

# 邻近参考标签权值的射频识别室内定位算法<sup>①</sup>

滕 敏<sup>1</sup>, 卫文学<sup>1</sup>, 滕 宁<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(山东科技大学 信息科学与工程学院, 青岛 266000)

<sup>2</sup>(山东科技大学 电气及自动化工程学院, 青岛 266000)

**摘要:** 介绍了 VIRE 算法和 BVIRE 算法的定位原理. 在 BVIRE 算法的基础上, 提出了一种基于邻近参考标签的权值的改进算法(简称 WBVIRE 算法). 该算法通过改进最近邻参考标签与待定位标签的信号强度的差值, 重新设定邻近参考标签的权值计算方法, 以得到更加准确的待定位标签的坐标, 从而提高 BVIRE 算法的室内定位精度. 实验结果表明, WBVIRE 算法明显提高了室内定位精度.

**关键词:** 室内定位; 信号强度; 邻近参考标签的权值; 精度

## Improved RFID Indoor Location Algorithm Based on Nearest Neighbor Reference Tag Weights

TENG Min<sup>1</sup>, WEI Wen-Xue<sup>1</sup>, TENG Ning<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(College of Information Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266000, China)

<sup>2</sup>(Electrical and Automation Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266000, China)

**Abstract:** The paper introduces the principles of VIRE algorithm and BVIRE algorithm for indoor location. On the basis of BVIRE algorithm, the paper proposed an improved algorithm based on the weights of the neighboring reference tags (Referred as WBVIRE algorithm). The new algorithm is reset the calculation method of the weights of neighboring reference tags by improving the difference of RSSI between the positioning reference tags and the neighboring reference tags. Then the system calculated a more accurate coordinates to be positioned tags and made better the indoor location accuracy of BVIRE algorithm. Experimental results show that the WBVIRE algorithm significantly improves the indoor location accuracy.

**Key words:** indoor location; Received Signal Strength Indication(RSSI); the weights of the neighboring reference tags; accuracy

随着移动计算和嵌入式系统的高速发展, 室内定位技术越来越受到人们的关注. 射频识别技术较其他定位技术具有非接触、非视距、传输范围大和性价比高等优点, 因其被广泛应用在室内定位技术中. LANDMARC 算法<sup>[1-4]</sup>是最典型的基于 RFID<sup>[5-7]</sup>技术的室内定位系统. 它创造性的引入了参考标签的概念, 从而使 RFID 技术成为室内定位一种有成本效益的解决方案. VIRE 算法<sup>[9-12]</sup>是在 LANDMARC 算法的基础上, 引入了虚拟参考标签, 通过比较去除冗余位置信息, 实现更准确的定位. BVIRE 算法<sup>[10]</sup>构建边界虚拟参考标签的方法, 解决了 VIRE 算法在边界处由于参考标签分布少造成的精确度降低的问题. 本文提出了

BVIRE 算法的改进算法, 并进行了仿真实验.

## 1 BVIRE算法简介

BVIRE 算法<sup>[10]</sup>是在 VIRE 系统的基础上改进的. 其系统环境布局如图 1 所示. BVIRE 算法引入了 16 个边界虚拟参考标签, 其算法原理是通过建立线性回归方程, 在边界处插入虚拟参考标签, 采用线性插值法加入网格虚拟参考标签, 除去冗余位置信息, 求出待定位标签的位置坐标. 根据实际参考标签的信号强度 (RSSI) 值<sup>[2]</sup>建立线性回归方程, 从而得到边界虚拟标签的 RSSI 值. 当实际参考标签的位置和 RSSI 值变化时, 边界虚拟参考标签位置和 RSSI 值可实时更新, 具

① 收稿时间:2015-01-12;收到修改稿时间:2015-03-12

有良好的环境适应性<sup>[5]</sup>.

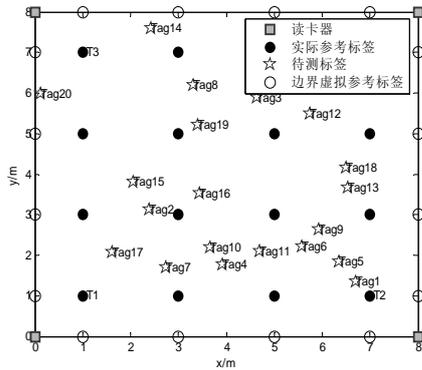


图 1 BVIRE 系统环境布局

图 1 是 BVIRE 系统的整个实验布局图, 4 个读卡器分布于整个定位区域的四个边角, 16 个参考标签均匀分布在待定位区域的空间内, 边界处设定 16 个边界虚拟参考标签. 该算法核心思想是将每 4 个实际参考标签看做一个单元网格, 再将每个由实际参考标签(图 1 中矩形区域四个角处的实心圆点 T1、T2、T3 和 T4)组成的网格可以划分成  $N \times N$  个相等大小的虚拟网格单元(除 T1、T2、T3 和 T4 之外的实心圆点), 每个虚拟网格单元可以认为由四个虚拟参考标签组成. 由于已知实际参考标签的坐标, 所以虚拟参考标签的坐标可以通过计算得到.

BVIRE 系统中邻近参考标签的权值计算公式与 VIRE 系统的相同,

$$W_i = W_{1i} * W_{2i} \quad (1)$$

$W_{1i}$  用来表征选出的邻近参考标签与待定位标签的信息强度(RSSI)差值, 差值越小,  $W_{1i}$  越大<sup>[10]</sup>.  $W_{2i}$  用来表征优选出的邻近参考标签的密度, 密度越大,  $W_{2i}$  越大<sup>[10]</sup>.

$$W_{1i} = 1 - \sum_{k=1}^K \frac{|S_k(T_i) - S_k(R)|}{K * S_k(T_i)} \quad (2)$$

$$W_{2i} = \frac{n_{ci}}{\sum_{i=1}^n n_{ci}} \quad (3)$$

$n_{ci}$  表示与邻近参考标签 i 连接在一起的区域的个数,  $n_a$  表示整个室内待定位区域内选出的最近邻参考标签的数量<sup>[10]</sup>.

## 2 邻近参考标签权值的改进算法

VIRE 算法和 BVIRE 算法都是基于“最近邻”参考

标签的室内定位算法. 其中的一个共同步骤就是, 在得到“最近邻”参考标签后要根据这些参考标签的权值设定方法, 然后根据权值与各个参考标签坐标的加权相加后得到待定位标签的坐标. 因此, 权重因子的计算方式直接影响定位的精确度. LANDMARC 算法中的第 i 个参考标签的权值  $W_i$  是通过多次实验得出的经验公式. VIRE 算法是对 LANDMARC 算法改进的基础上, 规定了两个权重因子  $W_{1i}$  和  $W_{2i}$ . BVIRE 算法中仍然使用的是 VIRE 算法中的权值计算公式, 如式 (1)、(2)、(3)所示. 由式(2)可知, 当待定位标签的 RSSI 值和最近邻参考标签的 RSSI 的差值的绝对值越小时,  $W_{1i}$  的值反而会越大. 在此原理上, 提出了最近邻参考标签的权值的改进 WBVIRE 算法. 具体做法如下:

取式(2)中的  $\sum_{k=1}^K \frac{|S_k(T_i) - S_k(R)|}{K * S_k(T_i)}$ , 令

$$W_{1i}' = \sum_{k=1}^K \frac{|S_k(T_i) - S_k(R)|}{K * S_k(T_i)} \quad (4)$$

此时, 最近邻参考标签与待定位标签的 RSSI 差值越小,  $W_{1i}'$  越小. 为了满足选定的邻近参考标签与待定位标签的 RSSI 差值越小,  $W_{1i}'$  越大. 取  $W_{1i}'$  的倒数, 使原来的  $W_{1i}$  的取值变为

$$W_{1i}'' = \frac{1}{W_{1i}'} = \frac{1}{\sum_{k=1}^K \frac{|S_k(T_i) - S_k(R)|}{K * S_k(T_i)}} \quad (5)$$

$W_{2i}$  的计算公式仍为式(3)保持不变. 于是, 得到 WBVIRE 算法的邻近参考标签的权值  $W_{1i}'$  的计算公式为:

$$W_{1i}' = W_{1i}'' * W_{2i} = \frac{1}{W_{1i}'} * W_{2i} \quad (6)$$

根据最近邻的参考标签的坐标可得待定位标签的坐标:

$$(x, y) = \sum_{i=1}^{n_a} W_{1i}' (x_i - y_i) \quad (7)$$

i 表示最邻近的第 i 个参考标签,  $n_a$  表示整个室内待定位区域内选出的最近邻参考标签的数量.

