

城市干线交通信号模糊控制及仿真

Traffic Signal Control and Simulation of Urban Trunk Road Based on Fuzzy Logic

(东南大学自动化学院)张雷 蒋珉 柴干
ZHANG LEI JIANG MIN CHAI GAN

摘要:提出了一种基于模糊控制器的干线控制算法,该算法有两个模糊控制器:绿灯延长时间模糊控制器和相位决定模糊控制器。前者决定当前绿灯相位的结束时刻,后者根据各相位的紧急度值的大小决定下一个放行的相位。运用仿真技术,把该控制方法和传统的定时控制方法进行了比较。仿真结果表明,本文提出的控制器是有效可行的,且效果优于定时控制。

关键词:干线 模糊控制器 相位 紧急度值 仿真技术

中图分类号:U

文献标识码:A

Abstract:An urban traffic algorithm of the trunk road based on fuzzy control is proposed, which has two fuzzy controllers, the one that extends the time of green light and the other that determines which phase will be the next green phase time. The former determines the end time of the current green phase, and the latter determines which one will be the next phase according to the emergency value. Both methods of fuzzy control and the traditional control of time-fixed are compared applying simulation technology. The simulation shows that the algorithm is realizable, and is better than the time-fixed method.

Key words:trunk road fuzzy controller phase emergency value simulation technology

技术创新

引言

由于交通系统是一个时变的、具有随机性的复杂系统,不易确定精确有序的数学模型,给研究带来困难。而运用模糊控制方式不需要系统建立数学模型,它把人的感官认识和好的控制策略联系起来,具有很强的鲁棒性。前人往往研究的是单个路口的模糊控制,很少有对干线模糊控制的研究。对于干线的交通信号控制,许多国内学者也在进行交通信号模糊控制方面的研究,但大多停留在理论研究阶段。文献2解决了交叉口之间耦合性的问题,该算法能够比较灵活的进行信号配时,缺点是相序固定,在交通状况经常变化的情况,交通信号就不能有效的应对。文献3考虑了变相序的方法,但是这种做法会引发交通混乱,只适宜研究,不适于实际工程的运用。针对上述不足,本文设置了两个模糊控制器,在干线的模糊控制器方面,考虑到了变相序,变周期和变绿信比,但同时又因为相序轮换会产生闯红灯,所以每五个周期进行一次相序优化。

1 干线模型描述

本文研究干线两个交叉口的信号控制,其几何模型如图1所示。十字交叉口的每个方向有直行、左转、右转车道,每个车道都埋设有两个感应线圈,后面的感应线圈用来测量某个时间内进入该方向车的数量,前面的感应线圈用来测量驶离的车辆数。同一车道前、后两个线圈可实时检测车流量信息。

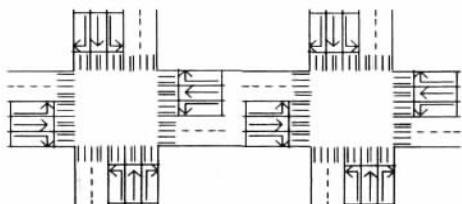


图1 干线几何模型

每个交叉口为四相位控制:东西左转-东西直行-南北左转-南北直行,依次记为相位1、2、3、4。右转没有安排单独的相位控制,可放在直行和左行相位行使。为使车辆安全驶离交叉口,最小相位时间为15到20秒,具体要看交叉口的面积大小。最小周期也不可太长,否则驾驶员心理上难以承受。

2 控制算法(就以交叉口1为例)

步骤1:首先给每个相位赋值,包括最小绿相位时间 T_{\min} 、黄灯时间 $Yellowtime$ 、绿相位延长时间 $Time_{\text{extent}}$ 和红相位的延迟时间 $Time_{\text{delay}}$ 等等。

步骤2:给交叉口一个初始相位,比如都从相位1开始,为了防止某一相位在一个周期内重复出现,给该相位注以标记,0表示该相位在此周期内还没行驶,1表示该相位已行驶。

步骤3:交叉口的绿相位的 T_{\min} 每减少1秒或 $Time_{\text{extent}}$ 每减少1秒,此交叉口的每个红相位的 $Time_{\text{delay}}$ 就加1秒,当交叉口绿相位的 T_{\min} 减到0秒时,计算此交叉口绿相位的前后感应线圈之间的车辆数 $Greenvehicle$ 、最大红相位的车辆数 $Largestredvehicle$ 、路口2流向路口1的车辆数 $Vechile_{21}$ 和路口1流向路口2的车辆数 $Vechile_{12}$ 。当 $Time_{\text{extent}}$ 减到0秒时,转到步骤7。

