



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102419180 A

(43) 申请公布日 2012. 04. 18

(21) 申请号 201110258045. 5

(22) 申请日 2011. 09. 02

(71) 申请人 无锡智感星际科技有限公司

地址 214135 江苏省无锡市高新技术产业开
发区太科园静慧东路 77 号 -3-1-101 室

(72) 发明人 熊永平 马建 张世哲 宋峥

(74) 专利代理机构 无锡盛阳专利商标事务所
(普通合伙) 32227

代理人 顾吉云

(51) Int. Cl.

G01C 21/16(2006. 01)

H04W 4/04(2009. 01)

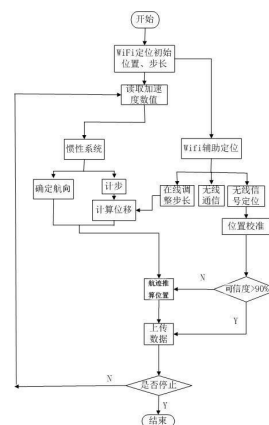
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 4 页

(54) 发明名称

一种基于惯性导航系统和 WIFI 的室内定位方法

(57) 摘要

本发明提供了一种基于惯性导航系统和 WIFI 的室内定位方法,其定位精度高,能有效克服现有惯性导航系统在定位过程中由于累积误差大、不适宜长时间导航定位的问题。其特征在于:其包括惯性导航系统的自主定位和 WIFI 无线网络的辅助定位,首先初始化定位终端装置,定位终端装置获得 WIFI 无线信号并通过 WIFI 无线网络确定定位终端装置的初始位置,然后通过惯性导航系统自主定位定位终端装置的实时位置信息,同时通过 WIFI 无线网络对实时位置信息进行校准、并对惯性导航系统自主定位中的步长信息进行在线调整,最后通过 WIFI 无线网络将定位终端装置的实时位置信息或经过 WIFI 无线网络校准的实时位置信息上传到数据库,并在定位终端装置的显示系统中展示所述定位终端装置移动的轨迹。



1. 一种基于惯性导航系统和 WIFI 的室内定位方法,其特征在于:其包括惯性导航系统的自主定位和 WIFI 无线网络的辅助定位,其包括以下步骤:首先初始化定位终端装置,所述定位终端装置获得 WIFI 无线信号并通过所述 WIFI 无线网络确定所述定位终端装置的初始位置,然后通过所述惯性导航系统自主定位所述定位终端装置的实时位置信息,同时通过 WIFI 无线网络对所述实时位置信息进行校准、并对所述惯性导航系统自主定位中的步长进行在线调整,最后通过所述 WIFI 无线网络将所述定位终端装置的实时位置信息或经过 WIFI 无线网络校准的实时位置信息上传到数据库,并在所述定位终端装置的显示系统中展示所述定位终端装置移动的轨迹。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于惯性导航系统和 WIFI 的室内定位方法,其特征在于:所述 WIFI 无线网络确定所述定位终端装置的初始位置,采用基于 RSSI 的定位算法确定初始位置信息;所述基于 RSSI (接收的信号强度指示) 的定位算法包括室内部署的 AP 无线接入点会周期性的发射无线信号,在部署阶段保存所有无线接主点(AP) 的位置坐标 $\langle X, Y \rangle$, 当人持所述定准终端装置在室内行走时,可以使用基于 RSSI 的质心算法得到所述初始位置信息;或者在离线阶段,采集 AP 无线信号的指纹图,在线阶段使用指纹法得到人的位置信息;或者使用基于 RSSI 的概率分布法,得到所述初始位置信息。

3. 根据权利要求 1 所述的一种基于惯性导航系统和 WIFI 的室内定位方法,其特征在于:所述惯性导航系统自主定位实时位置信息,是指通过所述惯性导航系统得到人行走的位移和航向,然后根据所述位移和航向、依据航迹推算算法得到人的实时位置信息,所述实时位置信息通过所述 WIFI 无线网络上传至数据库。

4. 根据权利要求 3 所述的一种基于惯性导航系统和 WIFI 的室内定位方法,其特征在于:所述位移为步频乘以步长,所述步频通过所述惯性导航系统的加速度传感器对人的行走进行计步得到,所述步长初始值采用经验值,一般步长初始值为 0.6m。

5. 根据权利要求 4 所述的一种基于惯性导航系统和 WIFI 的室内定位方法,其特征在于:所述航向的取得包括初始航向的取得以及行走过程中航向的取得;所述初始航向的取得,通过所述惯性导航系统的地磁传感器来完成,假设人的前进方向与惯性系统的 Y 轴正方向一致,所述地磁传感器可以获得人前进方向投影到平面后与磁北方向的夹角即为人的初始航向;在人移动行走过程中,所述地磁传感器取得人的变化角度,所述惯性导航系统通过陀螺仪测量得到人转向时的角速度,所述角速度乘以转向时间即得到人相对的变化角度,将所述人相对的变化角度与所述地磁传感器得到的人的变化角度求取平均值,所述平均值与人前一时刻的方向角度的矢量和即为此时刻的航向角度。

