

基于 RFID 的边界虚拟参考标签改进算法

李 鹏, 马 宁, 杨拥军, 文光俊

(电子科技大学 通信与信息工程学院, 成都 611731)

摘 要: 依据对室内定位算法的场景分析,在 BVIRE 算法的基础上,提出了一种室内定位的改进算法 IMPRO_BVIRE。针对信号在无线信道中的衰减规律呈非线性,该算法采用一种非线性插值方法计算虚拟参考标签的 RSSI 值,在邻近参考标签的选择上采用小概率排除法,排除了小概率点对定位精度的影响,并通过取均值抵消了阴影带来信号的剧烈波动。仿真与实验结果表明,改进后的 IMPRO_BVIRE 算法相比于 BVIRE 算法具有更低的定位误差。

关键词: 射频识别; 室内定位; IMPRO_BVIRE 算法; 小概率排除法; 接收信号强度指示

中图分类号: TP301.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2013)01-0158-03

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2013.01.040

Boundary virtual reference tag improved algorithm based on RFID

LI Peng, MA Ning, YANG Yong-jun, WEN Guang-jun

(School of Communication & Information Engineering, University of Electronic Science & Technology of China, Chengdu 611731, China)

Abstract: According to the scene analysis of the indoor location algorithm, and on the basis of BVIRE algorithm, this paper proposed an improved algorithm called IMPRO_BVIRE. Against the non-linear attenuation law of the signal in the radio channel, IMPRO_BVIRE algorithm adopted a kind of non-linear interpolation method to calculate the RSSI values of virtual reference tags, adopting small probability of exclusion in the selection of the neighboring reference tags, which excluded the impact of the small probability point to positioning accuracy, and by averaging IMPRO_BVIRE algorithm could counteract the signal volatility caused by shadow. Simulation and experimental results show that IMPRO_BVIRE algorithm has lower positioning error.

Key words: radio frequency identification (RFID); indoor location; IMPRO_BVIRE algorithm; small probability of exclusion; received signal strength indication (RSSI)

在室内定位系统中,虽然有多种定位技术,如蓝牙、Zig-Bee、WiFi 等,但是由于室内环境比较复杂,不同的建筑材料、不同的装修风格、人员的流动情况以及遮挡物,都会使无线电波在室内的分布不同,这些因素将会影响到无线电波的反射、折射、散射、绕射,从而影响室内无线环境,使得这些技术的定位效果不是很明显。RFID 在识别速度、距离、多目标识别和移动物体的识别等方面相对于其他识别技术具有较大的优势^[1]。

LANDMARC^[2]算法以参考标签和目标标签的 RSSI 的欧氏距离来定位目标标签,改善了由于室内空间无线环境分布不均造成的精确度降低的情况。VIRE^[3]算法引入了网格虚拟标签,相对于 LANDMARC 算法降低了成本,以虚拟标签取代了昂贵的读写器,并提高了精度。BVIRE^[4]算法通过构建边界虚拟标签的办法,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^[5]。本文提出了 BVIRE 算法的改进算法 IMPRO_BVIRE,并且进行了实测。

1 BVIRE 算法简介

BVIRE 算法^[4]是在 VIRE 算法基础上进行的改进。其系

统组成如图 1 所示。

BVIRE 算法引入了 16 个边界虚拟标签,通过参考标签的坐标值求得边界虚拟标签的坐标值^[6]。根据原参考标签的 RSSI 值建立线性回归方程,得到边界虚拟标签的 RSSI 值。这样边界虚拟标签就和实际参考标签具有了一样的参考价值。

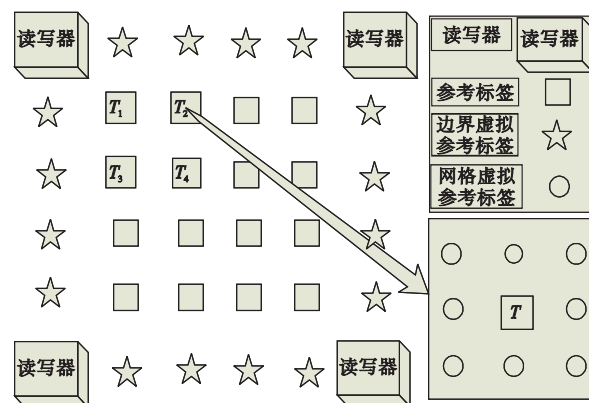


图1 BVIRE算法系统组成

根据式(1)~(3)及图1中参考标签的坐标值、RSSI 值得图1中所有边界虚拟标签的坐标值以及在各个读写器中的

收稿日期: 2012-06-08; 修回日期: 2012-07-16

作者简介: 李鹏(1986-),男,山东菏泽人,硕士研究生,主要研究方向为通信与信息系统(hezeli.123@163.com);马宁(1986-),男,四川内江人,硕士,主要研究方向为通信与信息系统;杨拥军(1979-),男,河南沁阳人,副教授,主要研究方向为物联网器件与系统;文光俊(1964-),男,四川南充人,教授,主要研究方向为通信专用 IC 技术。

RSSI 值。

$$S = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x \quad (1)$$

$$\hat{\beta}_0 = \bar{S} - \hat{\beta}_1 \bar{x} \quad (2)$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i S_i - n \bar{x} \bar{S}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(S_i - \bar{S})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

BVIRE 算法基于简化复杂度的考虑,采用线性插值算法计算虚拟标签的坐标和 RSSI 值。另外,BVIRE 算法在邻近参考标签的选取上采用的是建立模糊地图的方法,以参考标签为中心将整个区域划分为一定数量大小相等的区域。

2 BVIRE 算法的优化算法 IMPRO_BVIRE

在 BVIRE、VIRE 算法中,目标标签和参考标签的 RSSI 值都可以在读写器中读到,但是这些值由于受阴影正态随机变量的影响,可能会出现强烈的信号波动^[7],如室内有人员走动挡住了目标物体、或者目标物体移动过程中被遮挡等。在虚拟参考标签的计算方面采用的是线性插值法,但是从实际来说,由于信号衰减基本符合对数距离损耗模型^[8],因此,信号的变化是非线性的,利用线性插值法就不符合信号的衰减规律。另外,对于邻近参考标签的选择,都采用式(4)。

$$E_j = \sqrt{\sum_{i=1}^k (R_{ij} - S_i)^2} \quad j \in (1, N) \quad (4)$$

通过式(4)找出与目标标签 RSSI 差值相近的点。在通常情况下,功率相近的点往往坐标值也相近,但是由于无线环境可能有遮挡物或者其他折射、反射的影响,有时相差较远的点功率也可能与目标标签的坐标相近,因此这种方法的精确度会受到这种小概率事件的影响。

IMPRO_BVIRE 算法系统构成同图 1,其算法流程如图 2 所示。

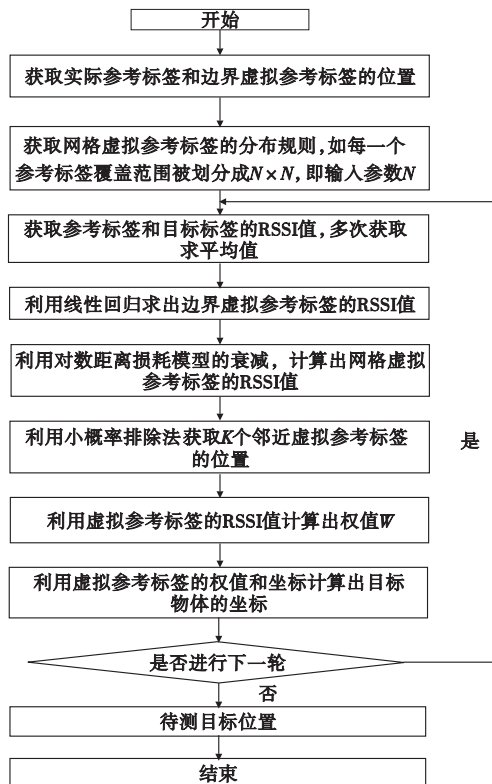


图2 IMPRO_BVIRE算法流程

2.1 参考标签 RSSI 值的获取

为了消除由于阴影正态随机变量影响可能会出现强烈的信号波动,IMPRO_BVIRE 算法利用 RFID 读写器可以快速读取标签,在很短的时间内,可以获得标签的若干个 RSSI 值,这样通过求均值的方法就可以抵消阴影正态随机变量的影响。令读写器为 K 个,参考标签 N 个,待定位目标在 K 个读写器上的 RSSI 矢量为 $S = (\overline{S}_1, \overline{S}_2, \dots, \overline{S}_k)$, 其中 $\overline{S}_i$ 表示待定位目标在阅读器 i 上的平均值 ($i \in (1, k)$)。对于参考标签,同样会在 k 个读写器上读出其 RSSI 值, $R_j = (\overline{R}_{1j}, \overline{R}_{2j}, \dots, \overline{R}_{kj})$, R_j 表示第 j 个参考标签的平均 RSSI 矢量值。

