

基于 RFID 和 WSN 仓储车辆定位系统设计

姚 远, 陈秋红

(河南城建学院 计算机科学与工程系, 河南 平顶山 467036)

摘要: 通过研究基于无线传感器网络的定位技术和无源超高频 RFID 的定位技术, 提出了一种 WSN-RFID 协同精确定位方法对仓储运输车辆进行定位, 并采用该方法设计了具有定位功能的智能小车, 实现了对小车的区域定位和精确定位; 文章详细阐述了 RFID 和 WSN 基本原理以及定位技术, 给出了 WSN 与 RFID 硬件设计框图, 搭建了仓储车辆定位系统硬件平台; 通过对智能小车的定位功能进行测试, 定位精度达到了 86.5%, 验证了 WSN-RFID 协同精确定位方法的有效性与其可行性。

关键词: 仓储监控; 无线传感器网络; 射频识别; 定位技术

Research on Warehouse Vehicle Positioning System Design Based on RFID and WSN

Yao Ruan, Chen QiuHong

(School of Computer Science and Engineering, Henan University of Urban Construction Department, Pingdingshan 467036, China)

Abstract: Through studies the wireless sensor network positioning technology and passive uhf RFID positioning technology, proposes a WSN-RFID positioning carried out in cooperation with accurate positioning method of storage and transport vehicles, and positioning function has been designed by the method of intelligent cars, realize the regional orientation and accurate positioning on the car. This paper expounds the basic principle of RFID and WSN and positioning technology, gives the WSN and RFID hardware design diagram, and set up a storage vehicle positioning system hardware platform. Through to the smart car positioning function test, Positioning accuracy of 86.5%, verify the WSN - RFID synergy precise positioning method is effective and feasible.

Key words: storage monitoring; wireless sensor networks; RFID; positioning technology

0 引言

随着我国经济的飞速发展, 现代物流已经成为了经济运行的重要保障。物流是对仓储管理、运输配送、信息处理等功能进行有机整合的过程, 而现代物流的主要发展方向是信息化、网络化、自动化和智能化, 这种多学科、多技术融合的发展也逐渐成为物流企业提升竞争力的重要策略^[1]。而随着信息科学技术的发展, 物联网也越来越多的应用到我们日常生活中, 如智能家居、智能交通、智能医疗以及智能物流等领域。在仓储管理中, 对运输车辆进行精确定位并进行路径规划, 可以使作业人员快速的到达指定的工作区域, 对货物的出入库进行高效的作业, 从而有效地提高仓储物品运输和管理效率^[2]。

本文采用无线传感器网络进行仓储监控系统的设计, 可以方便快速的利用无线传感器网络对仓库内安装有无线节点的运输车辆进行定位。在基于 RFID 和 WSN 的仓储监控系统中融入基于 WSN 的定位技术将非常便捷, 还避免了单独开发定位系统成本高和复杂度高的问题。

1 无源 RFID 和 WSN 定位技术研究

1.1 RFID 系统原理

RFID (Radio Frequency Identification, 射频识别) 是一种从 20 世纪 90 年代兴起的, 利用空间电磁感应或者电磁波传播来进行通信, 对具有唯一编码的目标进行自动识别的非接触式读写技术^[3]。

典型的 RFID 系统一般由 RFID 读写器 (Reader)、电子标签 (E-tag)、RFID 应用软件系统 (Application software system) 3 个部分组成, 工作原理如图 1 所示。

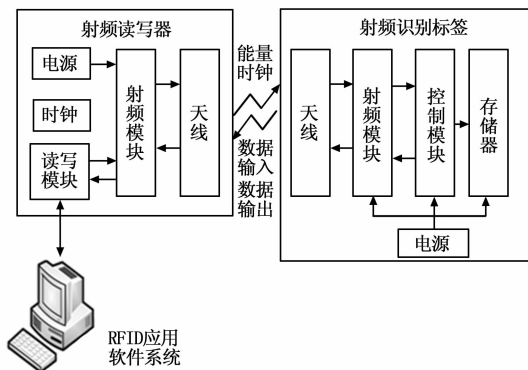


图 1 RFID 系统工作原理

RFID 读写器利用发射天线向标签发射无线电载波信号, 标签接收后, 向 RFID 读写器发送反射回波, 经接收天线进入 RFID 读写器, 实现对标签的读取过程。标签反射信号包含了标签的内部信息, 是经标签芯片调制后加载在发射回波上^[4]。

