

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102981173 A

(43) 申请公布日 2013. 03. 20

(21) 申请号 201210568938. 4

(22) 申请日 2012. 12. 25

(71) 申请人 天泽信息产业股份有限公司

地址 210019 江苏省南京市建邺区云龙山路
80 号

(72) 发明人 李娜 李阳 魏大利 樊建 陈进
薛扬 陈智也

(74) 专利代理机构 南京君陶专利商标代理有限
公司 32215

代理人 奚胜元

(51) Int. Cl.

G01S 19/39 (2010. 01)

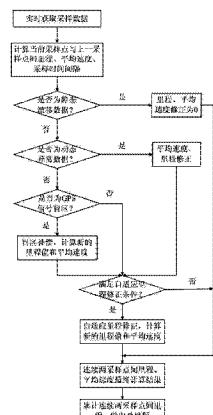
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种里程计算的自适应修正方法

(57) 摘要

本发明属于车载 GPS 导航技术领域, 具体涉及一种针对长采样时间间隔 GPS 数据里程计算的自适应修正方法, 普遍适用于车辆远程管理信息系统。包括如下步骤, 1) GPS 采样数据的实时处理, 所述实时处理的步骤包括 :1-1) 两点间球面距离计算公式的修正, 1-2) 静态漂移数据的修正, 1-3) 动态异常数据的修正 ;2) GPS 信号盲区的补偿 ;3) 里程计算的自适应修正 ;4) 输出计算里程。本发明 GPS 采样数据的处理提高了数据质量 ; 实现短时间盲区补偿, 在不增加车载 GPS 导航系统成本的前提下, 提高了里程计算的精度 ; 通过对里程的自适应修正, 进一步提高了里程计算的精度。模型与算法既支持在线实时运算, 又支持离线数据处理。



1. 一种里程计算的自适应修正方法,其特征在于:包括如下步骤,

1) GPS 采样数据的实时处理

所述 GPS 采样数据包括采样时间、经度、纬度、瞬时速度以及航向角,所述实时处理的步骤包括:

1-1) 两点间球面距离计算公式的修正

1-2) 静态漂移数据的修正

1-3) 动态异常数据的修正

2) GPS 信号盲区的补偿

假设时间段 $[t_{i-1}, t_i]$ 为信号盲区, v_i 为采样时刻 t_i 的瞬时速度,

$$\widehat{\alpha}_{i-1} = \frac{v_{i-1} - v_{i-2}}{t_{i-1} - t_{i-2}} ;$$

采用局部拟合与牛顿运动学相结合的方法,估计车辆在盲区内速度随时间变化 $v(t)$;

GPS 信号盲区的持续时间不超过 20 分钟时,用二次曲线近似 $v(t)$ 较为理想,即

$v(t) = at^2 + bt + c$, 参数值由以下矩阵方程确定:

$$\begin{bmatrix} t_{i-1}^2 & t_{i-1} & 1 \\ t_i^2 & t_i & 1 \\ 2t_{i-1} & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{i-1} \\ v_i \\ \widehat{\alpha}_{i-1} \end{bmatrix} \quad (4)$$

信号盲区 $[t_{i-1}, t_i]$ 的里程 s_i 为:

$$s_i = \int_{t_{i-1}}^{t_i} (at^2 + bt + c) dt = \frac{1}{3}a(t_i^3 - t_{i-1}^3) + \frac{1}{2}b(t_i^2 - t_{i-1}^2) + c(t_i - t_{i-1}) \quad (5)$$

3) 里程计算的自适应修正

以采样时间间隔 Δt (单位:秒)和连续两采样点间的平均速度 \bar{v} (单位:Km/h)为自变量,以余差 y 为因变量,建立多元统计回归模型如下:

$$y = 0.002\Delta t - 0.003\bar{v} + 0.104; \quad (6)$$

其中 $\Delta t \in [10, 30], \bar{v} \in (0, 40)$

该多元回归模型的可决系数 $R^2=0.747$, 调整的可决系数 $R^2=0.744$, 模型系数 t 检验的显著性水平 $p<0.05$, 表明该模型在统计学意义上的有效性;

连续两采样点间里程计算进一步修正为:

$$s_i^{new} = (1+y)s_i^{pre} = (1.104 + 0.002\Delta t - 0.003v)s_i^{pre}; \\ \text{其中 } \Delta t \in [10, 30], v \in (0, 40) \quad (7)$$

所述的 s_i^{pre} 表示步骤 1) 和 2) 得到的连续两采样点间里程, s_i^{new} 表示修正后的里程,

$$\Delta t = t_i - t_{i-1}, \quad v = \frac{s_i^{pre}}{\Delta t};$$

修正量随采样时间间隔和平均速度的变化而调整, 因此是一种自适应修正方法;

