

# 基于云模型的智能交通信号灯控制方法研究

刘罗仁

(娄底职业技术学院, 湖南 娄底 417000)

**摘 要:** 智能公交系统中通过无线信号反馈回大量的车辆状态信息, 可以从中获知整体的交通路况. 将公交车反馈信号应用于交通信号灯智能控制, 定义了关键的公交信息采集指标. 考虑信号的不确定性, 结合云理论构建智能交通信号控制系统, 将前件云发生器与后件云发生器相结合, 可以将多维度公交指标信号转变为对路况信息的映射, 并综合各种道路信息以决定交通信号灯的通行时间长度. 通过模拟实验, 提出的交通信号控制方法合理可行, 能够模拟人脑思维进行综合决策, 使控制系统更具智能化.

**关键词:** 无线网络; 交通信号; 智能控制; 云理论

**中图分类号:** TP391

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-7180(2010)09-0095-05

## Intelligent Traffic Lights Control Based on Cloud Model

LIU Luo-ren

(Loudi Vocational College, Loudi 417000, China)

**Abstract:** Intelligent transportation system in the wireless signal fed back through a large number of vehicle status information, can be informed of the overall traffic from road conditions. This article applies the feedback signal bus intelligent control of traffic signals, defines the key indicators of public transportation information collection. Consider the signal uncertainty, combined with cloud theory building intelligent traffic signal control system of the former pieces of pieces of cloud after cloud generator and generator combination of indicators can be multi-dimensional signal into a bus on the road map information, and integrated the kinds of road information to determine the length of time the passage of traffic lights. By simulation experiments, the proposed traffic signal control method is feasible to simulate the human brain thinking for integrated decision-making, the control system more intelligent.

**Key words:** wireless network; traffic signal; intelligent control; cloud theory

### 1 引言

截止 2010 年, 北京市私人轿车保有量已经突破 400 万. 上海市实施限制车牌发放政策已有多年. 经济发展、城市规模扩展、人口增多等因素都促进了道路的拥堵. 公交车辆作为城市交通的重要工具, 在如今的城市出行中占有举足轻重的地位. 计算机与通讯科学领域, 研究者致力于智能交通系统 (Intelligent Transportation System, ITS) 的研究工作, 并取得了一些成果<sup>[1-3]</sup>.

ITS 的研究工作大致可以分为两个方向: 系统级研究与算法级研究<sup>[4]</sup>. 前者的目的是通过高等通

讯手段, 构建软硬件一体化的智能系统; 后者专注于某个具体问题, 例如公交车发车频率、公交车调度算法等. 本文的研究范畴属于算法级研究. 以搭载于公交车上的无线网络终端为信号源, 刻画道路的交通流量, 进而通过不确定性模型建模, 构建智能信号灯控制方案. 文中首先介绍了智能公交系统架构, 进而讨论相关理论基础与算法实现, 最后给出模拟实验.

### 2 智能公交系统架构

ITS 系统的一般性框架如图 1 所示. 车载智能终端分布于各公交车之上, 可以收集公交车的运行速度, 成员数量, 并可以依据 GPS 模块, 定位车辆位

置;车辆数据通过 GPRS 网络或者短消息(SMS)形式,发送至数据中心,数据中心人员负责车辆的调度、发车间隔确定等工作.本文的研究重点是车辆信息对交通灯信号的控制影响,所以图中特别突出了交通灯信号.

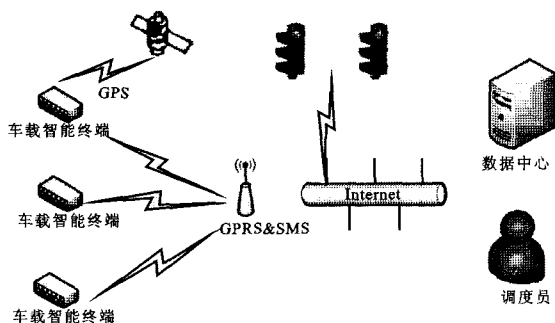


图1 ITS基本组成

ITS中具有成熟的信息通讯方案,以GPRS和SMS的通讯方式最为常见.GPRS是一种基于GSM系统的无线分组交换技术,提供端到端的无线IP连接.类似于常见的手机通讯网络,使用GPRS连接的智能车载终端具有实时在线的功能,且能够随着车辆的行驶自动在多个基站之间切换.智能终端系统一般采用ARM处理器为内核,并集成GPRS模块和GPS模块<sup>[5]</sup>.数据中心服务器除存储信息之外,往往配备智能公交管理系统,依据智能算法为车辆调度人员提供自动的专家支持.本文所描述的智能交通信号控制算法,可以运行于数据中心,也可以嵌入至交通信号灯的控制模块内部.

