

RFID Indoor RSSI Wireless Location Algorithm Based on Tag Virtualization *

LI Chuan^{1*}, WANG Ronghai¹, ZHAO Hongjun^{1,2}

(1. Department of Information Engineering, Mianyang Polytechnic, Mianyang Sichuan 621000, China;

2. School of Information Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang Sichuan 621010, China)

Abstract: In the event of a geological disaster, it is difficult to avoid the rescue difficulties caused by the accidentally formed confined space, and the indoor wireless positioning algorithm can guarantee emergency communication and remote precision rescue in the environment. A low-cost radio frequency identification indoor wireless precision positioning method has been proposed based on the tag virtualization, the software and hardware system design is completed, and the indoor space environment is simulated to complete the algorithm test. Based on the analysis of the radio frequency identification working mechanism and the logarithmic path attenuation model of the free-space received signal, the interpolation signal method is combined with the threshold segmentation exclusion method to obtain the received signal strength value of the virtual reference tag. Furthermore, the software design of the system hardware architecture and some functional modules is given. Using MATLAB 17.0 design simulation interface, through the comparison experiments of multiple groups, the method can not only obtain more accurate positioning results under the condition of different mesh virtualization density and number of readers, but also the system design cost is low, and are exists the actual application value of the project.

Key words: Radio frequency identification; indoor positioning; threshold segmentation; precision; virtual

EEACC: 7230C

doi: 10.3969/j.issn.1005-9490.2020.06.039

基于标签虚拟化的 RFID 室内 RSSI 无线定位算法 *

李川^{1*}, 王荣海¹, 赵红军^{1,2}

(1. 绵阳职业技术学院信息工程系, 四川 绵阳 621000; 2. 西南科技大学信息工程学院, 四川 绵阳 621010)

摘要: 在发生地质灾害时, 很难避免意外形成的密闭空间所带来的救援困难, 而室内无线定位算法可保障该环境中的应急通讯和远程精准救援。结合标签虚拟化提出一种低成本射频识别室内无线精准定位方法, 完成软硬件系统设计, 并模拟室内空间环境完成算法测试。在分析射频识别工作机理和自由空间接收信号对数路径衰减模型基础上, 采用插值方法结合阈值分割排除法获取虚拟参照标签的接收信号强度值。进而给出系统硬件架构和部分功能模块的软件设计。采用 MATLAB 17.0 设计仿真界面, 在不同网状虚拟化密度和阅读器数目数的条件下, 完成多组对比实验可知, 方法不仅可获得较为精准的定位结果, 而且系统设计成本低, 有一定的工程实际应用价值。

关键词: 射频识别; 室内定位; 阈值分割; 精准; 虚拟

中图分类号: TM721

文献标识码: A

文章编号: 1005-9490(2020)06-1403-08

伴随科技的进步和发展, 工业自动化生产与居民生活均对精准的定位服务有大量需求。对工业生产场地和交通配置环境而言, 工作人员常需要获取智能机器人或不同类型的人群在工业仓库、矿井、航站楼、超长隧道、地底停车场的位置; 对个体用户来说, 在相对陌生而空间结构复杂的环境中, 如图书

馆、大型超市、展览馆等公共室内空间, 室内定位策略可协助使用者获悉自身和目标物所在位置, 为生活提供便捷。尤其在涉及群众生命安全的火灾、地下救援等密闭空间救援现场, 室内定位策略可帮助救援人员及时知悉自身和对方方位, 从而保证救援双方的安全。

项目来源: 四川省科技计划项目(2018JY0337)

收稿日期: 2019-09-18 修改日期: 2019-11-10

利用位置信息的射频识别系统中,不论静态或是动态目标物定位,其要点在于构建给定数据信号的传播物流模型,并获取数据强度和距离间的映射关联。国内外学者对射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)室内定位策略展开大量研究,Alarifi A^[1]采用聚合方法构建点定位系统,此系统利用循环迭代策略逐步趋于真实值的方法,但计算量过大,使算法受限于迭代步长;Bok K等^[2]研究者构建了LAND-MARC定位系统,并带入参照标签,通过信号强弱及标签间的关系测算定位坐标,该方法明显提升了定位精度,但成本开销大。国内学者王建平^[3]融合蓝牙与RFID技术,并采用具有识别WIFI的智能终端测定目标物,该方法结合搜索和监控功能可方便生活,但实际应用中存在较大的噪声。石欣^[4]采用集合方法标定RSSI值,选择高频参照标签,该方法可提高系统稳定性,但存在一定误差。

本文结合虚拟化标签和接收信号强度(Received Signal Strength Indicator, RSSI)完成室内位置的射频识别,从而实现无线位置的较为精准定位。

