



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105096396 B

(45)授权公告日 2017.05.31

(21)申请号 201510626722.2

(22)申请日 2015.09.28

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105096396 A

(43)申请公布日 2015.11.25

(73)专利权人 成都思哈科技股份有限公司
地址 610041 四川省成都市高新区天府二
街138号1栋30层3003

(72)发明人 席正 付磊

(74)专利代理机构 成都点睛专利代理事务所
(普通合伙) 51232

代理人 李玉兴

(51)Int.Cl.

G07B 15/06(2011.01)

G06Q 20/32(2012.01)

(56)对比文件

- CN 101123006 A, 2008.02.13,
- CN 104680598 A, 2015.06.03,
- CN 104658043 A, 2015.05.27,
- CN 102682487 A, 2012.09.19,
- US 2014229387 A1, 2014.08.14,
- CN 104035403 A, 2014.09.10,
- CN 104602112 A, 2015.05.06,
- CN 104915996 A, 2015.09.16,
- CN 104217245 A, 2014.12.17,
- CN 104794796 A, 2015.07.22,

审查员 梅潇

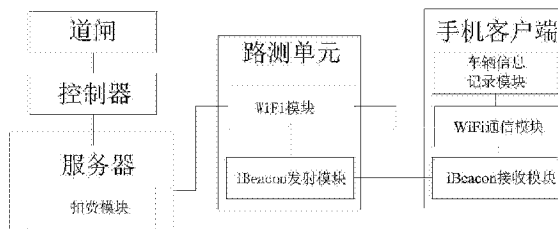
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

用于高速公路的不停车收费系统

(57)摘要

本发明公开了一种成本较低且能够实现快速检测以及交互和认证的用于高速公路的不停车收费系统。该不停车收费系统,位于收费站的道闸以及用于控制道闸的控制器,还包括服务器、路测单元与手机客户端,路测单元包括WiFi模块与iBeacon发射模块,手机客户端具有iBeacon接收模块、WiFi通信模块、车辆信息记录模块,所述服务器具有扣费模块。该不停车收费系统无需用户增加任何附件硬件,降低了用户的使用成本,其次,整个系统能够实现快速检测以及交互和认证,且定位精度高,认证通过率高,误检概率低。适合在公路收费系统领域推广应用。



1. 用于高速公路的不停车收费系统,包括位于收费站的道闸以及用于控制道闸的控制器,其特征在于:还包括服务器、路测单元与手机客户端,所述控制器与服务器相连,所述路测单元设置在收费站入口道路的两侧,所述路测单元包括WiFi模块与iBeacon发射模块,所述手机客户端具有iBeacon接收模块、WiFi通信模块、车辆信息记录模块,所述服务器具有扣费模块;

所述WiFi模块周期性的发送SSID,所述手机客户端的WiFi通信模块周期性检测一次AP列表是否有指定SSID,若WiFi通信模块检测到AP列表含有指定的SSID,此时WiFi通信模块发送指令给iBeacon接收模块与车辆信息记录模块,车辆信息记录模块接收到WiFi通信模块发送的指令后将记录的车辆信息通过WiFi通信模块转发给服务器,服务器根据接收到的车辆信息进行计费并通过扣费模块进行扣费,iBeacon接收模块接收到WiFi通信模块发送的指令后开始实时检测iBeacon发射模块发送的蓝牙信号的RSSI值并通过WiFi通信模块转发给服务器,服务器根据接收到的RSSI值计算手机客户端与路测单元之间的距离,当手机客户端与路测单元之间的距离达到预设值时,服务器发送指令给控制器控制闸道的开闭;

所述服务器根据接收到的RSSI值采用如下计算方式计算手机客户端与路测单元之间的距离,具体的计算方式如下所述:

A、对接收到第*i*个时刻的RSSI值 Y_i 进行Gaussian滤波处理得到 $\bar{Y}_i, i=0, 1 \cdots n-1$;

B、将 \bar{Y}_i 进行Savitzky-Golay滤波处理得到 \bar{y}_i ;

C、采用最大最小准则对 \bar{y}_i 进行判断得到第*i*个时刻的 y_i ,即设定门限概率值M,将 \bar{y}_i 值带入RSSI值的概率密度函数 $f(\bar{y}_i | \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\bar{y}_i - \mu)^2}{2\sigma^2}}$,其中 $\mu = -69.977, \sigma = 2.14625$,得到 \bar{y}_i 值出现的概率值 f_i ,当 f_i 大于M时, $y_i = \bar{y}_i$,当 f_i 小于M时, $y_i = y_{i-1}$;

D、将 y_i 值带入如下公式得到第*i*个时刻手机客户端与路测单元之间的距离,具体公式如下所示:

$$d_i = a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + a_2 \cos(2 * y_i * \omega) + b_2 \sin(2 * y_i * \omega)$$

其中 $a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, \omega$ 为第*i*时刻的参数值,第*i*时刻的 $a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, \omega$ 参数值采用如下计算方式得出:

设定 $a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, \omega$ 的初始值为 $a_0 = 6.014, a_1 = 7.005, a_2 = 1.738, b_1 = 1.551, b_2 = 0.1173, \omega = 0.02727$;

将第*i-1*时刻得到的 $a_1, a_2, b_1, b_2, \omega, y_{i-1}, d_{i-1}$ 代入以下方程中,求解得到第*i*时刻的 a_0 ,所述方程如下所述:

$$-2 \sum_{i=0}^{n-1} (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + a_2 \cos(2 * y_i * \omega) + b_2 \sin(2 * y_i * \omega)) = 0;$$

将第*i-1*时刻得到的 $a_0, a_2, b_1, b_2, \omega, y_{i-1}, d_{i-1}$ 代入以下方程中,求解得到第*i*时刻的 a_1 ,所述方程如下所述:

$$2 \sum_{i=0}^{n-1} \sin(y_i * \omega) (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + a_2 \cos(2 * y_i * \omega) + b_2 \sin(2 * y_i * \omega)) = 0$$

将第*i-1*时刻得到的 $a_0, a_1, a_2, b_2, \omega, y_{i-1}, d_{i-1}$ 代入以下方程中,求解得到第*i*时刻的 b_1 ,所述方程如下所述:

$$2 \sum_{i=0}^{n-1} \cos(y_i * \omega) (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + a_2 \cos(2 * y_i * \omega) + b_2 \sin(2 * y_i * \omega)) = 0$$

将第*i*-1时刻得到的 $a_0, a_1, b_1, b_2, \omega, y_{i-1}, d_{i-1}$ 代入以下方程中,求解得到第*i*时刻的 a_2 ,所述方程如下所述:

$$2 \sum_{i=0}^{n-1} \sin(2 * y_i * \omega) (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + a_2 \cos(2 * y_i * \omega) - b_2 \sin(2 * y_i * \omega)) = 0$$

将第*i*-1时刻得到的 $a_0, a_1, a_2, b_1, \omega, y_{i-1}, d_{i-1}$ 代入以下方程中,求解得到第*i*时刻的 b_2 ,所述方程如下所述:

$$2 \sum_{i=0}^{n-1} \cos(2 * y_i * \omega) (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + a_2 \cos(2 * y_i * \omega) + b_2 \sin(2 * y_i * \omega)) = 0$$

将第*i*-1时刻得到的 $a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, y_{i-1}, d_{i-1}$ 代入以下方程中,求解得到第*i*时刻的 ω ,所述方程如下所述:

$$2 \sum_{i=0}^{n-1} (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + 2y_i a_2 \sin(2 * y_i * \omega) + 2y_i b_2 \cos(2 * y_i * \omega)) = 0。$$

2. 如权利要求1所述的用于高速公路的不停车收费系统,其特征在于:对接收到的第*i*个时刻的RSSI值 Y_i 进行Gaussian滤波处理的具体过程如下:将 Y_i 带入如下公式求得 \bar{Y}_i ,所述公式如下所示:

$$\bar{Y}_i = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} Y_i e^{-\frac{1}{2}(\frac{\alpha-i}{N/2})^2}}{\frac{N-1}{2}}$$

其中, $-\frac{N-1}{2} \leq i \leq \frac{N-1}{2}$, α 是Gaussian随机数标准差的导数, N 为常数。

3. 根据权利要求2所述的用于高速公路的不停车收费系统,其特征在于:所述 $N=5$ 。

4. 根据权利要求3所述的用于高速公路的不停车收费系统,其特征在于:将 \bar{Y}_i 进行Savitzky-Golay滤波处理得到 $\overline{\bar{y}}_i$ 的具体过程如下:将 \bar{Y}_i 带入如下公式求得 $\overline{\bar{y}}_i$,所述公式如下所示:

$$\overline{\bar{y}}_i = \frac{1}{35} (-3\bar{Y}_{i-2} + 12\bar{Y}_{i-1} + 17\bar{Y}_i + 12\bar{Y}_{i+1} - 3\bar{Y}_{i+2})。$$

5. 根据权利要求4所述的用于高速公路的不停车收费系统,其特征在于:所述门限概率值 M 为0.15。

用于高速公路的不停车收费系统

技术领域

[0001] 本发明涉及公路收费系统领域,尤其是一种用于高速公路的不停车收费系统。

背景技术

[0002] 近年来随着经济的发展,人们生活水平的日益提高,机动车辆数量也随着剧增。城市交通的通畅问题影响着方方面面,比如影响整个城市整体的发展;拥塞的交通会对环境产生影响,原因是不能及时同行的车辆,运行发动机的噪音和向空气中排放的各种有害气体对周围环境造成的影响;交通拥挤导致时间延误,交通事故增多,燃油耗上升,交通拥堵问题迫在眉睫,城市交通拥堵问题已经成为制约城市发展的瓶颈。

