



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110517509 A
(43)申请公布日 2019.11.29

(21)申请号 201910710114.8

(22)申请日 2019.08.02

(71)申请人 大连理工大学

地址 116024 辽宁省大连市甘井子区凌工
路2号

(72)发明人 徐洪峰 张栋 章琨 郑启明

(74)专利代理机构 大连理工大学专利中心
21200

代理人 李晓亮 潘迅

(51) Int. Cl.

G08G 1/07(2006.01)

G08G 1/083(2006.01)

G08G 1/096(2006.01)

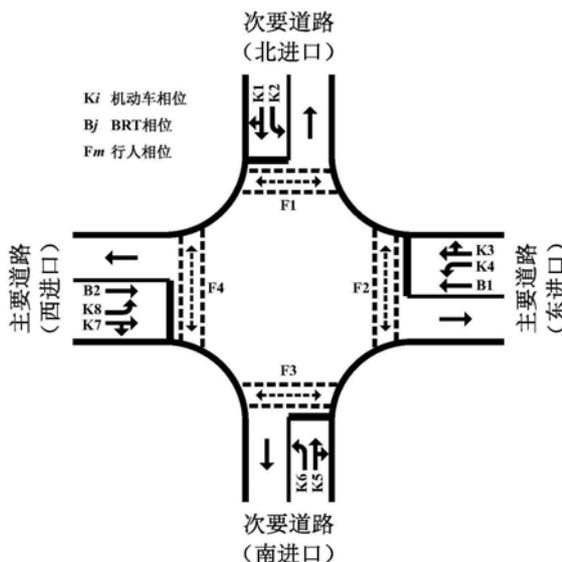
权利要求书7页 说明书13页 附图1页

(54)发明名称

感应式协调信号控制交叉路口的BRT有条件信号优先方法

(57)摘要

一种感应式协调信号控制交叉路口的BRT有条件信号优先方法。面向具有路中式BRT专用道的四路信号控制交叉口,在感应式协调信号控制方法的基础上实施BRT有条件信号优先,在BRT专用道布设Check-in和Check-out检测器,在主要和次要道路的机动车进口道布设交通数据检测器,采用触发式BRT相位,为BRT相位设定优先通行模式和跟随通行模式。开启优先通行模式时,通过信号优先逻辑,不改变背景信号配时参数,为BRT车辆提供优先通行机会,最小化其通过停止线时的车头时距偏移量;开启跟随通行模式时,通过感应逻辑,利用并发机动车相位的通行时间,为BRT车辆提供常规通行机会,保障其基本通行权利。本发明能够精准调控BRT车辆的车头时距偏移量,很好地兼顾机动车相位的通行利益。



1. 一种感应式协调信号控制交叉路口的BRT有条件信号优先方法,适用于具有路中式BRT专用道的四路信号控制交叉口,其特征在于:

一、实施条件

(1) 干道和相交道路均是机动车双向通行,其中干道又称主要道路,相交道路又称次要道路;

(2) 沿干道双向布设路中式BRT专用道;

(3) BRT专用道的停止线上游80m范围内未设置BRT停靠站;

(4) 对象交叉路口的主要道路进口方向具有2个直行BRT相位、2个直行机动车相位、2个左转机动车相位、2个行人相位,次要道路进口方向具有2个直行机动车相位、2个左转机动车相位、2个行人相位;

(5) BRT相位和机动车相位的信号灯色及其显示顺序是“绿灯→黄灯→红灯→绿灯”,行人相位的信号灯色及其显示顺序是“绿灯→红灯→绿灯”;

(6) 每个信号周期内,主要道路进口方向的直行机动车相位先于左转机动车相位获得通行权,即直行机动车相位前置,左转机动车相位后置;次要道路进口方向的直行机动车相位既可以前置,也可以后置,左转机动车相位亦然;

(7) 每个信号周期内,行人相位与紧邻的非冲突的直行机动车相位同步获得通行权;

(8) BRT相位和机动车相位的通行时长等于绿灯时长+黄灯时长+红灯清空时长;

(9) BRT相位和机动车相位具有相同的黄灯时长和红灯清空时长;

(10) 将主要道路进口方向的直行机动车相位的绿灯启亮时刻视为信号周期时长的起点;

二、相位设置

BRT相位、机动车相位和行人相位的设置方式如下:

BRT相位B1是主要道路进口1的BRT相位;

BRT相位B2是主要道路进口2的BRT相位;

机动车相位K1是次要道路进口1的直行相位;

机动车相位K2是次要道路进口1的左转相位;

机动车相位K3是主要道路进口1的直行相位;

机动车相位K4是主要道路进口1的左转相位;

机动车相位K5是次要道路进口2的直行相位;

机动车相位K6是次要道路进口2的左转相位;

机动车相位K7是主要道路进口2的直行相位;

机动车相位K8是主要道路进口2的左转相位;

行人相位F1是次要道路进出口1的行人相位;

行人相位F2是主要道路进出口1的行人相位;

行人相位F3是次要道路进出口2的行人相位;

行人相位F4是主要道路进出口2的行人相位;

相位K3和K7是协调相位,其他机动车相位均是非协调相位;

三、BRT车辆检测器

在BRT专用道的停止线上游一定范围内布设1组Check-in检测器,记录每台BRT车辆的

到达时刻,即Check-in时刻;在BRT专用道的停止线下游一定范围内布设1组Check-out检测器,记录每台BRT车辆的到达时刻,即Check-out时刻;Check-in检测器至Check-out检测器的道路空间构成BRT车辆的检测范围;

利用公式(2)计算相位Bj的BRT车辆以BRT专用道的限制车速自Check-in检测器行驶到Check-out检测器的时间 TT_{Bj} ;

$$TT_{Bj} = \text{round}\left(\frac{D_{Bj}}{V_{Bj}}\right) \quad (2)$$

其中, D_{Bj} 表示沿道路中心线自Check-in检测器到Check-out检测器的长度; V_{Bj} 表示BRT专用道的限制车速;

四、BRT相位的通行模式

触发式BRT相位为BRT车辆提供专属的信号优先服务;若主要道路相对进口方向的检测范围内同时存在多台BRT车辆,为避免处置不同BRT车辆对于信号优先服务的差异化诉求,为BRT相位设定2种通行模式;

优先通行模式:BRT相位在适当的时机显示绿灯,绿灯时长等于预先设定的触发绿灯时长;该模式通过信号优先逻辑,为BRT车辆提供优先通行机会,修正它们的车头时距偏移量;

跟随通行模式:BRT相位跟随并发的直行机动车相位显示绿灯,绿灯时长取决于并发直行机动车相位的绿灯时长;该模式通过感应逻辑,为无法获得优先通行机会的BRT车辆提供常规通行机会,保障它们的基本通行权利;

检测范围内存在BRT车辆的BRT相位在任意时刻只能开启1种通行模式;只有开启优先通行模式的BRT相位,才能够按照既定目标修正BRT车辆的车头时距偏移量;

(1) 优先通行模式的开启和关闭

相位Bj开启优先通行模式的条件:相位Bj的BRT车辆Check-in时刻,该相位的检测范围内不存在其他BRT车辆,并且该相位和相对进口方向的BRT相位均未开启优先通行模式;

