

文章编号: 2096-1472(2016)-07-18-03

基于视频辅助的无源RFID室内跟踪技术

单广翠, 冯燕茹

(甘肃医学院, 甘肃 平凉 744000)

摘要:室内跟踪定位技术中, RFID技术造价低、无接触、识别快速, 成为室内跟踪定位的主要选择。本文采用无源RFID跟踪, 通过信号强度信息推知目标和参考标签的距离, 给出目标的位置估计, 然后结合网络摄像头在可见区域通过视频图像辅助对跟踪目标进行精确定位, 并给其在绝对坐标系中的坐标。最后将目标与RFID标签坐标位置相比较, 得到正确的目标位置和ID。

关键词:室内跟踪定位; 无源RFID室内跟踪; 视频辅助跟踪

中图分类号: TP391

文献标识码: A

A Passive RFID Indoor Tracking Technology Based on the Video Auxiliary

SHAN Guangcui, FENG Yanru

(Gansu Medical College, Pingliang 744000)

Abstract: In the indoor track positioning technology, the RFID technology becomes the main choice, because of the low cost, no touch, rapid identification. In this paper, the passive RFID tracking technology is applied to deduce the distance of the target and the reference tag, and provides the location of the object based on the signal strength information. In the visible region, the tracking target is accurately positioned, and its coordinates in the absolute coordinate system is provided with the aid of video images in the web camera. Finally, compared with the coordinates of the RFID tag, the exact location and ID of the target are obtained.

Keywords: indoor track positioning; passive RFID tracking; video assisted tracking

1 引言(Introduction)

近年来, 日常生活中基于跟踪定位服务的应用越来越多, 该服务分为两大类: 室外跟踪和室内跟踪^[1]。室内跟踪有着越来越广泛的应用前景, 例如楼宇内对特定人群的跟踪, 室内跟踪可以在达到实时监护的目的地同时极大地解放人力^[2]。

本论文着力于视频辅助的无源RFID室内跟踪, 以RFID跟踪为主, 视频精细定位为辅助, RFID定位通过提取目标标签和参考标签间的距离信息, 并利用多组该数据结合参考标签的和阅读器的先验位置信息, 通过设立准则进行滤波从而给出移动目标的二维跟踪轨迹^[3,4]。再在可视区域, 利用摄像头视频通过背景前景比对进行精细定位, 系统原理如图1所示。

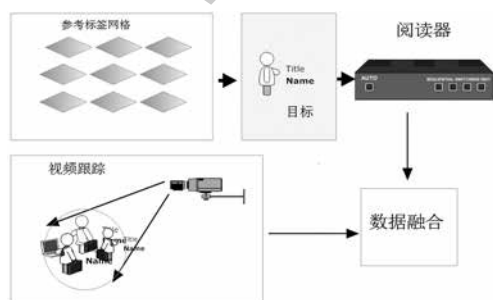


图1 视频辅助RFID跟踪系统示意图

Fig.1 RFID tracking system assisted by video schematic diagram

2 无源RFID室内跟踪(Passive RFID indoor tracking)

无源RFID的跟踪原理如图2所示, 通过信号强度信息推知目标和参考标签的距离, 并通过一组距离信息, 综合参考标签的绝对位置, 给出目标的位置估计^[5]。具体步骤:

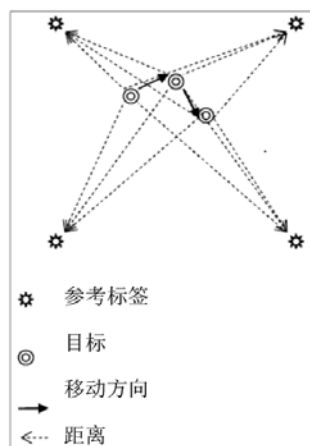


图2 RFID的跟踪原理

Fig.2 Tracking principle of RFID

(1)参考网络拓扑设计

参考标签的网格分布拓扑形状, 决定了跟踪精度和系统成本, 单位面积内, 密度越大精度越高, 但成本越高^[6,7]。需

要进行优化设计,选取等效覆盖密度相同但个数更少成本更低的参考网格的拓扑模式。一般使用的是正方形分布。

(2)信号强度参数提取

通过路径损耗模型得到的信号强度值与距离的映射关系。信号在无线信道中的大尺度衰落用 Γ 来表示。将 Γ 表示为距离 d 的函数,记作 $\Gamma(d)$

$$\Gamma(d) = \Gamma(d_0) + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right)$$

其中, n 为路径损耗指数, d_0 为已知的近处距离,作为参考距离, d 为标签与阅读器之间的距离。 n 的取值大小依赖于传播环境的不同,其具体的取值工作见表1。

