

基于 Zigbee 技术的起重机远程监控系统

郭前岗, 杨文杰, 周西峰

(南京邮电大学 自动化学院, 江苏 南京 210046)

摘要:为提高起重机安全监控的效率,文中给出了一种基于 Zigbee 无线通信技术的起重机智能远程监控系统。该系统将 Zigbee 无线通信技术与起重机监控技术相结合,采用三级式的网络分布策略,可实现不同用户对起重机工作状态的远程监控,并针对不同的现场环境给出了不同的通信方式,同时引入了超帧调度算法避免网络节点之间的信标帧冲突,保证了起重机监控器通信节点的网络同步。该系统 CPU 采用 MC9S12DG128,使用 CC2530 实现 Zigbee 通信,实验证明对加强起重机安全有一定的作用。

关键词:物联网;无线传感技术;Zigbee;起重机;远程监控

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)04-0168-04

Remote Monitoring System for Cranes Based on Zigbee Wireless Technology

GUO Qian-gang, YANG Wen-jie, ZHOU Xi-feng

(Automation College, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210046, China)

Abstract: To increase the efficiency of monitoring for cranes, a remote monitoring system for cranes based on Zigbee wireless technology is given in this paper. Zigbee wireless technology and monitoring technology for cranes are combined and three class network distribution strategies are used to realize the remote monitoring of the crane condition for different users. According to various industrial environments different communication methods are provided. Super frame scheduling algorithm is introduced to avoid beacon frame conflict, which ensures the network synchronization of the crane monitor communications node. The system uses MC9S12DG128 as CPU and communication is achieved by using CC2530. Experiments show that there is a certain strengthening of the safety of cranes.

Key words: internet of things; wireless sensor technology; Zigbee; cranes; remote monitoring

0 引言

起重机属于特殊设备,器械的老化和磨损对运行的安全性影响较大。由于起重机各主要部件的老化和磨损程度一般可通过特定参数如 SWP、BrSWP 等数据来反映,监测以上参数,即可间接获悉当前起重机运行状况、剩余使用时间(操作次数)等信息,依据这些信息,操作人员可及时地进行部件检修和维护,从而有效地防止事故发生。

现阶段有线式、单一设备的起重机安全监控器即可在现场实时监控起重机运行情况。操作简单,维护方便,处理速度快,可靠性高,可以满足小型起重机使用场合的安全监控和故障诊断需求^[1]。但随着生产规模的逐渐增大,当起重机数量多、操作现场面积较大

时,操作者需要从一个整体的视角去观察和比较所有起重机的运行状态,这种方法迫使操作者对每台起重机监控器都要分别做出操作,效率就显得低下了。

物联网(The Internet of Things)是通过射频识别(RFID)、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备,按约定的协议,把任何物品与互联网相连接,进行信息交换和通信,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。物联网可以提高经济,大大降低成本,其将广泛用于智能交通、地防入侵、环境保护、政府工作、公共安全、智能电网、智能家居、智能消防、工业监测、老人护理、个人健康等多个领域^[2]。

在起重机安全监控领域引入物联网的概念,将起重机安全监控技术和物联网技术相结合,建立安全监控网络,可以实现起重机安全的远程监控。通过上位机软件完成对网络中所有起重机运行数据的处理,在监控的起重机较多时,方便操作者对所有起重机进行统一管理,提高了起重机维护的效率。同时,物联网技术的引入可以为质量监管部门和起重机用户提供良好

收稿日期:2011-08-31;修回日期:2011-12-02

作者简介:郭前岗(1960-),男,教授,研究方向为大型分布式复杂工业电气系统的网络控制理论与技术;杨文杰(1987-),男,江苏扬州人,硕士研究生,研究方向为 ZigBee 技术、低速无线个域网网络层路由相关问题。