步骤4:根据 $Greenvehicle$ 、 $Largestredvehicle$ 、 $Vechile_{21}$ 和 $Vechile_{12}$ 通过绿灯延长时间模糊控制器,来决定此交叉口此绿相位的延长时间 $Time_{\text{extent}}$,如果此延长时间加上最小绿相位时间大于绿相位所允许的最大时间,则取最大绿灯时间减去最小绿灯时间。如果是路口1,则 $Greenvehicle$ 用 $Greenvehicle_1$ 、 $Largestredvehicle$ 用 $Largestredvehicle_1$ 表示;路口2, $Greenvehicle$ 用 $Greenvehicle_2$ 、 $Largestredvehicle$ 用 $Largestredvehicle_2$ 表示。定义 $X1 = Greenvehicle_1 - Largestredvehicle_1$, $X2 = Greenvehicle_2 - Largestredvehicle_2$, $Y1 = Vechile_{21} - Vechile_{12}$, $Y2 = Y1$

张雷:硕士研究生

步骤 5:根据 $X1, X2, Y1, Y2$ 利用模糊推理规则表 3 和表 4 来决定两路口的此时绿相位的延长时间 $Timeextent$, 如果相位 2,3 则采用规则表 3, 相位 1,4 采用规则表 4。

步骤 6:如果得到此交叉口的绿灯延长时间为 0, 则根据此交叉口的各红相位的 $Timedelay$ 和等候车辆数 $Redvechile$, 利用模糊规则表 7 得出哪个还没行驶过的红相位为下一个绿相位。并且给此绿相位相应的初始值, 然后转到步骤 3。如果延长时间大于 0, 则绿相位延长相应的时间。如果每个相位都已经行驶过, 则根据刚才运行的相位次序重复 5 个周期。

步骤 7:如果绿相位的延长时间减到 0 时, 根据此交叉口的各红相位的 $Timedelay$ 和等候车辆数 $Redvechile$, 利用模糊规则表 7 得出哪个红相位为下一个绿相位, 并且给此绿相位相应的初始值, 并令该绿相位的 $Timedelay$ 为 0。然后转到步骤 3。如果 5 个周期运行完毕, 则依据上面的算法重新排序, 然后再次运行 5 周期。

3 模糊控制器的设计

3.1 绿灯延长时间模糊控制器
输入变量: $X1, X2, Y1, Y2$ 。设 $X1, X2$ 的基本论域为: $[-40, 40]$ 。设 $Y1, Y2$ 的基本论域为: $[-80, 80]$ 。量化论域都为: $[-7, -6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]$ 。词集: $NB, NM, NS, ZO, PS, PM, PB$ 。 $X1$ 的隶属函数表见表 1, $X2, Y1, Y2$ 的隶属函数表同 $X1$ 。

表 1 $X1$ 的隶属函数表	
μ_{X1} 量化域	-7 -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7
NB	1 0.8 0.4 0.1
NM	0.2 0.7 1 0.7 0.2
NS	0.1 0.4 0.8 1 0.4
ZO	0.5 1 0.5
PS	0.4 1 0.8 0.4 0.1
PM	0.2 0.7 1 0.7 0.2
PB	0.1 0.4 0.8 1

表 2 延长时间隶属函数表	
μ_{GE1} 量化域	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
零	1.0 0.5
很短	0.5 1.0 0.5
短	0.5 1.0 0.5
中等	0.5 1.0 0.5
较长	0.5 1.0 0.5
长	0.5 1.0

输出变量:路口的延长时间 $GE1, GE2$ 。设 $Timeextent$ 的基本论域为: $[0, 30]$ 。量化论域都为 $[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]$ 。词集:零、很短、短、中等、较长、长。 $Timeextent$ 的隶属函数表见表 2。
模糊规则表如表 3 和表 4。

表 3 绿灯延长时间模糊控制器规则表								
$\begin{matrix} GE1 \\ \backslash \\ Y1 \end{matrix}$ $X1$	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB	
NB	零	零	零	零	零	零	零	
NM	零	零	零	零	零	零	很短	
NS	零	零	零	零	零	很短	短	
ZO	零	零	零	零	很短	短	中等	
PS	零	零	零	很短	短	中等	较长	
PM	零	零	很短	短	中等	较长	长	
PB	零	很短	短	中等	较长	长	长	