## 3 实验分析与评价

为了全面评估本文所介绍的定位方法的性能, 使用 Matlab 对其进行了一系列仿真. 对算法性能的评价准则, 用 RMSE-标准均方根误差进行评估:

$$e = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} \quad (8)$$

其中,  $e$  表示经过算法计算后得到的待定位标签的实际坐标  $(x_0, y_0)$  和其计算坐标  $(x, y)$  之间的差距。

在定位实验中, 使用对数路径损耗统计模型, 其中  $d_0$  为 0.1m, 路径损耗指数  $n=2.0$ , 阈值  $th=2.2$ 。如图 1 所示, 在整个 8m\*8m 的室内定位区域中, 设定了 20 个待定位标签和 4 个读卡器, 网格布局中设置了 16 个参考标签: 4 个实际参考标签和 12 个虚拟参考标签, 边界区域设置 16 个边界虚拟参考标签。每行和每列的参考标签的间距为 2m。

### 3.1 算法性能分析

对 WBVIRE 算法进行仿真和分析, 然后与经典算法 VIRE 算法和 BVIRE 算法进行比较, 通过实验测试 WBVIRE 算法的定位性能。图 2 是 VIRE 算法、BVIRE 算法和改进的 WBVIRE 算法在图 1 布局下的定位误差的对比图。

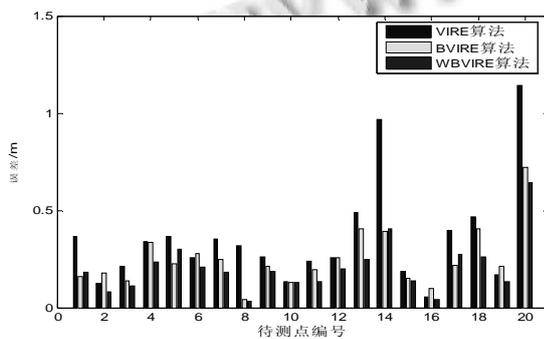


图 2 待定位标签的均方根误差比较

由图 2 可以看出, 相对于 BVIRE 算法和 VIRE 算法, 采用 WBVIRE 算法后, 定位误差分别降低了 80% 和 100%。特别是像 Tag2、Tag4、Tag13、Tag18 等这些周围邻近参考标签密度较大的待定位标签, 其定位误差得到明显降低。20 个待定位标签中, VIRE、BVIRE 和 WBVIRE 算法的平均定位误差分别为 0.3054m、0.2503m、0.1741m 结果表明: WBVIRE 算法性能要优于 BVIRE 算法。

### 3.2 不同参数对 WBVIRE 算法的影响

阈值  $th$  和间隔数  $N$  对 WBVIRE 算法的定位误差都有不同程度的影响。在其他条件不变的情况下, 对系统随机生成的 5000 个待定位标签进行多次仿真实验。得到实验结果分别如图 3 和图 4。

图 3 分析了阈值  $th$  的选取对 WBVIRE 算法定位误差的影响。由图可知,  $th$  取值在 0.5 到 1.5 之间时, 随

着取值的增加, 定位误差减小;  $th$  取值继续从 1.5 至 5 时, 定位误差不断增大。由于阈值在 1.5 至 2.3 之间的定位误差最小且几乎相同。因此, WBVIRE 算法的最佳阈值可在 1.5~2.3 之间取值。

