

实时自适应交通信号倒计时显示控制方法^①

杨照峰¹, 张睿哲²

¹(平顶山学院 软件学院, 平顶山 467002)

²(平顶山学院 计算机科学与技术学院, 平顶山 467002)

摘要: 针对目前各城市的交通堵塞现象日益严重, 传统的定配时交通控制方法因不够灵活而难以适应当前交通需求, 提出了一种实时自适应交通信号倒计时显示控制方法, 该方法能够将全程倒计时、无跳变、计时与实际时间相符合集中于一身, 可根据各相位车流情况实时调整目标相位绿灯倒计时时间, 不仅可使人们获知真实的倒计时时间, 还能有效缓解交通拥堵, 具有良好的实用性。

关键词: 拥堵; 自适应; 全程倒计时; 目标相位; 交通拥堵

Real-Time Adaptive Traffic Signal Countdown Display Control Method

YANG Zhao-Feng¹, ZHANG Rui-Zhe²

¹(School of Software Engineering, Pingdingshan University, Pingdingshan 467002, China)

²(Computer Science and Technic Academy Department, Pingdingshan University, Pingdingshan 467002, China)

Abstract: Aiming at the present city's growing traffic jams, the traditional method of traffic control is inflexible and difficulty to adapt because of the current traffic demand. This paper presents a real-time adaptive traffic signal countdown display control method, which can be throughout the countdown, no transitions, timing and consistent focus on an actual time. According to real-time traffic conditions for each phase adjustment target phase green countdown time, this method not only allows people to learn the real countdown time, but also effectively relieves traffic congestion, with good practicality.

Key words: congestion; adaptive; full countdown; target phase; traffic jam

复杂背景中的目标定位在工业流水线、工业监控、交通控制管理等领域有着重要的应用。而在图像定位中常常用到特征点来克服模板匹配时间上的缺点。目前各城市的交通堵塞现象日益严重, 交通拥堵成为影响大城市居民出行的首要问题, 传统的定配时交通控制方法因不够灵活而难以适应当前交通需求, 现有自适应控制方法中大部分已具有倒计时功能, 但是仍然无法将全程倒计时、无跳变、计时与实际时间相符合集中于一身。文献[1]提出了一种交通信号倒计时显示的控制方法, 该方法在交通信号机相位时间的后期预设一时间段, 交通信号机通过计算改变向倒计时屏输送显示数据信息的频率, 从而改变倒计时屏每秒显示时间的长短; 文献[2]提出了基于交通信号灯的智能控制技术, 但是该技术目前存在一定的缺陷, 具有延迟

性, 不能实现实时的查询反馈。本文在此基础上提出了一种将全程倒计时、无跳变、计时与实际时间相结合的自适应控制方法。通过该方法的应用, 可使出行者的路径选择向网络均衡的系统最优方向接近, 达到路网负荷的均匀化, 再加上能够将交通事故迅速通报从而使事故现场得到迅速清理的实时监测系统、能够根据当前情况调整的高速公路入口匝道和交通信号系统、能够减少收费站外车队长度的不停车收费系统等一系列 ITS 子系统, 可大大减少行车延误, 实现道路资源的高效率使用, 有效缓解交通拥挤、节约出行时间、减少交通事故、降低交通环境影响。

大城市已经开始推广城市交通信号控制系统, 这些先进的交通信号控制系统是多种技术的综合体, 主要涉及信号周期以及相位绿灯时间的计算、高效配时

① 基金项目: 河南省科技计划重点项目(102102210416)

收稿时间: 2013-12-03; 收到修改稿时间: 2014-01-03

策略的制定以及配时策略的优化等^[3]。但是光有先进的系统是不够的,必须与先进的技术相结合^[4-6]。本文提出了一种将全程倒计时、无跳变、计时与实际时间相结合的自适应控制方法。

1 实时自适应交通信号倒计时显示控制方法(RATDC)算法设计

该算法的步骤主要包括以下九步:

Step1: 开始自适应控制;

Step2: 控制器读取当前路口的放行类型的种类和顺序,并按顺序将各种放行类型依次编号为第*i*阶段, $i=1, 2, 3, \dots$, 或*n*;

Step3: 控制器从数据库或内存库中读取各阶段的参数,所述参数^[5]包括各阶段当前绿灯时间 G_{i0} 、各阶段绿灯时间上限 G_{imax} 、各阶段绿灯时间下限 G_{imin} 、各阶段对应车道的每小时饱和车流量 S_i 、各阶段对应车道的上一周期通行车辆数 X_i ; 其中, i 为各阶段的编号; 各阶段当前绿灯时间 G_{i0} 、各阶段绿灯时间上限 G_{imax} 、各阶段绿灯时间下限 G_{imin} 的单位均为秒; 以所有阶段循环一次为一周期;

Step4: 以当前所处阶段的编号为*j*并确定目标阶段,若 $j+(n-1)=n$ 则目标阶段为本周期第*n*阶段,若 $j+(n-1)>n$ 则目标阶段为下周期第*j-1*阶段; 将当前所处阶段(即本周期第*j*阶段)、以及位于当前所述阶段与目标阶段之间的各阶段(若 $j+k \leq n(k=1, 2, 3, \dots, n-2)$, 则为本周期第*j+k*阶段; 若 $j+k > n(k=1, 2, 3, \dots, n-2)$, 则为下周期第*j+k-n*阶段)作为辅助阶段; 以目标阶段的编号为*p*, 以各辅助阶段的编号为*q*; 在当前所处阶段开始时,控制器利用与各阶段对应的参数分别计算目标阶段未来阻塞参数 b_0 和辅助阶段最大未来阻塞参数 b_1 。

$$b_0 = \frac{Q_p + (Q_{p-1} - S_p \times G_{p0} \div 3600)}{S_p \times (G_{p0} - A) \div 3600 + B} \quad (1)$$

$$b_1 = \max \left[\frac{Q_q + (Q_{q-1} - S_q \times G_{q0} \div 3600)}{S_q \times (G_{q0} - A) \div 3600 + B} \right] \quad (2)$$

其中 Q_p 或 Q_q 为各阶段对应车道的预测周期通行车辆数,计算方法为:

$$Q_p = \frac{\sum_{i=t-M+1}^{i=t} X_i}{M} \quad (3)$$

i 为各阶段的编号, X_i 为各阶段对应车道的上一周期通

行车辆数; A, B, M, t 均为预设整数值, $5 \leq A \leq 15, 1 \leq B \leq 5, 1 \leq M \leq 5, M \leq t \leq i$;

Step5: 控制器将目标阶段未来阻塞参数 b_0 和辅助阶段最大未来阻塞参数 b_1 换算^[6]为目标阶段未来交通状况 B_0 和辅助阶段未来交通状况 B_1 ; 换算过程如下: 当 b_0 或 $b_1 \geq 0$ 且 $< n_1$ 时,对应的 B_0 或 B_1 为十分通畅 VF; 当 b_0 或 $b_1 \geq n_1$ 且 $< n_2$ 时,对应的 B_0 或 B_1 为通畅 F; 当 b_0 或 $b_1 \geq n_2$ 且 $< n_3$ 时,对应的 B_0 或 B_1 为一般 N; 当 b_0 或 $b_1 \geq n_3$ 且 $< n_4$ 时,对应的 B_0 或 B_1 为阻塞 B; 当 b_0 或 $b_1 \geq n_4$ 时,对应的 B_0 或 B_1 为严重阻塞 VB; 其中, n_1, n_2, n_3, n_4 均为预设的数值, $0.1 \leq n_1 \leq 0.3, 0.2 \leq n_2 \leq 0.5, 0.4 \leq n_3 \leq 0.7, 0.6 \leq n_4 \leq 0.9$;

Step6: 控制器按决策矩阵,根据目标阶段未来交通状况 B_0 和辅助阶段未来交通状况 B_1 确定处理动作,并对目标阶段的当前绿灯时间 G_{i0} 进行相应处理; 所述决策矩阵如下表 1 示:

表 1 决策矩阵

| | | | | | |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| $B_0 \backslash B_1$ | VB | B | N | F | VF |
| VB | MUL | MUL | MUL | MUL | MUL |
| B | EQ | ADD | ADD | ADD | ADD |
| N | MIN | MIN | EQ | EQ | EQ |
| F | DIV | MIN | MIN | MIN | MIN |
| VF | DIV | DIV | DIV | DIV | DIV |

该矩阵中, G_{i0} 在经过各处理动作分别处理后的结果为: MUL: $G_{i0} + 2 \times R$, ADD: $G_{i0} + R$, EQ: G_{i0} , MIN: $G_{i0} - R$, DIV: $G_{i0} - 2 \times R$, 其中 R 为预设的整数值, $1 \leq R \leq 8$;

Step7: 控制器根据第六步处理所得 G_{i0} 是否超出由目标阶段绿灯时间上限 G_{imax} 和目标阶段绿灯时间下限 G_{imin} 确定的范围,对 G_{i0} 进行进一步处理,处理过程如下: 如果 $G_{imin} \leq G_{i0} \leq G_{imax}$, 则 G_{i0} 不变; 如果 $G_{i0} > G_{imax}$, 则使 $G_{i0} = G_{imax}$; 如果 $G_{i0} < G_{imin}$, 则使 $G_{i0} = G_{imin}$;

Step8: 控制器将数据库或内存库中目标阶段的当前绿灯时间 G_{i0} 替换为第六步处理所得 G_{i0} , 并使目标阶段的交通信号设备按第六步处理所得 G_{i0} 显示绿灯倒计时^[7];

Step9: 控制器判断是否结束自适应控制,如是则结束,如否则返回第二步。

其具体流程图如图 1 所示:

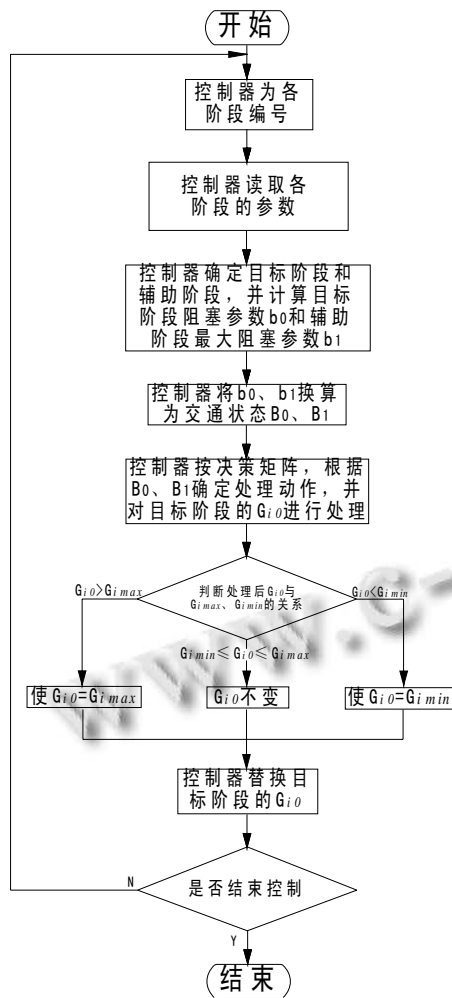


图 1 RATDC 算法流程图

2 实验与结果分析

为了对以上算法进行验证, 本文进行了以下两个实验:

实验 1: 一个十字路口的放行类型有四种, 依次为: 南北直行、南北左转、东西直行、东西左转, 将它们依次编号后的结果为: 第 1 阶段“南北直行”, 第 2 阶段“南北左转”, 第 3 阶段“东西直行”, 第 4 阶段“东西左转”, 即 $n=4$ 。

实验 2: 一个十字路口的放行类型有五种, 依次为: 南北直行、南往北直行加南往北左转、南北左转、东西直行、东西左转, 将它们依次编号后的结果为: 第 1 阶段“南北直行”, 第 2 阶段“南往北直行加南往北左转”, 第 3 阶段“南北左转”, 第 4 阶段“东西直行”, 第 5 阶段“东西左转”, 即 $n=5$ 。

具体执行步骤如下:

Step1: 控制器从数据库或内存库中读取各阶段的参数, 所述参数包括各阶段当前绿灯时间 G_{i0} 、各阶段绿灯时间上限 $G_{i\max}$ 、各阶段绿灯时间下限 $G_{i\min}$ 、各阶段对应车道的每小时饱和车流量 S_i 、各阶段对应车道的上一周期通行车辆数 X_i ; 其中, i 为各阶段的编号; 各阶段当前绿灯时间 G_{i0} 、各阶段绿灯时间上限 $G_{i\max}$ 、各阶段绿灯时间下限 $G_{i\min}$ 的单位均为秒; 以所有阶段循环一次为一周期^[8];

Step2: 以当前所处阶段的编号为 j 并确定目标阶段, 若 $j+(n-1)=n$ 则目标阶段为本周期第 n 阶段, 若 $j+(n-1)>n$ 则目标阶段为下周期第 $j-1$ 阶段; 将当前所处阶段(即本周期第 j 阶段)、以及位于当前所述阶段与目标阶段之间的各阶段(若 $j+k \leq n$ ($k=1, 2, 3, \dots, n-2$), 则为本周期第 $j+k$ 阶段; 若 $j+k > n$ ($k=1, 2, 3, \dots, n-2$), 则为下周期第 $j+k-n$ 阶段)作为辅助阶段; 以目标阶段的编号为 p , 以各辅助阶段的编号为 q ;

第二步的实验 1 中, 若当前处于第 1 阶段“南北直行”, 则目标阶段为本周期第 4 阶段“东西左转”, 辅助阶段为本周期第 1 阶段“南北直行”、第 2 阶段“南北左转”、第 3 阶段“东西直行”; 若当前处于第 2 阶段“南北左转”, 则目标阶段为下周期第 1 阶段“南北直行”, 辅助阶段为本周期第 2 阶段“南北左转”、第 3 阶段“东西直行”、第 4 阶段“东西左转”; 依此类推。

第二步的实验 2 中, 若当前处于第 1 阶段“南北直行”, 则目标阶段为本周期第 5 阶段“东西左转”, 辅助阶段为本周期第 1 阶段“南北直行”、第 2 阶段“南往北直行加南往北左转”、第 3 阶段“南北左转”、第 4 阶段“东西直行”; 若当前处于第 2 阶段“南往北直行加南往北左转”, 则目标阶段为下周期第 1 阶段“南北直行”, 辅助阶段为本周期第 2 阶段“南往北直行加南往北左转”、第 3 阶段“南北左转”、第 4 阶段“东西直行”、第 5 阶段“东西左转”; 依此类推。在当前所处阶段开始时, 控制器利用与各阶段对应的参数^[9]分别计算目标阶段未来阻塞参数 b_0 和辅助阶段最大未来阻塞参数 b_1 ; A, B, M, t 均为预设整数, $5 \leq A \leq 15, 1 \leq B \leq 5, 1 \leq M \leq 5, M \leq t \leq i$; 优选地, $A=10, B=3, M=3$;

Step3: 控制器将目标阶段未来阻塞参数 b_0 和辅助阶段最大未来阻塞参数 b_1 换算为目标阶段未来交通状况 B_0 和辅助阶段未来交通状况 B_1 ; 换算过程如下:

当 b_0 或 $b_1 \geq 0$ 且 $< n_1$ 时, 对应的 B_0 或 B_1 为十分通畅 VF; 当 b_0 或 $b_1 \geq n_1$ 且 $< n_2$ 时, 对应的 B_0 或 B_1 为通

畅 F; 当 b_0 或 $b_1 \geq n_2$ 且 $< n_3$ 时, 对应的 B_0 或 B_1 为一般 N; 当 b_0 或 $b_1 \geq n_3$ 且 $< n_4$ 时, 对应的 B_0 或 B_1 为阻塞 B; 当 b_0 或 $b_1 \geq n_4$ 时, 对应的 B_0 或 B_1 为严重阻塞 VB;

其中, n_1, n_2, n_3, n_4 均为预设的数值, $0.1 \leq n_1 \leq 0.3$, $0.2 \leq n_2 \leq 0.5$, $0.4 \leq n_3 \leq 0.7$, $0.6 \leq n_4 \leq 0.9$; 优选地, $n_1=0.2$, $n_2=0.4$, $n_3=0.6$, $n_4=0.8$;

Step4: 控制器按决策矩阵, 根据目标阶段未来交通状况 B_0 和辅助阶段未来交通状况 B_1 确定处理动作, 并对目标阶段的当前绿灯时间 G_{i0} 进行相应处理; 所述决策矩阵参看表 1.1。令 $R=4$;

Step5: 控制器根据第六步处理所得 G_{i0} 是否超出由目标阶段绿灯时间上限 $G_{i \max}$ 和目标阶段绿灯时间下限 $G_{i \min}$ 确定的范围, 对 G_{i0} 进行进一步处理, 处理过程如下: 如果 $G_{i \min} \leq G_{i0} \leq G_{i \max}$, 则 G_{i0} 不变; 如果 $G_{i0} > G_{i \max}$, 则使 $G_{i0} = G_{i \max}$; 如果 $G_{i0} < G_{i \min}$, 则使 $G_{i0} = G_{i \min}$;

Step6: 控制器将数据库或内存库中目标阶段的当前绿灯时间 G_{i0} 替换为第六步处理所得 G_{i0} , 并使目标阶段的交通信号设备按第六步处理所得 G_{i0} 显示绿灯倒计时^[10];

Step7: 控制器判断是否结束自适应控制, 如是则结束, 如否则返回第二步。具体而言, 数据库或内存库中各阶段的绿灯时间上限 ($G_{i \max}$)、绿灯时间下限 ($G_{i \min}$)、对应车道的每小时饱和车流量 (S_i) 均为预设值; 数据库中各阶段对应车道的上一周期通行车辆数 X_i 来自设置于各阶段对应车道的车流数据采集器。

通过实验得出如图所示的示意图。

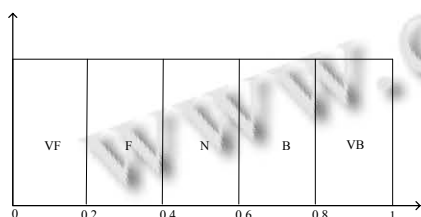


图2 实验中交通状态划分示意图

3 实验结果与分析

本文的创新点主要体现在以下两个方面: (1) 开创性地将路口放行类型作为交通阶段来判断、调整通行

时间, 并实现自适应控制, 这就将整个路口各个方向的通行情况全部容纳于考虑范围内, 从而实现整体调整效果, 是更加科学的控制方法。(2) 在当前所处阶段开始后数秒内即可对目标阶段当前绿灯时间做出调整, 使目标阶段能按最新的当前绿灯时间全程且无跳变地显示绿灯倒计时, 并保证该倒计时与真实时间相符, 使人们感觉直观, 有准确的心理预期。

参考文献

- 1 Cai C, Wong CK, Heydecker BG. Adaptive traffic signal control using approximate dynamic programming. *Transportation Research Part C*, 2009, 17(5): 456-474.
- 2 颜艳霞, 李文权. 单点交叉口信号实时配时模型及蚂蚁算法. *公路交通科技*, 2011, 23(11): 116-119.
- 3 周正林, 姜振廷, 宋天明. 基于视频技术的交通流量预测. *黑龙江工程学院学报(自然科学版)*, 2011, 25(3): 29-30.
- 4 Baskar LD, Schutter B, Moorbd D. Model-based predictive traffic control for intelligent vehicles: Dynamic speed limits and dynamic lane a Vocation. *Proc. of 2008 IEEE Intellfgent Vehicles Symposium*. Eindhoven: IEEE. 2008, 7: 174-179.
- 5 Haritaoglu I, Hanrwood D, Davis L. Real-time surveillance of people and their activities. *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intlelligence*, 2010, 22(8): 809-830.
- 6 赵会宾. 基于多交叉口信号控制的动态诱导策略[硕士学位论文]. 西安: 西安电子科技大学, 2011.
- 7 Shen HP, Zhu ZY, Lee TCM. Robust estimation of the self-similarity parameter in network traffic using wavelet Wausform. *Signal Processing*, 2007, 87(9): 2111-2124.
- 8 丁恒, 郑小燕, 刘燕. 基于小波分析的随机交通流组合预测方法研究[学位论文]. *系统仿真学报*, 2012, 24(2): 377-381.
- 9 Li THS, Chen CY, Lim KC. Combination of fuzzy logic control and back propagation neural networks for the autonomous driving control of car-like mobile robot systems. *Proc. of the 49th SICE Annual Conference*. 2010. 2071-2076.
- 10 张润生, 黄小云, 马雷. 复杂环境下车辆前方多车道识别方法. *农业机械学报*, 2012(41): 24-29.