

融合有源RFID和WSN的集装箱监测系统*

崔光照 李浩宾 李翠玲 黄布毅 杨存祥

(郑州轻工业学院 河南省信息化电器重点实验室 郑州 450002)

摘要:采用无线微处理器JN5139构建基于Zigbee协议的无线监测、定位网络,并结合低功耗MSP430系列单片机与NRF24L01构建的有源RFID构建一种全新的集装箱监测系统。系统工作性能稳定,检修方便,运行成本低廉,有效解决了RFID系统的信号碰撞问题,以及WSN无法获得目标详细信息的问题。将其应用在港口货场,可实现港口的信息化和自动化。

关键词:有源RFID;WSN;集装箱监测系统

中图分类号:TP23

文献标识码:B

文章编号:1001-1390(2009)07-0053-04

Container-monitoring-system of Merging Active RFID and WSN

CUI Guang-zhao, LI Hao-bin, LI Cui-ling, HUANG Bu-yi, YANG Cun-xiang

(Henan key lab of Information-based Electrical Appliances, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou, 450002, China)

Abstract: The new container-monitoring-system is built on a network and an active-RFID-system. We use JN5139 wireless microprocessor to build the monitoring and positioning network based on the Zigbee Protocol and use low-power MSP430 MCU and NRF24L01 to construct the active-RFID. The system has the advantages of stable work performance, maintenance convenience and lower cost. It effectively solves the problems that RFID system's signal collision and WSN can't get the detailed information of the target. Using in port freight yard, it can realize the information and automation.

Key words: active-RFID, WSN, container-monitoring-system

0 引言

数字化港口建设需要对港口货柜的快速识别、快速定位和货柜信息的智能化监测系统。实现货柜智能识别与定位以及相应的数据监测可以大大提高港口的运行效率,时时监测货物的储藏环境,从而节约运营成本与损耗。目前RFID技术应用主要用于集装箱的射频标识,对于集装箱的港口进出比较便利,而对于港口的货场安置,货物定位以及集装箱的内部环境监测,货物安全等方面不能满足要求。WSN系统能实现节点环境监测、定位,却不能全面的反应系统信息^[1]。将二者结合起来,实现优势互补,从而大大提高港口的运行效率。

RFID(Radio Frequency Identification, 射频识别)技术是20世纪90年代开始兴起的一种自动识别技术,射频识别技术是一项利用射频信号通过空间耦合(交

变磁场或电磁场)实现无接触信息传递并通过所传递的信息达到识别目的的技术。与传统的识别方式相比,具有无需直接接触、无需光学可视、无需人工干预即可完成信息输入和处理,操作快捷方便等优点,因而可以广泛应用于生产、物流、交通、运输、医疗、防伪、邮包跟踪、设备和资产管理、废物管理等多处仓储相关需要收集和处理数据的应用领域^[2]。有源RFID系统的读卡距离远,识别更准确,可以在动态环境下对目标进行数据读写,所以有源RFID系统多应用于仓库、车站、码头^[3]。

WSN(Wireless Sensor Network, 无线传感器网络)是由大量散布于待监测地域的传感器节点通过自组织方式形成的网络。网络中的各个传感器节点具有数据收集和将数据路由到接收器的功能。传感器节点一般都由采集信息、信号的传感器单元、处理与存储单元、收发单元、电源单元、相关支持软件等功能模块组成。无线传感器网络是一种自组织网络,自组织网络

*国家自然科学基金资助项目(60773122);

郑州轻工业学院2007年度博士科研基金资助项目(2007BSJJ003)