的交流平台,以方便政府有关部门进一步完善起重机行业规范和标准,进一步降低起重机事故发生几率。

随着物联网技术和标准的不断完善,起重机监控与物联网技术的结合将使起重机监控上升到一个新的层面,现在已有文献提出使用 GPRS 等技术实现起重机运行信息从现场级到远程监控级的传输^[3,4]。但由于需要记录的起重机运行信息繁多,传输的数据量较大,这种依靠按流量计费的网络传输数据的方法会给用户增加一笔额外的费用。文中给出了一种新的基于 Zigbee 无线通信技术的起重机远程监控系统。该系统采用 Zigbee 无线通信技术实现现场起重机监控器的无线通信,网络维护费用低,并使用超帧调度算法,避免了信标帧冲突问题,保证了起重机监控节点的通信顺畅,对起重机的安全监控有一定的积极作用。

1 系统整体结构

在现代生产过程中,操作者不仅需要在现场对起重机进行操作,还需要在远程了解起重机的运行状况,对起重机信息进行集中管理。因此文中采用一种三级式的分布策略^[5],如图 1 所示。其主要由现场级监控层、用户级监控层、公司级监控层三部分构成,以满足不同用户的差异性需求。

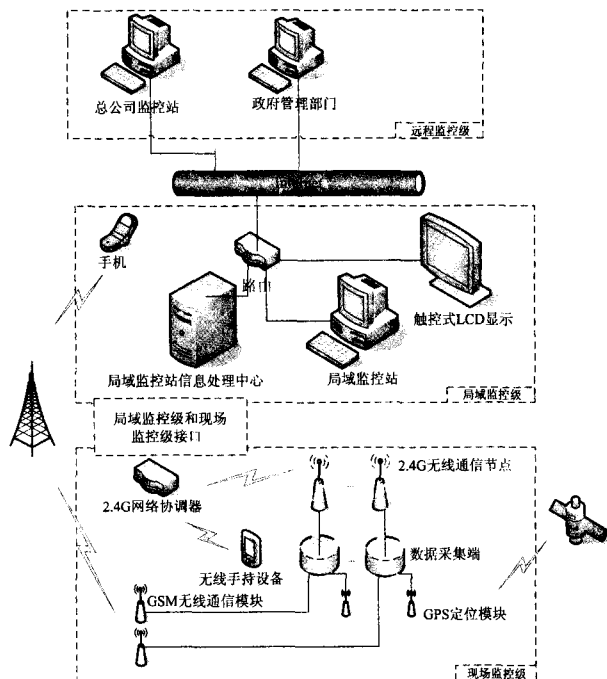


图 1 起重机远程监控系统

现场监控级的主要功能是采集起重机运行数据并将其传输到上位机。数据采集端通过 GPS 模块实时采集起重机的物理位置信息,并实时获取起重机的上升次数、SWP%、载重等工作状态信息,利用 Zigbee 无线通信模块将所有数据汇集到中心节点,即 Zigbee 网络协调器。起重机现场安全管理人员可以通过无线手

持设备访问 Zigbee 网络协调器来得到现场各设备的运行信息。

局域监控级,其主要功能是实现起重机管理人员的远程监控,管理人员在电脑前即可实现对起重机信息的了解和行为的干涉。局域监控站信息处理中心将收到的起重机运行信息进行处理和储存。局域监控站和壁挂式 LCD 显示设备可通过路由访问信息处理中心得到现场起重机报警信息、工作状态、工作时长等工作状态信息,实现对起重机现场的实时掌控。

远程监控级,监控人员可以通过总公司监控站观测各地起重机作业信息和故障信息,根据所得信息给各地起重机使用商提出指导性的意见,帮助起重机使用商及时发现问题,避免起重机长时间怠工,提高工业生产综合效益。同时,政府机关相关管理部门也可以通过远程监控管理当地起重机使用情况,规范起重机的使用。

其中远程监控级和局域监控级之间通过 Internet 相连接,局域监控级和现场监控级之间的连接方式根据不同的工业现场情况可采用 USB、RS232、RS485 等不同的连接方式。

局域监控级用户也可以通过手机接收现场监控级 GSM 模块发送的短信实时掌握起重机运行信息。

2 Zigbee 无线通信技术

Zigbee 无线通信技术已经在智能家居、医疗监控等多个远程监控系统中得到应用^[6]。在相同的技术环境中,Zigbee 的抗干扰能力要远强于蓝牙和 WLAN,可用于起重机现场这种电磁干扰比较强的场所。并且它采用 2.4GHz 通信频率,该频段为全球统一无需申请的 ISM 频段,维护费用低廉,可以在起重机现场大量布置节点^[7-10]。