### 3 交通信号灯控制方法

通过无线网络,可以获取公交车辆的交通流量数据,进而映射出整个道路的流量状态.决定道路流量的指标很多,本研究中,将众多的流量指标约减为三个.

区间车辆数  $C$ :车辆的多少直观是反映道路上的汽车数量,在智能公交遥感系统中,可以通过遥感信号收集公交车的数量,汇报给智能处理终端.车辆数的统计只关注在本信号灯控制范围内的公交车数目,亦即对于同一直线道路上的两个连续信号灯  $a, b$ ,其距离为  $d = |a - b|$ ,信号灯  $a$  的区间车里数为

$$C = \text{Count}(x \mid |x - a| < d/2) \quad (1)$$

车辆速度  $V$ :公交车辆运行速度的及时采样结果,反映道路的行驶状况.应该注意,通过GPS系统可以获知,公交车辆是否处于公交站内,若车辆处于

公交站内,则车辆速度通常会很小(趋于0),此时的采用结果不计.

车辆负载  $P$ :反映乘客的多少,乘客越多,代表使用相关方向的道路的人与车辆越多,同方向的信号灯绿灯信号应该适当延长,反之则延长红灯信号.

以上三种统计信号,均使用统一的周期  $T$  进行信号采样.车辆与道路的情况受到天气、时间(拥堵高峰期)等诸多因素的影响,充满了不确定性因素.因此,本文采用不确定性理论——云理论<sup>[6]</sup>表示上述的路况统计指标,下面介绍云理论及其相关算法.

#### 3.1 云理论及其算法

云理论是一种不确定性只是表示理论,主要使用云模型来表示含有不确定性的知识.公交车辆的形式状态和路况信息均含有诸多不确定性,本文使用云理论的基本算法处理公交车辆反馈信息,将上文所述的三个统计指标作为路况知识加以处理,构建其对应的云模型.云模型的定义如下<sup>[6]</sup>:

设  $U$  是一个用精确数值表示的定量论域,  $C$  是  $U$  上的定性概念,若定量值  $x \in U$ ,且  $x$  是定性概念  $C$  的一次随机实现,  $x$  对定性概念  $C$  的确定度  $\mu(x) \in [0, 1]$  是有稳定倾向的随机数:

$$\mu: U \rightarrow [0, 1], \forall x \in U, x \rightarrow \mu(x) \quad (2)$$

则  $x$  在论域上的分布称为云,每一个  $x$  称为一个云滴.

云模型使用期望(Ex),熵(En)和超熵(He)三个参数表示一个定性概念.其中,期望  $Ex$  代表云滴  $x$  论域空间  $U$  上分布的核心,反映了这个概念的云滴群体的重心,例如,四辆公交车的速度分别问  $\{40, 40, 30, 50\}$ ,则可以使用40公里/小时作为当前车辆的速度期望;熵是对定性概念不确定性的度量,反映了数据的离散程度和模糊程度;超熵  $He$  是熵的不确定性的度量,反映了二阶不确定性,是对熵反映的不确定性的再表示.

通过遥感设备,获取公交车辆的区间车辆数  $C$ ,速度  $V$  与车辆负载  $P$ ,多个车辆的信息汇总结果可以表示整个道路的信息,将整个道路流量、路况指标使用云模型表示,需要将统计指标转换为云模型的参数特征.对应算法称作逆向云发生器<sup>[6]</sup>,设有效时间周期内,获取公交车辆速度数据为  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ ,相关算法可以描述为如下4个步骤:

步骤1:根据  $v_i$  计算速度均值  $\bar{V} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i$ ,一

阶速度中心矩  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (v_i - \bar{V})$ ,以及速度方差  $S^2 =$

$$\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (v_i - \bar{V})^2;$$

步骤2:计算速度期望,  $Ex = \bar{V}$ ;

步骤3:计算速度的熵,  $En = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \times \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |v_i$

$- Ex|$ ;

步骤4:计算速度的超熵,  $He = \sqrt{S^2 - En^2}$ .

依次类推, 可以获取三个统计指标的云描述信息.

除逆向云发生器算法外, 云理论体系中还提供了条件云发生器算法, 是本文构建交通信号控制器的关键, 具体可分为前件云发生器和后件云发生器算法两类<sup>[6]</sup>, 二者通常结合使用, 如图2所示.