RFID 系统一般来讲可以按照如下的方式进行分类^[5]。

(1) 按照标签的供电形式分类: 根据标签工作能量来源的不同, RFID 系统可分为有源、半有源以及无源系统。有源标签主动对外发射电磁信号, 识别距离远, 但寿命较短, 成本高; 半有源标签内部电池只负责对内部电路供电, 标签本身并不主动发射信号; 无源标签内部没有电源供电, 能量由 RFID 读写器发射的电磁波提供, 无源标签一旦远离读写器的识读范围, 因为无法获得电磁能量而激活, 只能处于休眠状态, 只要

收稿日期: 2014 - 01 - 27; 修回日期: 2014 - 03 - 02。

基金项目: 河南省科技厅基金项目 (102102210020)。

作者简介: 姚 远 (1979 -), 女, 硕士, 讲师, 主要从事图像处理, 数字媒体技术方向的研究。

电子标签进入读写器的识读范围, 读写器发送的电磁信号通过电磁感应转化为感应电流, 再通过标签内部电路的整流, 最后在标签内部的电容器中存储起来, 为标签的正常工作提供能量。因此无源标签具有重量轻、体积小、寿命长, 成本较低, 只是读写距离受到一定的限制。

(2) 根据系统工作频率分类: RFID 系统的工作频率为载波信号所使用的频率, 一般可以划分为低频 (LF 30~300 kHz)、高频 (HF 3~30 MHz)、超高频 (UHF 300~968 MHz)、微波 (MW 2.45~5.8 GHz) 系统。其中低频和高频频段工作的 RFID 系统数据通信的方式是电感耦合, 而工作在超高频和微波频段的系统则采用电磁反向散射耦合进行数据通信^[6]。低频射频识别系统由于采用电感耦合, 识读距离较小, 而且对其他电磁环境干扰性不强。高频射频识别系统克服了部分低频系统的不足, 具有更快的读取速度, 并且价格合理, 可选种类较多, 但是对可导介质的穿透性差, 识读距离也不远。超高频射频识别系统应用越来越广泛, 特别是在物流供应链中, 它具有识读距离远、识读速度快、防撞性能好的优点^[7]。

根据上述分类比较, 本文选用无源超高频 RFID 系统进行定位, 由于电子标签的能源由读卡器提供, 所以标签上不需要附加电池, 其成本较低, 体积较小, 使用期限较长, 只是读卡距离较短, 使得定位范围较小, 如果增加标签的密度可以达到较高的定位精度, 但是极大的增加了系统构建的复杂程度, 然而在一些特殊的应用环境下将其作为精确定位校准点, 复杂程度低并且具有较好的定位效果^[8]。

1.2 WSN 定位技术研究

WSN 定位技术分为基于测距的定位技术和非基于测距的定位技术, 其中基于测距的定位技术是通过测量接收信号强度指示 (RSSI)、链路质量指示 (LQI)、信号到达时间 (TOA)、信号到达时间差 (TDOA)、信号到达角度 (AOA) 等来测量距离或者角度, 再通过合适的定位算法推算出节点的位置^[9]。非基于测量的定位技术是通过节点间通信的跳数或者网络的连通性等信息来实现节点的定位。相比较而言, 基于测距的 WSN 定位技术通常定位精度较高, 同时具有通信距离较远、定位范围较大的优点, 只是定位精度易受温湿度、障碍物等环境因素的影响, 如果运用合适的定位算法进行区域定位, 其效果较为理想。

