



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107730922 A

(43)申请公布日 2018.02.23

(21)申请号 201710814766.7

(22)申请日 2017.09.11

(71)申请人 北方工业大学

地址 100144 北京市石景山区晋元庄路5号

(72)发明人 刘小明 尚春琳 蒋源 郑淑晖

黄晓芹 鲍冠文 郑桂芳

(74)专利代理机构 北京德崇智捷知识产权代理

有限公司 11467

代理人 卫麟

(51) Int. Cl.

G08G 1/08(2006.01)

G08G 1/081(2006.01)

权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种单向干线绿波协调控制自适应调整方法

(57)摘要

本发明提供一种单向干线绿波协调控制自适应调整方法,通过视频识别技术完成对车辆信息的识别与检测,在检测车辆平均速度的同时,计算车流密度,根据车流密度调整交叉口绿信比,合理分配道路资源,加快支路排队车辆清空,减少支路车辆流入与流出对绿波效果的干扰,优化绿波实施效果。通过视频识别技术,实时监测到达交叉口的交通流状况,划分出车辆排队区域,当排队区域车辆超过设定阈值后,启动绿波信号自适应调整,同时识别并记录排队车辆车牌号,当车辆到达下游交叉口时,测算车辆在路段平均行驶速度,预测出队列到达下一交叉口的时间,根据给定策略调整相位差。实现减少车辆平均延误时间达到提高道路交通通行能力、减少城市交通污染的目的。



1. 一种单向干线绿波协调控制自适应调整方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1) 初始化绿波带配时,对各交叉口控制信号参数进行初始化配置;

(2) 交通数据检测,通过高清视频检测对干线单方向的交通流进行检测,从上游至下游依次排列有交叉口1、交叉口2、交叉口3,交叉口1、2之间相位差为 ϕ_{1-2} ,交叉口2、3之间相位差为 ϕ_{2-3} ;

(3) 相位差调整需求分析,若交叉口1排队车辆数 n 大于 k_1 ,则调整交叉口2与交叉口3之间相位差 ϕ_{2-3} ;否则,不进行调整;其中,

$$k_1 = \frac{M_{svi} \cdot g_{min}^2}{3600 \cdot C}$$

$$k_2 = \frac{M_{svi} \cdot g \cdot g_{min}}{3600 \cdot C}$$

$$M_{svi} = \frac{C_B \cdot (V/C)_i}{2}$$

式中, k_1 ——相位差调整需求最小的排队车辆数; k_2 ——相位差调整需求饱和的排队车辆数; M_{svi} ——理想条件下路段在第 i 级服务水平下车行道单向最大服务交通量; C_B ——道路基本通行能力; $(V/C)_i$ ——第 i 级最大服务交通量与基本通行能力之比; g_{min} ——最小绿灯时间; g ——绿灯时间; C ——周期时长;

(4) 根据视频检测器对排队车辆进行车牌识别,分别获得车辆到达交叉口1与交叉口2的时间,计算出车辆在交叉口1与交叉口2之间平均行程时间 \bar{t} ,并求出路段平均行驶速度 \bar{v} ,根据平均行驶速度求出车辆到达交叉口3的时间 t_p ,其中

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^i (t_{deti} - t_{arri})}{i}$$

$$\bar{v} = \frac{l_{12}}{\bar{t}}$$

$$t_p = \frac{l_{23}}{\bar{v}}$$

式中: t_{arri} ——交叉口1队列中第 i 辆车到达交叉口1的时间; t_{deti} ——交叉口2队列中第 i 辆车到达交叉口2的时间; \bar{t} ——交叉口1与交叉口2间车辆平均行程时间; \bar{v} ——交叉口1与交叉口2间车辆平均行程速度; t_p ——车辆从交叉口2到达交叉口3的预计行程时间; l_{12} ——交叉口1到交叉口2路段长度; l_{23} ——交叉口2到交叉口3路段长度。

(5) 当第一步中交叉口1排队车辆数 n 超过 k_1 时,通过 t_p 与交叉口2与交叉口3之间实际相位差 ϕ_{2-3} 比较,按照以下方法进行信号调整:

若 $\phi_{2-3} > t_p$,则交叉口3提前放行,减小相位差 ϕ_{2-3} ,提前放行时间设置如下:若 $k_2 < n$,绿灯时间不调整,提前放行时间 $\Delta\phi = \phi_{2-3} - t_p$;若 $k_1 < n < k_2$,绿灯时间调整为最小绿灯时间 g_{min} ,提前放行时间 $\Delta\phi = \phi_{2-3} - t_p$;