6. 根据权利要求 1 所述的一种基于惯性导航系统和 WIFI 的室内定位方法,其特征在于:所述通过 WIFI 无线网络进行位置的校准,当人在行走的过程中所述定位终端装置实时采集所有无线接入点(AP) 周期发射的无线信号,当接收到某个无线接入点的无线信号强度值超过信号强度阈值,则此时 WIFI 无线网络定位的准确可信度达到 90% 以上,设定此无线接入点为校准位置点,选取所有所述校准位置点发出的无线信号强度中最大的三个信号强度值,并根据加权质心算法得到此时所述定位终端装置的 WIFI 定位位置信息,再将所述 WIFI 定位位置信息与所述校准位置点求均值,即得到所述定位终端装置的修正位置信息,此时采用所述修正位置信息作为实时位置信息通过 WIFI 无线网络上传至数据库。

7. 根据权利要求 6 所述的一种基于惯性导航系统和 WIFI 的室内定位方法,其特征在

于:所述信号强度阈值为当人持所述定位终端装置处在以某个无线接入点(AP)为中心、半径为 1m 的单位圆内时,获得该无线接入点(AP)的信号强度值最小值。

8. 根据权利要求 1 所述的一种基于惯性导航系统和 WIFI 的室内定位方法,其特征在于:所述通过 WIFI 无线网络对所述惯性导航系统自主定位中的步长进行在线调整,当人持所述定位终端装置开始行走时,如果产生了连续两次所述 WIFI 无线网络对实时位置信息进行校准,假设 WIFI 无线网络校准后的两点坐标为(X1, Y1)和(X2, Y2),所述两点之间的位移为 D1,所述惯性导航系统自主定位得到的第二个点为(X3, Y3),位移 D2,之前步长为 S2,修正步长为 S1,根据比例关系 $D1/S1 = D2/S2$,所述修正步长 S1 为:

$S1 = (D1 * S2) / D2 = (\sqrt{(X2 - X1)^2 + (Y2 - Y1)^2} * S2 / \sqrt{(X3 - X1)^2 + (Y3 - Y1)^2})$;所述惯性导航系统自主定位中,除所述初始步长采用经验值,在移动过程中采用的步长均为所述修正步长。

9. 根据权利要求 4 所述的一种基于惯性导航系统和 WIFI 的室内定位方法,其特征在于:所述计步通过加速度传感器检测人行走时在 Z 方向的加速度周期变化取得;其方法为:所述加速度传感器实时读取在 Z 方向的加速度数据,首先判断是否为迈步起点,根据人行走的生理规律,人走一步的周期内,人体垂直方向的加速度数值先增大后减小,如果该点的加速度值比前一时刻加速度数值大,比后一时刻加速度数值小,且前一时刻点小于动态阈值,后一时刻点大于动态阈值,则初步判定该点为迈步起点,否则此点为非迈步起点,重新读取加速度数值进行迈步起点的判断;然后进行时间窗口的检测,由于人正常行走频率为 0.5 Hz ~ 5Hz,行走一步的时间为 0.2s ~ 2s,因此如果连续两个迈步起点的时间差介于 0.2s ~ 2s 之间则进入峰值低谷检测,如果所述时间差小于 0.2 或者大于 2s 则应取消该点为迈步起点重新开始计步;所述峰值低谷检测,检测一步内的最大加速度数值(峰值)和最小加速度数值(谷值),当检测到的峰值与谷值与动态阈值差的绝对值大于 0.1 时则计一步,如果所述绝对值小于 0.1 则由于其数值变化的精度太小可视为轻微抖动引起的数值变化,此迈步不是有效迈步而重新计步。

10. 根据权利要求 9 所述的一种基于惯性导航系统和 WIFI 的室内定位方法,其特征在于:所述动态阈值的取值,当进行迈步起点确认时,所述动态阈值采用零点阈值,当进入有效计步后,所述动态阈值采用修正阈值,所述修正阈值为前一有效计步周期的加速度峰值与谷值的均值。

一种基于惯性导航系统和 WIFI 的室内定位方法

技术领域

[0001] 本发明属于移动通信领域,涉及一种基于惯性系统和 WIFI 无线信号进行综合室内定位的方法,具体为一种基于惯性导航系统和 WIFI 的室内定位方法。

背景技术

[0002] 随着移动通信技术的迅速发展、数据和多媒体业务的快速增加,基于位置的服务(LBS) 越来越受到人们的青睐,尤其是在复杂的室内环境,如餐馆、超市、停车场、仓库等,常常需要确定移动终端的持有者、设施或者物品在的位置信息。例如户外旅游时,移动终端定位系统可以告诉我们当前的位置,基于位置的服务系统提供给我们附近旅游景点的信息,推荐附近的餐厅与宾馆等;在室内,公司财产的定位、跟踪与管理;还有广泛使用的车载导航系统,实时获得车辆当前的位置信息,LBS 会提供路况信息,帮助司机选择交通负载较轻的合适路径。可见,LBS 系统正在逐步使用于我们生活的各个方面,给我们的生活带来更大的便捷。根据使用范围划分,基于位置的服务主要包括室外定位应用和室内定位应用。下面主要说一下它们的实现原理。

[0003] 1. 室外定位

例如车载导航系统,主要使用 GPS 无线导航来实现全球覆盖定位。利用 GPS 进行定位的优势是卫星有效覆盖范围大,且定位导航信号免费。然而在实际环境中,由于 GPS 卫星发射的无线信号电讯号太微弱,无法穿透大部分的建筑物等障碍物,在都市,楼宇等建筑物阻碍了卫星信号的传播,造成了 GPS 系统定位不准,而且定位器终端的成本较高。