由于树路由协议不需要路由表支持^[11],数据包的发送完全依赖于父子节点之间的连接,这种路由策略很适合资源有限的 Zigbee 节点。所以采用树形拓扑,网络拓扑结构如图 2 所示:

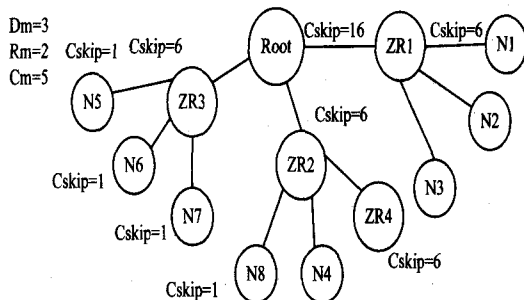


图 2 树状网络拓扑结构

2.1 网络地址的分配机制

Zigbee 使用分布式寻址方案来分配网络地址。网

络协调器决定了每个节点最大孩子节点的个数 (C_m)、每个节点最大的网络深度 (D_m) 以及每个节点最大路由器的个数 (R_m)。根据 C_m 、 D_m 和 R_m 可计算出每个节点的子节点剩余的地址空间 C_{skip} 。

$$C_{skip}(d) = \begin{cases} 0, & d = D_m \\ 1 + C_m * (C_m - d - 1), & R_m = 1 \\ \frac{1 + C_m - R_m - C_m * R_m^{D_m - d - 1}}{1 - R_m} \end{cases} \quad (1)$$

网络协调器还定义了网络的超帧结构,即信标的顺序 (BO) 和超帧的顺序 (SO),根据 BO 和 SO 可计算出两个重要的参数,信标帧的间隔 (BI) 和超帧持续时间 (SD),

$$\left. \begin{aligned} BI &= 15.36\text{ms} * 2^{BO} \\ SD &= 15.36\text{ms} * 2^{SO} \end{aligned} \right\} 0 \leq SO \leq BO \leq 14 \quad (2)$$

2.2 超帧调度算法

在 Zigbee 树簇型网络中,每一簇必须通过信标帧来同步,当两个路由节点是邻居节点或拥有共同的邻居节点时,信标帧会发生直接信标帧冲突和间接信标帧冲突^[12]。

为了避免发生冲突,这里采用超帧调度算法。算法流程图如图 3 所示。

一个网络可调度的必要条件是:

$$\sum_{i=1}^N \frac{SD_i}{BI_i} \leq 1 \quad (3)$$

当 $\sum_{i=1}^N \frac{SD_i}{BI_i} > 1$ 或找不到长度为 SD_i

的时槽时,网络不可调度。

采用超帧调度算法后,每个协调器的超帧持续时间彼此没有重叠,就不会发生信标帧之间以及信标帧和数据帧之间的冲突,避免了发生直接信标帧冲突和间接信标帧冲突的问题。

3 数据采集端硬件构成

图 1 所示系统反映起重机运行信息的数据都是由数据采集端给出的,因此数据采集端对起重机运行信息数据的准确采集和实时处理显得非常重要。其硬件结构如图 4 所示。

这其中处理芯片采用 MC9S12DG128。它包括四路传感器信号,分别来自重力传感器、电流互感器、温度传感器和湿度传感器。从传感器端出来的模拟信号经过信号放大电路和滤波电路传送到 CPU 的 AD 口, CPU 对收到的信息进行处理,在采集端显示屏上显示。起重机的上升下降等信息作为开关量通过单片机的

