



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109462820 B

(45) 授权公告日 2021.02.19

(21) 申请号 201811368105.7

(22) 申请日 2018.11.16

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109462820 A

(43) 申请公布日 2019.03.12

(73) 专利权人 华南理工大学
地址 511458 广东省广州市南沙区环市大
道南路25号华工大广州产研院

(72) 发明人 林永杰 黄紫林 许伦辉

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限
公司 44102
代理人 何淑珍 江裕强

(51) Int. Cl.
H04W 4/029 (2018.01)
H04W 4/40 (2018.01)

(56) 对比文件

CN 105223549 A, 2016.01.06
CN 106507313 A, 2017.03.15
US 2017026804 A1, 2017.01.26

审查员 李静

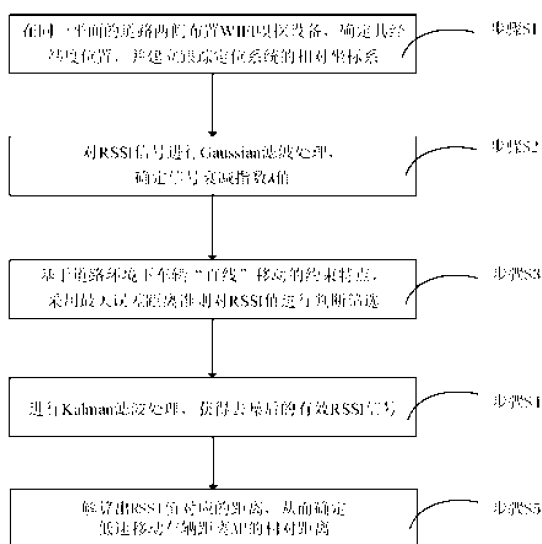
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种用于跟踪低速移动车辆的RSSI拟合方法

(57) 摘要

本发明公开一种用于跟踪低速移动车辆的RSSI拟合方法,包括:在同一平面的道路两侧布置WIFI嗅探设备,建立跟踪定位系统的相对坐标系;对WIFI嗅探设备接收到的RSSI信号进行Gaussian滤波处理,确定衰减模型中信号衰减指数 λ 值,获得符合实际道路环境的信号衰减模型;对RSSI值进行判断筛选,将判断筛选后的数据,进行Kalman滤波处理,获得有效RSSI信号。本发明运用Gaussian滤波获得符合实际道路环境的无线信号衰减模型,并考虑低速移动车辆场景下RSSI值的变化规律,引入最大误差距离准则进行筛选,最后进行Kalman滤波处理。本发明能有效地降低RSSI信号波动,输出平滑的信号波形。



1.一种用于跟踪低速移动车辆的RSSI拟合方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤S1、在同一平面的道路两侧布置WIFI嗅探设备,确定其经纬度位置,并建立跟踪定位系统的相对坐标系;(1)在一平面的道路两侧区域,布置已知位置的WIFI嗅探设备一部、移动终端I台,将移动终端标记作 $i, i=1\sim I$;

在相对坐标系中,设WIFI嗅探设备的坐标为 (x_r, y_r) ,移动终端的坐标为 $(x_{r+1}, y_{r+1}), \dots, (x_{r+i}, y_{r+i}), \dots, (x_{r+I}, y_{r+I})$;

(2)通过电脑端MYSQL数据库连接WIFI嗅探设备,获得从移动终端嗅探到的RSSI数据信息,分为I个通道储存;

设每台移动终端被采样J次,每次采样得到一个RSSI值,则从第i台移动终端采样获得的数据可表示为 $R_{i,J} = (rssi_{i,1}, \dots, rssi_{i,j}, \dots, rssi_{i,J})$,其中 $j=1\sim J$,I台移动终端在测试时间内获得的RSSI数据可表示 $R = \{R_{1,J}, \dots, R_{i,J}, \dots, R_{I,J}\}$;其中, $rssi_{i,j}$ 为第i台移动终端第j次采样获得的RSSI值, $R_{i,J}$ 为第i台移动终端在测试时间内采样J次获得的RSSI集合;

