

一种利用历史数据构造虚拟标签的定位算法

赵劲¹, 高强¹, 杨凯文², 刘述³

(1. 北京航空航天大学 电子信息工程学院, 北京 100191; 2. 华北计算机系统工程研究所, 北京 100096; 3. 工业和信息化部电信研究院, 北京 100045)

摘要: 在 RFID 定位算法中, 利用接收信号强度统计模型进行直接定位的精确度不高, 而利用实际参考标签定位存在信号易碰撞、外出部署不便等问题, 因此提出一种基于虚拟标签的 RFID 定位算法 VIREH 以克服以上缺点。该算法利用历史数据构建虚拟参考标签, 然后利用虚拟参考标签代替实际参考标签进行定位。依据 VIREH 算法, 开发基于 Android 移动设备的 RFID 定位系统, 在系统中使用 VIREH 算法进行定位, 对定位误差进行了统计以测试算法性能。测试结果表明, VIREH 算法的定位精度较直接定位有显著提高, 较使用实际参考标签没有明显降低, 有助于提高 RFID 定位精度。

关键词: 射频识别; 虚拟参考标签; 安卓定位系统

中图分类号: TP301.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2013)02-0440-03
doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2013.02.033

Location algorithm based on virtual tag constructed by historical data

ZHAO Jin¹, GAO Qiang¹, YANG Kai-wen², LIU Shu³

(1. School of Electronic & Information Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China; 2. National Computer System Engineering Research Institute of China, Beijing 100096, China; 3. China Academy of Telecommunication Research of MIIT, Beijing 100045, China)

Abstract: In the RFID location algorithm, using the statistical model of received signal strength for directly positioning is not accurate. And the way of using reference tag leads to signal easily collides, inconvenient for out going. So this paper proposed a new approach based on virtual tag RFID positioning algorithm called VIREH to overcome the above disadvantages. With the help of historical data, it constructed virtual reference tags constructed, and then used the virtual tags, instead of actual reference tags, for positioning. According to the VIREH algorithm, it developed a RFID location system based on Android mobile devices, used the VIREH algorithm in the system and perform a location test. The test result shows that the VIREH algorithm's accuracy is better than directly algorithm, and compare with using actual reference tag, the VIREH algorithm does not significantly decrease. The algorithm can improve the positional accuracy.

Key words: RFID; virtual reference tag; Android location system

0 引言

当前, RFID 技术已经在包括仓储物流、人员监控等众多应用领域逐步成熟。在实际的应用中, 利用 RFID 定位技术进行货品、人员、设备的定位能够提高生产管理水平。出于这些实际的需要, 研究人员针对如何利用 RFID 进行移动目标的定位以及提高定位的准确度进行了很多研究^[1~3]。

在 RFID 定位的研究中, 主要包括利用 RSSI、TOA 或 TDOA 进行测距的方法。其中, 利用 RSSI 进行测距由于具有硬件开销小、实现简单等优点被广泛采用。

在使用接收信号强度统计模型进行直接定位的算法中, RSSI 测距利用接收信号强度和路径损耗传播模型计算距离, 通过将接收信号强度与路径损耗的关系带入路径损耗模型中, 可以得到接收信号强度的统计模型^[2], 如式(1)所示。

$$P_r(d) = P_r(d_0) - 10k \lg\left(\frac{d}{d_0}\right) - X_\sigma \quad (1)$$

其中: $P_r(d)$ 是与目标标签距离 d 时读写器的接收信号强度, 单位为 dBm; $P_r(d_0)$ 是与参考标签距离 d_0 时读写器的接收信号强度, 单位为 dBm; k 为路径长度与路径损耗之间的比例因子, 依赖于障碍物的结构和使用的材料, 其范围为 $2 \sim 4$; d 表示需要计算的目标标签与读写器间的距离; X_σ 是平均值为 0 的高斯分布随机变数, 即信号穿过障碍物产生的随机衰减, 其标准差范围为 $4 \sim 10$ 。利用该模型, 通过带入依据经验值得到的一组 $P_r(d_0)$ 与 d_0 , 直接计算得出目标标签的位置信息。但这种定位方法由于使用单纯的理论模型而受到的局限很大, 对于穿墙、无线信号环境复杂等实际情况, 定位精度不高。

在使用实际参考标签进行定位的 LANDMARC 定位算法中^[2], 利用离目标标签最近的一组实际参考标签进行定位。通过比较读写器测得的目标标签场强值与实际参考标签场强值的相对大小来对实际参考标签进行选取, 这样的方法可以有效地抵消环境因素的影响, 特别是在非视距的定位中能够有效地克服障碍物造成信号衰减不规律的问题。但是该方法存在