若相位Bj开启了优先通行模式,在该相位的通行时长结束时刻关闭优先通行模式;

优先通行模式提供的车头时距偏移量修正能力只服务为相位Bj开启了优先通行模式的BRT车辆;

(2) 跟随通行模式的开启和关闭

满足下列条件之一时,相位Bj开启跟随通行模式:

1) 相位Bj的BRT车辆Check-in时刻,该相位的检测范围内不存在其他BRT车辆,并且相对进口方向的BRT相位已经开启了优先通行模式;

2) 相位Bj的通行时长结束时刻,该相位的检测范围内存在BRT车辆;

若相位Bj开启跟随通行模式,在该相位的绿灯时长结束时刻关闭跟随通行模式;

感应逻辑中,相位K3和K7启亮绿灯时,若相位Bj开启跟随通行模式,相位Bj立即启亮绿灯,反之,继续显示红灯;相位Bj的绿灯启亮后,若相位K3先于K7切断绿灯,相位Bj和K3同时切断绿灯,反之,相位Bj和K7同时切断绿灯;显然,启用跟随通行模式不会对协调相位和非协调相位的信号运行造成任何影响;

五、优先通行模式的BRT相位触发机会

每个信号周期内,为开启优先通行模式的相位Bj提供3类触发机会:

(1) 相位K3和K7的绿灯期间,相位Bj与K3和K7同时显示绿灯;

(2) 相位K4和K8的通行时长结束后、次要道路前置相位的绿灯启亮前,仅相位Bj显示绿灯,相位Bj的通行时长结束后,次要道路的前置相位启亮绿灯;

(3) 次要道路前置相位的通行时长结束后、次要道路后置相位的绿灯启亮前,仅相位Bj显示绿灯,相位Bj的通行时长结束后,次要道路的后置相位启亮绿灯;

由于每个信号周期内的BRT相位触发机会有限,即使相位Bj开启优先通行模式,也有可能无法彻底修正BRT车辆的车头时距偏移量;

六、优先通行模式的运行目标

尽可能消除或合理发挥信号灯对于BRT车辆运行的阻滞作用,最小化BRT车辆通过停止线时的车头时距偏移量;

七、优先通行模式的关键技术

(1) BRT车辆的最佳Check-out时刻

相位Bj的第n台BRT车辆的Check-in时刻,若该车辆为相位Bj开启优先通行模式,利用公式(3)计算该车辆的最佳Check-out时刻;

$$T_{Bj,n}^{\text{out,opt}} = \max \begin{cases} T_{Bj,n-1}^{\text{out}} + H_{Bj}^{\text{sch}} \\ T_{Bj,n}^{\text{in}} + TT_{Bj} \end{cases} \quad (3)$$

其中, $T_{Bj,n}^{\text{out,opt}}$ 表示相位Bj的第n台BRT车辆的最佳Check-out时刻; $T_{Bj,n-1}^{\text{out}}$ 表示相位Bj的第n-1台BRT车辆的Check-out时刻; H_{Bj}^{sch} 表示相位Bj的BRT车辆计划车头时距; $T_{Bj,n}^{\text{in}}$ 表示相位Bj的第n台BRT车辆的Check-in时刻;

(2) BRT相位的最佳通行时长开始时刻和结束时刻

相位Bj触发前显示红灯且触发后的绿灯时长取为固定值;鉴于BRT车辆运行过程的复杂性,为了便于达成 $T_{Bj,n}^{\text{out,opt}}$,使相位Bj早于 $T_{Bj,n}^{\text{out,opt}}$ 启亮绿灯、晚于 $T_{Bj,n}^{\text{out,opt}}$ 切断绿灯;

利用公式(4)、(5)计算相位Bj服务第n台BRT车辆时的最佳通行时长开始时刻和结束时刻;

$$T_{Bj,n}^{\text{ss,opt}} = T_{Bj,n}^{\text{out,opt}} - 3 \quad (4)$$

$$T_{Bj,n}^{\text{es,opt}} = T_{Bj,n}^{\text{ss,opt}} + AS_{Bj} \quad (5)$$

其中, $T_{Bj,n}^{\text{ss,opt}}$ 表示相位Bj服务第n台BRT车辆时的最佳通行时长开始时刻; $T_{Bj,n}^{\text{es,opt}}$ 表示相位Bj服务第n台BRT车辆时的最佳通行时长结束时刻; AS_{Bj} 表示相位Bj的触发通行时长;

(3) 信号优先逻辑

信号机的控制逻辑由信号优先逻辑和感应逻辑组成;若某个BRT相位开启了优先通行模式,首先执行信号优先逻辑,而后执行感应逻辑,反之,直接执行感应逻辑;

信号优先逻辑服务相位Bj的第n台BRT车辆的技术流程伪代码如下:

Begin

$T \leftarrow T+1$

$x \leftarrow T$ 所在的信号周期编号

If 未确定 $T_{Bj,n}^{ss,act}$ 和 $T_{Bj,n}^{es,act}$ Then

If 相位K3和K7在第 x 个信号周期同时显示绿灯 Then

If $T_{Bj,n}^{ss,opt} > T(x)^{sc,act}$ Then

If $T_{Bj,n}^{es,opt} \leq \min(T(x)_{K3}^{es,prg}, T(x)_{K7}^{es,prg})$ Then

$T_{Bj,n}^{ss,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt}$

$T_{Bj,n}^{es,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,act} + AS_{Bj}$

相位K3和K7暂停执行感应逻辑至相位Bj的绿灯结束时刻

End If

End If

End If

If 相位K4和K8在第x个信号周期同时显示绿灯且均达到最小绿灯时长 Then

If $T(x)^{sc,act} < T_{Bj,n}^{ss,opt} \leq T + IG_K$ Then

If $T + IG_K + AS_{Bj} \leq \min(T(x)_{Ka}^{eg,prg} - MinG_{Ka}, T(x)_{Kb}^{eg,prg} - MinG_{Kb})$ Then

$$T_{Bj,n}^{ss,act} \leftarrow T + IG_K$$

$$T_{Bj,n}^{es,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,act} + AS_{Bj}$$

相位K4和K8立即切断绿灯

End If

Else

If $T_{Bj,n}^{ss,opt} \leq T(x)_{ma}^{es,prg}$ Then

If $T_{Bj,n}^{es,opt} \leq \min(T(x)_{Ka}^{eg,prg} - MinG_{Ka}, T(x)_{Kb}^{eg,prg} - MinG_{Kb})$ Then

$$T_{Bj,n}^{ss,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt}$$

$$T_{Bj,n}^{es,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,act} + AS_{Bj}$$

相位K4和K8在第x个信号周期暂停执行感应逻辑

$$T(x)_{K4}^{eg,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt} - IG_K$$

$$T(x)_{K8}^{eg,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt} - IG_K$$

End If

End If

End If

End If

If 相位Ka和Kb在第x个信号周期同时显示绿灯且均达到最小绿灯时长 Then

If $T(x)^{sc,act} < T_{Bj,n}^{ss,opt} \leq T + IG_K$ Then

If $T + IG_K + AS_{Bj} \leq \min(T(x)_{Ka*}^{eg,prg} - MinG_{Ka*}, T(x)_{Kb*}^{eg,prg} - MinG_{Kb*})$ Then

$$T_{Bj,n}^{ss,act} \leftarrow T + IG_K$$

$$T_{Bj,n}^{es,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,act} + AS_{Bj}$$

