



基于不同邻近标签数选择的 LANDMARC 定位算法研究

摘要

对于基于射频识别的 LANDMARC 室内定位算法而言,该系统采用“ k 近邻”算法,通过选取 k 个与待测标签相邻且符合特定条件的参考标签,最后根据这些标签的位置结合权值估算出待测标签的坐标信息。但是在实际的操作过程中,最近邻参考标签数的选取无指导原则,具有一定的盲目性。针对这一问题,通过选取与待定位参考点最近邻的参考节点作为未知点,通过搜索法获得最优的邻近标签数 k ,在随后的未知节点的定位过程中,选取 k 个邻近标签进行定位。经过多次实验,最终得出结论,使用改进后的 LANDMARC 算法的性能要优于原来经典的 LANDMARC 算法,精确度提升了 10% 左右,同时避免了 k 值选取的盲目性。

关键词

邻近标签; LANDMARC 算法; 室内定位; 射频识别

中图分类号 TN91
文献标志码 A

收稿日期 2017-08-16

资助项目 东南大学移动通信国家重点实验室开放研究基金(2012D20)

作者简介

谢亚琴,女,博士,讲师,主要研究方向为无线定位技术、卫星通信. xyq@nuist.edu.cn

- 1 南京信息工程大学 电子与信息工程学院, 南京, 210044
- 2 东南大学 移动通信国家重点实验室, 南京, 210096

0 引言

对于室外环境而言,全球定位系统(GPS)和蜂窝移动通信系统可以提供相对精确的位置服务,但是随着科技发展和社会的进步,人们绝大多数时间都集中在室内进行活动,此时目标在室内的位置信息就变得十分重要。由此催生了室内定位的需求,因此,基于位置的服务(Location-Based Services, LBS)得到了工业界和学术界广泛的关注和研究。

目前较为典型的室内定位方法主要包括超声波定位、无线局域网(WLAN)定位^[1]、超宽带(UWB)定位、红外线定位以及基于 RSSI(Received Signal Strength Indicator)^[2]的无线射频(RF)定位等方法。而基于无线视频识别的定位技术(RFID)具有成本低、适应能力强、非接触式双向通信等优点,可以用于室内环境进行定位。

基于 RFID 的定位方法可以分为基于测距的算法和基于非测距的算法两大类。基于测距的定位方法通过测量信号到达时间 TOA(Time of Arrival)^[3]、信号到达时间差 TDOA(Time Difference of Arrival)、信号到达角度 AOA(Angle of Arrival)等进行定位;基于非测距算法通过场景分析求得待定位标签的位置,常用的算法有 BVIRE^[4]、VIRE^[5]和 LANDMARC(LocAtioN iDentification based on dynaMic Active Rfid Calibration)算法^[6-15]。基于非测距的定位方法对终端要求较低而得到广泛关注与研究,其中, LANDMARC 算法因为算法简单的优点而得到广泛应用,但 LANDMARC 算法的定位过程中,邻近标签数的选择具有较大的随意性,因而导致定位精度不高。针对 LANDMARC 算法的这一不足之处,本文提出一种基于搜索法获得最优邻近标签数的改进型的 LANDMARC 室内定位算法。

1 LANDMARC 算法简介

LANDMARC 算法的基本原理如下:在阅读器的覆盖范围之内引入额外的固定参考标签,阅读器分别收集待定位点和参考标签之间的 RSSI(接收信号强度),如果待定位点距离其中的某个参考标签很近,那么它们的信号强度值会非常接近,因此,摆放于不同位置的各个阅读器对它们的解析也会很相似。因此,当待定位点邻近有多个参

考标签的 RSSI 值与它相似时,就可以根据它们之间的相似程度,采用“最近邻距离”思想,比较并选取与待定位点的 RSSI 信息最相近的 k 个参考标签估计出待定位点的坐标。

在 LANDMARC 系统中设置 M 个阅读器, N 个参考标签, K 个待测标签,设定读写器接收待测标签的信号强度矩阵 S 为

$$S = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \cdots & s_{1M} \\ s_{21} & s_{22} & \cdots & s_{2M} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ s_{K1} & s_{K2} & \cdots & s_{KM} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

其中, s_{ij} ($i = 1, 2, \dots, K, j = 1, 2, \dots, M$) 表示第 j 个阅读器获得的第 i 个待测标签的 RSSI 值。

同理,定义参考标签到阅读器的功率信号强度矩阵为 R ,

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1M} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2M} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{N1} & r_{N2} & \cdots & r_{NM} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

