



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106683451 A

(43)申请公布日 2017.05.17

(21)申请号 201710032564.7

(22)申请日 2017.01.16

(71)申请人 青岛海信网络科技股份有限公司
地址 266100 山东省青岛市崂山区株洲路151号

(72)发明人 刘海青 张茂雷 王志明 赵卫
付文涛 马春飞 梁杰

(74)专利代理机构 北京同达信恒知识产权代理有限公司 11291
代理人 黄志华

(51)Int.Cl.
G08G 1/087(2006.01)

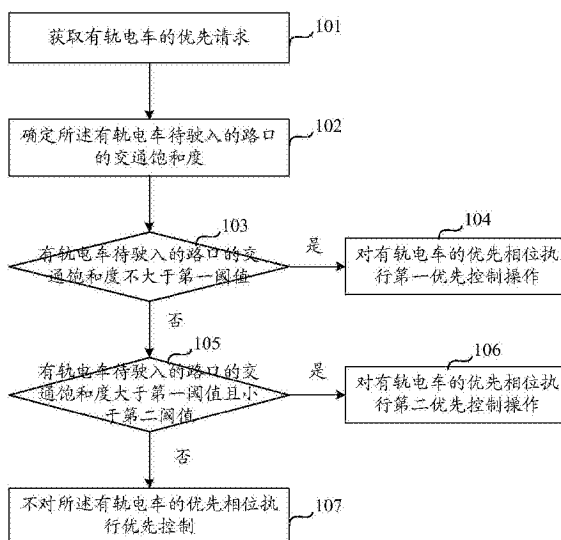
权利要求书8页 说明书23页 附图3页

(54)发明名称

一种有轨电车优先控制的方法及装置

(57)摘要

本发明公开了一种有轨电车优先控制的方法及装置,该方法包括获取有轨电车的优先请求,确定有轨电车待驶入的路口的交通饱和度,若有轨电车待驶入的路口的交通饱和度不大于第一阈值,则对有轨电车的优先相位执行第一优先控制操作,若有轨电车待驶入的路口的交通饱和度大于第一阈值且小于第二阈值,则对有轨电车的优先相位执行第二优先控制操作,若有轨电车待驶入的路口的交通饱和度大于第二阈值,则不对有轨电车的优先相位执行优先控制。本发明根据交通饱和度自动选择优先控制方式,并在优先控制后进行周期补偿,可以在保障社会车辆通行效益的前提下,最大程度的提高有轨电车优先效果。



1. 一种有轨电车优先控制的方法,其特征在于,包括:

获取有轨电车的优先请求,所述优先请求包括所述有轨电车的优先相位;

确定所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度;

若所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度不大于第一阈值,则对所述有轨电车的优先相位执行第一优先控制操作,所述第一优先控制操作为保证所述有轨电车不停车通过所述待驶入的路口的操作,所述待驶入的路口为所述停止线处的路口;

若所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度大于第一阈值且小于第二阈值,则对所述有轨电车的优先相位执行第二优先控制操作,所述第二优先控制操作为在保证社会车辆通行效益不受损失的情况下减少有轨电车的停车等待时间的操作;

若所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度大于第二阈值,则不对所述有轨电车的优先相位执行优先控制;

其中所述第一阈值小于所述第二阈值。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述对所述有轨电车的优先相位执行第一优先控制操作,包括:

在所述有轨电车行驶至预到达检测点时,根据所述有轨电车行驶至预到达检测点的时刻以及第一行程时间,确定出所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态;所述第一行程时间为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到停止线的行程时间;

当所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态为绿灯状态时,不执行操作;

当所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态为红灯状态时,若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(1),则执行第一绿灯延长操作;所述第一绿灯延长操作为将所述有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻;

所述公式(1)为:

$$t_f \leq t_1 \leq t_f + T_L \dots \dots \dots (1)$$

其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_L 为优先相位的最大延长时间, t_f 为优先相位的绿灯时间的结束时刻;

若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(2),则执行第一红灯早断操作;所述第一红灯早断操作为将所述有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间压缩为所述有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯时间;

所述公式(2)为:

$$t_s - T_E \leq t_1 \leq t_s \dots \dots \dots (2)$$

其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_E 为有轨电车到达预到达检测点的时刻与有轨电车行驶从预到达检测点行驶到停止线时的相位的绿灯时间的启亮时刻之间的相位的最大压缩时间之和, t_s 为优先相位的绿灯时间的启亮时刻;

若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻不符合所述公式(1)以及所述公式(2),则执行相位跳转操作;所述相位跳转操作为确定所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻是否已超过所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位的最小绿灯时间,若是,则将所述有轨电车从所述预到达检测点

行驶到所述停止线时的当前相位的绿灯时间压缩为最小绿灯时间,并执行所述有轨电车的优先相位的绿灯时间;否则确定所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位之前的相位是否为所述有轨电车的优先相位,若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位之前的相位是所述有轨电车的优先相位,则将所述有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的时刻,若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位之前的相位不是所述有轨电车的优先相位,则在所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位之前的相位的绿灯时间执行完毕之后执行所述有轨电车的优先相位的绿灯时间。

3. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,在对所述有轨电车的优先相位执行所述第一优先控制之后,还包括:

在所述有轨电车行驶至到达检测点时,确定出第二行程时间,所述第一行程时间为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到停止线的行程时间;所述到达检测点位于所述预到达检测点和所述停车线之间;

若所述有轨电车的优先相位的剩余绿灯时间小于第二行程时间,则执行第二绿灯延长操作;所述第二绿灯延长操作为将所述有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至所述有轨电车从所述达到检测点行驶到所述停止线的时刻;

若在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位为所述有轨电车的优先相位之前的相位,则执行第二红灯早断操作;所述第二红灯早断操作为在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位的最小绿灯时间结束之后,执行所述有轨电车的优先相位的绿灯时间。

4. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述对所述有轨电车的优先相位执行第二优先控制操作,包括:

在所述有轨电车行驶至预到达检测点时,根据所述有轨电车行驶至预到达检测点的时刻以及第一行程时间,确定出所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态;所述第一行程时间为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到停止线的行程时间;

当所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态为绿灯状态时,不执行操作;

当所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态为红灯状态时,若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(1),则不执行操作;

所述公式(1)为:

$$t_f \leq t_1 \leq t_f + T_L \dots\dots\dots (1)$$

其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_L 为优先相位的最大延长时间, t_f 为优先相位的绿灯时间的结束时刻;

若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(3),则执行第三红灯早断操作;所述第三红灯早断操作为根据所述有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度确定出所述有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间,将所述有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间压缩为所述最小绿灯压缩时间;

所述公式(3)为:

$$t_s - T_{E1} \leq t_1 \leq t_s \dots \dots \dots (3)$$

其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_{E1} 为有轨电车到达预到达检测点的时刻与有轨电车行驶从预到达检测点行驶到停止线时的相位的绿灯时间的启亮时刻之间的相位的最小绿灯压缩时间之和, t_s 为优先相位的绿灯时间的启亮时刻;

若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(4), 则执行相位插入预操作; 所述相位插入预操作为将所述相位插入点调整至所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻; 所述相位插入点为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位的绿灯时间的结束时刻;

所述公式(4)为:

$$t_{p1} - T_{E2} \leq t_1 \leq t_{p1} + T_{L1} \dots \dots \dots (4)$$

其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_{E2} 为有轨电车到达预到达检测点的时刻与相位插入点之间的相位的相位压缩时间, t_{p1} 为相位插入点, T_{L1} 为相位插入点的相位的相位延长时间。

5. 如权利要求4所述的方法, 其特征在于, 所述根据所述有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度确定出所述有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间, 包括:

若所述有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度小于或等于第一阈值, 则将所述有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间与最小绿灯时间之差确定为所述有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间;

若所述有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度大于第一阈值且小于第二阈值, 则根据公式(5)确定所述有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间;

所述公式(5)为:

$$g_{min} = g_{min0} + (g - g_{min0}) \frac{x - X^L}{X^H - X^L} \dots \dots \dots (5)$$

其中, g_{min} 为有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间, g_{min0} 为有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯时间, g 为有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间, x 为有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度;

若所述有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度大于或等于第二阈值, 则确定所述有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间为0。

6. 如权利要求4所述的方法, 其特征在于, 在对所述有轨电车的优先相位执行第二优先控制操作之后, 还包括:

在所述有轨电车行驶至到达检测点时, 确定出第二行程时间, 所述第一行程时间为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到停止线的行程时间; 所述到达检测点位于所述预到达检测点和所述停车线之间;

若所述有轨电车的优先相位的剩余绿灯时间小于第二行程时间, 则执行第三绿灯延长操作; 所述第三绿灯延长操作为将所述有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至所述有轨电车从所述达到检测点行驶到所述停止线的时刻;

若在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位为所述有轨电车的优先相位之前的相位, 则执行第四红灯早断操作; 所述第四红灯早断操作为在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位的最小绿灯时间结束之后, 执行所述有轨电车的优先相位的绿灯时

间；

若在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位为所述相位插入点之前的相位，则执行相位插入操作；所述相位插入操作为在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位的最小绿灯时间结束之后，插入所述有轨电车的优先相位。

7. 如权利要求1至6任一项所述的方法，其特征在于，在对所述有轨电车的优先相位执行完第一优先控制操作或第二优先控制操作之后，还包括：

在所述有轨电车行驶过停止线后检测到所述有轨电车占用路口时，执行路口占用控制操作；所述路口占用控制操作为若在检测到所述有轨电车占用路口时所述优先相位和与所述有轨电车同时放行的社会车辆所在的相位的相位状态为绿灯状态，则将所述优先相位和所述与所述有轨电车同时放行的社会车辆所在的相位进入绿灯驻留状态，将其他放行相位进入红灯驻留状态；若在检测到所述有轨电车占用路口时所述优先相位或与所述有轨电车同时放行的社会车辆所在的相位进入过渡状态，则将所述进入过渡状态的相位执行完过渡后进入红灯驻留状态，将处于绿灯状态的相位进入绿灯驻留状态，将其他放行相位进入红灯驻留状态。

8. 如权利要求7所述的方法，其特征在于，在所述执行路口占用控制操作之后，还包括：

在检测到所述有轨电车驶出路口时，执行路口出清控制操作；所述路口出清控制操作为确定所述有轨电车的优先相位已执行的绿灯时间，若所述有轨电车的优先相位已执行的绿灯时间小于等于所述优先相位的相位绿灯时间，则在执行完所述优先相位的相位绿灯时间之后进行相位切换；若所述有轨电车的优先相位已执行的绿灯时间大于所述优先相位的相位绿灯时间，则在检测到所述有轨电车驶出路口时进行相位切换；若所述有轨电车的优先相位为插入的相位，则在检测到所述有轨电车驶出路口时进行相位切换。

9. 如权利要求8所述的方法，其特征在于，在所述执行路口出清控制操作之后，还包括：

确定当前信号周期的总延长时间，并将所述当前信号周期的下一信号周期确定为补偿周期，确定出所述补偿周期的最大压缩时间和最大延长时间；

若所述当前信号周期的总延长时间小于等于所述补偿周期的最大压缩时间，则将所述补偿周期压缩所述当前信号周期的总延长时间；

若所述当前信号周期的总延长时间与所述补偿周期的最大延长时间之和小于等于信号周期时间，则将所述补偿周期延长信号周期时间与所述当前信号周期的总延长时间的差值；

若所述当前信号周期的总延长时间大于所述补偿周期的最大压缩时间且所述当前信号周期的总延长时间与所述补偿周期的最大延长时间之和大于信号周期时间，则将所述当前信号周期之后的N个信号周期确定为所述补偿周期，并确定出所述补偿周期的最大压缩时间和最大延长时间，直到所述当前信号周期的总延长时间小于等于所述补偿周期的最大压缩时间或所述当前信号周期的总延长时间与所述补偿周期的最大延长时间之和小于等于信号周期时间为止。

