

## (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2014 年 5 月 1 日 (01.05.2014)



(10) 国际公布号  
WO 2014/063545 A1

- (51) 国际专利分类号:  
G08G 1/081 (2006.01) G08G 1/07 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2013/083823
- (22) 国际申请日: 2013 年 9 月 18 日 (18.09.2013)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201210415463.5 2012 年 10 月 26 日 (26.10.2012) CN
- (71) 申请人: 中兴通讯股份有限公司 (ZTE CORPORATION) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。
- (72) 发明人: 董振江 (DONG, Zhenjiang); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。王景成 (WANG, Jingcheng); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业

业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。罗圣美 (LUO, Shengmei); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。苗浩轩 (MIAO, Haoxuan); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。付强 (FU, Qiang); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。胡霆 (HU, Ting); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。赵广磊 (ZHAO, Guanglei); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。黄晨 (HUANG, Chen); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。

- (74) 代理人: 北京康信知识产权代理有限公司 (KANGXIN PARTNERS, P.C.); 中国北京市海淀区

[见续页]

(54) Title: ADAPTIVE TRAFFIC CONTROL METHOD AND DEVICE

(54) 发明名称: 一种交通自适应控制方法和装置

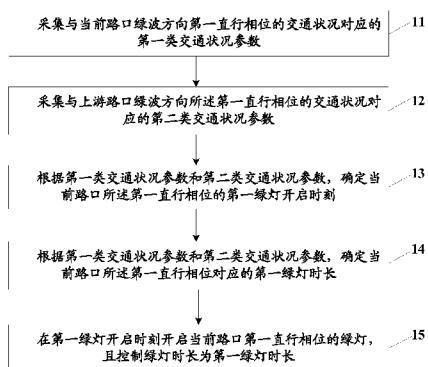


图 1 / Fig. 1

- 11 ACQUIRING A FIRST-TYPE TRAFFIC STATUS PARAMETER CORRESPONDING TO THE TRAFFIC STATUS OF THE FIRST STRAIGHT-AHEAD PHASE IN THE GREEN WAVE DIRECTION OF A CURRENT INTERSECTION
- 12 ACQUIRING A SECOND-TYPE TRAFFIC STATUS PARAMETER CORRESPONDING TO THE TRAFFIC STATUS OF THE FIRST STRAIGHT-AHEAD PHASE IN THE GREEN WAVE DIRECTION OF AN UPSTREAM INTERSECTION
- 13 DETERMINING THE FIRST GREEN LIGHT TURN-ON TIME OF THE FIRST STRAIGHT-AHEAD PHASE OF THE CURRENT INTERSECTION ACCORDING TO THE FIRST-TYPE TRAFFIC STATUS PARAMETER AND THE SECOND-TYPE TRAFFIC STATUS PARAMETER
- 14 DETERMINING THE FIRST GREEN LIGHT DURATION CORRESPONDING TO THE FIRST STRAIGHT-AHEAD PHASE OF THE CURRENT INTERSECTION ACCORDING TO THE FIRST-TYPE TRAFFIC STATUS PARAMETER AND THE SECOND-TYPE TRAFFIC STATUS PARAMETER
- 15 TURNING ON THE GREEN LIGHT AT THE FIRST STRAIGHT PHASE OF THE CURRENT INTERSECTION AT THE FIRST GREEN LIGHT TURN-ON TIME, AND CONTROLLING THE GREEN LIGHT DURATION TO BE THE FIRST GREEN LIGHT DURATION

(57) Abstract: An adaptive traffic control method and device, the method comprising: acquiring a first-type traffic status parameter corresponding to the traffic status of the first straight-ahead phase in the green wave direction of a current intersection (11); acquiring a second-type traffic status parameter corresponding to the traffic status of the first straight-ahead phase in the green wave direction of an upstream intersection (12); determining the first green light turn-on time of the first straight-ahead phase of the current intersection according to the first-type traffic status parameter and the second-type traffic status parameter (13); determining the first green light duration corresponding to the first straight-ahead phase of the current intersection according to the first-type traffic status parameter and the second-type traffic status parameter (14); and turning on the green light at the first straight phase of the current intersection at the first green light turn-on time, and controlling the green light duration to be the first green light duration (15). The method adjusts the green light turn-on time and the duration of a signal light, enabling as many vehicles as possible to pass through an intersection with multiple signal lights in the green wave band without stopping.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2014/063545 A1



知春路甲 48 号盈都大厦 A 座 16 层, Beijing 100098 (CN)。

(81) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

**本国际公布:**

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种交通自适应控制方法和装置, 该方法包括: 采集与当前路口绿波方向第一直行相位的交通状况对应的第一类交通状况参数(11); 采集与上游路口绿波方向所述第一直行相位的交通状况对应的第二类交通状况参数(12); 根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数, 确定当前路口所述第一直行相位的第一绿灯开启时刻(13); 根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数, 确定当前路口所述第一直行相位对应的第一绿灯时长(14); 在所述第一绿灯开启时刻开启当前路口所述第一直行相位的绿灯, 且控制绿灯时长为所述第一绿灯时长(15)。该方法调节信号灯的绿灯开启时刻、时长, 使得尽量多的车辆能够不停车的通过绿波带的多个信号灯路口。

# 一种交通自适应控制方法和装置

## 技术领域

本发明涉及交通信号控制领域，尤其涉及一种交通自适应控制方法和装置。

## 背景技术

5       城市交通自适应控制系统已经越来越多的被引入中国城市信号灯控制系统中，其中英国的绿信比、周期、相位差优化技术（Split Cycle Offset Optimizing Technique，简称为 SCOOT）和澳大利亚的悉尼自适应交通控制系统（Sydney Coordinated Adaptive Traffic System，简称为 SCATS）是较为成熟的技术。然而该系统目前存在两个重要问题：相位差实时优化能力差和备选方案固化，限制了该自适应控制系统应用在干线绿  
10   波协调控制中。有学者提出了一些的解决方案。

一种较为简单的实现方法是发布信息指导驾驶员的驾驶行为，当检测到车辆能够以当前车速通过下游交叉路口时，向驾驶员推荐一个稳定的行驶车速；当检测到车辆无法以当前车速通过时，给出一个减速建议，使车辆在下游交叉口能够尽量减少停车等待时间，从而降低油耗。这种绿波控制方法把控制对象从信号灯组转移到车辆驾驶员，  
15   避免了信号灯组的复杂优化计算，能够形成一定的绿波效果，减少了车辆的停车次数，但是却没有提高道路的通行能力，并且以驾驶员为控制对象的控制策略的控制效果无法保证，因为驾驶员可以选择忽略信息公告栏上发布的行驶建议。

大部分以信号灯组为控制目标的控制策略仍然以经典的数解法和图解法为基础，需要确定绿波带内各路口的公共周期，各个路口以此公共周期运行。该方法能够简化  
20   绿波方向相位差的设计，但是由于各路口车流量特性不一致，会造成某些绿灯时间的浪费，不利于提高路口的所有进口方向车辆的整体通行能力。以整条绿波带为研究目标的绿波控制通常需要各个路口和中央控制机相互通信，并最终将配置参数回传给信号灯组，整个过程需要在中央控制机和各路口控制机间传送大量的数据，并且以原始数据为基础的整体优化方法计算量大，不利于实现实时的绿波控制。

## 25   发明内容

本发明实施例的目的是提供一种交通自适应控制方法和装置，当路面交通饱和度在 0.6~0.9 时，通过调节信号灯的绿灯开启时刻和绿灯时长，使得尽量多的车辆能够不停车的通过绿波带的多个信号灯路口。

