

基于 Zigbee 的集装箱货位搜索系统的设计

胡小强, 彭庆海, 黄志平

(杭州电子科技大学 自动化学院, 浙江 杭州 310018)

摘要: 为克服传统定位系统成本高、精度差等不足, 针对仓库、码头、车站集装箱管理的需求, 提出一种新型的基于 Zigbee 的集装箱货位搜索系统, 介绍了其软、硬件实现方案。对货物位置、库存和移位信息进行实时监测, 有利于提高集装箱管理的工作效率。研究表明, 该系统具有结构简单、成本低、定位精度高、可扩展性好等特点。

关键词: Zigbee; 货位搜索; RSSI; DV-Hop; CC2431

中图分类号: TP274

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2010)04-0093-03

Design of container location search system based on ZigBee

HU Xiao-qiang, PENG Qing-hai, HUANG Zhi-ping

(College of Automation, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Aiming at overcoming the shortage of the high cost and precision worse of traditional location search system, according to the need of storage, dock and station container management, a new container location search system based on Zigbee was proposed, the hardware and software schemes were presented. The efficiency of container management was improved by real-time monitoring goods location, stock and transfer information. The results show that the system has the characteristics of simple in structure, low cost, high-precision positioning and good expansibility and so on.

Key words: Zigbee; location of container; RSSI; DV-Hop; CC24310

0 引言

随着现代物流技术的发展, 自动化、网络化、信息化是未来集装箱管理发展的必然趋势。近几年来, RFID 技术凭借其成本低、寿命长的优点, 在物流行业应用广泛。传统集装箱追踪系统通过 RFID 技术读取电子标签的识别码, 如集装箱号、类别等, 通过已有数据库和互联网对集装箱站点跟踪。而采用 GPS 定位由于成本较高、需建立基础设施等条件, 难以满足站内集装箱货位搜索的要求。目前在集装箱堆场, 均采用前、后方堆场的作业模式, 来加快集装箱装卸作业速度。这种作业模式的缺点是重复劳动、效率较低。而采用与无线传感器网络技术结合的集装箱货位搜索系统^[1], 可对集装箱位置、空位信息、移位情况等进行实时监测, 操作者可根据该系统提供的信息优化作业, 提高堆场集装箱管理效率。

本研究提出了一种基于 Zigbee 技术的集装箱货

位搜索系统设计方案, 以 TI 的射频芯片 CC2430/CC2431^[2]为核心, 采用网状网络结构, 实现对监测区域内集装箱位置的监测和调度。

1 基于 Zigbee 的无线传感器网络

Zigbee 技术以其低功耗、低成本的优势, 广泛应用于工业控制、消费性电子设备、汽车自动化、农业自动化和医用设备控制等领域^[3]。Zigbee 技术采用 IEEE 802.15.4 标准, 在数千个微小的传感器之间相互协调实现通信。Zigbee 技术的结构简单、网络容量大、网络覆盖范围大、工作频段灵活、对数据传输速率要求低、数据传输安全、自动动态组网及自主路由等特点使得该技术相对于其他无线技术更具有实用价值^[4]。

2 RSSI 定位算法的改进

RSSI 是接收到的信号强度指示器, 是一种利用信

号在传播中的衰减推测距离的测距技术^[5]。但在实际应用中,由于障碍物对信号的衰减、金属表面反射和折射引起的多径效应,都会给 RSSI 定位带来很大的误差。

本研究针对集装箱的金属表面及之间相互阻挡等因素,在原来 RSSI 定位的基础上采用 DV-Hop 模型进行辅助定位。DV-Hop 是 Dragos Niculescu 等人利用矢量路由和 GPS 定位原理提出的分布式定位算法^[6]。通过测量确定分布在两个参考节点之间的盲节点构成的多条网络的跳数,估计出每一跳的距离,从而确定每个节点的位置。

采用 RSSI 方法来进行节点之间的测距,节点间若存在障碍物,则测出的信号强度与实际节点之间的距离有很大偏差^[7]。用算法预测障碍物的存在位置,把障碍物的影响考虑到节点定位中有助于改善节点定位精度。本研究提出一种预测障碍物的最大预测值法,改进由于节点之间存在障碍物引起的定位误差。