2.2 网格虚拟参考标签的 RSSI 值

IMPRO_BVIRE 算法利用对数距离损耗模型来进行插值,具体做法是通过参考标签的 RSSI 值,估计出对数距离损耗模型的参数,然后利用对数距离损耗模型来进行插值,从而得出网格虚拟标签的 RSSI 值。

$$PL(d)_{db} = \overline{PL}(d_0) + 10n \times \lg \frac{d}{d_0} \quad (5)$$

式中需要先求出路径损耗指数 n 。已知 T_1, T_2 到读写器 1 的距离和它们分别在读写器 1 上的 RSSI 值,然后可以由此公式求出 n 。同理,根据 T_1, T_2 到其他读写器的距离和 RSSI 读数,也能求出 n 值。路径损耗指数 n 可以将这几个值取均值来获得。

如图 3 所示,以 T_1 作为对数距离损耗模型的参考点,读写器、参考标签、虚拟参考标签的坐标都已知,所以不难算出读写器 1 到 T_1 的距离 d_0 、读写器 1 到 a 的距离 d ; 然后根据式(5)计算出 a 点在读写器 1 上的 RSSI_{a1} 值,然后再以 T_2 为对数距离损耗模型的参考点,再次计算出 a 点在读写器 1 上的 RSSI_{a2} 值,然后 $RSSI_a = (RSSI_{a1} + RSSI_{a2})/2$ 。此时就求出了 a 点在读写器 1 上的 RSSI 值,同理可以求出 a 点在其他读写器上的值。按照此方法,可求出所有网格虚拟参考标签在读写器上的 RSSI 值。

2.3 邻近(虚拟)参考标签的选择

在 IMPRO_BVIRE 算法中,采用了小概率排除的方法,每个读写器维持一个邻近地图。当有 k 个读写器就有 k 个邻近地图,这些地图的重叠部分就是目标标签的大概位置。

在 VIRE 算法中,引入了邻近地图的概念。令读写器为 K 个,参考标签 N 个,待定位目标在 k 个读写器上的 RSSI 矢量为 $S = (S_1, S_2, \dots, S_k)$, 其中 S_i 表示待定位目标在阅读器 i 上的值 ($i \in (1, k)$)。对于参考标签,同样会在 k 个读写器上读出其 RSSI 值, $R_j = (R_{1j}, R_{2j}, \dots, R_{kj})$, R_j 表示第 j 个参考标签的 RSSI 矢量值。

$$E_j = R_j - S_i \quad j \in (1, N) \quad (6)$$

对应每一个 i ,即每一个读写器,都可根据式(6)求出 E_j 。设置一个阈值,然后取其中的 E_j 小于阈值的点,将其在坐标系中标出(黑色部分,如图 4),这就相当于一个邻近地图。一共有 k 个读写器,那么就可以保证有 k 个邻近地图,这 k 个地图重叠的部分,即是用来估计待定位目标的虚拟参考标签。根据阈值的不同,每个邻近地图的大小可能不同:阈值越大,每个地图就越大;阈值越小,则每个邻近地图的范围越小, k 个邻近地图的重叠部分越小,排除的小概率点就越多。但是,如果阈值选择过小,由于有随机值的影响,某些可能性很大的点也将被

排除在外,这就会造成定位结果不精确。

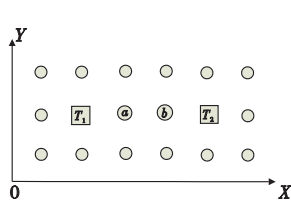


图3 网格虚拟参考标签计算

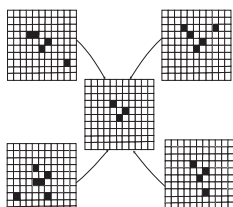


图4 小概率排除法

小概率排除法的算法流程如图5所示。

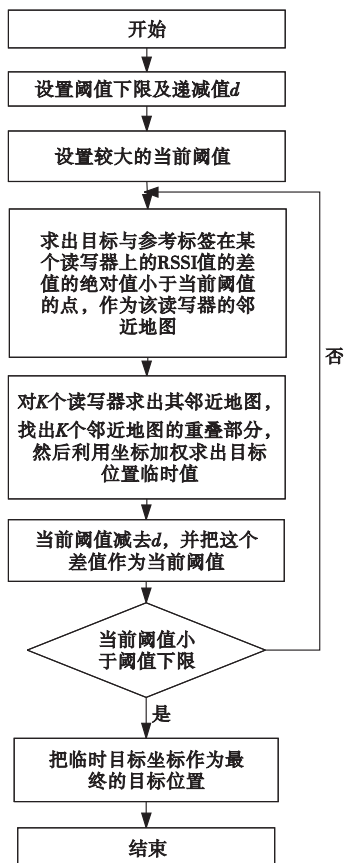


图5 小概率排除法算法流程

阈值下限的选择至关重要。如果选择太大,则很多小概率的点会被选择进来;如果选择太小,则有些大概率点会被排除掉。所以这个阈值点需要在具体的环境中多次调试后,将使多次实验误差率最小的阈值作为阈值下限。