步骤S2、对WIFI嗅探设备接收到的RSSI信号进行Gaussian滤波处理,确定衰减模型中信号衰减指数 λ 值,获得符合实际道路环境的无线信号衰减模型;具体包括:

(1)通过对Gaussian滤波的阈值进行设置,保留满足预设概率阈值 ρ 的RSSI信号,同时舍弃小于概率阈值 ρ 的RSSI信号,概率阈值 ρ 设置为0.6,具体表达式如下:

$$\frac{0.6}{\sigma\sqrt{2\pi}} \leq \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \leq \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}$$

式中, σ 为方差, μ 为均值;取范围 $[0.15\sigma+\mu \leq x \leq 3.09\sigma+\mu]$ 内的RSSI值,设共有N个,第i台移动终端新的RSSI值集合标记作 $R_{i,N} = (rssi_{i,1}, \dots, rssi_{i,n}, \dots, rssi_{i,N})$, $rssi_{i,n}$ 为Gaussian滤波后第i台移动终端第n个时间序列的RSSI值,其中 $n=1\sim N$,对集合 $R_{i,N}$ 进行算术平均,得到距离一定时RSSI值的平均值;

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N (rssi_{i,n} - \mu)^2}$$

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N rssi_{i,n};$$

(2) 求出RSSI值与距离d的关系,从而确定符合实际道路环境的无线信号衰减模型, $RSSI = -(10\lambda \log_{10} d + A)$, λ 代表信号衰减指数 λ ,

无线信号衰减模型中,参数A取Gaussian滤波后, $d=1m$ 时的RSSI值平均值;

步骤S3、基于道路环境下车辆直线移动的约束特点,采用最大误差距离准则对RSSI值进行判断筛选,设定门限概率值F;包括:

(1) 原始数据采集:取当前时刻之前某时间区间T内RSSI信号值M个,将时间戳记为集合 $T_m, T_m = (t_1, \dots, t_m, \dots, t_M)$,其中 $m=1\sim M$,将对应的RSSI值记为集合 $Rssi_m, Rssi_m = (rssi_1, \dots, rssi_m, \dots, rssi_M)$;

(2) 变化趋势判断:设集合 $x(m) = \{(t_1, rssi_1), \dots, (t_m, rssi_m), \dots, (t_M, rssi_M)\}$,对集合 $x(m)$ 作最小二乘拟合,其中 $x(m)$ 为时间戳和对应的RSSI值, t_m 为第m个时间戳, $rssi_m$ 为第m个时间戳对应的RSSI值;

设拟合直线L方程为 $Ax+By+C=0$,根据直线斜率K,判断得知RSSI信号值的变化趋势;当

$K > 0$ 时,表示RSSI信号值呈上升趋势;当 $K = 0$ 时,表示RSSI信号值平稳变化;当 $K < 0$ 时,表示RSSI信号值呈下降趋势;

(3) 门限概率值 F 确定:计算集合 $x(m)$ 中各点到直线 L 的欧氏距离,记为集合 $l, l = \{l_1, \dots, l_m, \dots, l_M\}$,其中 l_m 为第 m 个时间戳点到拟合直线 L 的欧氏距离;对集合 l 进行算术平均并将结果作为门限概率值 F ;

$$l_m = \frac{|Ax_m + Brssi_m + C|}{\sqrt{A^2 + B^2}}$$

$$F = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M l_m$$

以门限概率值 F 为阈值判断当前时刻RSSI值是否为异常RSSI值;对集合 T_m 采用下述RSSI值滤波器,得到滤波后的集合 $X(t)$,

$$X(t) = \begin{cases} x(m), & \text{如果 } l_m \leq F \\ X(t-1), & \text{如果 } l_m > F \end{cases}$$

式中, t 为时间序列参数; $x(m)$ 为当前时刻测量数据, $X(t-1)$ 为上一时刻测量数据, $X(t)$ 为滤波后的数据;

步骤S4.将判断筛选后的数据,进行Kalman滤波处理,获得降噪后的有效RSSI信号。

2. 根据权利要求1所述的一种用于跟踪低速移动车辆的RSSI拟合方法,其特征在于,步骤S4包括:

Kalman滤波系统的状态预测方程:

$$X(t|t-1) = AX(t-1|t-1) + BU(t)$$

$$P(t|t-1) = AP(t-1|t-1)A^T + Q$$

Kalman滤波系统的状态更新方程:

$$X(t|t) = X(t|t-1) + Kg(t)(Z(t) - HX(t|t-1))$$

$$Kg(t) = P(t|t-1)H^T / (HP(t|t-1)H^T + R)$$

$$P(t|t) = (I - Kg(t)H)P(t|t-1)$$

式中, $X(t|t-1)$ 为根据上一时刻预测得到的当前时刻的RSSI值; $X(t-1|t-1)$ 为上一时刻RSSI值得预测值; A 、 B 为测量系统参数矩阵; $U(t)$ 为当前时刻测量系统的控制量; $P(t|t-1)$ 为 $X(t|t-1)$ 对应的协方差矩阵; $P(t-1|t-1)$ 为 $X(t-1|t-1)$ 对应的协方差矩阵; Q 为系统噪声; $Z(t)$ 为当前时刻RSSI值的测量值; H 为测量系统的参数矩阵; $Kg(t)$ 为Kalman滤波增益; R 为测量噪声; $P(t|t)$ 当前状态的更新值; I 为单位矩阵。

一种用于跟踪低速移动车辆的RSSI拟合方法

技术领域

[0001] 本发明涉及RSSI定位与车辆移动定位技术领域,尤其涉及一种用于跟踪低速移动车辆的RSSI拟合方法。

背景技术

[0002] 随着智慧城市的快速建设,将会在城市道路两侧布置大量的无线传感器网络,基于无线信号的车辆定位技术已成为重要的交通信息实时采集、状态监测方法。该定位技术是以驾驶员或者乘客随身携带的智能手机、平板电脑以及笔记本(能够连接WIFI网络的设备)作为移动终端MT(Mobile terminal),通过WIFI嗅探设备监听由移动终端(MT)发出的探测请求帧(Probe Request),提取其中的MAC地址、时间戳(Time)、信号强度(RSSI)。结合WIFI嗅探设备自身的经纬度信息,可以推算出低速移动车辆的位置数据。

[0003] 现阶段,基于信号强度(RSSI)的定位技术具有成本低、功耗低、适用于多遮挡环境等特点,在室内定位领域应用较广。基于固定终端的RSSI信号传播模型和滤波算法研究有很多,这也为实现低速移动车辆的跟踪提供了理论基础。但在实际应用中,车辆的移动会造成RSSI信号不可避免的小尺度衰落,在加上未考虑实际测量过程中噪音干扰和障碍遮挡的影响,RSSI数据的有效性低,存在很大的信号波动问题,严重影响到对移动车辆的定位推算。

[0004] 显然,基于固定终端的RSSI拟合方法并不适用于移动车辆场景,急需提出一种用于跟踪低速移动车辆的RSSI拟合方法。

发明内容

[0005] 为了克服上述背景中提出的技术问题,本发明旨在提供一种用于跟踪低速移动车辆的RSSI拟合方法,能克服现有技术RSSI获取误差大、信号波动强等难题。

[0006] 本发明所提供的技术方案为一种用于跟踪低速移动车辆的RSSI拟合方法,包含以下步骤:

[0007] 步骤S1:在同一平面的道路两侧布置WIFI嗅探设备,确定其经纬度位置,并建立跟踪定位系统的相对坐标系;

[0008] 步骤S2:对WIFI嗅探设备接收到的RSSI信号进行Gaussian滤波处理,确定衰减模型中信号衰减指数 λ 值,获得符合实际道路环境的无线信号衰减模型;

[0009] 步骤S3:基于道路环境下车辆直线移动的约束特点,采用最大误差距离准则对RSSI值进行判断筛选,设定门限概率值F;

[0010] 步骤S4:将判断筛选后的数据,进行Kalman滤波处理,获得降噪后的有效RSSI信号。

[0011] 步骤S5:运用推导得到的实际道路环境无线信号衰减模型,解算出RSSI值对应的距离,从而确定低速移动车辆距离WIFI嗅探设备的相对距离,达到跟踪效果。