[0004] 2. 室内定位

目前新型的室内定位技术有很多种,根据实现原理的不同包括基于移动通信系统的定位技术、短距离传输定位技术、基于无线局域网 WLAN 的定位技术以及包含自主传感器的定位技术。

[0005] (1) 基于移动通信系统的定位技术

如果移动通信系统辅助 GPS 定位,就形成 A-GPS 技术,通过移动基站向手机用户发送当前的卫星星历以提高 GPS 接收机搜星速度,缩短初次定位时间。移动通信系统也可以利用自身网络进行独立定位,定位原理主要有:单元识别 Cell-ID、三角测量与双曲线方法和到达角 AOA。移动通信系统是由一系列的蜂窝网络组成,手机用户获得通信服务是由其关联的相邻基站实现的,Cell-ID 技术是根据这些基站的覆盖范围估算出用户位置。通过手机用户向附近的几个基站发送的信息,基站根据手机用户发射信号的到达时间 TOA 或达到时间差 TDOA,利用三角测量和双曲线的方法实现对用户位置的估计。或者基站通过测量手机用户信号发送的到达角度 AOA (Angular of Arrival) 来定位。这两种定位方法目前精度仍然不高,因为需要对基站做较大修改,投入成本比较高,所以目前还处在研究阶段,并未投入实际应用。

[0006] (2) 短距离传输的定位技术

短距离传输定位技术包括:基于射频识别(RFID)、脉冲无线电(UWB)、蓝牙、超声等的

定位技术。射频识别(RFID)通过射频信号自动识别目标对象并获取相关数据,广泛应用于资产跟踪、身份识别、生产自动化等领域。UWB 是用脉冲信号进行高速无线数据传输的短程通信技术,普遍应用于家庭电子产品之间的高速无线通信传输,其能穿透建筑物,不会受到信号反射导致的多路径效应带来的误差。蓝牙也是用于满足电子产品间近距无线传输的技术。基于射频识别(RFID)、脉冲无线电(UWB)、蓝牙和超声等的定位技术,在原理上与基于 WLAN 的定位技术相似,只是应用范围没有 WLAN 广,作用距离相对较短,需要部署特定网络,所以使用的场景更小。这类技术的定位精度仅能达到 1-3 米。

[0007] (3) 基于无线局域网(WLAN)的定位技术

基于无线局域网的定位方法目前主要有以下几种方式。一是类似移动通信网络 Cell-ID 技术,叫做接入点识别 AP-ID,一旦具有 Wi-Fi 功能的移动终端与某个 AP 建立连接,即以该 AP 的位置估计行人位置,定位精度不高;第二种通过接收到的信号强度或者到达时间延迟进行测距,利用三角测量的方法计算出行人的位置;第三种是 WLAN 定位技术中目前最受关注的基于 RSSI 的指纹图技术,它根据接收信号强度标识 RSSI 来定位,这种技术先将安装有无线网络接入点的定位场景划分为一个个网格,然后测量在每个网格中心的接收信号强度,建立 RSSI 指纹数据库,在实时导航中根据用户终端接收的无线网络信号强度、利用有关算法估算出用户位置,这种方法需要事先建立 RSSI 数据库,其精度取决于网格划分的大小、每个网格采集的接收信号强度的数量和采用的定位算法,如果网格划分足够小,可以达到 1 ~ 3 米的精度。

[0008] (4) 包含自主传感器的定位技术

在微机电系统(MEMS)技术的推动下,各种传感器尺寸变小,成本降低,被广泛用于个人导航定位系统。基于自包含传感器的定位技术,其突出优势在于导航定位的自主性和连续性。最普遍的自包含传感器包括惯性传感器(加速度计和陀螺仪)、磁罗盘等,这些传感器也叫做航迹推算传感器。基于不同的物理特性和应用环境,这些传感器可以相互组合实现不同的配置方案,如陀螺仪和加速度计组合的惯性导航系统,磁力计和加速度计组成的无漂移定位方法,陀螺仪、磁力计和加速度计冗余定位方法等。

[0009] 目前包含自主传感器的个人导航系统有两种,一种是传统的惯性积分导航,基于牛顿运动定律,可以通过三个方向的加速度数据积分计算出三维速度和位置,理论上计算结果更精确可靠,但实际应用中,存在很大误差;另一种是航迹推算个人导航,依据人行走的步数和步长进行定位,定位效果比传统惯性导航更准确。下面对两种导航进行比较:

从使用步骤上来说,传统的惯性积分导航机制开始导航定位前需要严谨而精确地进行初始平台对准,行走中需要判断零点实时计算加速度计的误差参数并动态消除后,才能积分计算速度和距离。而航迹推算导航中不需要对加速度计进行误差补偿,直接通过其波形的周期性探测跨步,并根据信号统计结果进行步长估计。

[0010] 从定位性能上来说,在使用低成本传感器的情况下,行人航迹推算导航比惯性积分导航机制的定位精度更高。惯性积分导航机制加速度两次积分计算,导致误差随时间的平方增长,即使行人没有行走,误差也在累积,使定位结果在很短时间内(通常一两分钟)无法使用。行人航迹推算导航可以通过步频探测结果判断行人是否在行走,使定位误差不随时间增长,所以,在行人导航领域,目前普遍使用航迹推算导航来代替惯性积分导航。但是,由于航迹推算导航根据人行走的位移与航向进行位置推算,因而是随着行走距离变大其定