1 RFID系统架构、工作机理和室内定位模型

1.1 RFID系统架构

传统的RFID模型^[5]主要包括阅读器,标签与数据监管程序三个模块,如图1给出。

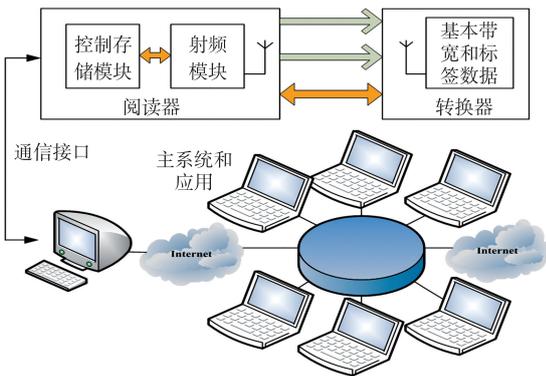


图1 RFID系统基本架构

阅读器是读入与处理标签信息的装备,该部分主要包含控制、射频与天线3个部分构成,可作为独立部分,也可以形成零部件嵌入各类系统中。在RFID系统中,该部分可与射频标签相连,获取并处理标签内数据。阅读器与标签间可利用半双工或全双工方式完成信息传输。RFID系统的载波频段可划分为低、高与超高三个频段。低频(128 kHz~138 kHz)其稳定性强,对距离和开销要求不高,常用于设计防盗系统、门禁系统、简单管理系统和玩具等;

高频(13 MHz)主要完成电子支付、公交刷卡、高级门锁管理系统等;超高频(435 MHz或850 MHz~900 MHz)可覆盖10 m及以上的通信范围,信息传输频率高。

1.2 RFID工作机理

阅读器可利用天线传输射频数据,当标签在工作范围内时,会出现感应电流并在获取能量后激活。而标签则把保存后的信息利用天线传送到阅读器中,阅读器获取到标签数据后,利用调制与解码方式完成信息的后续处理。阅读器与标签间的通讯与传输模式可分为电磁感应与反向散射两种,并利用高频交变场完成耦合,如图2。

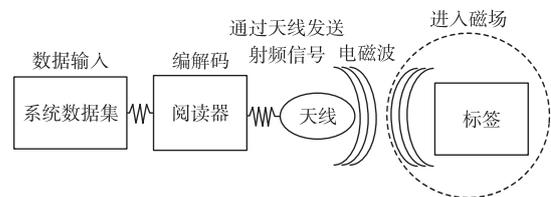


图2 RFID工作机理

1.3 室内定位模型

室内定位^[6]模型如图4给出,即用已知位置数据的参考值标定待定位区间,利用目标标签标定待定位目标物,从而保证天线信号覆盖整个区间。依据定位场景^[7],本文为获得无线通讯环境中的对数衰减模型,将定位区间设定为4 m×5 m的二维矩形区,并采用20个参照标签标定定位区,利用2个RFID天线获取收发的射频信号,在仿真中本文采用自由空间接收信号对数衰减模型^[8]分析射频信号在室内空间传输的衰减,如式(1):

$$K_r(d) = K_t - KL(d_0) - 10n \lg\left(\frac{d}{d_0}\right) + U_o \quad (1)$$

式中: $K_r(d)$ 为距离阅读器在 d 米时得到的信号强度; K_t 是阅读器的发射功率; $KL(d_0)$ 代表单位距离损耗值, d_0 为参考距离, n 是路径衰减参量,当存在遮蔽物时该值增加。 U_o 代表阴影衰落参量,即均值为0的高斯随机参量。本文设定 $d_0 = 1$ m, $n = 1, 1.5, 2$, $KL(d_0) = 100$,给出无线通讯环境^[9]中的对数衰减模型,如图3。

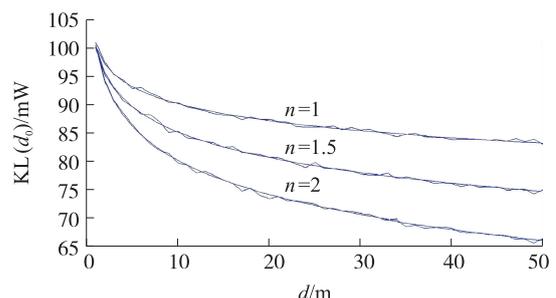


图3 无线通讯环境中的对数衰减模型

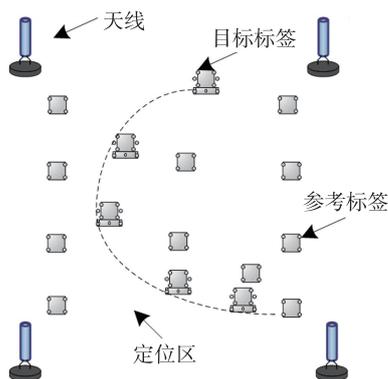


图 4 室内定位缩略模型

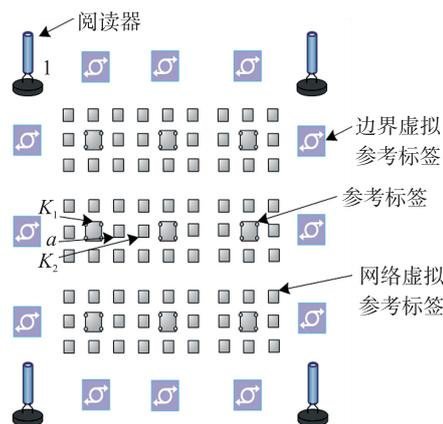


图 5 本文改进室内无线定位算法系统模型

2 基于标签虚拟化的 RFID 室内 RSSI 无线定位算法

本文提出了一种基于标签虚拟化的 RFID 室内 RSSI 无线定位算法,该方法是在上文式(1)中所提的数学模型的基础上推导而来的。对数衰减模型可预测通讯数据,其本质即在室内或密集人群状态下随路程增大而衰减。采用基于标签虚拟化的 RFID 室内 RSSI 无线定位算法无需多余的网络和硬件开销,算法的精准度较高,因而能够实现低成本、有效的室内无线定位。

