

一种基于地磁强度特征的室内定位方法

□余秋星 北京信威通信有限公司西安研究所

【摘要】 研究了基于地磁强度特征的智能手机室内定位技术，利用智能手机的传感器获得每个位置多个方位的地磁强度特征，通过坐标变换和均值滤波对初始特征进行了处理，提取了每个位置的地磁特征量，并以实际室内环境为例进行了验证评估。

【关键词】 智能手机 传感器 地磁 室内定位

Indoor Location Method based on the Geo-magnetism

Yu Qiuxing¹ Xi'an Institute of Beijing Xinwei telecom Co. Ltd, Xi'an, Shaanxi

Abstract: Indoor location based on geo-magnetism is investigated. Geo-magnetism vectors of multiple directions in a position can be measured by sensors of smart-phone, then coordinate transform and mean filtering is adopted, finally the geo-magnetism feature of the position is obtained. The method is evaluated in a corridor of a building with a smart-phone.

Key words: Smart-phone; sensor; geo-magnetism; indoor location

一、引言

室内定位技术的商业化已经带来一波创新高潮，各种基于此技术的应用将出现在我们的面前，其影响和规模绝不会亚于 GPS（Global Positioning System，全球定位系统）。以手机为载体的 LBS(Location based Service，基于位置的服务)发展迅猛^[1]。

GPS 在室内无法进行准确定位。大多数利用基站进行无线定位技术都是基于到达时间 TOA（time of arrival）、到达时间差 TDOA（Time Difference of Arrival）和到达角 AOA（Angle of Arrival）等这些信息^[2]，实际上，基于这些技术的定位结果只有在视距信号占支配地位的情况下才是可靠的，因而无法用于非视距传输的室内定位。基于 RSS（Received Signal Strength）的室内定位方法^[3]，为了获得定位的精度，该方法需要采集大量数据和部署高密度的接入点，并估计接入点到终端的传播模型，复杂度高。文献[4]中提出了一种基于磁传感器进行室内定位的方法，定位精度小于 5 米。但该方法要求指纹库和测试集采集相同方位的磁场强度值特征量，而且需要较大的存储空间和信号采集时间。

本文提出了一种利用智能手机测量的地磁强度特征量进行室内定位的方法。

二、定位原理与方法

根据地磁场理论，地磁场是地球的基本物理场，处在地球近地空间内任意一点都具有磁场强度，且其强度和方向会随着不同的经、纬度和高度而不同。同时，根据磁场理论，磁性物质对磁场会有影响。现代的建筑大都是钢筋混凝土或钢结构，它们会在局部空间上弯曲地磁场，但在时间上是稳定的，且具有一定的独特性，这样就可以利用不同空间磁场差异性来定位^[4]。

2.1 传感器的坐标变换

对于安卓系统传感器的应用程序接口（Application Programming Interface，API）而言，采用的坐标系统是相对与设备被保持在默认方向时的设备屏幕来定义的，如图 1 所示^[5]。当设备被保持在默认方向时，X 轴是水平向右、Y 轴是垂直向上、Z 轴是指向屏幕面板的外部。