位误差也不断累积；另外，其航向角度的确定也存在误差大的问题，从而也导致了定位导航不精确。

[0011] 综上所述，基于移动通信系统的定位技术，其定位精度较差，还有待深入的研究；基于短距离传输的定位技术其覆盖范围小，为了获得较高定位精度，需要增加硬件成本为代价；基于无线局域网的定位技术不但覆盖范围广，而且总系统定位精度较高，适合于长时间定位，且没有误差累积，但是其定位精度易受到无线网络接入点(Ap)的分布密度的影响以及外部信号的干扰；基于射频信号的定位技术需要移动通信基站、无线网络接入点、信号发射塔或中继器等外部设施支持，和预先建立室内环境的 RSSI 数据库，这增加了行人导航服务的建设成本，而且限制了导航的范围；包含自主传感器的定位技术凭借体积小、成本低，且自主式定位的优势被广泛应用于定位系统，但是由于硬件构造特性，其在使用过程中需要消除累积误差，因而不适合于长时间定位使用。

发明内容

[0012] 针对上述问题，本发明提供了一种基于惯性导航系统和 WIFI 的室内定位方法，其定位精度高，能有效克服现有惯性导航系统在定位过程中由于累积误差大、不适宜长时间导航定位的问题。

[0013] 其技术方案是这样的，其特征在于：其包括惯性导航系统的自主定位和 WIFI 无线网络的辅助定位，其包括以下步骤：首先初始化定位终端装置，所述定位终端装置获得 WIFI 无线信号并通过所述 WIFI 无线网络确定所述定位终端装置的初始位置，然后通过所述惯性导航系统自主定位所述定位终端装置的实时位置信息，同时通过 WIFI 无线网络对所述实时位置信息进行校准、并对所述惯性导航系统自主定位中的步长信息进行在线调整，最后通过所述 WIFI 无线网络将所述定位终端装置的实时位置信息或经过 WIFI 无线网络校准的实时位置信息上传到数据库，并在所述定位终端装置的显示系统中展示所述定位终端装置移动的轨迹。

[0014] 其进一步特征在于：

所述 WIFI 无线网络确定所述定位终端装置的初始位置，采用基于 RSSI 的定位算法确定初始位置信息；所述基于 RSSI（接收的信号强度指示）的定位算法包括室内部署的 AP 无线接入点会周期性的发射无线信号，在部署阶段保存所有无线接主点(AP)的位置坐标 $\langle X, Y \rangle$ ，当人持所述定准终端装置在室内行走时，可以使用基于 RSSI 的质心算法得到所述初始位置信息；或者在离线阶段，采集 AP 无线信号的指纹图，在线阶段使用指纹法得到人的位置信息；或者使用基于 RSSI 的概率分布法，得到所述初始位置信息；

所述惯性导航系统自主定位实时位置信息，是指通过所述惯性导航系统得到人行走的位移和航向，然后根据所述位移和航向、依据航迹推算算法得到人的实时位置信息，所述实时位置信息通过所述 WIFI 无线网络上传至数据库；所述位移为步频乘以步长，所述步频通过所述惯性导航系统的加速度传感器对人的行走进行计步得到，所述步长初始值采用经验值，一般步长初始值为 0.6m；所述航向的取得包括初始航向的取得以及行走过程中航向的取得；所述初始航向的取得，通过所述惯性导航系统的地磁传感器来完成，假设人的前进方向与惯性系统的 Y 轴正方向一致，所述地磁传感器可以获得人前进方向投影到平面后与磁北方向的夹角即为人的初始航向；在人移动行走过程中，所述地磁传感器取得人的变化角

度,所述惯性导航系统通过陀螺仪测量得到人转向时的角速度,所述角速度乘以转向时间即得到人相对的变化角度,将所述人相对的变化角度与所述地磁传感器得到的人的变化角度求取平均值,所述平均值与人前一时刻的方向角度的矢量和即为此时刻的航向角度;

所述通过 WIFI 无线网络进行位置的校准,当人在行走的过程中所述定位终端装置实时采集所有无线接入点(AP)周期发射的无线信号,当接收到某个无线接入点的无线信号强度值超过信号强度阈值,则此时 WIFI 无线网络定位的准确可信度达到 90% 以上,设定此无线接入点为校准位置点,选取所有所述校准位置点发出的无线信号强度中最大的三个信号强度值,并根据加权质心算法得到此时所述定位终端装置的 WIFI 定位位置信息,再将所述 WIFI 定位位置信息与所述校准位置点求均值,即得到所述定位终端装置的修正位置信息,此时采用所述修正位置信息作为实时位置信息通过 WIFI 无线网络上传至数据库;所述信号强度阈值为当人持所述定位终端装置处在以某个无线接入点(AP)为中心、半径为 1m 的单位圆内时,获得该无线接入点(AP)的信号强度值最小值;

所述通过 WIFI 无线网络对所述惯性导航系统自主定位中的步长进行在线调整,当人持所述定位终端装置开始行走时,如果产生了连续两次所述 WIFI 无线网络对实时位置信息进行校准,假设 WIFI 无线网络校准后的两点坐标为(X1, Y1)和(X2, Y2),所述两点之间的位移为 D1,所述惯性导航系统自主定位得到的第二个点为(X3, Y3),位移 D2,之前步长为 S2,修正步长为 S1,根据比例关系 $D1/S1 = D2/S2$,所述修正步长 S1 为:

$$S1 = (D1 * S2) / D2 = (\sqrt{(X2 - X1)^2 + (Y2 - Y1)^2} * S2) / \sqrt{(X3 - X1)^2 + (Y3 - Y1)^2};$$

