

# 城市交通干线智能线控系统研究

周力, 唐诗忠

(安徽工程科技学院电气工程系 安徽 芜湖 241000)

**【摘要】**根据城市交通的特点, 提出采用多十字路口统一线控的方法, 在基于PC-PLC网络下对干线交通信号进行智能协调控制, 有助于主干路方向车流的流动, 可有效地减少停车次数和等待时间, 提高干线的交通车流量。以实际的城市交通道路为对象进行的计算机仿真结果表明, 城市交通干线智能控制方法在提高干线通行能力方面优于单点控制, 可为解决城市交通问题提供一种新的途径。

**关键词** 十字路口; 智能控制; 等待时间; 干线  
**中图分类号** TP273<sup>+.1</sup> **文献标识码** A

## Research on the Intelligent Line Control System of the City Traffic Trunk Line

ZHOU Li, TANG Shi-zhong

(Department of Electric Engineering, Anhui University of Technology and Science Wuhu Anhui 241000)

**Abstract** According to the characteristics of city transportation, on the PC-PLC network platform, adopting an original uniform line control technology to multi-crossroad, we implement an intelligent and coordinative control to the signals of the city traffic trunk line. This control system effectively reduces the latency time of vehicles and increases the traffic flux of the trunk line. Results of the emulation make clear that this method of intelligent control distinctly overmatches that of one-point control to improve traffic capacity, and consequently provides a novel approach to settle city traffic problem.

**Key words** crossroad; intelligence control; latency time; trunk line

目前, 对城市交通干线的控制研究日益受到人们的重视。城市交通干线通常担负着繁重的交通负荷, 保证干线的交通通畅对改善城市交通状况具有很大的作用和意义<sup>[1]</sup>。人们在研究的过程中提出了不少的方法和措施, 也取得了一定的成果<sup>[2-5]</sup>。

但是, 上述方法和措施主要采用的是在两两路口间通过车流量控制主次干路绿灯时间的延长或缩短, 而没有考虑周期和相位差的确定, 形成不了真正意义上的绿波带。另外就是构建交通流模型, 引进复杂的算法, 使得控制系统在实时性方面很难达到要求。本文提出一种基于PC-PLC网络的智能交通线控方法<sup>[6]</sup>, 选择合理的信号周期和相位差, 通过简单而实用的算法, 实时地协调各路口信号配时, 从而使交通流以最快的速度、最少的停车次数和最小的平均车辆延误时间通过交通干线, 以实现真正意义上的绿波带。

## 1 方案的提出

图1所示为一个三路口干线交通流几何模型, 设定东西向为主干道, 南北向为次干道。

如果把干线上所有路口看作一个系统, 在相邻路口的绿灯起始时刻建立一种时间关系, 从而使车辆每到达一个路口时, 正好遇到绿灯。这样, 在干线上行驶的车辆就可以获得连续的通行权, 车辆的停车次数、排队长度以及延误时间就会大大减少。

据此, 本文采用路口级和协调级两级控制方案, 路口级采用PLC控制, 协调级采用PC控制, 两者构成一个网络。路口级控制器一方面执行上级下达的控制任务; 另一方面向上级传输其所检测到的各种交通数据, 作为上级的决策依据。而协调级在获取各路口的交通信息后确定协调对策和参量。

收稿日期: 2006-08-17

基金项目: 安徽省教育厅自然科学重点科研资助项目(2006KJ017A)