4) 输出计算里程

累计连续两采样点间里程, 输出总里程, 从而完成 GPS 里程计算。

2. 根据权利要求 1 所述的里程计算的自适应修正方法, 其特征在于: 所述步骤 1-1) 中, 真实里程与计算里程间的相对误差 e 的计算公式为

$$e = \frac{\widehat{AB} - \overline{AB}}{\overline{AB}} = \frac{\widehat{AB}}{\overline{AB}} - 1 = \frac{\theta}{2 \sin(\theta/2)} - 1$$

两采样点间里程计算公式修正为式(1)和(2),

$$e = \begin{cases} f(\theta) = \frac{\theta}{2 \sin(\theta/2)} - 1; & (0 < \theta < 2\pi) \\ 0 & (\theta = 0) \end{cases} \quad (1)$$

$$S_{\text{修正}} = (1+e) S_{\text{球面}} \quad (2)$$

其中所述的 θ 为弧度制, 表示连续两采样点间车辆航向角的变化量, $S_{\text{球面}}$ 表示两点间球面距离公式的计算结果, $S_{\text{修正}}$ 表示修正后的两点间距离计算结果, 修正后的两点间球面距离计算公式同时考虑了经纬度和航向角信息。

3. 根据权利要求 1 所述的里程计算的自适应修正方法, 其特征在于: 所述步骤 1-2) 中, 静态漂移数据的修正方法为, 如果连续两采样点间里程不大于 2ρ 、连续两采样点的瞬时速度均为 0, 并且连续两采样点间航向角变化量不大于 5° , 则连续两采样点均为静态漂移数据, 针对此静态漂移数据, 连续两采样点间里程修正为 0, 其中 ρ 为 GPS 定位的误差圆半径, $\rho = 0.015\text{Km}$ 。

4. 根据权利要求 1 所述的里程计算的自适应修正方法, 其特征在于: 所述步骤 1-3) 中, 动态异常数据辨识方法为:

按照公式 $\frac{\bar{v}_i - \hat{v}_i}{v_i}$ 计算出的数值,如果大于 δ ,则连续两采样点间里程计算值异常;

其中:

$$\bar{v}_i = \frac{\text{连续两采样点间里程} s_i}{\text{采样时间间隔} \Delta t};$$

表示连续两采样点间平均速度,

\hat{v}_i 表示连续两采样点间平均速度预估值, $\hat{v}_i = \text{连续两采样点瞬时速度的均值};$

δ 取值范围为 $[0.3, 0.6]$;

针对所述动态异常数据,连续两采样点间平均速度 \bar{v}_i 的修正公式为:

$$\tilde{v}_i = \omega_1 \frac{\bar{v}_{i-1} + \bar{v}_{i-2}}{2} + \omega_2 \hat{v}_i; \text{其中 } \omega_1, \omega_2 \geq 0, \text{且 } \omega_1 + \omega_2 = 1 \quad (3)$$

$i-1$ 和 $i-2$ 为当前弧 i 的前两段弧;

连续两采样点间里程修正为: $s_i = \tilde{v}_i \Delta t$, 其中, \tilde{v}_i 为连续两采样点间平均速度的修正值, $\Delta t = t_i - t_{i-1}$ 为采样时间间隔。

一种里程计算的自适应修正方法

技术领域

[0001] 本发明属于车载 GPS 导航技术领域，具体涉及一种针对长采样时间间隔 GPS 数据里程计算的自适应修正方法，普遍适用于车辆远程管理信息系统。

背景技术

[0002] GPS 定位系统具有较高精度、全天候、实时定位的能力，目前车载 GPS 导航在智能交通领域已得到广泛应用，它能够实时提供车辆位置、速度以及行驶方向等信息，便于车辆的远程跟踪管理。特别在商用车辆远程跟踪管理系统中，里程是一项重要的统计指标，而系统中里程计算大都基于 GPS 采样信息。当车载终端 GPS 采样时间间隔较短时，能够大幅度减少里程计算的误差，但采样数据量也大大增加，这对系统平台的计算和存储性能提出了更高的要求，也增加了网络通信的成本，因此目前车辆远程信息管理系统中普遍采用长采样时间间隔(不小于 10s) 模式。

[0003] 由于 GPS 本身存在定位误差和信号盲区(在动态环境或遮挡区域时，GPS 接收机不能及时捕获和跟踪到 GPS 信号，导致 GPS 定位功能失效) 等缺陷，单独采用 GPS 定位系统的效果可能不够理想，因此组合导航技术应运而生，其典型代表是 GPS/ 惯性组合导航技术。GPS/ 惯性组合导航能够在一定程度上减小单独依靠 GPS 定位系统的缺陷。不过，与 GPS 导航相比，GPS/ 惯性组合导航需额外增加惯性导航系统，这无疑增加了整个系统的成本，同时面临系统间的耦合以及系统可靠性等问题。从经济性来讲，目前普通车载用户大多单独采用 GPS 导航。