2.1 改进室内无线定位算法推导

为了便于改进的定位算法推导,本文将式(1)转换为式(2)。

$$r = r_0 - 10n \lg \left(\frac{d}{d_0} \right) + \delta \quad (2)$$

令 $r_0 = K_i - KL(d_0)$, 与上文相应, d 为目标到阅读器的间距, d_0 为单位间距, r 为目标在阅读器获取的通讯信号强度; δ 代替 U_σ 设定为遮蔽参量, 该值为随机参量, 其期望与方差设为 θ, ε^2 。从式(2)可知, 要对 d 估计, 需要获取 δ , 即参量 θ 和 ε^2 。在估计参数前, 需获取先验信息, r 与 d 间为对数衰减关系, 而 r 与 $-10 \lg(d/d_0)$ 间存在线性关系, 可将 r 视为因变量, $-10 \lg(d/d_0)$ 视为自变量, 依据与 x 轴交点结果和 r_0 可得随机参量的期望 θ , 并由线性拟合项获取方差 ε^2 。本文方法在边界虚拟参照标签算法 (Boundary Virtual Label Algorithm, BVIRE) 的基础上, 利用优化方法测算虚拟参照标签的 RSSI 结果, 并选用排除方法获得邻近参照标签。BVIRE 方法^[10]是在 VIRE (Virtual Label Algorithm)^[11]方法上的改进, VIRE 方法即在不增加额外参照标签的情况下, 通过差值算法^[12]带入虚拟参照标签, 并获取其 RSSI 值, 而将此时所得的虚拟参照标签定义为参照值。图 5 给出本文改进室内无线定位算法系统模型。

假定有 T 个阅读器, V 个参照标签, 参数 $r_{ij}, d_{ij}, \delta, \theta$ 和 ε^2 分别为第 j 个测定标签在第 i 个阅读器的通讯信号强度, 实际距离, 遮蔽参量及其期望和方差。本文采用最大似然估计^[13]策略获取目标位置。exp 为指数函数, r_{ij} 的概率密度解析式 $f(r_{ij} | d_{ij})$ 如式(3):

$$f(r_{ij} | d_{ij}) = 1 / \sqrt{2\pi\varepsilon^2} \exp \left\{ - \frac{[r_{ij} + 10n \lg(d_{ij} + 1) - \delta - \theta]^2}{2\varepsilon^2} \right\} \quad (i=1, 2, \dots, T, j=1, 2, \dots, V) \quad (3)$$

针对相同测定目标, 其不同阅读器中的 RSSI 结果相互独立, 对某位置的标签, 设 $R_j = [r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{Tj}]^T (j=1, 2, \dots, V)$, $D_i = [d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{iV}] (i=1, 2, 3, \dots, T)$ 。可给出各个标签在阅读器上的功率密度分布函数如式(4):

$$f(R_j | D_i) = \prod_{i=1}^T \prod_{j=1}^V 1 / \sqrt{2\pi\varepsilon^2} \exp \left\{ - \frac{[R_j + 10n \lg(D_i + 1) - \delta - \theta]^2}{2\varepsilon^2} \right\} \quad (4)$$

$$\text{设定 } R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1V} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2V} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{T1} & r_{T2} & \cdots & r_{TV} \end{bmatrix}, \quad D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1V} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{2V} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{T1} & d_{T2} & \cdots & d_{TV} \end{bmatrix}。$$

设室内标签间存在相互独立的关系, 则全部标签在各个阅读器上的读数功率谱解析式如式(5):

$$f(r_{ij} | d_{ij}) = \prod_{i=1}^T \prod_{j=1}^V 1 / \sqrt{2\pi\varepsilon^2} \exp \left\{ - \frac{[10n \lg(d_{ij} + 1) + r_{ij} - \delta - \theta]^2}{2\varepsilon^2} \right\} \quad (5)$$

设对数似然解析式为 $h(r_{ij} | d_{ij})$, 如式(6), 阅读

数目为 T , 参照标签为 V 。

$$h(r_{ij}|d_{ij}) = \ln f(r_{ij}|d_{ij}) =$$

$$\text{TV} \ln \frac{1}{\sqrt{2\pi\epsilon^2}} \frac{1}{2\epsilon^2} \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^V \{ [r_{ij} + 10n \lg(d_{ij} + 1) - \delta - \theta]^2 \}$$
(6)

2.2 RSSI 值获取

2.2.1 参照标签的获取

设待定位室内目标在 T 个阅读器中的 RSSI 参量为 $R_l = (r_{1l}, r_{2l}, \dots, r_{Tl})^T$, R_l 为第 l 个待测定目标 (设共 N 个待测定目标) 在 T 个阅读器结果, $l = 1, 2, \dots, N$ 。针对参照标签, 在 T 个阅读器中获取其 RSSI 结果, $S_j = (S_{1j}, S_{2j}, \dots, S_{Tj})^T$ ($j = 1, 2, \dots, V$)。在本文算法中, 各个阅读器的结果, 均是多次平均求解而来。