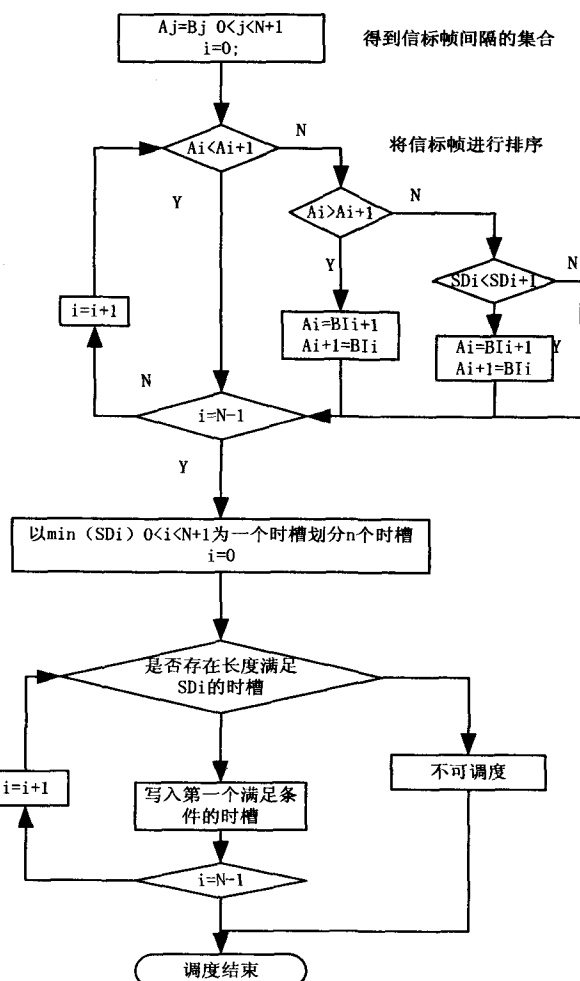


图 3 超帧调度算法

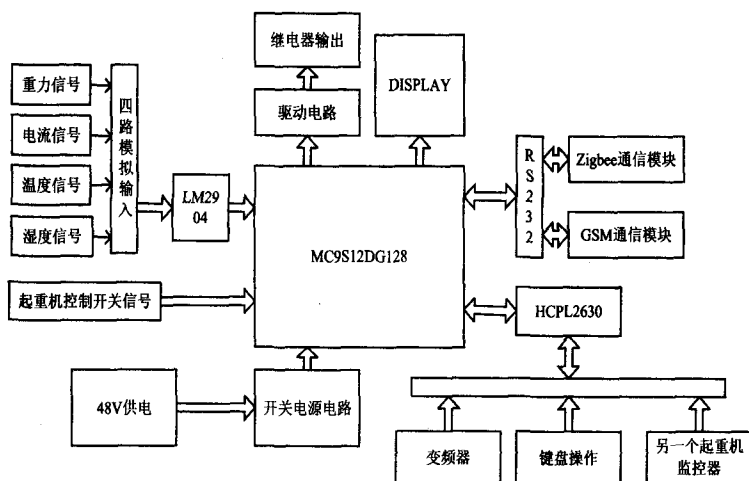


图 4 数据采集端硬件结构

IO 口进入单片机。同时,数据采集单元通过 CAN 总线与起重机的变频器通信,获取起重机的电机转速、电机频率等多种电机参数信息。信号采集端 CPU 对采集到的信号进行处理并通过 RS232 将数据发送给 Zigbee 无线通信模块,由 Zigbee 无线通信模块将数据汇集到网络协调器节点并传输给局域控制站。并且, CPU 还会根据采集到的信号判断起重机安全信息,当