相位Ka和Kb立即切断绿灯

End If

Else

If $T_{Bj,n}^{ss,opt} \leq \min(T(x)_{Ka}^{es,prg}, T(x)_{Kb}^{es,prg})$ Then

If $T_{Bj,n}^{es,opt} \leq \min(T(x)_{Ka^*}^{eg,prg} - MinG_{Ka^*}, T(x)_{Kb^*}^{eg,prg} - MinG_{Kb^*})$ Then

$$T_{Bj,n}^{ss,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt}$$

$$T_{Bj,n}^{es,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,act} + AS_{Bj}$$

相位Ka和Kb在第x个信号周期暂停执行感应逻辑

$$T(x)_{Ka}^{eg,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt} - IG_K$$

$$T(x)_{Kb}^{eg,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt} - IG_K$$

End If

End If

End If

End If

If 相位Ka*和Kb*在第x个信号周期同时显示绿灯且均达到最小绿灯时长 Then

If $T(x)^{sc,act} < T_{Bj,n}^{ss,opt} \leq T + IG_K$ Then

$$T_{Bj,n}^{ss,act} \leftarrow T + IG_K$$

$$T_{Bj,n}^{es,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,act} + AS_{Bj}$$

相位Ka*和Kb*立即切断绿灯

Else

If $T_{Bj,n}^{ss,opt} \leq T(x)_{mi}^{es,prg}$ Then

$$T_{Bj,n}^{ss,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt}$$

$$T_{Bj,n}^{es,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,act} + AS_{Bj}$$

相位Ka*和Kb*在第x个信号周期暂停执行感应逻辑

$$T(x)_{Ka^*}^{eg,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt} - IG_K$$

$$T(x)_{Kb^*}^{eg,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt} - IG_K$$

End If

End If

End If

End If

End

其中, IG_K 表示机动车相位的绿灯间隔时长,即黄灯时长与红灯清空时长之和;Ka、Kb表示次要道路的前置相位编号, $a \in [1, 2, 5, 6]$, $b \in [1, 2, 5, 6]$;Ka*、Kb*表示次要道路的后置

相位编号, $a^* \in [1, 2, 5, 6]$, $b^* \in [1, 2, 5, 6]$, 相位 Ka^* 与 Ka 存在交通冲突, 相位 Kb^* 与 Kb 存在交通冲突; $\text{Min}G_{Ki}$ 表示相位 Ki 的最小绿灯时长, $i \in [1, 2, \dots, 8]$; T 表示当前时刻; $T_{Bj,n}^{\text{ss,act}}$ 表示相位 Bj 服务第 n 台 BRT 车辆的实际通行时长结束时刻; $T(x)_{Ki}^{\text{eg,act}}$ 表示相位 Ki 在第 x 个信号周期的实际绿灯时长结束时刻; $T(x)_{Ki}^{\text{eg,prg}}$ 表示相位 Ki 在第 x 个信号周期的背景绿灯时长结束时刻; $T(x)_{Ki}^{\text{es,prg}}$ 表示相位 Ki 在第 x 个信号周期的背景通行时长结束时刻; $T(x)_{ma}^{\text{es,prg}}$ 表示主要道路的后置相位在第 x 个信号周期的背景通行时长结束时刻; $T(x)_{mi}^{\text{es,prg}}$ 表示次要道路的后置相位在第 x 个信号周期的背景通行时长结束时刻; $T(x)^{\text{sc,act}}$ 表示第 x 个信号周期时长的实际开始时刻; $T_{Bj,n}^{\text{ss,act}}$ 表示相位 Bj 服务第 n 台 BRT 车辆的实际通行时长开始时刻; x 表示 T 所在的信号周期编号;

$T_{Bj,n}^{\text{ss,act}}$ 被赋值为 $T_{Bj,n}^{\text{ss,opt}}$ 时, 意味着信号优先逻辑能够彻底修正车头时距偏移量; $T_{Bj,n}^{\text{ss,act}}$ 被赋值为 $T + IG_k$ 时, 意味着信号优先逻辑只能部分修正车头时距偏移量;

一旦相位 Ki 在绿灯期间暂停执行感应逻辑, 该相位将持续显示绿灯至某一指定时刻。

2. 根据权利要求 1 所述的一种感应式协调信号控制交叉路口的 BRT 有条件信号优先方法, 其特征在于, 所述 BRT 车辆检测器的内容中, 1 组 Check-in 检测器布设在 BRT 专用道的停止线上游 80 至 120m 范围内, 1 组 Check-out 检测器布设在 BRT 专用道的停止线下游 1 至 3m 范围内。

感应式协调信号控制交叉口的BRT有条件信号优先方法

技术领域

[0001] 本发明属于交通信号控制技术领域,涉及一种感应式协调信号控制交叉口的BRT有条件信号优先方法。

背景技术

[0002] 一、感应式协调信号控制

[0003] 协调信号控制通常是指城市干道沿线短间距交叉口的交通信号灯联动控制,它的主要目的是使得来自上游交叉口主要通行方向的机动车以较少的行程时间和停车次数通过下游交叉口。随着交通数据检测技术的普及应用,感应式协调信号控制正在成为城市交通信号控制系统的主要技术形式。

[0004] 本质上,感应式协调信号控制就是在定时式协调信号配时方案(即背景方案)的基础上实施感应逻辑。背景方案建立了不同交叉口的协调相位之间以及同一交叉口的协调相位与非协调相位之间的基本时间关系。感应逻辑实现了协调相位和非协调相位的绿灯时长动态调整。

[0005] 可以利用经典的定时式协调信号配时方法生成背景方案。大致步骤包括:

[0006] (1) 采集干道系统若干道路断面的机动车交通量数据;

[0007] (2) 根据机动车交通量数据的时变规律,将全天的控制过程分成多个控制时段;

[0008] (3) 面向干道系统内的所有交叉口,利用各个时段的机动车交通量数据,生成各个时段的背景方案;

[0009] (4) 定期重复上述操作,更新背景方案。

[0010] 构成背景方案的信号配时参数包括:

[0011] (1) 系统时间参考点;

[0012] (2) 背景信号周期时长、背景信号周期时长的开始时刻和结束时刻;

[0013] (3) 协调相位的背景相位差;

[0014] (4) 协调相位和非协调相位的最小绿灯时长、黄灯时长和红灯清空时长;

[0015] (5) 行人相位的红灯清空时长;

[0016] (6) 协调相位和非协调相位的背景绿灯时长、背景绿灯时长的开始时刻和结束时刻;

[0017] (7) 协调相位和非协调相位的背景通行时长、背景通行时长的开始时刻和结束时刻;

[0018] (8) 行人相位的背景绿灯时长。

[0019] 为了实施感应逻辑,必须利用检测器感知机动车的交通需求,非必须利用检测器感知行人的交通需求。协调相位和非协调相位的每条进口车道均安装检测器时,可以实施全感应逻辑。根据信号运行状态和机动车交通需求的感知结果,构造协调相位和非协调相位的绿灯切断条件。一旦行人相位启亮绿灯,它的绿灯时长始终等于背景绿灯时长。