利用智能手机进行地磁测量时，不同地理位置的不同方

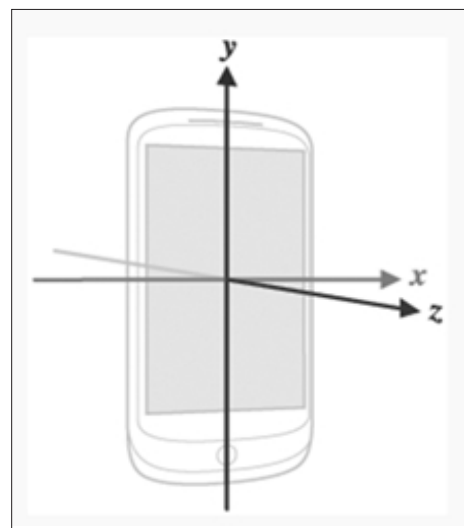


图 1 智能手机传感器使用的坐标系

位下测量的地磁特征由于坐标体系不一样而无法直接对比匹配，因此需要根据公式（1）~（4）进行坐标变换：

$$R_z = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$R_x = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \beta & -\sin \beta \\ 0 & \sin \beta & \cos \beta \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$R_y = \begin{pmatrix} \cos \gamma & 0 & -\sin \gamma \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \gamma & 0 & \cos \gamma \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{pmatrix} \text{MagRot}_x \\ \text{MagRot}_y \\ \text{MagRot}_z \end{pmatrix} = (R_y \cdot R_x \cdot R_z)^{-1} \begin{pmatrix} \text{MagIni}_x \\ \text{MagIni}_y \\ \text{MagIni}_z \end{pmatrix} \quad (4)$$

其中, R_x 、 R_y 、 R_z 分别表示绕 X、Y、Z 轴旋转的矩阵; (α, β, γ) 分别表示绕 Z、X、Y 轴的旋转角度, 可以通过磁传感器和加速度传感器的原始数据计算得到^[5]; $(MagIni_x, MagIni_y, MagIni_z)^T$ 表示智能手机磁传感器测量的 X、Y、Z 轴磁场强度, 其中 $(\cdot)^T$ 表示转置运算; $(MagRot_x, MagRot_y, MagRot_z)^T$ 表示坐标变换后的 X、Y、Z 轴磁场强度。

2.2 地磁定位方法

基于地磁的定位方法可以描述为: 利用智能手机测量得到 X、Y、Z 轴的三维地磁强度值和对应的旋转角度, 经过公式 (1)~(4) 进行坐标变换后, 得到新的地磁强度值, 然后基于最近邻方法进行指纹匹配, 获得定位结果。具体步骤如下:

1) 数据采集与预处理

1.1) 获取训练样本的初始数据: 在室内选择一段过道, 以间隔距离为 d , 按顺序选取 N 个位置, 记录该位置下 P 个不同方位对应的地磁强度测量值;

1.2) 获取测试样本的初始数据: 在不同于这 N 个位置的地方, 选取 M 个位置, 记录每个位置下 Q 个不同方位对应的地磁强度测量值;

1.3) 均值计算: 对于所有数据中, 分别计算同一个位置同一个方位中多次测量的地磁强度和方位角的平均值, 并作为该位置、该方位的角度和地磁强度值。

2) 建立指纹库

对于作为训练样本采集的 N 个位置、 P 个方位的数据, 根据以下处理过程建立指纹库: 对第 i 个位置、第 j 个方位 ($i=0,1,\dots,N-1$, $j=0,1,\dots,P-1$) 的地磁测量值 $VIni_{i,j} = (MagIni_x^{i,j}, MagIni_y^{i,j}, MagIni_z^{i,j})^T$, 结合对应的旋转角度值 $(\alpha^{i,j}, \beta^{i,j}, \gamma^{i,j})$, 利用公式 (4), 可以得到进行坐标变换后的三维地磁强度值 $VRot_{i,j} = (MagRot_x^{i,j}, MagRot_y^{i,j}, MagRot_z^{i,j})^T$; 然后根据公式 (5), 对同一个位置多个方位的地磁强度值 $VRot_{i,j}$ 进行平均计算, 得到该方位的地磁指纹特征 $VTrain_i$;

$$VTrain_i = \frac{1}{L_i} \sum_{j \in \omega} VRot_{i,j} \quad (5)$$

其中, 作为集合 ω 是指选择 P 个方位中的 L_i 个方位组成的集合; $VTrain_i$ 表示第 i 个位置的地磁特征量。

3) 建立测试集

对于作为测试样本采集的 M 个位置、 Q 个方位的数据, 基于与前一步类似的处理过程, 建立测试集。

4) 进行指纹匹配

指纹匹配算法采用最近邻法的思路, 具体描述如下:

4.1) 将指纹库中 N 个已知位置的地磁特征量分 $N-1$ 为组, 相邻两个位置的地磁特征量组成一组, 记为 $K_i = \{VTrain_i, VTrain_{i+1}\}$, 其中 $i=0,1,\dots,N-2$;

4.2) 计算待定位位置 j 的地磁特征量 $VTest_j$ 与 K_i 组中两个地磁特征量的欧式距离之和 d_{ji} , $i=0,1,\dots,N-2$;

4.3) 查找距离集合中的最小值 $\{d_{ji}\}$, 记为 d_{jk} , 则将待确定位置 j 判断为介于位置 k 和 $k+1$ 之间。

三、仿真结果

以软件园某大厦内部 16 层的一段直线走廊为测试环境, 利用华为麦芒手机配置的传感器, 进行仿真验证。走廊长度为 9.60 米, 以 0.60 米为间隔设置 17 位置作为训练点, 用智能手机测量每个位置 4 个不同方位 (对应 0° 、 90° 、 180° 和 270°) 的三维地磁强度值, 并根据前文所述的方法获得每个位置的地磁指纹特征, 建立指纹库; 在这些训练点的位置之外, 选择了 6 个位置, 测量每个位置 5 个方位 (按顺序对应 0° 、 90° 、 180° 、 270° 和 300°) 的地磁强度值, 建立测试集; 利用前一节描述的最近邻方法进行指纹识别。定位结果如表 1~表 2 所示, 其中, 测试集特征是指获得测试点地磁特征量的方位数, 平均误差和最大误差的单位是 1 倍间距 (即 0.60 米)。

表 1 基于每个位置中 1 个方位生成指纹库特征的定位结果

测试集特征	正确检测概率	平均误差	最大误差
1 个方位	0.67	1.16	10
2 个方位	0.72	0.89	9
3 个方位	0.72	0.88	5
4 个方位	0.73	0.80	5
5 个方位	0.75	0.96	5

表 2 基于每个位置中 4 个方位的均值生成指纹库特征的定位结果

测试集特征	正确检测概率	平均误差	最大误差
1 个方位	0.73	0.80	5
2 个方位	0.83	0.43	4
3 个方位	0.83	0.50	4
4 个方位	0.83	0.33	1
5 个方位	0.83	0.33	1

表 1 中基于 1 个方位生成指纹库特征的定位结果, 测试集用的方位数越多, 则正确定位的概率由 0.67 提升到 0.75, 最大误差由 10 倍间距减小到 5 倍间距, 平均误差在 0.80~1.16 倍间距之间; 表 2 中基于 4 个方位生成指纹库特征的定位结果说明, 测试集用的方位数越多, 则正确定位的概率由 0.73 提升到 0.83, 最大误差由 5 倍间距减小到 1 倍间距, 平均误差在 0.33~0.80 倍间距之间。

四、结论

对比表 1 和表 2 可以发现, 如果测试集特征用的方位数越多, 则从正确定位概率、平均误差和最大误差来综合看, 对应的定位性能越好。同时, 本文提出方法在建立指纹库时, 每个参考位置的地磁特征经处理后只需要存储一个三维特征量, 数据存储量很小; 指纹库和测试集对应的方位不一样时仍可以定位。另外, 智能手机越来越普及, 而且智能手机一

智能控制全自动沏茶机的设计与制作

□杨学军 李一迪 肖晓蕾 韦晓勇 霍钰 张国鹏 太原理工大学

【摘要】 采用机电一体化的设计思路与方法，选用科学合理的机构，使该智能控制全自动沏茶机具备较高的自动化水平与模块化功能。从入水到出茶水一键解决，不但安全可靠，而且富有茶艺的美感。它顺应家电智能化的发展，适合现代人需求。