10. 如权利要求1至6任一项所述的方法，其特征在于，所述确定所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度，包括：

获取所述有轨电车待驶入的路口的各相位的相位流量；

根据所述有轨电车待驶入的路口的各相位的相位流量以及各相位的相位绿灯时间、信

号周期时间,确定所述有轨电车待驶入的路口的各相位的相位饱和度;

将最大的相位饱和度确定为所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度。

11.一种有轨电车优先控制的装置,其特征在于,包括:

获取单元,用于获取有轨电车的优先请求,所述优先请求包括所述有轨电车的优先相位;

确定单元,用于确定所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度;

处理单元,用于若所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度不大于第一阈值,则对所述有轨电车的优先相位执行第一优先控制操作,所述第一优先控制操作为保证所述有轨电车不停车通过所述待驶入的路口的操作,所述待驶入的路口为所述停止线处的路口;若所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度大于第一阈值且小于第二阈值,则对所述有轨电车的优先相位执行第二优先控制操作,所述第二优先控制操作为在保证社会车辆通行效益不受损失的情况下减少有轨电车的停车等待时间的操作;若所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度大于第二阈值,则不对所述有轨电车的优先相位执行优先控制;其中所述第一阈值小于所述第二阈值。

12.如权利要求11所述的装置,其特征在于,所述处理单元具体用于:

在所述有轨电车行驶至预到达检测点时,根据所述有轨电车行驶至预到达检测点的时刻以及第一行程时间,确定出所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态;所述第一行程时间为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到停止线的行程时间;

当所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态为绿灯状态时,不执行操作;

当所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态为红灯状态时,若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(1),则执行第一绿灯延长操作;所述第一绿灯延长操作为将所述有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻;

所述公式(1)为:

$$t_f \leq t_1 \leq t_f + T_L \dots \dots \dots (1)$$

其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_L 为优先相位的最大延长时间, t_f 为优先相位的绿灯时间的结束时刻;

若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(2),则执行第一红灯早断操作;所述第一红灯早断操作为将所述有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间压缩为所述有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯时间;

所述公式(2)为:

$$t_s - T_E \leq t_1 \leq t_s \dots \dots \dots (2)$$

其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_E 为有轨电车到达预到达检测点的时刻与有轨电车行驶从预到达检测点行驶到停止线时的相位的绿灯时间的启亮时刻之间的相位的最大压缩时间之和, t_s 为优先相位的绿灯时间的启亮时刻;

若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻不符合所述公式(1)以及所述公式(2),则执行相位跳转操作;所述相位跳转操作为确定所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻是否已超过所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到

所述停止线时的当前相位的最小绿灯时间,若是,则将所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位的绿灯时间压缩为最小绿灯时间,并执行所述有轨电车的优先相位的绿灯时间;否则确定所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位之前的相位是否为所述有轨电车的优先相位,若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位之前的相位是所述有轨电车的优先相位,则将所述有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的时刻,若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位之前的相位不是所述有轨电车的优先相位,则在所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位之前的相位的绿灯时间执行完毕之后执行所述有轨电车的优先相位的绿灯时间。

13. 如权利要求12所述的装置,其特征在于,所述处理单元还用于:

在对所述有轨电车的优先相位执行所述第一优先控制之后,在所述有轨电车行驶至到达检测点时,确定出第二行程时间,所述第一行程时间为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到停止线的行程时间;所述到达检测点位于所述预到达检测点和所述停车线之间;

若所述有轨电车的优先相位的剩余绿灯时间小于第二行程时间,则执行第二绿灯延长操作;所述第二绿灯延长操作为将所述有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至所述有轨电车从所述达到检测点行驶到所述停止线的时刻;

若在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位为所述有轨电车的优先相位之前的相位,则执行第二红灯早断操作;所述第二红灯早断操作为在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位的最小绿灯时间结束之后,执行所述有轨电车的优先相位的绿灯时间。

14. 如权利要求11所述的装置,其特征在于,所述处理单元具体用于:

在所述有轨电车行驶至预到达检测点时,根据所述有轨电车行驶至预到达检测点的时刻以及第一行程时间,确定出所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态;所述第一行程时间为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到停止线的行程时间;

当所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态为绿灯状态时,不执行操作;

当所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态为红灯状态时,若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(1),则不执行操作;

所述公式(1)为:

$$t_f \leq t_1 \leq t_f + T_L \dots \dots \dots (1)$$

其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_L 为优先相位的最大延长时间, t_f 为优先相位的绿灯时间的结束时刻;

若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(3),则执行第三红灯早断操作;所述第三红灯早断操作为根据所述有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度确定出所述有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间,将所述有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间压缩为所述最小绿灯压缩时间;

所述公式(3)为:

$$t_s - T_{E1} \leq t_1 \leq t_s \dots \dots \dots (3)$$

其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_{E1} 为有轨电车到达预到达检测点的时刻与有轨电车行驶从预到达检测点行驶到停止线时的相位的绿灯时间的启亮时刻之间的相位的最小绿灯压缩时间之和, t_s 为优先相位的绿灯时间的启亮时刻;

若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(4), 则执行相位插入预操作; 所述相位插入预操作为将所述相位插入点调整至所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻; 所述相位插入点为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位的绿灯时间的结束时刻;

所述公式(4)为:

$$t_{p1}-T_{E2} \leq t_1 \leq t_{p1}+T_{L1} \dots \dots \dots (4)$$

其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_{E2} 为有轨电车到达预到达检测点的时刻与相位插入点之间的相位的相位压缩时间, t_{p1} 为相位插入点, T_{L1} 为相位插入点的相位的相位延长时间。

15. 如权利要求14所述的装置, 其特征在于, 所述处理单元具体用于:

若所述有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度小于或等于第一阈值, 则将所述有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间与最小绿灯时间之差确定为所述有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间;

若所述有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度大于第一阈值且小于第二阈值, 则根据公式(5)确定所述有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间;

所述公式(5)为:

$$g_{min} = g_{min0} + (g - g_{min0}) \frac{x - X^L}{X^H - X^L} \dots \dots \dots (5)$$

其中, g_{min} 为有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间, g_{min0} 为有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯时间, g 为有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间, x 为有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度;

若所述有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度大于或等于第二阈值, 则确定所述有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间为0。

16. 如权利要求14所述的装置, 其特征在于, 所述处理单元还用于:

在对所述有轨电车的优先相位执行第二优先控制操作之后, 在所述有轨电车行驶至到达检测点时, 确定出第二行程时间, 所述第一行程时间为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到停止线的行程时间; 所述到达检测点位于所述预到达检测点和所述停车线之间;

若所述有轨电车的优先相位的剩余绿灯时间小于第二行程时间, 则执行第三绿灯延长操作; 所述第三绿灯延长操作为将所述有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至所述有轨电车从所述达到检测点行驶到所述停止线的时刻;

若在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位为所述有轨电车的优先相位之前的相位, 则执行第四红灯早断操作; 所述第四红灯早断操作为在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位的最小绿灯时间结束之后, 执行所述有轨电车的优先相位的绿灯时间;

若在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位为所述相位插入点之前的相位, 则执行相位插入操作; 所述相位插入操作为在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位

的最小绿灯时间结束之后,插入所述有轨电车的优先相位。

17. 如权利要求11至16任一项所述的装置,其特征在于,所述处理单元还用于:

在对所述有轨电车的优先相位执行完第一优先控制操作或第二优先控制操作之后,在所述有轨电车行驶过停止线后检测到所述有轨电车占用路口时,执行路口占用控制操作;所述路口占用控制操作为若在检测到所述有轨电车占用路口时所述优先相位和与所述有轨电车同时放行的社会车辆所在的相位的相位状态为绿灯状态,则将所述优先相位和所述与所述有轨电车同时放行的社会车辆所在的相位进入绿灯驻留状态,将其他放行相位进入红灯驻留状态;若在检测到所述有轨电车占用路口时所述优先相位或与所述有轨电车同时放行的社会车辆所在的相位进入过渡状态,则将所述进入过渡状态的相位执行完过渡后进入红灯驻留状态,将处于绿灯状态的相位进入绿灯驻留状态,将其他放行相位进入红灯驻留状态。

18. 如权利要求17所述的装置,其特征在于,所述处理单元还用于:

在所述执行路口占用控制操作之后,在检测到所述有轨电车驶出路口时,执行路口出清控制操作;所述路口出清控制操作为确定所述有轨电车的优先相位已执行的绿灯时间,若所述有轨电车的优先相位已执行的绿灯时间小于等于所述优先相位的相位绿灯时间,则在执行完所述优先相位的相位绿灯时间之后进行相位切换;若所述有轨电车的优先相位已执行的绿灯时间大于所述优先相位的相位绿灯时间,则在检测到所述有轨电车驶出路口时进行相位切换;若所述有轨电车的优先相位为插入的相位,则在检测到所述有轨电车驶出路口时进行相位切换。

19. 如权利要求18所述的装置,其特征在于,所述处理单元还用于:

在所述执行路口出清控制操作之后,确定当前信号周期的总延长时间,并将所述当前信号周期的下一信号周期确定为补偿周期,确定出所述补偿周期的最大压缩时间和最大延长时间;

若所述当前信号周期的总延长时间小于等于所述补偿周期的最大压缩时间,则将所述补偿周期压缩所述当前信号周期的总延长时间;

若所述当前信号周期的总延长时间与所述补偿周期的最大延长时间和小于等于信号周期时间,则将所述补偿周期延长信号周期时间与所述当前信号周期的总延长时间的差值;

若所述当前信号周期的总延长时间大于所述补偿周期的最大压缩时间且所述当前信号周期的总延长时间与所述补偿周期的最大延长时间和大于信号周期时间,则将所述当前信号周期之后的N个信号周期确定为所述补偿周期,并确定出所述补偿周期的最大压缩时间和最大延长时间,直到所述当前信号周期的总延长时间小于等于所述补偿周期的最大压缩时间或所述当前信号周期的总延长时间与所述补偿周期的最大延长时间和小于等于信号周期时间为止。

20. 如权利要求11至16任一项所述的装置,其特征在于,所述确定单元具体用于:

获取所述有轨电车待驶入的路口的各相位的相位流量;

根据所述有轨电车待驶入的路口的各相位的相位流量以及各相位的相位绿灯时间、信号周期时间,确定所述有轨电车待驶入的路口的各相位的相位饱和度;

将最大的相位饱和度确定为所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度。

一种有轨电车优先控制的方法及装置

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及交通信号控制领域,尤其涉及一种有轨电车优先控制的方法及装置。

背景技术

[0002] 随着国民经济的快速发展和人民生活水平的不断提高,城市机动车保有量迅速增长,交通拥堵已成为普遍现象,严重影响社会经济的发展。大力发展城市公共交通事业,提升居民公交出行分担率,对缓解城市交通拥堵、提高城市交通运行效率具有重要的意义。有轨电车是一种高效、快捷、环保的城市轨道公共交通方式,相比常规公交车,具有运量大、速度快、准时性高等优势,已成为当前城市公共交通建设的重要发展方向。

[0003] 有轨电车在路段中行驶时,通过电车专用轨道与社会车辆进行空间隔离,实现了路权专用。但当通过路口时,有轨电车与其他方向的社会车辆仍存在通行冲突,因此需利用交通信号灯对路口通行权进行时间分配,以保证行车安全。受路口信号控制的影响,有轨电车的通行效率和服务质量相对较低,路口延误已成为制约有轨电车准确、可靠运营的重要因素。利用智能交通信号控制技术实现有轨电车优先通行,对提升有轨电车的通行效率具有十分重要的意义。

