



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103440768 B

(45) 授权公告日 2015.04.15

(21) 申请号 201310414620.5

CN 102081859 A, 2011.06.01, 全文.

(22) 申请日 2013.09.12

孙棣华等. 公交浮动车辆到站时间实时预测模型. 《交通运输工程学报》. 2011, 第 11 卷 (第 2 期), 第 85 - 89 页.

(73) 专利权人 重庆大学

地址 400044 重庆市沙坪坝区沙正街 174 号

审查员 沈紫乐

(72) 发明人 廖孝勇 孙棣华 刘卫宁 古曦

赵敏 郑林江 乔真卿 崔德冠

(74) 专利代理机构 北京同恒源知识产权代理有

限公司 11275

代理人 赵荣之

(51) Int. Cl.

G08G 1/01(2006.01)

(56) 对比文件

JP 特开 2006 - 79544 A, 2006.03.23, 全文.

CN 102737504 A, 2012.10.17, 说明书第

[0008]-[0010] 段.

CN 101388143 A, 2009.03.18, 全文.

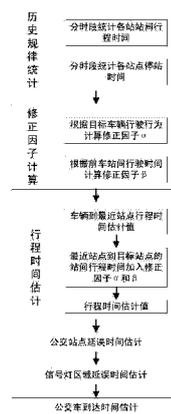
权利要求书3页 说明书12页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于动态修正的公交车到达时间实时预测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于动态修正的公交车到达时间实时预测方法,首先获取公交车到达目标站点的站间行程时间、总停站延误时间和总信号灯区域延误时间;然后通过公式计算公交车到站预测时间。本发明提供了一种既能适应多变交通条件又能满足实时性要求的公交车到站时间预测方法。在历史数据模型的基础上,通过对公交车车辆的驾驶行为的分析以及道路交通状况分析,对于历史数据模型预测结果给予实时的动态修正,同时考虑了交通信号灯延误和停站延误,提高了公交车到站时间的预测精度。



1. 一种基于动态修正的公交车到达时间实时预测方法,其特征在于:包括以下步骤:

S1:获取公交车到达目标站点 n 的站间行程时间 T_{travel}^n ;

S2:获取公交车到达目标站点 n 的总停站延误时间 T_{stop}^n ;

S3:获取公交车到达目标站点 n 的总信号灯区域延误时间 T_{singal} ;

S4:通过以下公式计算公交车到站预测时间:

$$\overline{T_{travel}^n} = T_{travel}^n + T_{stop}^n + T_{singal}^n,$$

其中, $\overline{T_{travel}^n}$ 表示公交车到达目标站点 n 的预测时间; T_{travel}^n 表示公交车到达目标站点 n 的站间行程时间; T_{stop}^n 表示公交车到达目标站点 n 的总停站延误时间; T_{singal}^n 表示公交车到达目标站点 n 的总信号灯区域延误时间;

所述站间行程时间 T_{travel}^n 是通过以下公式来实现的:

$$T_{travel}^m = \begin{cases} \frac{l}{\sum_{m=1}^N v_m / N}, & N > T_h \\ t_{i,i+1} \frac{l}{L_i}, & N \leq T_h \end{cases},$$

其中, T_{travel}^m 表示公交车到达下游最邻近站点的行程时间预测值; l 表示车辆距离下游最近站点的距离; N 表示同一线路的前车在车站 i 与车站 $i+1$ 间的非车站区域和非信号灯区域传回的 GPS 数据的个数, v_m 为每条 GPS 数据对应的瞬时速度; $t_{i,i+1}$ 表示车站 i 与车站 $i+1$ 间的历史平均站间行程时间; L_i 表示车站 i 与 $i+1$ 之间的距离; T_h 表示 GPS 数据量阈值;

$$T_{travel}^n = \begin{cases} T_{travel}^m + \sum_{i=j+1}^{n-1} t_{i,i+1} [1 + \lambda_1^{(i-j-1)} (\beta_{i,i+1} - 1) + \lambda_2^{(i-j-1)} (\alpha - 1)] & , \text{车辆在站外} \\ \sum_{i=j}^{n-1} t_{i,i+1} [1 + \lambda_1^{(i-j)} (\beta_{i,i+1} - 1) + \lambda_2^{(i-j)} (\alpha - 1)] & , \text{车辆在站内} \end{cases},$$

其中, T_{travel}^n 表示公交车到达目标站点 n 的站间行程时间预测值; T_{travel}^m 表示公交车到达下游最近站点行程时间预测值; j 表示公交车当前所处站点编号; $t_{i,i+1}$ 表示第 i 号站点到第 $i+1$ 号站点的历史平均站间行程时间; $\beta_{i,i+1}$ 表示第 i 号站点到第 $i+1$ 号站点的前车修正因子; α 表示驾驶员驾驶行为修正因子; λ_1 表示引入的前车修正的衰减因子, λ_2 表示引入的驾驶行为修正的衰减因子, $\lambda_1, \lambda_2 \in (0, 1)$, 衰减因子越小则随着与车辆当前位置距离的增大修正作用减小的越快。

2. 根据权利要求 1 所述的基于动态修正的公交车到达时间实时预测方法,其特征在于:所述总停站延误时间 T_{stop}^n 是通过以下公式来计算的:

$$D_i = \begin{cases} t_i^s - t_i, & t_i^s - t_i > T \\ T, & t_i^s - t_i \leq T \end{cases},$$

其中, D_i 表示公交车当前站点 i 的停站时间; t_i^s 表示 i 号站点的历史平均停站时间; t_i 表示该公交车在站点 i 已经停留的时间; T 为 GPS 数据的采样周期;

$$T_{stop}^n = \begin{cases} D_j + \sum_{i=j+1}^{n-1} t_i^s, & \text{车辆在站内} \\ \sum_{i=j+1}^{n-1} t_i^s, & \text{车辆在站外} \end{cases},$$

其中 T_{stop}^n 表示公交车到达目标站点 n 的停站时间; D_j 表示公交车当前站点 j 的停站时间; t_i^s 表示 i 号站点的历史平均停站时间。