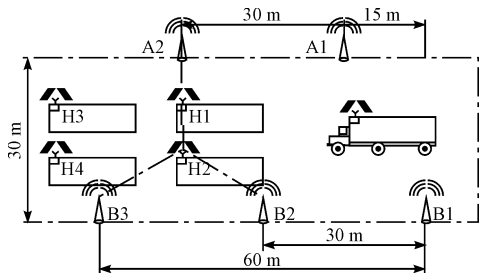


图 1 集装箱定位中的障碍物预测图

如图 1 所示,在定位集装箱 H2 和参考节点 A2 之间存在集装箱 H1。若采用 RSSI 定位算法,集装箱 H1 使 H2 的收发信号减弱,测得的距离远大于 H2 到 A2 的实际距离从而引起定位误差。如果先进行障碍物预测,当测量的值大于 50 m 时(由系统可知定位节点到其最近的 3 个参考节点的距离都是小于 50 m),则认为这个定位节点和参考节点之间存在障碍物,改用上述的 DV-Hop 算法。否则,采用 RSSI 定位算法,有效解决了 RSSI 定位中障碍物遮挡、反射等问题。

3 无线货位搜索系统设计

货位搜索系统采用网状网络结构,其拓扑结构如图 2 所示。网络节点按功能可分为:网络协调器节点、普通参考节点、路由参考节点和盲节点。网络协调器节点是整个网络的核心,负责汇集所有路由参考节点从盲节点收集来的定位信息,负责组网及与上位机的通信;普通参考节点(4-9)位置固定,负责接收定位节点的定位请求,获取后将 RSSI 值返回给定位节点;路由参考节点(0-3)应同时具备定位和路由的功能,根据路

由节点的等级选取最优路径并将定位和故障信息发送给协调器;盲节点则固定在集装箱上,发起定位请求信号,计算自身位置,并将信号发送给路由参考节点。

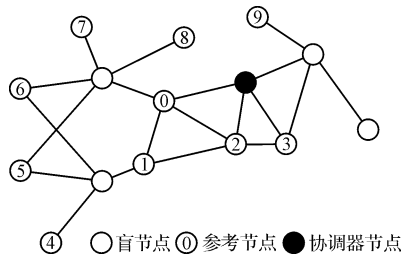


图 2 货位搜索系统拓扑结构示意图

3.1 功能模块硬件设计

协调器节点模块(如图 3 所示)采用 TI 公司的带 8 位增强型 MCU 的射频芯片 CC2430, CC2430 芯片沿用了 CC2420 芯片

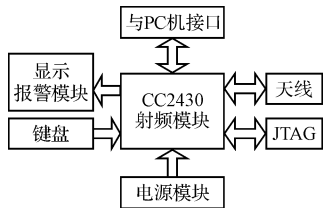


图 3 协调器硬件结构图

架构,在单个芯片上整合了 Zigbee 射频(RF)前端、内存和微控制器。CC2430 芯片有接收和发送两种工作模式,工作电流分别低于 27 mA 和 25 mA,休眠模式电流仅 0.9 μ A,且能在超短时间内转换到主动模式,特别适合于要求电池寿命相当长的应用。主要功能包括:收集各路由参考节点的定位信息;配合按键将节点定位信息显示在 LCD 屏上;检测网络的状态,若有节点出现故障进行声光报警;通过串口将位置及故障信息上传给上位机。

参考节点分为普通参考节点和路由参考节点,与盲节点均采用带有 Mo-



图 4 参考/盲位节点硬件结构图

torola 的基于 IEEE 802. 15. 4 标准的无线定位引擎的射频芯片 CC2431,如图 4 所示。CC2431 定位引擎基于 RSSI 技术,在典型应用中可实现 3 m~5 m 定位精度和 0.25 m 的分辨率。其中路由参考节点在软件上比普通参考节点多定位信息和故障信息接收/发送的过程。

3.2 软件实现

CC2431 芯片内置 RSSI 指示器,RSSI 寄存器的值转化为管脚相关的功率 P :

$$\text{RSSI_VAL} = \text{RSSI}-256 \quad (1)$$

$$P = \text{RSSI_VAL} + \text{RSSI_OFFSET} \quad (2)$$

式中 RSSI—8 位寄存器值;RSSI_OFFSET—常数,约为 -45 dBm。

在保证测距精度的同时允许数据同步误差存在,因而具有实用价值,可应用于实际电力系统输电线路的故障测距。

5 结束语

针对实际电力系统中越来越多T型传输线路的出现,本研究提出了基于非同步电压的线路精确定位算法。该算法仅提取线路两端非同步电压的正序量,利用遍历搜索法实现精确定位,无需判定故障支路。本算法理论上与过渡电阻、系统阻抗、负荷电流无关。大量的PSCAD仿真测试也证明,本算法的测距结果不受系统运行方式、过渡电阻、故障类型、故障距离等因素的影响,有很高的测距精度和自适应性。

参考文献(References):