发明内容

[0004] 本发明实施例提供一种有轨电车优先控制的方法及装置,用以实现对有轨电车的优先通行,提升有轨电车的通行效率。

[0005] 本发明实施例提供的一种有轨电车优先控制的方法,包括:

[0006] 获取有轨电车的优先请求,所述优先请求包括所述有轨电车的优先相位;

[0007] 确定所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度;

[0008] 若所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度不大于第一阈值,则对所述有轨电车的优先相位执行第一优先控制操作,所述第一优先控制操作为保证所述有轨电车不停车通过所述待驶入的路口的操作,所述待驶入的路口为所述停止线处的路口;

[0009] 若所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度大于第一阈值且小于第二阈值,则对所述有轨电车的优先相位执行第二优先控制操作,所述第二优先控制操作为在保证社会车辆通行效益不受损失的情况下减少有轨电车的停车等待时间的操作;

[0010] 若所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度大于第二阈值,则不对所述有轨电车的优先相位执行优先控制;

[0011] 其中所述第一阈值小于所述第二阈值。

[0012] 优选地,所述对所述有轨电车的优先相位执行第一优先控制操作,包括:

[0013] 在所述有轨电车行驶至预到达检测点时,根据所述有轨电车行驶至预到达检测点的时刻以及第一行程时间,确定出所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态;所述第一行程时间为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到停止线的行程时

间；

[0014] 当所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态为绿灯状态时,不执行操作；

[0015] 当所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态为红灯状态时,若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(1),则执行第一绿灯延长操作；所述第一绿灯延长操作为将所述有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻；

[0016] 所述公式(1)为：

$$[0017] \quad t_f \leq t_1 \leq t_f + T_L \dots \dots \dots (1)$$

[0018] 其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_L 为优先相位的最大延长时间, t_f 为优先相位的绿灯时间的结束时刻；

[0019] 若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(2),则执行第一红灯早断操作；所述第一红灯早断操作为将所述有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间压缩为所述有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯时间；

[0020] 所述公式(2)为：

$$[0021] \quad t_s - T_E \leq t_1 \leq t_s \dots \dots \dots (2)$$

[0022] 其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_E 为有轨电车到达预到达检测点的时刻与有轨电车行驶从预到达检测点行驶到停止线时的相位的绿灯时间的启亮时刻之间的相位的最大压缩时间之和, t_s 为优先相位的绿灯时间的启亮时刻；

[0023] 若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻不符合所述公式(1)以及所述公式(2),则执行相位跳转操作；所述相位跳转操作为确定所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位的最小绿灯时间,若是,则将所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位的绿灯时间压缩为最小绿灯时间,并执行所述有轨电车的优先相位的绿灯时间；否则确定所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位之前的相位是否为所述有轨电车的优先相位,若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位之前的相位是所述有轨电车的优先相位,则将所述有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的时刻,若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位之前的相位不是所述有轨电车的优先相位,则在所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位之前的相位的绿灯时间执行完毕之后执行所述有轨电车的优先相位的绿灯时间。

[0024] 优选地,在对所述有轨电车的优先相位执行所述第一优先控制之后,还包括：

[0025] 在所述有轨电车行驶至到达检测点时,确定出第二行程时间,所述第一行程时间为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到停止线的行程时间；所述到达检测点位于所述预到达检测点和所述停车线之间；

[0026] 若所述有轨电车的优先相位的剩余绿灯时间小于第二行程时间,则执行第二绿灯延长操作；所述第二绿灯延长操作为将所述有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至所述有轨电车从所述达到检测点行驶到所述停止线的时刻；

[0027] 若在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位为所述有轨电车的优先相位之前的相位,则执行第二红灯早断操作;所述第二红灯早断操作为在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位的最小绿灯时间结束之后,执行所述有轨电车的优先相位的绿灯时间。

[0028] 优选地,所述对所述有轨电车的优先相位执行第二优先控制操作,包括:

[0029] 在所述有轨电车行驶至预到达检测点时,根据所述有轨电车行驶至预到达检测点的时刻以及第一行程时间,确定出所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态;所述第一行程时间为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到停止线的行程时间;

[0030] 当所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态为绿灯状态时,不执行操作;

[0031] 当所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态为红灯状态时,若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(1),则不执行操作;

[0032] 所述公式(1)为:

$$[0033] \quad t_f \leq t_1 \leq t_f + T_L \dots \dots \dots (1)$$

[0034] 其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_L 为优先相位的最大延长时间, t_f 为优先相位的绿灯时间的结束时刻;

[0035] 若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(3),则执行第三红灯早断操作;所述第三红灯早断操作为根据所述有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度确定出所述有轨电车的优先相位之前的相位的的最小绿灯压缩时间,将所述有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间压缩为所述最小绿灯压缩时间;

[0036] 所述公式(3)为:

$$[0037] \quad t_s - T_{E1} \leq t_1 \leq t_s \dots \dots \dots (3)$$

[0038] 其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_{E1} 为有轨电车到达预到达检测点的时刻与有轨电车行驶从预到达检测点行驶到停止线时的相位的绿灯时间的启亮时刻之间的相位的的最小绿灯压缩时间之和, t_s 为优先相位的绿灯时间的启亮时刻;

[0039] 若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(4),则执行相位插入预操作;所述相位插入预操作为将所述相位插入点调整至所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻;所述相位插入点为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位的绿灯时间的结束时刻;

[0040] 所述公式(4)为:

$$[0041] \quad t_{p1} - T_{E2} \leq t_1 \leq t_{p1} + T_{L1} \dots \dots \dots (4)$$

[0042] 其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_{E2} 为有轨电车到达预到达检测点的时刻与相位插入点之间的相位的相位压缩时间, t_{p1} 为相位插入点, T_{L1} 为相位插入点的相位的相位延长时间。

[0043] 优选地,所述根据所述有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度确定出所述有轨电车的优先相位之前的相位的的最小绿灯压缩时间,包括:

[0044] 若所述有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度小于或等于第一阈值,则将

所述有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间与最小绿灯时间之差确定为所述有轨电车的优先相位之前的相位的的最小绿灯压缩时间；

[0045] 若所述有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度大于第一阈值且小于第二阈值，则根据公式(5)确定所述有轨电车的优先相位之前的相位的的最小绿灯压缩时间；

[0046] 所述公式(5)为：

$$[0047] \quad g_{\min} = g_{\min o} + (g - g_{\min o}) \frac{x - X^L}{X^H - X^L} \dots \dots \dots (5)$$

[0048] 其中， g_{\min} 为有轨电车的优先相位之前的相位的的最小绿灯压缩时间， $g_{\min o}$ 为有轨电车的优先相位之前的相位的的最小绿灯时间， g 为有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间， x 为有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度；

[0049] 若所述有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度大于或等于第二阈值，则确定所述有轨电车的优先相位之前的相位的的最小绿灯压缩时间为0。

[0050] 优选地，在对所述有轨电车的优先相位执行第二优先控制操作之后，还包括：

[0051] 在所述有轨电车行驶至到达检测点时，确定出第二行程时间，所述第一行程时间为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到停止线的行程时间；所述到达检测点位于所述预到达检测点和所述停车线之间；

[0052] 若所述有轨电车的优先相位的剩余绿灯时间小于第二行程时间，则执行第三绿灯延长操作；所述第三绿灯延长操作为将所述有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至所述有轨电车从所述达到检测点行驶到所述停止线的时刻；

[0053] 若在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位为所述有轨电车的优先相位之前的相位，则执行第四红灯早断操作；所述第四红灯早断操作为在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位的最小绿灯时间结束之后，执行所述有轨电车的优先相位的绿灯时间；

[0054] 若在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位为所述相位插入点之前的相位，则执行相位插入操作；所述相位插入操作为在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位的最小绿灯时间结束之后，插入所述有轨电车的优先相位。

[0055] 优选地，在对所述有轨电车的优先相位执行完第一优先控制操作或第二优先控制操作之后，还包括：

[0056] 在所述有轨电车行驶过停止线后检测到所述有轨电车占用路口时，执行路口占用控制操作；所述路口占用控制操作为若在检测到所述有轨电车占用路口时所述优先相位和与所述有轨电车同时放行的社会车辆所在的相位的相位状态为绿灯状态，则将所述优先相位和所述与所述有轨电车同时放行的社会车辆所在的相位进入绿灯驻留状态，将其他放行相位进入红灯驻留状态；若在检测到所述有轨电车占用路口时所述优先相位或与所述有轨电车同时放行的社会车辆所在的相位进入过渡状态，则将所述进入过渡状态的相位执行完过渡后进入红灯驻留状态，将处于绿灯状态的相位进入绿灯驻留状态，将其他放行相位进入红灯驻留状态。

[0057] 优选地，在所述执行路口占用控制操作之后，还包括：

[0058] 在检测到所述有轨电车驶出路口时，执行路口出清控制操作；所述路口出清控制操作为确定所述有轨电车的优先相位已执行的绿灯时间，若所述有轨电车的优先相位已执

行的绿灯时间小于等于所述优先相位的相位绿灯时间,则在执行完所述优先相位的相位绿灯时间之后进行相位切换;若所述有轨电车的优先相位已执行的绿灯时间大于所述优先相位的相位绿灯时间,则在检测到所述有轨电车驶出路口时进行相位切换;若所述有轨电车的优先相位为插入的相位,则在检测到所述有轨电车驶出路口时进行相位切换。

[0059] 优选地,在所述执行路口出清控制操作之后,还包括:

[0060] 确定当前信号周期的总延长时间,并将所述当前信号周期的下一信号周期确定为补偿周期,确定出所述补偿周期的最大压缩时间和最大延长时间;

[0061] 若所述当前信号周期的总延长时间小于等于所述补偿周期的最大压缩时间,则将所述补偿周期压缩所述当前信号周期的总延长时间;

[0062] 若所述当前信号周期的总延长时间与所述补偿周期的最大延长时间之和小于等于信号周期时间,则将所述补偿周期延长信号周期时间与所述当前信号周期的总延长时间的差值;

[0063] 若所述当前信号周期的总延长时间大于所述补偿周期的最大压缩时间且所述当前信号周期的总延长时间与所述补偿周期的最大延长时间之和大于信号周期时间,则将所述当前信号周期之后的N个信号周期确定为所述补偿周期,并确定出所述补偿周期的最大压缩时间和最大延长时间,直到所述当前信号周期的总延长时间小于等于所述补偿周期的最大压缩时间或所述当前信号周期的总延长时间与所述补偿周期的最大延长时间之和小于等于信号周期时间为止。

[0064] 优选地,所述确定所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度,包括:

[0065] 获取所述有轨电车待驶入的路口的各相位的相位流量;

[0066] 根据所述有轨电车待驶入的路口的各相位的相位流量以及各相位的相位绿灯时间、信号周期时间,确定所述有轨电车待驶入的路口的各相位的相位饱和度;

[0067] 将最大的相位饱和度确定为所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度。

[0068] 所述确定所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度,包括:

[0069] 获取所述有轨电车待驶入的路口的各相位的相位流量;

[0070] 根据所述有轨电车待驶入的路口的各相位的相位流量以及各相位的相位绿灯时间、信号周期时间,确定所述有轨电车待驶入的路口的各相位的相位饱和度;

[0071] 将最大的相位饱和度确定为所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度。

[0072] 相应地,本发明实施例还提供了一种有轨电车优先控制的装置,包括:

[0073] 获取单元,用于获取有轨电车的优先请求,所述优先请求包括所述有轨电车的优先相位;

[0074] 确定单元,用于确定所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度;