若 $0 < t_p - \phi_{2-3} < g_{min}$,则交叉口3暂缓放行,增大相位差 ϕ_{2-3} ,暂缓放行时间设置如下:若 $k_2 < n$,绿灯时间不调整,暂缓放行时间 $\Delta\phi = t_p - \phi_{2-3}$;若 $k_1 < n < k_2$,绿灯时间调整为最

小绿灯时间 g_{\min} , 暂缓放行时间 $\Delta\phi = t_p - \phi_{2-3}$;

若 $g_{\min} < t_p - \phi_{2-3} < g$, 到达周期内绿灯时间调整为最小绿灯时间 g_{\min} , 相位差 ϕ_{2-3} 不变, 下一周期绿灯时间设置如下: 若 $k_2 < n$, 下一周期绿灯时间保持为 g ; 若 $k_1 < n < k_2$, 下一周期绿灯时间调整为最小绿灯时间 g_{\min} ; 预计到达时为黄灯则视作绿灯处理。

(6) 在计算完交叉口3的信号调整之后, 按照上述步骤依次进行下游各交叉口的信号调整, 最终完成整条绿波带的各个路口的信号调整。

一种单向干线绿波协调控制自适应调整方法

技术领域

[0001] 本发明涉及智能交通信号控制技术领域。

背景技术

[0002] 伴随着社会经济发展与科学技术进步,交通运输日益成为人们工作、生活中不可或缺的一部分。交通运输的发展保证了社会经济体系以及人们日常生活的正常运转。于此同时,道路基础设施的建设越来越难以满足日益增长的交通需求。而随之而来的交通堵塞、环境污染、交通事故等一系列问题,也制约了城市的良性发展,造成了巨大的经济损失。单纯依靠增加道路基础设施建设和采用传统的交通管理方式已难以解决。交通信号的优化设计与智能化协调控制成为缓解疏导交通问题的重要研究手段。

[0003] 干线绿波协调控制成为一种重要的信号灯协调控制方式,正越来越广泛地被各大中城市采用,优势也十分明显:能保证干线直行车队高速、不停车行驶,减少车辆平均延误时间与停车次数;通过诱导信息发布,能够调节路段车辆行驶车速;可以促使驾驶员与行人更加遵守交通信号,减少交叉口交通事故发生。但同时交通干线绿波的形成也需要很苛刻的条件:相邻路口之间距离不能太短,否则车流的消散作用会影响绿波的运行;干线上不能存在太多的支路,否则之路车流的驶入和驶离干扰会打乱脆弱的绿波带;需要驾驶员严格遵守交通规则,保持与绿波带来相同的运行速度。

[0004] 同时现有干线绿波协调控制属于离线固定配时方案。单路口信号配时方案以及路口间相位差由设计前期调研数据计算得到,设计绿波时速固定。而实际运行中,驾驶员由于天气、路况、心理等因素往往不能按照设计绿波时速进行驾驶。造成达到到达下游路口时间过早形成排队,或过晚到达导致车辆不能及时通过交叉口形成路口空放,造成绿波带提升效果不明显。

发明内容

[0005] 本发明所采用的技术方案是:

[0006] 为解决上述技术问题,公开一种干线绿波协调控制自适应调整方法,该方法以针对干线车辆车速多变的特点,通过检测器检测车辆队列通过路段的平均时间,以及车流量密度,合理调整分配干线交叉口相位差以及绿信比。通过检测第一交叉口车辆排队数,以确定是否有必要进行绿波带信号调整。当交叉口排队车辆数超过设定阈值后开始进行调整,通过车牌识别技术,识别并计算该路口到第二交叉口之间车辆平均行驶速度。根据行驶速度预测到达第三路口的时间,与路段车流量,选择合适的调整策略,调整第三交叉口信号相位差。具体采用了如下技术方案:

[0007] 该方法包括如下步骤:

[0008] (1) 初始化绿波带配时,对各交叉口控制信号参数进行初始化配置;

[0009] (2) 交通数据检测,通过高清视频检测对干线单方向的交通流进行检测,从上游至下游依次排列有交叉口1、交叉口2、交叉口3,交叉口1、2之间相位差为 θ_{1-2} ,交叉口2、3之间

相位差为 ϕ_{2-3} ;

[0010] (3) 相位差调整需求分析,若交叉口1排队车辆数 n 大于 k_1 ,则调整交叉口2与交叉口3之间相位差 ϕ_{2-3} ;否则,不进行调整;其中,

$$[0011] \quad k_1 = \frac{M_{svi}}{3600} \cdot \frac{g_{min}^2}{C}$$

$$[0012] \quad k_2 = \frac{M_{svi}}{3600} \cdot \frac{g \cdot g_{min}}{C}$$

$$[0013] \quad M_{svi} = \frac{C_B \cdot (V/C)_i}{2}$$

[0014] 式中, k_1 ——相位差调整需求最小的排队车辆数; k_2 ——相位差调整需求饱和的排队车辆数; M_{svi} ——理想条件下路段在第*i*级服务水平下车行道单向最大服务交通量; C_B ——道路基本通行能力; $(V/C)_i$ ——第*i*级最大服务交通量与基本通行能力之比; g_{min} ——最小绿灯时间; g ——绿灯时间; C ——周期时长;

[0015] (4) 根据视频检测器对排队车辆进行车牌识别,分别获得车辆到达交叉口1与交叉口2的时间,计算出车辆在交叉口1与交叉口2之间平均行程时间 \bar{t} ,并求出路段平均行驶速度 \bar{v} ,根据平均行驶速度求出车辆到达交叉口3的时间 t_p ,其中

$$[0016] \quad \bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^i (t_{deti} - t_{arri})}{i}$$

$$[0017] \quad \bar{v} = \frac{l_{12}}{\bar{t}}$$

$$[0018] \quad t_p = \frac{l_{23}}{\bar{v}}$$

[0019] 式中: t_{arri} ——交叉口1队列中第*i*辆车到达交叉口1的时间; t_{deti} ——交叉口2队列中第*i*辆车到达交叉口2的时间; \bar{t} ——交叉口1与交叉口2间车辆平均行程时间; \bar{v} ——交叉口1与交叉口2间车辆平均行程速度; t_p ——车辆从交叉口2到达交叉口3的预计行程时间; l_{12} ——交叉口1到交叉口2路段长度; l_{23} ——交叉口2到交叉口3路段长度;

[0020] (5) 当第一步中交叉口1排队车辆数 n 超过 k_1 时,通过 t_p 与交叉口2与交叉口3之间实际相位差 ϕ_{2-3} 比较,按照以下方法进行信号调整:

[0021] 若 $\phi_{2-3} > t_p$,则交叉口3提前放行,减小相位差 ϕ_{2-3} ,提前放行时间设置如下:若 $k_2 < n$,绿灯时间不调整,提前放行时间 $\Delta\phi = \phi_{2-3} - t_p$;若 $k_1 < n < k_2$,绿灯时间调整为最小绿灯时间 g_{min} ,提前放行时间 $\Delta\phi = \phi_{2-3} - t_p$;

[0022] 若 $0 < t_p - \phi_{2-3} < g_{min}$,则交叉口3暂缓放行,增大相位差 ϕ_{2-3} ,暂缓放行时间设置如下:若 $k_2 < n$,绿灯时间不调整,暂缓放行时间 $\Delta\phi = t_p - \phi_{2-3}$;若 $k_1 < n < k_2$,绿灯时间调整为最小绿灯时间 g_{min} ,暂缓放行时间 $\Delta\phi = t_p - \phi_{2-3}$;

[0023] 若 $g_{min} < t_p - \phi_{2-3} < g$,到达周期内绿灯时间调整为最小绿灯时间 g_{min} ,相位差 ϕ_{2-3} 不变,下一周期绿灯时间设置如下:若 $k_2 < n$,下一周期绿灯时间保持为 g ;若 $k_1 < n < k_2$,下一周期绿灯时间调整为最小绿灯时间 g_{min} ;预计到达时为黄灯则视作绿灯处理。

[0024] (6) 在计算完交叉口3的信号调整之后,按照上述步骤依次进行下游各交叉口的信号调整,最终完成整条绿波带的各个路口的信号调整。

[0025] 本发明具有如下有益的技术效果:

[0026] 1. 基于现有视频检测器,通过视频识别技术完成对车辆信息的识别与检测,为绿波带调整提供数据支持,而无须增设其他种类检测器。如图1所示,视频检测器安装于交叉口进口道停止线处。通过视频识别技术,实时监测到达交叉口的交通流状况。划分出车辆排队区域,当排队区域车辆超过设定阈值后,启动绿波信号自适应调整。同时识别并记录排队车辆车牌号,当车辆到达下游交叉口时,测算车辆在路段平均行驶速度。预测出队列到达下一交叉口的时间,根据给定策略调整相位差。

[0027] 2. 在检测车辆平均速度的同时,计算车流密度,根据车流密度调整交叉口绿信比,合理分配道路资源,加快支路排队车辆清空,减少支路车辆流入与流出对绿波效果的干扰。优化绿波实施效果。

附图说明

[0028] 下面结合附图和实例对本发明进一步说明:

[0029] 图1是单向干线绿波协调控制自适应调整方法流程图。

[0030] 图2是检测器安装方式示意图。

[0031] 图3是交叉口信号相位调整图。

具体实施方式

[0032] 下面结合附图针对发明内容部分所采用的技术方案进行详细说明,主要步骤如下:

[0033] Step 1: 初始化绿波带配时,参照经典绿波带设计方法对各交叉口控制信号参数进行初始化配置。

[0034] Step 2: 交通数据检测,通过高清视频检测对干线单方向的交通流进行检测,提供是否需要调整相位差的基础判定数据,路口与检测器分布如图所示。交叉口1、2、3为从上游至下游依次排列的三个交叉口。交叉口1、2之间相位差为 ϕ_{1-2} ,交叉口2、3之间相位差为 ϕ_{2-3} 。

[0035] Step 3: 相位差调整需求分析,通过设计绿波时速与查阅HCM手册,确定干线道路服务水平,设置调整阈值 k_1 与 k_2 ,若交叉口1排队车辆数 n 大于 k_1 则调整交叉口2与交叉口3之间相位差 ϕ_{2-3} ,否则,不进行调整:

$$[0036] \quad k_1 = \frac{M_{svi} \cdot g_{min}^2}{3600 \cdot C} \quad (1)$$

$$[0037] \quad k_2 = \frac{M_{svi} \cdot g \cdot g_{min}}{3600 \cdot C} \quad (2)$$

$$[0038] \quad M_{svi} = \frac{C_B \cdot (V/C)_i}{2} \quad (3)$$

[0039] 式中: k_1 ——相位差调整需求最小的排队车辆数(mvu);

[0040] k_2 ——相位差调整需求饱和的排队车辆数(mvu);

[0041] M_{svi} ——理想条件下路段在第*i*级服务水平下车行道单向最大服务交通量(mvu/

h) ;

[0042] C_B ——道路基本通行能力 (mvu/h) ;

[0043] $(V/C)_i$ ——第*i*级最大服务交通量与基本通行能力之比;

[0044] g_{\min} ——最小绿灯时间 (s) ;

[0045] g ——绿灯时间 (s) ;

[0046] C ——周期时长 (s) ;

[0047] Step 4: 如图所示, 根据视频检测器对排队车辆进行车牌识别, 获得车辆到达交叉口1与交叉口2的时间 t_{arri} , t_{deti} , 若车辆驶离干线则不计, 计算出车辆在交叉口1与交叉口2之间平均行程时间 \bar{t} , 并求出路段平均行驶速度 \bar{v} 。根据平均行驶速度求出车辆到达交叉口3的时间 t_p :

$$[0048] \quad \bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^i (t_{deti} - t_{arri})}{i} \quad (4)$$

$$[0049] \quad \bar{v} = \frac{l_{12}}{\bar{t}} \quad (5)$$

$$[0050] \quad t_p = \frac{l_{23}}{\bar{v}} \quad (6)$$

[0051] 式中: t_{arri} ——交叉口1队列中第*i*辆车到达交叉口1的时间;

[0052] t_{deti} ——交叉口2队列中第*i*辆车到达交叉口2的时间;

[0053] \bar{t} ——交叉口1与交叉口2间车辆平均行程时间 (s) ;

[0054] \bar{v} ——交叉口1与交叉口2间车辆平均行程速度 (m/s) ;

[0055] t_p ——车辆从交叉口2到达交叉口3的预计行程时间 (s) ;

[0056] l_{12} ——交叉口1到交叉口2路段长度 (m) ;

[0057] l_{23} ——交叉口2到交叉口3路段长度 (m) ;

[0058] Step 5: 当第一步中交叉口1排队车辆数*n*超过相位差调整需求最小的排队车辆数 k_1 , 通过 t_p 与交叉口2与交叉口3之间实际相位差 ϕ_{2-3} 比较, 分为以下几种调整策略:

[0059] 若车辆预计到达交叉口3时为红灯, 即 $\phi_{2-3} > t_p$, 交叉口3提前放行, 减小相位差 ϕ_{2-3}

[0060] 1. 若 $k_2 < n$, 信号调整策略如图中策略1所示。绿灯时间不调整, 提前放行时间 $\Delta\phi = \phi_{2-3} - t_p$ 。

[0061] 2. 若 $k_1 < n < k_2$, 信号调整策略如图中策略2所示。绿灯时间调整为最小绿灯时间 g_{\min} , 提前放行时间 $\Delta\phi = \phi_{2-3} - t_p$ 。

[0062] 若车辆预计达到交叉口3时在信号灯最小绿灯时间之内, 即 $0 < t_p - \phi_{2-3} < g_{\min}$, 交叉口3暂缓放行, 增大相位差 ϕ_{2-3}

[0063] 3. 若 $k_2 < n$, 信号调整策略如图中策略3所示。绿灯时间不调整, 暂缓放行时间 $\Delta\phi = t_p - \phi_{2-3}$ 。

[0064] 4. 若 $k_1 < n < k_2$, 信号调整策略如图中策略4所示。绿灯时间调整为最小绿灯时间 g_{\min} , 暂缓放行时间 $\Delta\phi = t_p - \phi_{2-3}$ 。

[0065] 若车辆预计达到交叉口3时信号灯在最小绿灯时间与绿灯时间之间, 即

$g_{min} < t_p - \phi_{2-3} < g$, 到达周期内绿灯时间调整为最小绿灯时间 g_{min} , 相位差 ϕ_{2-3} 不变

[0066] 5. 若 $k_2 < n$, 信号调整策略如图中策略5所示, 下一周期绿灯时间保持为 g 。

[0067] 6. 若 $k_1 < n < k_2$, 信号调整策略如图中策略6所示。下一周期绿灯时间调整为最小绿灯时间 g_{min} 。

[0068] 7. 预计到达时为黄灯则视作绿灯处理。

[0069] Step 6: 在计算完交叉口3的信号调整之后, 将交叉口2与交叉口3组成一个子系统, 采用上述方法计算交叉口4的调整策略, 其中交叉口4为和交叉口3相邻的下游路口。通过逐个子系统的计算和调整, 可以完成整条绿波带内除初始2个交叉口外各个路口的信号调整策略, 从而在一条干线上形成一条可以使得大部分车辆可以不停车通过, 且考虑到车速不确定性的绿波带, 减少车辆平均延误时间达到提高道路交通通行能力、减少城市交通污染的目的。