表 4 绿灯延长时间模糊控制器规则表								
GE1 \ X1 Y1	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB	
NB	零	零	零	零	零	很短	短	
NM	零	零	零	零	很短	短	中等	
NS	零	零	零	很短	短	中等	较长	
ZO	零	零	很短	短	中等	较长	长	
PS	零	很短	短	中等	较长	长	长	
PM	很短	短	中等	较长	长	长	长	
PB	短	中等	较长	长	长	长	长	

3.2 相序模糊控制器
输入变量:延迟时间 $ETime$, 排队车长 $NCar$ 。输出变量:交通紧急度 $Urge$ 。设 $ETime$ 的基本论域为: $[0, 90]$ 。量化论域都为 $[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]$ 。词集: Z, S, M, L, VL 。 $ETime$ 的隶属函数表见表 5。

表 5 $ETime$ 的隶属函数表	
μ_{ETime} 量化域	0 1 2 3 4 5 6 7 8
Z	1 0.5
S	0.5 1.0 0.5
M	0.5 1.0 0.5
L	0.5 1.0 0.5
VL	0.5 1.0

$NCar$ 的基本论域为: $[0, 40]$ 。量化论域, 词集、隶属函数表同 $ETime$ 。 $Urge$ 的基本论域为: $[0, 1]$ 。量化论域为: $[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6]$ 。词集为: Z, S, M, L 。 $Urge$ 的隶属函数表见表 6。模糊规则表如表 7。

表 6 $Urge$ 的隶属函数表	
μ_{Urge} 量化域	0 1 2 3 4 5 6
Z	1 0.5 0.1
S	0.1 0.5 1.0 0.5 0.1
M	0.1 0.5 1.0 0.5
L	0.1 0.5 1.0

表 7 相序模糊控制器规则表						
<div><div>NCar</div><div>Urge</div><div>ETime</div></div>	Z	S	M	L	VL	
Z	Z	Z	Z	S	S	
S	Z	Z	S	S	S	
M	Z	S	S	S	M	
L	S	S	S	M	L	
VL	S	S	M	L	L	

4 实例分析及评价结果
以无锡市主干道中的人民路至崇宁路路口两个相邻交叉口间的路段为例, 采用的数据为 2004 年 10 月 25 日 16:00-17:00 的一小时交通流量。具体数据如表 9。
(下转第 83 页)

通过比较图 6-图 10,我们可以看出,经过 MATLAB 仿真,依据相控阵天线雷达的方向图的可分离性,实现了对雷达波束的控制。在阵面正弦空间中,相控阵天线雷达方向图的形状是不随扫描角的变化而变化的,仅仅是方向图的平移,这与理论相符。而针对阵内具体阵元输入不同的波控数码可以产生多波束,通过改变输入波控数码的速率可以改变波束的扫描速度,通过改变不同波控数码所对应的激励电流的幅度可以改变具体阵元的增益和幅度,从而达到实际所需的搜索、扫描、跟踪或边扫描边跟踪等多种状态和不同的技术指标。

另外,需要指出的是,通过运算,阵面正弦空间与阵面直角坐标空间(x,y,z)的转换关系如下:

$$R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad \sin \theta_x = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \quad \sin \theta_y = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}$$

通过以上的坐标转换公式可以得到阵面直角坐标空间中相控阵天线雷达相扫方向图。

5 结论

本文以可分离性等间距天线相控阵雷达波控系统为例,采用分布式查表和程序运算相结合的方法,通过以上分析和仿真可以看出,采用此方法提高了波控运算速度。

本文作者的创新点为:在波束控制的基本原理的基础上,提出了采用分布式查表和程序运算相结合的方法,提高了波控运算速度。通过 MATLAB 仿真可知,依据相控阵天线雷达的方向图的可分离性,实现了对雷达波束的控制,验证了此方法的可行性。

参考文献:

- [1]张光义.相控阵雷达系统[M].北京:国防工业出版社,1994.
- [2]郑清,张健.相控阵雷达分布式波控系统[J].现代雷达,2001,23卷,49—51.
- [3]R C Hansen. Phased Array Antennas [M]. Wiley- Interscience Publication, 1998.
- [4]胡宏平.相控阵雷达波控及阵面监视技术研究[D].成都:电子科技大学,2002.
- [5]郭燕昌,钱继曾,黄富雄等编.相控阵和频率扫描天线原理[M].北京:国防工业出版社,1978,3.
- [6]张光义,赵玉洁.相控阵雷达技术[M].北京:电子工业出版社,2006.
- [7]王涛,雷宏.相控阵雷达数字波束形成的实现[J].微计算机信息,2005,22:93- 94.
- [8]E.Brookner Practical phased array antenna system. London: Artech House Boston, 1991.