3. 根据权利要求 1 所述的基于动态修正的公交车到达时间实时预测方法,其特征在于:所述总信号灯区域延误时间 T_{singal} 是通过以下公式来计算的:

$$p_i = \frac{t_{\text{red}}}{t_{\text{red}} + t_{\text{green}}},$$

p_i 为车辆经过信号灯时遇到红灯的概率, t_{red} 为信号灯 i 的红灯时间, t_{green} 为绿灯时间,

$$\bar{t}_i = \frac{\sum_{n=1}^{n=t_{\text{red}}} (1+2+\dots+n)}{t_{\text{red}}} = \frac{t_{\text{red}} + 1}{2},$$

\bar{t}_i 为一个信号灯周期内车辆遇到红灯的时间期望;

$$T_{\text{singal}} = \sum_{i=j}^m p_i \bar{t}_i,$$

其中, T_{singal} 为信号灯处总延误时间, t 时刻从当前位置到预测车站间所有信号灯停车延误时间, j 表示离车辆当前位置最近的信号灯, m 表示目标站点前一个信号灯; p_i 表示车辆在信号灯 i 处遇红灯的概率; \bar{t}_i 表示车辆在信号灯 i 处遇红绿灯的期望值。

4. 根据权利要求 1 所述的基于动态修正的公交车到达时间实时预测方法,其特征在于:所述前车修正因子 $\beta_{i,i+1}$ 通过以下公式计算获得:

$$\beta_{i,i+1} = \frac{\gamma_{0,j} + \gamma_{1,j} t_{i,i+1}^p}{t_{i,i+1}},$$

其中, $t_{i,i+1}$ 为第 i 号站点到第 $i+1$ 号站点的历史平均站间行程时间; $t_{i,i+1}^p$ 为第 i 号站点到第 $i+1$ 号站点的前车站间行程时间; $\gamma_{0,j}$ 和 $\gamma_{1,j}$ 为回归系数, j 表示当前车辆最近驶过站点; $\beta_{i,i+1}$ 为第 i 号站点到第 $i+1$ 号站点的前车修正因子;

所述回归系数 $\gamma_{0,j}$ 和 $\gamma_{1,j}$ 是通过当前车辆已经驶过的各站的站间行程时间以及前车驶过的各站的站间行程时间求取的:

$$\gamma_{1,j} = \frac{\sum_{i=1}^j (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^j (x_i - \bar{X})^2},$$

$$\gamma_{0,j} = \bar{Y} - \gamma_{1,j} \bar{X},$$

其中, x_i 表示当前车在站点 i 与 $i+1$ 之间的站间行程时间; y_i 表示前车在站点 i 与 $i+1$ 之间的站间行程时间; \bar{X} 表示前车的站间行程时间的平均值; \bar{Y} 表示当前车的站间行程时间的平均值。

5. 根据权利要求 1 所述的基于动态修正的公交车到达时间实时预测方法, 其特征在于: 所述驾驶员驾驶行为修正因子 α 通过以下公式计算获得:

$$\alpha = \frac{\mu^0 \frac{h_{i,i+1}}{t_{i,i+1}} + \mu^1 \frac{h_{i-1,i}}{t_{i-1,i}} + \mu^2 \frac{h_{i-2,i-1}}{t_{i-2,i-1}} + \dots + \mu^i \frac{h_{1,2}}{t_{1,2}}}{1 + \mu + \mu^2 + \dots + \mu^i},$$

其中, α 表示根据该车已驶过的路段计算的驾驶员驾驶行为修正因子; $t_{i,i+1}$ 表示第 i 号站点到第 $i+1$ 号站点的历史平均站间行程时间; $h_{i,i+1}$ 为当前车经过第 i 号站点到第 $i+1$ 号站点的站间行程时间; μ 为遗忘因子, 且 $\mu \in (0, 1)$, μ 越小则表示过去的的数据被遗忘得越快。

6. 根据权利要求 1 所述的基于动态修正的公交车到达时间实时预测方法, 其特征在于: 所述历史平均站间行程时间 $t_{i,i+1}$ 是通过以下方式计算的:

获取各个车辆在不同站点的进站时间以及出站时间的历史规律统计数据, 分时段统计出各个线路不同站点在不同时段的历史停站时间以及站间历史行程时间, 然后对历史停站时间以及历史行程时间通过加权平均分时段统计出不同线路各个站点的历史平均站间行程时间。

一种基于动态修正的公交车到达时间实时预测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及智能交通系统技术领域,特别涉及一种预测公交浮动车到站时间的方法。

背景技术

[0002] 在智能交通系统研究中,公交车到站时间估计与交通流量、道路交通状况、通行时段、道路路况及距离等因素相关。公交车浮动车数据中的实时信息包含:车辆瞬时速度(表征车辆当前时刻的速度)、行驶里程(表征车辆从安装GPS装置后行驶的总里程)、站间里程(表征车辆在一次运营过程中从起点站到当前GPS定位点的行驶里程)、行车方向(表征车辆发车方向,例如:起点站到终点站的行车方向定为“1”,终点站到起点站的行车方向定为“0”)、车辆状态(表征车辆的进站情况、出站情况、到站情况以及站点类型等)、经纬度位置、当前时间(表征当前GPS定位点的年月日时分秒信息)以及车辆限速值等,基于这些有利条件,能较好的进行公交车到站时间的估计。

[0003] 现有公交车到站时间预测模型如历史数据模型,人工神经网络模型和支持向量机模型等,在预测精度、实时性以及多变交通条件的适应性等方面,有着各自的优缺点,尚难以满足实际应用的需要。

[0004] 同时,由于道路环境和车流的影响,公交车在行驶中存在着延误时间,延误时间主要包括两部分,一是常态延误,即公交车到站停靠延误;二是随机延误,即信号灯延误时间。由于其延误产生的原因不同,需要单独地进行处理。

[0005] 因此急需一种既能适应多变交通条件又能满足实时性要求的公交车到站时间预测方法。

发明内容

[0006] 有鉴于此,本发明所要解决的技术问题是提供一种基于动态修正的公交车到达时间实时预测方法,该方法对公交浮动车到达时间进行有效预测。

[0007] 本发明的目的是这样实现的:

[0008] 本发明提供的一种基于动态修正的公交车到达时间实时预测方法,包括以下步骤:

[0009] S1:获取公交车到达目标站点n的站间行程时间 T_{travel}^n ;

[0010] S2:获取公交车到达目标站点n的总停站延误时间 T_{stop}^n ;

[0011] S3:获取公交车到达目标站点n的总信号灯区域延误时间 T_{signal} ;

[0012] S4:通过以下公式计算公交车到站预测时间:

$$[0013] \quad \overline{T_{travel}^n} = T_{travel}^n + T_{stop}^n + T_{signal}^n,$$

[0014] 其中, $\overline{T_{travel}^n}$ 表示公交车到达目标站点n的预测时间; T_{travel}^n 表示公交车到达目标站点

n 的站间行程时间； T_{stop}^n 表示公交车到达目标站点 n 的总停站延误时间； T_{singal} 表示公交车到达目标站点 n 的总信号灯区域延误时间。

[0015] 进一步,所述站间行程时间 T_{travel}^n 是通过以下公式来实现的:

$$[0016] \quad T_{travel}^m = \begin{cases} \frac{l}{\sum_{m=1}^N v_m / N} & , N > T_h \\ t_{i,i+1} \frac{l}{L_i} & , N \leq T_h \end{cases}$$

[0017] 其中, T_{travel}^m 表示公交车到达下游最邻近站点的行程时间预测值;l表示车辆距离下游最近站点的距离;N表示同一线路的前车在车站i与车站i+1间的非车站区域和非信号灯区域传回的GPS数据的个数, v_m 为每条GPS数据对应的瞬时速度; $t_{i,i+1}$ 表示车站i与车站i+1间的历史平均站间行程时间; L_i 表示车站i与i+1之间的距离; T_h 表示GPS数据量阈值;

[0018]

$$T_{travel}^n = \begin{cases} T_{travel}^m + \sum_{i=j+1}^{n-1} t_{i,i+1} [1 + \lambda_1^{(i-j)} (\beta_{i,i+1} - 1) + \lambda_2^{(i-j)} (\alpha - 1)] & , \text{车辆在站外} \\ \sum_{i=j}^{n-1} t_{i,i+1} [1 + \lambda_1^{(i-j)} (\beta_{i,i+1} - 1) + \lambda_2^{(i-j)} (\alpha - 1)] & , \text{车辆在站内} \end{cases}$$

[0019] 其中, T_{travel}^n 表示公交车到达目标站点n的站间行程时间预测值; T_{travel}^m 表示公交车到达下游最近站点行程时间预测值;j表示公交车当前所处站点编号; $t_{i,i+1}$ 表示第i号站点到第i+1号站点的历史平均站间行程时间; $\beta_{i,i+1}$ 表示第i号站点到第i+1号站点的前车修正因子; α 表示驾驶员驾驶行为修正因子; λ_1 表示引入的前车修正的衰减因子, λ_2 表示引入的驾驶行为修正的衰减因子, $\lambda_1, \lambda_2 \in (0, 1)$,衰减因子越小则随着与车辆当前位置距离的增大修正作用减小的越快。

[0020] 进一步,所述总停站延误时间 T_{stop}^n 是通过以下公式来计算的:

$$[0021] \quad D_i = \begin{cases} t_i^s - t_i, & t_i^s - t_i > T \\ T, & t_i^s - t_i \leq T \end{cases}$$

[0022] 其中, D_i 表示公交车当前站点i的停站时间; t_i^s 表示i号站点的历史平均停站时间; t_i 表示该公交车在站点i已经停留的时间;T为GPS数据的采样周期。

[0023]

$$T_{stop}^n = \begin{cases} D_j + \sum_{i=j+1}^{n-1} t_i^s & , \text{车辆在站内} \\ \sum_{i=j+1}^{n-1} t_i^s & , \text{车辆在站外} \end{cases}$$

[0024] 其中 T_{stop}^n 表示公交车到达目标站点n的停站时间; D_j 表示公交车当前站点j的停站时间; t_i^s 表示i号站点的历史平均停站时间。

[0025] 进一步,所述总信号灯区域延误时间 T_{singal} 是通过以下公式来计算的:

$$[0026] \quad p_i = \frac{t_{red}}{t_{red} + t_{green}},$$

[0027] p_i 为车辆经过信号灯时遇到红灯的概率, t_{red} 为信号灯 i 的红灯时间, t_{green} 为绿灯时间,

$$[0028] \quad \bar{t}_i = \frac{\sum_{n=1}^{t_{red}} (1+2+\dots+n)}{t_{red}} = \frac{t_{red} + 1}{2},$$

[0029] \bar{t}_i 为一个信号灯周期内车辆遇到红灯的时间期望;

$$[0030] \quad T_{singal} = \sum_{i=j}^m p_i \bar{t}_i,$$

[0031] 其中, T_{singal} 为信号灯处总延误时间, t 时刻从当前位置到预测车站间所有信号灯停车延误时间, j 表示离车辆当前位置最近的信号灯, m 表示目标站点前一个信号灯; p_i 表示车辆在信号灯 i 处遇红灯的概率; \bar{t}_i 表示车辆在信号灯 i 处遇红绿灯的期望值。

[0032] 进一步,所述前车修正因子 $\beta_{i,i+1}$ 通过以下公式计算获得:

$$[0033] \quad \beta_{i,i+1} = \frac{\gamma_{0,j} + \gamma_{1,j} t_{i,i+1}^p}{t_{i,i+1}},$$

[0034] 其中, $t_{i,i+1}$ 为第 i 号站点到第 $i+1$ 号站点的历史平均站间行程时间; $t_{i,i+1}^p$ 为第 i 号站点到第 $i+1$ 号站点的前车站间行程时间; $\gamma_{0,j}$ 和 $\gamma_{1,j}$ 为回归系数, j 表示当前车辆最近驶过站点; $\beta_{i,i+1}$ 为第 i 号站点到第 $i+1$ 号站点的前车修正因子。

[0035] 所述回归系数 $\gamma_{0,j}$ 和 $\gamma_{1,j}$ 是通过当前车辆已经驶过的各站的站间行程时间以及前车驶过的各站的站间行程时间求取的:

$$[0036] \quad \gamma_{1,j} = \frac{\sum_{i=1}^j (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^j (x_i - \bar{X})^2},$$

$$[0037] \quad \gamma_{0,j} = \bar{Y} - \gamma_{1,j} \bar{X},$$

[0038] 其中, x_i 表示当前车在站点 i 与 $i+1$ 之间的站间行程时间; y_i 表示前车在站点 i 与 $i+1$ 之间的站间行程时间; \bar{X} 表示前车的站间行程时间的平均值; \bar{Y} 表示当前车的站间行程时间的平均值。

[0039] 进一步,所述驾驶员驾驶行为修正因子 α 通过以下公式计算获得:

$$[0040] \quad \alpha = \frac{\mu^0 \frac{h_{i,i+1}}{t_{i,i+1}} + \mu^1 \frac{h_{i-1,i}}{t_{i-1,i}} + \mu^2 \frac{h_{i-2,i-1}}{t_{i-2,i-1}} + \dots + \mu^i \frac{h_{1,2}}{t_{1,2}}}{1 + \mu + \mu^2 + \dots + \mu^i},$$

[0041] 其中, α 表示根据该车已驶过的路段计算的驾驶员驾驶行为修正因子; $t_{i,i+1}$ 表示第 i 号站点到第 $i+1$ 号站点的历史平均站间行程时间; $h_{i,i+1}$ 为当前车经过第 i 号站点到第 $i+1$ 号站点的站间行程时间; μ 为遗忘因子, 且 $\mu \in (0, 1)$, μ 越小则表示过去的数据被遗忘得越快。

[0042] 进一步,所述站历史平均站间行程时间 $t_{i,i+1}$ 是通过以下方式来计算:

[0043] 获取各个车辆在不同站点的进站时间以及出站时间的历史规律统计数据,分时段统计出各个线路不同站点在不同时段的历史停站时间以及站间历史行程时间,然后对历史停站时间以及历史行程时间通过加权平均分时段统计出不同线路各个站点的历史平均站间行程时间。

[0044] 本发明的优点在于:本发明提供了一种既能适应多变交通条件又能满足实时性要求的公交车到站时间预测方法。在历史数据模型的基础上,通过对公交车车辆的驾驶行为的分析以及道路交通状况分析,对于历史数据模型预测结果给予实时的动态修正,同时考虑了交通信号灯延误和停站延误,提高了公交车到站时间的预测精度,即保证了算法的实时性又能适应多变的交通条件。

附图说明

[0045] 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的详细描述,其中:

[0046] 图 1 为本发明实施例提供的公交车到站时间估计方法流程图。

具体实施方式

[0047] 以下将结合附图,对本发明的优选实施例进行详细的描述;应当理解,优选实施例仅为了说明本发明,而不是为了限制本发明的保护范围。

[0048] 实施例 1

[0049] 本发明提供一种基于动态修正的公交车到达时间实时预测方法,包括以下步骤:

[0050] S1:获取公交车到达目标站点 n 的站间行程时间 T_{travel}^n ;

[0051] S2:获取公交车到达目标站点 n 的总停站延误时间 T_{stop}^n ;

[0052] S3:获取公交车到达目标站点 n 的总信号灯区域延误时间 T_{singal}^n ;

[0053] S4:通过以下公式计算公交车到站预测时间:

[0054]
$$\overline{T_{travel}^n} = T_{travel}^n + T_{stop}^n + T_{singal}^n$$
,

[0055] 其中, $\overline{T_{travel}^n}$ 表示公交车到达目标站点 n 的预测时间; T_{travel}^n 表示公交车到达目标站点 n 的站间行程时间; T_{stop}^n 表示公交车到达目标站点 n 的总停站延误时间; T_{singal}^n 表示公交车到达目标站点 n 的总信号灯区域延误时间。

[0056] 所述站间行程时间 T_{travel}^n 是通过以下公式来实现的:

[0057]
$$T_{travel}^m = \begin{cases} \frac{l}{\sum_{m=1}^N v_m / N}, & N > T_h \\ t_{i,i+1} \frac{l}{L_i}, & N \leq T_h \end{cases}$$
,

[0058] 其中, T_{travel}^m 表示公交车到达下游最邻近站点的行程时间预测值; l 表示车辆距离下

游最近站点的距离;N表示同一线路的前车在车站i与车站i+1间的非车站区域和非信号灯区域传回的GPS数据的个数, v_m 为每条GPS数据对应的瞬时速度; $t_{i,i+1}$ 表示车站i与车站i+1间的历史平均站间行程时间; L_i 表示车站i与i+1之间的距离; T_h 表示GPS数据量阈值;

[0059]

$$T_{travel}^n = \begin{cases} T_{travel}^m + \sum_{i=j+1}^{n-1} t_{i,i+1} [1 + \lambda_1^{(i-j-1)} (\beta_{i,i+1} - 1) + \lambda_2^{(i-j-1)} (\alpha - 1)] & , \text{车辆在站外} \\ \sum_{i=j}^{n-1} t_{i,i+1} [1 + \lambda_1^{(i-j)} (\beta_{i,i+1} - 1) + \lambda_2^{(i-j)} (\alpha - 1)] & , \text{车辆在站内} \end{cases}$$