发明内容

[0004] 本发明的目的是针对上述不足之处提供一种里程计算的自适应修正方法，面向长采样时间间隔的车载 GPS 导航系统，通过构建有效的模型与算法，对采样数据处理、信号盲区补偿以及里程计算的自适应修正，从而提高里程计算的精度，同时也为基于里程数据的油耗分析提供更精准的依据。克服 GPS 因定位误差、信号盲区和长采样时间间隔而导致里程计算误差较大的缺陷。

[0005] 一种里程计算的自适应修正方法是采取以下技术方案实现的：

一种里程计算的自适应修正方法包括如下步骤，

1) GPS 采样数据的实时处理

所述 GPS 采样数据主要包括采样时间、经度、纬度、瞬时速度以及航向角等，所述实时处理的步骤包括：

1-1) 两点间球面距离计算公式的修正

计算当前采样点与上一采样点间的车辆里程，传统的方法是只利用两点的经纬度信息，直接采用两点间球面距离公式获得，它是球面上两点间的最短弧长。事实上，车辆不可能一直沿着这条最短弧行驶，因此计算里程与真实里程存在一定的误差，而当航向角发生较大变化时，这种误差更显著。在采样时间间隔不大于 30 秒的场景下，将球面坐标投影到

二维平面坐标,在二维平面坐标内分析里程的计算值与真实值之间的误差。将车辆运动轨迹近似为圆弧 \widehat{AB} (即使行驶轨迹为直线,也可视为曲率半径是无穷大的圆弧),位置 A、B 切向量间的夹角 θ 即为航向角的变化量。真实里程与计算里程间的相对误差 e 的计算公式为

$$e = \frac{\widehat{AB} - \overrightarrow{AB}}{\overrightarrow{AB}} = \frac{\widehat{AB}}{\overrightarrow{AB}} - 1 = \frac{\theta}{2 \sin(\theta/2)} - 1$$

两采样点间里程计算公式修正为式(1)和(2),

$$e = \begin{cases} f(\theta) = \frac{\theta}{2 \sin(\theta/2)} - 1 & ; (0 < \theta < 2\pi) \\ 0 & ; (\theta = 0) \end{cases} \quad (1)$$

$$S_{\text{修正}} = (1+e) S_{\text{球面}} \quad (2)$$

其中所述的 θ 为弧度制,表示连续两采样点间车辆航向角的变化量, $S_{\text{球面}}$ 表示两点间球面距离公式的计算结果, $S_{\text{修正}}$ 表示修正后的两点间距离计算结果,修正后的两点间球面距离计算公式同时考虑了经纬度和航向角信息。

[0006] 1-2) 静态漂移数据的修正

静态漂移数据指的是当车辆处于静止状态,采样数据经纬度信息依然随时间发生变化,这种变化是由于 GPS 自身的定位误差引起的,需要对其进行修正。

[0007] 根据定位误差理论:定位点以 95% 的置信水平落在以车辆实际位置为圆心的圆内,即定位误差圆。误差圆半径设为 ρ ,其值随 GPS 定位技术的改进而变化,现有的民用 GPS 定位精度一般为 15m,即 $\rho = 0.015\text{Km}$ 。结合 GPS 定位误差、采样点的瞬时速度以及航向角信息,能够有效辨识 GPS 静态漂移。

[0008] 静态漂移数据的修正方法为:如果连续两采样点间里程不大于 2ρ 、连续两采样点的瞬时速度均为 0,并且连续两采样点间航向角变化量不大于 5° ,则连续两采样点均为静态漂移数据,针对此静态漂移数据,连续两采样点间里程修正为 0,其中 ρ 为 GPS 定位的误差圆半径, $\rho = 0.015\text{Km}$ 。

[0009] 1-3) 动态异常数据的修正

动态异常数据指的是连续两采样点间里程计算值超过最大可能运动距离,所述最大可能运动距离为车辆能够运行最大速度 * 时间间隔,通常采用速度作为动态异常数据辨识的依据。动态异常数据辨识方法为:

中：

$$\bar{v}_i = \frac{\text{连续两采样点间里程 } s_i}{\text{采样时间间隔 } \Delta t} ;$$

表示连续两采样点间平均速度，

\hat{v}_i 表示连续两采样点间平均速度预估值， $\hat{v}_i = \text{连续两采样点瞬时速度的均值}$ ；

δ 取值范围为 [0.3, 0.6]。

[0010] 针对所述动态异常数据，连续两采样点间平均速度 \bar{v}_i 的修正公式为：

$$\tilde{v}_i = \omega_1 \frac{\bar{v}_{i-1} + \bar{v}_{i-2}}{2} + \omega_2 \hat{v}_i ; \text{其中 } \omega_1, \omega_2 \geq 0, \text{且 } \omega_1 + \omega_2 = 1 \quad (3)$$

$i-1$ 和 $i-2$ 为当前弧 i 的前两段弧。

[0011] 连续两采样点间里程修正为： $s_i = \tilde{v}_i \Delta t$ ，其中， \tilde{v}_i 为连续两采样点间平均速度的修正值， $\Delta t = t_i - t_{i-1}$ 为采样时间间隔。

[0012] 2) GPS 信号盲区的补偿

假设时间段 $[t_{i-1}, t_i]$ 为信号盲区， v_i 为采样时刻 t_i 的瞬时速度， $\hat{\alpha}_{i-1}$ 为采样时刻 t_{i-1} 对应的瞬时加速度估计值， $\hat{\alpha}_{i-1} = \frac{v_{i-1} - v_{i-2}}{t_{i-1} - t_{i-2}}$ 。采用局部拟合与牛顿运动学相结合的方法，估计车辆在盲区内速度随时间变化 $v(t)$ 。GPS 信号盲区的持续时间不超过 20 分钟时，用二次曲线近似 $v(t)$ 较为理想，即 $v(t) = at^2 + bt + c$ ，参数值由以下矩阵方程确定：

$$\begin{bmatrix} t_{i-1}^2 & t_{i-1} & 1 \\ t_i^2 & t_i & 1 \\ 2t_{i-1} & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{i-1} \\ v_i \\ \hat{\alpha}_{i-1} \end{bmatrix} \quad (4)$$

信号盲区 $[t_{i-1}, t_i]$ 的里程 s_i 为：

$$s_i = \int_{t_{i-1}}^{t_i} (at^2 + bt + c) dt = \frac{1}{3}a(t_i^3 - t_{i-1}^3) + \frac{1}{2}b(t_i^2 - t_{i-1}^2) + c(t_i - t_{i-1}) \quad (5)$$

3) 里程计算的自适应修正

通过所述步骤 1)GPS 数据的实时处理和步骤 2)信号盲区的补偿，提高了里程计算的准

确性,但里程计算值与真实值之间仍存在一定的误差,这里将其称之为余差,余差=(真实里程 - 计算里程)/ 真实里程。GPS 采样时间间隔较短时余差较小,采样时间间隔小于 10 秒时余差一般不超过 4%。

[0013] 所述的长采样时间间隔指的是采样时间间隔在 [10, 30] 秒范围内。长采样时间间隔条件下,余差一般较大,但通过对余差的预测来修正里程计算值,能够进一步提高里程计算的精度。通过大量的跑车实验发现:当采样时间间隔在 [10, 30] 秒范围内时,余差与采样时间间隔呈较强的正相关关系,相关系数 0.76;当连续两采样点间的平均速度小于 40Km/h 时,余差与平均速度呈较强的负相关关系,相关系数 -0.70。

[0014] 以采样时间间隔 Δt (单位:秒)和连续两采样点间的平均速度 \bar{v} (单位:Km/h)为自变量,以余差 y 为因变量,建立多元统计回归模型如下:

$$y = 0.002\Delta t - 0.003\bar{v} + 0.104; \quad (6)$$

其中 $\Delta t \in [10, 30]$, $\bar{v} \in (0, 40)$

该多元回归模型的可决系数 $R^2=0.747$, 调整的可决系数 $R^2=0.744$, 模型系数 t 检验的显著性水平 $p<0.05$, 表明该模型在统计学意义上的有效性。

[0015] 连续两采样点间里程计算进一步修正为:

$$s_i^{new} = (1+y)s_i^{pre} = (1.104 + 0.002\Delta t - 0.003\bar{v})s_i^{pre}; \quad (7)$$

其中 $\Delta t \in [10, 30]$, $\bar{v} \in (0, 40)$

所述的 s_i^{pre} 表示步骤 1) 和 2) 得到的连续两采样点间里程, s_i^{new} 表示修正后的里程, $\Delta t = t_i - t_{i-1}$, $\bar{v} = \frac{s_i^{pre}}{\Delta t}$ 。修正量随采样时间间隔和平均速度的变化而调整,因此是一种自适应修正方法。