[1] 施世鸿,何奔腾. 不受TA饱和影响的高压输电线路故障测距算法[J]. 电力系统自动化,2008,32(2):67-71.
[2] 王仁民,周金,蔡译祥. 配电线路故障定位技术及其在10

kV电网中的应用[J]. 机电工程技术,2008,37(3):85-87.
[3] 海瑛,钱苏翔,严拱标. 基于阻抗法和行波法组合的输电线路距离保护[J]. 机电工程,2008,25(8):83-86.
[4] GONG Qing-wu, CHEN Yun-ping, ZHANG Cheng-xue, et al. A study of the accurate fault location system for transmission line using multi-terminal signals[J]. **IEEE Power Engineering Society Winter Meeting**, 2000, 4(1):2533-2538.
[5] GIRGIS A A, HART D G, PETERSON W L. A new fault location technique for two-and three-terminal lines[J]. **IEEE Trans. on Power Delivery**, 1992, 7(1):98-107.
[6] 束洪春,高峰,陈学允,等. T型输电系统故障测距算法研究[J]. 中国电机工程学报,1998,18(6):416-420.
[7] ZAMORA I, MIAAMBRES J F. Fault location on two-terminal transmission lines based on voltages[J]. **IEE Proceedings Generation, Transmission & Distribution**, 1996, 143(1):1-6.
[8] BRAHMA S M, GIRGIS A A. Fault location on a transmission line using synchronized voltage measurements[J]. **IEEE Transactions on Power Delivery**, 2004, 19(4):1619-1622.

[编辑:张翔]

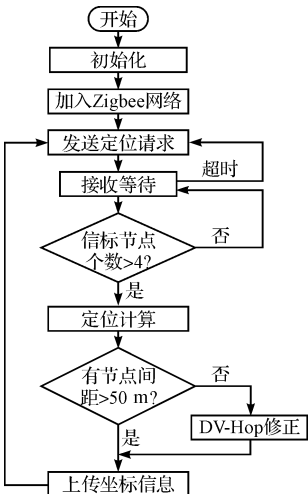
(上接第94页)

利用RSSI模型的对数衰减方程可得盲节点与参考节点距离:

$$d = 10^{\frac{RSSI(d_0) - RSSI(d) + \zeta_{\sigma}}{10\lambda}} \times d_0 \tag{3}$$

式中 d_0 —参考距离; $RSSI(d)$ 、 $RSSI(d_0)$ —离发射点 d 和 d_0 处 RSSI 强度值; λ —路径衰减指数,与环境及障碍物密切相关; ζ_{σ} —标准偏差为 σ 的正态随机变量。

获取盲节点与 n ($n \geq 3$) 个非共线参考节点距离,根据三边测量法及参考节点坐标可得盲节点坐标。盲节点定位算法软件流程图如图5所示。盲节点加入网络后,向周围参考节点发送定位请求信号,进入接收等待;接收完4个以上参考节点的RSSI



值时,开始进行定位图5盲节点定位算法软件流程图计算;若有参考节点与盲节点间距大于50m时,采用DV-Hop模型进行定位;否则,直接上传坐标信息,进入休眠状态。上传的坐标信息在协调器扩展板上显示;通过串口上传到PC机监控软件,进行实时监测。

4 结束语

本研究完成了基于Zigbee技术的无线货位搜索系统软、硬件设计,针对障碍物对信号的衰减、金属表面反射和折射引起的多径效应,提出一种DV-Hop修正的RSSI定位算法。随着我国集装箱事业的发展,集装箱运输量以每年20%左右的增长速度升高,因而研究Zigbee技术在集装箱管理系统中的应用,对提高现代物流的运作效率具有重要意义。

参考文献(References):

[1] 赵晓娜. 基于Zigbee的铁路集装箱结点站调度自动化系统设计[D]. 成都:西南交通大学电气工程学院,2005:1-4.
[2] Texas Instruments. Datasheet of CC2431 [DB/OL]. [2007-06-06]. <http://focus.ti.com/cn/lit/ds/symlink/cc2431.pdf>.
[3] 李文仲,段朝玉. Zigbee2006无线网络与无线定位实战[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008:23-36.
[4] 尹航,张奇松,程志林. 基于ZigBee无线网络的温湿度监测系统[J]. 机电工程,2008,25(11):20-23.
[5] 刘艳文,王福豹,段渭军,等. 基于DV-Hop定位算法和RSSI测距技术的定位系统[J]. 计算机应用,2007,27(3):516-518.
[6] NICULESCU D, NATH B. DV based positioning in Ad-hoc networks[J]. **Journal of Telecommunication Systems**, 2003, 22(4):267-280.
[7] 黄欢,张伟,陈启军. 无线传感网中节点定位中的障碍物分析[J]. 电子测量技术,2007,30(7):192-195.

[编辑:李辉]