【关键词】 智能控制 全自动 沏茶机 设计与制作

一、设计背景

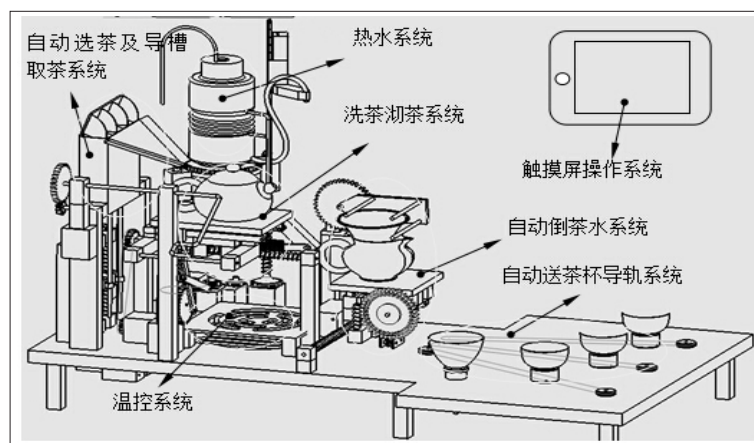
中国茶文化历史悠久，底蕴深厚。越来越多的人开始注重沏茶的环境和工序，各种各样的沏茶机也应运而生。经调查发现，目前大多沏茶机普遍存在自动化程度较低，操作较复杂等问题。智能控制全自动沏茶机不仅能自动完成沏茶所有工序，还可根据茶叶的种类选择不同的沏茶方式，使人们充分享受品茶的乐趣。充分综合了计算机、控制论、机械学、信息和传感技术、人工智能等多学科理论，使用了嵌入式软件操作、传感器感知、人机交互界面等技术，最终实现了智能化和全自动。

二、设计思路

茶作为世界三大饮料之首，但现有的沏茶机大多只具有

煮茶的功能，与真正的茶艺相去甚远。所以智能化的全自动沏茶机既要能精确控制温度、茶量、水量等各种要素，也要能充分遵照茶道完成沏茶的所有步骤。

根据上述背景和相应的产品需求，所设计的沏茶机应使沏茶的每个工序自动完成并且工序之间相互配合，以工业化的流程实现整个沏茶过程，所包含的基本步骤应有：选茶、热水壶注水、加热温控、置茶、高冲、低泡、洗茶、分茶、敬茶等。通过分析各步骤的特点，合理设置结构，合理安排空间，采用机电一体化和功能模块化的设计思路，将全自动沏茶机划分为六大系统：触摸屏操作系统，热水及温控系统，自动选择茶叶及导槽取茶系统，洗茶沏茶系统，自动倒茶水系统，自动送茶杯导轨系统（如图）。



般配置有磁传感器和加速度传感器。所以，本文的定位方法 易于实际应用。

参 考 文 献

- [1] 娄路. 面向移动 LBS 的智能手机室内定位技术探讨. 电信科学, 2012(6): 98~103
- [2] Gustafsson F, Gunnarsson F. Mobile positioning using wireless network: Possibilities and fundamental limitations based on available wireless network measurements[J]. IEEE Signal Process. Mag. Vol. 22, No.4, pp 41~53, Jul. 2005.
- [3] Mazuelas S, Bahillo A, Lorenzo R.M, et al. Robust indoor positioning provided by real-time RSSI values in unmodified WLAN networks. IEEE Journal of selected topics in Signal Processing, Vol. 3, No. 5, Oct. 2009.
- [4] Chung J, Donahoe M, Schmandt C, et al. Indoor location sensing using geo-magnetism[J]. Proceedings of the 9th international conference on Mobile systems, applications, and services, 2011, Bethesda, Maryland, USA.
- [5] http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_overview.html#sensors-coords

余秋星，男，博士，北京信威通信有限公司西安研究所，系统工程师，主要从事 LTE 算法设计与开发、物联网的研究与分析

一种基于地磁强度特征的室内定位方法

作者: 余秋星, [Yu Qiuxing](#)
作者单位: [北京信威通信有限公司西安研究所](#)
刊名: [中国新通信](#)
英文刊名: [China New Telecommunications](#)
年, 卷(期): 2014(23)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zgsjtx201423016.aspx