[0016] 4) 输出计算里程

累计连续两采样点间里程,输出总里程,从而完成 GPS 里程计算。

[0017] 本发明一种针对长采样时间间隔 GPS 数据里程计算的自适应修正方法具有如下优点:(1)GPS 采样数据的处理提高了数据质量。(2)采用拟合与牛顿运动学相结合的方法来代替惯性导航系统,实现短时间盲区补偿,在不增加车载 GPS 导航系统成本的前提下,提高了里程计算的精度。(3)长采样时间间隔条件下,通过对里程的自适应修正,进一步提高了里程计算的精度。宽放采样时间间隔,减少了数据采集量,大大缓解了系统平台的工作压力,同时能够保证里程计算的精度。(4)模型与算法既支持在线实时运算,又支持离线数据处理。

附图说明

[0018] 以下将结合附图对本发明作进一步说明：

图 1 是本发明里程计算的自适应修正方法的两点间球面距离计算公式修正模型的示意图。

[0019] 图 2 是本发明里程计算的自适应修正方法的系统框图。

[0020] 图 3 是本发明里程计算的自适应修正方法的步骤流程图。

[0021] 图 4 是本发明里程计算的自适应修正方法涉及的 GPS 信号盲区内车速随时间变化曲线图。

[0022] 图 5 是本发明里程计算的自适应修正方法使用前后里程计算值与真实值的比较图。

具体实施方式

[0023] 参照附图 1~5, 本发明一种针对长采样时间间隔 GPS 数据里程计算的自适应修正方法的系统整体流程包括 :GPS 车载终端的实时数据采集, 将采集到的数据通过网络传输到运营中心进行解析和存储 ; 数据处理平台根据解析后的 GPS 信息进行实时计算、分析等数据处理以应用未来业务, 包括该方法涉及的里程计算并修正 ; 处理后得到的结果存储在业务数据库供其他应用使用。

[0024] 所述的 GPS 车载终端采用市售的车载 GPS 接收机。

[0025] 一种里程计算的自适应修正方法包括如下步骤,

1) GPS 采样数据的实时处理

所述 GPS 采样数据主要包括采样时间、经度、纬度、瞬时速度以及航向角等, 所述实时处理的步骤包括 :

1-1) 两点间球面距离计算公式的修正

计算当前采样点与上一采样点间的车辆里程, 传统的方法是只利用两点的经纬度信息, 直接采用两点间球面距离公式获得, 它是球面上两点间的最短弧长。事实上, 车辆不可能一直沿着这条最短弧行驶, 因此计算里程与真实里程存在一定的误差, 而当航向角发生较大变化时, 这种误差更显著。在采样时间间隔不大于 30 秒的场景下, 将球面坐标投影到二维平面坐标, 在二维平面坐标内分析里程的计算值与真实值之间的误差。将车辆运动轨迹近似为圆弧 \widehat{AB} (即使行驶轨迹为直线, 也可视为曲率半径是无穷大的圆弧), 位置 A、B 切向量间的夹角 θ 即为航向角的变化量。真实里程与计算里程间的相对误差 e 的计算公式为

$$e = \frac{\widehat{AB} - \overline{AB}}{\overline{AB}} = \frac{\widehat{AB}}{\overline{AB}} - 1 = \frac{\theta}{2 \sin(\theta/2)} - 1$$

两采样点间里程计算公式修正为式(1)和(2),

$$e = \begin{cases} f(\theta) = \frac{\theta}{2 \sin(\theta/2)} - 1; & (0 < \theta < 2\pi) \\ 0 & ; (\theta = 0) \end{cases} \quad (1)$$

$$S_{\text{修正}} = (1+e) S_{\text{球面}} \quad (2)$$

其中所述的 θ 为弧度制, 表示连续两采样点间车辆航向角的变化量, $S_{\text{球面}}$ 表示两点间球面距离公式的计算结果, $S_{\text{修正}}$ 表示修正后的两点间距离计算结果, 修正后的两点间球面距离计算公式同时考虑了经纬度和航向角信息。

[0026] 1-2) 静态漂移数据的修正

静态漂移数据指的是当车辆处于静止状态, 采样数据经纬度信息依然随时间发生变化, 这种变化是由于 GPS 自身的定位误差引起的, 需要对其进行修正。

[0027] 根据定位误差理论: 定位点以 95% 的置信水平落在以车辆实际位置为圆心的圆内, 即定位误差圆。误差圆半径设为 ρ , 其值随 GPS 定位技术的改进而变化, 现有的民用 GPS 定位精度一般为 15m, 即 $\rho = 0.015\text{Km}$ 。结合 GPS 定位误差、采样点的瞬时速度以及航向角信息, 能够有效辨识 GPS 静态漂移。

[0028] 静态漂移数据的修正方法为: 如果连续两采样点间里程不大于 2ρ 、连续两采样点的瞬时速度均为 0, 并且连续两采样点间航向角变化量不大于 5° , 则连续两采样点均为静态漂移数据, 针对此静态漂移数据, 连续两采样点间里程修正为 0, 其中 ρ 为 GPS 定位的误差圆半径, $\rho = 0.015\text{Km}$ 。