其中, r_{ij} ($i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, M$) 表示第 j 个阅读器获得的第 i 个参考标签的 RSSI 值。

定义参考标签和待测标签之间的关联矩阵(两者之间信号强度的均方差)为 E ,

$$E = \begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} & \cdots & e_{1N} \\ e_{21} & e_{22} & \cdots & e_{2N} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ e_{K1} & e_{K2} & \cdots & e_{KN} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

其中, e_{ij} ($i = 1, 2, \dots, K, j = 1, 2, \dots, N$) 表示第 i 个待测标签和第 j 个参考标签之间关联度,其中

$$e_{ij} = \sqrt{\sum_{m=1}^M (s_{im} - r_{jm})^2}, \quad (4)$$

其中, $i = 1, 2, \dots, K, j = 1, 2, \dots, N$. 当 e_{ij} 很小时,表明待测标签的 RSSI 值与该参考标签的 RSSI 值很接近,这说明它们两者之间的位置非常靠近. 可以从矩阵 E 中选取 k 个最小的 e_{ij} , 同时也说明了在待测标签位置附近有 k 个参考标签, 这就是“ k 近邻算法”. 这样第 i 个待测标签的位置 (x_i, y_i) 可以求解为

$$(x_i, y_i) = \sum_{j=1}^k w_{ij} \times (x_j, y_j), \quad (5)$$

其中, $w_{ij} = \frac{1/e_{ij}^2}{\sum_{j=1}^k 1/e_{ij}^2}$, e_{ij} 如式(4)所示.

2 改进的 LANDMARC 算法

通过以上对 LANDMARC 算法的分析和介绍, 可以看到:

- 1) 在该算法中, 最近邻居标签的个数 k 的选取无指导原则, 对定位精度也有一定影响;
- 2) 定位精度与系统中布置的参考标签数有关, 同时, 部署较多的参考标签也会同时造成标签之间的信号干扰.

针对以上所述经典 LANDMARC 算法的不足, 现对其做出如下改进:

由于物理位置相邻近的标签之间信号强度的类似性, 本文提出选择离待测标签最近的参考标签作为未知点, 由于该参考标签的位置是已知的, 由此可以采用经典的 LANDMARC 算法搜索取得最小估计值的最邻近标签数 k , 在随后的待测标签定位过程中, 采用该 k 值来进行加权计算, 从而获得待测标签的位置坐标. 具体的算法流程如图 1 所示.

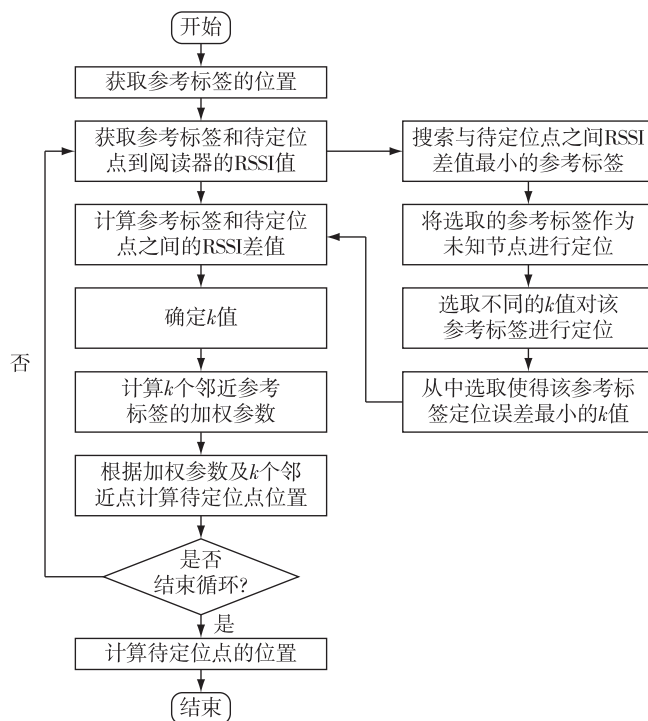


图 1 基于不同邻近标签数的 LANDMARC 定位算法流程
Fig. 1 Flow chart of LANDMARC location algorithm based on different number of adjacent tags

3 仿真实验结果及分析

如图 2 所示, 在一个 $8\text{ m} \times 8\text{ m}$ 的房间里的 4 个角落分别布置 4 个读写器, 横向、纵向每隔 1 m 布置

一个参考标签,一共布置 77 个参考标签.待定位标签共计 1 000 个,在 $[0,8]$ 之内服从均匀分布.仿真实验中分别用均方根误差(MSE)和累积分布函数(CDF)来表示定位算法的性能.