表1 路径损耗指数

Tab.1 Path loss exponent

信号传播环境	路径损耗指数 n 的取值
自由空间	2
室内视距传播	1.6~1.8
有障碍物阻隔	>2

由上式可得到阅读器与标签间距离关系,利用一组这样的距离关系即可以进行标签位置的计算。

(3)滤波跟踪

采用具有防冲突功能的RFID阅读器,保证每个时间帧可以检测一个以上的无源标签,算法可以扩展为多标签跟踪^[8],如图3所示。当距离信息已知时,通过滤波的方法跟踪运动轨迹。但房间配置的影响和角度位置对标签电磁波强度的影响是时变非线性系统,而粒子滤波可以跟踪描述时变非线性系统,因此采用基于粒子滤波的SLAM方法进行跟踪。



图3 防冲突RFID阅读器

Fig.3 Anti-collision RFID reader

跟踪的原理可用如下数学公式描述。设参考标签为 f_n , n 代表节点序号。 s 代表移动目标的二维位置状态, t 为时间序号

$$f_n = [x_f, y_f]^H, s = [x_s, y_s]^H$$

则 t 时刻的系统状态表示为

$$x_t = [s_t, f_{1,t}, f_{2,t}, \dots, f_{n,t}]^H$$

给定系统状态,目标标签在边界标签先验信息位置的前提下,从初始位置 s_0 开始移动,当目标移动时,系统不断接收到目标相对于参考点的距离信息,综合该信息利用SLAM算法估计出目标路径 $s_{0,t}$ 。观测模型给出了相对于此刻位置的下一

刻可能的目标位置。相应的贝叶斯滤波器可设计为一个概率密度函数 $Pr(d_t|s_t)$,其中 d_t, s_t 分别为实际状态和观测状态。直接的观测模型为

$$d_s = g(f_s, s) = \sqrt{(x_f - x_s)^2 + (y_f - y_s)^2} + w$$

其中, d_t 是目标到参考标签距离, w 是高斯噪声。每个时间帧都可以得到目标相对于参考点的观测信息。

设有 M 个粒子,如图4所示,粒子滤波SLAM算法的具体步骤如下:

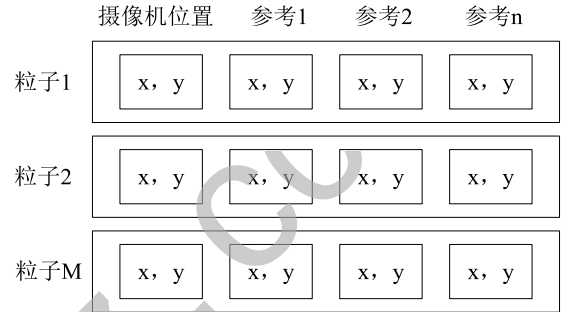


图4 粒子的数据结构

Fig.4 The data structure of the particles

每个粒子赋予 $2(n+1)$ 个状态和 $2n$ 个参考节点。每个粒子可表示为

$$x_t^m = \langle s_t^m, f_{1,t}^m, f_{2,t}^m, \dots, f_{n,t}^m \rangle \\ = \langle (x, y)_t^m, (x, y)_{1,t}^m, (x, y)_{2,t}^m, \dots, (x, y)_{n,t}^m \rangle$$

其中,下标 m 为粒子序号, t 代表时间帧, s_t^m 代表移动目标的位置, $f_{n,t}^m$ 代表第 n 个参考点。粒子滤波算法对粒子集 x_t^m 进行迭代更新,具体步骤:

(1)初始化

对每个粒子中的位置状态和参考点状态进行初始化,采用最初的两个状态进行初始化以避免预测歧义。

(2)粒子权重赋予

初始化之后,将运动模型应用于所有粒子,即参考点状态保持不变,利用运动模型产生新的位置状态,对每个粒子的旧位置状态进行更新,如图5所示。

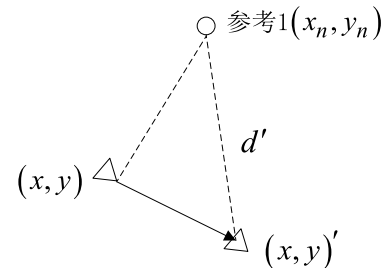


图5 运动模型产生新粒子

Fig.5 Motion model to generate new particles

其中, (x_s, y_s) 为旧状态, $(x_s, y_s)'$ 为运动模型产生的更新状态

(x_{f1}, y_{f1}) 为保持不变的参考点状态。 d' 是预测的观测值。则粒子的更新表达式为

$$w = \int_{allfretures} \left(2\pi\sigma^2\right)^{1/2} e^{-\frac{(d-d')^2}{2\sigma^2}}$$