为实现上述目的，本发明实施例提供了一种交通自适应控制方法，用于控制一绿波带内的多个交通信号灯，包括：

采集与当前路口绿波方向第一直行相位的交通状况对应的第一类交通状况参数；

采集与上游路口绿波方向所述第一直行相位的交通状况对应的第二类交通状况参数；

根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数，确定当前路口所述第一直行相位的第一绿灯开启时刻；

根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数，确定当前路口所述第一直行相位对应的第一绿灯时长；

10 在所述第一绿灯开启时刻开启当前路口所述第一直行相位的绿灯，且控制绿灯时长为所述第一绿灯时长。

优选地，所述第一类交通状况参数包括：车流量参数和占有率参数；

所述第二类交通状况参数包括：在绿波方向第一直行相位上对应的绿灯开启时刻、绿灯时长以及车辆排队长度。

15 优选地，所述车流量参数具体为车流量和对应的道路通行能力的比值。

优选地，所述根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数，确定当前路口所述第一直行相位的第一绿灯开启时刻具体包括：

根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数计算得到一相位差；所述相位差为当前路口与上游路口在绿波方向第一直行相位上绿灯开启时刻的时间差；

20 当前路口在第一时刻与上游路口在绿波方向直行相位上绿灯开启时刻的时间差达到所述相位差时，确定第一时刻为当前路口第一直行相位的第一绿灯开启时刻。

优选地，所述根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数，确定当前路口所述第一直行相位的第一绿灯开启时刻具体还包括：

根据所述当前路口的第一类交通状况参数确定一修正相位差；

25 所述当前路口在第一时刻与上游路口在绿波方向直行相位上绿灯开启时刻的时间差达到所述相位差时，确定第一时刻为当前路口第一直行相位的第一绿灯开启时刻具

体为在当前路口与上游路口在绿波方向直行相位上绿灯开启时刻的时间差达到目标相位差的第一时刻，确定所述第一时刻为所述第一直行相位的第一绿灯开启时刻；所述目标相位差为所述相位差与所述修正相位差之和。

优选地，所述相位差  $\Delta\Phi$  为：

$$\Delta\phi = \frac{L+l}{v_f(1-\frac{Q}{k})} + t_0,$$

其中，L 为当前路口与上游路口间的距离，l 为上游路口绿波方向上车辆排队长度， $v_f$  为车流量近似为零时的车速，Q 为车流量，k 表示最大车流密度， $t_0$  是由于车辆由静止加速至匀速行驶而导致的时间损耗。

10 优选地，所述直行相位包括直行方向和右转方向；所述第一直行相位对应的第一绿灯时长为直行方向的绿灯时长和对应的右转方向的绿灯时长中的最大值。

优选地，所述第一直行相位直行方向的绿灯时长为放行当前路口绿波方向直行车辆的第一放行时长和放行上游路口在绿波方向直行车辆的第二放行时长之和；

15 其中，所述第一放行时长由当前路口第一直行相位对应的第一类交通状况参数确定；所述第二放行时长为上游路口在所述第一直行相位上的绿灯时长和一比例系数的乘积；

所述第一直行相位右转方向的绿灯时长由当前路口第一直行相位对应的第一类交通状况参数确定。

为了实现本发明的目的，本发明实施例还提供了一种交通自适应控制装置，用于控制一绿波带内的多个交通信号灯，包括：

20 第一采集模块，设置为采集与当前路口绿波方向第一直行相位的交通状况对应的第一类交通状况参数；

第二采集模块，设置为采集与上游路口绿波方向所述第一直行相位的交通状况对应的第二类交通状况参数；

25 绿灯开启时刻确定模块，设置为根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数，确定当前路口所述第一直行相位的第一绿灯开启时刻；

绿灯时长确定模块，设置为根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数，确定与当前路口所述第一直行相位对应的第一绿灯时长；

控制模块，设置为在所述第一绿灯开启时刻开启当前路口所述第一直行相位的绿灯，且控制绿灯时长为所述第一绿灯时长。

5 优选地，所述第一类交通状况参数包括：车流量参数和占有率参数；

所述第二类交通状况参数包括：在绿波方向第一直行相位上对应的绿灯开启时刻、绿灯时长以及车辆排队长度。

优选地，所述车流量参数具体为车流量和对应的道路通行能力的比值。

优选地，所述绿灯开启时刻确定模块具体包括：

10 相位差计算模块，设置为根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数计算得到一相位差；所述相位差为当前路口与上游路口在绿波方向第一直行相位上绿灯开启时刻的时间差；

确定子模块，设置为当前路口在第一时刻与上游路口在绿波方向直行相位上绿灯开启时刻的时间差达到所述相位差时，确定第一时刻为当前路口第一直行相位的第一

15 绿灯开启时刻。

优选地，所述绿灯开启时刻确定模块具体还包括：

相位差修正模块，设置为根据所述当前路口的第一类交通状况参数确定一修正相位差；

20 所述确定子模块具体设置为在当前路口与上游路口在绿波方向直行相位上绿灯开启时刻的时间差达到目标相位差的第一时刻，确定所述第一时刻为所述第一直行相位的第一绿灯开启时刻；所述目标相位差为所述相位差与所述修正相位差之和。

优选地，所述相位差  $\Delta\Phi$  为：

$$\Delta\phi = \frac{L+l}{v_f(1-\frac{Q}{k})} + t_0 ,$$

其中,  $L$  为当前路口与上游路口间的距离,  $l$  为上游路口绿波方向上车辆排队长度,  $v_f$  为车流量近似为零时的车速,  $Q$  为车流量,  $k$  表示最大车流密度,  $t_0$  是由于车辆由静止加速至匀速行驶而导致的时间损耗。

优选地, 所述直行相位包括直行方向和右转方向; 所述第一直行相位对应的第一  
5 绿灯时长为直行方向的绿灯时长和对应的右转方向的绿灯时长中的最大值。

优选地, 所述第一直行相位直行方向的绿灯时长为放行当前路口绿波方向直行车辆的第一放行时长和放行上游路口在绿波方向直行车辆的第二放行时长之和;

其中, 所述第一放行时长由当前路口第一直行相位对应的第一类交通状况参数确定; 所述第二放行时长为上游路口在所述第一直行相位上的绿灯时长和一比例系数的  
10 乘积;

所述第一直行相位右转方向的绿灯时长由当前路口第一直行相位对应的第一类交通状况参数确定。

本发明实施例具有以下有益效果:

本发明实施例, 通过调节当前路口信号灯的绿灯开启时刻和绿灯时长, 使得尽量  
15 多的车辆能够不停车的通过绿波带的多个信号灯路口, 从而减少车辆的平均延误时间和停车次数, 同时减少车辆停车和延误带来的油耗和环境污染;

本发明实施例, 将多个路口分解成若干个子系统, 以子系统为控制目标的优化方法, 避免了整体优化方法的复杂算法, 同时减少了路口控制机和中央控制机之间的数据交换;

20 通过本发明实施例, 避免了绿波带全局优化带来的巨大计算量, 能够满足实时性的要求;

本发明实施例, 考虑了在直行相位中直行车道和右转车道分离的情况下, 直行相位放行时长应该由两个车道的交通参数分别计算绿灯时长, 并由两者的最大值决定最终绿灯时长, 保证该相位在停车线等待的直行和右转车辆都能够被放行。

## 25 附图说明

图 1 是根据本发明实施例中交通自适应控制方法的流程示意图;

图 2 是根据本发明实施例子系统划分示意图;

图 3a-3d 是根据本发明实施例中各模糊控制器的流程示意图；

图 4a-4c 是根据本发明实施例中各模糊变量的隶属度函数示意图；

图 5 是根据本发明实施例中交通自适应控制装置的结构示意图。

## 具体实施方式

5        为使本发明实施例要解决的技术问题、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图及具体实施例进行详细描述。

本发明实施例的一种交通自适应控制方法，用于控制一绿波带内的多个交通信号灯，如图 1 所示，所述交通自适应控制方法包括：

10       步骤 11，采集与当前路口绿波方向第一直行相位的交通状况对应的第一类交通状况参数；

步骤 12，采集与上游路口绿波方向所述第一直行相位的交通状况对应的第二类交通状况参数；

步骤 13，根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数，确定当前路口所述第一直行相位的第一绿灯开启时刻；

15       步骤 14，根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数，确定当前路口所述第一直行相位对应的第一绿灯时长；

步骤 15，在所述第一绿灯开启时刻开启当前路口所述第一直行相位的绿灯，且控制绿灯时长为所述第一绿灯时长。

20       上述方法分别采集与当前路口绿波方向第一直行相位的交通状况对应的第一类交通状况参数、与上游路口绿波方向所述第一直行相位的交通状况对应的第二类交通状况参数，根据所述的第一类和第二类交通状况参数共同确定当前路口所述第一直行相位的第一绿灯开启时刻、对应的第一绿灯时长，在所述第一绿灯开启时刻开启当前路口所述第一直行相位的绿灯，且控制绿灯时长为所述第一绿灯时长。

25       上述方法将绿波带划分为若干个子系统，每个子系统内部都有两个路口，如果绿波带内共有 N 个路口，则子系统的个数为 N-1。



如图 2 所示, 绿波带内共有 4 个路口, 分别为路口 A、路口 B、路口 C、路口 D, 则该绿波带内的子系统个数为 3, 路口 A 和路口 B 属于子系统 1, 路口 B 和路口 C 属于子系统 2, 路口 C 和路口 D 属于子系统 3。

在将绿波带内的路口逐一划分为双路口的子系统后, 针对每个子系统做绿波带优化, 这样就不需要像大多数处理方法那样将绿波带做整体优化。整体优化一般在中央处理机进行, 必须将各个路口的交通参数汇聚到中央处理机, 这就增加了数据流的传输。而一般自适应控制系统的路口信号机都是有一定处理能力的工控机, 本身能够进行一定量的计算。例如 SCATS 系统的工控机的在降级模式下的处理能力在毫秒级。所述绿波带内的路口的绿灯开启时刻和绿灯时长只与子系统内部的各路口交通状况有关, 因此绿波带起始路口只需要依靠自身的控制机完成计算; 非起始路口需要本身控制机和上游路口控制机进行信息交互, 以完成计算, 减少了数据流的传输。

上述方法中, 所述第一类交通状况参数包括: 车流量参数和占有率参数;

所述第二类交通状况参数包括: 在绿波方向第一直行相位上对应的绿灯开启时刻、绿灯时长以及车辆排队长度。

在选择与当前路口绿波方向第一直行相位的交通状况对应的第一类交通状况参数时, 选择车流量参数和占有率参数来进行描述, 避免选取排队长度、车流密度这些参数, 因为从 SCATS 系统直接输出的数据中计算排队长度、车流密度是一个很繁琐的过程, 并且难以保证计算结果的精度, 在某些文献中采用的其他变量需要间接求解, 而求解模型目前并不成熟; 在选择与上游路口绿波方向第一直行相位的交通状况对应的第二类交通状况参数时, 选择绿波方向第一直行相位上对应的绿灯开启时刻、绿灯时长以及车辆排队长度来进行描述, 该方法避免了绿波带全局优化带来的巨大计算量, 能够满足实时性的要求。

上述方法中, 为了适用于不同道路, 将所述的车流量参数具体为车流量和对应的道路通行能力的比值。

本发明实施例中用车流量和对应的道路通行能力的比值来代替车流量, 这是因为不同道路的设计通行能力不一样, 不能仅仅用车流量衡量道路的拥挤程度, 采用车流量和对应的道路通行能力的比值可以满足不同道路都可以采用同一种隶属度函数。

上述方法中, 步骤 13 可以具体为:

步骤 131, 根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数计算得到一相位差; 所述相位差为当前路口与上游路口在绿波方向第一直行相位上绿灯开启时刻的时间差;

5 步骤 132, 当前路口在第一时刻与上游路口在绿波方向直行相位上绿灯开启时刻的时间差达到所述相位差时, 确定第一时刻为当前路口第一直行相位的第一绿灯开启时刻。

10 从上游路口的绿波方向的车辆经过一段时间行驶到当前路口, 要保障绿波车辆不停车的经过当前路口, 就应在上游路口的绿波方向第一直行相位的绿灯开启一定时间后, 开启当前路口绿波方向第一直行相位的绿灯。根据当前路口、上游路口的交通状况确定一相位差, 所述的相位差为当前路口与上游路口在绿波方向第一直行相位上绿灯开启时刻的时间差, 在上游路口的绿波方向第一直行相位的绿灯开启了所述相位差时间段后, 应开启当前路口的绿波方向第一直行相位的绿灯。

15 同时, 考虑到只根据所述相位差确定当前路口与上游路口在绿波方向第一直行相位进行放行的时间差, 可能不够准确, 应根据当前路口的交通状况对所述相位差进行修正, 上述方法中的步骤 13 还可以具体为:

步骤 131, 根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数计算得到一相位差; 所述相位差为当前路口与上游路口在绿波方向第一直行相位上绿灯开启时刻的时间差;

步骤 132, 根据所述当前路口的第一类交通状况参数确定一修正相位差;

20 步骤 133, 在当前路口与上游路口在绿波方向直行相位上绿灯开启时刻的时间差达到目标相位差的第一时刻, 确定所述第一时刻为所述第一直行相位的第一绿灯开启时刻; 所述目标相位差为所述相位差与所述修正相位差之和。

上述方法中, 所述相位差  $\Delta\Phi$  为:

$$\Delta\phi = \frac{L+l}{v_f(1-\frac{Q}{k})} + t_0,$$

25 其中,  $L$  为当前路口与上游路口间的距离,  $l$  为上游路口绿波方向上车辆排队长度,  $v_f$  为车流量近似为零时的车速,  $Q$  为车流量,  $k$  表示最大车流密度,  $t_0$  是由于车辆由静止加速至匀速行驶而导致的时间损耗。

在相邻两路口间行驶的速度一般与道路设计时速和车流密度有关系，我们采取经验公式计算绿波车辆到达下游路口所需时间  $\Delta\Phi$ ：

$$\Delta\phi = \frac{L+l}{v_f(1-\frac{Q}{k})} + t_0,$$

式中，L 为当前路口与上游路口间的距离，l 为上游路口绿波方向上车辆排队长度， $v_f$  为车流量近似为零时的车速，城市交通中一般该车速为 40~60km/h，Q 为车流量，k 表示最大车流密度， $t_0$  是由于车辆由静止加速至匀速行驶而导致的时间损耗，车辆在交叉路口若遇到绿灯直接通过，此时  $t_0=0s$ ，若遇到红灯则需要停止等待，所以值一般取  $t_0=3s$ 。

当上个路口绿波方向上绿灯开启  $\Delta\Phi$  时间后下一个路口的直行相位绿灯开启，可以根据所述当前路口的第一类交通状况参数确定一修正相位差  $\Phi'$ ，目标相位差为  $\Delta\Phi+\Phi'$ ，本发明实施例根据相位差的确定过程形成一相位差模糊控制逻辑，如图 3a 所示，通过车流量参数 FlwRate、占有率参数 Occupancy 以及车头时距 HeadWay 设计一个三输入一输出的相位差模糊控制逻辑修正相位差。正常行驶的车辆速度一般在 50km/h 左右，两个相邻路口若在一个绿波带内，一般距离小于 800 米，则相位差肯定小于 50 秒。因此相位差的隶属度函数取[-9,9]则能够基本描述相位差的波动范围，如图 4a 所示。相位差模糊控制逻辑的输出值  $\Phi'$  为修正值，最终确定两个交叉路口之间的目标相位差为  $\Delta\Phi+\Phi'$ 。相位差的取值能够反映道路交通状况的变化。

上述过程将相位差的求解分为两个过程，首先是求解大致的一个范围值  $\Delta\Phi$ ，然后通过建立相位差优化模糊控制逻辑的输出值  $\Phi'$  进一步修正。因为影响相位差的因素有两相邻路口之间距离、车流量、占有率、上游路口绿波方向的信号灯开启状态，很难用一个公式表达。一般的数解法、图解法采用距离、平均速度求解，而从原始数据挖掘平均速度相对麻烦，且平均速度是一个统计意义上的概念，表征相位差难免有一定的误差。模糊逻辑求解的输入变量采用占有率、车流量，该变量易于求解，且能够动态反应交通状况，能够更精确的表征相位差的变化。