所述惯性导航系统自主定位中,除所述初始步长采用经验值,在移动过程中采用的步长均为所述修正步长。

[0015] 其更进一步特征在于:所述计步通过加速度传感器检测人行走时在 Z 方向的加速度周期变化取得;其方法为:所述加速度传感器实时读取在 Z 方向的加速度数据,首先判断是否为迈步起点,根据人行走的生理规律,人走一步的周期内,人体垂直方向的加速度数值先增大后减小,如果该点的加速度值比前一时刻加速度数值大,比后一时刻加速度数值小,且前一时刻点小于动态阈值,后一时刻点大于动态阈值,则初步判定该点为迈步起点,否则此点为非迈步起点,重新读取加速度数值进行迈步起点的判断;然后进行时间窗口的检测,由于人正常行走频率为 0.5 Hz ~ 5Hz,行走一步的时间为 0.2s ~ 2s,因此如果连续两个迈步起点的时间差介于 0.2s ~ 2s 之间则进入峰值低谷检测,如果所述时间差小于 0.2 或者大于 2s 则应取消该点为迈步起点重新开始计步;所述峰值低谷检测,检测一步内的最大加速度数值(峰值)和最小加速度数值(谷值),当检测到的峰值与谷值与动态阈值差的绝对值大于 0.1 时则计一步,如果所述绝对值小于 0.1 则由于其数值变化的精度太小可视为轻微抖动引起的数值变化,此迈步不是有效迈步而重新计步;所述动态阈值的取值,当进行迈步起点确认时,所述动态阈值采用零点阈值,当进入有效计步后,所述动态阈值采用修正阈值,所述修正阈值为前一有效计步周期的加速度峰值与谷值的均值。

[0016] 本发明的有益效果在于,其利用惯性导航系统进行自主式定位,计算速度快,无须外部参考;且在进行惯性导航系统进行自主定位过程中,其同时采用地磁传感器与陀螺仪来进行航向角度的取得,提高了航向角度的准确性,保证定位精度;此外,在进行惯性导航

系统进行自主定位的同时、本发明采用 WIFI 无线网络辅助校正惯性导航系统的自主定位信息,并对惯性导航系统自主定位中的步长信息进行在线的调整,以减少定位累积误差,进一步提高室内定位精度。

附图说明

[0017] 图 1 是本发明使用惯性导航系统和 WIFI 无线信号完成室内定位的流程图;

图 2 是本发明实现计步功能流程图;

图 3 为本发明中使用惯性导航系统的地磁传感器进行初始航向确定示意图;

图 4 为本发明中使用惯性导航系统的地磁传感器与陀螺仪进行实时航向确定示意图;

图 5 是本发明 WIFI 无线网络定位进行位置校准示意图;

图 6 是本发明中使用 WIFI 无线网络实现步长修正的示意图。

具体实施方式

[0018] 下面具体描述一下本发明方法的室内定位过程:

见图 1,首先初始化定位终端装置,定位终端装置获得 WIFI 无线信号并选取初始步长为 0.6m,通过 WIFI 无线网络、采用基于 RSSI 的定位算法确定定位终端装置的初始位置,基于 RSSI 的定位算法:室内部署的 AP 无线接入点会周期性的发射无线信号,在部署阶段保存所有 AP 的位置坐标 $\langle X, Y \rangle$,当人在室内行走时,可以使用基于 RSSI 的质心算法得到人的位置;或者在离线阶段,采集 AP 无线信号的指纹图,在线阶段使用指纹法得到人的位置信息;或者使用基于 RSSI 的概率分布法,得到位置信息;

然后惯性导航系统进行自主定位实时位置信息:通过加速度传感器进行计步,假设人的垂直方向与加速度传感器 z 轴方向大体一致,通过大量实验,观察和分析人行走时三轴加速度传感器在 x, y, z 三个方向的加速度变化,只有 z 方向的加速度数据具有周期性的变化规律而且不受拐弯和外界因素的影响, z 方向的加速度在 0 点附近上下有周期性变化,人行走的每一步对应一个峰值和一个低谷,所以使用 z 方向加速度的变化对人行走进行计步。见图 2,加速度传感器读取人行走时在 z 方向的加速度值,首先判断是否为迈步起点,根据人行走的生理规律,人走一步的周期内,人体垂直方向的加速度数值先增大后减小,如果该点的加速度值比前一时刻加速度数值大,比后一时刻加速度数值小,且前一时刻点小于动态阈值,后一时刻点大于动态阈值,则初步判定该点为迈步起点,否则此点为非迈步起点、重新读取加速度数值进行迈步起点的判断;然后进行时间窗口的检测,由于人正常行走频率为 $0.5 \text{ Hz} \sim 5 \text{ Hz}$,行走一步的时间为 $0.2 \text{ s} \sim 2 \text{ s}$,因此如果连续两个迈步起点的时间差介于 $0.2 \text{ s} \sim 2 \text{ s}$ 之间则进入峰值低谷检测,如果时间差小于 0.2 或者大于 2s 则应取消该点为迈步起点重新开始计步;峰值低谷检测,检测一步内的最大加速度数值(峰值)和最小加速度数值(谷值),当检测到的峰值与谷值与动态阈值差的绝对值大于 0.1 时则计一步,如果所述绝对值小于 0.1 则由于其数值变化的精度太小可视为轻微抖动引起的数值变化,此迈步不是有效迈步而重新计步;在通过加速度传感器进行计步中,当进行迈步起点确认时,动态阈值采用零点阈值,当进入有效计步后,动态阈值采用修正阈值,修正阈值为前一有效计步周期的加速度峰值与谷值的均值;通过计步得到步频,步频乘以步长即得到位移;再确定初始航向,见图 3,假设人的前进方向与惯性系统的 Y 轴正方向一致,地磁传感器可以

获得人前进方向投影到平面后与磁北方向的夹角即为人的初始航向角度 α ;在人移动行走过程中,见图 4,所述地磁传感器取得人的变化角度 β ,所述惯性导航系统通过陀螺仪测量得到人转向时的角速度 ω ,所述角速度 ω 乘以转向时间即得到人相对的变化角度 β' ,将所述人相对的变化角度 β 与所述地磁传感器得到的人的变化角度 β' 求取平均值 Δ ,所述平均值 Δ 与人前一时刻的方向角度的矢量和即为此时刻的航向角度 α' ;再根据位移与航向角度,通过航迹推算算法得到定位终端装置实时的位置信息,并通过 WIFI 无线网络将实时位置信息上传到数据库;

在惯性导航系统进行自主定位的同时, WIFI 无线网络进行实时位置的校准,见图 5,当人在行走的过程中定位终端装置实时采集所有无线接入点(AP)周期发射的无线信号,当接收到某个无线接入点的无线信号强度值超过信号强度阈值,则此时 WIFI 无线网络定位的准确可信度达到 90% 以上,设定此无线接入点为校准位置点,选取所有校准位置点发出的无线信号强度中最大的三个信号强度值,并根据加权质心算法得到此时定位终端装置的 WIFI 定位位置信息,再将 WIFI 定位位置信息与校准位置点求均值,即得到定位终端装置的修正位置信息,此时采用修正位置信息作为实时位置信息通过 WIFI 无线网络上传至数据库;信号强度阈值为当人持所述定位终端装置处在以某个无线接入点(AP)为中心、半径为 1m 的单位圆内时,获得该无线接入点(AP)的信号强度值最小值;

当人持定位终端装置开始行走时,如果产生了连续两次所述 WIFI 无线网络对实时位置信息进行校准,则通过 WIFI 无线网络对惯性导航系统自主定位中的步长进行在线调整,见图 6,假设 WIFI 无线网络校准的两点坐标为 $(X1, Y1)$ 和 $(X2, Y2)$,所述两点之间的位移为 $D1$,惯性导航系统自主定位得到的第二个点为 $(X3, Y3)$,位移 $D2$,之前步长为 $S2$,修正步长为 $S1$,根据比例关系 $D1/S1 = D2/S2$,所述修正步长 $S1$ 为:

$$S1 = (D1 * S2) / D2 = (\sqrt{(X2 - X1)^2 + (Y2 - Y1)^2} * S2) / \sqrt{(X3 - X1)^2 + (Y3 - Y1)^2};$$