(3)规划调整

为了选取到最佳参考标签,在应用完运动模型和权重赋予之后,对每个粒子调整参考标签的位置状态以使得预测的观测值和真实的观测值之间的误差最小化。

首先获得参考点的距离度量,在一个等距圆弧上进行下一个估计,之后应用运动模型由状态 (x_s, y_s) 产生状态 $(x_s, y_s)'$ (即图中黑色三角)。假设黑点位置是正确的参考点A的位置,产生一个新的观测 d 。通过比较真实的观测 d 和预测观测 d' ,显然 d' 更小因此参考点A被移动到虚线点。这样调整之后,参考点会更接近真实位置。具体移动的远近取决于误差大小和半径,具体采用下式来确定

$$movement = p * \frac{(d-d')}{r}$$

其中,参数 根据实际情况选取。

(4)重采样

首先进行归一化,在所有的权重和保持不变的前提下,将大权值的粒子复制,删除小权值粒子。算法流程描述如图6所示。

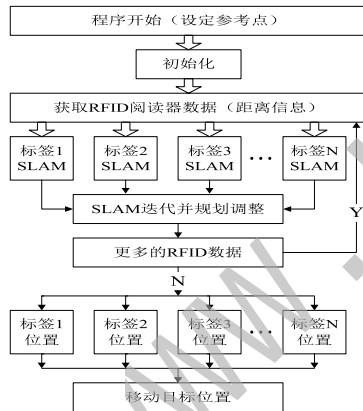


图6 SLAM算法

Fig.6 SLAM algorithm

3 视频辅助跟踪(Video aided tracking)

采用一架网络摄像头进行视频辅助,在可见区域摄像头通过视频图像辅助进行目标精确定位。采用背景提取技术来分析前景和背景,然后对跟踪目标进行定位,并给出其在绝对坐标系中的坐标。最后将目标与RFID标签坐标位置相比较,得到正确的目标位置和ID。具体步骤:

(1)前景背景分析

背景提取用来区分目标和背景的差异。首先建立无人进入时背景。当目标进入场景时,将每帧图像和背景比较,识别跟踪目标。

(2)目标检测

由于存在噪声,背景提取算法无法得到完整图像。可采用Erosion Dilation算法进行图像增强,检测目标。

(3)坐标变换

由于摄像机与地面的角度以及近大远小会引起平面畸变,影响绝对坐标的计算。需要进行坐标校正,采用坐标变换算法进行坐标校正,如图7所示。

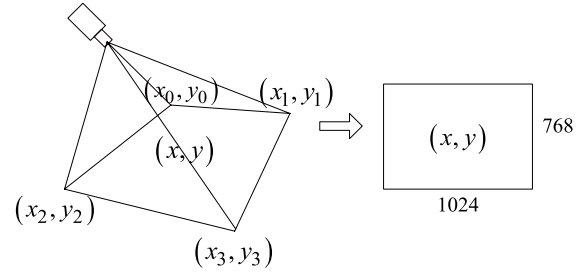


图7 坐标变换示意图

Fig.7 The coordinate transformation

4 RFID跟踪和视频辅助跟踪融合(RFID tracking and video assisted tracking)

RFID跟踪和视频跟踪的融合流程如图8所示。首先,根据环境设定RFID参考标签的初始配置并安放参考点,分析信号强度,挑选强度可靠区域。开始检测,获取信号强度,计算距离,并采用SLAM进行RFID跟踪。根据地理位置先验信息,判断信号和区域匹配的合理性,如果目标出现在不可能位置则重新检测。

然后,通过实时得到的景图,在视频跟踪区域采用背景提取技术分离前景和背景。判断和检测目标得到目标范围,计算精确坐标,返回坐标值到处理终端和RFID坐标进行比对,综合得出更精确的目标位置并得到目标ID信息。

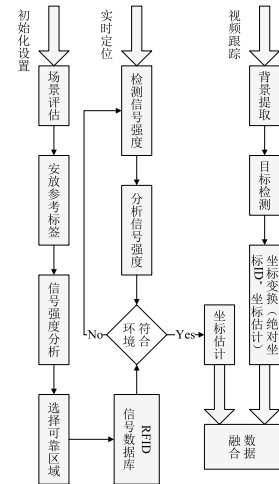


图8 RFID定位和视频定位融合

Fig.8 RFID and video positioning fusion

5 结论(Conclusion)

基于视频辅助的无源RFID室内跟踪技术的跟踪范围最小,通过提取目标标签和参考标签间的距离信息,并利用多组该数据结合参考标签和阅读器的先验位置信息,通过设立

准则进行滤波从而给出移动目标的二维跟踪轨迹，可靠性高且成本低，在室内定位跟踪系统中得到了广泛研究，是现在室内定位的趋势性技术。

参考文献(References)

- [1] C Benavente-Peces, et al. Global System for Location and Guidance of Disabled People: indoor and outdoor technologies integration. Networking and Services, 2013. ICNS'09. Fifth International Conference on. Valencia: IEEE, 2013: 370–375.
- [2] Y Huang, S Lv, J Wang, J Shi. The Topology Analysis of Reference Tags of RFID Indoor Location System. Digital Ecosystems and Technologies, 2014. DEST'09. 3rd IEEE International Conference on. Istanbul: IEEE, 2014: 313–317.
- [3] Ching-Sheng Wang, Xin-Mao Huang, Ming-Yu Hung. Adaptive RFID Positioning System Using Signal Level Matrix. World Academy of Science Engineering & Technology, 2015(70): 747.
- [4] S.P. Subramanian, et al. RIL-Reliable RFID based indoor localization for pedestrians. Software, Telecommunications and Computer Networks, 2012. SoftCOM 2008. 16th International

Conference on. Split: IEEE, 2012: 218–222.

- [5] H. Tatsumi, et al. RFID localization for the visually impaired. Automation Congress, 2014. WAC 2008. World. Hawaii, HI: IEEE, 2014: 1–6.
- [6] B.S. Choi, J.W. Lee, J.J. Lee. Localization and map-building of mobile robot based on RFID sensor fusion system. Industrial Informatics, 2014. INDIN 2008. 6th IEEE International Conference on. Daejeon: IEEE, 2014: 412–417.
- [7] B.S. Choi, J.W. Lee, J.J. Lee. An improved localization system with RFID technology for a mobile robot. Industrial Electronics, 2008. IECON 2013. 34th Annual Conference of IEEE. Orlando, FL: IEEE, 2013: 3409–3413.
- [8] R. Tesoriero, et al. Tracking autonomous entities using RFID technology. Consumer Electronics, IEEE Transactions on, 2012, 55(2): 650–655.

作者简介:

单广翠(1983–), 女, 硕士, 讲师. 研究领域: 物联网技术, 智能化.

冯燕茹(1987–), 女, 学士, 助教. 研究领域: 计算机网络.

(上接第39页)

4.5 计时功能

为了保证比赛的公平性, 根据汉字的多少和难易程度调整时间的要求, PC服务端发送答题的时间和正确答案。当PC服务端发出开始答题指令时, Android接收端根据接收的时间进行倒计时, 并且时间结束时显示正确答案, 以供评委和观众评判。

4.6 得分统计功能

比赛结束, 控制端可在“查看比赛得分中查看所有团队及选手得分排名情况”, 包括个人得分和团队得分, 方便比赛组织者裁定比赛结果。

5 结论(Conclusion)

该系统为书写汉字提供了一个良好的平台, 能够较好的满足学校汉字比赛的基本要求。实现了汉字的书写, 清除, 计时等功能, 使用将学生的书写过程能同步显示在大屏幕上, 组织者了还可设置时间, 使比赛时间得到了很好的控制, 正确的答案也能最后显示在屏幕, 以供评委和观众判断, 使比赛的公平性有了很大的提高。本系统可以满足一般的汉字听写比赛的要求, 所需设备简单, 只需一台安装

Windows系统的台式计算机做服务器和一台安装了Android系统的普通的平板电脑, 以低成本实现系统的功能, 系统配置简单, 环境容易搭建, 操作简单易行, 具有很强的实用价值。

参考文献(References)

- [1] 卿斯汉. Android安全研究进展. 软件学报, 2016, 27(1): 45–71.
- [2] Hyeon-Ju Yoon. A Study on the Performance of Android Platform[J]. Computer Science & Engineering, 2012, 4(4): 532–537.
- [3] Yajin Zhou, Xuxian Jiang. Dissecting Android Malware: Characterization and Evolution[J]. Security and Privacy(SP), 2012 IEEE Symposium on. San Francisco, CA, 2012: 95–109.
- [4] 李家科. Android系统分析与开发[D]. 兰州交通大学硕士学位论文, 2014.
- [5] 中国汉字听写大会官网 <http://tingxie.cntv.cn/>.

作者简介:

潘春花(1979–), 女, 讲师, 硕士. 研究领域: 软件工程.

咎凤彪(1971–), 男, 教授, 硕士. 研究领域: 网络工程.

张长宏(1977–), 男, 副教授, 博士. 研究领域: 嵌入式系统.

张明亮(1978–), 男, 讲师, 硕士. 研究领域: 嵌入式系统.