[0060] 其中, T_{travel}^n 表示公交车到达目标站点n的站间行程时间预测值; T_{travel}^m 表示公交车到达下游最近站点行程时间预测值;j表示公交车当前所处站点编号; $t_{i,i+1}$ 表示第i号站点到第i+1号站点的历史平均站间行程时间; $\beta_{i,i+1}$ 表示第i号站点到第i+1号站点的前车修正因子; α 表示驾驶员驾驶行为修正因子; λ_1 表示引入的前车修正的衰减因子, λ_2 表示引入的驾驶行为修正的衰减因子, $\lambda_1, \lambda_2 \in (0, 1)$,衰减因子越小则随着与车辆当前位置距离的增大修正作用减小的越快。

[0061] 所述总停站延误时间 T_{stop}^n 是通过以下公式来计算的:

$$D_i = \begin{cases} t_i^s - t_i, & t_i^s - t_i > T \\ T, & t_i^s - t_i \leq T \end{cases} ,$$

[0063] 其中, D_i 表示公交车当前站点i的停站时间; t_i^s 表示i号站点的历史平均停站时间; t_i 表示该公交车在站点i已经停留的时间;T为GPS数据的采样周期。

[0064]

$$T_{stop}^n = \begin{cases} D_j + \sum_{i=j+1}^{n-1} t_i^s & , \text{车辆在站内} \\ \sum_{i=j+1}^{n-1} t_i^s & , \text{车辆在站外} \end{cases} ,$$

[0065] 其中 T_{stop}^n 表示公交车到达目标站点n的停站时间; D_j 表示公交车当前站点j的停站时间; t_i^s 表示i号站点的历史平均停站时间。

[0066] 所述总信号灯区域延误时间 T_{signal} 是通过以下公式来计算的:

$$p_i = \frac{t_{red}}{t_{red} + t_{green}} ,$$

[0068] p_i 为车辆经过信号灯时遇到红灯的概率, t_{red} 为信号灯i的红灯时间, t_{green} 为绿灯时间,

$$\bar{t}_i = \frac{\sum (1+2+\dots+n)}{n-t_{red}} = \frac{t_{red} + 1}{2} ,$$

[0070] \bar{t}_i 为一个信号灯周期内车辆遇到红灯的时间期望;

$$T_{signal} = \sum_{i=j}^m p_i \bar{t}_i ,$$

[0072] 其中, T_{signal} 为信号灯处总延误时间, t 时刻从当前位置到预测车站间所有信号灯停车延误时间, j 表示离车辆当前位置最近的信号灯, m 表示目标站点前一个信号灯; p_i 表示车辆在信号灯 i 处遇红灯的概率; \bar{t}_i 表示车辆在信号灯 i 处遇红绿灯的期望值。

[0073] 所述前车修正因子 $\beta_{i,i+1}$ 通过以下公式计算获得:

$$[0074] \quad \beta_{i,i+1} = \frac{\gamma_{0,j} + \gamma_{1,j} t_{i,i+1}^p}{t_{i,i+1}},$$

[0075] 其中, $t_{i,i+1}$ 为第 i 号站点到第 $i+1$ 号站点的历史平均站间行程时间; $t_{i,i+1}^p$ 为第 i 号站点到第 $i+1$ 号站点的前车站间行程时间; $\gamma_{0,j}$ 和 $\gamma_{1,j}$ 为回归系数, j 表示当前车辆最近驶过站点; $\beta_{i,i+1}$ 为第 i 号站点到第 $i+1$ 号站点的前车修正因子。

[0076] 所述回归系数 $\gamma_{0,j}$ 和 $\gamma_{1,j}$ 是通过当前车辆已经驶过的各站的站间行程时间以及前车驶过的各站的站间行程时间求取的:

$$[0077] \quad \gamma_{1,j} = \frac{\sum_{i=1}^j (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^j (x_i - \bar{X})^2},$$

$$[0078] \quad \gamma_{0,j} = \bar{Y} - \gamma_{1,j} \bar{X},$$

[0079] 其中, \bar{X} 表示, \bar{Y} 表示。其中, x_i 表示当前车在站点 i 与 $i+1$ 之间的站间行程时间; y_i 表示前车在站点 i 与 $i+1$ 之间的站间行程时间; \bar{X} 表示前车的站间行程时间的平均值; \bar{Y} 表示当前车的站间行程时间的平均值。

[0080] 所述驾驶员驾驶行为修正因子 α 通过以下公式计算获得:

$$[0081] \quad \alpha = \frac{\mu^0 \frac{h_{i,i+1}}{t_{i,i+1}} + \mu^1 \frac{h_{i-1,i}}{t_{i-1,i}} + \mu^2 \frac{h_{i-2,i-1}}{t_{i-2,i-1}} + \dots + \mu^i \frac{h_{1,2}}{t_{1,2}}}{1 + \mu + \mu^2 + \dots + \mu^i},$$

[0082] 其中, α 表示根据该车已驶过的路段计算的驾驶员驾驶行为修正因子; $t_{i,i+1}$ 表示第 i 号站点到第 $i+1$ 号站点的历史平均站间行程时间; $h_{i,i+1}$ 为当前车经过第 i 号站点到第 $i+1$ 号站点的站间行程时间; μ 为遗忘因子, 且 $\mu \in (0, 1)$, μ 越小则表示过去的的数据被遗忘得越快。

[0083] 所述站历史平均站间行程时间 $t_{i,i+1}$ 是通过以下方式来计算的:

[0084] 获取各个车辆在不同站点的进站时间以及出站时间的历史规律统计数据, 分时段统计出各个线路不同站点在不同时段的历史停站时间以及站间历史行程时间, 然后对历史停站时间以及历史行程时间通过加权平均分时段统计出不同线路各个站点的历史平均站间行程时间。

[0085] 实施例 2

[0086] 本实施例与实施例 1 的区别仅在于:

[0087] 图 1 为本发明实施例提供的公交车到站时间估计方法流程图, 如图所示: 本发明提供了一种基于动态修正的公交车到达时间实时预测方法, 首先分时段统计各站站间行程时间和分时段统计各站点停站时间; 然后根据目标车辆行驶行为计算修正因子 α 和根据前车站间行驶时间计算修正因子 β ; 从而得到行程时间估计值, 具体是先得到车辆到最近

站点行程时间估计值,然后最近站点到目标站点的站间行程时间加入修正因子 α 和 β ,最后得到行程时间估计值;再根据实施例 1 中的公式计算出公交站点延误时间估计值和信号灯区域延误时间估计值,得到公交车到达时间估计值;该公交车到达时间估计值一方面可以为市民公交出行提供所需的动态公交车信息,方便市民规划出行线路和出发时间,缓解乘客焦急的候车情绪,促进公众优先采用公交出行方式;同时,可以将公交车到达时间估计值(即公交车到站预测时间)输入到公交车实时运行管理系统,为公交运营公司进行公交车实时运行管理、公交智能调度等提供实时的公交运行信息;另一方面也可为政府职能监管部门进行车辆监管、监控提供必要的信息。

[0088] 具体过程如下:

[0089] 历史规律统计

[0090] 基于 GPS 实时定位的数据,能够分别获取各个车辆在不同站点的进站时间以及出站时间,继而可以得到不同车辆在各个站点的停站时间以及在相邻站点之间的行程时间,最后根据大量公交车辆在一定时间内的 GPS 实时定位数据,可以分时段统计出各个线路不同站点在不同时段的停站时间以及站间行程时间。方法如例 1 所示:

[0091] 例 1:表 1 为车辆 IP 为 0.0.218.221 的公交车辆在一段时间内解析后的实时 GPS 数据。

[0092]

GpsIp Address	GpsDate	GpsLon	GpsLat	...	GpsPSN	GpsDis	InFlag
0.0.218.221	2013-3-18 7:03:27	106.494940	29.618432	...	18	11.57	0
0.0.218.221	2013-3-18 7:03:32	106.495183	29.618493	...	19	11.66	1
0.0.218.221	2013-3-18 7:03:37	106.495197	29.618525	...	19	11.68	0
0.0.218.221	2013-3-18 7:03:42	106.495197	29.618552	...	19	11.68	0
0.0.218.221	2013-3-18 7:03:47	106.495272	29.618578	...	19	11.69	0
0.0.218.221	2013-3-18 7:03:52	106.498002	29.618788	...	19	11.71	2
....
0.0.218.221	2013-3-18 7:05:34	106.498190	29.617847	...	19	12.05	0
0.0.218.221	2013-3-18 7:05:39	106.498242	29.616847	...	20	12.11	1
0.0.218.221	2013-3-18 7:05:44	106.498260	29.616603		20	12.19	0

[0093] 其中 GpsIpAddress 为车辆 IP,每辆公交车辆均有着唯一的编号;GpsDate 为 GPS 数据传回时间;GpsLon 和 GpsLat 分别为经纬度信息;GpsPSN 为上一站编号,表示车辆经过的站点编号;GpsDis 为站间里程值,即车辆从起点站出发后行驶的距离,重新回到起点站后清零;InFlag 为进出站标志,0 表示未在站内,1 表示进站,2 表示出站。

[0094] 由表 1 可以看出,编号为 0.0.218.221 的车辆在 19 号站点的停站时间为 20 秒,在 19 号到 20 号站点间的行程时间为 1 分 47 秒。

[0095] 更进一步,可以根据一周,一个月,甚至几个月的数据,通过加权平均,分时段统计出不同线路各个站点的停站时间以及站间行程时间。

[0096] 修正因子计算包括驾驶行为修正因子计算和前车信息修正因子计算两部分:

[0097] 考虑到城市道路交通状态的复杂多变性,单纯的依靠历史数据进行公交车到站时间预测有着很大的局限性,因此必须在预测中根据道路交通状况以及车辆自身情况加入相应的修正。

[0098] 驾驶行为修正因子计算如下:

[0099] 计算驾驶行为修正因子首先要对该车的驾驶行为进行分析,本发明通过公交车在不同车站间的行程时间来分析驾驶员的驾驶行为,同时考虑到城市道路交通状况的时变性,需要突出当前数据的影响并同时逐渐减弱旧数据的影响,因此,为了准确分析驾驶员的驾驶行为,需要根据数据的新旧程度不同,进行加权,故本发明又引入了遗忘因子,提出了计算驾驶员驾驶行为修正因子的公式如(1)所示:

$$[0100] \quad \alpha = \frac{\mu^0 \frac{h_{i,i+1}}{t_{i,i+1}} + \mu^1 \frac{h_{i-1,i}}{t_{i-1,i}} + \mu^2 \frac{h_{i-2,i-1}}{t_{i-2,i-1}} + \dots + \mu^i \frac{h_{1,2}}{t_{1,2}}}{1 + \mu + \mu^2 + \dots + \mu^i} \quad (1)$$

[0101] 其中, α 表示根据该车已驶过的路段计算的驾驶员驾驶行为修正因子; $t_{i,i+1}$ 表示第 i 号站点到第 $i+1$ 号站点的历史平均站间行程时间; $h_{i,i+1}$ 为当前车经过第 i 号站点到第 $i+1$ 号站点的站间行程时间; μ 为遗忘因子,且 $\mu \in (0, 1)$, μ 越小则表示过去的的数据被遗忘得越快。

[0102] 前车信息修正因子计算如下:

[0103] 公交车具有定站、定线行驶的特点,故当发车间隔比较小的时候,同一线路的上一班车(即前车)所反应的交通状态对当前车辆具有一定的参考意义。本实施例利用前车的站间行程时间来修正当前车辆的预测到站时间。

[0104] 一般来说,由于道路交通状态的时变性,发车间隔越小,该两班车的线性相关性越强,线性相关系数越大,通常认为两班车的相关系数小于 0.8 则两班车的线性相关性不显著。发车间隔阈值可以根据不同班次车辆的站间行程时间的相关性来确定。为了分析不同班次的公交车车辆的站间行程时间的相关性,本发明建立了站间行程时间矢量 $T(k)$:

$$[0105] \quad T(k) = (t_{1,2}(k), t_{2,3}(k), \dots, t_{n-1,n}(k)) \quad (2)$$

[0106] 其中, $t_{n-1,n}(k)$ 表示第 k 班公交车从第 $n-1$ 号站点出站到第 n 号站点进站所耗时间,及站间行程时间。

[0107] 例 2:表 2 为两班公交车的分别在 1 至 11 号站点的站间行程时间。计算两班车的线性相关系数。

[0108]