另外, 在无线传感器网络中还可以融入其它定位技术来辅助节点定位, 这样可以有效地弥补上述 WSN 定位技术的缺陷, 例如在无线传感器网络中通过声音传感器进行声源定位, 通过红外传感器进行红外探测跟踪定位, 通过射频读卡模块进行 RFID 定位等^[10]。其中在无线传感器网络中融入 RFID 定位技术是指对网络中需要定位的节点增加 RFID 射频读卡技术, 即节点上设有 RFID 读写器, 并利用射频方式和电子标签之间进行非接触、非视距双向通信, 以实现目标自动识别并获取相关数据, 再通过无线传感器网络对定位数据进行有效可靠的传输, 这样的定位方法具有精度高、抗干扰强、识别速度快等优点。RFID 定位技术又分为有源 RFID 定位技术和无源 RFID 定位技术, 其中有源 RFID 定位技术由于电子标签需要内置电池供电, 虽然具有较远的读卡距离, 但其成本较高, 体积较大, 寿命有限。无源 RFID 定位技术由于电子标签的能源由 RFID 读写器提供, 所以标签上不需要附加电池, 其成本较低, 体积较小, 使用期限较长, 只是读卡距离较短, 使得定位范围较小, 如果增

加标签布置的密度可以达到较高的定位精度, 但是极大地增加了系统构建的复杂程度, 但是在一些特殊的应用环境下将其作为精确定位校准点, 复杂程度低并且具有较好的效果。

2 基于 WSN 和 RFID 的仓储车辆定位系统设计

从前面的分析可以看出, 运用 WSN 定位技术可以确定移动节点所处的区域位置, 而在需要精确定位的通道路线上布置无源 RFID 标签, 通过无源 RFID 定位技术可以确定移动节点经过的精确位置, 那么在仓储运输车辆上安装无线节点和 RFID 读写器, 将 WSN 定位技术和无源 RFID 定位技术有效的结合进行协同定位, 便可以为运输车辆提供精确可靠的定位服务。图 2 给出了 WSN 定位技术和无源 RFID 定位技术的 WSN-RFID 协同精确定位系统示意图, 其中运输车辆上安装有无线节点和 RFID 读写器, 在空旷区域时无线节点和其它固定布置的锚节点进行通信, 并运用 WSN 定位技术可以确定车辆所处的区域位置; 当车辆行驶到布置了无源 RFID 标签的通道区域时, 通过 RFID 读写器读取无源 RFID 标签可以确定车辆经过的精确位置。通过无线传感器网络可以将车辆的位置信息传输至本地监控中心, 并由本地监控中心对其做出相应的路径规划和指引。

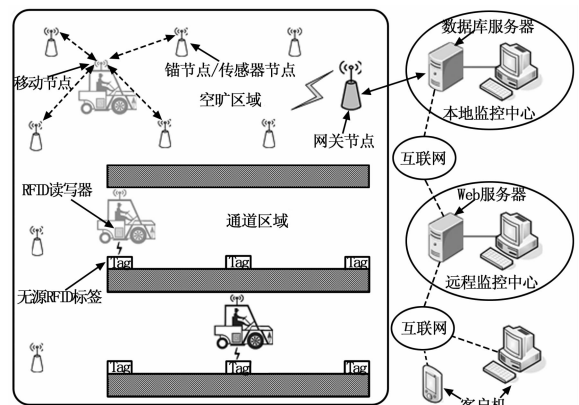


图 2 WSN-RFID 的仓储车辆定位系统

3 基于 WSN 和 RFID 定位系统设计

本文结合仓储监控系统应用的背景, 选用了无源超高频 RFID 方案进行了定位研究, 系统示意图如图 3 所示。本系统主要是在仓库内需要精确定位的通道路线上有序的布置无源 RFID 标签, 在仓储运输车辆上安装无线节点和超高频 RFID 读写器, 当运输车辆经过布置了无源 RFID 标签的通道时, 通过读取无源 RFID 标签可以确定其经过的精确位置, 而车辆上的无线节点则可以将位置信息通过无线传感器网络发送到本地监控中心。可以看出, 基于无源超高频 RFID 定位技术的运用可以有效地弥补单纯依赖 WSN 定位技术定位误差较大缺陷, 起到了部分区域内精确定位和定位校准作用。

本系统中的 WSN 模块采用 JN5148-001 是一款低功耗、高性能、低成本的无线 SOC 模块。它使用户能中最短的时间内, 以最低的成本实现基于 IEEE802.15.4 以及 ZigBee PRO 的无线传感器网络系统, 减少了用户对 RF 射频设计和测试封装的漫长开发设计时间, 具有简单易操作等性能^[11]。RFID 读写器采用成都惠讯公司开发的 UHF RFID 天线一体化读写模块 VUM9000X02, 其核心芯片是韩国 PHYCHIPS 公司的 PR9000 芯片, 该芯片集成了基带处理器, 增强版 8052MCU,

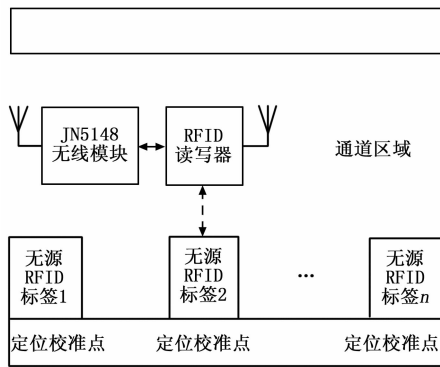


图 3 基于无源超高频 RFID 的定位系统示意图

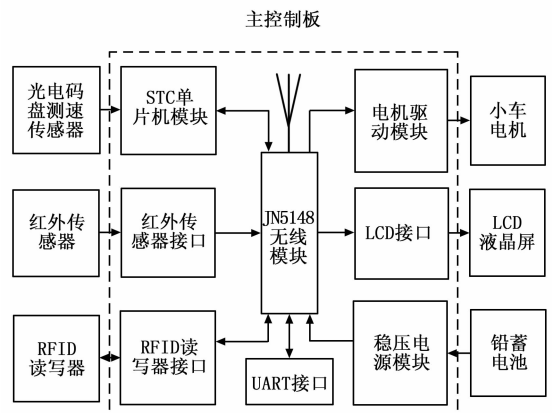


图 4 具有定位功能的智能小车系统框图

Memory (64 K Flash) 以及 ISO 18000-6C/EPC Class1 Gen2 读写控制协议。VUM9000X02 是 UHF RFID 读写器的真正单 SOC 解决方案, 并具有高集成度, 低价格, 低功耗, 小尺寸等特点, 非常适合应用于手持机、PDA、手机 (物联网手机、行业手机) 等嵌入式设备的开发。

- (1) 工作频率: 915~925 MHz。
- (2) 支持协议: ISO18000-6C/EPC Class1 Gen2。
- (3) 外形尺寸: 35 mm×56 mm×4 mm (带屏蔽罩)。
- (4) 工作电压: 3.6~5.0 V 宽范围电压供应。
- (5) 工作电流: 不高于 350 mA。
- (6) 输出功率: 10~20 dBm, 18.5 dBm。
- (7) 控制接口: UART, IIC 通信接口。
- (8) 天线类型: 线极化。
- (9) 天线增益: >1.5 dBi (带宽内)。
- (10) 支持多标签读写。

本系统中的无源 RFID 标签采用美国 Alien Technology 公司生产的 ALN-9654 “G” Inlay 超高频无源电子标签, 该标签超高性能设计专为苛刻环境应用, 是用于高介电材料的出色选择, 如高密度塑料箱, 托盘或挡风玻璃^[12]。ALN-9654 Inlay 具体特性如下。

- (1) 频段: 860~960 MHz。
- (2) 符合 ISO18000-6C/EPC Class1 Gen2 标准协议。
- (3) 采用世界领先的具有 800 位非易失性储存器的 Higgs-3 芯片, 包括: 1 个 32 位不可更改的 TID (Tag ID), 1 个用于防伪和认证的 64 位不可更改和唯一的 TID, 1 个可以从 96 位扩展到 480 位的 EPC (Electronic Product Code) 储存区, 1 个 512 位的用户储存区。

4 车辆定位实验与分析

在本文实验场景搭建中, 本文将 WSN 指纹定位技术和无源超高频 RFID 定位技术有效地结合, 设计了具有定位功能的智能小车, 其系统组成如图 4 所示。系统的核心部分包括: 小车主车体、主控制板、RFID 读写器、红外传感器、光电码盘测速传感器和 LCD 液晶屏。其中主控制板包括稳压电源模块、JN5148 无线模块、电机驱动模块、STC 单片机模块以及和其它器件的相关接口。

主控制板上的 JN5148 无线模块是小车整体运行的控制核心, 并通过电机驱动模块控制小车的行驶, 通过红外传感器使小车遇到障碍时进行避障。STC 单片机模块作为从机主要负

责控制光电码盘测速传感器对小车行进速度进行实时的测量, 并以 SPI 通信方式将速度信息反馈给 JN5148 主控制器, 以便对速度做出适当的调整。

JN5148 无线模块也是小车定位实现的关键器件, 它可以作为路由节点加入基于 ZigBee PRO 协议的网状网络, 通过和锚节点之间通信, 并运用基于 WSN 的指纹定位算法确定其所在的区域位置。当小车行驶到布置了无源 RFID 标签的通道区域, 并通过 RFID 读写器读取到无源 RFID 标签时, RFID 读写器以 UART 通信方式将标签信息反馈给 JN5148 的主控制器, 这样便可以确定小车的精确位置。LCD 液晶屏可以显示小车经过标签的信息, 以及路径指引等信息。小车上的红外传感器作用为躲避前方障碍, 因此分别在小车左前方 45°、正前方和右前方 45°安装红外传感器, 通过这 3 个红外传感器可以检测小车前方 90°角范围内障碍物情况。

本文采用的无源超高频 RFID 读写器的天线是线极化天线, 读卡距离受天线和标签的相对方向影响, 因此本节首先进行读卡方向实验确定天线和标签的最优方向, 为标签的布置和天线的摆放提供参考依据, 以达到较好的定位识别效果; 其次在确定最优方向的基础上进行读卡距离实验, 确定基于无源超高频 RFID 定位系统有效定位识别距离。

(1) 读卡方向实验: 首先使 UHF RFID 天线一体化读写模块 VUM9000X02 所在的平面和 ALN-9654 “G” Inlay 超高频无源电子标签所在的平面保持平行放置, 令标签和读写模块之间的距离为 10 cm; 其次, 使读写模块较长边和标签较长边的夹角分别为 0°、45°、90°、135°和 180°, 并对每种摆放方向进行 200 次读卡实验, 识别次数统计如表 1 所示。

表 1 读卡方向实验数据

读写器与标签夹角(°)	读卡次数	识别次数
0	200	183
45	200	141
90	200	49
135	200	146
180	200	176

从表 1 的数据可以看出, 当读写模块和标签的夹角为 0°和 180°时, 即读写模块的较长边和标签的较长边平行时, 读卡识别率最高, 达到 86.5% 以上; 当天线和标签的夹角为 90°时,

即读写模块的较长边和标签的较长边垂直时, 读卡识别率最低, 只有 21.3%; 当夹角为 45°和 135°时的读卡识别率介于前面两种情况之间。由此可以看出, 将 UHF RFID 天线一体化读写模块 VUM9000X02 和 ALN-9654 “G” Inlay 超高频无源电子标签两者的较长边平行摆放具有较好的读卡识别效果。

(2) 读卡距离实验: 前面的读卡方向实验确定了 RFID 读写模块和标签之间的最优读卡方向, 即将 RFID 读写模块 VUM9000X02 和 ALN-9654 “G” Inlay 超高频无源电子标签两者的较长边平行摆放, 在这样的摆放方向下进行读卡距离实验, 读写模块和标签之间的距离如表 2 中所示, 每种距离进行 200 次读卡实验, 识别次数统计如下。

表 2 读卡距离实验数据

读写器与标签距离(cm)	读卡次数	识别次数
5	200	197
10	200	182
15	200	167
20	200	125
25	200	54
30	200	17

从表 2 数据看出, 当读写模块和标签的距离小于 20 cm 时, 读卡识别率较高, 达到 62.5% 以上; 当读写模块和标签的距离大于 25 cm 时, 读卡识别率较低, 在 25.7% 以下。

在实验室场景下模拟仓储环境进行基于无源 RFID 定位实验, 由于实验室过道宽度比较窄, 约 65 cm, 小车的车身宽度约 22 cm, RFID 读写模块 VUM9000X02 安装在小车右侧, 无源 RFID 标签布置在实验室通道右侧, 由于读写模块和标签的距离在 20 cm 以内具有大于 65% 的读卡识别率, 控制小车靠右行驶可以满足实验室场景下无源 RFID 定位的需求。

(3) 定位精度实验: 为了能更好地验证本文提出的基于 WSN-RFID 协同精确定位算法的精确性, 将读卡器和一般的传感节点布置在 300 cm × 80 cm 的通道区域内, 进行十组实验测试运动的小车位置, 无线传感器网络中的汇聚节点将检测计算得出的定位数据发送给上位机, 在上位机上显示, 将得到的数据与实际位置进行比较, 表 3 给出了小车在通道区域内小车的定位结果。

表 3 小车在通道区域内的定位结果

实验次数	实际位置	定位位置
1	(30,10)	(30.8,10.5)
2	(60,70)	(61.1,70.4)
3	(90,10)	(89.7,10.5)
4	(120,75)	(120.2,75.3)
5	(150,5)	(150.3,5.2)
6	(180,70)	(180.4,70.3)
7	(210,10)	(210.5,10.6)
8	(240,75)	(240.3,75.1)
9	(270,10)	(270.3,4.9,7)
10	(300,75)	(300.2,75.3)

从表 3 中可以看出, 本文提出的基于 WSN-RFID 协同精确定位算法的精确度较高, 能够有效地计算出小车的位置。当小车靠近通道两边时, 定位精度相对高些, 而离通道两边较远时, 定位的结果差些, 这些是读卡器与无源标签的距离决定的, 靠近时精度越高, 在整个小车移动过程中, 本文提出的基于 WSN-RFID 协同精确定位算法的定位效果还是不错的, 为仓储运输车辆定位提供了有效的依据。

5 结束语

本文研究了基于无源超高频 RFID 的定位技术, 并和基于 WSN 的定位技术相结合设计了具有定位功能的智能小车, 提出了一种 WSN-RFID 协同精确定位方法, 运用该定位方法实现了对小车的区域定位和精确定位。最后对智能小车的定位功能进行了相关测试, 并取得了较好的效果, 为仓储运输车辆定位提供了有效的依据。在本实验测试中, 小车上功耗较大, 下一步将仔细研究怎样提高能量的利用率和减低功耗。

参考文献:

- [1] Lakafosis V, Rida A, Vyas R, et al. Progress Towards the First Wireless Sensor Networks Consisting of Inkjet-Printed, Paper-Based RFID-Enabled Sensor Tags [J]. Proceedings of the IEEE, 2010, 98 (9): 1601-1609.
- [2] Zou Z, Mendoza D S, Wang P, et al. A Low-Power and Flexible Energy Detection IR-UWB Receiver for RFID and Wireless Sensor Networks [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers, 2011, 58 (7): 1470-1482.
- [3] Kruesi C M, Vyas R J, Tentzeris M M. Design and Development of a Novel 3-D Cubic Antenna for Wireless Sensor Networks (WSNs) and RFID Applications [J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2009, 57 (10): 3293-3299.
- [4] Liu H, Bolic M, Nayak A, et al. Taxonomy and Challenges of the Integration of RFID and Wireless Sensor Networks [J]. Network IEEE, 2008, 22 (6): 26-35.
- [5] Rida A, Li Y, Vyas R, et al. Conductive Inkjet-Printed Antennas on Flexible Low-Cost Paper-Based Substrates for RFID and WSN Applications [J]. Antennas and Propagation Magazine, IEEE, 2009, 51 (3): 13-23.
- [6] 聂涛, 陆阳, 张鹏, 等. RFID 与 WSN 在物联网下协同机制的分析 [J]. 计算机应用研究, 2011, 28 (6): 2006-2010.
- [7] 李捷. 基于 RFID 与 WSN 集成的物联网的供应链监管平台设计 [J]. 电子技术应用, 2011, 37 (6): 127-130.
- [8] 赵斐, 张波, 张彦仲. 基于扩频技术的 RFID 区域实时定位系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (1): 192-194.
- [9] 潘绍明, 罗功坤, 劳有兰, 等. 基于无线传感器网络的 RFID 系统 [J]. 仪表技术与传感器, 2012, (6): 86-87.
- [10] 贾保先, 荆雪蕾, 李寰, 等. WSN 和 RFID 在供应链管理语义监控中的应用 [J]. 自动化仪表, 2011, 32 (6): 8-11.
- [11] 徐沪萍, 姚念. 基于物联网的医药物流管理信息系统研究 [J]. 武汉理工大学学报 (信息与管理工程版), 2013, 35 (3): 361-364.
- [12] 张苇, 张伟军, 袁建军, 等. 基于 RFID 的磁导航小车的路径搜索 [J]. 机电一体化, 2011, 17 (7): 24-27.