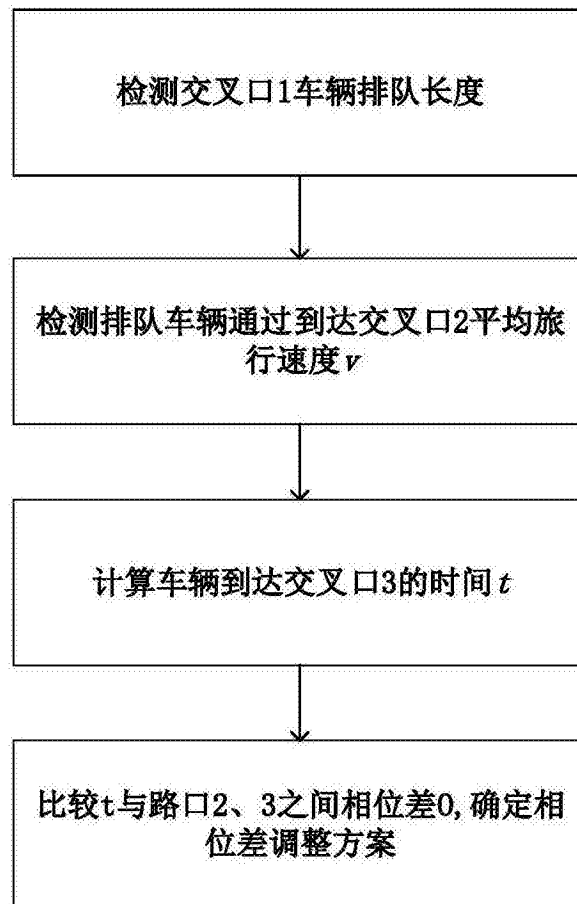


图1

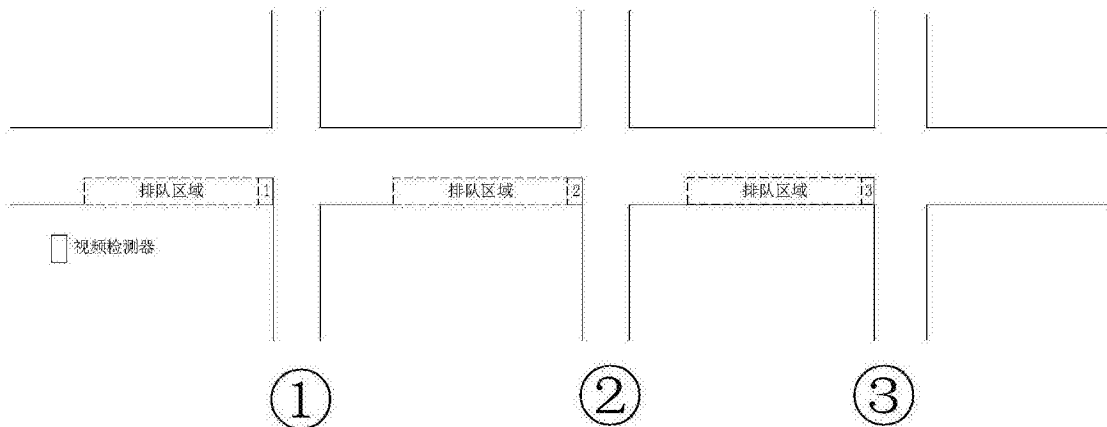


图2

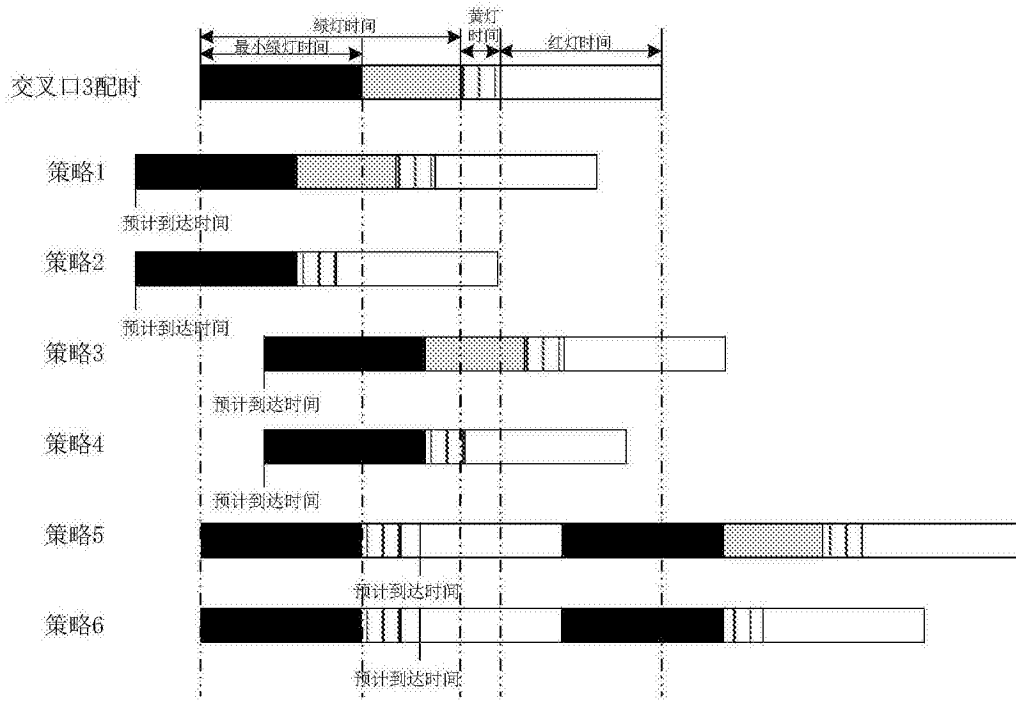


图3