[0075] 处理单元,用于若所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度不大于第一阈值,则对所述有轨电车的优先相位执行第一优先控制操作,所述第一优先控制操作为保证所述有轨电车不停车通过所述待驶入的路口的操作,所述待驶入的路口为所述停止线处的路口;若所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度大于第一阈值且小于第二阈值,则对所述有轨电车的优先相位执行第二优先控制操作,所述第二优先控制操作为在保证社会车辆通行效益不受损失的情况下减少有轨电车的停车等待时间的操作;若所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度大于第二阈值,则不对所述有轨电车的优先相位执行优先控制;其中所述第

一阈值小于所述第二阈值。

[0076] 优选地,所述处理单元具体用于:

[0077] 在所述有轨电车行驶至预到达检测点时,根据所述有轨电车行驶至预到达检测点的时刻以及第一行程时间,确定出所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态;所述第一行程时间为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到停止线的行程时间;

[0078] 当所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态为绿灯状态时,不执行操作;

[0079] 当所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态为红灯状态时,若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(1),则执行第一绿灯延长操作;所述第一绿灯延长操作为将所述有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻;

[0080] 所述公式(1)为:

$$[0081] \quad t_f \leq t_1 \leq t_f + T_L \dots \dots \dots (1)$$

[0082] 其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_L 为优先相位的最大延长时间, t_f 为优先相位的绿灯时间的结束时刻;

[0083] 若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(2),则执行第一红灯早断操作;所述第一红灯早断操作为将所述有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间压缩为所述有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯时间;

[0084] 所述公式(2)为:

$$[0085] \quad t_s - T_E \leq t_1 \leq t_s \dots \dots \dots (2)$$

[0086] 其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_E 为有轨电车到达预到达检测点的时刻与有轨电车行驶从预到达检测点行驶到停止线时的相位的绿灯时间的启亮时刻之间的相位的最大压缩时间之和, t_s 为优先相位的绿灯时间的启亮时刻;

[0087] 若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻不符合所述公式(1)以及所述公式(2),则执行相位跳转操作;所述相位跳转操作为确定所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻是否已超过所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位的最小绿灯时间,若是,则将所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位的绿灯时间压缩为最小绿灯时间,并执行所述有轨电车的优先相位的绿灯时间;否则确定所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位之前的相位是否为所述有轨电车的优先相位,若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位之前的相位是所述有轨电车的优先相位,则将所述有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的时刻,若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位之前的相位不是所述有轨电车的优先相位,则在所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位之前的相位的绿灯时间执行完毕之后执行所述有轨电车的优先相位的绿灯时间。

[0088] 优选地,所述处理单元还用于:

[0089] 在对所述有轨电车的优先相位执行所述第一优先控制之后,在所述有轨电车行驶

至到达检测点时,确定出第二行程时间,所述第一行程时间为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到停止线的行程时间;所述到达检测点位于所述预到达检测点和所述停车线之间;

[0090] 若所述有轨电车的优先相位的剩余绿灯时间小于第二行程时间,则执行第二绿灯延长操作;所述第二绿灯延长操作为将所述有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至所述有轨电车从所述达到检测点行驶到所述停止线的时刻;

[0091] 若在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位为所述有轨电车的优先相位之前的相位,则执行第二红灯早断操作;所述第二红灯早断操作为在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位的最小绿灯时间结束之后,执行所述有轨电车的优先相位的绿灯时间。

[0092] 优选地,所述处理单元具体用于:

[0093] 在所述有轨电车行驶至预到达检测点时,根据所述有轨电车行驶至预到达检测点的时刻以及第一行程时间,确定出所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态;所述第一行程时间为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到停止线的行程时间;

[0094] 当所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态为绿灯状态时,不执行操作;

[0095] 当所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态为红灯状态时,若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(1),则不执行操作;

[0096] 所述公式(1)为:

[0097] $t_f \leq t_1 \leq t_f + T_L \dots\dots\dots (1)$

[0098] 其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_L 为优先相位的最大延长时间, t_f 为优先相位的绿灯时间的结束时刻;

[0099] 若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(3),则执行第三红灯早断操作;所述第三红灯早断操作为根据所述有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度确定出所述有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间,将所述有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间压缩为所述最小绿灯压缩时间;

[0100] 所述公式(3)为:

[0101] $t_s - T_{E1} \leq t_1 \leq t_s \dots\dots\dots (3)$

[0102] 其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_{E1} 为有轨电车到达预到达检测点的时刻与有轨电车行驶从预到达检测点行驶到停止线时的相位的绿灯时间的启亮时刻之间的相位的最小绿灯压缩时间之和, t_s 为优先相位的绿灯时间的启亮时刻;

[0103] 若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(4),则执行相位插入预操作;所述相位插入预操作为将所述相位插入点调整至所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻;所述相位插入点为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位的绿灯时间的结束时刻;

[0104] 所述公式(4)为:

[0105] $t_{p1} - T_{E2} \leq t_1 \leq t_{p1} + T_{L1} \dots\dots\dots (4)$

[0106] 其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_{E2} 为有轨电车到达预到达检测点的时刻与相位插入点之间的相位的相位压缩时间, t_{p1} 为相位插入点, T_{L1} 为相位插入点的相位的相位延长时间。

[0107] 优选地, 所述处理单元具体用于:

[0108] 若所述有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度小于或等于第一阈值, 则将所述有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间与最小绿灯时间之差确定为所述有轨电车的优先相位之前的相位的的最小绿灯压缩时间;

[0109] 若所述有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度大于第一阈值且小于第二阈值, 则根据公式 (5) 确定所述有轨电车的优先相位之前的相位的的最小绿灯压缩时间;

[0110] 所述公式 (5) 为:

$$[0111] \quad g_{\min} = g_{\min o} + (g - g_{\min o}) \frac{x - X^L}{X^H - X^L} \dots \dots \dots (5)$$

[0112] 其中, g_{\min} 为有轨电车的优先相位之前的相位的的最小绿灯压缩时间, $g_{\min o}$ 为有轨电车的优先相位之前的相位的的最小绿灯时间, g 为有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间, x 为有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度;

[0113] 若所述有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度大于或等于第二阈值, 则确定所述有轨电车的优先相位之前的相位的的最小绿灯压缩时间为0。

[0114] 优选地, 所述处理单元还用于:

[0115] 在对所述有轨电车的优先相位执行第二优先控制操作之后, 在所述有轨电车行驶至到达检测点时, 确定出第二行程时间, 所述第一行程时间为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到停止线的行程时间; 所述到达检测点位于所述预到达检测点和所述停车线之间;

[0116] 若所述有轨电车的优先相位的剩余绿灯时间小于第二行程时间, 则执行第三绿灯延长操作; 所述第三绿灯延长操作为将所述有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至所述有轨电车从所述达到检测点行驶到所述停止线的时刻;

[0117] 若在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位为所述有轨电车的优先相位之前的相位, 则执行第四红灯早断操作; 所述第四红灯早断操作为在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位的最小绿灯时间结束之后, 执行所述有轨电车的优先相位的绿灯时间;

[0118] 若在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位为所述相位插入点之前的相位, 则执行相位插入操作; 所述相位插入操作为在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位的最小绿灯时间结束之后, 插入所述有轨电车的优先相位。

[0119] 优选地, 所述处理单元还用于:

[0120] 在对所述有轨电车的优先相位执行完第一优先控制操作或第二优先控制操作之后, 在所述有轨电车行驶过停止线后检测到所述有轨电车占用路口时, 执行路口占用控制操作; 所述路口占用控制操作为若在检测到所述有轨电车占用路口时所述优先相位和与所述有轨电车同时放行的社会车辆所在的相位的相位状态为绿灯状态, 则将所述优先相位和所述与所述有轨电车同时放行的社会车辆所在的相位进入绿灯驻留状态, 将其他放行相位进入红灯驻留状态; 若在检测到所述有轨电车占用路口时所述优先相位或与所述有轨电车

同时放行的社会车辆所在的相位进入过渡状态,则将所述进入过渡状态的相位执行完过渡后进入红灯驻留状态,将处于绿灯状态的相位进入绿灯驻留状态,将其他放行相位进入红灯驻留状态。

[0121] 优选地,所述处理单元还用于:

[0122] 在所述执行路口占用控制操作之后,在检测到所述有轨电车驶出路口时,执行路口出清控制操作;所述路口出清控制操作为确定所述有轨电车的优先相位已执行的绿灯时间,若所述有轨电车的优先相位已执行的绿灯时间小于等于所述优先相位的相位绿灯时间,则在执行完所述优先相位的相位绿灯时间之后进行相位切换;若所述有轨电车的优先相位已执行的绿灯时间大于所述优先相位的相位绿灯时间,则在检测到所述有轨电车驶出路口时进行相位切换;若所述有轨电车的优先相位为插入的相位,则在检测到所述有轨电车驶出路口时进行相位切换。

[0123] 优选地,所述处理单元还用于:

[0124] 在所述执行路口出清控制操作之后,确定当前信号周期的总延长时间,并将所述当前信号周期的下一信号周期确定为补偿周期,确定出所述补偿周期的最大压缩时间和最大延长时间;

[0125] 若所述当前信号周期的总延长时间小于等于所述补偿周期的最大压缩时间,则将所述补偿周期压缩所述当前信号周期的总延长时间;

[0126] 若所述当前信号周期的总延长时间与所述补偿周期的最大延长时间之和小于等于信号周期时间,则将所述补偿周期延长信号周期时间与所述当前信号周期的总延长时间的差值;

[0127] 若所述当前信号周期的总延长时间大于所述补偿周期的最大压缩时间且所述当前信号周期的总延长时间与所述补偿周期的最大延长时间之和大于信号周期时间,则将所述当前信号周期之后的N个信号周期确定为所述补偿周期,并确定出所述补偿周期的最大压缩时间和最大延长时间,直到所述当前信号周期的总延长时间小于等于所述补偿周期的最大压缩时间或所述当前信号周期的总延长时间与所述补偿周期的最大延长时间之和小于等于信号周期时间为止。

[0128] 优选地,所述确定单元具体用于:

[0129] 获取所述有轨电车待驶入的路口的各相位的相位流量;

[0130] 根据所述有轨电车待驶入的路口的各相位的相位流量以及各相位的相位绿灯时间、信号周期时间,确定所述有轨电车待驶入的路口的各相位的相位饱和度;

[0131] 将最大的相位饱和度确定为所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度。

[0132] 本发明实施例表明,获取有轨电车的优先请求,确定所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度,若所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度不大于第一阈值,则对所述有轨电车的优先相位执行第一优先控制操作,若所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度大于第一阈值且小于第二阈值,则对所述有轨电车的优先相位执行第二优先控制操作,若所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度大于第二阈值,则不对所述有轨电车的优先相位执行优先控制。通过待驶入的路口的交通饱和度,自动选择优先控制方式,可以实现在保障社会车辆通行效益的基础上,提高有轨电车的运行效率。

附图说明

[0133] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简要介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域的普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0134] 图1为本发明实施例提供的一种有轨电车优先控制的方法的流程示意图;

[0135] 图2为本发明实施例提供的一种有轨电车优先控制的方法的流程示意图;

[0136] 图3为本发明实施例提供的一种有轨电车优先控制的装置的结构示意图。

具体实施方式

[0137] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明作进一步地详细描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例,都属于本发明保护的范围。

[0138] 在本发明实施例中采用的检测器分两类:有轨电车行驶状态检测和路口交通流量检测。

[0139] 有轨电车驶入或驶出路口状态采用专用检测器检测,根据有轨电车在路段和路口行驶的位置,依次布设有轨电车的预到达检测器、到达检测器、路口占用检测器和路口出清检测器,分别如下:

[0140] 预到达检测器可以检测有轨电车行驶至预到达检测点的时刻,可以部署在路口上游300-400m处,预告有轨电车即将到达路口;

[0141] 到达检测器可以检测有轨电车行驶至到达检测点的时刻,可以部署在路口上游100m处,检测有轨电车到达路口;

[0142] 路口占用检测器可以检测路口被有轨电车占用,可以部署在路口停止线处;