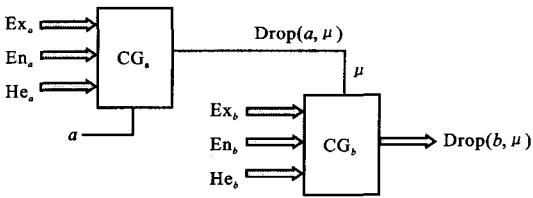


图2 条件云发生器组合图

条件云发生器的算法规则如下:

输入: 规则的前件  $A$  的定性概念  $C_1(Ex_a, En_a, He_a)$ , 规则后件  $B$  的定性概念  $C_2(Ex_b, En_b, He_b)$ , 前件论域  $U_1$  中的一个特定值  $a$ .

输出: 后件论域  $U_2$  中的云滴  $b$  及其确定度  $\mu$ .

步骤1:  $En_a' = \text{NORM}(En_a, He_a); // (\text{sqrt}(-2 * \log(\text{rand}(1)))) * \cos(2 * \text{PI} * \text{rand}(1)) * He + En$

步骤2:  $\mu = e^{\frac{-(a-Ex_a')^2}{2En_a'^2}}$

步骤3:  $En_b' = \text{NORM}(En_b, He_b)$ ;

步骤4: If  $a < Ex$  then  $b = Ex_b - (2\ln(\mu))^{1/2} \times En_b'$

Else  $b = Ex_b - (-2\ln(\mu))^{1/2} \times En_b'$ ;

条件规则发生器中, 当前论域  $U_1$  中的某个特定的输入值  $a$  激活  $CG_a$  时,  $CG_a$  随机产生一个确定度  $\mu$ . 这个值反映了  $a$  对此定义规则的激活程度, 而确定度  $\mu$  又作为后件云发生器  $CG_b$  的输入, 随机产生一个云滴  $\text{drop}(b, \mu)$ . 如果  $a$  激活的是前件的上升沿, 则规则发生器输出的  $b$  对应着后件概念的上升沿, 反之规则相同.

通过条件云发生器算法可知, 制定控制规则是实现云理论控制的关键所在.

### 3.2 信号灯控制规则

对于三个不同的公交车辆信息指标, 本文采用

如下定义和控制指标定义方法.

区间车辆数  $C$ : 根据道路的日常流量, 从经验知识可以获取最大交通流量下各道路区间内的公交车数量, 称为基准车辆因子  $C_s$ , 通过传感器获取的当前车辆流量  $C_t$  与  $C_s$  之间的比值, 称为区间车辆因子  $c = 100C_t/C_s$ ;

车辆速度  $V$ : 城市道路中, 每条公路均有其限速峰值  $V_m$ , 车辆及时速度  $V_t$  与  $V_m$  的比值表示车辆的形式状态, 定义车辆速度因子  $v = 100 * (1 - V_t/V_m)$ . 显然, 与  $c$  相同,  $v$  越大, 表示路况越为拥挤. 当  $V_t > V_m$  时, 记  $v = 0$ ;

车辆负载  $P$ : 通过乘客的刷卡信息, 可以获取车辆的及时客运量  $P_t$ , 每辆车的核定载员记为  $P_m$ , 定义车辆负载因子  $p = 100P_t/(2P_m)$ . 当  $P_t > 2P_m$  时, 记  $p = 1$ ;

通过以上定义, 三个统计指标均被归一化至  $[0, 100]$  区间以内, 将道路情况分为五种定性情况: 畅通、较好、一般、较差和拥堵, 分别对应5组前件云参数与5组后件云参数, 定义见表1. 其中, 期望的选取采用黄金分割法, 熵的选取使用  $3\sigma$  规则, 而超熵的取值随机且较小.

表1 条件云规则参数

| $\{c, v, p\}$ | 前件云参数               | 后件云参数               |
|---------------|---------------------|---------------------|
| 畅通            | (0, 10.3, 0.023)    | (0, 10.3, 0.023)    |
| 较好            | (30.9, 6.37, 0.015) | (30.9, 6.37, 0.015) |
| 一般            | (50, 3.94, 0.01)    | (50, 3.94, 0.01)    |
| 较差            | (69.1, 6.37, 0.015) | (69.1, 6.37, 0.015) |
| 拥堵            | (100, 10.3, 0.023)  | (100, 10.3, 0.023)  |

### 3.3 规则关联方法

三种统计指标同时作用于条件云发生器, 可以构建适用于智能交通信号控制的多规则交通信号控制器, 如图3所示. 其算法流程如下:

步骤1: 通过遥感信号与GPS信号相结合, 获取三个统计指标  $\{c, v, p\}$ ;

步骤2: 将每个统计信号, 作为  $CG_a$  的输入, 分别校验至5组  $CG_a$  算法之中, 获取信号对于路况的贡献  $\{\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5\}$ , 共计15个贡献值;

步骤3: 将15个贡献值作为  $CG_b$  的输入, 计算后件云条件, 获取15个云滴  $\{b_1, b_2, \dots, b_{15}\}$ ;

步骤4: 通过逆向云发生器算法, 获取三个指标反映的综合路况因子  $Ex$ ,  $Ex$  越接近于0, 表示路况越好, 反之则表示道路区域拥挤.