惯性导航系统自主定位中,除初始步长采用经验值,在移动过程中采用的步长均为修正步长。

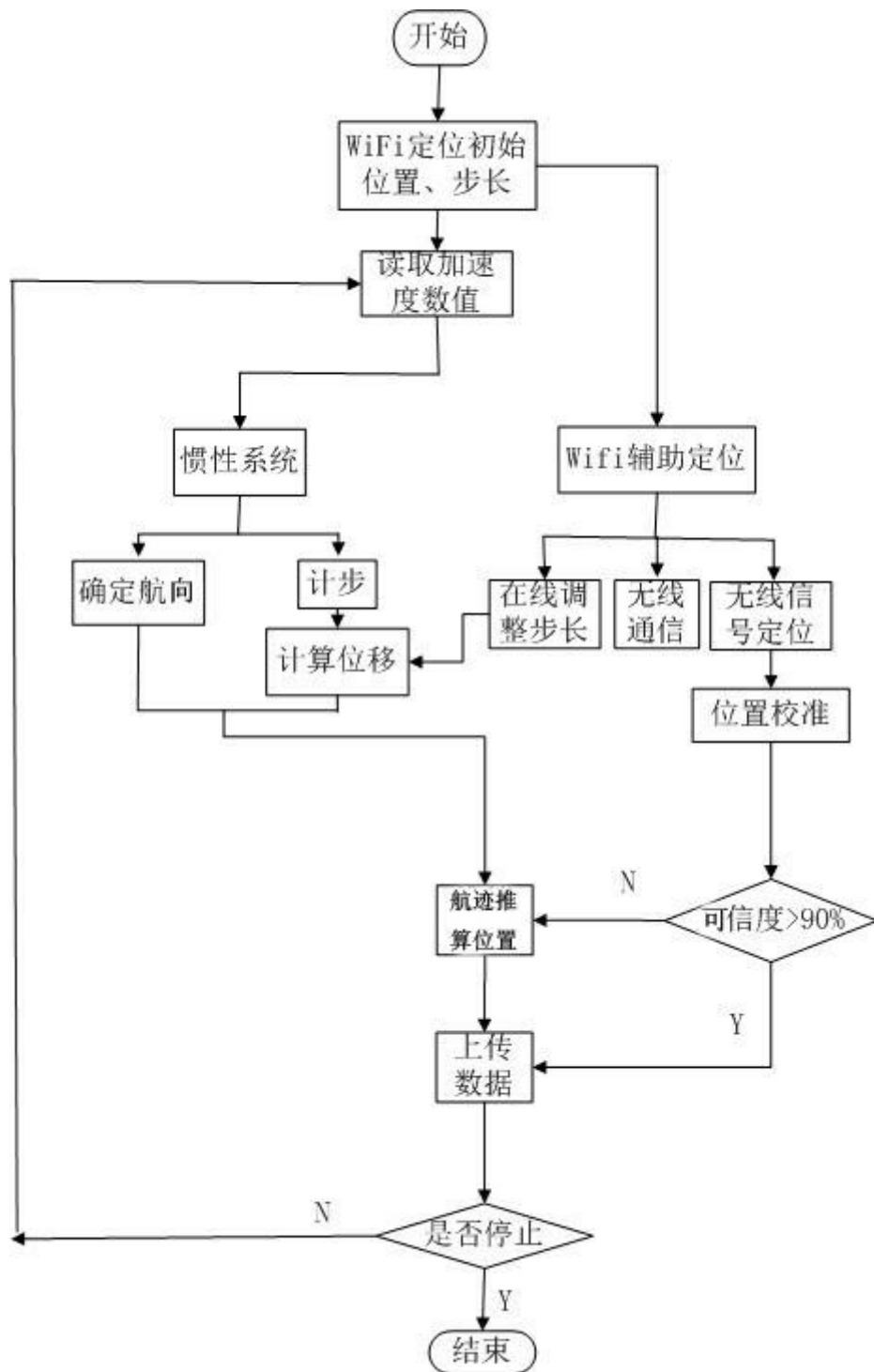


图 1

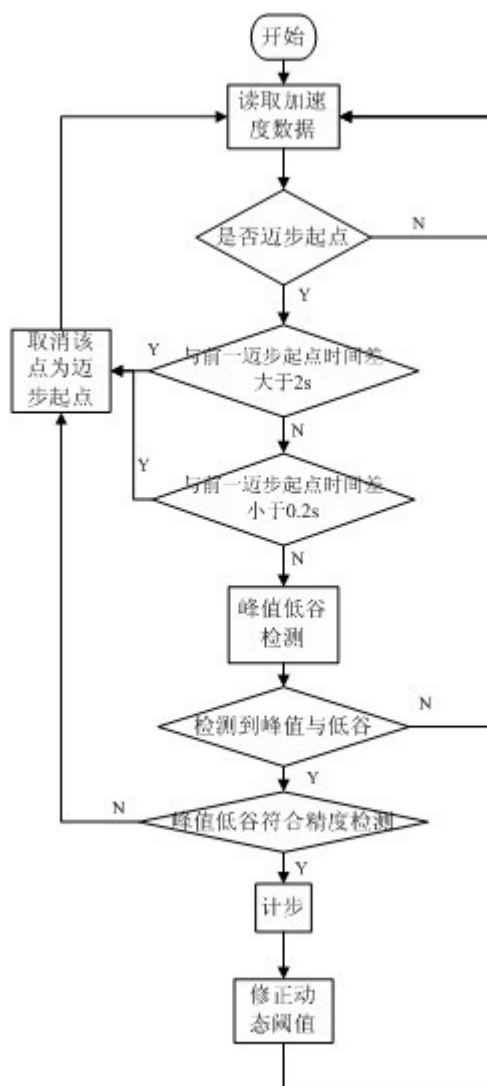


图 2

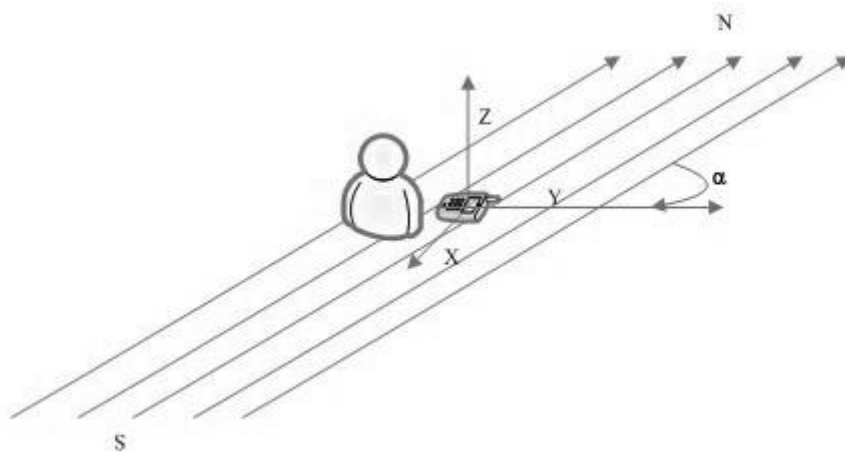