[0143] 路口出清检测器可以检测有轨电车已经驶出路口,可以部署在路口下游出口处。

[0144] 路口交通流数据采用交通信号控制系统中的断面检测器检测,检测器部署在路口各个进口方向,距离停止线50m处,采集各个进口车道的过车流量数据,流量采集粒度为5min/次。

[0145] 基于上述描述,图1示出了本发明实施例提供的一种有轨电车优先控制的方法的流程,该流程可以由有轨电车优先控制的装置执行,该装置可以位于路口信号机内,也可以是该路口信号机。

[0146] 如图1所示,该流程包括:

[0147] 步骤101,获取有轨电车的优先请求。

[0148] 有轨电车驶入路段后,预到达检测点的预到达检测器或到达检测点的到达检测器感应到车辆时,会生成有轨电车的优先请求信号至路口信号机,该优先请求中包括有轨电车的优先相位,为有轨电车所在的相位。到达检测点位于预到达检测点和停车线之间。

[0149] 步骤102,确定有轨电车待驶入的路口的交通饱和度。

[0150] 路口信号机在接收到优先请求信号之后,可以根据断面检测器采集数据确定有轨

电车待驶入的路口的交通饱和度。具体的,获取有轨电车待驶入的路口的各相位的相位流量。根据有轨电车待驶入的路口的各相位的相位流量以及各相位的相位绿灯时间、信号周期时间,确定有轨电车待驶入的路口的各相位的相位饱和度。将最大的相位饱和度确定为有轨电车待驶入的路口的交通饱和度。

[0151] 信号机可以根据公式 (7) 来确定有轨电车待驶入的路口的各相位的相位饱和度。

[0152] 该公式 (7) 为:

[0153]
$$x = \frac{q}{S(g/C)} \dots \dots \dots (7)$$

[0154] 其中,x为相位的相位饱和度,q为相位的各车道流量之和,S为相位断面饱和流率,g为相位的绿灯时间,C为信号周期。

[0155] 交通饱和度用相位饱和度最大值表示,设 x_i 为路口各相位的相位饱和度,则交通饱和度为: $X = \max \{x_i\}$,其中X为有轨电车的交通饱和度。

[0156] 步骤103,判断有轨电车待驶入的路口的交通饱和度是否不大于第一阈值,若是,则转入步骤104,若否,则转入步骤105。

[0157] 步骤102中确定的有轨电车待驶入的路口的交通饱和度可以用于判断路口的交通状态,第一阈值可以用 X^l 表示。当 $X \leq X^l$ 时,表示路口处于畅通状态,信号机可以对有轨电车的优先相位执行第一优先控制操作,也就是绝对优先控制,该第一优先控制操作为保证有轨电车不停车通过待驶入的路口的操作。

[0158] 步骤104,对有轨电车的优先相位执行第一优先控制操作。

[0159] 在有轨电车行驶至预到达检测点时,可以根据有轨电车行驶至预到达检测点的时刻以及第一行程时间,确定出有轨电车到达停止线时有轨电车的优先相位的相位状态。该第一行程时间为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的行程时间。

[0160] 当有轨电车到达停止线时有轨电车的优先相位的相位状态为绿灯状态时,不执行操作。

[0161] 当有轨电车到达停止线时有轨电车的优先相位的相位状态为红灯状态时,若有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻符合公式 (1),则执行第一绿灯延长操作。该第一绿灯延长操作为将有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻。

[0162] 该公式 (1) 为:

[0163]
$$t_f \leq t_1 \leq t_f + T_L \dots \dots \dots (1)$$

[0164] 其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_L 为优先相位的最大延长时间, t_f 为优先相位的绿灯时间的结束时刻。

[0165] 若有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻符合公式 (2),则执行第一红灯早断操作。该第一红灯早断操作为将有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间压缩为有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯时间。

[0166] 该公式 (2) 为:

[0167]
$$t_s - T_E \leq t_1 \leq t_s \dots \dots \dots (2)$$

[0168] 其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_E 为有轨电车到达预到达检测点的时刻与有轨电车行驶从预到达检测点行驶到停止线时的相位的绿灯时间的启

亮时刻之间的相位的最大压缩时间之和, t_s 为优先相位的绿灯时间的启亮时刻。

[0169] 若有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻不符合公式(1)以及公式(2), 则执行相位跳转操作。

[0170] 该相位跳转操作为确定有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻是否已超过有轨电车从预到达检测点行驶到停止线时的当前相位的最小绿灯时间, 若是, 则将有轨电车从预到达检测点行驶到停止线时的当前相位的绿灯时间压缩为最小绿灯时间, 并执行有轨电车的优先相位的绿灯时间, 否则确定有轨电车从预到达检测点行驶到停止线时的当前相位之前的相位是否为有轨电车的优先相位。若有轨电车从预到达检测点行驶到停止线时的当前相位之前的相位是有轨电车的优先相位, 则将有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至有轨电车从预到达检测点行驶到停止线时的时刻, 若有轨电车从预到达检测点行驶到停止线时的当前相位之前的相位不是有轨电车的优先相位, 则在有轨电车从预到达检测点行驶到停止线时的当前相位之前的相位的绿灯时间执行完毕之后执行有轨电车的优先相位的绿灯时间。

[0171] 在预到达检测点实施优先控制后, 可确保有轨电车到达停止线时刻放行优先相位。为进一步减少有轨电车行程时间随机性对优先效果产生的影响, 若到达检测器检测到有轨电车时, 存在优先相位尚未启亮或剩余时间不足情况, 则对信号方案进行二次调整, 确保电车可以不停车通过。

[0172] 具体的, 在有轨电车行驶至到达检测点时, 确定出第二行程时间, 第一行程时间为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的行程时间; 到达检测点位于预到达检测点和停车线之间。

[0173] 若有轨电车的优先相位的剩余绿灯时间小于第二行程时间, 则执行第二绿灯延长操作。该第二绿灯延长操作为将有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至有轨电车从达到检测点行驶到停止线的时刻。

[0174] 若在有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位为有轨电车的优先相位之前的相位, 则执行第二红灯早断操作。该第二红灯早断操作为在有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位的最小绿灯时间结束之后, 执行有轨电车的优先相位的绿灯时间。

[0175] 步骤105, 判断有轨电车待驶入的路口的交通饱和度大于第一阈值且小于第二阈值, 若是, 则转入步骤106, 若否, 则转入步骤107。

[0176] 在本发明实施例中, 第二阈值可以用 X^H 表示, 当 $X^L < X < X^H$ 时, 表示路口处于中间状态, 信号机执行第二优先控制操作, 也就是相对优先控制, 该第二优先控制操作为在保证社会车辆通行效益不受损失的情况下减少有轨电车的停车等待时间的操作。

[0177] 当 $X \geq X^H$ 时, 表示路口处于拥堵状态, 信号机不响应电车优先请求, 不对有轨电车的优先相位执行优先控制。

[0178] 上述第一阈值小于第二阈值, 该第一阈值和第二阈值可以依据经验进行设置。

[0179] 步骤106, 对有轨电车的优先相位执行第二优先控制操作。

[0180] 在有轨电车行驶至预到达检测点时, 根据有轨电车行驶至预到达检测点的时刻以及第一行程时间, 确定出有轨电车到达停止线时有轨电车的优先相位的相位状态。

[0181] 当有轨电车到达停止线时有轨电车的优先相位的相位状态为绿灯状态时, 不执行操作。

[0182] 当有轨电车到达停止线时有轨电车的优先相位的相位状态为红灯状态时,若有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻符合公式(1),则不执行操作。

[0183] 若有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻符合公式(3),则执行第三红灯早断操作。该第三红灯早断操作为根据有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度确定出有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间,将有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间压缩为最小绿灯压缩时间。

[0184] 该公式(3)为:

[0185] $t_s - T_{E1} \leq t_1 \leq t_s \dots \dots \dots (3)$

[0186] 其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_{E1} 为有轨电车到达预到达检测点的时刻与有轨电车行驶从预到达检测点行驶到停止线时的相位的绿灯时间的启亮时刻之间的相位的最小绿灯压缩时间之和, t_s 为优先相位的绿灯时间的启亮时刻。

[0187] 比如,有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻为10点10分。有轨电车到达预到达检测点的时刻与有轨电车行驶从预到达检测点行驶到停止线时的相位的绿灯时间的启亮时刻之间的相位的最小绿灯压缩时间之和为30秒,优先相位的绿灯时间的启亮时刻为10点10分10秒,此时,有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻正好位于10点9分40秒和10点10分10秒之间,可以将有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间压缩为最小绿灯压缩时间,保证有轨电车在行驶至停止线时,有轨电车的优先相位为绿灯状态。

[0188] 具体的,可以根据下述步骤来确定有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间:

[0189] 若有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度小于或等于第一阈值,则将有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间与最小绿灯时间之差确定为有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间。若有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度大于第一阈值且小于第二阈值,则根据公式(5)确定有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间。若有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度大于或等于第二阈值,则确定有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间为0。

[0190] 该公式(5)为:

[0191] $g_{min} = g_{min0} + (g - g_{min0}) \frac{x - X^L}{X^H - X^L} \dots \dots \dots (5)$

[0192] 其中, g_{min} 为有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间, g_{min0} 为有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯时间, g 为有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间, x 为有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度。

[0193] 若有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻符合公式(4),则执行相位插入预操作。该相位插入预操作为将相位插入点调整至有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻。相位插入点为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线时的当前相位的绿灯时间的结束时刻。

[0194] 该公式(4)为:

[0195] $t_{p1} - T_{E2} \leq t_1 \leq t_{p1} + T_{L1} \dots \dots \dots (4)$

[0196] 其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_{E2} 为有轨电车到达预到达检测点的时刻与相位插入点之间的相位的相位压缩时间, t_{p1} 为相位插入点, T_{L1} 为相位

插入点的相位的相位延长时间。

[0197] 在预到达检测点实施优先预控制后,当有轨电车到达停止线时,可调整路口信号方案执行到有轨电车的优先相位或插入点时刻附近。在此基础上,在到达检测点进行最终决策,执行绿灯延长、红灯早断和相位插入。

[0198] 具体的,在有轨电车行驶至到达检测点时,确定出第二行程时间,第一行程时间为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的行程时间;到达检测点位于预到达检测点和停车线之间。

[0199] 若有轨电车的优先相位的剩余绿灯时间小于第二行程时间,则执行第三绿灯延长操作。该第三绿灯延长操作为将有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至有轨电车从达到检测点行驶到停止线的时刻。

[0200] 若有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位为有轨电车的优先相位之前的相位,则执行第四红灯早断操作。该第四红灯早断操作为在有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位的最小绿灯时间结束之后,执行有轨电车的优先相位的绿灯时间。

[0201] 若有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位为相位插入点之前的相位,则执行相位插入操作。该相位插入操作为在有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位的最小绿灯时间结束之后,插入有轨电车的优先相位。

[0202] 步骤107,不对有轨电车的优先相位执行优先控制。

[0203] 在对有轨电车的优先相位执行完第一优先控制操作或第二优先控制操作之后,在有轨电车行驶过停止线后检测到有轨电车占用路口时,执行路口占用控制操作。

[0204] 该路口占用控制操作具体为:

[0205] 若在检测到有轨电车占用路口时优先相位和与有轨电车同时放行的社会车辆所在的相位的相位状态为绿灯状态,则将优先相位和与有轨电车同时放行的社会车辆所在的相位进入绿灯驻留状态,将其他放行相位进入红灯驻留状态。

[0206] 若在检测到有轨电车占用路口时优先相位或与有轨电车同时放行的社会车辆所在的相位进入过渡状态,则将进入过渡状态的相位执行完过渡后进入红灯驻留状态,将处于绿灯状态的相位进入绿灯驻留状态,将其他放行相位进入红灯驻留状态。

[0207] 在检测到有轨电车驶出路口时,执行路口出清控制操作。

[0208] 该路口出清控制操作具体为:

[0209] 确定有轨电车的优先相位已执行的绿灯时间。

[0210] 若有轨电车的优先相位已执行的绿灯时间小于等于优先相位的相位绿灯时间,则在执行完优先相位的相位绿灯时间之后进行相位切换。

[0211] 若有轨电车的优先相位已执行的绿灯时间大于优先相位的相位绿灯时间,则在检测到有轨电车驶出路口时进行相位切换。

[0212] 若有轨电车的优先相位为插入的相位,则在检测到有轨电车驶出路口时进行相位切换。

[0213] 在执行路口出清控制操作之后,还需要确定当前信号周期的总延长时间,并将当前信号周期的下一信号周期确定为补偿周期,确定出补偿周期的最大压缩时间和最大延长时间。

[0214] 若当前信号周期的总延长时间小于等于补偿周期的最大压缩时间,则将补偿周期

压缩当前信号周期的总延长时间。

[0215] 若当前信号周期的总延长时间与补偿周期的最大延长时间之和小于等于信号周期时间,则将补偿周期延长信号周期时间与当前信号周期的总延长时间的差值。

[0216] 若当前信号周期的总延长时间大于补偿周期的最大压缩时间且当前信号周期的总延长时间与补偿周期的最大延长时间之和大于信号周期时间,则将当前信号周期之后的N个信号周期确定为补偿周期,并确定出补偿周期的最大压缩时间和最大延长时间,直到当前信号周期的总延长时间小于等于补偿周期的最大压缩时间或当前信号周期的总延长时间与补偿周期的最大延长时间之和小于等于信号周期时间为止。

[0217] 为了更好的解释本发明实施例,下面将通过具体的实施场景来描述有轨电车优先控制的流程。

[0218] 如图2所示,该流程具体步骤包括:

[0219] 步骤201,检测到有轨电车进入到路段。

[0220] 有轨电车进入路段后,预到达检测器或到达检测器感应到车辆,生成优先请求信号并传输至路口的信号机。信号机接收到有轨电车优先请求后,根据断面检测器采集数据计算交通饱和度,并判别路口交通状态,具体步骤如下:

[0221] 计算相位饱和度 x :路口断面检测器采集各进口道5min交通流量,相位流量为相位各车道流量之和,根据相位5min流量计算等效小时流量,记为 q 。则可以根据上述公式(5)来计算相位饱和度。交通饱和度用相位饱和度最大值表示,设 x_i 为路口各相位的饱和度,则交通饱和度为 $X = \max \{x_i\}$ 。

[0222] 步骤202,根据交通饱和度判断路口拥堵状态。

[0223] 分别用 X^l 表示第一阈值,用 X^h 表示第二阈值,当 $X \leq X^l$ 时,表示路口处于畅通状态,转入步骤203,当 $X^l < X < X^h$ 时,表示路口处于中间状态,转入步骤204,当 $X \geq X^h$ 时,表示路口处于拥堵状态,转入步骤205。

[0224] 步骤203,执行第一优先控制。

[0225] 第一优先控制利用预到达检测点进行主要的优先控制,根据有轨电车从检测器位置行驶到停止线的行程时间判断有轨电车到达路口时的信号状态,通过绿灯延长、红灯早断和相位跳转方式实现有轨电车优先,其目的是使有轨电车不停车通过路口。由于预到达检测器距离路口较远,有轨电车行驶过程中存在一定的随机性,行程时间存在误差,因此在预到达检测点进行优先控制的基础上,利用到达检测点对优先方案进行调整,调整方式包括绿灯延长和红灯早断。

[0226] 具体的,(1)预到达检测点的优先控制

[0227] 预到达检测器在 t_A 时刻检测到车辆进入路段,信号机根据有轨电车行驶速度计算到达停止线的行程时间 T_A : $T_A = \frac{L_A}{v_A}$,其中, L_A 为预到达检测器位置与路口停止线之间的距离, v_A 为有轨电车瞬时速度。判断 $t_A + T_A$ 时刻后路口的有轨电车的优先相位的相位状态:

[0228] 1)若 $t_A + T_A$ 时刻后有轨电车所在相位为绿灯,即 $t_s < t_A + T_A < t_f$,不做调整,其中 t_s 为优先相位的绿灯的启亮时刻, t_f 为优先相位的绿灯时间的结束时刻。

[0229] 2)若 $t_A + T_A$ 时刻后有轨电车所在相位为红灯,则执行如下控制:

[0229] 2)若 $t_A + T_A$ 时刻后有轨电车所在相位为红灯,则执行如下控制:

[0230] 绿灯延长:当 $t_f \leq t_A + T_A \leq t_f + T_L$ 时,将有轨电车所在相位的绿灯时间的结束时刻延

长至 t_A+T_A , T_L 为优先相位的最大延长时间。

[0231] 红灯早断:当 $t_s-T_E \leq t_A+T_A \leq t_s$ 时,压缩有轨电车所在相位之前的相位时间,使有轨电车所在相位的绿灯时间的启亮时刻提前至 t_A+T_A ,其中 T_E 为有轨电车到达预到达检测点的时刻与有轨电车行驶从预到达检测点行驶到停止线时的相位的绿灯时间的启亮时刻之间的相位的最大压缩时间之和。在绝对优先控制模式下,所有相位均可压缩至相位的最小绿灯时间。

[0232] 相位跳转:若上述绿灯延长和红灯早断条件均不满足,则判断 t_A+T_A 时刻后正在放行的相位是否过最小绿灯时间,a)若正在放行的相位在 t_A+T_A 时刻已过最小绿灯时间,则在最小绿灯时间结束后截断该正在放行的相位,切换到有轨电车所在相位;b)若该正在放行的相位在 t_A+T_A 时刻尚未过最小绿灯时间,则判断前一相位是否为有轨电车所在相位:若非有轨电车所在相位,则在上一相位结束后切换到有轨电车所在相位;若是有轨电车所在相位,延长前一相位的绿灯结束时刻至 t_A+T_A 时刻。

[0233] (2) 到达路口检测点的优先控制

[0234] 在预到达检测点实施优先控制后,可确保有轨电车到达停止线时刻放行优先相位。为进一步减少电车行程时间随机性对优先效果产生的影响,若到达检测器检测到有轨电车时,存在优先相位尚未启亮或剩余时间不足情况,则对信号方案进行二次调整,确保有轨电车可以不停车通过。

[0235] 绿灯延长:到达检测器在 t_B 时刻检测到有轨电车,若此时正放行有轨电车所在相位且剩余绿灯时间不足 T_B ,则延长绿灯时间的结束时刻至 t_B+T_B ,其中, T_B 为有轨电车的行程

时间: $T_B = \frac{L_B}{v_B}$,其中, L_B 为到达检测器的位置与路口停止线之间的距离, v_B 为有轨电车瞬时速度。

[0236] 红灯早断:到达检测器在 t_B 时刻检测到有轨电车,若此时正放行有轨电车所在相位的前一相位或跳转前的相位,则该正在放行的相位执行完最小绿灯时间后截断,切换执行有轨电车相位。

[0237] 步骤204,执行第二优先控制。

[0238] 执行第一优先控制对有轨电车的优先力度比较大,所有相位均可被压缩至配置最小绿灯时间,且具备相位跳转功能,对社会交通流的影响较大,因此仅适应于道路非常畅通的情形。当交通饱和度高于第一阈值时,采用第二优先控制。利用预到达检测点进行预控制,并利用到达检测点实施主要优先控制,通过绿灯延长、红灯早断和相位插入方式实现电车优先,其目的是降低有轨电车停车的概率或减少停车时间。

[0239] 在执行第二优先控制时,各个相位的最小绿灯时间随相位饱和度变化而变化,设定相位饱和度阈值 x^L 和 x^H , $x^L = X^L$, $x^H = X^H$ 。在相对优先模式下,相位最小绿灯时间计算公式如下:

[0240] 若 $x \leq x^L$,相位的最小绿灯压缩时间为 $g_{\min} = g - g_{\min 0}$,其中 $g_{\min 0}$ 为配置最小绿灯时间,即该相位可以按照配置最小绿灯时间进行最大程度的压缩。若 $x \geq x^H$,即该相位不可压缩。

若 $x^L < x < x^H$,相位的最小绿灯压缩时间为: $g_{\min} = g_{\min 0} + (g - g_{\min 0}) \frac{x - x^L}{x^H - x^L}$,即该相位只能进行部分压缩。

[0241] (1) 预到达检测点的优先控制

[0242] 预到达检测器在 t_A 时刻检测到车辆进入路段,利用 $T_A = \frac{L_A}{v_A}$ 计算到达停止线的行程

时间,并判断 t_A+T_A 时刻后的相位状态:

[0243] 1) 若 t_A+T_A 时刻后有轨电车所在相位为绿灯,即 $t_s < t_A+T_A < t_f$,不做预控制。

[0244] 2) 若 t_A+T_A 时刻后有轨电车所在相位为红灯,则执行如下控制:

[0245] 若满足绿灯延长条件,即 $t_f \leq t_A+T_A \leq t_f+T_L$,不做预控制。

[0246] 若满足红灯早断条件:即 $t_s-T_{E1} \leq t_A+T_A \leq t_s$,执行预控制,压缩至优先相位的前一相位。在相对优先控制模式下,各相位按饱和度计算得到的最小绿压缩。

[0247] 若满足相位插入条件:即 $t_{p1}-T_{E2} \leq t_A+T_A \leq t_{p1}+T_{L1}$,其中 t_{p1} 为插入点时刻, T_{E2} 为插入点前相位压缩时间, T_{L1} 为插入点前相位延长时间。在本发明中,插入点选择为相位结束位置。在此情形下,执行预控制,压缩或延长插入点前相位,使插入点时刻 t_{p1} 调整到 t_A+T_A 。

[0248] 3) 若上述情形都不满足,则不执行预控制。

[0249] (2) 到达路口检测点的优先控制

[0250] 在预到达检测点实施优先预控制后,当有轨电车到达停止线时,可调整路口信号方案执行到有轨电车所在相位或插入点时刻附近。在此基础上,在到达检测点进行最终决策,执行绿灯延长、红灯早断和相位插入。

[0251] 绿灯延长:到达路口检测器在 t_B 时刻检测到有轨电车,若此时正放行有轨电车所在相位且剩余绿灯时间不足 T_B ,则延长绿灯时间的结束时刻至 t_B+T_B ,其中 T_B 计算方式为

$$T_B = \frac{L_B}{v_B}。$$

[0252] 红灯早断:到达检测器在 t_B 时刻检测到有轨电车,若此时正放行有轨电车所在相位的前一相位,则正在放行的相位执行完最小绿灯时间后截断,切换执行有轨电车相位。

[0253] 相位插入:到达检测器在 t_B 时刻检测到有轨电车,若此时正在放行插入点前一相位,则正在放行的相位执行完最小绿灯时间后截断,插入有轨电车专用相位。有轨电车专用相位放行时,其他社会车辆均不放行。

[0254] 若上述条件均不满足,则本次优先失败,按照正常的信号控制方案放行。

[0255] 步骤205,不执行优先控制。

[0256] 步骤206,检测到有轨电车进入到路口时,执行路口占用控制。

[0257] 当有轨电车驶过停止线时,路口占用检测器在 t_c 时刻检测到有轨电车占用路口,为保证电车行车安全,冲突放行的社会车辆保持禁行状态,本发明以相位驻留方式实现路口占用控制:

[0258] 若 t_c 时刻有轨电车所在相位和同放的社会车辆所在相位处于绿灯状态,则有轨电车所在相位和同放相位进入绿灯驻留状态,其他放行相位进入红灯驻留状态;