最终,将路况因子  $Ex$  作用于信号灯的调节算法,对于十字交叉路口,不考虑左转方向的车辆,设东西方向的调节因子为  $Ex_a$ ,南北方向为  $Ex_b$ ,东西方向的信号灯的绿灯时间为  $t_a$ ,南北为  $t_b$ ,则调节方法为

$$t'_a = t_a \times (1 + Ex_a - Ex_b) \times 100)$$
$$t'_b = t_b \times (1 + Ex_b - Ex_a) \times 100)$$

(3)

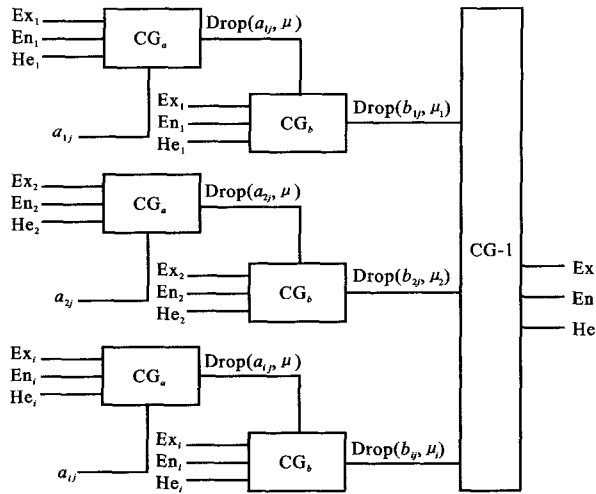


图 3 多规则多条件交通信号控制器

4 模拟实验

对于十字路口 A,其车辆速度因子  $v$ 、车辆负载因子  $p$  和区间车辆因子  $c$  在  $t_1$  与  $t_2$  时刻的取值如表 2 所示,对于多个车辆信息,三个统计指标去均值参与计算。

表 2 测试数据详细信息

| 时间点       | $c$ | $v$ | $p$ |
|-----------|-----|-----|-----|
| $t_1$ 东西向 | 45  | 60  | 32  |
| $t_1$ 南北向 | 47  | 48  | 56  |
| $t_2$ 东西向 | 10  | 13  | 6   |
| $t_2$ 南北向 | 55  | 75  | 49  |

$t_1$  时刻,双向的车辆数差别不大,而车辆速度明显东西向较慢,但其单位车辆的载人量不如南北向大.此时,不容易直观判定双方向的方向灯调节方案.将数据代入 3.3 节所述的信号灯控制器中,可知,南北向的路况更加趋近于“一般”状态,而东西向较南北向略好.因此,应该适当延长南北向的放行时间.结果式(3)的计算可知,南北向信号灯较原始绿灯长度延长 3% 左右,此差距不大,因为双方向路况较为接近所致。

相同的计算方法可得  $t_2$  时刻的双向信号控制结果,此时,东西向流量较小,路况区域“畅通”状态,而南北向路况较差,属于“较差”状态的定义范畴.因此,通过式(3) 计算可知,此时东西向应该削减其放行时间 50.06%,响应南北向放行时间增长,可以减缓其拥堵状况.  $t_1, t_2$  时刻双向信号控制结果如图 4、图 5 所示。

