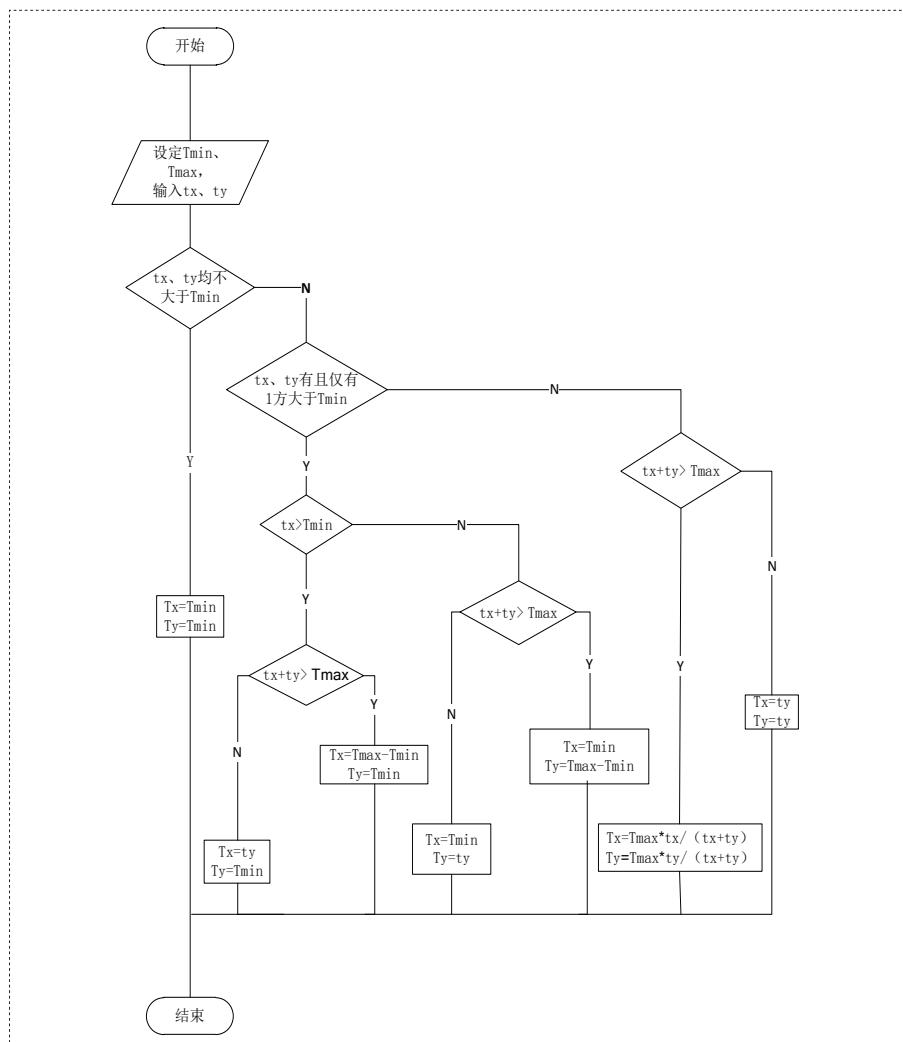


图3 时长分配算法的流程图

3.基于车流量的交通信号灯控制系统模拟

运用C程序设计编写基于车流量的自适应智能交通信号灯控制算法,模拟其执行情况。初始设定各车行道数目、最长与最短红绿灯周期等参数,BDS系统再向处理器传送车辆数、平均速度等信息进行实际绿灯时长配时。