2.2.2 边界虚拟参照标签 RSSI 值

边界虚拟参照标签 RSSI 值则依据现有参照标签的 RSSI 值和虚拟参照标签坐标值, 构建回归^[14]解析式得到边界虚拟参照标签的 RSSI 结果。本文将室内定位系统假设在二维坐标系中, 其中四个参照标签 (横坐标 x_1, x_2, x_3, x_4) 在阅读器 1 中的 RSSI 结果分别为 $S_{11}, S_{12}, S_{13}, S_{14}$, 而左右边界虚拟参照标签与参照标签纵坐标相同, 横坐标存在差别。因而, 本文需要获取横坐标得到各边界虚拟参照标签在阅读器 1 的 RSSI 读数。纵横边界虚拟参照标签求法类似。

以上文为例, 式 (7) ~ 式 (9) 分别给出回归方程^[15] 和其变形, \bar{S}, \bar{x} 分别为 RSSI 结果平均值和参照标签横坐标平均值, 获得系数 α_1, α_2 进而求得边界虚拟参照标签。

$$S_{li} = \alpha_1 + \alpha_2 x_i \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad (7)$$

$$\alpha_1 = \bar{S} - \alpha_2 \bar{x} \quad (8)$$

$$\alpha_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n=4} x_i S_{li} - n \bar{x} \bar{S}}{\sum_{i=1}^{n=4} x_i^2 - n \bar{x}^2} \quad (9)$$

2.2.3 网状虚拟参照标签 RSSI 值

本文方法并不额外增添参照标签, 而是通过构建空间坐标系, 将网状虚拟参照标签设定在参照标签周围并通过插值方法获得。利用插值能获取其 RSSI 结果, 能提高精准程度, 本文依据信号衰减规律, 采用对数衰减模型完成插值, 测算网状参照标签 RSSI 结果。以图 5 为例, 将 k_1 作为对数衰减模型的参考点, 则阅读器、参照标签、虚拟参照标签在空间中的位置已知, 依据对数衰减模型, 测算 a 点的 RSSI_{a1} ; 再以 k_2 为参照点, 获取 a 点的 RSSI_{a2} , 可得网状虚拟参照标签的结果, 如式 (10)。

$$\text{RSSI}_a = (\text{RSSI}_{a1} + \text{RSSI}_{a2}) / 2 \quad (10)$$

2.2.4 阈值分割排除法

T 个阅读器, V 个参照标签, 某待测定目标在阅读器的 RSSI 值, 构成的矩阵为 $R_l = (r_{1l}, r_{2l}, \dots, r_{Tl})^T$, ($l \in (1, N)$) 为待测定目标在阅读器 i 中读到的结果。参照标签在 T 个阅读器中获得 RSSI 结果为 $S_l = (S_{1l}, S_{2l}, \dots, S_{Tl})^T$ ($l \in (1, N)$)。差值 $M_l = (M_{1l}, M_{2l}, \dots, M_{Tl})^T$ ($l \in (1, N)$) 是阈值。

$$M_l = S_l - R_l \quad l \in (1, N) \quad (11)$$

针对各个阅读器设置阈值, 并获取小于阈值的点 (标记为灰色), T 个阅读器则可以得到 T 张图, 其重叠部分, 可用来估测待测定目标的参照标签。

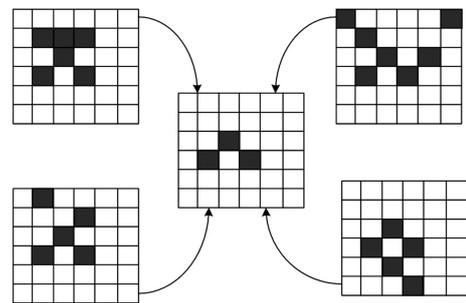


图 6 阈值分割排除法

2.3.5 目标位置定位

通过阈值分割排除法, 本文可获得 T 个参照标签的坐标, 如式 (12):

$$(x, y) = \sum_{i=1}^T z(x_i, y_i) \quad (12)$$

z 和 (x_i, y_i) 为虚拟参考坐标的加权参量与坐标, z 可由下公式获取:

$$z = \frac{1/M_{jl}^2}{\max\left(\sum_{i=0}^T \sum_{l=0}^N 1/M_{jl}^2, 0.01\right)}$$

$$i \in (1, T), \quad l \in (1, N) \quad (13)$$

从式子 (13) 可知, z 值越小, 则其与参照标签的距离越相近, 且 M_{jl} 值不为 0。

3 基于标签虚拟化的 RFID 室内 RSSI 无线定位系统设计

本文采用 MPLAB IDE 编译工具在 PIC16F887 单片机上进行程序设计, 并具有编程设计、数据读入和检验的功能。并采用 MATLAB 2017a 完成各种仿真和调试。