收稿日期: 2012-06-11; 修回日期: 2012-07-13

作者简介: 赵劲(1987-), 男, 吉林辽源人, 硕士研究生, 主要研究方向为射频定位、无线传感器网络(buptcrsystem@gmail.com); 高强, 男, 副教授, 博士, 主要研究方向为协作通信; 杨凯文, 男, 高级工程师, 硕士, 主要研究方向为射频识别; 刘述, 男, 高级工程师, 硕士, 主要研究方向为下一代网络。

无法有效处理的、严重的多径效应,若想提高精度则需要增加参考标签部署的密度,这样容易带来标签之间发射信号碰撞、干扰等问题。同时,在定位环境中部署参考标签会增加定位设备的成本,在定位环境改变后(如监狱人员外出劳动等)重新部署参考标签会带来不便。

为了克服使用实际参考标签遇到的困难,Zhao 和李军怀等人^[4,5]提出了通过建立虚拟标签来提高定位精度的定位算法。该算法通过线性插值法等相邻的两个实际的参考标签之间来构造若干个虚拟参考标签,然后不同位置部署的读写器可以利用虚拟参考标签求解出待定位标签的位置。但是这种方法仍然需要一定数量的参考标签进行虚拟标签的构建,并且由于线性插值法的局限性,新构建的虚拟标签对于环境因素的适应性不高。

本文在 LANDMARC 算法的基础上进行定位算法的改进,提出 VIREH(virtual reference tags based on history data)算法。利用历史数据构造虚拟参考标签,通过 Android 移动设备进行虚拟参考标签的校正,最后利用虚拟参考标签完成目标标签的定位。

1 基于虚拟标签的 RFID 定位算法 VIREH

基于虚拟标签的 RFID 定位算法主要分为两个部分,首先利用历史数据进行虚拟参考标签的构造,然后使用构造好的虚拟参考标签进行定位。

1.1 虚拟参考标签的构造

在实际的定位中,虚拟参考标签类似于传感器网络中的锚节点,起到辅助定位的作用。在对目标标签进行定位前,需要先构造虚拟标签作为参考。本文通过标签的历史数据进行虚拟参考标签的构造,其具体步骤如下:

a) 读写器 i 接收固定位置的实际标签信号,得到一段时间内的 N 组 RSSI 历史数据,记为集合 $R_i(j) \in R_i$ 。其中 j 表示数据的编号($j \leq N$), i 表示读写器的编号。

b) 进行历史数据的筛选。由于在实际的数据读取中可能出现个别场强出错(过大或过小)、甚至无法读取的情况,而若偏离较大,会对虚拟参考标签的位置构造造成误差,影响定位准确度,因此需要对历史数据进行筛选。具体方法是对历史数据 R_i 进行平均,得到 RSSI 的历史数据平均值:

$$\bar{R}_i = \frac{\sum_{j=1}^N R_i(j)}{N} \quad (2)$$

设定 ξ_i 为第 i 个读写器采集到的信号误差容限。由于 RSSI 的衰减往往不是线性的,而是距离越近衰减速度越快,距离越远衰减速度越慢,类似于指数式的衰减,因此信号误差容限是一个与 RSSI 有关的变量。简单地设

$$\xi_i = 0.1 \bar{R}_i \quad (3)$$

对于所有 $R_i(j)$, 判断当 $|\bar{R}_i - R_i(j)| > \xi_i$ 时,剔除 $R_i(j)$, 对所有超过信号误差容限的数据进行筛选修改,假设剔除误差数据后的数据集为 $R'_i(j) \in R'_i$ 。其中,被设被剔除的数据共有 A 组。

c) 进行虚拟参考标签的计算与修正。利用经过筛选后的 $R'_i(j)$ 求得虚拟参考标签在第 i 个阅读器上的 RSSI 数值 R_i , 有

$$R_i = \frac{\sum_{j=1}^{N-A} R'_i(j)}{N-A} \quad (4)$$

得到虚拟参考标签的 RSSI 数值后,将一组由定位系统经验得到的参考数据 $P_r(d_0) = 100, d_0 = 0.1, k = 2.5, X_\sigma = 0$ 带入式 1 中,得到虚拟参考标签距离 d' 。

将得到的 d' 在 Android 移动终端中进行显示,通过移动终端持有者的人为校正,持有者根据数据采集时的实际参考标签位置对 d' 通过用户界面的操作进行修正,得到修正后的虚拟参考标签位置:

$$d = d' + \gamma \quad (5)$$

其中 γ 是用户由读写器用户界面给出的修正量。得到修正后的虚拟参考标签实际位置 d 后,对得到的虚拟参考标签 R_i 和 d 进行保存。至此,一个虚拟参考标签的构造完成。

对于定位系统来说,虚拟参考标签的数量和准确度会直接影响到定位的精度,因此可能需要多次重复上述步骤来构建多个虚拟参考标签,以提高定位精度。最终得到的虚拟参考标签位置、RSSI 值以及读写器的位置信息将会通过无线网络上传到服务器,通过对多个读写器取得的虚拟参考标签信息 R_i 和 d 进行计算,得到虚拟参考标签的二维坐标,记为 (x_j, y_j) (其中 j 为虚拟参考标签编号),对应的读写器 RSSI 参考值为 $R_i(j)$ (其中 i 为读写器编号)。

1.2 虚拟参考标签定位算法

在完成了虚拟参考标签的构造后,利用虚拟参考标签与目标标签 RSSI 的相对值来确定目标标签的位置。其具体算法如下:

a) 测得目标标签的场强值,记为 T_i , 其中 i 为读写器编号,有 $i \in [1, M]$ 。

b) 为定位选取虚拟参考标签作为参照。为了提高系统的定位精度,需要判断虚拟参考标签与目标标签的接近程度,以此作为标准,决定虚拟参考标签对定位的影响程度。定义影响因素:

$$E_j = \sqrt{\sum_{i=1}^M (T_i^2 - R_i^2(j))} \quad (6)$$

来表示虚拟参考标签 j 与目标标签之间的接近程度。目标标签与虚拟参考标签越接近,得到的定位效果就越好。选取 p 个接近程度最高(即 E_j 最小)的参考标签作为定位基准,记为集合 P 。关于 p 值的选取有很多相关的研究^[6], 本文针对不同的 p 值选取作了仿真测试,在这里不多作讨论。

c) 通过被选中的虚拟参考标签进行定位。对这 p 个最近的虚拟标签设定权值:

$$w_i = \frac{1}{E_i^2} \quad (7)$$

这样,参照 p 个参考标签,可以通过式(8)得到目标标签的位置:

$$(x, y) = \sum_{i \in P} w_i (x_i, y_i) \quad (8)$$

由此可以得到目标标签的坐标。下面将对测试的硬件系统进行描述,以及对定位的性能进行分析。

2 基于 VIREH 的安卓定位系统

本文使用华北计算机系统工程研究所开发的 HK-RW21 读写器与 HK-T2101 有源电子标签作为 RFID 模块进行仿真测试,

电子标签共有 200 个 RSSI 等级。使用 Android 2.3 系统作为移动终端的操作系统进行数据采集发送与误差修正等工作。

依据 VIREH 算法,本文进行了 RFID 定位系统的开发。定位系统的结构如图 1 所示。在定位系统中,由读写器组成的 RFID 读写模块负责进行包括 RSSI 在内的 RFID 信息的采集,将采集到的信息经过 RFID 底层驱动发送至 Android 操作系统中开发的应用程序;操作系统中开发的应用程序负责初步处理采集到的 RFID 信息,并且通过用户界面向用户显示;用户可以通过 Android 移动终端的用户界面对虚拟标签的位置进行修正,同时移动终端的用户界面还会对定位的结果进行显示。RFID 信息通过移动终端的无线模块(3G 网络)发送到固定位置的服务器中,服务器上对多个 Android 移动终端发回的数据进行管理,并且依照 VIREH 算法进行定位,将获得的定位信息回传至 Android 移动终端进行显示,同时在服务器界面上进行显示。

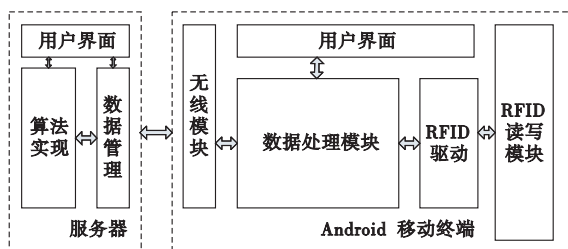


图1 Android定位系统结构

在空旷的大厅内搭建了定位系统,标签按照图 2 中的位置进行摆放,虚拟参考标签通过上述提到的构造方法预先构造。每个读写器通过无线网络与服务器相连,将采集到的信息传送给服务器,在服务器上实现定位算法。在算法中,选取影响因子最小的 p 个参考标签进行定位,并分别选取 $p=3, p=4$ 进行测试。

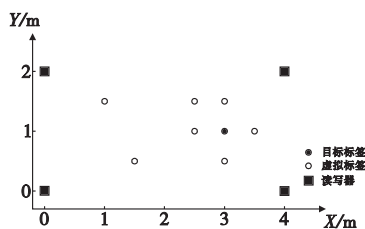


图2 测量环境标签摆放示意图

3 测试结果

定义实际误差 $e = \sqrt{(x - \hat{x})^2 + (y - \hat{y})^2}$, 单位为 m。其中: (x, y) 表示目标标签定位坐标, $(\hat{x}, \hat{y})$ 表示目标标签的实际位置。利用定位误差的累积分布函数 $P(e < L)$ 来讨论定位算法的性能, L 为概率分布函数的横坐标(单位为 m), 定义实际误差 e 小于 L 的概率为 $P(e < L)$, 如 $P(e < 0.2)$ 即为所有实际误差中, 小于 0.2 m 的 e 的出现次数占总次数的百分比。通过测量, 在连续 2 h 内进行了大量的测量, 根据测量结果绘制 $P(e < L)$ 曲线。