[0029] 1-3) 动态异常数据的修正

动态异常数据指的是连续两采样点间里程计算值超过最大可能运动距离, 所述最大可能运动距离为车辆能够运行最大速度 * 时间间隔, 通常采用速度作为动态异常数据辨识的依据。动态异常数据辨识方法为:

按照公式 $\frac{\bar{v}_2 - v_1}{v_1}$ 计算出的数值, 如果大于 δ , 则连续两采样点间里程计算值异常。其中:

$$\bar{v}_i = \frac{\text{连续两采样点间里程} s_i}{\text{采样时间间隔} \Delta t};$$

表示连续两采样点间平均速度,

\hat{v}_i 表示连续两采样点间平均速度预估值, $\hat{v}_i = \text{连续两采样点瞬时速度的均值}$;

δ 取值范围为 [0.3, 0.6]。

[0030] 针对所述动态异常数据, 连续两采样点间平均速度 \bar{v}_i 的修正公式为:

$$\tilde{v}_i = \omega_1 \frac{\overline{v_{i-1} + v_{i-2}}}{2} + \omega_2 \hat{v}_i; \text{ 其中 } \omega_1, \omega_2 \geq 0, \text{ 且 } \omega_1 + \omega_2 = 1 \quad (3)$$

i-1 和 i-2 为当前弧 i 的前两段弧。

[0031] 连续两采样点间里程修正为： $s_i = \tilde{v}_i \Delta t$ ，其中， \tilde{v}_i 为连续两采样点间平均速度的修正值， $\Delta t = t_i - t_{i-1}$ 为采样时间间隔。

[0032] 2) GPS 信号盲区的补偿

假设时间段 $[t_{i-1}, t_i]$ 为信号盲区， v_i 为采样时刻 t_i 的瞬时速度， $\widehat{\alpha}_{i-1}$ 为采样时刻 t_{i-1} 对应的瞬时加速度估计值， $\widehat{\alpha}_{i-1} = \frac{v_{i-1} - v_{i-2}}{t_{i-1} - t_{i-2}}$ 。采用局部拟合与牛顿运动学相结合的方法，估计车辆在盲区内速度随时间变化 $v(t)$ 。GPS 信号盲区的持续时间不超过 20 分钟时，用二次曲线近似 $v(t)$ 较为理想，即 $v(t) = at^2 + bt + c$ ，参数值由以下矩阵方程确定：

$$\begin{bmatrix} t_{i-1}^2 & t_{i-1} & 1 \\ t_i^2 & t_i & 1 \\ 2t_{i-1} & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{i-1} \\ v_i \\ \widehat{\alpha}_{i-1} \end{bmatrix} \quad (4)$$

信号盲区 $[t_{i-1}, t_i]$ 的里程 s_i 为：

$$s_i = \int_{t_{i-1}}^{t_i} (at^2 + bt + c) dt = \frac{1}{3}a(t_i^3 - t_{i-1}^3) + \frac{1}{2}b(t_i^2 - t_{i-1}^2) + c(t_i - t_{i-1}) \quad (5)$$

3) 里程计算的自适应修正

通过所述步骤 1)GPS 数据的实时处理和步骤 2)信号盲区的补偿，提高了里程计算的准确性，但里程计算值与真实值之间仍存在一定的误差，这里将其称之为余差，余差 = (真实里程 - 计算里程) / 真实里程。GPS 采样时间间隔较短时余差较小，采样时间间隔小于 10 秒时余差一般不超过 4%。

[0033] 所述的长采样时间间隔指的是采样时间间隔在 [10, 30] 秒范围内。长采样时间间隔条件下，余差一般较大，但通过对余差的预测来修正里程计算值，能够进一步提高里程计算的精度。通过大量的跑车实验发现：当采样时间间隔在 [10, 30] 秒范围内时，余差与采样时间间隔呈较强的正相关关系，相关系数 0.76；当连续两采样点间的平均速度小于 40Km/h 时，余差与平均速度呈较强的负相关关系，相关系数 -0.70。

[0034] 以采样时间间隔 Δt (单位：秒) 和连续两采样点间的平均速度 \bar{v} (单位：Km/h) 为自变量，以余差 y 为因变量，建立多元统计回归模型如下：

$$y = 0.002\Delta t - 0.003\bar{v} + 0.104; \quad (6)$$

其中 $\Delta t \in [10, 30]$, $\bar{v} \in (0, 40)$

该多元回归模型的可决系数 $R^2=0.747$, 调整的可决系数 $R^2=0.744$, 模型系数 t 检验的显著性水平 $p<0.05$, 表明该模型在统计学意义上的有效性。