3.1 室内无线定位

3.1.1 系统程序流程设计

本文设计的 RFID 系统包含多个阅读器^[16], 其主阅读器与 WSN 网状中的协调节点类似, 能集合标签及其他阅读器的全部数据, 完成与电脑的通讯。

而其他从阅读器则完成数据收集并向主阅读器传输标签数据的功能。在非运转模式下,参照标签^[17]完成休眠可减弱能耗,而在激活条件下则能从休眠模式唤醒。此外,本文的跟踪与节点标签的流程设计与参照标签类似。

室内无线定位系统的主阅读器与各从阅读器的通讯模式如图 7 给出。若单一时刻内仅有单个阅读器处在运作状态下,则阅读器间的响应模式是:系统初始化后仅有主阅读器开启并与标签完成通讯;之后,主阅读器指向某从阅读器,从阅读器获取指令后则返回等待数据,此时主阅读器则进入低能耗等待模式中。而从阅读器则把获取的标签数据回传主阅读器,此时从阅读器接受主阅读器的等待指令^[18]。进而完成下一个从阅读器的通讯。

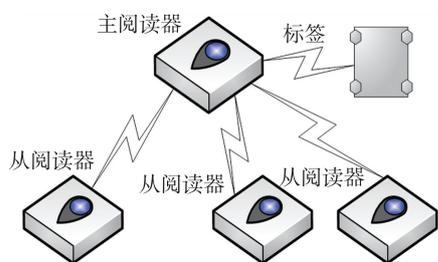


图 7 主阅读器与各从阅读器的通讯模式

图 8、图 9 分别给出阅读器和标签在等待、发送和接收三种状态转换时的程序处理流程图。

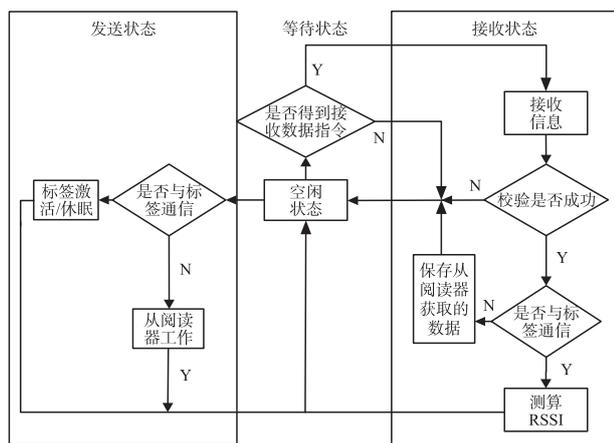


图 8 阅读器转换流程图

3.1.2 帧时隙 ALOHA 防碰撞模块实现

在本文设计的基于标签虚拟化的 RFID 室内 RSSI 无线定位系统中,可能存在多个标签在阅读器的识别区内。因而若多个标签传送信息给阅读器时,则易出现信息间的扰动^[19],使标签难以识别,因而本文设定防碰撞方法避免该情况出现。

帧时隙 ALOHA 防碰撞方法可将通信信道划分为多个帧^[20],各个帧又分割为多个时隙,标签则在各

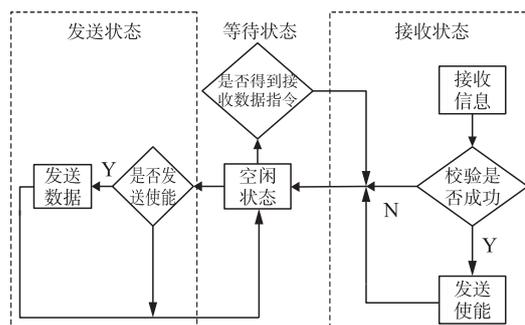


图 9 标签转换流程图

个帧中随机选取时隙完成信息发送。当标签获取到阅读器的指令后,随机选取一个时隙后延迟一段时间,若检测到当前时隙与标签选择的时隙符合则发送信息。阅读器利用循环冗余校验(Cyclic Redundancy Check, CRC)判别是否存在多标签在同一时隙内发送信息,当单个帧结束后,阅读器则传送等待指令让通讯后的标签进入等待模式。

本文设定的标签采用 PIC16F887 单片机中的定时器 1 用作伪随机数据产生器,并产生随机数据,进而利用该随机数选择某个时隙完成应答。当标签工作时,定时器进行计数,由于各个标签启动时间存在差别,因而计时数据存在一定随机性。在收到阅读器指令后,标签则取出定时器 1 的第八位用作随机数。阅读器利用 CRC 校验判定是否出现数据碰撞。

CRC 校验依据所需要传输的 H 位数据序列,依照相应规则得到一个用于校验的 T 位 CRC 校验码,并在数据序列添加后构成 $(H+T)$ 位的二进制数列 $Y(X)$ 。对比计算值和获取的 CRC 校验码,若结果相同则表明传输正确,否则表明传输错误。本文利用 16 位 CRC 校验码进行校验,其生成规则是把 H 位二进制数列 $Y(X)$ 左移 16 位,并除多项式 $M(X)$,获取整数 $P(X)$ 与余数 $F(X)$,所得余数 $F(X)$ 为 CRC 校验码,如式(14)和式(15)。本文采用软件方法中的按位测算法完成 CRC 检验。

$$M(X) = X^{16} + X^{15} + X^2 + 1 \quad (14)$$

$$\frac{Y(X)2^{16}}{M(X)} = P(X) + \frac{F(X)}{M(X)} \quad (15)$$

3.2 室内无线定位系统硬件设计

本文系统主要包括阅读器、标签与数据监管平台。阅读器主要完成标签通讯,获取数据强度并与电脑实时通讯。RFID 标签包括参照标签、边界虚拟参照标签、网状虚拟参照标签,通过标签定位目标。