是一种没有预定基础设施支撑的自组织可重构的多跳网络,在该网络中,网络的拓扑、信道的环境、业务的模式随节点的移动而动态改变^[2]。系统示意如图1所示。

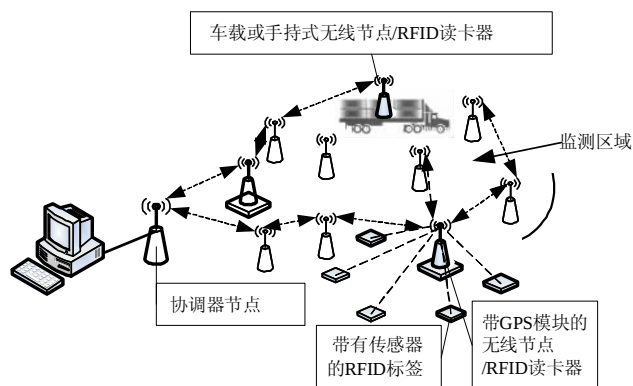


图1系统示意图

Fig.1 System diagram

1 集装箱管理系统结构设计

集装箱管理系统采用三层结构模式,主要由带传感器的电子标签、车载/货场阅读器、中心数据平台构成,如图2所示。

(1)电子标签:存储集装箱内货物识别信息(如厂商、ID号、物品种类、特性运输目的地等),同时记录其上自带的传感器等采集的数据。

(2)车载/货场读卡器:同时作为WSN的节点,读取电子标签发送的物品识别信息和环境数据,实现集装箱身份认证、定位、特定目标监控和作为环境监控中心的作用。

(3)中心数据平台:对整个系统进行实时的动态监控,将整个系统以动画的形式显示出来。实现对采集数据的存储,实现档案的智能管理。

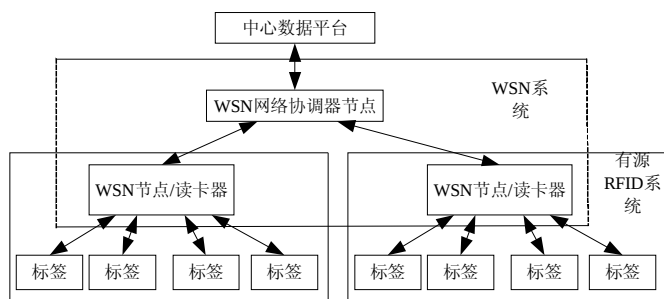


图2 集装箱管理系统结构框图

Fig.2 System architecture diagram of container management system

读卡器读取RFID标签内的货物信息以及集装箱的环境信息,通过由读卡器组成的无线网络将数据传输到相应的协调器节点,然后通过协调器将数据传输给中心数据库。将带有GPS模块的无线节点作为信标节点,采用相应的节点算法获得相应无线节点的位置

信息,将各个无线节点的位置信息存储在节点内部。需要确定集装箱的位置时,通过确定相应的无线节点的位置信息,从而找到目标。系统能够方便快捷的对进出货物流进行识别、安置货位,对货物存储环境实时监测,从而加快港口的运行效率,保证货物的安全存储,减少损耗。

1.1 有源RFID系统设计

有源RFID系统主要由有源RFID标签和读卡器构成,结构框图如图3所示。由于读卡器也是WSN中的节点,我们这里主要介绍有源RFID标签的设计。采用我国规定的2.4GHz免费频段,鉴于我国在2.4GHz频段(即ISM频段)上对于发射功率的要求,所以选择扩频的方式。由于同频段中,蓝牙使用的是跳频,所以选择直接扩频,在最大程度上保持与蓝牙设备的兼容性。基于以上技术特点,采用无线收发模块NRF24L01实现标签的数据交换。该模块工作电压1.9~3.6V,最大发射功率0dBm,最大数据传输率2Mbps,掉电模式下电流消耗900nA。其物理特性完全满足系统对2.4GHz频段的要求,同时其超低的功耗也满足有源RFID系统对能耗控制的要求。该模块在数据通道0可以设置40位地址。对读卡器设置不同的地址以相互区分。对于标签则设定统一的地址,以便读卡器进行数据读写。标签上的NRF24L01闲时处于接受模式,当有数据传输要求时,在IRQ引脚产生中断信号,根据单片机要求进入不同模式。

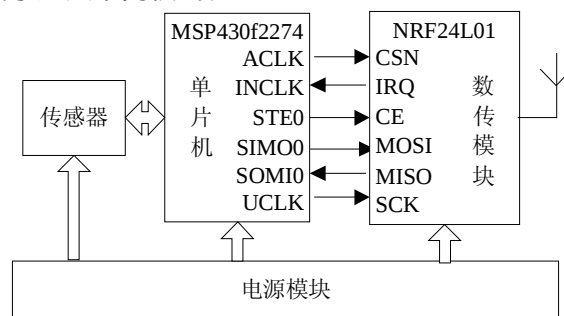


图3 有源RFID标签结构框图

Fig.3 Block diagram of active RFID tags

有源RFID标签采用内部电源供电,为了保证系统的长时间运行,采用超低功耗16位单片机MSP430F2274。该单片机工作电压1.8V~3.6V,工作模式在2.2V 1MHz下250μA,待机模式下0.7μA,掉电模式下0.1μA。其超低的功耗,非常适合作为有源RFID标签的内部控制芯片。在整个系统运行过程中,采用外部中断方式进行唤醒,只在有数据传输要求时才进入运行模式,其他时间一直处于掉电模式。

同时,在有源RFID标签内部加装对集装箱内部进

行检测的传感器,通过无线收发模块NRF24L01将集装箱内部信息传输给读卡器。

1.2 WSN系统设计

WSN节点安装在货场内对其覆盖范围内的标签进行数据的读写,将读取的数据通过无线网络传输到上位机上,将上位机写入的数据写入标签。WSN通过无线节点自组网实现数据的传输,所以各个节点的基本构架是相同的,只是不同功能节点所加的外围设备有所不同。