站点 车辆	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	119	150	213	43	297	225	186	155	53	160	167
2	163	200	136	95	250	198	186	155	57	153	161

[0109] 首先分别求取序列 1 和 2 的平均值 $\bar{X} = 160.72$, $\bar{Y} = 159.45$ 。

[0110] 然后由线性相关系数的公式:

$$r_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{Y})^2}} \quad (3)$$

[0112] 可以得出序列 1 和序列 2 的线性相关系数为：

$$r_{12} = \frac{(119-160.72) \times (163-159.45) + \dots + (167-160.72) \times (161-159.45)}{\sqrt{(119-160.72)^2 + \dots + (167-160.72)^2} \times \sqrt{(163-159.45)^2 + \dots + (161-159.45)^2}} = 0.847 \quad (4)$$

[0115] 在对某条公交线路进行到站时间预测前，需要利用一定样本数据，对该线路不同班次公交车辆的相关系数进行分析，找出能保证相关系数在 0.8 以上的临界发车间隔。根据大量实验，本发明认为一般取发车间隔阈值为 10 分钟较为合适。

[0116] 在满足临界发车间隔的基础上，本发明提出基于前车的修正因子计算公式如下：

$$\beta_{i,i+1} = \frac{\gamma_{0,j} + \gamma_{1,j} t_{i,i+1}^p}{t_{i,i+1}} \quad (5)$$

[0118] 其中， $t_{i,i+1}$ 为第 i 号站点到第 i+1 号站点的历史平均站间行程时间； $t_{i,i+1}^p$ 为第 i 号站点到第 i+1 号站点的前车站间行程时间； $\gamma_{0,j}$ 和 $\gamma_{1,j}$ 为回归系数，j 表示当前车辆最近驶过站点； $\beta_{i,i+1}$ 为第 i 号站点到第 i+1 号站点的前车修正因子。

[0119] 对于回归系数 $\gamma_{0,j}$ 和 $\gamma_{1,j}$ 的计算方法，如例 3 所示：

[0120] 例 3：表 3 为当前车辆已经驶过的各站的站间行程时间以及前车驶过的各站的站间行程时间求取回归系数 $\gamma_{0,j}$ 和 $\gamma_{1,j}$ 。

[0121] 表 3

站点 车辆	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
前车	119	150	213	43	297	225	186	155	53	160	167
当前车	163	200	136	95	250	\	\	\	\	\	\

[0123] 首先分别求取序列 1 和 2 的前 5 个站的平均值 $\bar{X} = 164.4$ ， $\bar{Y} = 168.8$ 。

$$\gamma_{1,5} = \frac{\sum_{i=1}^5 (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^5 (x_i - \bar{X})^2} = \frac{(119-164.4) \times (163-168.8) + \dots + (297-164.4) \times (250-168.8)}{(119-164.4)^2 + \dots + (297-164.4)^2} = 0.486 \quad (6)$$

$$\gamma_{0,5} = \bar{Y} - \gamma_{1,5} \bar{X} = 168.8 - 0.486 \times 164.4 = 88.9 \quad (7)$$

[0130] 站间行程时间估计

[0131] 到达下游最近站点时间

[0132] 考虑到公交车在正常运行过程中的两种状态,即站内停车状态与站外行驶状态。当车辆处于站外行驶状态时,车辆到下游最邻近站点的时间则不能单纯的用历史平均站间行程时间表示,因此需要单独处理公交车到达下游最邻近站点的行程时间,如公式(8)所示:

$$[0133] \quad T_{travel}^m = \begin{cases} \frac{l}{\sum_{m=1}^N v_m / N}, & N > T_h \\ t_{i,i+1} \frac{l}{L_i}, & N \leq T_h \end{cases} \quad (8)$$

[0134] 其中, T_{travel}^m 表示公交车到达下游最邻近站点的行程时间预测值;l表示车辆距离下游最近站点的距离;N表示同一线路的上一班车(后文统称为前车)在车站i与车站i+1间的非车站区域和非信号灯区域传回的GPS数据的个数, v_m 为每条GPS数据对应的瞬时速度; $t_{i,i+1}$ 表示车站i与车站i+1间的历史平均站间行程时间; L_i 表示车站i与i+1之间的距离; T_h 表示GPS数据量阈值。

[0135] 基于动态修正的站间行程时间预测方法如下:

[0136] 一般的公交线路(除某些区间车外)的单程长度在20km左右,公交车驶完单程的时间往往在1个小时左右,在这么长的时间里的,道路交通状况可能会发生很大变化,因此在对预测时间进行修正时应该考虑到该特点,对前车修正因子 $\beta_{i,i+1}$ 以及驾驶员驾驶行为修正因子 α 影响的范围和程度做出人为的调整。本文以距离为标准,引入衰减因子,使得距离当前位置越远则修正效果越小。

[0137] 本文通过对道路交通状况以及驾驶员行为特性的分析,分别引入了修正因子,在历史数据模型的基础上,加入了动态修正,模型公式如公式(9)所示:

$$[0138] \quad T_{travel}^n = \begin{cases} T_{travel}^m + \sum_{i=j+1}^{n-1} t_{i,i+1} [1 + \lambda_1^{(i-j)} (\beta_{i,i+1} - 1) + \lambda_2^{(i-j)} (\alpha - 1)] & , \text{车辆在站外} \\ \sum_{i=j}^{n-1} t_{i,i+1} [1 + \lambda_1^{(i-j)} (\beta_{i,i+1} - 1) + \lambda_2^{(i-j)} (\alpha - 1)] & , \text{车辆在站内} \end{cases} \quad (9)$$