[0020] 协调相位的绿灯时长由保护绿灯时长和感应绿灯时长组成。保护绿灯时长不小于

最小绿灯时长。保护绿灯时长内,禁止切断绿灯;感应绿灯时长内,允许切断绿灯。若协调相位的实际绿灯时长结束时刻早于背景绿灯时长结束时刻,说明该相位在当前信号周期内释放了富余的绿灯时间,这将使得下一机动车相位早于它的背景绿灯时长开始时刻启亮绿灯。

[0021] 假定相位 K_i 是协调相位,利用公式(1)计算相位 K_i 的感应绿灯时长。感应绿灯时长结束时刻等于背景绿灯时长结束时刻,感应绿灯时长开始时刻等于背景绿灯时长结束时刻减去感应绿灯时长。

[0022]

$$AP_{K_i} = \min \begin{cases} \text{round}(\alpha_{K_i} * PC) \\ PG_{K_i} - \text{Min}G_{K_i} \end{cases} \quad (1)$$

[0023] 其中, AP_{K_i} 表示相位 K_i 的感应绿灯时长; α_{K_i} 表示 AP_{K_i} 在背景信号周期时长中所占的比例; PC 表示背景信号周期时长; PG_{K_i} 表示相位 K_i 的背景绿灯时长; $\text{Min}G_{K_i}$ 表示相位 K_i 的最小绿灯时长。

[0024] 非协调相位的最小绿灯时长结束后,允许切断绿灯。非协调相位的最大绿灯时长结束时刻等于背景绿灯时长结束时刻。若非协调相位的实际绿灯时长结束时刻早于背景绿灯时长结束时刻,说明该相位在当前信号周期内释放了富余的绿灯时间,这将使得下一机动车相位早于它的背景绿灯时长开始时刻启亮绿灯。

[0025] 检测器布设在停止线上游40m处时,协调相位的绿灯切断条件包括:

[0026] (1) 协调相位的绿灯时间延长至当前信号周期的感应绿灯时长开始时刻及以后,并且该相位不存在连续的交通需求(自感应绿灯时长开始时刻起,该相位的所有检测器采集的车头时距先后或同时大于车头时距阈值);

[0027] (2) 协调相位的绿灯时间延长至当前信号周期的感应绿灯时长结束时刻。

[0028] 检测器布设在停止线上游40m处时,非协调相位的绿灯切断条件包括:

[0029] (1) 非协调相位的绿灯时长达到或超过最小绿灯时长,并且该相位不存在连续的交通需求(自最小绿灯时长结束时刻起,该相位的所有检测器采集的车头时距先后或同时大于车头时距阈值);

[0030] (2) 非协调相位的绿灯时间延长至当前信号周期的背景绿灯时长结束时刻。

[0031] 感应逻辑中,相对进口方向的前置相位可以独立切断绿灯,相对进口方向的后置相位必须同时切断绿灯。

[0032] 二、BRT有条件信号优先

[0033] 快速公交(Bus Rapid Transit, BRT)是一种中等运量、高发车频率、高科技含量、高服务品质的城市公共交通系统。为了增加客流量, BRT线路通常沿城市干道布设。路中式BRT专用道在国内外的诸多城市得到了广泛应用。

[0034] 一般来说,城市公共交通系统的车辆运行控制方法分为基于时刻表的方法和基于车头时距的方法。基于时刻表的方法旨在修正公交车辆的实际到站时刻相对于计划到站时刻的偏移量。基于车头时距的方法旨在修正公交车辆在任意指定道路断面与前一公交车辆的实际车头时距相对于计划车头时距的偏移量。已有的研究成果显示,为了减少串车现象,高发车频率的常规公共交通系统适宜采用基于车头时距的方法。鉴于BRT系统的技术特点,基于车头时距的方法同样适用于BRT系统。

[0035] 有条件信号优先是修正BRT车辆车头时距偏移量的一种重要手段。有条件信号优先的通常做法是,以BRT线路经过的信号控制交叉口作为控制点;采用循环式BRT相位,也就是说,BRT相位与机动车相位具有固定的组合关系和显示顺序,无论BRT专用道的停止线后是否存在符合条件的BRT车辆,每个信号周期都会为BRT相位提供通行机会;当BRT车辆到达停止线上游的某一位置时,估计该车辆通过停止线时的车头时距偏移量,决定是否实施信号优先以及实施何种信号优先;对于车头时距零偏移(实际车头时距等于计划车头时距)或正偏移(实际车头时距大于计划车头时距)的BRT车辆,保持BRT相位的常规通行时长不变,或者采用绿灯延长、绿灯早启、相位插入等方式增加BRT相位的通行时长,使该车辆尽快通过停止线;对于车头时距负偏移(实际车头时距小于计划车头时距)的BRT车辆,保持BRT相位的常规通行时长不变,使该车辆不会获得额外的通行时长而提前通过停止线。

[0036] 三、传统BRT有条件信号优先方法的缺陷

[0037] 就协调信号控制交叉口而言,旨在修正BRT车辆车头时距偏移量的传统有条件信号优先方法存在以下缺陷:

[0038] (1) 在定时式协调信号控制方法的基础上实施信号优先,无法根据实时获取的交通需求数据动态调整机动车相位的绿灯时长,机动车相位的通行效率有待提升;

[0039] (2) 实施信号优先后,须对机动车相位和行人相位进行简单粗暴的绿灯时长再分配;

[0040] (3) 信号优先仅为车头时距正偏移量超限的BRT车辆提供服务,无法调控车头时距正偏移量较小、零偏移以及负偏移的BRT车辆通过停止线时的车头时距偏移量。

发明内容

[0041] 为了解决上述缺陷,本发明采用的技术方案概述如下:

[0042] 针对具有路中式BRT专用道的城市干道,以四路信号控制交叉口为对象,在感应式协调信号控制方法的基础上,精准调控符合条件的BRT车辆通过停止线时的车头时距偏移量。采用触发式BRT相位,也就是说,BRT相位仅在服务BRT车辆时显示绿灯和黄灯,无BRT车辆等待和接受服务时始终显示红灯,将BRT有条件信号优先方法与感应式协调信号控制方法有机融合,既可以为BRT车辆提供旨在修正车头时距偏移量的优先通行机会,也可以为无法获得优先通行机会的BRT车辆提供旨在保障基本通行权利的常规通行机会。

[0043] 从实施条件、相位设置、BRT车辆检测器、BRT相位的通行模式、优先通行模式的BRT相位触发机会、优先通行模式的运行目标、优先通行模式的关键技术等7个方面,详细介绍本发明的技术方案。

[0044] 一、实施条件

[0045] (1) 干道(又称主要道路)和相交道路(又称次要道路)均是机动车双向通行;

[0046] (2) 沿干道双向布设路中式BRT专用道;

[0047] (3) BRT专用道的停止线上游80m范围内未设置BRT停靠站;

[0048] (4) 对象交叉口的主要道路进口方向具有2个直行BRT相位、2个直行机动车相位、2个左转机动车相位、2个行人相位,次要道路进口方向具有2个直行机动车相位、2个左转机动车相位、2个行人相位;