WSN系统的构建选用的是将无线收发器和控制器集成在一起的单芯片解决方案JN5139模块,该模块不仅包含一个32位的RISC核,而且还内嵌了一个完全符合2.4GHz IEEE802.15.4协议的无线收发器件,为无线传感器网络应用提供了低成本的解决方案。为实现WSN系统的信标节点的定位,在系统中加入带GPS模块的节点,通过已知信标节点,采用相应的节点算法实现对节点的定位。手持式或车载节点要实现信息的现场显示及写入,加入显示模块及键盘模块,这样可以实现现场的快速信息读写。NRF24L01模块主要是实现与标签之间的数据传输,从而采集到想应的数据。节点即是WSN网络的节点,也是RFID系统中的读卡器,从而实现二者的结合,实现两种网络的联通。WSN节点/RFID读卡器的结构框图如图4所示。

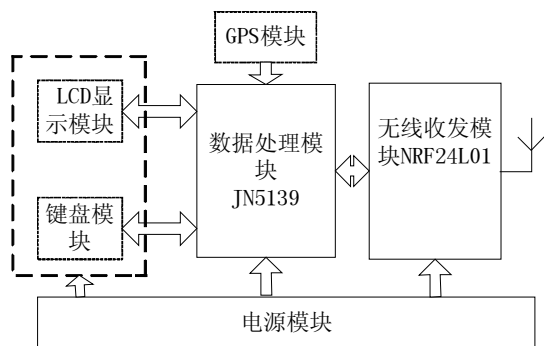


图4 WSN节点/RFID读卡器结构框图

Fig.4 Architecture diagram of RFID Reader
(WSN node)

2 系统软件架构设计

系统软件设计主要包括有源RFID子系统,无线通信网络软件子系统和监测中心管理软件子系统三部分。

2.1 有源RFID子系统

该系统实现标签内部信息的读写。标签内部程序如图5所示。系统上电后对430单片机内部初始化,对NRF24L01进行内部初始化,NRF24L01处于接收模式,然后单片机进入低功耗模式。通过NRF24L01接收

到的外部信号对单片机进行唤醒,然后根据不同的需求写入或读出数据。利用NRF24L01的自动应答,自动重发功能,可以有效的避免标签之间的数据冲突问题。当读卡器收到标签发送的数据后,通过自动应答功能,使标签获得确认信号。当冲突产生读卡器无法接收到数据时,自动重发功能按配置进行运行,直到收到确认信号或重发次数超过确定值。这样就避免了标签的冲突,同时自动重发和自动应答是通过NRF24L01之间实现,就减少了单片机的运行损耗,提高了整个系统的运行效率。

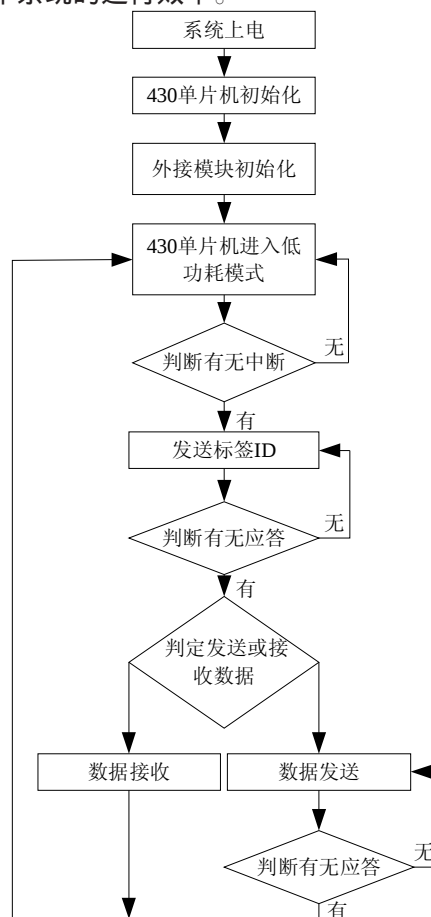


图5 有源RFID标签程序框图

Fig.5 Process diagram of Active RFID Tags

2.2 无线通信网络软件子系统

WSN节点实现数据采集与传输,节点定位功能。采用Jennic公司提供的CodeBlocks软件进行编写。整个WSN系统采用基于Zigbee协议的数据帧格式进行数据传输。其程序流程图如图6所示。系统上电后,首先初始化单片机及外接模块,由于JN5139_MOD里面内嵌有Zigbee协议,其选定一个PAN ID作为该节点的网络标识,创建路由表,建立Zigbee网络并通知其它节点加入。通过SPI接口对NRF24L01内部寄存器进行配置,且使其处于接收状态。初始化完毕后监听网络,