对不同 p 值的选取与利用接收信号强度统计模型进行直接定位进行了比较, 得到的结果如图 3 所示。从图中可以看出, 与使用接收信号强度统计模型进行直接定位相比, 使用虚拟参考标签进行定位可以很大程度上提高定位精度。在 $p=3$ 时, 与直接定位相比, 在定位误差 50% 的前提下, 定位精度由

0.5 m 提高到 0.15 m, 并且定位的最大误差由 1.1 m 提高到 0.4 m。 $p=4$ 与 $p=3$ 相比, 使用更多的虚拟标签作为参考, 可以提高定位精度。

图 4 通过实测, 对 LANDMARC 算法和本文的 VIREH 算法进行了比较。由于对 LANDMARC 算法进行测试的系统中只有八个 RSSI 强度等级, 因此在本文的系统上重新对 LANDMARC 算法进行了测试, 排除了硬件不同的影响。从图 4 中可以看出, VIREH 算法不利用实际的参考标签, 仅使用虚拟参考标签进行定位, 在总体上与 LANDMARC 算法定位精度差别不大, 但是简化了硬件布置的难度; 并且由于解决了标签信号碰撞的问题, 虚拟参考标签的布置数目可以有很大程度地提高。VIREH 算法的最大定位误差约为 0.4 m, LANDMARC 算法的最大定位误差约为 0.45 m, 两者相差不大。

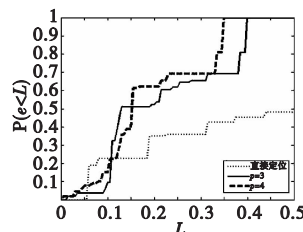


图3 不同虚拟参考标签数的设定对于定位结果的影响

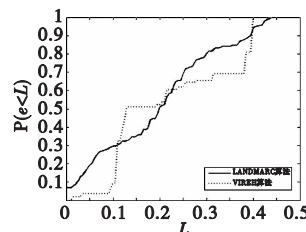


图4 VIREH算法与LANDMARC算法比较曲线

4 结束语

本文基于 LANDMARC 算法提出了新型的改进算法 VIREH。算法中使用虚拟标签代替了原有的实际参考标签, 利用历史数据构造虚拟标签, 克服了参考标签信号容易碰撞、不易部署等问题, 方便用户使用。在新华科公司的射频识别设备基础上, 开发了包括用户终端在内的 RFID 定位系统, 在人员走动、存在电磁干扰的环境下对算法进行了测试。测试结果表明, VIREH 算法的定位精度相对于利用接收信号强度统计模型进行直接定位的方式有显著提升, 并且相比使用实际参考标签的 LANDMARC 算法并没有显著降低。

在下一步的工作中, 将在提高虚拟参考标签定位的精确度方面进行研究。通过引入更多的参考变量以及利用 Android 移动设备的 GPS 功能, 对环境内的虚拟参考标签实行动态管理, 抛弃过时虚拟参考标签, 以减少虚拟参考标签构造误差对定位精度的影响。

参考文献:

- [1] SUN Yan, La PORTA T F, KERMANI P. A flexible privacy-enhanced location-based services system framework and practice [J]. IEEE Trans on Mobile Computing, 2009, 8(3): 304-321.
- [2] ALIREZA N, JACEK I. A testbed for localizing wireless LAN devices using received signal strength [C]//Proc of the 6th Annual Communication Networks and Services Research Conference. 2008: 481-487.
- [3] NI L M, LIU Yun-hao, LAU Y, et al. LANDMARC: indoor location sensing using active RFID [C]//Proc of the 1st IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications. 2003: 407-415.
- [4] ZHAO Yi-yang, LIU Yun-hao, NI L M, VIRE: active RFID-based localization using virtual reference elimination [C]//Proc of International Conference on Parallel Processing. 2007: 56-56.
- [5] 李军怀, 孙转宜, 王一乐, 等. 基于虚拟参考标签的 RFID 定位系统构建方法 [J]. 计算机科学, 2011, 38(4): 107-110.
- [6] 王远哲, 毛陆虹, 刘辉, 等. 基于参考标签的射频识别定位算法研究与应用 [J]. 通信学报, 2010, 31(2): 86-92.