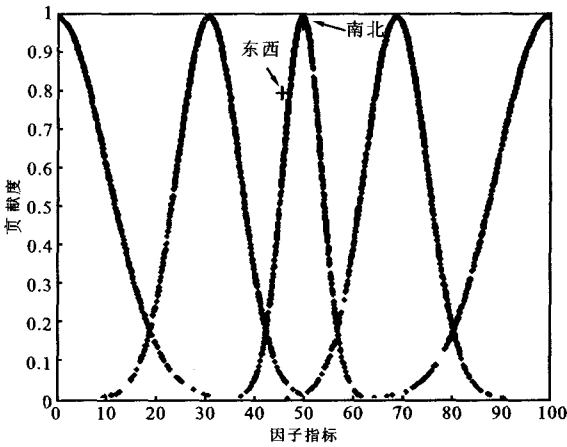


图 4  $t_1$  时刻双向信号控制结果

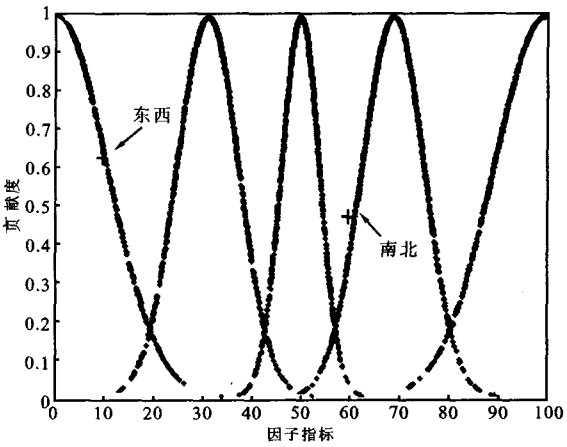


图 5  $t_2$  时刻双向信号控制结果

通过模拟实验对比可知,本文提出的智能交通信号灯控制方案,能够真实客观的反映道路情况,并对信号的时长做出有效调整.同时,本方案是一种开放性的控制方法,由图 3 可知,可以根据实际需求,定义任意多的监控信号指标,将多个前件 - 后件云规则发生器“并联”入本方案即可。

5 结束语

基于云模型可以构建智能交通控制系统.本文以公交车辆为车辆代表,使用公交车上的智能终端采集车辆参数进而反映路况信息,最终构建出交通信号灯控制方案.由于多种路况指标受到天气、节假

日等诸多因素的影响,充满了不确定性,因此,本文选用不确定性理论——云理论作为构建智能信号灯控制的基础.未来工作将注重于公交车的智能发车时间间隔研究和公交调度平台的构建.

本文创新点:将云模型应用于交通信号控制系统,对于含有不确定性的多维度公交信号综合处理,由多种信号集中反映道路情况,并对信号的时长做出有效调整,使系统更具智能化.

#### 参考文献:

- [1] 潘良,刘宏立. GPRS 技术在智能公交管理系统中的应用与研究[J]. 计算机工程与科学, 2009, 31(11): 153-156.
- [2] 梁松,梁艳,陈继努. 基于 GPRS 的智能公交系统通信平台的实现[J]. 通信技术, 2007, 40(10): 56-58.

- [3] 邹谷山,蔡延光,师凯. ARM/GPRS 自导航系统终端设计与实现[J]. 计算机应用研究, 2005, 22(9): 201-202.
- [4] 常新峰,沈连丰,胡静,等. 一种智能公交车载系统的研制及性能分析[J]. 东南大学学报, 2009, 39(2): 377-383.
- [5] 李自刚,聂明新. 基于 ARM 和 GPRS 的光纤直放站监控系统的设计与实现[J]. 通信技术, 2010, 43(4): 127-129.
- [6] 张飞舟,范跃祖,沈程智. 基于隶属云发生器的智能控制[J]. 航空学报, 1999, 20(1): 89-92.

#### 作者简介:

刘罗仁 男, (1966-), 硕士研究生, 副教授. 研究方向为控制理论、控制工程.

(上接第 94 页)

#### 参考文献:

- [1] 李乔,徐俊明,张忠良. 最优双环网络的无限族[J]. 中国科学: A 辑, 1993, 23(9): 979-992.
- [2] 陈协彬. 步长有限制的双环网络的最优路由算法[J]. 计算机学报, 2004, 27(5): 596-603.
- [3] Guan D J. An optimal message routing algorithm for double-loop networks[J]. Information Processing Letters, 1998 (65): 255-260.
- [4] 刘焕平,朱延功,杨义先. 双环网络  $DL(N, h)$  的最短路径选择算法[J]. 电子科学学刊, 1999, 21(2): 202-205.
- [5] 陈忠实,靳蕃. 双环网络  $[+1]$  边优先最短路径及其寻径

策略[J]. 计算机研究与发展, 2001, 38(7): 788-792.

- [6] 陈宝兴. 双向双环局域网的限制性容错直径[J]. 苏州科技学院学报: 自然科学版, 2005, 22(3): 11-14.
- [7] 徐俊明,谢歆. 关于图的容错直径和宽直径[J]. 中国科学技术大学学报, 2002, 32(2): 135-139.
- [8] 陈宝兴,杜妮,周书明. 有向双环网络的宽直径公式[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2008, 47(6): 782-786.

#### 作者简介:

陈业斌 男, (1971-), 硕士, 副教授. 研究方向为计算机网络及数据库.