[0259] 若 t_c 时刻有轨电车所在相位或同放的社会车辆所在相位进入过渡状态,则进入过渡状态的相位执行完过渡后进入红灯驻留状态,处于绿灯状态的相位进入绿灯驻留状态,其他放行相位进入红灯驻留状态。

[0260] 步骤207,检测到有轨电车驶出路口时,执行路口出清操作。

[0261] 当有轨电车驶出路口时,路口出清检测器在 t_D 时刻检测到路口出清,信号机根据

有轨电车相位状态,即时执行相位切换,减少绿灯时间浪费,保障社会车辆的通行效益,具体如下:

[0262] 1) 若驻留有轨电车所在相位为与社会车辆同放的正常相位,在 t_D 时刻计算驻留有轨电车所在相位的实际执行时间 T_p : $T_p = t_D - t_s$ 。若 $T_p \leq g$,说明正常相位绿灯时间在 t_D 时刻尚未执行完,为保证社会车辆通行时间不受损失,有轨电车相位执行完剩余时间后进行相位切换。

[0263] 若 $T_p > g$,说明当前相位运行时间已经超出正常的相位绿灯时间,为减少绿灯时间浪费,在 t_D 时刻立即切断有轨电车所在相位。

[0264] 2) 驻留有轨电车所在相位为插入的有轨电车专用相位,为减少绿灯时间浪费,在 t_D 时刻立即切断有轨电车所在相位。

[0265] 步骤208,相位信号周期补偿。

[0266] 若路口配置有协调控制方案,为保证路口方案能恢复到协调状态,需要对本周期的时间调节量在下周期中进行补偿。在 t_D 时刻结算本周期的总延长时间 T_{total} ,并以下一周期为对象,计算补偿周期的最大压缩时间 T_E^C 和最大延长时间 T_L^C ,补偿步骤如下:

[0267] 步骤S1:若 $T_{total} \leq T_E^C$,则对象周期压缩 T_{total} ,协调相位的相位差于一个正常周期结束时刻后回位。若不满足条件,则执行S2。

[0268] 步骤S2:若 $T_L^C + T_{total} \leq C$,则对象周期延长 $C - T_{total}$,协调相位的相位差于两个正常周期结束时刻后回位。若不满足条件,则执行S3。

[0269] 步骤S3:若上述条件都不满足,说明在一个周期内无法完成补偿,增加补偿对象周期数,重复步骤S1和S2。若本周期的延长时间最少可以在 n 个周期内补偿,则压缩时间 T_{total} 或延长时间 $C - T_{total}$ 在这 n 个周期内均分。

[0270] 上述实施例表明,获取有轨电车的优先请求,确定有轨电车待驶入的路口的交通饱和度,若有轨电车待驶入的路口的交通饱和度不大于第一阈值,则对有轨电车的优先相位执行第一优先控制操作,若有轨电车待驶入的路口的交通饱和度大于第一阈值且小于第二阈值,则对有轨电车的优先相位执行第二优先控制操作,若有轨电车待驶入的路口的交通饱和度大于第二阈值,则不对有轨电车的优先相位执行优先控制。通过待驶入的路口的交通饱和度,来确定执行第一优先控制还是执行第二优先控制,可以实现在保障社会车辆通行效益的基础上,提高有轨电车的运行效率。

[0271] 基于相同的技术构思,图3示例性的示出了本发明实施例还提供了一种有轨电车优先控制的装置,该装置可以执行有轨电车优先控制的流程,该装置可以位于信号机内,也可以是该信号机。

[0272] 如图3所示,该装置具体包括:

[0273] 获取单元301,用于获取有轨电车的优先请求,所述优先请求包括所述有轨电车的优先相位;

[0274] 确定单元302,用于确定所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度;

[0275] 处理单元303,用于若所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度不大于第一阈值,则对所述有轨电车的优先相位执行第一优先控制操作,所述第一优先控制操作为保证所述有轨电车不停车通过所述待驶入的路口的操作,所述待驶入的路口为所述停止线处的路

口;若所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度大于第一阈值且小于第二阈值,则对所述有轨电车的优先相位执行第二优先控制操作,所述第二优先控制操作为在保证社会车辆通行效益不受损失的情况下减少有轨电车的停车等待时间的操作;若所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度大于第二阈值,则不对所述有轨电车的优先相位执行优先控制;其中所述第一阈值小于所述第二阈值。

[0276] 优选地,所述处理单元303具体用于:

[0277] 在所述有轨电车行驶至预到达检测点时,根据所述有轨电车行驶至预到达检测点的时刻以及第一行程时间,确定出所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态;所述第一行程时间为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到停止线的行程时间;

[0278] 当所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态为绿灯状态时,不执行操作;

[0279] 当所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态为红灯状态时,若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(1),则执行第一绿灯延长操作;所述第一绿灯延长操作为将所述有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻;

[0280] 所述公式(1)为:

$$[0281] \quad t_f \leq t_1 \leq t_f + T_L \dots \dots \dots (1)$$

[0282] 其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_L 为优先相位的最大延长时间, t_f 为优先相位的绿灯时间的结束时刻;

[0283] 若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(2),则执行第一红灯早断操作;所述第一红灯早断操作为将所述有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间压缩为所述有轨电车的优先相位之前的相位的的最小绿灯时间;

[0284] 所述公式(2)为:

$$[0285] \quad t_s - T_E \leq t_1 \leq t_s \dots \dots \dots (2)$$

[0286] 其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_E 为有轨电车到达预到达检测点的时刻与有轨电车行驶从预到达检测点行驶到停止线时的相位的绿灯时间的启亮时刻之间的相位的最大压缩时间之和, t_s 为优先相位的绿灯时间的启亮时刻;

[0287] 若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻不符合所述公式(1)以及所述公式(2),则执行相位跳转操作;所述相位跳转操作为确定所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位的的最小绿灯时间,若是,则将所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位的绿灯时间压缩为最小绿灯时间,并执行所述有轨电车的优先相位的绿灯时间;否则确定所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位之前的相位是否为所述有轨电车的优先相位,若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位之前的相位是所述有轨电车的优先相位,则将所述有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的时刻,若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位之前的相位不是所述有轨电车的优先相位,则在所述有轨电车从所述预到达检测

点行驶到所述停止线时的当前相位之前的相位的绿灯时间执行完毕之后执行所述有轨电车的优先相位的绿灯时间。

[0288] 优选地,所述处理单元303还用于:

[0289] 在对所述有轨电车的优先相位执行所述第一优先控制之后,在所述有轨电车行驶至到达检测点时,确定出第二行程时间,所述第一行程时间为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到停止线的行程时间;所述到达检测点位于所述预到达检测点和所述停车线之间;

[0290] 若所述有轨电车的优先相位的剩余绿灯时间小于第二行程时间,则执行第二绿灯延长操作;所述第二绿灯延长操作为将所述有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至所述有轨电车从所述达到检测点行驶到所述停止线的时刻;

[0291] 若在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位为所述有轨电车的优先相位之前的相位,则执行第二红灯早断操作;所述第二红灯早断操作为在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位的最小绿灯时间结束之后,执行所述有轨电车的优先相位的绿灯时间。

[0292] 优选地,所述处理单元303具体用于:

[0293] 在所述有轨电车行驶至预到达检测点时,根据所述有轨电车行驶至预到达检测点的时刻以及第一行程时间,确定出所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态;所述第一行程时间为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到停止线的行程时间;

[0294] 当所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态为绿灯状态时,不执行操作;

[0295] 当所述有轨电车到达停止线时所述有轨电车的优先相位的相位状态为红灯状态时,若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(1),则不执行操作;

[0296] 所述公式(1)为:

$$[0297] \quad t_f \leq t_1 \leq t_f + T_L \dots \dots \dots (1)$$

[0298] 其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_L 为优先相位的最大延长时间, t_f 为优先相位的绿灯时间的结束时刻;

[0299] 若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(3),则执行第三红灯早断操作;所述第三红灯早断操作为根据所述有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度确定出所述有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间,将所述有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间压缩为所述最小绿灯压缩时间;

[0300] 所述公式(3)为:

$$[0301] \quad t_s - T_{E1} \leq t_1 \leq t_s \dots \dots \dots (3)$$

[0302] 其中, t_1 为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻, T_{E1} 为有轨电车到达预到达检测点的时刻与有轨电车行驶从预到达检测点行驶到停止线时的相位的绿灯时间的启亮时刻之间的相位的最小绿灯压缩时间之和, t_s 为优先相位的绿灯时间的启亮时刻;

[0303] 若所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻符合公式(4),则执行相位插入预操作;所述相位插入预操作为将所述相位插入点调整至所述有轨电车从所

述预到达检测点行驶到所述停止线的时刻;所述相位插入点为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到所述停止线时的当前相位的绿灯时间的结束时刻;

[0304] 所述公式(4)为:

[0305] $t_{p1}-T_{E2} \leq t_1 \leq t_{p1}+T_{L1}$ (4)

[0306] 其中,t₁为有轨电车从预到达检测点行驶到停止线的时刻,T_{E2}为有轨电车到达预到达检测点的时刻与相位插入点之间的相位的相位压缩时间,t_{p1}为相位插入点,T_{L1}为相位插入点的相位的相位延长时间。

[0307] 优选地,所述处理单元303具体用于:

[0308] 若所述有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度小于或等于第一阈值,则将所述有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间与最小绿灯时间之差确定为所述有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间;

[0309] 若所述有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度大于第一阈值且小于第二阈值,则根据公式(5)确定所述有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间;

[0310] 所述公式(5)为:

[0311] $g_{min} = g_{min0} + (g - g_{min0}) \frac{x - X^L}{X^H - X^L}$ (5)

[0312] 其中,g_{min}为有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间,g_{min0}为有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯时间,g为有轨电车的优先相位之前的相位的绿灯时间,x为有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度;

[0313] 若所述有轨电车的优先相位之前的相位的相位饱和度大于或等于第二阈值,则确定所述有轨电车的优先相位之前的相位的最小绿灯压缩时间为0。

[0314] 优选地,所述处理单元303还用于:

[0315] 在对所述有轨电车的优先相位执行第二优先控制操作之后,在所述有轨电车行驶至到达检测点时,确定出第二行程时间,所述第一行程时间为所述有轨电车从所述预到达检测点行驶到停止线的行程时间;所述到达检测点位于所述预到达检测点和所述停车线之间;

[0316] 若所述有轨电车的优先相位的剩余绿灯时间小于第二行程时间,则执行第三绿灯延长操作;所述第三绿灯延长操作为将所述有轨电车的优先相位的绿灯时间的结束时刻延长至所述有轨电车从所述达到检测点行驶到所述停止线的时刻;

[0317] 若在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位为所述有轨电车的优先相位之前的相位,则执行第四红灯早断操作;所述第四红灯早断操作为在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位的最小绿灯时间结束之后,执行所述有轨电车的优先相位的绿灯时间;

[0318] 若在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位为所述相位插入点之前的相位,则执行相位插入操作;所述相位插入操作为在所述有轨电车行驶至到达检测点时的当前相位的最小绿灯时间结束之后,插入所述有轨电车的优先相位。

[0319] 优选地,所述处理单元303还用于:

[0320] 在对所述有轨电车的优先相位执行完第一优先控制操作或第二优先控制操作之后,在所述有轨电车行驶过停止线后检测到所述有轨电车占用路口时,执行路口占用控制

操作;所述路口占用控制操作为若在检测到所述有轨电车占用路口时所述优先相位和与所述有轨电车同时放行的社会车辆所在的相位的相位状态为绿灯状态,则将所述优先相位和所述与所述有轨电车同时放行的社会车辆所在的相位进入绿灯驻留状态,将其他放行相位进入红灯驻留状态;若在检测到所述有轨电车占用路口时所述优先相位或与所述有轨电车同时放行的社会车辆所在的相位进入过渡状态,则将所述进入过渡状态的相位执行完过渡后进入红灯驻留状态,将处于绿灯状态的相位进入绿灯驻留状态,将其他放行相位进入红灯驻留状态。