当前路口在进行除第一直行相位外的其他相位的车辆放行时，可以根据车流量大小进行选择，放行车流量最大的相位。同时，考虑到驾驶员的心理因素，应保证各相位的等待时间不会过长，即确保除第一直行相位外的其他相位的等待时间都不超过一个设定的阈值  $t_{\text{limt}}$ ，根据不同等级的交叉路口，该阈值的范围一般为  $t_{\text{limt}}$  [60,90]s。为每个相位设置一个计时器 Timer，该相位由绿灯转换为红灯时，Timer 开启，由红灯转

为绿灯时该计时器清零。若某个相位的 Timer 在相位转换时超过设定的阈值，则此决策结果的优先级高于流量特性的决策结果。同时当前路口的相位开启时间还要配合上游路口形成绿波带，优先满足当前路口绿波方向第一直行相位的放行。

5 本发明实施例根据上述过程形成了一种相关功能实体，即相序优化控制器，用于负责优化单路口的放行相位，其主要功能是放行单路口流量最多的相位，并且要保证即使某个相位的等待车辆较少，驾驶员也不必等待过长的时间，同时还要配合上游路口形成绿波带。

10 设计的模糊控制变量采取了自适应控制系统易于采集的占空比、车流量和车头距等变量，同时，为了满足形成绿波的要求，相序优化控制器的设计采取优先级分配的方法。最高级是要保证形成绿波带，其次是保证任何相位在一定的时间内都能够被放行，当上述条件都满足时，才根据各个相位的流量特性计算放行的相位。

具体决策过程，如图 3b 所示：

IF  $\Delta\Phi + \Phi'$  前上游路口开启直行相位绿灯，

Output 开启下游路口直行相位绿灯；

15 Elseif  $\text{Timer}_k \geq t_{\text{limt}}$ .

Output 开启下游路口 k 相位绿灯；

Else

Output  $\max\{\text{Flow}_1, \dots, \text{Flow}_k\}$  中的 k 相位绿灯开启。

20 上述方法中，所述直行相位包括直行方向和右转方向；所述第一直行相位对应的第一绿灯时长为直行方向的绿灯时长和对应的右转方向的绿灯时长中的最大值。

在城市交通中一般不单独设置右转相位，因此直行相位一般包括直行方向和右转方向。在不考虑直行方向和右转方向车道重叠的情况下，本发明实施例将直行方向车流量和右转方向车流量分别作为绿灯时长模糊控制器的输入参数做计算，并取两者的最大值作为该相位的绿灯时长，如图 3c 所示，保证该相位的计算更为精确。

25 将直行相位分为直行方向和右转方向分别处理，这是考虑到控制效果的好坏不仅仅是能否形成一个好的绿波带，还应该是绿波带内各路口的所有进口方向的综合延误时间、停车率最小。在计算直行相位的绿灯时长时，选取直行方向和右转方向的输出

值的最大值作为配时参数，能够保证该相位放行尽量多的车辆，尽量减少整体的延误时间。

上述方法中，所述第一直行相位直行方向的绿灯时长为放行当前路口绿波方向直行车辆的第一放行时长和放行上游路口在绿波方向直行车辆的第二放行时长之和；

- 5 其中，所述第一放行时长由当前路口第一直行相位对应的第一类交通状况参数确定；所述第二放行时长为上游路口在所述第一直行相位上的绿灯时长和一比例系数的乘积；

所述第一直行相位右转方向的绿灯时长由当前路口第一直行相位对应的第一类交通状况参数确定。

- 10 在一个绿波带内的路口为非起始路口时，绿波方向第一直行相位对应的第一绿灯时长模糊控制逻辑不仅仅和该路口交通状况有关系，还和上游路口的交通状况有关系，因此将所述第一绿灯时长分解为放行本路口车辆的第一放行时长和放行从上游路口来的绿波车辆的第二放行时长。

- 15 为了形成完整的绿波控制系统，对起始路口和非起始路口采取不同的绿灯时长模糊控制逻辑设计方案，起始端路口的路口，其绿波带方向的相位绿灯时长只和该路口自身的交通状况有关系，因此绿波带起始端路口的各相位绿灯时长模糊控制器的设计只采用车流量、车道占有率两个模糊变量作为输入参数即可。而非起始端路口在绿波方向上的相位的绿灯放行时长则不仅仅和该路口四个进口方向的流量、占有率有关，还和其上游路口汇聚而来的车流量有关系，具体实现方式如下：

- 20 (1)起始路口和非起始路口非绿波方向绿灯时长

选取交通参数车流量 Flow 和占有率 Occupancy 作为模糊控制器的输入变量。为了将本算法适用于不同道路，和流量有关的输入变量采用车流量与道路通行能力的比值 FlwRate: ,

$$\text{FlwRate} = \text{Flow} / N_s, N_s = 3600 \varphi_s ((t_g - t_1) / t_{is} - 1) / t_c,$$

- 25 上式是道路交通工程中道路交通通行能力设计公式。其中  $t_c$  表示信号周期， $t_g$  表示信号周期内的绿灯时长， $t_1$  表示绿灯后第一辆车启动并通过停车线的时间， $t_{is}$  表示直行或右转车辆通过停止线的平均间隔时间， $\varphi_s$  取 0.9。本发明实施例中，公式中的变量都取上一个周期中个变量的值，并作为决策依据，处理后输入模糊控制器。两个模糊变量可以被分割成五个模糊语言 {PL, PS, ZO, NS, NL}，隶属度函数的选取分别为如图

4b、4c 所示的三角形隶属函数。这样就构成了一个两输入一输出的模糊控制逻辑。左转相位的绿灯时长就可以由这样的模糊控制器输出时长决定。

本发明实施例考虑了在直行相位中直行车道和右转车道分离的情况下，直行相位放行时长应该由两个车道的交通参数分别计算绿灯时长，并由两者的最大值决定最终绿灯时长，这样能够保证该相位在停车线等待的直行和右转车辆都能够被放行。但是由于右转车道一般在道路的外侧，会受到一定的影响，车道通行能力从内侧到外侧一次递减，由交通工程手册可知，该车道通行能力可以在直行车道通行能力的基础上乘

以一个固定比例系数  $\alpha$ ， $\alpha$ ，如图 3c 所示。

## (2) 非起始路口绿波方向绿灯时长

- 10 非起始路口绿波方向的绿灯开启时刻和开启时长都要受到上游交叉路口的影响。因此将该相位的放行时长分解为放行本路口车辆时长和放行从上游路口来的绿波车辆时长。上游路口放行的绿波车辆经过一定的旅行时间到达下游路口。该时间被称为相位差。可以通过相位差模糊控制逻辑确定相位差  $\Delta\Phi$ 。当前路口首先放行该路口停车线上的车辆，并预留一定时间放行绿波车辆。放行停车线上的车辆所需时间由该路口的
- 15 的绿灯时长模糊控制逻辑求解，放行绿波车辆所需时间需要上个路口的直行车辆比例系数参数，该参数在一定的时长内、在某条特定的道路上可以认为是一个常数。由于绿波车辆通过一个路口后有部分车辆可能在下一个路口左转或右转，所以可以由直行车辆的比例系数求解出经过一个路口后仍然继续直行的车辆流量，且由于绿波车辆行驶时一般保持一定的速度，所以可以认为绿波车辆放行时间和车流量成正比关系，则
- 20 下个路口绿波车辆放行时间为  $GTime$ ，非起始路口绿波方向相位绿灯时长的决策过程如图 3d 所示。其中处理模块实现直行车道的绿灯时长求解。假设上个路口和下个路口的直行逻辑输出值分别为  $GTime_{Drect, i}$ 、 $GTime_{Drect, i+1}$ ，下个路口右转逻辑输出值为