[0003] 由于电子技术、通信技术、计算机和自动控制技术等学科的飞速发展,为智能交通系统的实现打下了坚实的技术基础,城市智能交通系统是面向全市的交通进行的数据监测,交通信号灯控制与交通诱导的计算机控制系统,是现代化城市交通监控指挥系统中最重要的重要组成部分。现有技术中的高速公路收费站,大多数都需要车辆停下来收费,在车辆集中时段,容易造成车辆拥堵,耽误车主宝贵的时间。也有采用ETC电子不停车收费系统,只是车辆在通过收费站时,通过车载设备实现车辆识别、信息写入并自动扣费,是国际上正在努力开发并推广普及的一种用于道路、大桥和隧道的电子收费系统。但是,这种ETC电子不停车收费系统需要实现在车辆上安装车载设备,导致用户侧的成本较高,而且,现有的ETC电子收费系统对于车辆的定位都是采用WiFi定位和通信,其采取的定位算法也是传统的RSSI定位算法,其定位不准确,经常发生定位错误,导致道闸不开启,而且检测速度以及交互和认证速度较慢,不能达到车辆快速通过收费站的目的。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是提供一种成本较低且能够实现快速检测以及交互和认证的用于高速公路的不停车收费系统。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案为:该用于高速公路的不停车收费系统,包括位于收费站的道闸以及用于控制道闸的控制器,还包括服务器、路测单元与手机客户端,所述控制器与服务器相连,所述路测单元设置在收费站入口道路的两侧,所述路测单元包括WiFi模块与iBeacon发射模块,所述手机客户端具有iBeacon接收模块、WiFi通信模块、车辆信息记录模块,所述服务器具有扣费模块;

[0006] 所述WiFi模块周期性的发送SSID,所述手机客户端的WiFi通信模块周期性检测一次AP列表是否有指定SSID,若WiFi通信模块检测到AP列表含有指定的SSID,此时WiFi通信模块发送指令给iBeacon接收模块与车辆信息记录模块,车辆信息记录模块接收到WiFi通信模块发送的指令后将记录的车辆信息通过WiFi通信模块转发给服务器,服务器根据接收到的车辆信息进行计费并通过扣费模块进行扣费,iBeacon接收模块接收到WiFi通信模块发送的指令后开始实时检测iBeacon发射模块发送的蓝牙信号的RSSI值并通过WiFi通信模块转发给服务器,服务器根据接收到的RSSI值计算手机客户端与路测单元之间的距离,当

手机客户端与路测单元之间的距离达到预设值时,服务器发送指令给控制器控制闸道的开闭。

[0007] 进一步的是,所述服务器根据接收到的RSSI值采用如下计算方式计算手机客户端与路测单元之间的距离,具体的计算方式如下所述:

[0008] A、对接收到第*i*个时刻的RSSI值 Y_i 进行Gaussian滤波处理得到 \bar{Y}_i , $i=0,1\cdots n-1$;

[0009] B、将 \bar{Y}_i 进行Savitzky-Golay滤波处理得到 \bar{y}_i ;

[0010] C、采用最大最小准则对 \bar{y}_i 进行判断得到第*i*个时刻的 y_i ,即设定门限概率值M,将

\bar{y}_i 值带入RSSI值的概率密度函数 $f(y_i|\mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y_i-\mu)^2}{2\sigma^2}}$,其中 $\mu = -69.977$, $\sigma =$

2.14625,得到 \bar{y}_i 值出现的概率值 f_i ,当 f_i 大于M时, $y_i = \bar{y}_i$,当 f_i 小于M时, $y_i = y_{i-1}$;

[0011] D、将 y_i 值带入如下公式得到第*i*个时刻手机客户端与路测单元之间的距离,具体公式如下所示:

[0012] $d_i = a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + a_2 \cos(2 * y_i * \omega) + b_2 \sin(2 * y_i * \omega)$

[0013] 其中 $a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, \omega$ 为第*i*时刻的参数值,第*i*时刻的 $a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, \omega$ 参数值采用如下计算方式得出:

[0014] 设定 $a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, \omega$ 的初始值为 $a_0 = 6.014, a_1 = 7.005, a_2 = 1.738, b_1 = 1.551, b_2 = 0.1173, \omega = 0.02727$;

[0015] 将第*i-1*时刻得到的 $a_1, a_2, b_1, b_2, \omega, y_{i-1}, d_{i-1}$ 代入以下方程中,求解得到第*i*时刻的 a_0 ,所述方程如下所述:

[0016]

$$-2 \sum_{i=0}^{n-1} (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + a_2 \cos(2 * y_i * \omega) + b_2 \sin(2 * y_i * \omega)) = 0;$$

[0017] 将第*i-1*时刻得到的 $a_0, a_2, b_1, b_2, \omega, y_{i-1}, d_{i-1}$ 代入以下方程中,求解得到第*i*时刻的 a_1 ,所述方程如下所述:

[0018]

$$2 \sum_{i=0}^{n-1} \sin(y_i * \omega) (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + a_2 \cos(2 * y_i * \omega) + b_2 \sin(2 * y_i * \omega)) = 0$$

[0019] 将第*i-1*时刻得到的 $a_0, a_1, a_2, b_2, \omega, y_{i-1}, d_{i-1}$ 代入以下方程中,求解得到第*i*时刻的 b_1 ,所述方程如下所述:

[0020]

$$2 \sum_{i=0}^{n-1} \cos(y_i * \omega) (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + a_2 \cos(2 * y_i * \omega) + b_2 \sin(2 * y_i * \omega)) = 0$$

[0021] 将第*i-1*时刻得到的 $a_0, a_1, b_1, b_2, \omega, y_{i-1}, d_{i-1}$ 代入以下方程中,求解得到第*i*时刻的 a_2 ,所述方程如下所述:

[0022]

$$2 \sum_{i=0}^{n-1} \sin(2 * y_i * \omega) (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + a_2 \cos(2 * y_i * \omega) + b_2 \sin(2 * y_i * \omega)) = 0$$

[0023] 将第*i-1*时刻得到的 $a_0, a_1, a_2, b_1, \omega, y_{i-1}, d_{i-1}$ 代入以下方程中,求解得到第*i*时刻的 b_2 ,所述方程如下所述:

[0024]

$$2\sum_{i=0}^{n-1} \cos(2*y_i*\omega) (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i*\omega) + b_1 \sin(y_i*\omega) + a_2 \cos(2*y_i*\omega) + b_2 \sin(2*y_i*\omega)) = 0$$

[0025] 将第i-1时刻得到的 $a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, y_{i-1}, d_{i-1}$ 代入以下方程中,求解得到第i时刻的 ω ,所述方程如下所述:

[0026]

$$2\sum_{i=0}^{n-1} (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i*\omega) + b_1 \sin(y_i*\omega) + 2y_i a_2 \sin(2*y_i*\omega) + 2y_i b_2 \cos(2*y_i*\omega)) = 0。$$

[0027] 进一步的是,对接收到的第i个时刻的RSSI值 Y_i 进行Gaussian滤波处理的具体过程如下:将 Y_i 带入如下公式求得 \bar{Y}_i ,所述公式如下所示:

$$[0028] \quad \bar{Y}_i = \frac{\sum_{j=i-\frac{N-1}{2}}^{i+\frac{N-1}{2}} Y_j e^{-\frac{1}{2}(\frac{j-i}{N/2})^2}}{\frac{N-1}{2}}$$

[0029] 其中, $-\frac{N-1}{2} \leq i \leq \frac{N-1}{2}$, α 是Gaussian随机数标准差的导数, N 为常数。

[0030] 进一步的是,所述 $N=5$ 。

[0031] 进一步的是,将 \bar{Y}_i 进行Savitzky-Golay滤波处理得到 \bar{y}_i 的具体过程如下:将 \bar{Y}_i 带入如下公式求得 \bar{y}_i ,所述公式如下所示:

$$[0032] \quad \bar{y}_i = \frac{1}{35}(-3\bar{Y}_{i-2} + 12\bar{Y}_{i-1} + 17\bar{Y}_i + 12\bar{Y}_{i+1} - 3\bar{Y}_{i+2})。$$

[0033] 进一步的是,所述门限概率值 M 为0.15。

[0034] 本发明的有益效果:该用于高速公路的不停车收费系统在工作时,WiFi模块周期性的发送SSID,司机随时携带的手机客户端的WiFi通信模块周期性检测一次AP列表是否有指定SSID,若WiFi通信模块检测到AP列表含有指定的SSID,则表示手机客户端进入了收费站入口区域,由于手机客户端被司机随时携带,也就表示车辆进入了收费站入口区域,此时WiFi通信模块发送指令给iBeacon接收模块与车辆信息记录模块,车辆信息记录模块接收到WiFi通信模块发送的指令后将记录的车辆信息通过WiFi通信模块转发给服务器,服务器根据接收到的车辆信息进行计费并通过扣费模块进行扣费,iBeacon接收模块接收到WiFi通信模块发送的指令后开始实时检测iBeacon发射模块发送的蓝牙信号的RSSI值并通过WiFi通信模块转发给服务器,服务器根据接收到的RSSI值计算手机客户端与路测单元之间的距离,当手机客户端与路测单元之间的距离达到预设值时,服务器发送指令给控制器控制闸道的开闭,车辆便可以通过收费站,整个过程自动完成,司机无需任何操作,由于现有的手机都具有iBeacon功能、WiFi通信功能以及信息记录功能,因此,只需在现有的手机上安装一个控制软件即可,用户无需增加任何附件硬件,这样就降低了用户的使用成本,易于推广,其次,该用于高速公路的不停车收费系统采用iBeacon实现定位,WiFi实现数据传输,二者互不干扰,由于iBeacon的定位精度高,WiFi通信的传输速率高,使得整个系统能够实现快速检测以及交互和认证,且定位精度高,认证通过率高,误检概率低。

附图说明

- [0035] 图1是本发明的用于高速公路的不停车收费系统的逻辑结构框图；
- [0036] 图2是经过Gaussian滤波以及Savitzky-Golay滤波以后的RSSI效果图；
- [0037] 图3为采用最大最小准则判断后的RSSI效果图；
- [0038] 图4为根据本发明计算方法得到的手机客户端与路测单元之间的距离与采用传统方法计算得到的手机客户端与路测单元之间的距离效果对比图。

具体实施方式

[0039] 下面结合附图对本发明进行详细的描述

[0040] 如图1所示,本发明所述的用于高速公路的不停车收费系统包括位于收费站的道闸以及用于控制道闸的控制器,还包括服务器、路测单元与手机客户端,所述控制器与服务器相连,所述路测单元设置在收费站入口道路的两侧,所述路测单元包括WiFi模块与iBeacon发射模块,所述手机客户端具有iBeacon接收模块、WiFi通信模块、车辆信息记录模块,所述服务器具有扣费模块;所述WiFi模块周期性的发送SSID,所述手机客户端的WiFi通信模块周期性检测一次AP列表是否有指定SSID,若WiFi通信模块检测到AP列表含有指定的SSID,此时WiFi通信模块发送指令给iBeacon接收模块与车辆信息记录模块,车辆信息记录模块接收到WiFi通信模块发送的指令后将记录的车辆信息通过WiFi通信模块转发给服务器,服务器根据接收到的车辆信息进行计费并通过扣费模块进行扣费,iBeacon接收模块接收到WiFi通信模块发送的指令后开始实时检测iBeacon发射模块发送的蓝牙信号的RSSI值并通过WiFi通信模块转发给服务器,服务器根据接收到的RSSI值计算手机客户端与路测单元之间的距离,当手机客户端与路测单元之间的距离达到预设值时,服务器发送指令给控制器控制闸道的开闭。该用于高速公路的不停车收费系统在工作时,WiFi模块周期性的发送SSID,司机随时携带的手机客户端的WiFi通信模块周期性检测一次AP列表是否有指定SSID,若WiFi通信模块检测到AP列表含有指定的SSID,则表示手机客户端进入了收费站入口区域,由于手机客户端被司机随时携带,也就表示车辆进入了收费站入口区域,此时WiFi通信模块发送指令给iBeacon接收模块与车辆信息记录模块,车辆信息记录模块接收到WiFi通信模块发送的指令后将记录的车辆信息通过WiFi通信模块转发给服务器,服务器根据接收到的车辆信息进行计费并通过扣费模块进行扣费,iBeacon接收模块接收到WiFi通信模块发送的指令后开始实时检测iBeacon发射模块发送的蓝牙信号的RSSI值并通过WiFi通信模块转发给服务器,服务器根据接收到的RSSI值计算手机客户端与路测单元之间的距离,当手机客户端与路测单元之间的距离达到预设值时,服务器发送指令给控制器控制闸道的开闭,车辆便可以通过收费站,整个过程自动完成,司机无需任何操作,由于现有的手机都具有iBeacon功能、WiFi通信功能以及信息记录功能,因此,只需在现有的手机上安装一个控制软件即可,用户无需增加任何附件硬件,这样就降低了用户的使用成本,易于推广,其次,该用于高速公路的不停车收费系统采用iBeacon实现定位,WiFi实现数据传输,二者互不干扰,由于iBeacon的定位精度高,WiFi通信的传输速率高,使得整个系统能够实现快速检测以及交互和认证,且定位精度高,认证通过率高,误检概率低。

[0041] 服务器根据接收到的RSSI值计算手机客户端与路测单元之间的距离可以采用多种方式,譬如可以利用信号在空间中的大尺度衰落来进行距离的拟合。从理论和实际测量来说,如果是采用自由空间模型(free space model),平均的接收信号功率RSSI值是随着

距离的增加,呈对数下降。自由空间模型可以用Friis free space equation来表示:

$$[0042] \quad P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2 \gamma}$$

[0043] 其中 G_t, G_r 表示的是天线的增益, λ 是信号的波长, γ 是无线环境的衰落因子,接收信号的功率 $P_r(d)$ 是距离 d 的函数。进一步简化这个模型,将上式进行重写,得到新的公式:

$$[0044] \quad P_r(d) \text{dBm} = 10 \log\left[\frac{P_r(d_0)}{0.001W}\right] + 10\gamma \log\left(\frac{d_0}{d}\right)$$

[0045] 其中 $d \geq d_0 \geq d_f$,这里 $d_f = \frac{2D^2}{\lambda}$ 是指的远场距离(由天线的线性尺寸和波长来决定)。

[0046] 然后直接采用RSSI值代入上述公式即可得到手机客户端与路测单元之间的距离。

[0047] 这种基于大尺度衰落Large-scale fading来进行距离测算的方式虽然可以计算出手机客户端与路测单元之间的距离,但是由于信道的随机性以及该系统考虑的场景是移动物体场景,所以不可避免的小尺度衰落Small-scale fading带来很大的抖动,会导致定位不准,同时,传统的自由空间模型对于移动应用场景是不能完全匹配的,基于大尺度衰落Large-scale fading来进行距离测算得到的距离值是不够准确的,所以定位不准确。

[0048] 本发明提供了一种定位准确的计算方法,即所述服务器根据接收到的RSSI值采用如下计算方式计算手机客户端与路测单元之间的距离,具体的计算方式如下所述:

[0049] 对接收到第 i 个时刻的RSSI值 Y_i 进行Gaussian滤波处理得到 $\bar{Y}_i, i=0, 1 \cdots n-1$,对接收到的第 i 个时刻的RSSI值 Y_i 进行Gaussian滤波处理的具体过程如下:将 Y_i 带入如下公式求得 \bar{Y}_i ,所述公式如下所示:

$$[0050] \quad \bar{Y}_i = \sum_{\frac{N-1}{2}}^{\frac{N-1}{2}} Y_i e^{-\frac{1}{2}(\frac{i}{N/2})^2}$$

[0051] 其中, $-\frac{N-1}{2} \leq i \leq \frac{N-1}{2}$, α 是Gaussian随机数标准差的导数, N 为常数;

[0052] 进一步的是,为了保证滤波效果,所述 N 优选为5;

[0053] 由于Gaussian滤波存在着一个非常严重的过度拟合的问题,因此利用另外一种滤波来消除这个过度拟合的问题;即将 \bar{Y}_i 进行Savitzky-Golay滤波处理得到 \bar{y}_i ,利用Savitzky-Golay滤波可以消除上述过度拟合的问题,将 \bar{Y}_i 进行Savitzky-Golay滤波处理得到 \bar{y}_i 的具体过程如下:将 \bar{Y}_i 带入如下公式求得 \bar{y}_i ,所述公式如下所示:

$$[0054] \quad \bar{y}_i = \frac{1}{35}(-3\bar{Y}_{i-2} + 12\bar{Y}_{i-1} + 17\bar{Y}_i + 12\bar{Y}_{i+1} - 3\bar{Y}_{i+2}),$$

Savitzky-Golay滤波可以很好的消除噪声所产生的抖动;如图2所示,图2经过Gaussian滤波以及Savitzky-Golay滤波以后的RSSI效果图,从图中可以看出RSSI值依然存在着很严重的抖动问题;为了解决抖动严重的问题,采用如下步骤对RSSI值进行处理,具体如下:采用最大最小准则对 \bar{y}_i 进行判断得到第 i 个时刻的 y_i ,即设定门限概率值 M ,将 \bar{y}_i 值带入RSSI值的概率密度函数 $f(\bar{y}_i | \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\bar{y}_i - \mu)^2}{2\sigma^2}}$,

其中 $\mu = -69.977$, $\sigma = 2.14625$, 得到 $\overline{y_i}$ 值出现的概率值 f_i , 当 f_i 大于 M 时, $y_i = \overline{y_i}$, 当 f_i 小于 M 时, $y_i = y_{i-1}$; 为了保证获得平滑连续的RSSI值, 所述门限概率值 M 优选为 0.15 , 如图3所示, 图3为采用最大最小准则判断后的RSSI效果图, 从图中可以看出, RSSI值平滑连续, 没有再出现严重的抖动问题; 最后, 将 y_i 值带入如下公式得到第 i 个时刻手机客户端与路测单元之间的距离, 具体公式如下所示:

$$[0055] \quad d_i = a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + a_2 \cos(2 * y_i * \omega) + b_2 \sin(2 * y_i * \omega)$$

[0056] 其中 $a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, \omega$ 为第 i 时刻的参数值, 第 i 时刻的 $a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, \omega$ 参数值采用如下计算方式得出:

[0057] 设定 $a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, \omega$ 的初始值为 $a_0 = 6.014, a_1 = 7.005, a_2 = 1.738, b_1 = 1.551, b_2 = 0.1173, \omega = 0.02727$;

[0058] 将第 $i-1$ 时刻得到的 $a_1, a_2, b_1, b_2, \omega, y_{i-1}, d_{i-1}$ 代入以下方程中, 求解得到第 i 时刻的 a_0 , 所述方程如下所述:

[0059]

$$-2 \sum_{i=0}^{n-1} (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + a_2 \cos(2 * y_i * \omega) + b_2 \sin(2 * y_i * \omega)) = 0;$$

[0060] 将第 $i-1$ 时刻得到的 $a_0, a_2, b_1, b_2, \omega, y_{i-1}, d_{i-1}$ 代入以下方程中, 求解得到第 i 时刻的 a_1 , 所述方程如下所述:

[0061]

$$2 \sum_{i=0}^{n-1} \sin(y_i * \omega) (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + a_2 \cos(2 * y_i * \omega) + b_2 \sin(2 * y_i * \omega)) = 0$$

[0062] 将第 $i-1$ 时刻得到的 $a_0, a_1, a_2, b_2, \omega, y_{i-1}, d_{i-1}$ 代入以下方程中, 求解得到第 i 时刻的 b_1 , 所述方程如下所述:

[0063]

$$2 \sum_{i=0}^{n-1} \cos(y_i * \omega) (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + a_2 \cos(2 * y_i * \omega) + b_2 \sin(2 * y_i * \omega)) = 0$$

[0064] 将第 $i-1$ 时刻得到的 $a_0, a_1, b_1, b_2, \omega, y_{i-1}, d_{i-1}$ 代入以下方程中, 求解得到第 i 时刻的 a_2 , 所述方程如下所述:

[0065]

$$2 \sum_{i=0}^{n-1} \sin(2 * y_i * \omega) (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + a_2 \cos(2 * y_i * \omega) + b_2 \sin(2 * y_i * \omega)) = 0$$

[0066] 将第 $i-1$ 时刻得到的 $a_0, a_1, a_2, b_1, \omega, y_{i-1}, d_{i-1}$ 代入以下方程中, 求解得到第 i 时刻的 b_2 , 所述方程如下所述:

[0067]

$$2 \sum_{i=0}^{n-1} \cos(2 * y_i * \omega) (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + a_2 \cos(2 * y_i * \omega) + b_2 \sin(2 * y_i * \omega)) = 0$$