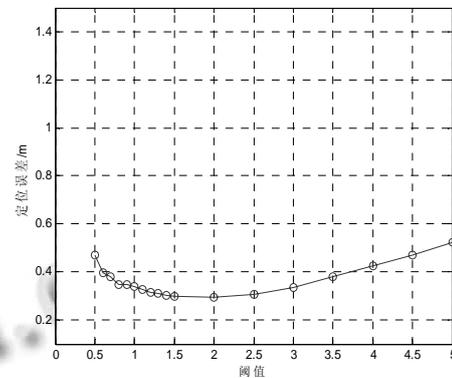


图 3 WBVIRE 算法中阈值对定位误差的影响

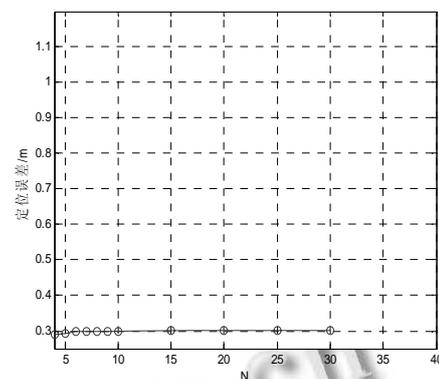


图 4 间隔数  $N$  对 WBVIRE 算法定位误差的影响

从图 4 可知, 随着间隔数  $N$  的增加, 定位误差增幅较小。理论上, 虚拟参考标签的密度越大, 定位越准确。但在实际室内定位系统中, 当间隔数  $N$  的值高于一定数量时, 准确度将不会进一步改善。由实验结果可知, WBVIRE 算法中的间隔数  $N$  取 10~30 之间的整数较为合适。

## 4 结语

通过对现有室内定位方法的研究和分析, 探索了一种基于最近邻参考标签的权值的 RFID 室内定位算法, 它可以在不额外增加参考标签且不增大射频干扰的前提下, WBVIRE 算法比 BVIRE 算法表现出更优异的定位性能。由于本文方法中需要计算大量的虚拟信号的强度值, 这对于实时性较强的定位系统来说是不

利的, 因此如何在保持定位精度的前提下提高其运行效率, 是今后研究的重点和难点.

### 参考文献

- 1 赵刚,刘洪武,杨国为,宋高俊.空间划分虚拟网络的 RFID 室内定位算法.计算机系统应用,2013,22(1):83-86,133.
- 2 李军怀,张果谋,于蕾,孙转宜.基于虚拟信号强度的 RFID 定位方法研究.计算机科学,2012,39(4):67-70.
- 3 杨辉,蔡坚勇,等.基于 LANDMARC 定位算法复杂度的分区算法改进.计算机系统应用,2013,22(5),103-106,121.
- 4 Zhao YY, Liu YH, Lionel MN. VIRE: Active RFID-based Localization Using Virtual Reference Elimination. Proc. of International Conference on Parallel Processing. IEEE Press. 2007.
- 5 谷峪,于戈,李晓静,王义.基于动态概率路径事件模型的 RFID 数据填补算法.软件学报,2010,21(3):438-451.
- 6 王振东,蒲宝明,闫慧文.基于 BitCloud 的室内定位系统.计算机系统应用,2014,23(6):74-78.
- 7 谢磊,殷亚凤,陈曦,陆桑璐,陈道蓄.RFID 数据管理:算法、协议与性能评测.计算机学报,2013,36(3):457-470.
- 8 曹春萍,罗玲莉.基于卡尔曼滤波算法的室内无线定位系统.计算机系统应用,2011,20(11):76-79.
- 9 陈家琪,严梓乘.一种 Newton 插值的 RFID 室内定位改进算法.计算机系统应用,2012,21(1):45-48.
- 10 俱莹,刘开华,史伟光,闫格.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.
- 11 李鹏,马宁,杨拥军,文光俊.基于 RFID 的边界虚拟参考标签改进算法.计算机应用研究,2013,30(1):158-160.
- 12 Hui B, Jiu YZ. The RFID indoor positioning algorithm based on lagrange interpolation. Advanced Materials Research, 2014, 998-999: 947-950.
- 13 Liu H. Survey of wireless indoor positioning techniques and systems. IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, 2007, 37(6): 1067-1080.
- 14 Fuchs C, Aschenbruck N, Martini P, et al. Indoor tracking for mission critical scenarios: A survey. Pervasive and Mobile Computing, 2011, 7(1): 1-15.