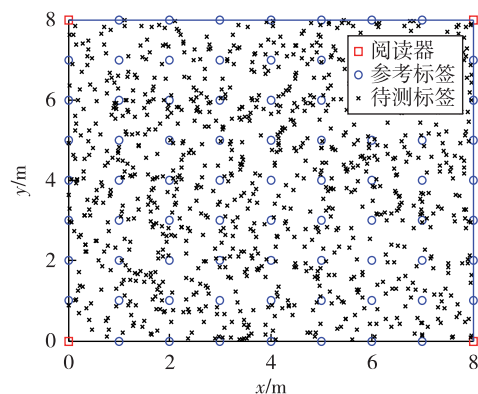


图2 改进的 LANDMARC 定位算法实验布局

Fig. 2 Experimental layout of improved LANDMARC location algorithm

图3给出了改进后的 LANDMARC 算法与经典的 LANDMARC 定位算法的累积分布函数变化曲线,仿真中设置路径损耗指数为 2.2.如图3所示,改进后的 LANDMARC 定位算法在误差为 0.5~1.5 m 之间时,CDF 曲线相对于经典的 LANDMARC 算法提高了约 10%.

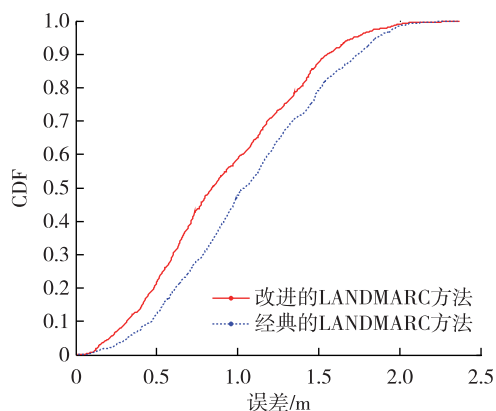


图3 累积误差分布

Fig. 3 Distribution map of CDF

图4给出了路径损耗因子在 2 到 4 之间变化时,不同定位方法的均方根误差比较情况.由图4可知,随着路径损耗因子的增加,总体的均方根误差呈现降低趋势,同时,在所有的不同路径损耗因子情况下,改进后的 LANDMARC 算法均比经典的 LANDMARC 算法的均方根误差要低,因而定位精度也高.

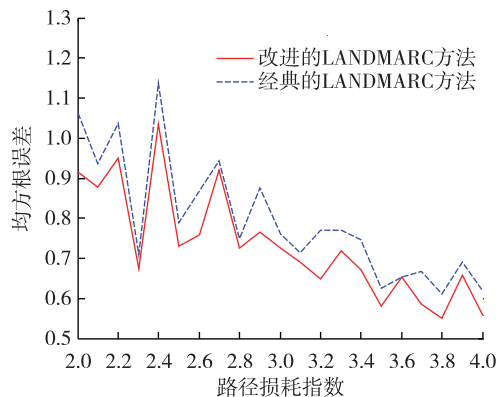


图4 均方根误差随路径损耗指数值的变化

Fig. 4 Variation of RMSE with path loss exponent

4 结论

本文提出了一种改进的 LANDMARC 算法,这种改进主要是在对邻近参考标签数量的选择上.本文算法通过选择与待测节点信号强度相似的参考标签位置,以此作为未知节点来搜索最优的邻近参考标签数,相比于传统的盲目选择方法,该方法可以有针对性地选择邻近参考标签数,同时提高了待测点的位置定位精度.

参考文献

References

- [1] 邹亮,潘洲.基于 2.4 GHz 与 5 GHz 信号的 WiFi 指纹定位算法研究[J].科学技术与工程,2015,15(3):280-284
ZOU Liang,PAN Zhou.Study on wi fi fingerprint localization algorithm based on 2.4 GHz and 5 GHz signal[J]. Science Technology and Engineering, 2015, 15(3): 280-284
- [2] 尚少锋,张雪英,王峰,等.一种基于 RSSI 校正的加权质心定位算法[J].科学技术与工程,2013,13(10):2832-2835,2840
SHANG Shaofeng,ZHANG Xueying,WANG Feng, et al. A weighted centroid localization algorithm based on RSSI correction [J]. Science Technology and Engineering, 2013,13(10):2832-2835,2840
- [3] 王沁,何杰,张前雄,等.测距误差分级的室内 TOA 定位算法[J].仪器仪表学报,2011,32(12):2851-2856
WANG Qin, HE Jie, ZHANG Qianxiong, et al. Ranging error classification based indoor TOA localization algorithm[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2011,32(12):2851-2856
- [4] 黄俊,邹传云,何毅,等.基于 RFID 的 BVIRE 算法研究与改进[J].微型机与应用,2014,33(23):72-74
HUANG Jun,ZOU Chuanyun,HE Yi, et al. Research and improvement of BVIRE algorithm based on RFID[J]. Microcomputer & its Applications, 2014,33(23):72-74

