

空间划分虚拟网格的 RFID 室内定位算法^①

赵 刚, 刘洪武, 杨国为, 宋高俊

(南昌航空大学 信息工程学院, 南昌 330063)

摘 要: 首先分析了最近邻居算法的基本原理, 针对把所有参考标签作为最近邻居的选择, 出现大量不必要计算, 室内环境干扰较大, 距离阅读器较远的标签的信号强度值阅读不准确的问题, 提出了一种划分虚拟网格, 动态选取最近邻居来进行定位的 RFID 室内定位算法. 仿真结果表明, 在不增加参考标签的前提下, 改进的算法较最近邻居算法定位精度更高, 稳定性更好.

关键词: RFID; 室内定位; 最近邻居算法; 虚拟网格

RFID Indoor Positioning Algorithm Based on the Space Division of Virtual Grid

ZHAO Gang, LIU Hong-Wu, YANG Guo-Wei, SONG Gao-Jun

(School of Information Engineering, Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063, China)

Abstract: First of all, this paper analyzed the basic principle of the nearest neighbor algorithm. However, a large amount of unnecessary calculation occurred when regarding all the reference tags as the choice of the nearest neighbors. At the same time, the interference was bigger in the indoor environment, and then readers far from the tags read the inaccurate signal strength value. This paper proposed a new RFID indoor positioning algorithm, which used the space division of virtual grid and selected nearest neighbors dynamically to locate. The simulation results show that the position precision and the stability of the improved algorithm without the increase of reference tags are much better compared with the nearest neighbor algorithm.

Key words: RFID; indoor positioning; nearest neighbor algorithm; virtual grid

物联网的许多应用需要知道物体的精确位置, 因此基于位置的服务(Location-based Services)受到人们的广泛关注. 已经广泛应用的 GPS(Global Positioning System)具有抗干扰能力强, 实时性好, 定位精度高等优点. 但是缺点也十分明显, 价格昂贵, 定位精度在室内很不理想, 更适宜在无遮挡的室外环境中应用. 与室外环境相比, 室内环境通常更为复杂多变, 极易受到人员走动, 物体的移动, 建筑本身的特点和多径传播的影响, 随机噪声等干扰因素非常多. 无线射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)定位技术被称为“定位新星”, 得到室内定位的青睐.

目前许多算法都是对最近邻居算法的改进. 例如:

提出了动态值设定的方法, 并采用了目标标签历史轨迹算法^[1]来定位. 有人提出在最近邻居算法基础上进行定位区域细化的 RFID 室内定位算法^[2]. 还有在灵活动态的环境中的自适应 RFID 定位算法^[3]的研究. 最近, 基于 RFID 的边界虚拟参考标签定位算法^[4]也被提了出来.

下文首先简要介绍了基于主动射频识别校验的动态定位识别系统(LocAtioN iDentification based on dynaMic Active Rfid Calibration, LANDMARC)^[5]最近邻居定位算法的基本原理、分析优点及存在问题, 然后在此基础上, 提出了一种空间划分虚拟网格的 RFID 室内定位算法, 最后进行实验仿真分析和总结.

^① 基金项目:国家自然科学基金(60973048);航空科学基金(20102056005);江西省教育厅青年科学基金(GJJ10194);航空电子系统射频综合仿真航空科技重点实验室资助课题

收稿时间:2012-05-28;收到修改稿时间:2012-07-04

1 LANDMARC最近邻居算法介绍

LANDMARC 最近邻居定位算法是一种经典的有源 RFID 室内定位算法. 它引入了参考标签来进行定位, 增加参考标签来代替增加阅读器来降低系统成本; 并且参考标签和待定位标签处于同样的环境当中, 能够更好的适应环境变化.

1.1 LANDMARC 最近邻居算法原理

LANDMARC 定位系统采用坐标信息已知的参考标签作为参考点来进行定位. 通过比较阅读器接收到的待定位标签与参考标签之间信号强度值的大小, 进而找到与待定位标签距离最近的 k (k 值大小可以根据特定的应用环境人为设定) 个参考标签, 最后利用经验公式计算各标签的权重, 通过 k 个已知邻居标签的坐标来计算未知的待定位标签的坐标^[5].

假设利用 n 个阅读器, m 个参考标签和 u 个待定位标签来进行定位. 在 LANDMARC 系统中阅读器工作在连续模式下, 检测范围为 1~8 级(每 30s 读取一次), 等级越高表示信号越强. 定义参考标签的信号强度矩阵为:

$$R = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & \cdots & R_{1m} \\ R_{21} & R_{22} & \cdots & R_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ R_{n1} & R_{n2} & \cdots & R_{nm} \end{pmatrix} \quad (1)$$

其中, R_{ij} 表示在阅读器 i 上读到第 j 个参考标签的值, $i \in (1, n), j \in (1, m)$. 定义待定位标签的信号强度矩阵为:

$$T = \begin{pmatrix} T_{11} & T_{12} & \cdots & T_{1u} \\ T_{21} & T_{22} & \cdots & T_{2u} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ T_{n1} & T_{n2} & \cdots & T_{nu} \end{pmatrix} \quad (2)$$

其中, T_{ip} 表示在阅读器 i 上读到第 p 个待定位标签的值, $i \in (1, n), p \in (1, u)$. 对于待定位标签 p , 定义信号强度的关联度:

$$E_{jp} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (R_{ij} - T_{ip})^2} \quad (3)$$

其中, E_{jp} 表示参考标签 j 和待定位标签 p 之间信号强度的关联度. E_{jp} 越小表示参考标签 j 和待定位标签 p 之间的距离越小.

对于待定位标签, 定义 $\bar{E}_p = (E_{1p}, E_{2p}, \cdots, E_{mp})$, 从中找出最小的前 k 个 E_{jp} , $j \in (1, m)$. 与其对应的参考

标签成为待定位标签的 k 个最近邻居, 然后对这 k 个最近邻居的坐标加权求和, 最终得到待定位标签的坐标. 权值必须满足的条件: 1) 距离待定位标签越近的权值越大. 2) 权值的和为 1. 通过比较, 二阶权值的定位效果最好^[1], 经验上 w_v 由下式给出:

$$w_v = \frac{1/E_{vp}^2}{\sum_{v=1}^k 1/E_{vp}^2} \quad (4)$$

式中 w_v 是第 v 个最近邻居的权重因子, $v \in (1, k)$. 未知的待定位标签坐标 (x, y) 可由下式求得:

$$(x, y) = \sum_{v=1}^k w_v (x_v, y_v) \quad (5)$$

(x_v, y_v) 为已知的参考标签的坐标, 各坐标加权求和便可计算出待定位标签的坐标.

1.2 LANDMARC 最近邻居算法分析

虽然最近邻居算法有许多优点, 但同时仍然存在以下问题: 算法假设所有的参考标签都能够成为邻居标签的考虑标签, 需要计算每一个参考标签与所有待定位标签之间的欧氏距离, 根据欧氏距离值的大小来确定最近邻居参考标签, 这样, 势必会导致大量不必要的计算而增加计算系统的负担^[2,5]. 标签离阅读器越远, 多径传播影响越大, 导致某些离阅读器远的标签的信号强度值阅读的不准确甚至错误, 因此, 恰当的选择参考标签比合理分配权重更为重要.

2 空间划分虚拟网格的室内定位算法

2.1 定位系统的数学建模

基于理论和大量的实测得出, 无论室内还是室外信道, 平均接收信号功率随着距离成对数衰减. 常用的一般对数距离路径损耗模型为:

$$P = P_0 + 10n \lg\left(\frac{d}{d_0}\right) + \eta \quad (6)$$

其中, P 是接收信号时衰减的信号强度; P_0 是距离为 d_0 时接收到的信号强度, 即单位距离的自由空间损耗; d_0 是任意的参考距离(通常是 1m); d 是真实距离; η 是遮蔽因子, 其均值为 0, 标准差为 σ dB 的正态随机变量^[6]. 此模型用来模拟障碍物、标签方向性和移动物体等环境因素引起的室内无线信号传播的路径损耗. n 是路径损耗指数, 它是介于 2.0~3.3 之间的常数. 本仿真实验中 n 取 2.2.

理想状态下 η 为 0, 即信号强度只与距离有关. 一般而言, 以 6dB 为一个能量强度等级^[7]. 由式(6)得

$\Delta P = 10n \lg(\frac{d}{d_0})$, 其中 d_0 为单位距离为 0.1m, (由于本实验的定位空间比较小, 所以选择单位距离 0.1m) 则接收信号强度等级 RSSIS(RSSI Strength):

$$RSSIS = 8 - \left\lfloor \frac{\Delta P}{6} \right\rfloor = \left\lfloor 8 - \frac{10n \lg(\frac{d}{d_0})}{6} \right\rfloor \quad (7)$$

2.2 空间划分虚拟网格室内定位算法

由于阅读器的检测到的信号强度等级只划分了 8 个等级, 定位的空间范围又比较小, 所以经常会出现阅读器读到的参考标签与待定位标签的信号强度等级相同, 从而 E_{jp} 会出现为零的情况. 鉴于此, 本算法预先把定位空间划分成四个空间区域, 虚拟网格两点之间 X 轴距离相距 0.5m, Y 轴距离相距 1m, 如图 1 所示. 每个区域内的阅读器只考虑此区域范围内标签的信号强度等级. 构建的虚拟网格相当于增加了参考标签的数目, 它们的坐标可以很容易得到, 因此虚拟网格各顶点的信号强度等级也可以得出.

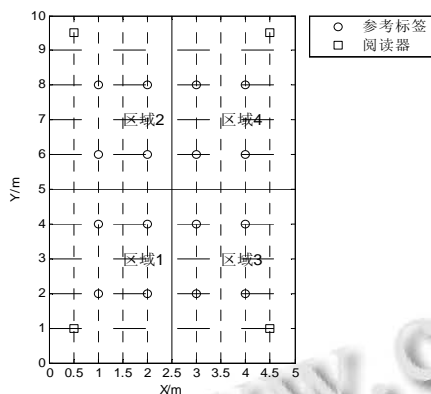


图 1 空间划分区域示意图

在 LANDMARC 系统中, 当 k 值固定时, 对每一个待定位标签来说, 最近邻居参考标签的选择就已经确定了. 本文采用的动态变化的“最近邻居”的选择. 每个待定位标签的邻居数目可能不同, 最大为 4, 即虚拟网格的四个顶点.

假设有 A、B 两点, l 是线段 AB 的垂直平分线, 如图 2 所示, l 上的点到 A、B 两点间的距离相等. 假设有一点 C, 当 $BC < AC$ 时, 由几何知识可得到, C 落在了 l 和 B 之间的区域内, 而不是处于 l 和 A 之间的区域中.

同理, 就得到 B 参考点的权值更大, 可以方便的找到待定位标签落在哪个虚拟矩形网格内.

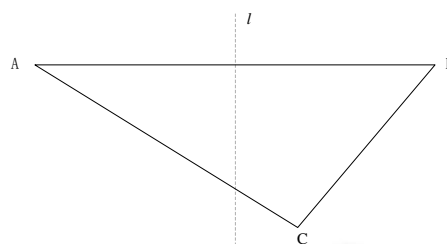


图 2 几何示意图

待定位标签的定位步骤:

- 1) 先确定待定位标签所在的区域(边界线上的可以归为其中任一区域), 然后读取在对应的阅读器得到的信号强度等级;
- 2) 在所在的区域内找到与之相同信号强度等级的参考标签, 如果没有相同的, 找与之差的绝对值最小的参考标签;
- 3) 通过几何知识得到以其中一个参考标签为顶点的虚拟矩形网格, 计算得到虚拟网格四个顶点的信号强度等级;
- 4) 从这四个顶点中选取最近邻居. 选取的最近邻居与待定位标签的信号强度等级是相同的, 这样 $k \in \{1, 4\}$, 同时这几个最近邻居的权重是一样的;
- 5) 通过最近邻居的坐标来计算得到待定位标签的坐标.

算法最终流程如图 3 所示.

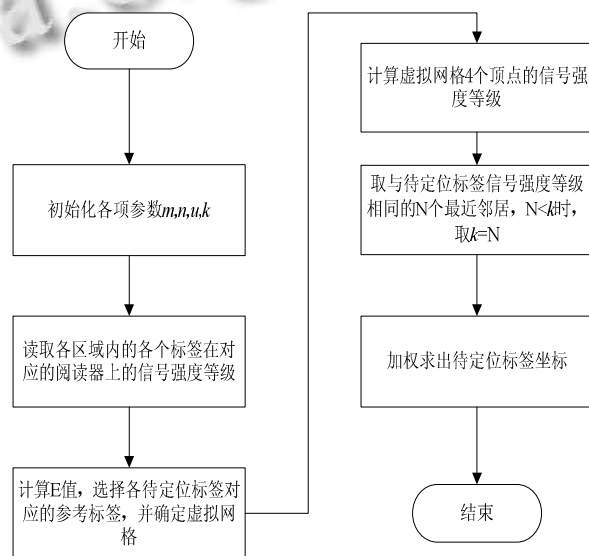


图 3 算法流程图

3 仿真结果及分析

本仿真实验是在理想的室内环境中, 5m*10m 的空间区域中进行. 利用 4 个阅读器, 16 个参考标签, 每次来定位 16 个待定位标签. 读写器与标签的摆放位置如图 4 所示.

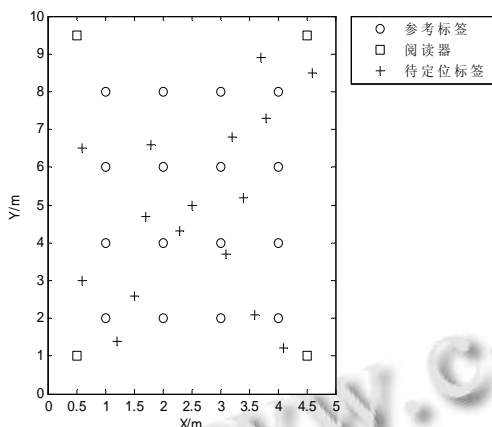


图 4 定位系统中阅读器、标签摆放示意图

在仿真实验时, LANDMARC 最近邻居算法存在一个很严重的问题, 当待定位标签的信号强度值与参考标签的信号强度值之间的差值为 0 时, 计算权值的时候会出现分母为 0 的情况. 本仿真实验中当差值为 0 时, 采用非 0 差值的二分之一来代替, 这样就避免出现分母为零的错误, 并保证了在同一功率下的参考标签有最大的加权比重.

定位误差为 $e = \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}$, 其中 (x_0, y_0) , 为待定位标签的实际坐标, (x, y) 为仿真计算出来的坐标^[8].

采用最近邻居定位算法, 参照本仿真实验中的摆放位置, 如图 5 所示, 当 k 取 4 时, 定位效果最理想, 平均误差为 0.9233m. LANDMARC 系统实验得到的平均误差约为 1m, 最大误差为 2m^[9]. 此仿真结果与 LANDMARC 系统中实测的实验结果相符.

每次随机产生 16 个待定位点, 重复仿真实验 100 次, 计算定位误差, 处于边界区域的待定位标签误差还比较大. LANDMARC 算法定位误差最大为 1.8685m, 总的平均误差为 1.0150m, 改进的算法定位误差最大为 0.9564m, 总的平均误差为 0.5745m. 通过图 6 可得, 改进的算法定位精度更高, 平均误差更小, 误差分布也更为集中, 误差都在 1m 之内.

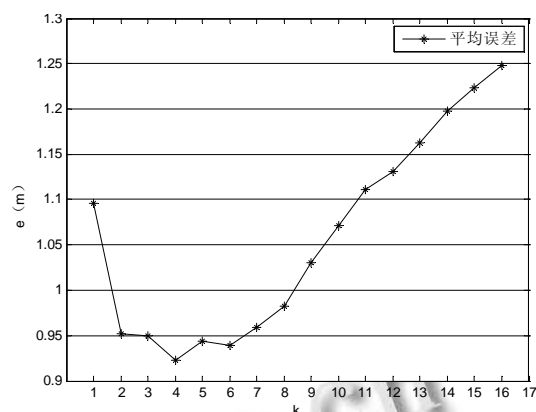


图 5 LANDMARC 最近邻居算法不同 k 值的平均误差

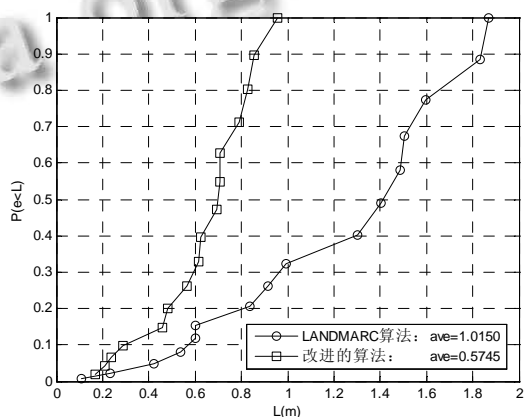


图 6 不同算法的累计误差比较

4 结论

RFID 定位技术具有精度高、适应环境强、抗干扰强、可识别高速运动的物体, 且可同时识别多个标签等优点, 随着物联网的迅猛发展, 正成为人们的关注热点^[10]. 本文针对 LANDMARC 最近邻居定位算法中的计算量较大, 定位稳定性较差的问题, 提出了通过划分空间区域, 构建虚拟网格的定位算法, 减小了距离待定位标签较远的阅读器和参考标签对定位的影响, 最近邻居数目的选择也是动态的. 本文提出的改进算法计算更为简单, 定位精度及稳定性明显提高.