作者简介: 周力(1957-), 男, 硕士, 副教授, 主要从事自动控制、人工智能控制方面的研究。

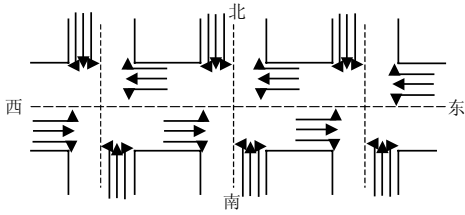


图1 三路口干线交通流几何模型

## 2 路口级智能控制器的设计<sup>[7-9]</sup>

实践证明,传统的、依靠路口交通流模型的控制方法难以达到有效的控制目的。采用智能信号控制实质上就是模拟一个有经验的交通警察面对复杂的交通情况如何有效地指挥各车道车辆通行的行为,也就是根据各车道上的车辆排队长度来决定各相位的车辆放行时间。本文的设计即依据这一思想,采用模糊控制方法,控制路口各相位的绿灯时间,使该路口交通状况处于最佳。

### 2.1 控制对象

为简单而又不失一般性,路口采用四相位控制,其信号周期如图2所示。该路口具有直行、右转(图中未画出)、左转三个方向的交通流,把右转和直行一并控制,而左转单独控制。

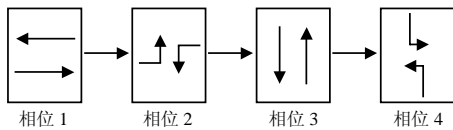


图2 路口相位信号周期

### 2.2 控制量

由模糊控制的特点,分别选取主干道方向和次干道方向的车辆长度作为输入变量,主干道方向的绿灯时间作为输出变量。

每个路口停车线前到达和离开的车辆数可由每车道上埋设的两个环型线圈测得,第*i*个周期后的车辆长度为:

$$L_i = \max\{L_{i-1} + a_i - b_i, 0\}$$

式中  $a_i$ 、 $b_i$  分别为第*i*个周期到达的和离开的车辆数。主干道方向的车辆长度为  $L_p = \max(L_{p_1} + L_{p_2})$ , 次干道方向的车辆长度为  $L_s = \max(L_{s_1} + L_{s_2})$ , 其中  $L_{p_1}$ 、 $L_{p_2}$  分别为主干道相对方向的车辆长度,  $L_{s_1}$ 、 $L_{s_2}$  分别为次干道相对方向的车辆长度。

### 2.3 模糊控制器的设计

一般情况下,在每个路口前车辆排队长度都在0~25之间,绿灯时间 $G_p$ 为15~65 s之间。确定 $L_p$ 的论域为{1,2,3,4,5,6}、 $L_s$ 的论域为{1,2,3,4,5}、 $G_p$ 的论

域为{1,2,3,4,5,6}。 $L_p$ 、 $L_s$ 、 $G_p$ 的模糊子集均为七个,即{很短、短、较短、中、较长、长、很长}。

经比较和验证,将输入、输出变量的各个模糊子集都选取三角形函数。

由上述各输入量的模糊集,采用模糊推理规则进行推理,得到合成的模糊关系,从而得到模糊规则库;然后用实际的各输入量去查模糊规则表,得到绿灯时间 $G_p$ 的模糊子集,按加权平均进行反模糊化,得到相应的精确量,再通过比例因子转换控制绿灯信号。

### 2.4 硬件实现和控制过程

控制任务由运行可靠、抗干扰能力强大PLC担任。关于PLC如何运用模糊控制,可参见文献[7],本文不再赘述。路口级智能控制器由一台FX<sub>2N</sub>-48MR和一扩展模块FX<sub>0N</sub>-8EX作为主控机,实际的交通流数据由环形线圈检测传输给PLC输入端,十字路口共有12盏灯,每个灯有红、黄、绿三色。

控制步骤:(1)在主干道绿灯亮起前,获取主、次干道的车辆排队长度。(2)分别求取 $L_p$ 、 $L_s$ ,经量化得到模糊输入量。(3)由模糊输入量查询模糊控制表,经比例因子转换,求得实际的绿灯时间长度 $G_p$ 。(4)开启主干道绿灯。(5)主干道绿灯时间用完后,转到次干道相位,其绿灯时间为 $G_s = G - G_p - 2 \times G_y$ ,其中 $G_y$ 为黄灯时间。(6)次干道绿灯时间用完后,回到步骤(1)。