等候外部事件中断的产生,并通过判断响应的类型进行相应的数据转发动作。

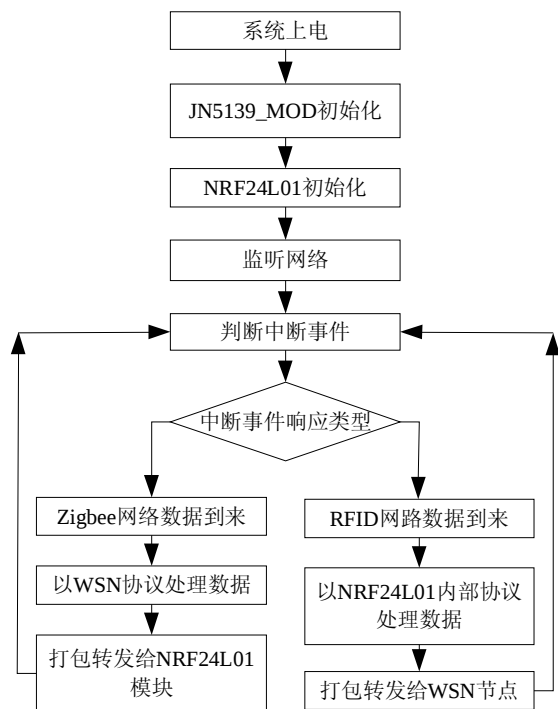


图6 WSN节点内部程序框图

Fig.6 Process diagram of WSN node

WSN网络节点之间的信息交互功能,可以避免传统RFID系统的读卡器信号碰撞问题。在已知节点位置的WSN中,我们可以使与某个节点相邻的其他节点停止对RFID系统的数据读写,而造成在一定区域里面只有一个RFID读卡器的状况,这样就不存在读卡器之间的数据碰撞问题。相较于传统的依靠算法运算的方法,该方法更加实用可靠。

2.3 监测中心管理软件子系统

监控中心软件用来实现接收和发送基于TCP协议的IP数据包,以实现WSN网络与Internet网络的通信。软件利用Visual C++6.0提供的CAsyncSocket字库将IP地址、主机名等转换过程中涉及的许多复杂的变量类型简化成字符串和整数操作,轻松实现Socket编程通信;利用Mscomm控件实现串行通信。上位机完成串口的初始化,接收协调器发送来的数据,在传输完成后关闭串口。数据接收完成后,利用软件Access2000对采集到的数据进行存储,以便对系统的工作状况进行分析,同时方便用户对存储的数据进行选择 and 查找。

3 结束语

利用有源RFID的目标识别功能,实现对特定目标的信息采集,同时利用WSN的自组网、节点定位、数据传输功能;二者相互结合有效解决了RFID系统的信号碰撞问题,以及WSN网络无法获得目标详细信息的问题。实际运行表明,可以快速实现对目标集装箱的信息采集、定位、快速进出港,可以在港口快速安装和自动扩展网络;在提高港口工作效率的前提下,节约运行成本,对于实现港口管理的信息化和自动化具有重大意义。此项技术还可以方便的进行扩展应用于无人收费站,智能化停车库及珍稀动物保护等领域。

参考文献

- [1] 李斌,李文锋. WSN与RFID技术的融合研究[J]. 计算机工程, 2008, (9): 127~129.
 - [2] 刘媛,郝铭. 基于RFID和WSNs的仓储监管系统的设计[J]. 微计算机信息, 2006, (10): 283~285.
 - [3] 包起帆,张文渊,徐盛,李建华. 有源RFID的性能及其应用前景[J]. 微型电脑应用, 2006, (4): 1~3.
 - [4] 王建刚,王福豹,段渭军,李晶. 无线传感器网络分布式节点定位算法研究[J]. 计算机应用, 2005, (11): 2468~2471.
- Wang Jian-gang, Wang Fu-bao, Duan Wei-jun, Li Jing. Distributed node localization algorithms of wireless sensor networks [J]. Journal of Computer Applications, 2005, (11): 2468~2471.
- 作者简介:
- 崔光照(1957-) 男,教授,从事无线传感器网络、模式识别和智能控制的研究。
- 李浩宾(1984-) 男,研究生,从事无线传感器网络研究。
- Email: lihaobin123@163.com
- 李翠玲(1984-) 女,研究生,从事DNA算法研究。
- 黄布毅(1959-) 女,教授,从事电子信息技术研究。
- 杨存祥(1966-) 男,教授,从事电磁兼容、电机故障检测。

收稿日期 2009-03-14
(常会敏 编发)