[0012] 本发明提出一种用于跟踪低速移动车辆的RSSI拟合方法,能克服移动环境影响所

带来的RSSI值波动范围大的问题。首先对终端固定时采集到的RSSI信号进行Gaussian滤波处理,然后运用最大误差距离准则判断进行筛选,再对筛选后的RSSI信号进行Kalman滤波处理,获得去噪后的有效RSSI信号。整个过程中,运用Gaussian滤波处理,获得符合实际道路环境的无线信号衰减模型,并考虑低速移动车辆场景中RSSI值的变化规律,引入最大误差距离准则进行筛选,经过Kalman滤波处理后,能有效降低RSSI误差,提高跟踪精度。

附图说明

[0013] 图1是本发明一种用于跟踪低速移动车辆的RSSI拟合方法原理示意图;

[0014] 图2是本发明实施例中道路环境下的RSSI信号分布图。

具体实施方式

[0015] 本发明中的RSSI拟合方法应用于跟踪低速移动车辆环境中,最关键的构思在于:利用Gaussian滤波处理,获得符合实际道路环境的无线信号衰减模型,并考虑低速移动车辆场景中RSSI值的变化规律,引入最大误差距离准则进行数据筛选,最后进行Kalman滤波处理,克服噪声的影响,输出平滑的波形。

[0016] 本发明实施例提供了一种用于跟踪低速移动车辆的RSSI拟合方法,能够筛选出车辆移动场景中有效的RSSI信号,从而降低测量实验的误差值,达到提高RSSI拟合效果的目的。

[0017] 为了实现上述技术目的,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。

[0018] 如图1所示,一种用于跟踪低速移动车辆的RSSI拟合方法,包括以下步骤:

[0019] 步骤S1:在同一平面的道路两侧布置WIFI嗅探设备,确定其经纬度位置,并建立跟踪定位系统的相对坐标系。步骤包括:

[0020] (1)在某一平面的道路两侧区域,布置已知位置的WIFI嗅探设备一部、移动终端I台,将移动终端标记作*i*,*i*=1~I。

[0021] 设WIFI嗅探设备的坐标为(x_r, y_r),移动终端的坐标为(x_{r+1}, y_{r+1}), \dots ,(x_{r+i}, y_{r+i}), \dots ,(x_{r+I}, y_{r+I});布置终端时,应依次分别选取等间隔距离的位置,即终端坐标应满足条件:

$$[0022] \begin{cases} d_1 = \sqrt{(x_{r+1} - x_r)^2 + (y_{r+1} - y_r)^2} < l \\ \dots \\ d_i = \sqrt{(x_{r+i} - x_r)^2 + (y_{r+i} - y_r)^2} < l \\ \dots \\ d_I = \sqrt{(x_{r+I} - x_r)^2 + (y_{r+I} - y_r)^2} < l \end{cases} \quad (\text{式 } 1)$$

[0023] 式中, $d_1, \dots, d_i, \dots, d_I$ 分别为第*i*部终端到WIFI嗅探设备之间的距离。

[0024] (2)通过电脑端MySQL数据库连接WIFI嗅探设备,获得从移动终端嗅探到的RSSI数据信息,分为I个通道储存。

[0025] 设每台移动终端被采样J次,每次采样得到一个RSSI值,则从第*i*台移动终端采样获得的数据可表示为 $R_{i,J} = (rssi_{i,1}, \dots, rssi_{i,j}, \dots, rssi_{i,J})$,其中*j*=1~J,I台移动终端在

测试时间内获得的RSSI数据可表示 $R = \{R_{1,J}, \dots, R_{i,J}, \dots, R_{I,J}\}$;其中, $rssi_{i,j}$ 为第*i*台移动终端第*j*次采样获得的RSSI值, $R_{i,J}$ 为第*i*台移动终端在测试时间内采样*J*次获得的RSSI集合。

[0026] 步骤S2:对WIFI嗅探设备接收到的RSSI信号进行Gaussian滤波处理,确定衰减模型中信号衰减指数 λ 值,获得符合实际道路环境的信号衰减模型。步骤包括:

[0027] (1)在理想自由空间中,无线电传播损耗通常采用对数—常态分布模型,模型如下:

$$[0028] \quad RSSI_{ad_2} = RSSI_{ad_1} - 10\lambda \lg\left(\frac{ad_1}{ad_2}\right) \quad (\text{式 } 2)$$

[0029] 式中, ad_1 、 ad_2 分别为移动终端在两次测试时刻与WIFI嗅探设备之间的距离(m), $RSSI_{ad_1}$ 、 $RSSI_{ad_2}$ 分别为移动终端在 ad_1 、 ad_2 处测得的RSSI(单位为dB), λ 信号衰减因子(在不同的测试环境中取不同值)。

[0030] 对于集合 $R_{i,J} = (rssi_{i,1}, \dots, rssi_{i,j}, \dots, rssi_{i,J})$,由于*J*个RSSI值是随机离散的变量,可知RSSI值关于*x*的密度分布函数如下式所示。

$$[0031] \quad F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (\text{式 } 3)$$

[0032] (2)通过对Gaussian滤波的阈值进行设置,保留满足预设概率阈值 ρ 的RSSI信号,同时舍弃小于概率阈值 ρ 的RSSI信号,概率阈值 ρ 一般设置为0.6,具体表达式如下:

$$[0033] \quad \frac{0.6}{\sigma\sqrt{2\pi}} \leq \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \leq \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \quad (\text{式 } 4)$$

[0034] 式中, σ 为方差, μ 为均值。选取范围 $[0.15\sigma+\mu \leq x \leq 3.09\sigma+\mu]$ 内的RSSI值,设共有*N*个,第*i*台移动终端新的RSSI值集合标记作 $R_{i,N} = (rssi_{i,1}, \dots, rssi_{i,n}, \dots, rssi_{i,N})$, $rssi_{i,n}$ 为Gaussian滤波后第*i*台移动终端第*n*个时间序列的RSSI值。对集合 $R_{i,N}$ 进行算术平均,得到距离一定时RSSI值的平均值;

$$[0035] \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N (rssi_{i,n} - \mu)^2} \quad (\text{式 } 5)$$

$$[0036] \quad \mu = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N rssi_{i,n} \quad (\text{式 } 6)$$

[0037] (3)求出RSSI值与距离*d*的关系,从而确定符合实际道路环境的无线信号衰减模型。

$$[0038] \quad RSSI = -(10\lambda \log_{10} d + A) \quad (\text{式 } 7)$$

[0039] 无线信号衰减模型中,参数*A*取Gaussian滤波后, $d=1\text{m}$ 时的RSSI值平均值;

[0040] 步骤S3:基于道路环境下车辆“直线”移动的约束特点,采用最大误差距离准则对RSSI值进行判断筛选,设定门限概率值*F*。步骤包括:

[0041] (1)原始数据采集:取当前时刻之前某时间区间*T*内RSSI信号值*M*个,将时间戳记为集合 T_m , $T_m = (t_1, \dots, t_m, \dots, t_M)$,将对应的RSSI值记为集合 $Rssi_m$, $Rssi_m = (rssi_1, \dots, rssi_m, \dots, rssi_M)$;

[0042] (2)变化趋势判断:设集合 $x(m) = \{(t_1, rssi_1), \dots, (t_m, rssi_m), \dots, (t_M, rssi_M)\}$,对

集合 $x(m)$ 作最小二乘拟合。其中 $x(m)$ 为时间戳和对应的RSSI值, t_m 为第 m 个时间戳, $rssi_m$ 为第 m 个时间戳对应的RSSI值。

[0043] 设拟合直线 L 方程为 $Ax+By+C=0$,根据直线斜率 $K=-a/b$,可以判断得知RSSI信号值的变化趋势。当 $K>0$ 时,表示RSSI信号值呈上升趋势;当 $K=0$ 时,表示RSSI信号值平稳变化;当 $K<0$ 时,表示RSSI信号值呈下降趋势;

[0044] (3) 门限概率值 F 确定:计算集合 $x(m)$ 中各点到直线 L 的欧氏距离,记为集合 $l,l=\{l_1,\dots,l_m,\dots,l_M\}$,其中 l_m 为第 m 个时间戳点到拟合直线 L 的欧氏距离。对集合 l 进行算术平均并将结果作为门限概率值 F ;

$$[0045] \quad l_m = \frac{|At_m + Brssi_m + C|}{\sqrt{A^2 + B^2}} \quad (\text{式 } 8)$$

$$[0046] \quad F = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M l_m \quad (\text{式 } 9)$$

[0047] 进一步地,以门限概率值 F 为阈值判断当前时刻RSSI值是否为异常RSSI值。对集合 T_m 采用下述RSSI值滤波器,得到滤波后的集合 $X(t)$ 。

$$[0048] \quad X(t) = \begin{cases} x(m), & \text{IF } l_m \leq F \\ X(t-1), & \text{IF } l_m > F \end{cases} \quad (\text{式 } 10)$$

[0049] 式中, t 为时间序列参数; $x(m)$ 为当前时刻测量数据, $X(t-1)$ 为上一时刻测量数据, $X(t)$ 为滤波后的数据。

[0050] 在本发明优选实施例中,设 $m=30$,得到的拟合直线 L 为: $0.9801x+y+50.1076=0$ 。结果如图2所示。

[0051] 步骤S4:将判断筛选后的数据,进行Kalman滤波处理,获得降噪后的有效RSSI信号。

[0052] Kalman滤波系统的状态预测方程:

$$[0053] \quad X(t|t-1) = AX(t-1|t-1) + BU(t)$$

$$[0054] \quad P(t|t-1) = AP(t-1|t-1)A^T + Q$$

[0055] Kalman滤波系统的状态更新方程:

$$[0056] \quad X(t|t) = X(t|t-1) + Kg(t)(Z(t) - HX(t|t-1))$$

$$[0057] \quad Kg(t) = P(t|t-1)H^T / (HP(t|t-1)H^T + R)$$

$$[0058] \quad P(t|t) = (I - Kg(t)H)P(t|t-1)$$

[0059] 式中, $X(t|t-1)$ 为根据上一时刻预测得到的当前时刻的RSSI值; $X(t-1|t-1)$ 为上一时刻RSSI值得预测值; A 、 B 为测量系统系统参数矩阵; $U(t)$ 为当前时刻测量系统系统的控制量; $P(t|t-1)$ 为 $X(t|t-1)$ 对应的协方差矩阵; $P(t-1|t-1)$ 为 $X(t-1|t-1)$ 对应的协方差矩阵; Q 为系统噪声; $Z(t)$ 为当前时刻RSSI值的测量值; H 为测量系统的参数矩阵; $Kg(t)$ 为Kalman滤波增益; R 为测量噪声; $P(t|t)$ 当前状态的更新值; I 为单位矩阵。

[0060] Kalman滤波可以通过“预测—更新模型”的递归思想由系统的实际测量值和预估值来消除随机噪声,用上一时刻移动车辆的RSSI预估值和当前时刻RSSI的测量值来推导出当前状态的RSSI值,使得输出的RSSI值更为平滑,作图输出该辆移动车辆的RSSI值经过Kalman滤波处理后的效果图。

[0061] 步骤S5:最后,将Kalman滤波处理后得到的RSSI值,代入推导得到的实际道路环境的无线信号衰减模型中,解算出RSSI对应的距离,从而推算出低速移动车辆距离AP的相对距离。

[0062] 本发明主要是针对基于无线定位技术跟踪低速移动车辆中遇到的RSSI信号值波动范围过大、数据不平滑的问题,设计了一种符合道路环境车辆“直线”移动约束特点的RSSI拟合方法。该方法首先修正无线信号衰减模型,再引入最大误差距离准则进行数据筛选,最后进行Kalman滤波处理,克服噪声的影响,输出平滑的波形,进而实现跟踪低速移动车辆的目的。通过实例分析,移动车辆的RSSI值在经过该拟合方法处理后,有效地控制了波动范围。