[0068] 将第 $i-1$ 时刻得到的 $a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, y_{i-1}, d_{i-1}$ 代入以下方程中, 求解得到第 i 时刻的 ω , 所述方程如下所述:

[0069]

$2 \sum_{i=0}^{n-1} (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + 2 y_i a_2 \sin(2 * y_i * \omega) + 2 y_i b_2 \cos(2 * y_i * \omega)) = 0$ 。如图4所示, 图4为根据本发明计算方法得到的手机客户端与路测单元之间的距离与采用传统方法计算得到的手机客户端与路测单元之间的距离效果对比图, 图中, 下面的那根曲线为根

据本发明计算方法得到的手机客户端与路测单元之间的距离,上面的那根曲线为采用传统方法计算得到的手机客户端与路测单元之间的距离,图中的直线为实际观测得到的手机客户端与路测单元之间的真实距离,从图中可以看出,根据本发明计算方法得到的手机客户端与路测单元之间的距离偏离真实距离的幅度较小,其定位效果好,而依据传统方法计算得到的手机客户端与路测单元之间的距离偏离真实距离的幅度较大较远,定位效果较差。

[0070] 对于第*i*时刻的 $a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, \omega$ 参数值还可以采用如下计算方式得出:

[0071] 设定 $a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, \omega$ 的初始值为 $a_0=6.014, a_1=7.005, a_2=1.738, b_1=1.551, b_2=0.1173, \omega=0.02727$;将第*i-1*时刻得到的 y_{i-1} 与 d_{i-1} 分别代入以下六个方程中,求解方程组得到第*i*时刻的 $a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, \omega$,所述方程如下所述:

[0072]

$$-2 \sum_{i=0}^{n-1} (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + a_2 \cos(2 * y_i * \omega) + b_2 \sin(2 * y_i * \omega)) = 0$$

[0073]

$$2 \sum_{i=0}^{n-1} \sin(y_i * \omega) (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + a_2 \cos(2 * y_i * \omega) + b_2 \sin(2 * y_i * \omega)) = 0$$

[0074]

$$2 \sum_{i=0}^{n-1} \cos(y_i * \omega) (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + a_2 \cos(2 * y_i * \omega) + b_2 \sin(2 * y_i * \omega)) = 0$$

[0075]

$$2 \sum_{i=0}^{n-1} \sin(2 * y_i * \omega) (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + a_2 \cos(2 * y_i * \omega) + b_2 \sin(2 * y_i * \omega)) = 0$$

[0076]

$$2 \sum_{i=0}^{n-1} \cos(2 * y_i * \omega) (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + a_2 \cos(2 * y_i * \omega) + b_2 \sin(2 * y_i * \omega)) = 0$$

[0077]

$$2 \sum_{i=0}^{n-1} (d_i - a_0 + a_1 \cos(y_i * \omega) + b_1 \sin(y_i * \omega) + 2y_i a_2 \sin(2 * y_i * \omega) + 2y_i b_2 \cos(2 * y_i * \omega)) = 0。$$