[0049] (5) BRT相位和机动车相位的信号灯色及其显示顺序是“绿灯→黄灯→红灯→绿

灯”，行人相位的信号灯色及其显示顺序是“绿灯→红灯→绿灯”；

[0050] (6) 每个信号周期内，主要道路进口方向的直行机动车相位先于左转机动车相位获得通行权(即直行机动车相位前置，左转机动车相位后置)，次要道路进口方向的直行机动车相位既可以前置，也可以后置，左转机动车相位亦然；

[0051] (7) 每个信号周期内，行人相位与紧邻的非冲突的直行机动车相位同步获得通行权；

[0052] (8) BRT相位和机动车相位的通行时长等于绿灯时长+黄灯时长+红灯清空时长；

[0053] (9) BRT相位和机动车相位具有相同的黄灯时长和红灯清空时长；

[0054] (10) 将主要道路进口方向的直行机动车相位的绿灯启亮时刻视为信号周期时长的起点。

[0055] 二、相位设置

[0056] BRT相位、机动车相位和行人相位的设置方式如下：

[0057] BRT相位B1是主要道路进口1的BRT相位；

[0058] BRT相位B2是主要道路进口2的BRT相位；

[0059] 机动车相位K1是次要道路进口1的直行相位；

[0060] 机动车相位K2是次要道路进口1的左转相位；

[0061] 机动车相位K3是主要道路进口1的直行相位；

[0062] 机动车相位K4是主要道路进口1的左转相位；

[0063] 机动车相位K5是次要道路进口2的直行相位；

[0064] 机动车相位K6是次要道路进口2的左转相位；

[0065] 机动车相位K7是主要道路进口2的直行相位；

[0066] 机动车相位K8是主要道路进口2的左转相位；

[0067] 行人相位F1是次要道路进出口1的行人相位；

[0068] 行人相位F2是主要道路进出口1的行人相位；

[0069] 行人相位F3是次要道路进出口2的行人相位；

[0070] 行人相位F4是主要道路进出口2的行人相位；

[0071] 相位K3和K7是协调相位，其他机动车相位均是非协调相位。

[0072] 三、BRT车辆检测器

[0073] 在BRT专用道的停止线上游80至120m范围内布设1组Check-in检测器，记录每台BRT车辆的到达时刻，即Check-in时刻。在BRT专用道的停止线下游1至3m范围内布设1组Check-out检测器，记录每台BRT车辆的到达时刻，即Check-out时刻。Check-in检测器至Check-out检测器的道路空间构成BRT车辆的检测范围。

[0074] 利用公式(2)计算相位B_j的BRT车辆以BRT专用道的限制车速自Check-in检测器行驶到Check-out检测器的时间(TT_{B_j})。

[0075]

$$TT_{B_j} = \text{round}\left(\frac{D_{B_j}}{V_{B_j}}\right) \quad (2)$$

[0076] 其中，D_{B_j}表示沿道路中心线自Check-in检测器到Check-out检测器的长度；V_{B_j}表示BRT专用道的限制车速。

[0077] 四、BRT相位的通行模式

[0078] 触发式BRT相位可以为BRT车辆提供专属的信号优先服务。若主要道路相对进口方向的检测范围内同时存在多台BRT车辆,为了避免处置不同BRT车辆对于信号优先服务的差异化诉求,为BRT相位设定2种通行模式。

[0079] 优先通行模式: BRT相位在适当的时机显示绿灯,绿灯时长等于预先设定的触发绿灯时长。该模式通过信号优先逻辑,为BRT车辆提供优先通行机会,修正它们的车头时距偏移量。

[0080] 跟随通行模式: BRT相位跟随并发的直行机动车相位显示绿灯,绿灯时长取决于并发直行机动车相位的绿灯时长。该模式通过感应逻辑,为无法获得优先通行机会的BRT车辆提供常规通行机会,保障它们的基本通行权利。

[0081] 检测范围内存在BRT车辆的BRT相位在任意时刻只能开启1种通行模式。只有开启了优先通行模式的BRT相位,才能够按照既定目标修正BRT车辆的车头时距偏移量。

[0082] (1) 优先通行模式的开启和关闭

[0083] 相位Bj开启优先通行模式的条件: 相位Bj的BRT车辆Check-in时刻,该相位的检测范围内不存在其他BRT车辆,并且该相位和相对进口方向的BRT相位均未开启优先通行模式。

[0084] 若相位Bj开启了优先通行模式,在该相位的通行时长结束时刻关闭优先通行模式。

[0085] 优先通行模式提供的车头时距偏移量修正能力只服务为相位Bj开启了优先通行模式的 BRT车辆。

[0086] (2) 跟随通行模式的开启和关闭

[0087] 满足下列条件之一时,相位Bj开启跟随通行模式:

[0088] (1) 相位Bj的BRT车辆Check-in时刻,该相位的检测范围内不存在其他BRT车辆,并且相对进口方向的BRT相位已经开启了优先通行模式;

[0089] (2) 相位Bj的通行时长结束时刻,该相位的检测范围内存在BRT车辆。

[0090] 若相位Bj开启了跟随通行模式,在该相位的绿灯时长结束时刻关闭跟随通行模式。

[0091] 感应逻辑中,相位K3和K7启亮绿灯时,若相位Bj开启了跟随通行模式,相位Bj立即启亮绿灯,反之,继续显示红灯;相位Bj的绿灯启亮后,若相位K3先于K7切断绿灯,相位Bj和K3同时切断绿灯,反之,相位Bj和K7同时切断绿灯。显然,启用跟随通行模式不会对协调相位和非协调相位的信号运行造成任何影响。

[0092] 五、优先通行模式的BRT相位触发机会

[0093] 受制于相位显示顺序、相位冲突关系、最小绿灯时长等因素,并非在任意时刻都能够触发BRT相位。每个信号周期内,为开启了优先通行模式的相位Bj提供3类触发机会:

[0094] (1) 相位K3和K7的绿灯期间,相位Bj与K3和K7同时显示绿灯;

[0095] (2) 相位K4和K8的通行时长结束后、次要道路前置相位的绿灯启亮前,仅相位Bj显示绿灯,相位Bj的通行时长结束后,次要道路的前置相位启亮绿灯;

[0096] (3) 次要道路前置相位的通行时长结束后、次要道路后置相位的绿灯启亮前,仅相位 Bj显示绿灯,相位Bj的通行时长结束后,次要道路的后置相位启亮绿灯。

[0097] 显然,由于每个信号周期内的BRT相位触发机会有限,即使相位Bj开启了优先通行模式,也有可能无法彻底修正BRT车辆的车头时距偏移量。

[0098] 六、优先通行模式的运行目标

[0099] 尽可能消除或合理发挥信号灯对于BRT车辆运行的阻滞作用,最小化BRT车辆通过停止线时的车头时距偏移量。

[0100] 七、优先通行模式的关键技术

[0101] (1) BRT车辆的最佳Check-out时刻

[0102] 相位Bj的第n台BRT车辆的Check-in时刻,若该车辆为相位Bj开启了优先通行模式,利用公式(3)计算该车辆的最佳Check-out时刻。

[0103]

$$T_{Bj,n}^{\text{out,opt}} = \max \begin{cases} T_{Bj,n-1}^{\text{out}} + H_{Bj}^{\text{sch}} \\ T_{Bj,n}^{\text{in}} + TT_{Bj} \end{cases} \quad (3)$$