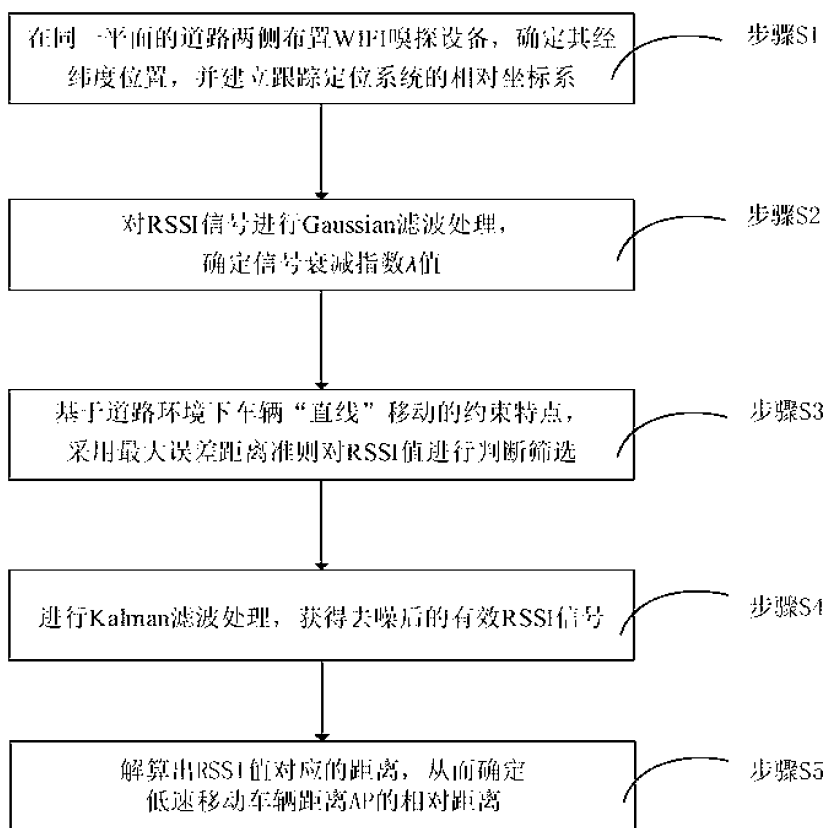


图1

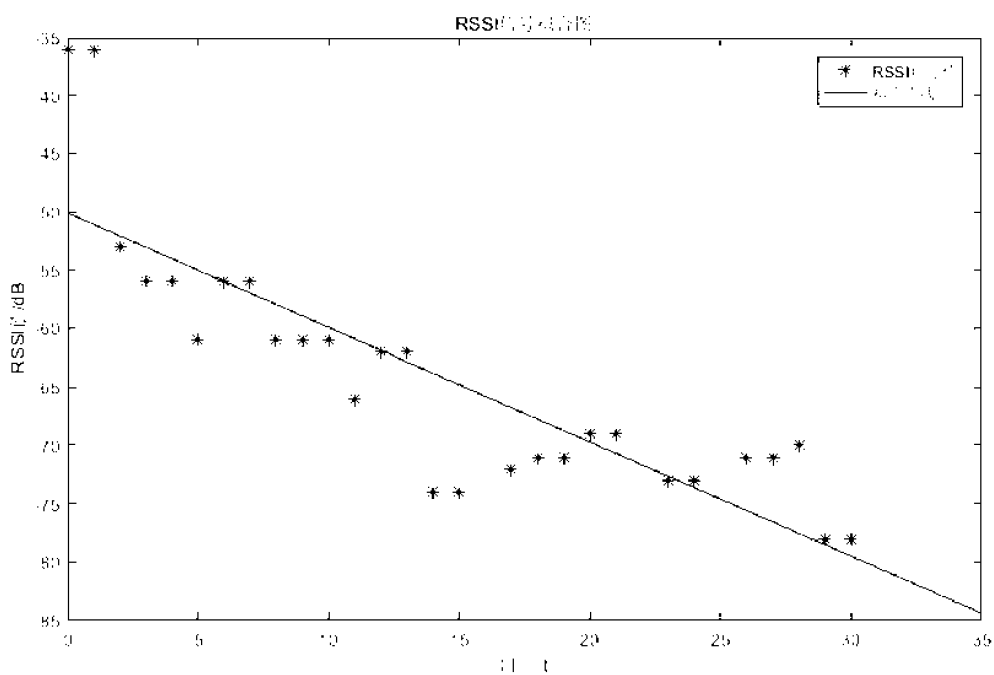


图2