## 3 协调级智能控制器的设计<sup>[10-11]</sup>

协调级智能控制器的设计是整个线形控制的核心,是决定系统能否协调工作的关键。本文主要是对整个干线的周期和各个路口之间的相位差进行控制,设计的控制思想为:在一定的时段内,干线上的周期 $T$ 和两两路口间的相位差 $H_i$ 保持不变,各路口的绿信比由本路口的车流量实时调整。某时段的 $T$ 和 $H_i$ 由上时段路口检测的车流信息通过模糊运算来确定。

### 3.1 周期 $T$ 的确定

经研究可知,干线的车流量对周期的大小有直接的影响,即如果干线上的总车流量大,则要求周期尽可能地长;相反,则要求周期短一些。基于此,本文采用本时段(一般为6个周期)内的总车流量 $Q$ 和本时段与上一时段车流的变化量 $\Delta Q$ 作为输入,模糊推理下一时段的周期值。

将总车流量 $Q$ 、车流量的变化量 $\Delta Q$ 和周期 $T$ 分别划分为七个模糊子集,即{很少、较少、少、中等、

多、较多、很多}、{负大、负中、负小、零、正小、正中、正大}、{很短、较短、短、中等、长、较长、很长}；三个变量的论域分别划分为{0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10}，{-5,-4,-3,-2,-1,0,1,2,3,4,5}，{0,1,2,3,4,5,6}。

隶属函数仍为三角形函数，其模糊推理、模糊判断、反模糊化和实际量转化输出的过程与“模糊控制器的设计”所述相同，这里不再详述。

### 3.2 相位差 $H_i$ 的确定

相位差 $H_i$ 的计算公式为：

$$H_i = D_i / V_i \quad (1)$$

式中  $H_i$  为第 $i$ 路口与第 $i+1$ 路口之间的相位差； $D_i$  为第 $i$ 路口与第 $i+1$ 路口之间的距离； $V_i$  为车辆行驶速度。从式(1)可看出，各路口的 $D_i$ 是一定的，求取 $V_i$ 即可求得 $H_i$ ，而 $V_i$ 的大小和道路上的车辆密度 $P_i$ 有关，车辆密度小，车速高；车辆密度大，车速低。车辆密度 $P_i$ 可通过路口前车辆排队长度近似估计得到。因此，可把车辆密度 $P_i$ 作为输入变量，车辆速度 $V_i$ 作为输出变量来设计模糊控制器，再由式(1)求得相位差 $H_i$ 。

车辆密度 $P_i$ 的论域为{0,1,2,3,4,5}，其语言值为{很稀、稀、较稀、中、较密、密、很密}；车辆速度 $V_i$ 的论域为{0,1,2,3,4,5,6}，其语言值为{很慢、慢、较慢、中速、较快、快、很快}。

隶属函数仍为三角形函数，其模糊推理、模糊判断、反模糊化和实际量转化输出的过程与2.3所述相同，不再一一详述。

### 3.3 PC-PLC网络的链接和通信及控制过程

PC-PLC网络的智能交通线控系统如图3所示。PC与PLC之间采用串行通信，PC作为上位机一方面可以进行干线内各路口信号系统的协调和监控，另一方面可以提供良好的人机界面，并可进一步开发智能交通的实时场景的仿真和全系统的管理。在PC与PLC之间通过通信网络实现信息的传送与交换。各PLC通过RS-485总线与上位PC通信，由于各路口相隔较远，传输媒介可采用同轴电缆。

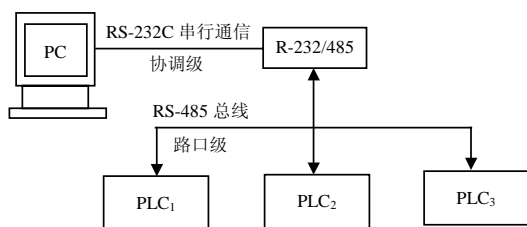


图3 PC-PLC网络结构示意图

控制过程：(1) 协调级首先根据路口级传送的交

通量统计数据给出干线上各路口的相位差 $H_i$ 及干线上统一使用的周期 $T$ 。(2) 设 $m=0$ (设6个周期为一个时段)。(3) 各路口级依照协调级给定的周期 $T$ 和相位差 $H_i$ 开启绿灯信号，然后根据各自的控制规则控制路口的相位信号的转换，并将各路口的车流信息传送给协调级处理。(4) 令 $m+T=m$ ，查验是否为 $m>6T$ ，若是，则转到过程(5)，否则，转到过程(3)；(5) 协调级针对本时段路口级传送来的交通车流信息量，用模糊控制确定下一阶段的周期长和相位差，回到过程(2)。

## 4 仿真和结论

为验证系统的有效性，进行计算机仿真。以芜湖九华山路为例，此路有三个十字路口，从南到北分别为北门路口、二院路口和奥顿酒店路口，是连通芜湖北南的主要干道，两两路口间分别相距500 m和600 m，符合线形控制的要求(一般两两路口间距不宜超过800 m，否则控制效果不好)。三路口的信号灯周期略有不同，但一般在130 s左右，路口各方向车辆到达率服从泊松分布，平均车流速度为32 km/h；平均车流密度为90 veh/km。仿真程序用VC++6.0语言编写，先采用对各路口单点控制仿真，得到的结果如表1所示。其中，南北、东西方向车流量分别是指南北方向和东西方向在一个周期内、单位时间通过干线的车辆。

表1 单点控制时干线交通车流量

周期	1	2	3	4	5
南北方向车流量/辆	1.92	1.95	1.89	1.86	1.94
东西方向车流量/辆	1.79	1.65	1.71	1.85	1.78

然后再对三个路口采用线形控制，得到的结果如表2所示。

表2 线形控制时干线交通车流量

周期	1	2	3	4	5
南北方向车流量/辆	2.19	2.22	1.95	2.03	2.13
东西方向车流量/辆	1.80	1.71	1.70	1.84	1.82

从表1和表2可以看出，在非主干线方向东西方向上，两种情况下的交通量变化不大，而在主干线方向南北方向上，两种情况下的交通量则有较明显的差别，以线形为对象的信号灯智能控制时的平均交通量比以各路口为对象的单点控制时的平均交通量提高了9.12%。因此说明，以干线为对象的线形智

能控制, 将会改善主干路方向的交通状况, 有助于主干路方向车流的流动, 减少停车次数和等待时间。

必须要说明的是, 如果干线上的各道车流量非常饱和, 或次干道的车流量较长一段时间内大于主干道上的车流量时, 则协调控制的效果就会不明显, 此时可直接实行各路口的单点控制<sup>[6]</sup>。

本文主要研究的是线形控制问题, 提出了设计的方法和模糊算法, 并通过仿真理论上验证了控制方法的有效性, 对于城市交通多路口区域控制, 将在今后进行深入研究。

### 参 考 文 献

- [1] 胡振文. 城市智能交通系统现状与发展构想[J]. 国防交通工程与技术, 2003, 1(2): 10-13.
- [2] 沈国江, 孙优贤. 城市交通干线递阶模糊控制及其神经网络实现[J]. 系统工程理论与实践, 2004, 29(4): 99-105.
- [3] 李灵犀, 高海军, 王飞跃. 两相邻路口交通信号的协调控制[J]. 自动化学报, 2003, 29(6): 947-951.
- [4] LEE J H, LEE K H. Distributed and cooperative fuzzy

controllers for traffic intersections group[J]. IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics Part C. Applications and Reviews, 1999, 29(2): 263-271.