$GTime_{Right, i+1}$ 。下个路口直行相位绿灯放行时长为：

$$T = \beta GTime_{Drect, i} + GTime_{Drect, i+1}$$

$$GTime_{i+1} = \begin{cases} \beta GTime_{Drect, i} + GTime_{Drect, i+1} & (T > GTime_{Rght, i+1}) \\ GTime_{Rght, i+1} & (T < GTime_{Rght, i+1}) \end{cases}$$

其中  $\alpha$  为上一个路口直行车流量占该进口方向车流量总和的比例系数。

例如：假设一绿波带内包括 8 个路口，放行每个路口的车辆时间均为 60s， $\alpha$  为 0.4，要形成绿波带必须保证尽量多的车辆能够不停车的通过绿波带的 8 个信号灯路口，对应每个路口的绿波方向第一直行相位的绿灯时长分别为：

- 5        第一路口， $t_1=60s$ ;
- 第二路口， $t_2=60+t_1*0.4=84s$ ;
- 第三路口， $t_3=60+t_2*0.4=93.6s$ ;
- 第四路口， $t_4=60+t_3*0.4=97.4s$ ;
- 第五路口， $t_5=60+t_4*0.4=99s$ ;
- 10       第六路口， $t_6=60+t_5*0.4=99.6s$ ;
- 第七路口， $t_7=60+t_6*0.4=99.8s$ ;
- 第八路口， $t_8=60+t_7*0.4=99.9s$ ;

- 随着绿波带内路口的增加，对应每个路口的绿波方向第一直行相位的绿灯时长差值越来越小，该计算方法能够保证在  $GTime$  和恒定不变的极端条件下，由每个路口的
- 15       绿波方向第一直行相位对应的绿灯时长组成的序列仍然是收敛的。

本方法通过将绿波带分割成若干个双路口子系统，在双路口子系统内部分别采用绿灯时长模糊控制器、相序优化控制器、相位差模糊控制器优化各个参数，完成子系统内部的优化。各个子系统之间独立计算，最终完成整个绿波带的优化配置。各个控制器也有其特点：

- 20       绿灯时长模糊控制逻辑考虑了直行相位中的直行方向和右转方向，分别用两个方向的车流量作为模糊控制器的输入计算绿灯时长，并取两者最大值作为最终信号灯配置参数，从而保证任何进口方向车辆都能够被全部放行；

- 相位差模糊控制逻辑解决了影响相位差的多因素变量难以用一个公式描述的问题，将相位差的求解分成两个部分，首先通过宏观的流量、相邻路口之间的距离求解
- 25       相位差的大致范围，在通过车流量、占有率实时参数计算相位差的校正量；

相序优化控制器考虑了干线上形成绿波带的优先级最高，其次是尽量保证任何相位的放行等待时间在驾驶员能够容忍的范围之内，最后再通过各相位流量特性决定放行相位和放行相位时长，该控制器需要和绿灯时长模糊控制逻辑、相位差模糊控制逻辑交互式工作。

- 5 本发明实施例从起始路口开始逐级配置各个路口信号等参数，最终完成整个绿波带的参数优化配置。

下面具体说明一下整个交通自适应控制的过程。

绿波协调控制需要各个子系统相互配合，因此绿灯时长模糊控制逻辑、相位差模糊控制逻辑和相序优化控制器之间需要明确各自的工作逻辑顺序：

- 10 绿波带的第一个路口放行的绿灯相位由该路口的相序优化控制器决定，子系统内部两个路口之间的各控制器的输出结果都可以通过线缆或者无线通信设备传输给对方，如图 2 中的路口 A 相序优化控制器决策该路口相位的输出顺序；

- 15 路口 B 的相位差优化控制器计算该段时刻上游路口绿波方向放行车辆到下游路口所需要的时间  $\Delta\Phi+\Phi'$ ，如果当前路口 A 的相序优化控制器输出相位为绿波方向直行相位，路口 B 开启相位差优化控制器并计算  $\Delta\Phi+\Phi'$ ，路口 B 同时开启绿灯时长模糊控制逻辑；

如果路口 B 的相位优化控制器在  $\Delta\Phi+\Phi'$  时间后输出的是绿波方向直行相位，由于确保形成绿波的优先级最高，因此忽略相序优化的输出结果， $\Delta\Phi+\Phi'$  时间后放行绿波方向直行相位；

- 20 如果  $\Delta\Phi+\Phi'$  时间后相序优化控制器输出相序为非绿波方向直行相位，路口 B 的相序优化控制器检测各相位是否有超时，若有超时，则放行该相位，否则根据流量大小放行相应的相位和相位时长；

- 25 由于关联度划分的依据和距离有关，根据实际路口数据分析， $\Delta\Phi+\Phi'$  一般不超过一个直行相位的时间长度，所以可以按照绿波方向的顺序分别计算各个路口的放行相位，当路口 B 在  $\Delta\Phi+\Phi'$  后执行了放行相位，路口 C 开始开启其各控制器，并计算它的放行相位和相位时长；

按照顺序，绿波带内的各个路口分别计算各自的放行相位和放行绿灯时长，完成整个绿波带的各参数的配置。



本发明实施例还提供了一种交通自适应控制装置，用于控制一绿波带内的多个交通信号灯，如图 5 所示，所述交通自适应控制装置包括：

第一采集模块，设置为采集与当前路口绿波方向第一直行相位的交通状况对应的第一类交通状况参数；

- 5        第二采集模块，设置为采集与上游路口绿波方向所述第一直行相位的交通状况对应的第二类交通状况参数；

绿灯开启时刻确定模块，设置为根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数，确定当前路口所述第一直行相位的第一绿灯开启时刻；

- 10       绿灯时长确定模块，设置为根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数，确定与当前路口所述第一直行相位对应的第一绿灯时长；

控制模块，设置为在所述第一绿灯开启时刻开启当前路口所述第一直行相位的绿灯，且控制绿灯时长为所述第一绿灯时长。

上述的交通自适应控制装置，其中，所述第一类交通状况参数包括：车流量参数和占有率参数；

- 15       所述第二类交通状况参数包括：在绿波方向第一直行相位上对应的绿灯开启时刻、绿灯时长以及车辆排队长度。

上述的交通自适应控制装置，其中，所述车流量参数具体为车流量和对应的道路通行能力的比值。

上述的交通自适应控制装置，其中，所述绿灯开启时刻确定模块具体包括：

- 20       相位差计算模块，设置为根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数计算得到一相位差；所述相位差为当前路口与上游路口在绿波方向第一直行相位上绿灯开启时刻的时间差；

- 25       确定子模块，设置为当前路口在第一时刻与上游路口在绿波方向直行相位上绿灯开启时刻的时间差达到所述相位差时，确定第一时刻为当前路口第一直行相位的第一绿灯开启时刻。

上述的交通自适应控制装置，其中，所述绿灯开启时刻确定模块具体还包括：

相位差修正模块，设置为根据所述当前路口的第一类交通状况参数确定一修正相位差；

所述确定子模块具体设置为在当前路口与上游路口在绿波方向直行相位上绿灯开启时刻的时间差达到目标相位差的第一时刻，确定所述第一时刻为所述第一直行相位的第一绿灯开启时刻；所述目标相位差为所述相位差与所述修正相位差之和。

上述的交通自适应控制装置，其中，所述相位差  $\Delta\Phi$  为：

$$\Delta\phi = \frac{L+l}{v_f(1-\frac{Q}{k})} + t_0,$$

其中，L 为当前路口与上游路口间的距离，l 为上游路口绿波方向上车辆排队长度， $v_f$  为车流量近似为零时的车速，Q 为车流量，k 表示最大车流密度， $t_0$  是由于车辆由静止加速至匀速行驶而导致的时间损耗。

上述的交通自适应控制装置，其中，所述直行相位包括直行方向和右转方向；所述第一直行相位对应的第一绿灯时长为直行方向的绿灯时长和对应的右转方向的绿灯时长中的最大值。

上述的交通自适应控制装置，其中，所述第一直行相位直行方向的绿灯时长为放行当前路口绿波方向直行车辆的第一放行时长和放行上游路口在绿波方向直行车辆的第二放行时长之和；

其中，所述第一放行时长由当前路口第一直行相位对应的第一类交通状况参数确定；所述第二放行时长为上游路口在所述第一直行相位上的绿灯时长和一比例系数的乘积；

所述第一直行相位右转方向的绿灯时长由当前路口第一直行相位对应的第一类交通状况参数确定。

以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

## 工业实用性

本发明实施例提供的技术方案可以应用于城市信号灯控制系统领域，解决了绿波带全局优化带来的巨大计算量的问题，满足了实时性的要求；

## 权利要求书

1. 一种交通自适应控制方法，用于控制一绿波带内的多个交通信号灯，包括：

采集与当前路口绿波方向第一直行相位的交通状况对应的第一类交通状况参数；

采集与上游路口绿波方向所述第一直行相位的交通状况对应的第二类交通状况参数；

根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数，确定当前路口所述第一直行相位的第一绿灯开启时刻；

根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数，确定当前路口所述第一直行相位对应的第一绿灯时长；

在所述第一绿灯开启时刻开启当前路口所述第一直行相位的绿灯，且控制绿灯时长为所述第一绿灯时长。

2. 如权利要求 1 所述的交通自适应控制方法，其中，所述第一类交通状况参数包括：车流量参数和占有率参数；

所述第二类交通状况参数包括：在绿波方向第一直行相位上对应的绿灯开启时刻、绿灯时长以及车辆排队长度。

3. 如权利要求 2 所述的交通自适应控制方法，其中，所述车流量参数具体为车流量和对应的道路通行能力的比值。

4. 如权利要求 3 所述的交通自适应控制方法，其中，所述根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数，确定当前路口所述第一直行相位的第一绿灯开启时刻具体包括：

根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数计算得到一相位差；所述相位差为当前路口与上游路口在绿波方向第一直行相位上绿灯开启时刻的时间差；

当前路口在第一时刻与上游路口在绿波方向直行相位上绿灯开启时刻的时间差达到所述相位差时，确定第一时刻为当前路口第一直行相位的第一绿灯开启时刻。

5. 如权利要求 4 所述的交通自适应控制方法, 其中, 所述根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数, 确定当前路口所述第一直行相位的第一绿灯开启时刻具体还包括:

根据所述当前路口的第一类交通状况参数确定一修正相位差;

所述当前路口在第一时刻与上游路口在绿波方向直行相位上绿灯开启时刻的时间差达到所述相位差时, 确定第一时刻为当前路口第一直行相位的第一绿灯开启时刻具体为在当前路口与上游路口在绿波方向直行相位上绿灯开启时刻的时间差达到目标相位差的第一时刻, 确定所述第一时刻为所述第一直行相位的第一绿灯开启时刻; 所述目标相位差为所述相位差与所述修正相位差之和。

6. 如权利要求 4 或 5 所述的交通自适应控制方法, 其中, 所述相位差  $\Delta\Phi$  为:

$$\Delta\phi = \frac{L+l}{v_f(1-\frac{Q}{k})} + t_0,$$

其中, L 为当前路口与上游路口间的距离, l 为上游路口绿波方向上车辆排队长度,  $v_f$  为车流量近似为零时的车速, Q 为车流量, k 表示最大车流密度,  $t_0$  是由于车辆由静止加速至匀速行驶而导致的时间损耗。

7. 如权利要求 1 或 2 所述的交通自适应控制方法, 其中, 其中, 所述直行相位包括直行方向和右转方向; 所述第一直行相位对应的第一绿灯时长为直行方向的绿灯时长和对应的右转方向的绿灯时长中的最大值。

8. 如权利要求 7 所述的交通自适应控制方法, 其中, 所述第一直行相位直行方向的绿灯时长为放行当前路口绿波方向直行车辆的第一放行时长和放行上游路口在绿波方向直行车辆的第二放行时长之和;

其中, 所述第一放行时长由当前路口第一直行相位对应的第一类交通状况参数确定; 所述第二放行时长为上游路口在所述第一直行相位上的绿灯时长和一比例系数的乘积;

所述第一直行相位右转方向的绿灯时长由当前路口第一直行相位对应的第一类交通状况参数确定。

9. 一种交通自适应控制装置, 用于控制一绿波带内的多个交通信号灯, 包括:

第一采集模块, 设置为采集与当前路口绿波方向第一直行相位的交通状况对应的第一类交通状况参数;

第二采集模块，设置为采集与上游路口绿波方向所述第一直行相位的交通状况对应的第二类交通状况参数；

绿灯开启时刻确定模块，设置为根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数，确定当前路口所述第一直行相位的第一绿灯开启时刻；

绿灯时长确定模块，设置为根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数，确定与当前路口所述第一直行相位对应的第一绿灯时长；

控制模块，设置为在所述第一绿灯开启时刻开启当前路口所述第一直行相位的绿灯，且控制绿灯时长为所述第一绿灯时长。

10. 如权利要求 9 所述的交通自适应控制装置，其中，所述第一类交通状况参数包括：车流量参数和占有率参数；

所述第二类交通状况参数包括：在绿波方向第一直行相位上对应的绿灯开启时刻、绿灯时长以及车辆排队长度。

11. 如权利要求 10 所述的交通自适应控制装置，其中，所述车流量参数具体为车流量和对应的道路通行能力的比值。

12. 如权利要求 11 所述的交通自适应控制装置，其中，所述绿灯开启时刻确定模块具体包括：

相位差计算模块，设置为根据所述第一类交通状况参数和所述第二类交通状况参数计算得到一相位差；所述相位差为当前路口与上游路口在绿波方向第一直行相位上绿灯开启时刻的时间差；

确定子模块，设置为当前路口在第一时刻与上游路口在绿波方向直行相位上绿灯开启时刻的时间差达到所述相位差时，确定第一时刻为当前路口第一直行相位的第一绿灯开启时刻。

13. 如权利要求 12 所述的交通自适应控制装置，其中，所述绿灯开启时刻确定模块具体还包括：

相位差修正模块，设置为根据所述当前路口的第一类交通状况参数确定一修正相位差；

所述确定子模块具体设置为在当前路口与上游路口在绿波方向直行相位上绿灯开启时刻的时间差达到目标相位差的第一时刻，确定所述第一时刻为所述

第一直行相位的第一绿灯开启时刻；所述目标相位差为所述相位差与所述修正相位差之和。

14. 如权利要求 12 或 13 所述的交通自适应控制装置，其中，所述相位差  $\Delta\Phi$  为：

$$\Delta\phi = \frac{L+l}{v_f(1-\frac{Q}{k})} + t_0,$$

其中，L 为当前路口与上游路口间的距离，l 为上游路口绿波方向上车辆排队长度， $v_f$  为车流量近似为零时的车速，Q 为车流量，k 表示最大车流密度， $t_0$  是由于车辆由静止加速至匀速行驶而导致的时间损耗。

15. 如权利要求 9 或 10 所述的交通自适应控制装置，其中，其中，所述直行相位包括直行方向和右转方向；所述第一直行相位对应的第一绿灯时长为直行方向的绿灯时长和对应的右转方向的绿灯时长中的最大值。

16. 如权利要求 15 所述的交通自适应控制装置，其中，所述第一直行相位直行方向的绿灯时长为放行当前路口绿波方向直行车辆的第一放行时长和放行上游路口在绿波方向直行车辆的第二放行时长之和；