3 实验与结果分析

3.1 实验设计

一个完整的小型定位系统,需要用到计算机、读写器、电子标签,其中计算机用来安装应用软件,该软件用来设置参考标签位置参数、网格虚拟参考标签的网格密度参数、小概率排除法阈值下限,接收各个读写器传来的读数,而且负责数据处理,即执行算法流程,求出待定位目标的位置。读写器负责读取各个电子标签的RSSI值,并将该数据传输给计算机应用程序。

实验是以上面定位系统为背景,在5 m×5 m的会议室中,四个角落分别放置了一个2.4 G超高频读写器,然后在3 m×3 m的中间区域,放置了16张参考标签,待定位标签被放置在这个区域内的任意角落。

3.2 IMPRO_BVIRE算法与其他场景分析法的比较

在IMPRO_BVIRE算法中,选取虚拟网格密度 $N=3$,阈值

下限为8 dbm。在前面介绍的LANDMARC、VIRE、BVIRE都属于场景分析算法,每一种都是前一种的改进,现在将此四种算法的实验仿真结果进行比较,如图6所示。

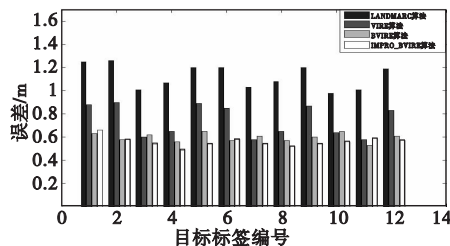


图6 IMPRO_BVIRE算法与其他场景分析法的比较

LANDMARC算法由于没有采用虚拟参考标签,故相比于VIRE、BVIRE和IMPRO_BVIRE算法其误差最高。IMPRO_BVIRE算法由于在获取RSSI值时采用了均值法,在获取网格虚拟标签的值时采用了对数距离损耗模型来插值,并且在邻近标签选择时采用了小概率排除法,故其误差率最低。从图6可以算出, LANDMARC、VIRE、BVIRE和IMPRO_BVIRE算法的误差分别为1.11 m、0.75 m、0.60 m、0.56 m。结果表明:IMPRO_BVIRE算法性能要优于BVIRE算法。

4 结束语

IMPRO_BVIRE算法是基于RSSI的场景分析算法,它是BVIRE算法的改进,利用了均值思想获取实际参考标签的RSSI值,即通过多次读取实际参考标签的RSSI值,然后取平均值。它在网格虚拟参考标签的求值中改进了原来的线性插值法,而采用基于对数距离损耗模型的插值,提高了定位的精确度。另外,在邻近参考标签的选择上采用了小概率排除法,这样避免了小概率参考点对定位目标的影响,提高了定位的精确度。最后通过实验,比较了IMPRO_BVIRE算法与其他几种场景分析算法,结果表明了IMPRO_BVIRE算法的优越性。

参考文献:

- [1] BAO Xu, WANG Gang. Random sampling algorithm in RFID indoor location system[C]//Proc of the 3rd IEEE International Workshop on Electronic Design, Test and Applications. Washington DC: IEEE Computer Society, 2006: 168-176.
- [2] LIONEL M N, LIU Yun-hao, LAU Y C, et al. LANDMARC: indoor location sensing using active RFID[J]. *Wireless Networks*, 2004, 10(6): 701-710.
- [3] 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. Washington DC: IEEE Computer Society, 2007: 56-63.
- [4] 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[J]. *计算机工程*, 2011, 37(6): 274-276.
- [5] ZHU L, YUM T P. The optimal reading strategy for EPC Gen-2 RFID anti-collision systems[J]. *IEEE Trans on Communications*, 2010, 58(9): 2725-2733.
- [6] MAGUIRE Y, PAPPU R. An optimal Q-algorithm for the ISO 18000-6C RFID protocol[J]. *IEEE Trans on Automation Science and Engineering*, 2009, 6(1): 1-2.
- [7] FAN Xiao, SONG I, CHANG K. Gen2-based hybrid tag anti-collision Q-algorithm using Chebyshev's inequality for passive RFID systems[C]//Proc of the 19th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications. [S. l.]: IEEE Press, 2008: 1-5.
- [8] NI Hao, REN Guang-liang, CHANG Yi-lin. A TDOA location scheme in OFDM based WMANs[J]. *IEEE Trans on Consumer Electronics*, 2008, 54(3): 1017-1021.