阅读器的基准架构包含微控制模块与射频通讯板块,微控制模块由 PIC16F887 芯片为中心,射频通讯模块则由 CC1101 和外围电路形成。此外,阅读器

还设置了 RS485 串行接口衔接电脑。串口通讯稳定持续,协议简单可满足阅读器和 PC 间的通讯需求。此外,阅读器部分还设置了 LED 灯与 LCD 显示器。供电模块利用电池供电,其基本架构如图 10。

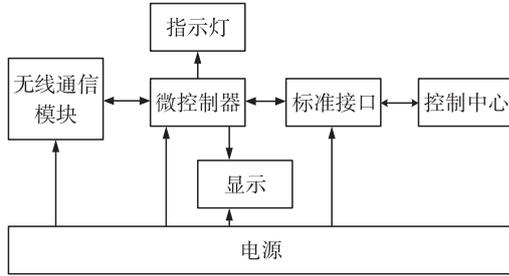


图 10 系统整体模型

4 基于标签虚拟化的 RFID 室内 RSSI 无线定位系统测试与分析

4.1 实验设计

本文在室内环境设置 8m×8m 中心区域,将阅读器分布在定位区域的四个顶点和中心点处。采用阅读器、参照标签和边界虚拟参照标签把全部定位区域分割为 32 个三角形子区间。采用 MATLAB 2017a 完成仿真实验设计,相关参数如表 1。

表 1 相关参数

参量	定义	数值
m	初始距离损耗指数	4.8
d_0	参考间距	1 m
U_σ	高斯参数	(0, 0.05)
G_t	阅读器天线增益量	8 dB
G_r	标签天线增益量	6 dB

本文给出的室内定位整体空间布局即室内定位缩略模型如图 11。

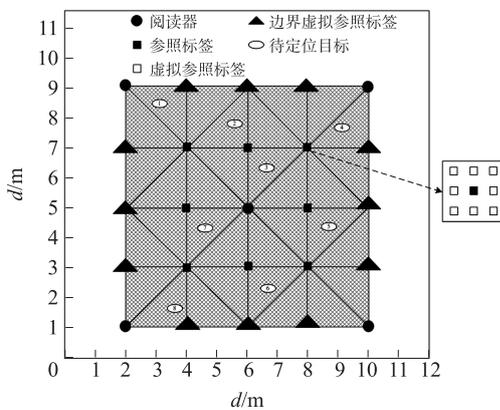


图 11 室内定位整体空间布局

4.2 仿真界面设计

为直观获得目标点的定位,本文采用 MATLAB

完成定位界面设计,如图 12 所示。在定位区域内展现定位结果,更加直观。

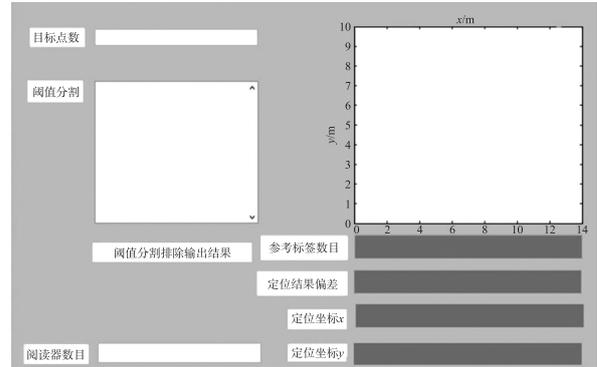


图 12 仿真器设计

4.3 网状虚拟化密度对室内精确度影响

网状虚拟标签并不是真实存在而是人为设定密度 $I \times I$,避免出现增加过多参照标签带来的高开销和信号干扰。本文分别取 $I = 3, 5, 7$ 完成对比实验。由实验可知,当 $I=3$,当阈值为 5 时,均值偏差最低;当 $I=5$,当阈值为 7 时,均值偏差最低;当 $I=7$,当阈值为 8 时,均值偏差最低。

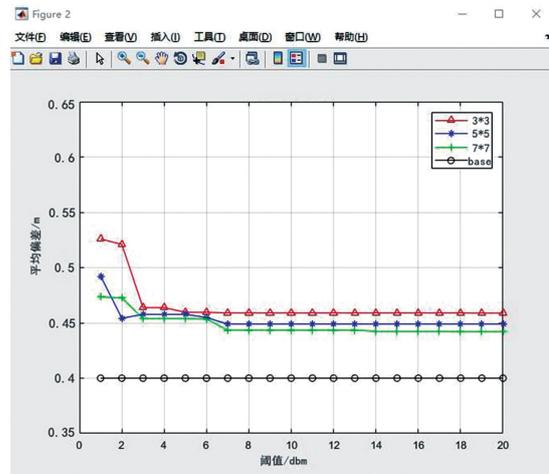


图 13 网状虚拟化密度对室内定位精确度影响

4.4 阅读器数目对室内定位精确度影响

本文设定阈值为 5,阅读器数目 T 为 4,5,9 的条件下,参照标签与阅读器间不同距离 d_c 带来的平均偏差。如图可知,当阅读器设置 4 或 5 个时, d_c 为 3 m 平均偏差最小;当阅读器设置 9 个时, d_c 为 1.5 m 平均偏差最小。从图 14 可知,当阅读器数目设置为 4,随着 d_c 增加,室内定位精确度波动不大。

4.5 定位结果

通过实验可得本文算法的实测位置和待定位目标原位置,如图 15,并在表 2 中给出本文算法获得的各带定位目标的偏差值。

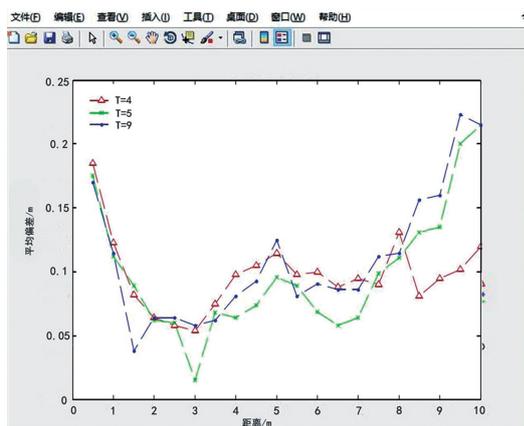


图 14 阅读器数目对室内定位精确度影响

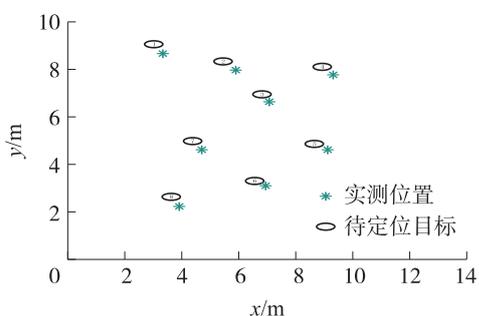


图 15 本文算法的实测位置和待定位目标原位置

表 2 各待定位节点的实测数据和偏差 单位:m

目标点	实测位置	原位置	偏差
1	(3.2,8.8)	(3,8.9)	(0.2,0.1)
2	(5.8,8.2)	(5.5,8.3)	(0.3,0.1)
3	(6.9,6.8)	(6.7,7.9)	(0.2,0.1)
4	(9.2,8.2)	(9.1,8)	(0.1,0.2)
5	(9,4.7)	(8.8,4.9)	(0.2,0.2)
6	(6.7,3.1)	(6.6,3.2)	(0.1,0.1)
7	(4.7,4.7)	(4.5,4.8)	(0.2,0.1)
8	(3.8,2.2)	(3.6,2.0)	(0.2,0.2)

4.6 算法效果对比

本文算法和算法[2,3]针对待定位目标标签 1~8 完成偏差对比,结果如图 16。算法[2]在 LANDMARC 定位系统基础上带入参照标签,通过信号强弱及标签间的关系测算定位坐标,该方法明显提升了定位精度,但成本开销大;算法[3]融合蓝牙技术,实际应用中存在较大的噪声。本文采用对数衰减模型完成插

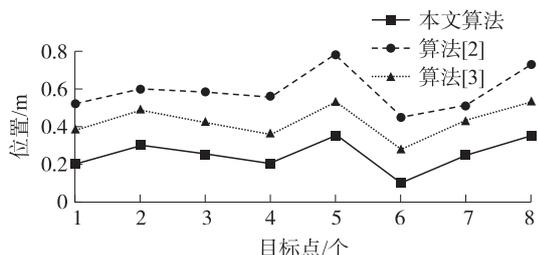


图 16 本文算法和算法[2,3]平均偏差对比

值,得到网状虚拟参照标签的接收信号强度值。并采用阈值分割排除法,得到不同阅读器小于阈值的图,这些图的重叠区域就是目标标签的大致方位。并结合 RFID 阅读器利用求均值的方式来抵消阴影正太随机参数所带来的偏差。实验结果可知平均偏差本文方法为 0.24 m,算法[2]为 0.59 m 和算法[2]为 0.43 m,本文方法定位精度较高。

5 总结和结论

在室外环境可随时借助 GPS 技术获取卫星实时数据,而在室内环境中由于墙体的遮挡无法准确获取外界数据。本文提出了一种基于标签虚拟化的 RFID 室内 RSSI 无线定位算法,并设计了室内定位系统。

本文算法的创新之处有以下几点:(1)引入虚拟参照标签不仅可在节约硬件成本的基础上提高标签密度从而提升定位精度,而且能削弱过多真实参照标签产生的信号干扰问题;(2)基于信号衰减的非线性特征,传统的线性插值法不满足信号的衰减规律,本文利用对数衰减模型来进行插值,可提高定位的精度;(3)采用阈值分割排除法,各个阅读器均存在一个小于阈值的图,这些图的重叠区域就是目标标签的大致方位,进一步提高了定位的精度;(4)本文采用求均值的方式可抵消阴影正太随机参数所带来的偏差。

本文在无线通讯环境中的对数衰减模型基础上提出了基于标签虚拟化的 RFID 室内 RSSI 无线定位算法,即结合参照标签、边界虚拟参照标签、网状虚拟参照标签和阈值分割排除法定位室内目标位置。进而完成系统软件设计,包括室内无线定位和帧时隙 ALOHA 防碰撞模块设计,并给出系统硬件设计。

之后进行实验测试,在室内环境设置 8 m×8 m 中心区域,将阅读器分布在定位区域的各个角落和中心。采用五个阅读器把全部定位区域分割为 32 个三角形子区间,设置参照标签。

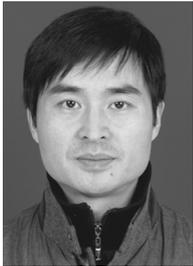
完成对比实验,实验可得,网状虚拟化密度分别为 3,5,7 时,阈值为 5,7,8 所取得均值偏差最低;而阅读器数目分别设定为 4,5,9 时,参照标签与阅读器间分别为 3 m,3 m,1.5 m 取得最小偏差。本文方法比算法[2,3]的定位精度较高。

参考文献:

[1] Alarifi A, Al-Salman A, Alsaleh M, et al. Ultra Wideband Indoor Positioning Technologies: Analysis and Recent Advances[J]. Sensors, 2016, (5): 1-36.

[2] Bok K, Yoo J. RFID Based Indoor Positioning System Using Event Filtering[J]. Journal of Electrical Engineering & Technology, 2017, 12(1): 335-345.

- [3] 王建平,李程程,李奇越,等. 基于 WiFi 的动态室内定位方法研究[J]. 传感器与微系统,2017,36(2):49-52.
- [4] 石欣,印爱民,陈曦. 基于 RSSI 的多维标度室内定位算法[J]. 仪器仪表学报,2014,35(2):261-268.
- [5] 赵家胤,张逊,王开. 面向物流应用的 RFID 标签接口协议的一致性研究[J]. 电子器件,2019,42(2):150-155.
- [6] 杨海峰,张勇波,黄裕梁,等. 基于空间特征分区和前点约束的 WKNN 室内定位方法[J]. 软件学报,2018,6(3):1-14.
- [7] 田增山,张千坤,周牧,等. 基于 CFR 虚拟阵列天线的 AOA 室内定位[J]. 电子学报,2018,46(6):1468-1474.
- [8] 佐磊,何怡刚,李兵,等. 无源超高频射频识别系统路径损耗研究[J]. 物理学报,2013,62(14):142-149.
- [9] 龚福祥,王庆,张小国. NLOS 环境下无线通信网络中的 TDOA/AOA 混合定位算法[J]. 东南大学学报(自然科学版),2010,40(5):905-910.
- [10] NB Aldin, E Erçelebi, M Aykaç. Advanced Boundary Virtual Reference Algorithm For An Indoor System Using An Active RFID Interrogator And Transponder [J]. Analog Integrated Circuits & Signal Processing,2016,88(3):415-430.
- [11] 顾军华,许鹏,董瑶,等. 基于克里金插值的自适应 VIRE 室内定位算法研究[J]. 计算机工程与应用,2018,54(12):100-105.
- [12] 贺峰,刘承兰,朱国富,等. 基于距离和差值序列的复杂运动目标微动特征提取[J]. 电子学报,2012,03-0422-07.
- [13] 宋华军,刘芬,陈海华,等. 一种基于改进 PSO 的随机最大似然算法[J]. 电子学报,2017,45(8):1989-1994.
- [14] 徐金环,沈煜,刘鹏飞,等. 联合核稀疏多元逻辑回归和 TV-L1 错误剔除的高光谱图像分类算法[J]. 电子学报,2018,46(1):175-184.
- [15] 郭少阳,郑蝉金,陈彦奎. 方差分析与回归分析的整合:虚拟变量与设计矩阵[J]. 统计与决策,2018,12:25-28.
- [16] 王雪,钱志鸿,刘晓慧,等. 改进的树型结构 RFID 防碰撞算法[J]. 通信学报,2015,36(7):129-137.
- [17] 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.
- [18] 梁笑轩,黄樟钦,邱兰馨. 一种基于二维相控阵天线的 RFID 定位方法[J]. 电子学报,2018,46(4):911-917.
- [19] 李震波,唐驾时. 参数扰动下的混沌同步控制及其保密通信方案[J]. 控制理论与应用,2014,31(5):592-600.
- [20] 许鹏程,李志斌,吴文峰,等. 基于 Cortex-M4 和 LoRa 的室内人员疲劳监测系统实现[J]. 电子器件,2018,41(2):521-524.



李 川(1972—),男,汉族,四川蓬溪人,副教授,硕士,研究方向为物联网技术、信号处理,主持完成四川省教育厅自然科学重点项目(15ZA0369)等多项课题研究,获多项专利(CN102566552A)等;



王荣海(1969—),男,汉族,四川蓬溪,教授,工程硕士,研究方向为 RFID,激光通信;



赵红军(1980—),男,汉族,四川南充,西南科技大学信息工程学院博士研究生.研究方向为人工智能、图像处理。