图 3

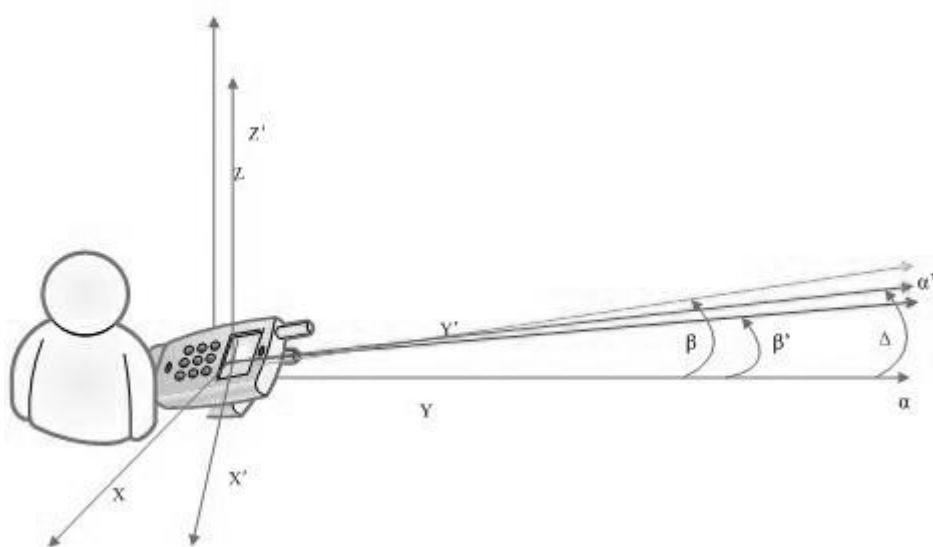


图 4

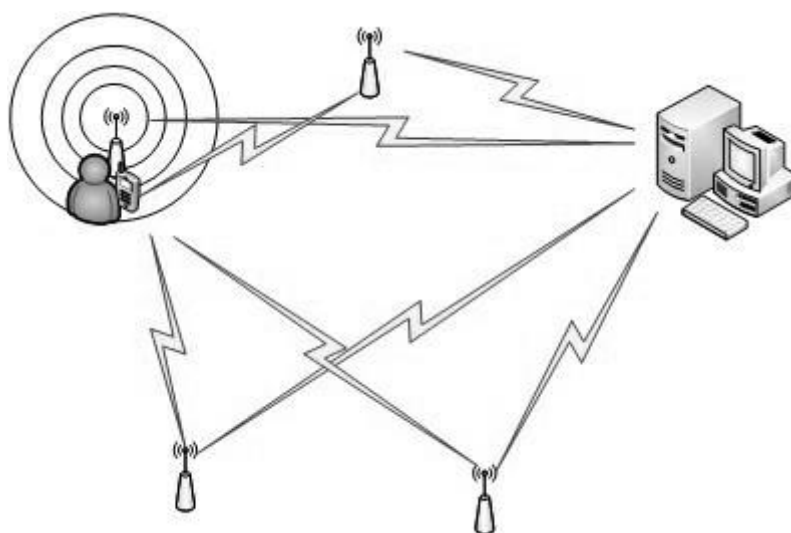


图 5

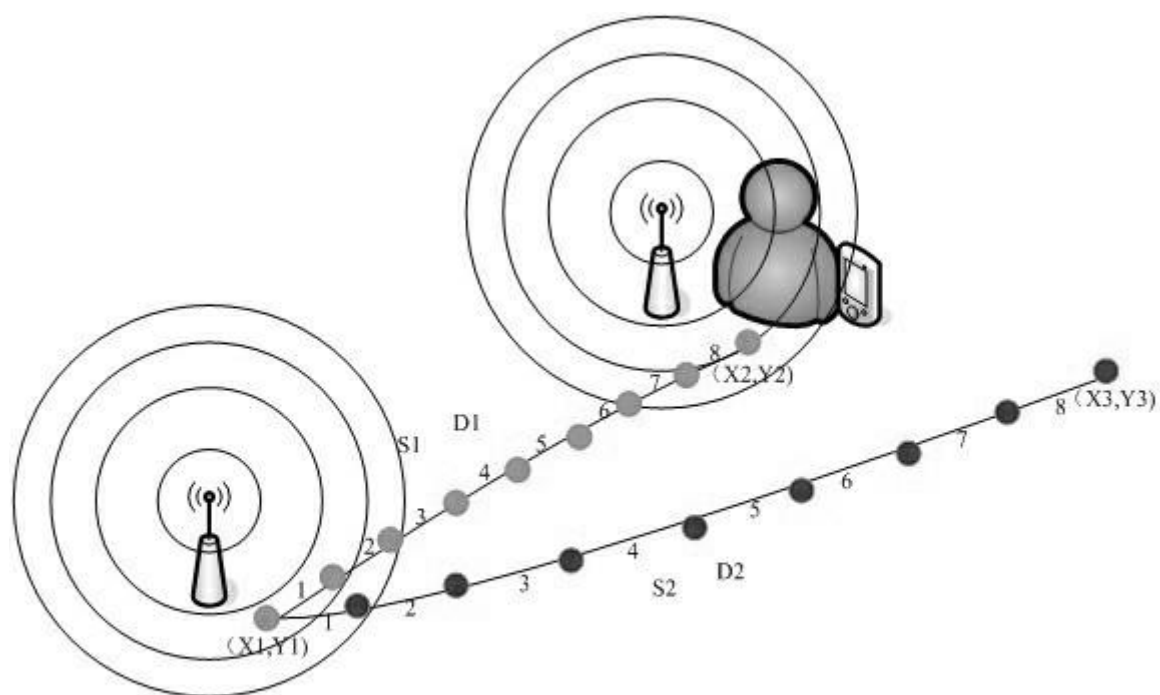


图 6