其中，所述第一放行时长由当前路口第一直行相位对应的第一类交通状况参数确定；所述第二放行时长为上游路口在所述第一直行相位上的绿灯时长和一比例系数的乘积；

所述第一直行相位右转方向的绿灯时长由当前路口第一直行相位对应的第一类交通状况参数确定。

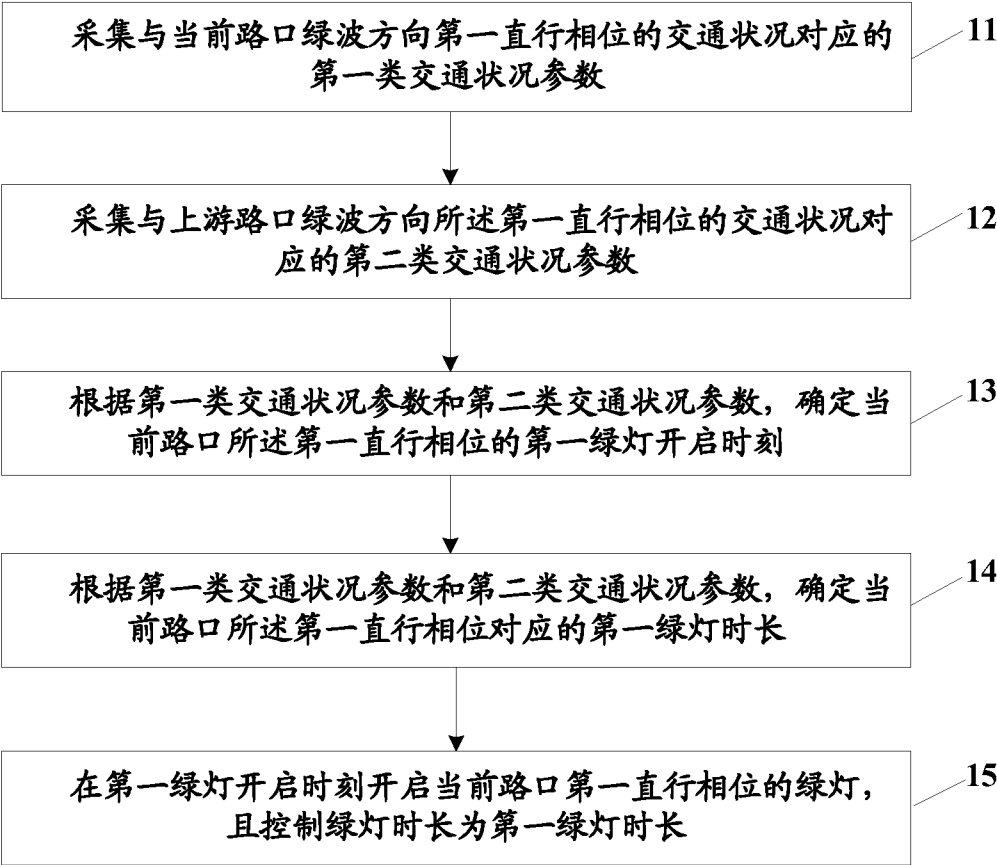


图 1

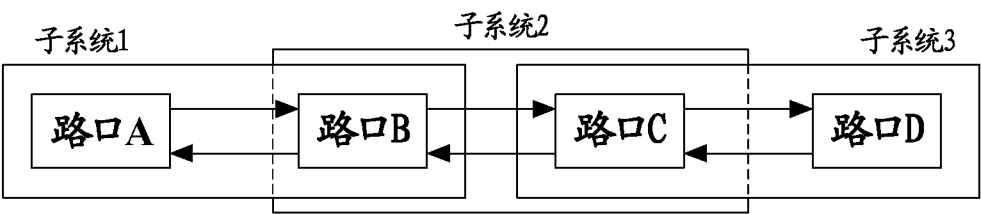


图 2



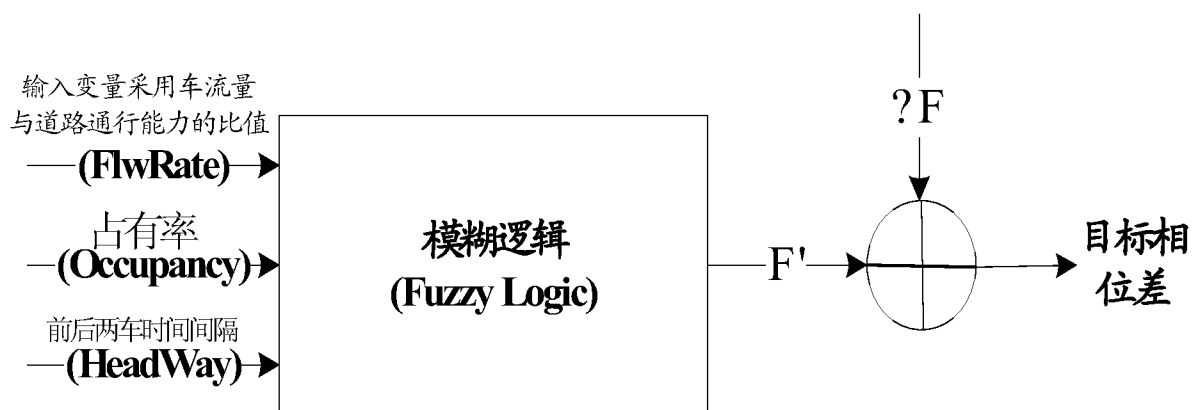


图 3a

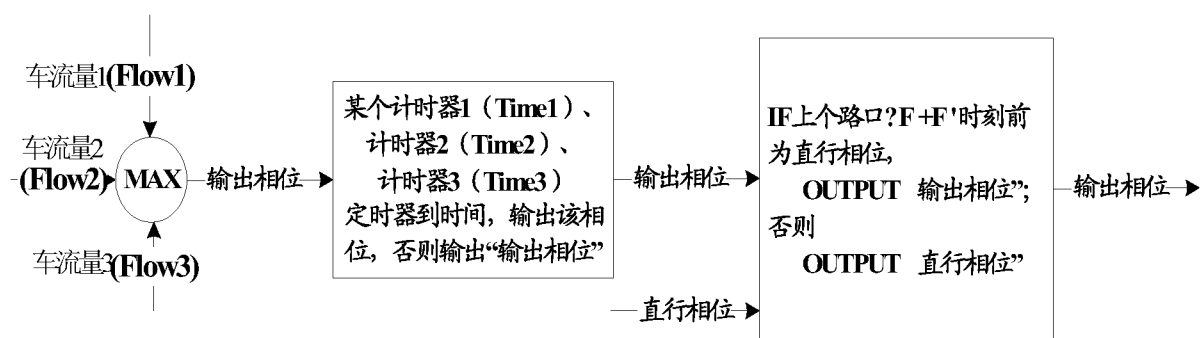


图 3b

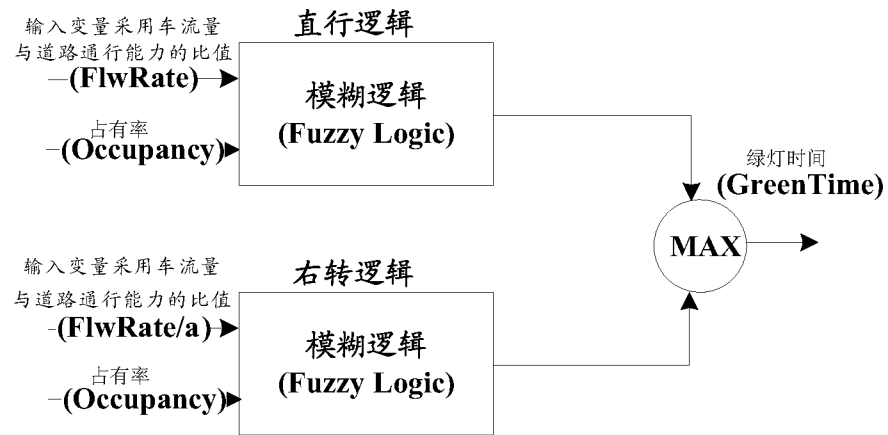


图 3c

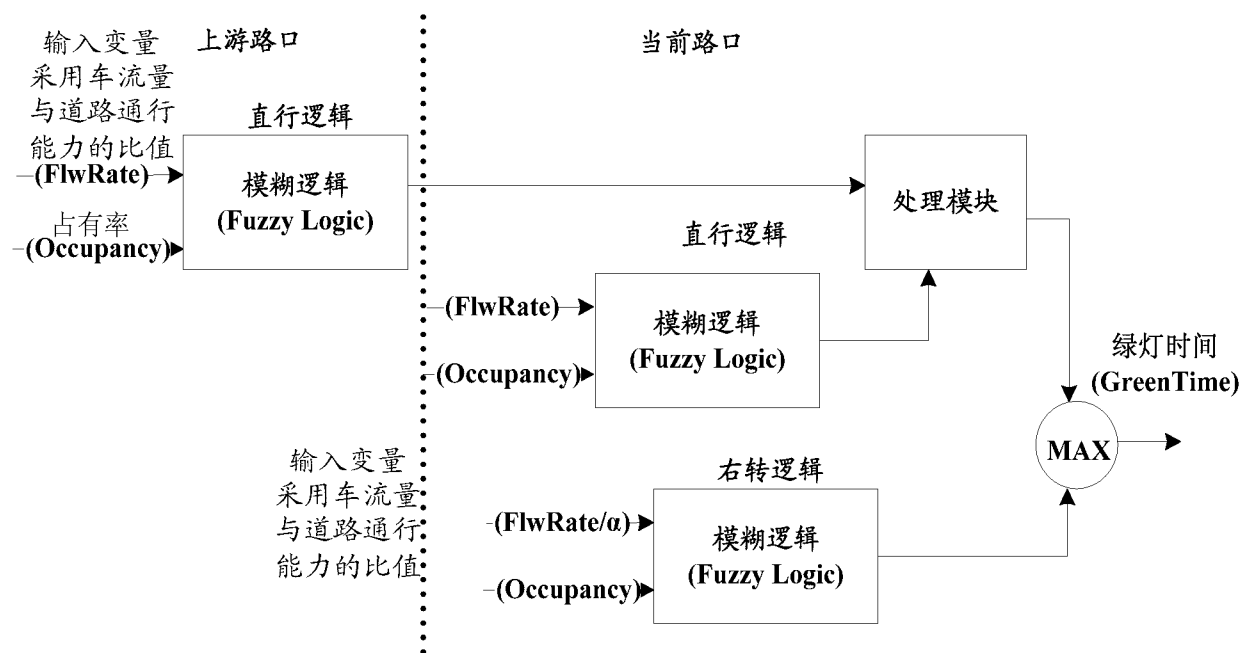


图 3d

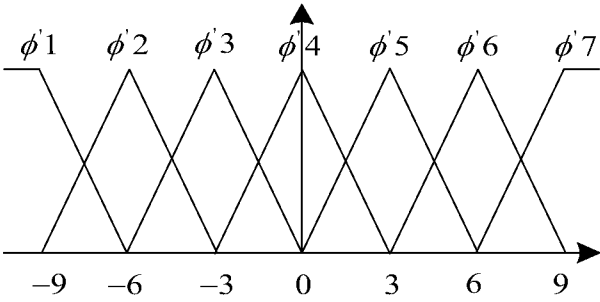


图 4a

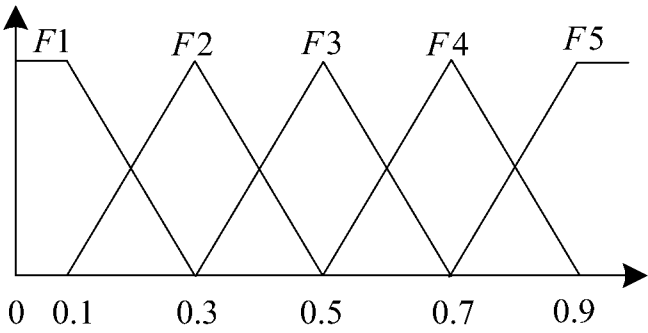


图 4b

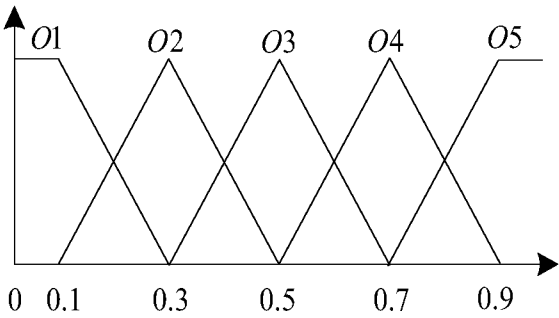


图 4c



图 5

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/CN2013/083823**

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See the extra sheet

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: G08G 1

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNTXT, CNKI: green wave, drive by wire, main line, upstream, neighbouring, duration, time, double crossing, two intersections, subsystem, intersection group, phase difference

VEN, EPTXT, USTXT: two 2w intersection, subsystem?, green 1w wave, 2-intersection?, border, neighbour, neighbor, adjacen??. intersection, crossing, junction, group?, arterial, phase, green, offset+, upstream

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	HE, Yongming; Green Wave Fuzzy Control Method of Urban Traffic Based on 2-Intersection Split, SCIENCE TECHNOLOGY AND ENGINEERING, December 2012, vol. 12, no. 34, pages 9442-9446, ISSN 1671-1815	1-5, 7, 9-13, 15
A	CN 102622887 A (GUO, Haifeng), 01 August 2012 (01.08.2012), description, paragraphs [0038]-[0103], and figures 1-5	1-16
A	CN 101145282 A (NANJING LARGE-SCALE ELECTRONICS SYSTEM ENGINEERING CO., LTD.), 19 March 2008 (19.03.2008), the whole document	1-16
A	CN 101515408 A (KUNMING UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY), 26 August 2009 (16.08.2009), the whole document	1-16
A	US 2002116118 A1 (ITT MFG ENTERPRISES INC et al.), 22 August 2002 (22.08.2002), the whole document	1-16

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 13 December 2013 (13.12.2013)	Date of mailing of the international search report <b>02 January 2014 (02.01.2014)</b>
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer <b>SUN, Peian</b> Telephone No.: (86-10) <b>62085800</b>

International application No.  
**PCT/CN2013/083823**

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/CN2013/083823**

## CONTINUATION (SECOND SHEET) A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G08G 1/081 (2006.01) i

G08G 1/07 (2006.01) i

## 国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2013/083823

## A. 主题的分类

参见附加页

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

## B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: G08G 1

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS、CNTXT、CNKI: 绿波, 线控, 干线, 上游, 相邻, 时长, 时间, 双路口, 两路口, 子系统, 路口组, 相位差

VEN、EPTXT、USTXT: two 2w intersection, subsystem?, green 1w wave, 2-intersection?, border, neighbour, neighbor, adjacen??. intersection, crossing, junction, group?, arterial, phase, green, offset+, upstream

## C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	何永明 基于双路口划分的城市绿波模糊控制方法 科学技术与工程 12 月 2012, 第 12 卷, 第 34 期, 第 9442-9446 页, ISSN 1671-1815	1-5,7,9-13,15
A	CN 102622887 A (郭海峰) 01.8 月 2012 (01.08.2012) 说明书第 [0038]-[0103]段以及附图 1-5	1-16
A	CN 101145282 A (南京莱斯大型电子系统工程有限公司) 19.3 月 2008 (19.03.2008) 全文	1-16
A	CN 101515408 A (昆明理工大学) 26.8 月 2009 (16.08.2009) 全文	1-16
A	US 2002116118 A1 (ITT MFG ENTERPRISES INC 等) 22.8 月 2002 (22.08.2002) 全文	1-16

☐ 其余文件在 C 栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

\* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&amp;” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

13.12 月 2013 (13.12.2013)

国际检索报告邮寄日期

02.1 月 2014 (02.01.2014)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088

传真号: (86-10)62019451

授权官员

孙培安

电话号码: (86-10) 62085800



### 关于同族专利的信息

**PCT/CN2013/083823**

PCT/ISA/210 表(同族专利附件) (2009 年 7 月)

续（第 2 页） **A. 主题的分类**

G08G 1/081 (2006.01) i

G08G 1/07 (2006.01) i