[0139] 其中, T_{travel}^n 表示公交车到达目标站点n的站间行程时间预测值; T_{travel}^m 表示公交车到达下游最近站点行程时间预测值;j表示公交车当前所处站点编号; $t_{i,i+1}$ 表示第i号站点到第i+1号站点的历史平均站间行程时间; $\beta_{i,i+1}$ 表示第i号站点到第i+1号站点的前车修正因子; α 表示驾驶员驾驶行为修正因子; λ_1 表示引入的前车修正的衰减因子, λ_2 表示引入的驾驶行为修正的衰减因子,其中, $\lambda_1, \lambda_2 \in (0, 1)$,衰减因子越小则随着与车辆当前位置距离的增大修正作用减小的越快。

[0140] 车站区域停站延误时间估计方法如下:

[0141] 估计车辆在当前车站区域停留时间

[0142] 由车辆实时的进出站信息可以得到车辆驶入当前站点的时间,根据车辆当前GPS时间则可以得到车辆已在该站停留的时间 t_i 。因此,车辆在当前车站i的车站区域停站延误时间 D_i 计算公式为:

$$[0143] \quad D_i = \begin{cases} t_i^s - t_1, & t_i^s - t_1 > T \\ T, & t_i^s - t_1 \leq T \end{cases} \quad (10)$$

[0144] 其中, D_i 表示公交车当前站点 i 的停站时间; t_i^s 表示 i 号站点的历史平均停站时间; t_1 表示该公交车在站点 i 已经停留的时间; T 为 GPS 数据的采样周期。

[0145] 计算车站区域的总停留时间

[0146] 由于车辆在车站内,

[0147]

$$T_{stop}^n = \begin{cases} D_j + \sum_{i=j+1}^{n-1} t_i^s, & \text{车辆在站内} \\ \sum_{i=j+1}^{n-1} t_i^s, & \text{车辆在站外} \end{cases} \quad (11)$$

[0148] 其中 T_{stop}^n 表示公交车到达目标站点 n 的停站时间; D_j 表示公交车当前站点 j 的停站时间; t_i^s 表示 i 号站点的历史平均停站时间。

[0149] 信号灯延误时间计算方法

[0150] 假设信号灯 i 的红灯时间为 t_{red} , 绿灯时间为 t_{green} , 则车辆经过信号灯时遇到红灯的概率 p_i 为:

$$[0151] \quad p_i = \frac{t_{red}}{t_{red} + t_{green}} \quad (12)$$

[0152] 而在一个信号灯周期内车辆遇到红灯的时间期望为 \bar{t}_i :

$$[0153] \quad \bar{t}_i = \frac{\sum_{n=t_{red}}^{n=t_{red}+t_{green}} (1+2+\dots+n)}{t_{red}} = \frac{t_{red} + 1}{2} \quad (13)$$

[0154] 因此, t 时刻从当前位置到预测车站间所有信号灯停车延误时间为:

$$[0155] \quad T_{singal} = \sum_{i=j}^m p_i \bar{t}_i \quad (14)$$

[0156] 其中, T_{singal} 为信号灯处总延误时间; j 表示离车辆当前位置最近的信号灯, m 表示目标站点前一个信号灯; p_i 表示车辆在信号灯 i 处遇红灯的概率; \bar{t}_i 表示车辆在信号灯 i 处遇红绿灯的期望值。

[0157] 公交车到站时间预测方法

[0158] 结合上述步骤, 本发明提出了如下公交车到站时间预测方法, 公式如下:

$$[0159] \quad \overline{T_{travel}^n} = T_{travel}^n + T_{stop}^n + T_{singal} \quad (15)$$

[0160] 其中 $\overline{T_{travel}^n}$ 表示公交车到达目标站点 n 的预测时间; T_{travel}^n 表示公交车到达目标站点 n 的站间行程时间; T_{stop}^n 表示公交车到达目标站点 n 的总停站延误时间; T_{singal} 表示公交车到达目标站点 n 的总信号灯区域延误时间。

[0161] 以上所述仅为本发明的优选实施例, 并不用于限制本发明, 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。

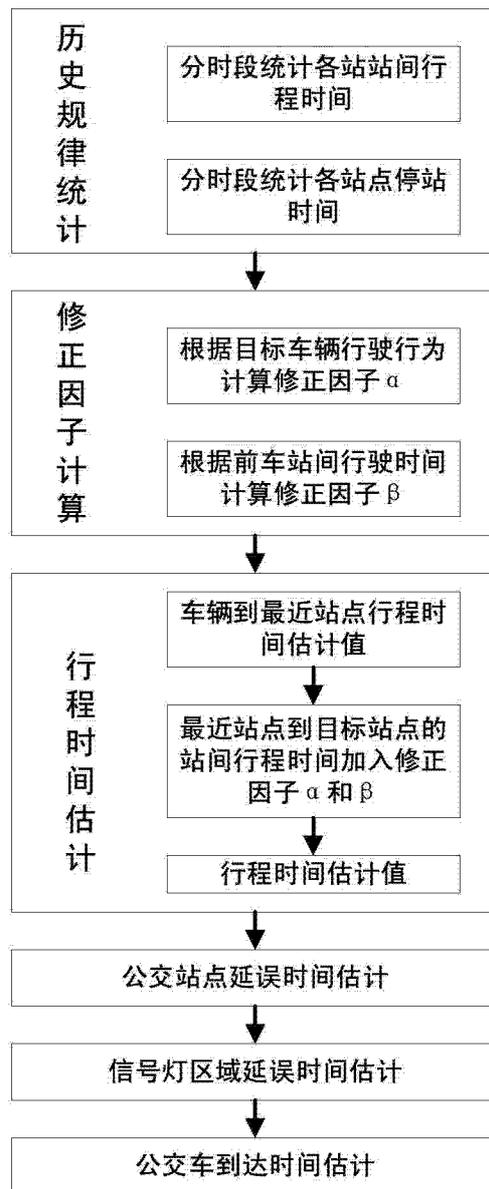


图 1