核心算法:

```
int main()
{int tq=4,Hd=7,Tmin=20,Tmax=100;//人为根据实际设定参数值
int Nx,Ny,Nx1=2,Nx2=2,Ny1=2,Ny2=2;//Nx、Ny为东西、南北方向的车行道数目
int Kx,Ky,Kx1,Kx2,Ky1,Ky2;//车辆数目
int Vx,Vy,Vx1,Vx2,Vy1,Vy2;//由北斗系统传送计算出的平均车速
int tx,ty,Tx,Ty;//所需绿灯时长、实际绿灯时长
printf("请分别输入由西向东、由东向西、由北向南、由南向北四个方向1000米内的
车辆数量和车速速度:\n");
scanf("%d %d %d %d %f %f %f %f",&Kx1,&Kx2,&Ky1,&Ky2,&Vx1,&Vx2,&Vy1,&Vy2);
if(Kx1>Kx2)
{Kx=Kx1;Vx=Vx1;Nx=Nx1;}
else
{Kx=Kx2;Vx=Vx2;Nx=Nx2;}//选择东西方向的车速及车行道数目
if(Kx==0)
{Kx=0;Vx=1;Nx=1;}//当无车通过时,为保证算法有效运行,设定0值为1
if(Ky1>Ky2)
{Ky=Ky1;Vy=Vy1;Ny=Ny1;}
else
{Ky=Ky2;Vy=Vy2;Ny=Ny2;}//选择南北方向的车速及车行道数目
if(Ky==0)
{Ky=0;Vy=1;Ny=1;}//当无车通过时,为保证算法有效运行,设定0值为1
tx=(int)(Kx*Hd)/(int)(Nx*Vx)+(int)tq;//计算东西方向所需绿灯时长
ty=(int)(Ky*Hd)/(int)(Ny*Vy)+(int)tq;//计算南北方向所需绿灯时长
if(tx>Tmin&&ty>Tmin)//开始配时
{if(tx+ty<=Tmax)
{Tx=tx;Ty=ty;}
else
{if(Tmax*tx/(tx+ty)<=Tmin)
{Tx=Tmin;Ty=Tmax-Tmin;}
if(Tmax*tx/(tx+ty)>=Tmin&&Tmax*ty/(tx+ty)>=Tmin)
{Tx=Tmax*tx/(tx+ty);Ty=Tmax*ty/(tx+ty);}
if(Tmax*ty/(tx+ty)<=Tmin)
{Tx=Tmax-Tmin;Ty=Tmin;}}}
else
{if(tx<=Tmin&&ty<=Tmin)
{Tx=Tmin;Ty=Tmin;}
if(tx<=Tmin&&ty>=Tmin&&ty<=Tmax-Tmin)
{Tx=Tmin;Ty=ty;}
if(tx>=Tmin&&ty>=Tmax-Tmin)
{Tx=ty;Ty=Tmax-Tmin;}}}
```

表1 不同车流状况下的红绿灯配时

序号	输入								中间数据		输出	
	K_e	K_w	K_s	K_n	V_e	V_w	V_s	V_n	t_x	t_y	T_x	T_y
1	2	1	15	13	11	12	9	9	5	1	20	20
2	2	1	40	50	11	12	8	7	5	29	20	29
3	2	1	115	120	12	11	5	5	5	88	20	80
4	78	89	76	85	6	7	7	8	49	41	49	41
5	120	115	115	129	5	5	5	5	88	94	48	52

```
if(tx>=Tmin&&tx<=Tmax-Tmin&&ty<=Tmin)
{Tx=tx;Ty=Tmin;}
if(tx>=Tmax-Tmin&&ty
<=Tmin)
{Tx=Tmax-Tmin;Ty=
Tmin;}//配时结束}
```

举例验证在不同车流状态下的配时情况。模拟仿真结果符合设计预期设想。本系统设计设定车行道数目 $t_q=4$, $H_d=7$, $T_{\min}=20$, $T_{\max}=100$ 。仿真结果如表1。

(1) 南北、东西方向所需绿灯时长均极小时。如列表1, 东西方向、南北方向的实际绿灯时长均为20s, 当前周期为40s。20s为绿灯最低时长保证行人通过。

(2) 一方所需绿灯时长极小、另一方所需绿灯时长较大时。如列表2, 东西方向、南北方向的实际绿灯时长分别为20s、20s, 当前周期为49s。

(3) 一方所需绿灯时长极小、另一方所需绿灯时长极大时。如列表3, 东西方向、南北方向的实际绿灯时长分别为20s、80s, 当前周期为100s。所有车辆通过所需的绿灯之和大于100s, 将极大一方减小使其和为设定的最大周期100s。

(4) 双方所需绿灯时长均较大时。如列表4, 东西方向、南北方向的实际绿灯时长分别为49s、41s, 当前周期为90s。所有车辆通过所需的绿灯之和小于100s且各方向都能保证行人有足够时间通过, 分配的实际绿灯时长即是所需绿灯时长。

(5) 双方所需绿灯时长均极大时。如列表5, 东西方向、南北方向的实际绿灯时长分别为48s、52s, 当前周期为100s。所有车辆通过所需的绿灯之和大于100s且均能保证行人有足够时间通过, 按照分配算法分配设定的最大周期100s。

4. 结语

本文提出的基于车流量的自适应智能交通信号灯控制算法,能适应各种道路车流量情况,实现红绿灯时间的自适应分配。并依据实际的车流量参数自适应、智能化地调节红绿灯周期,并合理分配红绿灯时长。将其应用在现代化城市的道路交通管理中,能有效缓解城市交通压力,减少堵塞、事故等现象的发生。

本文系省级项目“江苏省大学生创新创业训练计划:智能交通信号灯控制系统设计(项目编号:201813988001Y)”研究成果。