参考文献

- 1 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. 通信学报, 2010, 31(2): 86-92.
- 2 陈聪传, 程良伦. 区域细化的 RFID 室内定位算法. 计算机应用与软件, 2011, 28(1): 50-52.
- 3 Tang L, Jing XJ, Sun SL, et al. An Adaptive Location Algorithm

(下转第 133 页)

一个词语和它本身的相似度为 1.000。算法的整个折线图趋势较为平缓,在相似度小于 0.5 时的折线图也位于另两种算法的上方,说明对于低相似度的词语对也能较好地地区分。这种相似度精确的计算可应用于舆情分析等处理短文本的情形。

4 结语

本文提出了基于 HowNet 的信息量计算语义相似度的方法,虽然不同于传统的基于 WordNet 和语料库的思想,在没有大型语料库的词语统计信息的支持下,仍然能仅依赖于 HowNet 的义原描述方式计算信息量及其词语间的相似度。

P&S 数据集的实验证明了本文的算法计算的结果很接近人工判断的经验值,比基于义原距离的算法的误差小,同时也表现出了 HowNet 对于英文词语的丰富语义描述能力。在中文词语对的实验中,本文的算法也表现出了对于极其相似词语对的区分能力。

参考文献

- Pirro G. A Semantic Similarity Metric Combining Features and Intrinsic Information Content, *Data & Knowledge Engineering* 68, 2009:1289–1308.
- Xiao B, Xue LM, Zhao Y. Sememe Description Based Estimating for Semantic Orientation of Chinese Vocabulary, in *Proceedings Of The 2010 International Conference on Computer Application and System Modeling (ICCSM 2010)*, 2010: 671–674.
- Li Y, Bandar A, McLean D. An approach for measuring semantic similarity between words using multiple information sources, *IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering*, 2003,15(4):871–882.
- Resnik P. Information content to evaluate semantic similarity in a taxonomy. *Proceedings of IJCAI*, 1995,448–453.
- Resnik P. Semantic Similarity in a Taxonomy: An Information-Based Measure and Its Application to Problems of Ambiguity in Natural Language. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 1999,11:95–130.
- Seco N, Veale T, Hayes J. An intrinsic information content metric for semantic similarity in WordNet. *Proc. of ECAI*. 2004. 1089–1090.
- Jiang J, Conrath D. Semantic similarity based on corpus statistics and lexical taxonomy. *Proc. of the International Conference on Research in Computational Linguistics*. 1998.
- Lin D, An information-theoretic definition of similarity, in *Proc. of the 15th International Conf. on Machine Learning*. Morgan Kaufmann, San Francisco, CA, 1998. 296–304.
- HowNet. HowNet's Home Page. <http://www.keenage.com>.
- 刘群,李素建.基于《知网》的词汇语义相似度计算.第三届汉语词汇语义学研讨会.台北,2002,5.
- Pirró G, Seco N. Design, implementation and evaluation of a new semantic similarity metric combining features and intrinsic information content. *ODBASE*, 2008. 1271–1288.
- for Flexible Indoor Environment. *Cross Strait Quad-Regional Radio Science and Wireless Technology Conference*, Harbin, China, July 26–30, 2011, 1050–1053.
- 俱莹,刘开华,史伟光,等.基于 RFID 的边界虚拟参考标签定位算法. *计算机工程*,2011,37(6):274–276.
- Ni LM, Liu YH, Yiu CL, et al. LAND MARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID. *Proc. of the First IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications*. Dallas, Texas, USA, March, 2003. 407–415.
- 李兴鹤,胡咏梅,宋吉波,等.基于 LANDMARC 系统的室内定位仿真研究. *计算机工程与应用*,2008,44(27):209–212.
- Patwari N, O'Dea RJ. Relative location in wireless networks. *Vehicular Technology Conference*, Rhodes, Greece, May 6-9, 2001. 1149–1153.
- Xie YG. On RFID Positioning Base on LANDMARC and Improved Algorithm. *Proc. of the 29th Chinese Control Conference*. Beijing, China, July 29–31,2010,4831–4836.
- 王静,张会清.基于信号强度的室内定位技术的研究. *计算机测量与控制*,2009,17(12):2500–2503.
- Wing WYNG. Efficiency Of Applying Virtual Reference Tag to Neural Network Based RFID Indoor Positioning Method. *Proc. of the 2011 International Conference on Machine Learning and Cybernetics*. Guilin, China, July 10-13, 2011. 447–453.

(上接第 86 页)