[0104] 其中, $T_{Bj,n}^{\text{out,opt}}$ 表示相位Bj的第n台BRT车辆的最佳Check-out时刻; $T_{Bj,n-1}^{\text{out}}$ 表示相位Bj的第n-1台BRT车辆的Check-out时刻; H_{Bj}^{sch} 表示相位Bj的BRT车辆计划车头时距; $T_{Bj,n}^{\text{in}}$ 表示相位Bj的第n台BRT车辆的Check-in时刻。

[0105] (2) BRT相位的最佳通行时长开始时刻和结束时刻

[0106] 如前文所述,相位Bj触发前显示红灯且触发后的绿灯时长取为固定值。鉴于BRT车辆运行过程的复杂性,为了便于达成 $T_{Bj,n}^{\text{out,opt}}$,应当使相位Bj早于 $T_{Bj,n}^{\text{out,opt}}$ 启亮绿灯、晚于 $T_{Bj,n}^{\text{out,opt}}$ 切断绿灯。

[0107] 利用公式(4)、(5)计算相位Bj服务第n台BRT车辆时的最佳通行时长开始时刻和结束时刻。

[0108]

$$T_{Bj,n}^{\text{ss,opt}} = T_{Bj,n}^{\text{out,opt}} - 3 \quad (4)$$

[0109]

$$T_{Bj,n}^{\text{es,opt}} = T_{Bj,n}^{\text{ss,opt}} + AS_{Bj} \quad (5)$$

[0110] 其中, $T_{Bj,n}^{\text{ss,opt}}$ 表示相位Bj服务第n台BRT车辆时的最佳通行时长开始时刻; $T_{Bj,n}^{\text{es,opt}}$ 表示相位Bj服务第n台BRT车辆时的最佳通行时长结束时刻; AS_{Bj} 表示相位Bj的触发通行时长。

[0111] (3) 信号优先逻辑

[0112] 信号机的控制逻辑由信号优先逻辑和感应逻辑组成。若某个BRT相位开启了优先通行模式,首先执行信号优先逻辑,而后执行感应逻辑,反之,直接执行感应逻辑。

[0113] 信号优先逻辑服务相位Bj的第n台BRT车辆的技术流程伪代码如下:

[0114] Begin

$T \leftarrow T+1$

$x \leftarrow T$ 所在的信号周期编号

If 未确定 $T_{Bj,n}^{ss,act}$ 和 $T_{Bj,n}^{es,act}$ Then

If 相位K3和K7在第 x 个信号周期同时显示绿灯 Then

If $T_{Bj,n}^{ss,opt} > T(x)^{sc,act}$ Then

If $T_{Bj,n}^{es,opt} \leq \min(T(x)_{K3}^{es,prg}, T(x)_{K7}^{es,prg})$ Then

$$T_{Bj,n}^{ss,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt}$$

$$T_{Bj,n}^{es,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,act} + AS_{Bj}$$

相位K3和K7暂停执行感应逻辑至相位Bj的绿灯结束时刻

End If

End If

End If

If 相位K4和K8在第 x 个信号周期同时显示绿灯且均达到最小绿灯时长 Then

If $T(x)^{sc,act} < T_{Bj,n}^{ss,opt} \leq T + IG_K$ Then

If $T + IG_K + AS_{Bj} \leq \min(T(x)_{Ka}^{eg,prg} - MinG_{Ka}, T(x)_{Kb}^{eg,prg} - MinG_{Kb})$ Then

[0115]

$$T_{Bj,n}^{ss,act} \leftarrow T + IG_K$$

$$T_{Bj,n}^{es,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,act} + AS_{Bj}$$

相位K4和K8立即切断绿灯

End If

Else

If $T_{Bj,n}^{ss,opt} \leq T(x)_{ma}^{es,prg}$ Then

If $T_{Bj,n}^{es,opt} \leq \min(T(x)_{Ka}^{eg,prg} - MinG_{Ka}, T(x)_{Kb}^{eg,prg} - MinG_{Kb})$ Then

$$T_{Bj,n}^{ss,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt}$$

$$T_{Bj,n}^{es,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,act} + AS_{Bj}$$

相位K4和K8在第 x 个信号周期暂停执行感应逻辑

$$T(x)_{K4}^{eg,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt} - IG_K$$

$$T(x)_{K8}^{eg,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt} - IG_K$$

End If

End If

End If

End If

If 相位Ka和Kb在第x个信号周期同时显示绿灯且均达到最小绿灯时长 Then

If $T(x)^{sc,act} < T_{Bj,n}^{ss,opt} \leq T + IG_K$ Then

If $T + IG_K + AS_{Bj} \leq \min(T(x)_{Ka^*}^{eg,prg} - MinG_{Ka^*}, T(x)_{Kb^*}^{eg,prg} - MinG_{Kb^*})$ Then

$$T_{Bj,n}^{ss,act} \leftarrow T + IG_K$$

$$T_{Bj,n}^{es,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,act} + AS_{Bj}$$

相位Ka和Kb立即切断绿灯

End If

Else

If $T_{Bj,n}^{ss,opt} \leq \min(T(x)_{Ka}^{es,prg}, T(x)_{Kb}^{es,prg})$ Then

If $T_{Bj,n}^{es,opt} \leq \min(T(x)_{Ka^*}^{eg,prg} - MinG_{Ka^*}, T(x)_{Kb^*}^{eg,prg} - MinG_{Kb^*})$ Then

$$T_{Bj,n}^{ss,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt}$$

$$T_{Bj,n}^{es,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,act} + AS_{Bj}$$

相位Ka和Kb在第x个信号周期暂停执行感应逻辑

$$T(x)_{Ka}^{eg,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt} - IG_K$$

$$T(x)_{Kb}^{eg,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt} - IG_K$$

End If

End If

End If

End If

If 相位Ka*和Kb*在第x个信号周期同时显示绿灯且均达到最小绿灯时长 Then

If $T(x)^{sc,act} < T_{Bj,n}^{ss,opt} \leq T + IG_K$ Then

$$T_{Bj,n}^{ss,act} \leftarrow T + IG_K$$

$$T_{Bj,n}^{es,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,act} + AS_{Bj}$$

相位Ka*和Kb*立即切断绿灯

Else

If $T_{Bj,n}^{ss,opt} \leq T(x)_{mi}^{es,prg}$ Then

$$T_{Bj,n}^{ss,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt}$$

$$T_{Bj,n}^{es,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,act} + AS_{Bj}$$

相位Ka*和Kb*在第x个信号周期暂停执行感应逻辑

$$T(x)_{Ka^*}^{eg,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt} - IG_K$$

[0116]

$$T(x)_{Kb^*}^{eg,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt} - IG_K$$

End If

[0117]