[0035] 连续两采样点间里程计算进一步修正为 :

$$s_i^{new} = (1+y) s_i^{pre} = (1.104 + 0.002\Delta t - 0.003\bar{v}) s_i^{pre}; \quad (7)$$

其中 $\Delta t \in [10, 30]$, $\bar{v} \in (0, 40)$

所述的 s_i^{pre} 表示步骤 1) 和 2) 得到的连续两采样点间里程, s_i^{new} 表示修正后的里程, $\Delta t = t_i - t_{i-1}$, $\bar{v} = \frac{s_i^{pre}}{\Delta t}$ 。修正量随采样时间间隔和平均速度的变化而调整, 因此是一种自适应修正方法。

[0036] 4) 输出计算里程

累计连续两采样点间里程, 输出总里程, 从而完成 GPS 里程计算。

[0037] 参照附图 5, 给出了具体实施过程中, 本发明方法使用前后里程计算值与真实值的结果比较, 这里的里程值指的是截止到某一时间点的车辆累计里程。由附图 5 可见, 本发明方法使用后的计算里程与真实里程更为接近, 提高了里程计算的精度。

[0038] 通过具体实施(跑车实验)发现: 在 GPS 长采样时间间隔、定位误差和短时间信号盲区的场景下, 本发明方法依然能够得到高精度的里程计算结果, 普遍适用于车辆远程管理信息系统。