[0321] 优选地,所述处理单元303还用于:

[0322] 在所述执行路口占用控制操作之后,在检测到所述有轨电车驶出路口时,执行路口出清控制操作;所述路口出清控制操作为确定所述有轨电车的优先相位已执行的绿灯时间,若所述有轨电车的优先相位已执行的绿灯时间小于等于所述优先相位的相位绿灯时间,则在执行完所述优先相位的相位绿灯时间之后进行相位切换;若所述有轨电车的优先相位已执行的绿灯时间大于所述优先相位的相位绿灯时间,则在检测到所述有轨电车驶出路口时进行相位切换;若所述有轨电车的优先相位为插入的相位,则在检测到所述有轨电车驶出路口时进行相位切换。

[0323] 优选地,所述处理单元303还用于:

[0324] 在所述执行路口出清控制操作之后,确定当前信号周期的总延长时间,并将所述当前信号周期的下一信号周期确定为补偿周期,确定出所述补偿周期的最大压缩时间和最大延长时间;

[0325] 若所述当前信号周期的总延长时间小于等于所述补偿周期的最大压缩时间,则将所述补偿周期压缩所述当前信号周期的总延长时间;

[0326] 若所述当前信号周期的总延长时间与所述补偿周期的最大延长时间和小于等于信号周期时间,则将所述补偿周期延长信号周期时间与所述当前信号周期的总延长时间的差值;

[0327] 若所述当前信号周期的总延长时间大于所述补偿周期的最大压缩时间且所述当前信号周期的总延长时间与所述补偿周期的最大延长时间和大于信号周期时间,则将所述当前信号周期之后的N个信号周期确定为所述补偿周期,并确定出所述补偿周期的最大压缩时间和最大延长时间,直到所述当前信号周期的总延长时间小于等于所述补偿周期的最大压缩时间或所述当前信号周期的总延长时间与所述补偿周期的最大延长时间和小于等于信号周期时间为止。

[0328] 优选地,所述确定单元302具体用于:

[0329] 获取所述有轨电车待驶入的路口的各相位的相位流量;

[0330] 根据所述有轨电车待驶入的路口的各相位的相位流量以及各相位的相位绿灯时间、信号周期时间,确定所述有轨电车待驶入的路口的各相位的相位饱和度;

[0331] 将最大的相位饱和度确定为所述有轨电车待驶入的路口的交通饱和度。

[0332] 本发明是参照根据本发明实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产

生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0333] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0334] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0335] 尽管已描述了本发明的优选实施例,但本领域内的技术人员一旦得知了基本创造性概念,则可对这些实施例作出另外的变更和修改。所以,所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本发明范围的所有变更和修改。

[0336] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

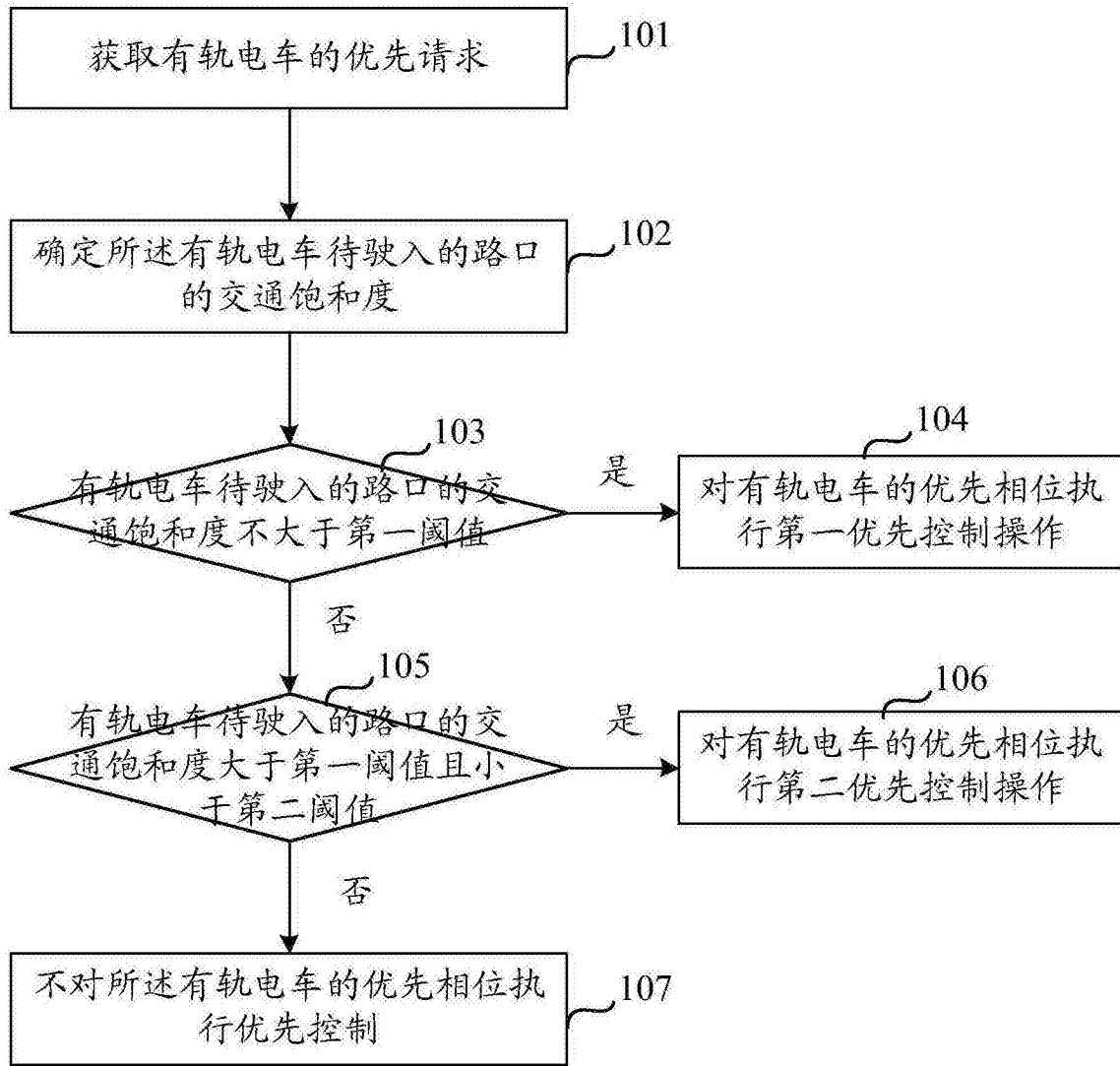


图1

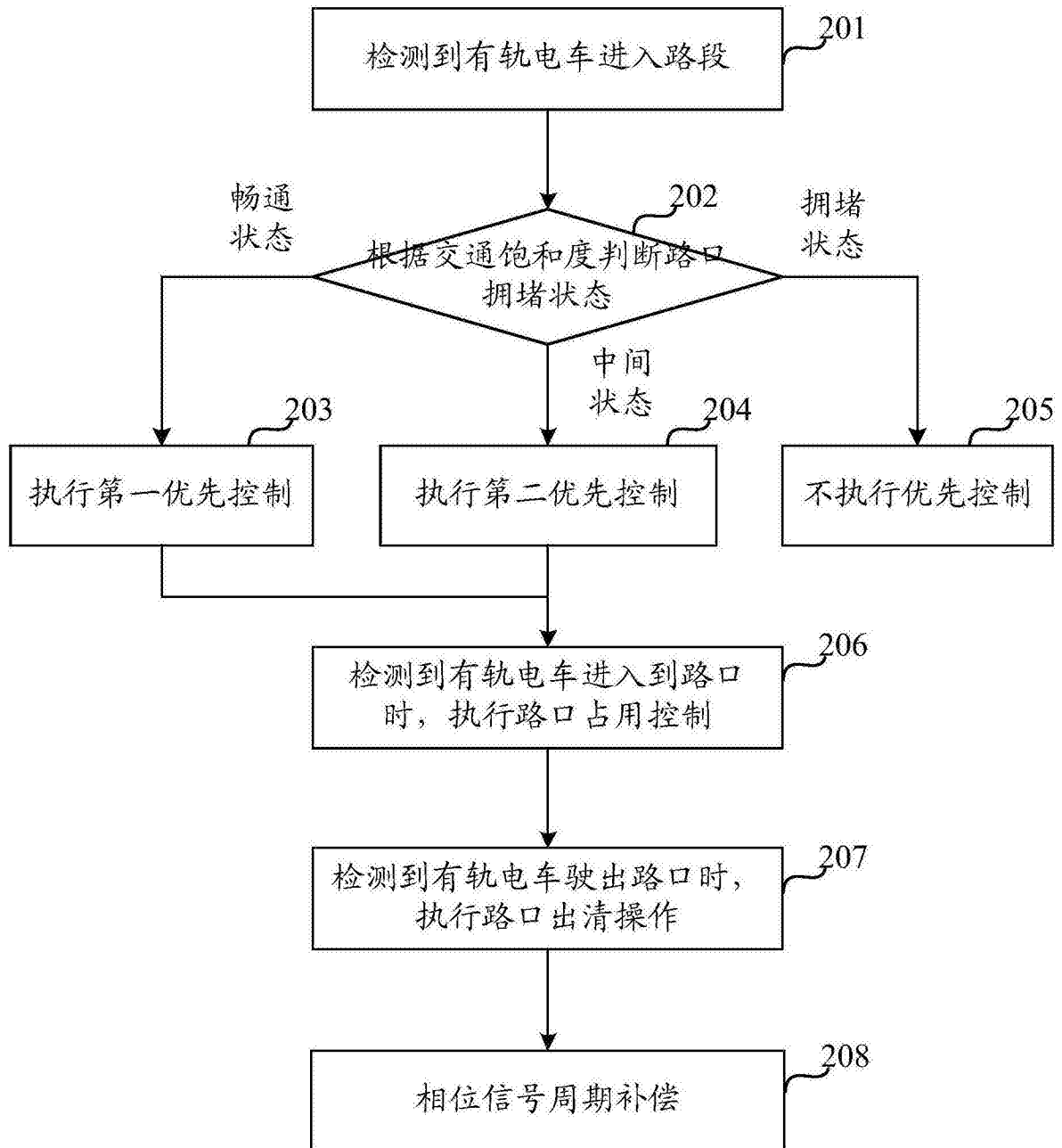


图2

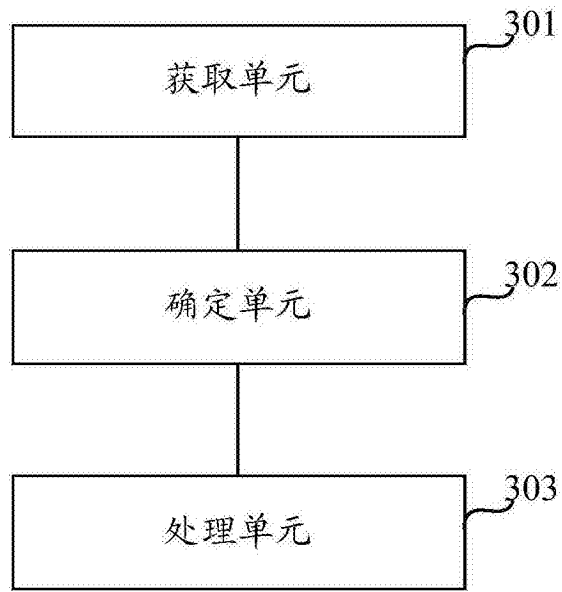


图3