End If

End If

End If

End

[0118] 其中, IG_K 表示机动车相位的绿灯间隔时长,即黄灯时长与红灯清空时长之和; Ka 、 Kb 表示次要道路的前置相位编号, $a \in [1, 2, 5, 6]$, $b \in [1, 2, 5, 6]$; Ka^* 、 Kb^* 表示次要道路的后置相位编号, $a^* \in [1, 2, 5, 6]$, $b^* \in [1, 2, 5, 6]$,相位 Ka^* 与 Ka 存在交通冲突,相位 Kb^* 与 Kb 存在交通冲突; $MinG_{Ki}$ 表示相位 Ki 的最小绿灯时长, $i \in [1, 2, \dots, 8]$; T 表示当前时刻; $T_{Bj,n}^{es,act}$ 表示相位 Bj 服务第 n 台BRT车辆的实际通行时长结束时刻; $T(x)_{Ki}^{eg,act}$ 表示相位 Ki 在第 x 个信号周期的实际绿灯时长结束时刻; $T(x)_{Ki}^{eg,ptg}$ 表示相位 Ki 在第 x 个信号周期的背景绿灯时长结束时刻; $T(x)_{Ki}^{es,ptg}$ 表示相位 Ki 在第 x 个信号周期的背景通行时长结束时刻; $T(x)_{ma}^{es,ptg}$ 表示主要道路的后置相位在第 x 个信号周期的背景通行时长结束时刻; $T(x)_{mi}^{es,ptg}$ 表示次要道路的后置相位在第 x 个信号周期的背景通行时长结束时刻; $T(x)^{sc,act}$ 表示第 x 个信号周期时长的实际开始时刻; $T_{Bj,n}^{ss,act}$ 表示相位 Bj 服务第 n 台BRT车辆的实际通行时长开始时刻; x 表示 T 所在的信号周期编号。

[0119] $T_{Bj,n}^{ss,act}$ 被赋值为 $T_{Bj,n}^{ss,opt}$ 时,意味着信号优先逻辑能够彻底修正车头时距偏移量; $T_{Bj,n}^{ss,act}$ 被赋值为 $T+IG_K$ 时,意味着信号优先逻辑只能部分修正车头时距偏移量。

[0120] 一旦相位 Ki 在绿灯期间暂停执行感应逻辑,该相位将持续显示绿灯至某一指定时刻。

[0121] 本发明的有益效果为:本发明能够根据实时获取的交通需求数据动态调整机动车相位的绿灯时长,有助于提高机动车相位的通行效率;实施信号优先前后,无须对机动车相位和行人相位进行绿灯时长再分配;信号优先可以为车头时距正偏移、零偏移、负偏移的BRT车辆提供服务,车头时距偏移量的大小对于BRT车辆能否接受信号优先服务无影响。

附图说明

[0122] 图1是感应式协调信号控制交叉口的相位设置方式。

[0123] 图2是未服务BRT相位时的机动车相位显示顺序。

具体实施方式

[0124] 以下结合实施案例对本发明的具体实施方式做进一步说明。

[0125] 本发明适用的感应式协调信号控制交叉口的相位设置方式,如图1所示。

[0126] 东西方向是主要道路,南北方向是次要道路;

[0127] 相位 $B1$ 是东进口的BRT相位;

[0128] 相位 $B2$ 是西进口的BRT相位;

[0129] 相位 $K1$ 是北进口的直行相位;

- [0130] 相位K2是北进口的左转相位；
- [0131] 相位K3是东进口的直行相位；
- [0132] 相位K4是东进口的左转相位；
- [0133] 相位K5是南进口的直行相位；
- [0134] 相位K6是南进口的左转相位；
- [0135] 相位K7是西进口的直行相位；
- [0136] 相位K8是西进口的左转相位；
- [0137] 相位F1是北侧进出口的行人相位；
- [0138] 相位F2是东侧进出口的行人相位；
- [0139] 相位F3是南侧进出口的行人相位；
- [0140] 相位F4是西侧进出口的行人相位。
- [0141] 相位K3和K7是协调相位，其他机动车相位均是非协调相位。协调相位的感应绿灯时长在背景信号周期时长中所占的比例取10% ($\alpha_{K3} = \alpha_{K7} = 10\%$)。
- [0142] BRT相位采用区别于机动车圆盘形信号灯和箭头形信号灯的专用信号灯。直行机动车相位采用圆盘形信号灯，左转机动车相位采用箭头形信号灯。
- [0143] BRT相位和机动车相位的黄灯时长取3s，红灯清空时长取2s， $IG_K = 5s$ 。
- [0144] 直行机动车相位的最小绿灯时长取12s ($MinG_{K1} = MinG_{K3} = MinG_{K5} = MinG_{K7} = 12s$)，左转机动车相位的最小绿灯时长取8s ($MinG_{K2} = MinG_{K4} = MinG_{K6} = MinG_{K8} = 8s$)。
- [0145] 未服务BRT相位时的机动车相位显示顺序，如图2所示。相位K1、K3、K5、K7是前置相位，相位K2、K4、K6、K8是后置相位。
- [0146] 在BRT专用道的停止线上游100m处布设Check-in检测器 ($D_{Bj} = 100m$)，在停止线下游1m处布设Check-out检测器，BRT专用道的限制车速取50km/h ($V_{Bj} = 50km/h$)，根据公式(2)得到 $TT_{Bj} = 7s$ 。
- [0147] 协调相位和非协调相位的交通数据检测器逐条进口车道布设在停止线上游40m处。感应逻辑中，车头时距阈值取3s。
- [0148] 相位Bj的触发绿灯时长取5s ($AS_{Bj} = 5s$)。
- [0149] 每个信号周期内，为开启了优先通行模式的相位Bj提供3类触发机会：
- [0150] (1) 相位K3和K7的绿灯期间，相位Bj与K3和K7同时显示绿灯；
- [0151] (2) 相位K4和K8的通行时长结束后、相位K1和K5的绿灯启亮前，仅相位Bj显示绿灯。相位Bj的通行时长结束后，相位K1和K5启亮绿灯；
- [0152] (3) 相位K1和K5的通行时长结束后、相位K2和K6的绿灯启亮前，仅相位Bj显示绿灯，相位K1和K5必须同时切断绿灯。相位Bj的通行时长结束后，相位K2和K6启亮绿灯。
- [0153] 信号优先逻辑的技术流程伪代码如下：

[0154]

Begin

 $T \leftarrow T+1$ $x \leftarrow T$ 所在的信号周期编号If 未确定 $T_{Bj,n}^{ss,act}$ 和 $T_{Bj,n}^{es,act}$ ThenIf 相位K3和K7在第 x 个信号周期同时显示绿灯 ThenIf $T_{Bj,n}^{ss,opt} > T(x)^{sc,act}$ ThenIf $T_{Bj,n}^{es,opt} \leq \min(T(x)_{K3}^{es,prg}, T(x)_{K7}^{es,prg})$ Then $T_{Bj,n}^{ss,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt}$ $T_{Bj,n}^{es,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,act} + AS_{Bj}$