作者简介:高云珠 (1981-),女(汉族),河南许昌,空军工程大学工程学院,硕士研究生,研究方向为雷达信号与信息处理;王晟达 (1964-),男(汉族),河北石家庄人,空军工程大学工程学院教授,博士,主要从事雷达信号与信息处理研究。

Biography:GAO Yunzhu (1981-), Female(the Han nationality), Xuchang Henan, The Engineer Institute, Air Force Engineering University, Master, Radar signals and information processing; WANG Shengda (1964-), Male(the Han nationality), Shijiazhuang Hebei, The Engineer Institute, Air Force Engineering University, Professor, Doctor, Radar signals and information processing. (710038 陕西西安 空军工程大学工程学院)高云珠 王晟达 (Air Force Engineering University Engineering College, Xi 'an 710038, China)Gao Yun- zhu Wang Sheng- da

通讯地址:(710038 陕西 空军工程大学工程学院学员十二队)高云珠

(收稿日期:2008.1.5)(修稿日期:2008.3.5)

(上接第 30 页)

计算机仿真用 VC++实现,每个路口每个方向的车辆到达率采用泊松分布。仿真时间大约为 200 分钟。仿真结果如表 10 所示

表 8 交通流量

人民路 (辆/小时)	东进口	南进口	西进口	北进口
左转	141	161	160	192
直行	558	433	594	651
右转	126	52	131	86
小型	618	484	664	697
中型	124	97	133	139
大型	83	64	88	93
崇宁路 (辆/小时)				
左转	0	80	0	153
直行	113	476	123	599
右转	170	176	165	171
小型	212	549	216	693
中型	43	110	43	138
大型	28	73	29	92

表 9 各指标仿真结果

控制方式	饱和度	平均延误 (秒/辆)	最大排队长度 (辆)	平均停车率	油耗 (毫升/辆)
定时控制	1.144945	40.732489	15	0.842686	8.961148
模糊控制	0.913077	34.478615	15	0.794040	7.585295

结果显示模糊控制方式下的每项指标都要好于定时控制方式,说明提出的控制器是有效可行的。

本文作者创新点:提出了一种基于模糊控制器的干线控制算法,仿真结果表明,本文提出的控制器是有效可行的,且效果优于定时控制,这对城市干线交通控制有着较为重要的参考价值。

参考文献:

- [1]赵建玉等.干道交叉口交通信号的模糊控制设计[J].山东大学学报,2006,36(1)
- [2]李灵犀等.两相邻路口交通信号的协调控制[J].自动化学报,2003,29(6)
- [3]李静.单交叉口交通灯信号模糊控制及其仿真[J].微计算机信息,2006,3- 1:33- 35
- [4]成卫等.基于模糊理论的信号交叉口控制研究[J].昆明理工大学学报,2004,29(3)
- [5]沈国等.江基于相序优化的多相位模糊交通控制[J].控制与决策,2002,17

作者简介:张雷,男(汉族),江苏人,硕士研究生,主要研究方向:交通流仿真;蒋珉,男(汉族),江苏人,副教授,硕士导师,主要研究方向:计算机仿真,控制系统 CAD 和先进制造技术。

Biography:Zhanglei, male, Nantong, Jiangsu province, Master, his research mostly focuses on traffic flow simulation;Jiangmin, male, Nanjing, Jiangsu province, associate professor, his research mostly focuses on computer simulation, control system CAD and advanced manufacturing technology.

(210096 江苏南京 东南大学自动化学院)张雷 蒋珉

(210096 江苏南京 东南大学交通学院)柴干

通讯地址:(210096 江苏 东南大学四牌楼校区自动化学院 0805 信箱)张雷

(收稿日期:2008.1.5)(修稿日期:2008.3.5)