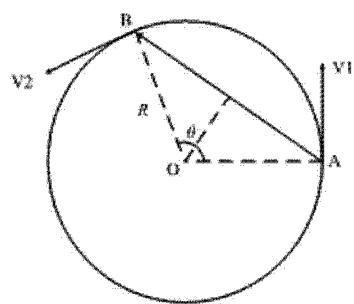


图 1

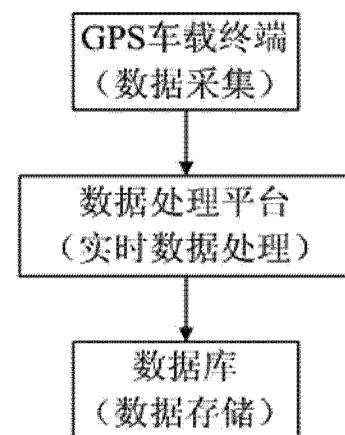


图 2

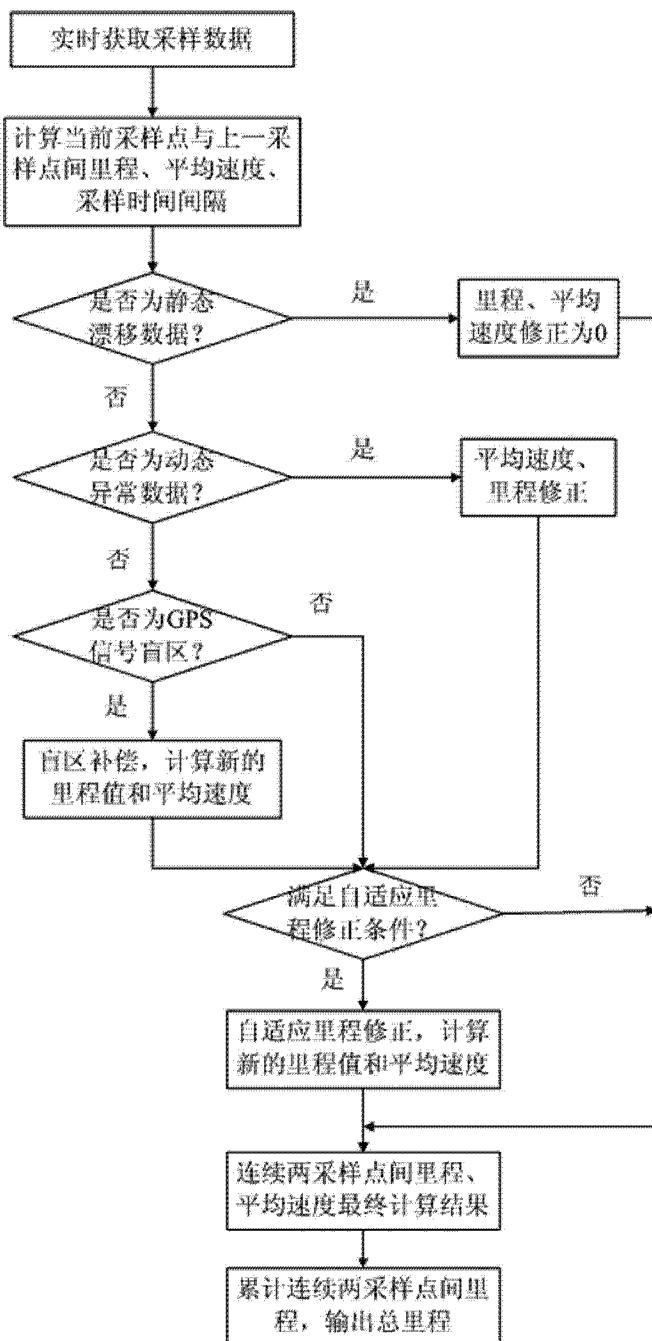


图 3

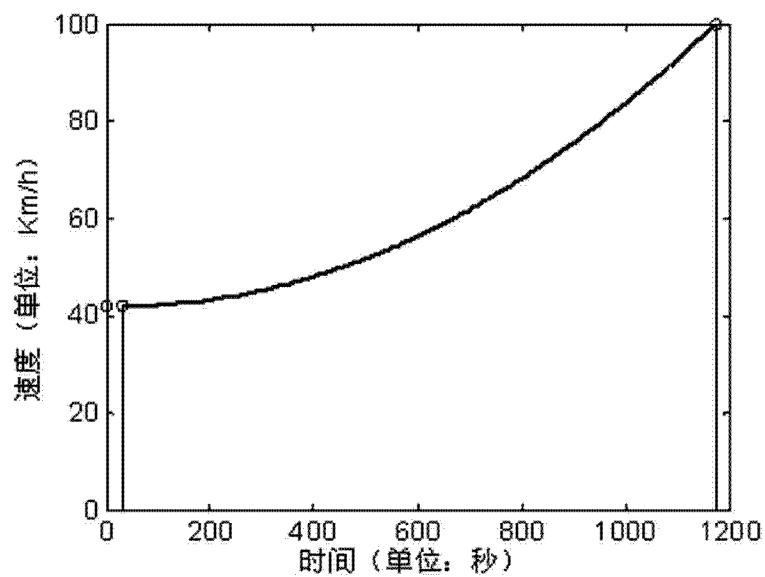


图 4

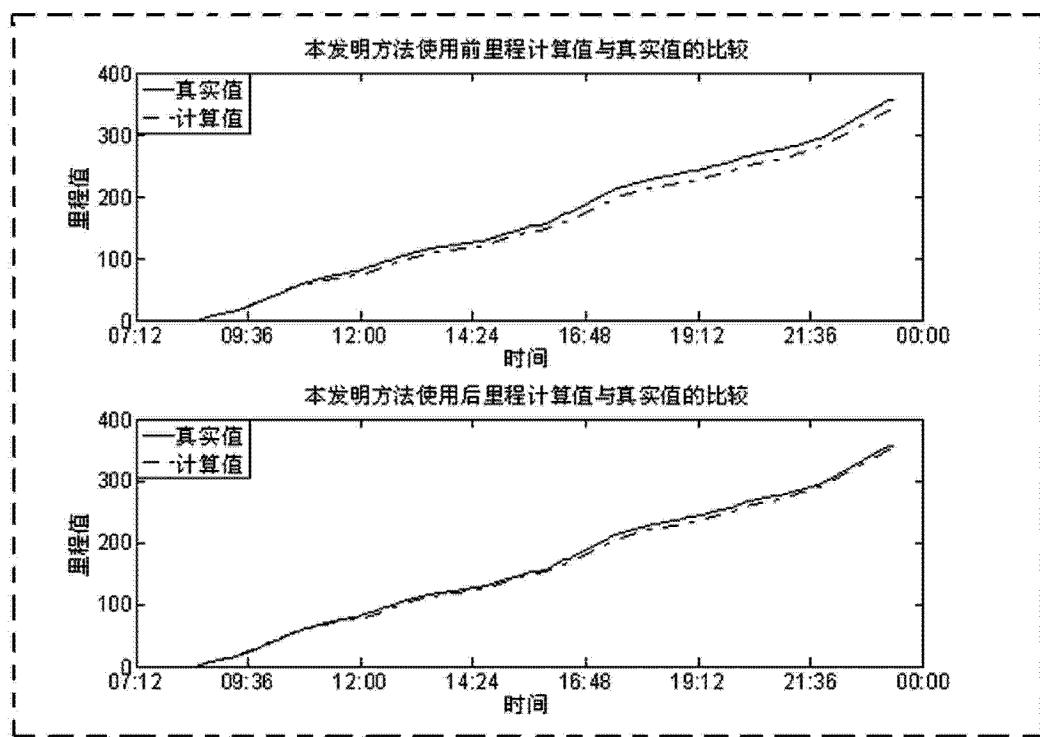


图 5