相位K3和K7暂停执行感应逻辑至相位Bj的绿灯结束时刻

End If

End If

End If

If 相位K4和K8在第 x 个信号周期同时显示绿灯且均达到最小绿灯时长 ThenIf $T(x)^{sc,act} < T_{Bj,n}^{ss,opt} \leq T + IG_K$ ThenIf $T + IG_K + AS_{Bj} \leq \min(T(x)_{K1}^{eg,prg} - MinG_{K1}, T(x)_{K5}^{eg,prg} - MinG_{K5})$ Then $T_{Bj,n}^{ss,act} \leftarrow T + IG_K$

$$T_{Bj,n}^{es,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,act} + AS_{Bj}$$

相位K4和K8立即切断绿灯

End If

Else

If $T_{Bj,n}^{ss,opt} \leq T(x)_{ma}^{es,prg}$ Then

If $T_{Bj,n}^{es,opt} \leq \min(T(x)_{K1}^{eg,prg} - MinG_{K1}, T(x)_{K5}^{eg,prg} - MinG_{K5})$ Then

$$T_{Bj,n}^{ss,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt}$$

$$T_{Bj,n}^{es,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,act} + AS_{Bj}$$

相位K4和K8在第x个信号周期暂停执行感应逻辑

$$T(x)_{K4}^{eg,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt} - IG_K$$

$$T(x)_{K8}^{eg,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt} - IG_K$$

End If

End If

End If

End If

If 相位K1和K5在第x个信号周期同时显示绿灯且均达到最小绿灯时长 Then

[0155]

If $T(x)^{sc,act} < T_{Bj,n}^{ss,opt} \leq T + IG_K$ Then

If $T + IG_K + AS_{Bj} \leq \min(T(x)_{K2}^{eg,prg} - MinG_{K2}, T(x)_{K6}^{eg,prg} - MinG_{K6})$ Then

$$T_{Bj,n}^{ss,act} \leftarrow T + IG_K$$

$$T_{Bj,n}^{es,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,act} + AS_{Bj}$$

相位K1和K5立即切断绿灯

End If

Else

If $T_{Bj,n}^{ss,opt} \leq \min(T(x)_{K1}^{es,prg}, T(x)_{K5}^{es,prg})$ Then

If $T_{Bj,n}^{es,opt} \leq \min(T(x)_{K2}^{eg,prg} - MinG_{K2}, T(x)_{K6}^{eg,prg} - MinG_{K6})$ Then

$$T_{Bj,n}^{ss,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt}$$

$$T_{Bj,n}^{es,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,act} + AS_{Bj}$$

相位K1和K5在第x个信号周期暂停执行感应逻辑

$$T(x)_{K1}^{eg,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt} - IG_K$$

$$T(x)_{K5}^{eg,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt} - IG_K$$

[0156]

```

        End If
      End If
    End If
  End If
  If 相位K2和K6在第x个信号周期同时显示绿灯且均达到最小绿灯时长 Then
    If  $T(x)^{sc,act} < T_{Bj,n}^{ss,opt} \leq T + IG_K$  Then
       $T_{Bj,n}^{ss,act} \leftarrow T + IG_K$ 
       $T_{Bj,n}^{es,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,act} + AS_{Bj}$ 
      相位K2和K6立即切断绿灯
    Else
      If  $T_{Bj,n}^{ss,opt} \leq T(x)_{mi}^{es,prg}$  Then
         $T_{Bj,n}^{ss,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt}$ 
         $T_{Bj,n}^{es,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,act} + AS_{Bj}$ 
        相位K2和K6在第x个信号周期暂停执行感应逻辑
         $T(x)_{K2}^{eg,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt} - IG_K$ 
         $T(x)_{K6}^{eg,act} \leftarrow T_{Bj,n}^{ss,opt} - IG_K$ 
      End If
    End If
  End If
End If
End

```

[0157] 以上所述实施案例旨在描述本发明的具体实施方式,并不能因此而理解成对本发明专利范围的限制,应当指出,对于本领域的技术人员而言,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干的变形和改进,这些均属于本发明的保护范围。

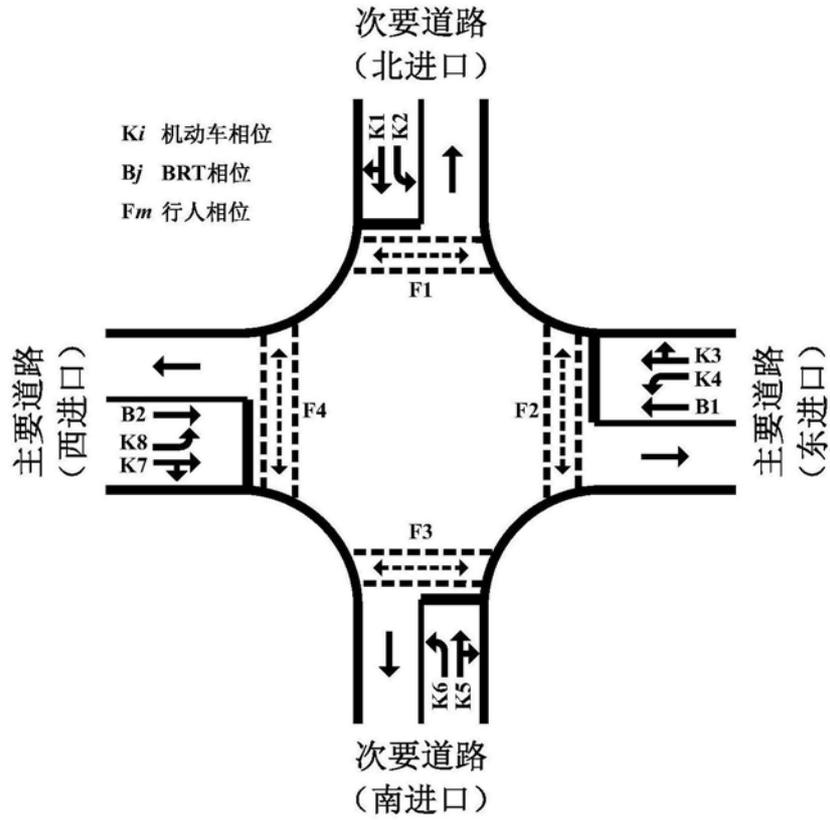


图1

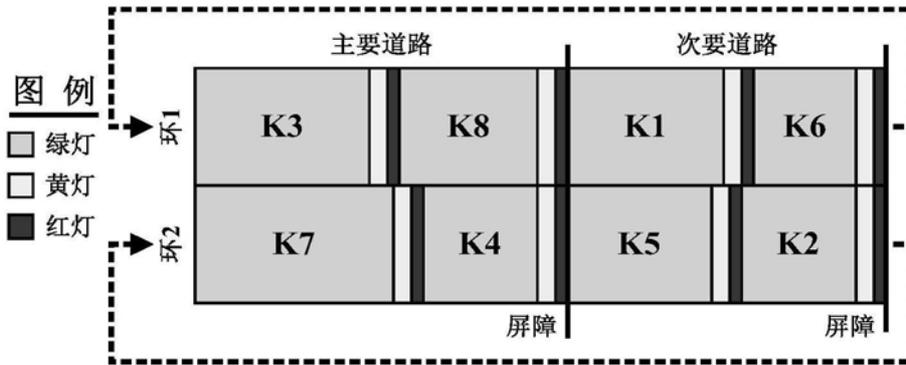


图2