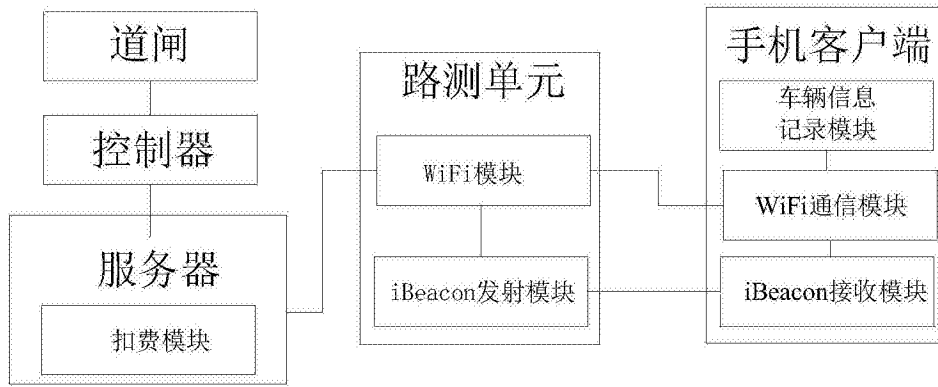


图1

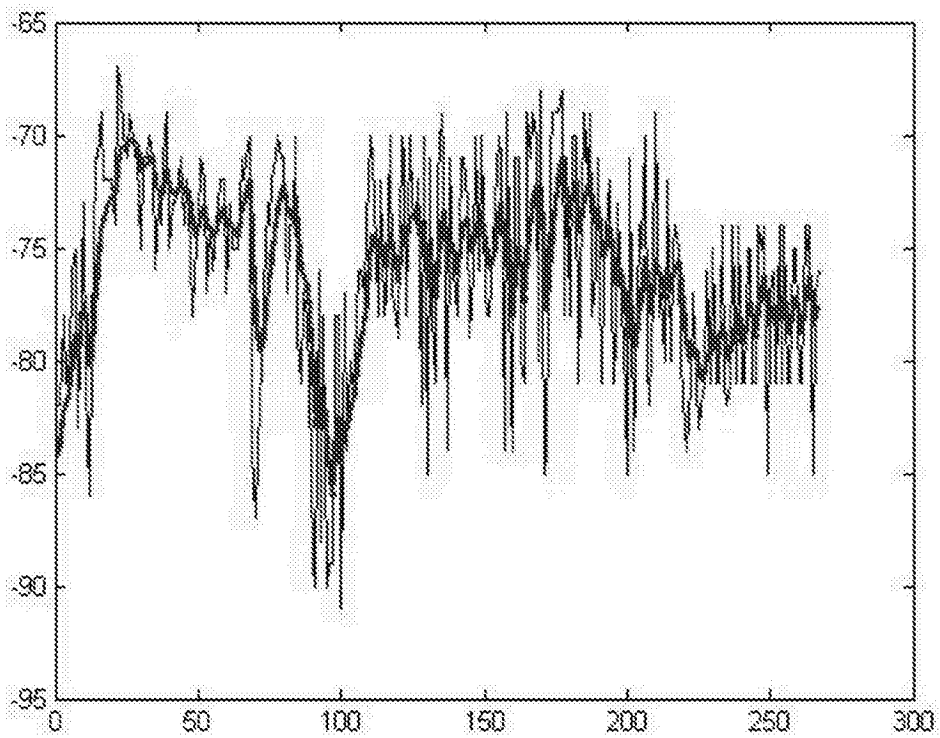


图2

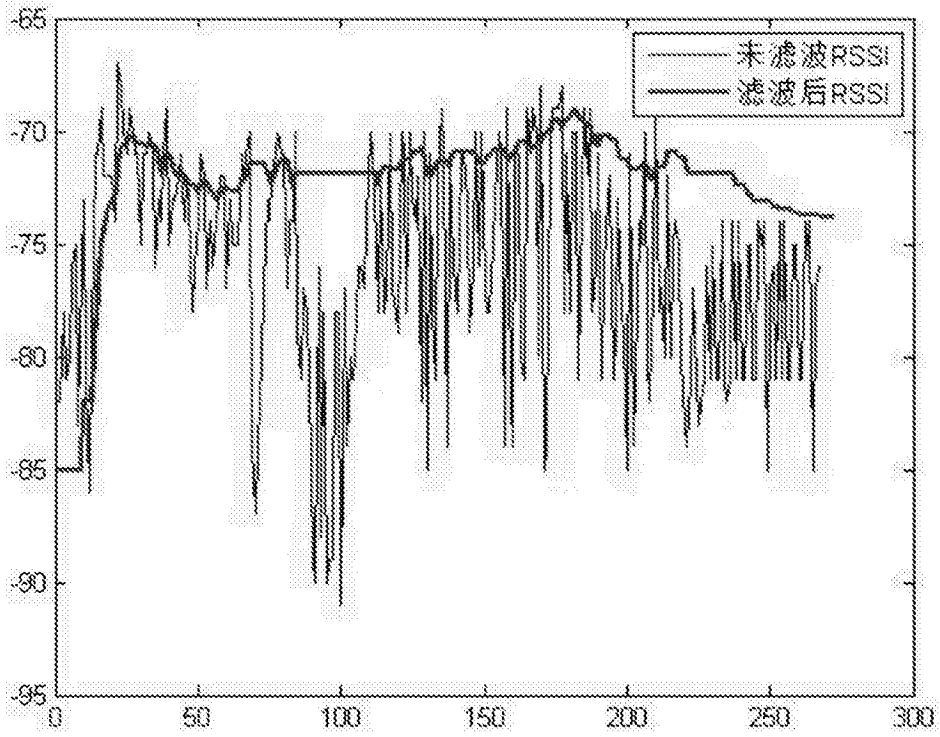


图3

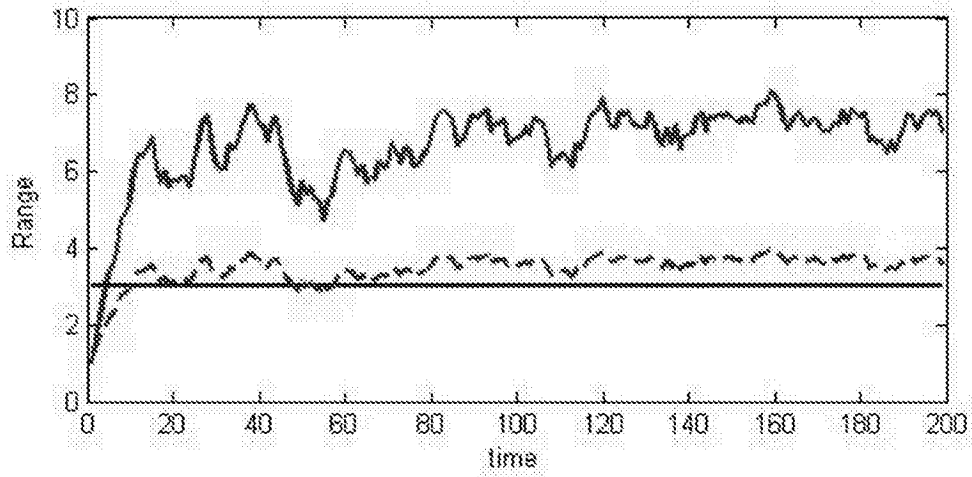


图4