- [5] BAO Hui, ZHI Jiuying. Improved location algorithm of VIRE based on RFID [J]. *Electricity*, 2014, 25(2): 51-54
- [6] 马捷中, 刘云超, 郭阳明, 等. 基于最近邻居的区域定位改进算法 [J]. *西北工业大学学报*, 2015, 33(1): 93-97
MA Jiezhong, LIU Yunchao, GUO Yangming, et al. Improving location algorithm with LANDMARC system [J]. *Journal of Northwestern Polytechnical University*, 2015, 33(1): 93-97
- [7] 马翠红, 丁建南, 杨友良, 等. 基于改进的 LANDMARC 算法的空间定位实验 [J]. *河北联合大学学报(自然科学版)*, 2015, 37(1): 83-89
MA Cuihong, DING Jiannan, YANG Youliang, et al. Spatial location experiment based on improved LANDMARC [J]. *Journal of Hebei United University Natural Science Edition*, 2015, 37(1): 83-89
- [8] 张玲玉. LANDMARC 定位系统及其算法的研究 [D]. 长沙: 中南大学, 2014
ZHANG Lingyu. The Research of LANDMARC positioning system and its application [D]. Changsha: Central South University, 2014
- [9] 杨辉. 基于 LANDMARC 系统的室内定位算法的研究与改进 [D]. 福州: 福建师范大学, 2012
YANG Hui. Research and improvements of indoor location algorithm based on LANDMARC System [D]. Fuzhou: Fujian Normal University, 2012
- [10] Khan M A, Antiwal V K. Location estimation technique using extended 3-d LANDMARC algorithm for passive RFID tag [C] // 2009 IEEE International Advance Computing Conference, Patiala, India, 2009; 249-253
- [11] Liu H, Darabi H, Banerjee P, et al. Survey of wireless indoor positioning techniques and systems [J]. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part c (Applications and Reviews)*, 2007, 37(6): 1067-1080
- [12] Sansanayuth T, Suksompong P, Chareonlarnpparat C, et al. RFID 2D-localization improvement using modified LANDMARC with linear MMSE estimation [C] // 2013 13th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISGIT), Surat Thani, Thailand, 2013; 133-137
- [13] Yeh C H, Su S F. Enhance LANDMARC from the fundamentals [C] // 2013 International Conference on Advanced Robotics and Intelligent Systems, Tainan, Taiwan, China, 2013; 23-27
- [14] 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
WANG Yuanzhe, MAO Luhong, LIU Hui, et al. Research and application of RFID location algorithm based on reference tags [J]. *Journal on Communications*, 2010, 31(2): 86-92
- [15] 韩下林, 赵卫东, 季军, 等. 基于 RFID 技术的室内定位算法及其改进 [J]. *计算机工程*, 2008, 34(22): 266-267, 270
HAN Xialin, ZHAO Weidong, JI Jun, et al. Indoor location algorithm based on RFID technology and its improvement [J]. *Computer Engineering*, 2008, 34(22): 266-267, 270

An improved LANDMARC method based on different neighbor reference nodes

XIE Yaqin^{1,2} WANG Chao¹

1 School of Electronic and Information Engineering, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

2 National Mobile Communications Research Laboratory, Southeast University, Nanjing 210096

Abstract For radio frequency identification using the LANDMARC indoor positioning system, k -nearest neighbor reference tags that meet certain conditions were selected, and the final position of the unknown tag was estimated according to those reference tags. However, the methods of selecting of the number of adjacent reference tags are also blindness. To solve this problem, the reference tag that is nearest the unknown node is selected as an unknown point; then, the optimal number k is obtained by searching all feasible k values. Simulation results demonstrate that the performance of the improved LANDMARC algorithm is better than the traditional LANDMARC algorithm, and the accuracy improved by approximately 10%.

Key words neighbor reference nodes; LANDMARC algorithm; indoor positioning; radio frequency identification