- [5] 陈晓关, 童绶望. 智能交通信号优化控制系统框架[J]. 武汉理工大学学报(交通工程与科学版), 2004, 28(2): 178-181.
- [6] 陈工刚. 多交叉口信号模糊控制模型研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2003, 3(5): 43-466
- [7] 周力. 模糊控制用PLC实现的方法探讨[J]. 自动化与仪器仪表, 2006, (5): 36-41.
- [8] 韩学辉, 孙慧莲. 交通信号灯PLC控制的实现[J]. 长春理工大学学报, 2003, 26(4): 86-87.
- [9] 席晓慧. 交通信号模糊控制方法研究[J]. 微电子学与计算机, 2004, 21(8): 102-106.
- [10] 于德新, 杨兆升, 陈林. 城市主干道的多路口模糊协调控制[J]. 吉林大学学报(工学版), 2006, 36(3): 148-152.
- [11] 王吴, 王炜, 陈峻. 城市主干道与多支路T型交叉区域的交通组织方式[J]. 交通运输工程学报, 2006, 6(1): 108-112.

编辑 熊思亮

(上接第739页)

## 4 结 束 语

本文对NTN校准取样示波器中的kick-out脉冲进行了分析, 将二极管按照时变电导的模式推导了kick-out脉冲的数学表达式, 这与已有文献有所不同。运用Cadence软件进行仿真, 说明了影响kick-out脉冲的参数。选通脉冲不对称, 在频谱图上会产生凹槽, 适当增加电感的不对称性有利于展宽频谱, 但也增加了超调, 仿真结果与理论一致。本文还推导了NTN校正技术应用的保证条件, 提出运用NTN校正的关键问题和在80 GHz以内的取样频率范围。

### 参 考 文 献

- [1] CLEMENT T S, HALE P D, WILLIAMS D F, et al. Calibration of sampling oscilloscopes with high-speed photodiodes[J]. IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques, 2006, 54(8): 3173-3181.
- [2] HENDERSON D, RODDIE A G. Calibration of fast sampling oscilloscopes[J]. Meas. Sci. Technol., 1990, 1: 673-679
- [3] 袁继敏, 李小玲, 蒋斌, 等. 基于混沌控制的嵌入式系统在示波器中的应用[J]. 华中科技大学学报. 2005, 33(增刊): 345-346.
- [4] DIENSTFREY A, HALE P D, KEENAN D A, et al. Minimum-phase calibration of sampling oscilloscopes[J]. IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques,

2006, 54(8): 3197-3208.

- [5] VERSPECHT J, RUSH K. Individual characterization of broadband sampling oscilloscopes with a nose-to-nose calibration procedure[J]. IEEE Trans. Instrum. Meas., 1994, 43: 347-354.
- [6] VERSPECHT J. Broadband sampling oscilloscope characterization with the nose-to-nose calibration procedure: a theoretical and practical analysis[J]. IEEE Trans. Instrum. Meas., 1995, 44: 991-997.
- [7] PAULTER N G, LARSON D R. An examination of the spectra of the kick-out pulses for a proposed sampling oscilloscope calibration method[J]. IEEE Trans. Instrum. Meas., 2001, 50(5): 1221-1223.
- [8] LARSON D R, PAULTER Jr N G. The effects of offset voltage on the amplitude and bandwidth of kick-out pulses used in the nose-to-nose sampler impulse response characterization method[J]. IEEE Trans. Instrum. Meas., 2001, 50(4): 872-876.
- [9] WANG C M, HALE P D, COAKLEY K J, et al. Uncertainty of oscilloscope timebase distortion estimate[J]. IEEE Trans. Instrum. Meas., 2002, 51(1): 53-58.
- [10] 朱江淼, 刘明亮, 卢峰. Nose-to-Nose校准技术的理论分析[J]. 电子学报. 2003, 33(3): 480-483.
- [11] RIAD S M. Modeling of the HP-1430A feedthrough wide\_band (28 ps) sampling head[J]. IEEE Trans. Instrum. Meas., 1982, IM-31: 110-115.

编辑 黄莘