起重机出现故障时,CPU 会通过 RS232 将故障代码发送到 GSM 通信模块。

4 结束语

文中将物联网技术应用在起重机安全监控系统中,使用 Zigbee 无线通信技术实现起重机现场级的无线通信,采用三级式的网络架构满足了不同用户的差异性需求,并在现场级和局域级之间给出三种不同的通信方式来适应不同的起重机作业现场,同时采用超帧调度算法避免了节点之间的信标帧冲突问题,确保了合法用户对起重机状态的实时访问,基本实现了起重机安全管理的全面覆盖。使用该系统可以有效地减少现场起重机故障给用户带来的怠工时间,提高工业生产效率,对起重机的安全管理具有深远意义,具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] Yu Yang,Zhao Zhenlian. Research and Design of Tower Crane Condition Monitoring and Fault Diagnosis System[C]//2010 International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence (AICI). [s. l.]:[s. n.],2010:405-408.
- [2] Ning Huansheng,Wang Ziou. Future Internet of Things Architecture:Like Mankind Neural System or Social Organization Framework? [J]. IEEE Communications Letters,2011,15(4):461-463.
- [3] Liu Zhiping,Jia Tengfei,Hu Qing,et al. Research on mechanical condition monitoring technology for portal crane by wireless sensors [C]//2011 Third International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMT-MA). [s. l.]:[s. n.],2011:31-34.
- [4] Gu Liangyao,Yang Yue,Chen Feng. Research on Intelligent Monitoring and Protection System of Distributive Multi-Tower Cranes[C]//2010 International Conference on Computer Application and System Modeling (ICCASM). [s. l.]:[s. n.],2010:540-543.
- [5] Gao Chongren,Yin Yufeng,Han Yuxi,et al. Network design and implementation of the emote dynamic monitoring system on servicing tower cranes[C]//2010 International Conference on Computational Aspects of Social Networks (CASoN). [s. l.]:[s. n.],2010:616-619.
- [6] Luo Jingran,Chen Yulu,Tang Kai,et al. Remote monitoring information system and its applications based on the internet of things[C]//BioMedical Information Engineering Conference. [s. l.]:[s. n.],2009.
- [7] 卿晓霞,王文章,王波. 基于节点转移的 ZigBee 网络孤立点减免算法[J]. 仪器仪表学报,2010,31(7):1650-1656.
- [8] 刘拥军,王晓蔚. 基于 ZigBee 的无线传感网的分群算法[J]. 计算机技术与发展,2006,16(6):204-206.
- [9] 王雪,王晨,马俊杰. 无线传感网络移动节点位置并行微粒群优化策略[J]. 计算机学报,2007,30(4):563-568.
- [10] 刘建军,邓志东,李超. 无线传感器网络分布式调度方法研究[J]. 自动化学报,2011,37(5):517-528.
- [11] 钱志鸿,张晓帆,王义君,等. 基于节点特性的 LR_WPAN 网络能量优化路由算法[J]. 通信学报,2010,31(10):238-243.
- [12] Pan Meng-Shiuan,Tseng Yu-Chee. A Lightweight Network Repair Scheme for Data Collection Applications in Zigbee WSNs[J]. IEEE Communications Letters,2009,13(9):649-651.
- [1] 叶安乐,李凤歧. 物理海洋学[M]. 青岛:青岛海洋大学出版社,1992.
- [2] Huang Min-Chih,Chen Jiayuan. Wave direction analysis from data buoys[J]. Ocean Engineering,1998,25(8):621-637.
- [3] 胡杰,吴新义,张志超. 基于太阳能 LED 照明控制系统的处理器设计[J]. 现代电子技术,2010(18):200-204.
- [4] Heron S F,Heron M L. A Comparison of Algorithms for Extracting Significant Wave Height from HF Radar Ocean Backscatter Spectra[J]. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology,1998,15(6):1157-1163.
- [5] 杨永良,吴晓波. 升压型白光 LED 驱动控制器的设计[J]. 机电工程,2010(9):83-87.
- [6] Hisaki Y. Ocean Wave Directional Spectra Estimation from an HF Ocean Radar with a Single Antenna Array: Observation [J]. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology,2006,23(2):268-286.
- [7] 马福昌,霍永涛. 太阳能大功率 LED 路灯的设计[J]. 电子设计工程,2010(8):147-149.
- [8] 胡汉才. 单片机原理及其接口技术[M]. 第2版. 北京:清华大学出版社,2007.
- [9] 杨晓光,汪友华,丁宁,等. 太阳能 LED 路灯照明系统的研制[J]. 电工技术学报,2010(6):130-136.
- [10] 邱云峰,尹杰,刘桥,等. 大功率 LED 高频驱动电路设计[J]. 灯与照明,2010,34(3):24-27.
- [11] 徐贞华,曾丁初. 一种新型太阳能控制器的介绍[J]. 铜业工程,2010(3):59-61.
- [12] 吴戈,李玉峰. 案例学单片机 C 语言开发[M]. 北京:人民邮电出版社,2008.

(上接第 167 页)

参考文献: