

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2017.02.009

基于 ZigBee 的生产车间数据采集系统

吴海龙, 鲍 敏*, 陈 杰

(浙江理工大学 机械与自动控制学院, 浙江 杭州 310018)

摘要:针对生产车间中的数据采集问题,对生产车间的设备层和管理层之间的网络通讯协议等方面进行了研究,提出了一种基于 ZigBee 无线通信技术的数据采集方案。首先介绍了整个数据采集系统的结构。然后详细介绍了基于 CC2530 芯片的数据采集节点的硬件设计方法及基于 TCP/IP 协议的协调器与服务器的通讯协议,最后利用中继节点对系统进行了误码率和丢包率测试实验。研究表明:ZigBee 不仅可以实时采集设备的各项数据,而且该系统在远距离数据传输下稳定性好。

关键词: ZigBee; 数据采集; 误码率; 数控机床; 制造执行管理; 中继节点

中图分类号: TH165; TN92

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2017)02-0146-04

Workshop data acquisition system based on ZigBee

WU Hai-long, BAO Min, CHEN Jie

(Faculty of Mechanical Engineering&Automation, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Aiming at the problem of data acquisition in workshop, the network communication protocol between field device layer and management layer was studied. A method that collecting data based on ZigBee wireless communication technology was presented. Firstly, the whole structure of data acquisition system was introduced. And then, the hardware design of CC2530-based data acquisition nodes was described. Also, the communication protocol between coordinator and server based on TCP/IP protocol was investigated. Finally, an experiment was carried out by using relay nodes to figure out the bit error rate and packet loss rate. The results indicate that ZigBee can real-timely collect device's various data, and the system has better stability in remote data transmission.

Key words: ZigBee; data acquisition; bit error rate; CNC; manufacturing execution system; relay node

0 引 言

随着越来越多的企业提出数字化工厂的要求^[1],制造执行系统(manufacturing execution system, MES)作为连接 ERP 管理层和 PCS 设备层的环节是企业能否实现智能生产的关键步骤^[2],当前设备的自动化水平不断提高,采集设备数据的方式有很多,目前比较流行的采集设备数据的方式是组态软件,但使用组态软件采集的数据比较单一,无法满足制造执行管理的要求;大部分工厂采用 PLC 采集设备的运行数据,但是

和 ZigBee 相比布线人工成本以及硬件成本高很多,所以 ZigBee 无线通信技术作为物联网行业核心技术较其他方法有一定优势^[3-6]。

ZigBee 是一种近距离、低成本、功耗低、自组网的无线网络技术,采用标准的通信协议 IEEE802.15.4^[7]。目前 ZigBee 技术已经在生产车间、智能家居等行业获得了广泛的应用^[8],如 Zhen-ya Liu^[9]基于 GSM/GPRS 网络设计了智能家居系统,通过 CC2430 射频芯片监控周围温度、湿度、烟雾等数据,实现数据的实时采集;章佳^[10]对生产车间的监控系统进行了研究,采用 Zig-

收稿日期:2016-09-18

作者简介:吴海龙(1991-),男,江苏徐州人,主要从事物联网应用方面的研究。E-mail:whl@mbyte.cn

通信联系人:鲍敏,男,副教授,硕士生导师。E-mail:mbao@zstu.edu.cn

Bee 无线网络和 CAN 现场总线相结合的方式,实现了生产车间和上层计划层之间数据的实时传输,车间人员利用 ZigBee 外置式电子标签与机台的智能现场采集器互相感知,从而采集现场的员工、机台、工作任务等数据。

针对生产车间存在信息滞后的问题,本研究利用 ZigBee 无线通信技术设计车间设备运行状态数据采集方案,构建基于 TCP/IP 协议的汇聚节点和服务器间的数据传输方案;针对远距离的数据传输,为了抵抗无线信道的衰落,笔者将协作的思想引入到本研究中,在数据采集节点和汇聚节点之间采用中继节点的方法实现远距离的数据传输;在服务器端设计设备运行状态数据库系统,实现在局域网内的网络化集群控制,为离散型制造行业提高对设备的生产效率。

1 系统总体设计

针对中小型制造业车间内使用局域网和 ZigBee 可以在复杂网络环境下运行的特点,在硬件的设计上,汇聚节点的设计选用串口转 TCP/IP 的模块,每个汇聚节点就可以通过 RJ45 网口实现上位机和下位机的数据交互,数据采集节点采用 CC2530 芯片,直接和设备相连,设备的运行状态、出料数、退料数等生产信息通过 CC2530 芯片采集;设备的数据通过上位机存储到服务器的数据库中。

本研究在服务器管理端为每个汇聚节点分配了端口,负责解析数据包,由于数据采集和数据处理同步运行,软件在设计过程中采用多线程技术分别做数据采集和数据入库处理,能够实现机床故障的数据按照固定周期记录并存储到数据库中。

系统的工作原理:服务器端为汇聚节点设计了端口,根据设计的通讯协议,终端节点采集的数据通过中继节点传到汇聚节点,再由汇聚节点统一对采集的数据上传到服务器端,其中汇聚节点和服务器间采用有线的方式连接,减少了数据的丢包率。系统设计图如图 1 所示。

本研究设计的 SQL Server 数据库系统由服务器、ZigBee 通信协议和客户端组成。

2 系统硬件设计

系统选用的硬件包括 ZigBee 网络协调器,终端设备数据接收模块,中继器,以太网交换机等。汇聚节点采用的 ZLSN2003 模块电路图如图 2 所示,ZLSN2003 的外围电路十分简单,除 RJ45 网口无须任何外围扩展元器件。

(1) CNC 车床主状态数据采集自复位按钮盒上代表报修和求助两个输入线分别接入 CC2530 芯片的

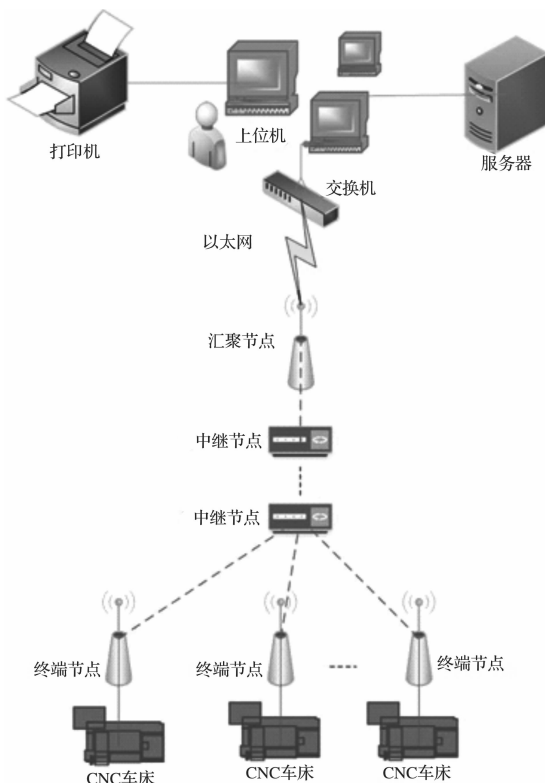


图 1 车间数据采集结构图

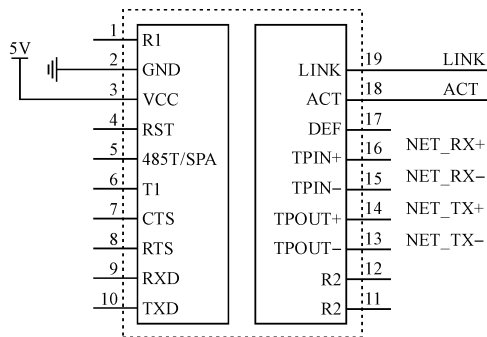


图 2 ZLSN2003 电路图

P04 管脚和 P05 管脚插槽,CNC 车床的运转和开机的输出线接入到 CC2530 芯片的 P06 管脚和 P07 管脚插槽,由于 CC2530 芯片无法承载 CNC 机床输出电流,本研究在 CNC 机床的运转、开机输出端和 CC2530 芯片的 P06 管脚和 P07 管脚分别串联一个 1 200 kΩ 的电阻;自复位按钮盒电源由 24 V/1 A 开关电源提供。该设计采集 CNC 车床的主状态包括开机,运行,报修,维修和求助 5 种状态;数据采集节点采用的 CC2530 射频芯片,内置了性能强大的 RF 收发器,增强型 8051 内核,可编程系统闪存,8 KB RAM 空间等诸多功能。本研究在 CC2530 芯片的底板上预留了通讯用的管脚插槽;CC2530 芯片的正负极、LED 指示灯、I/O 接口等外设都是通过插针插在底板上的插槽中;通过 GOM04 继电器转换电路。CC2530 芯片接线原理图如图 3 所示。

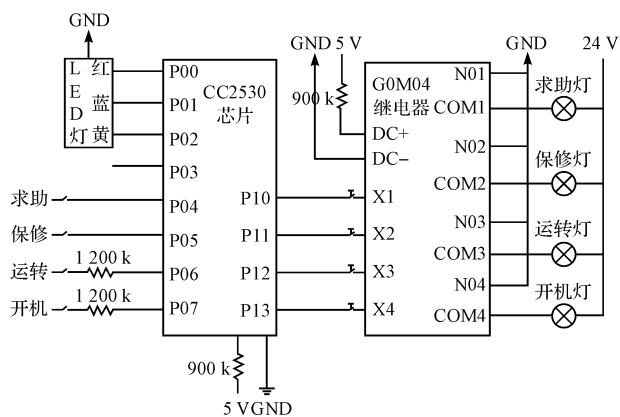


图3 CC2530 芯片接线原理图

(2)中继节点协作通信为了实现在车间内远距离的数据传输,本研究采用的多跳多中继串行协作系统模型如图4所示。

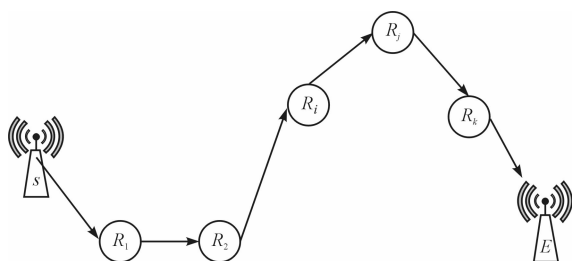


图4 多跳多中继串行协作系统模型

S—数据采集节点; R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 —中继节点;

E—汇聚节点

3 通信协议设计

汇聚节点与服务器之间的通信内容分为上行数据和下行数据两类,上行数据为从工位采集到的数据,下行数据为服务器发出的接收确认,并加载时钟校准数据。上行数据和下行数据都采用16位字节形式。上行数据包格式定义为数据包包头、汇聚点ID、终端节点ID、时间戳、数据包总长度、数据内容、CRC校验和数据包包尾,汇聚节点将从终端节点收到的数据每秒统一上报一次。上行数据形式如表1所示。

表1 上行数据形式

字节含义	字节	说明
数据包包头	16 bit	两个连续字符0XA5A5
汇聚点ID	16 bit	协调器的ID
终端节点ID	16 bit	设备的ID号
DTL	16 bit	时间戳的低位
DTH	16 bit	$((DTH \ll 16) + DTL + 2209161600) / 24 / 3600$
数据包总长度	16 bit	用两个字节表示
数据内容	n	数据
校验位	16 bit	CRC 校验
数据包包尾	16 bit	两个连续的字符0XA5A5

汇聚节点ID和终端节点ID分别用16位字节表示,汇聚节点主动广播连接,在终端节点接收到信息并通过CRC校验之后,向汇聚节点返回确认帧,并向汇聚节点返回自己的ID值,实现终端节点加入汇聚节点所在网络。

考虑到CC2530芯片无法记录设备运行状态的时间戳,本研究中采用DT格式表示,用来采集设备运行状态的时间戳值,计算方法如表1所示。数据内容起始于数据包包头,终结于数据包包尾;每个设备运行状态用终端节点ID表示,比如1号设备对应的终端节点ID是1,2号设备对应的终端节点ID是2。一个数据包中的内容依次是设备状态,进料数,出料数,废料数,时间戳,如进料数是3000。

校验数据内容采用CRC-16编码方法^[11],生成多项式: $G(x) = X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$ 。计算方法是:“数据内容”二进制串的多项式后的多项式 $K(x)$ 乘 X^{16} ,用 $G(x)$ 除 $X^{16}K(x)$ 得到余式 $R(x)$,若 $R(x)$ 为0表示传输无差错。

下行数据包格式定义为数据包包头、汇聚点ID、终端节点ID、时间戳、响应信息、CRC校验和数据包包尾,和上行数据部分相似,不再详细介绍。

4 系统软件设计

数据采集系统主要实现两个功能,分别为:①在服务器端实时采集汇聚节点上传的数控机床的运行状态;②和数据库对接,每隔5min刷新一次并存储当前设备的运行状态和持续时间。

软件的开发环境为delphi,并利用自带的Thread多线程技术,主线程负责把通过CRC验证的数据包解析出来实时存储到链表中,每隔5min触发另一个线程连接数据库,存储汇聚节点里面的数控机床的状态信息并统计出当前状态的持续时间。数据处理流程图如图5所示。

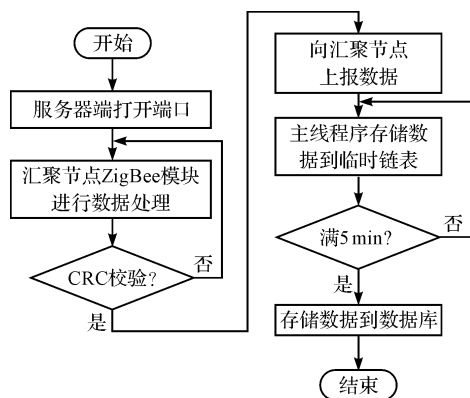


图5 数据处理流程图

5 系统测试

为了分析系统数据传输的稳定性是否满足使用要求,实验平台采用模拟数控机床设备仪器采集状态和生产信息,针对信号在传输过程中因衰变而产生误码的问题,引入中继节点对误码率和丢包率进行研究。系统设置数据包传输初始速率为 0.5 pkts/s ,首先从终端节点采集 3 台模拟设备的数据,帧长 $L = 3 \times 26 \text{ byte} = 78 \text{ byte}$,实验在上位机端持续给终端设备发数据包,在 0.5 pkts/s 速率下 1 h 内发送了 1 800 个数据包,传输总比特数: $n = 1\,800 \times 78 \times 8 = 1\,123\,200 \text{ bit}$,其中:

误码率 = 误码数/传输总比特数 $\times 100\%$ 。

中继节点之间的距离为 30 m,中继节点个数从 1 ~ 5,实验数据如表 2 所示。

表 2 实验数据

中继 个数	发送包 个数	误码数/ bit	丢包数/ 个	误码率	丢包率/ %
1	1 800	2	15	1.78×10^{-6}	0.83
2	1 800	4	18	3.56×10^{-6}	1.10
3	1 800	4	22	3.56×10^{-6}	1.12
4	1 800	8	27	7.12×10^{-6}	1.15
5	1 800	10	32	8.90×10^{-6}	1.18

表 2 中结果显示:随着中继节点的增加,汇聚节点和终端节点之间的距离不断加大,造成丢包率和误码率出现增加的现象,说明距离增加会影响误码率和丢包率,而且在测试过程中随着距离的增加会穿过墙壁等障碍物,但对整个系统影响较小,在汇聚节点和终端节点之间的距离为 150 m,误码率仅是 8.9×10^{-5} ,丢包率是 1.18%。

与当前常用数据采集系统相比,该系统引入中继的方式用于大型车间远距离的数据传输,目前许多采集系统直接采用平板天线或现场总线的方式进行通讯,为了体现中继节点在数据采集系统中使用的必要性,笔者利用该系统做一个对比试验,在 PC 端通过汇聚节点直接向终端设备发送数据包,汇聚节点和终端节点通过平板天线进行数据传输,数据包传输速率同样设置为 0.5 pkts/s ,设定汇聚节点和终端节点的距离为 150 m,1 h 内发生错误的比特数为: $e = 27\,518 \text{ bit}$;所以误码率 $p = 27\,518 / 1\,123\,200 \times 100\% = 2.45\%$,远远大于表 2 使用中继方式的误码率,无法保证系统的稳定性,从而证明中继节点在数据采集系统中的重要性。

6 结束语

作为连接 MES 系统和机床通讯的中间件,ZigBee 无线通信技术可以用于生产车间设备运行状态的数据采集,针对大规模的生产车间有必要在汇聚节点和终端节点之间采取中继的方法进行数据传输,当设备群距离主控室较远的情况下,可以抵消误码率对数据传输稳定性造成的影响。下一阶段的研究工作主要对采集的设备数据加以利用,通过新开发的客户端软件和服务器端数据库建立连接,以数据可视化的方式在生产车间展示设备的产能情况及时反馈当前生产情况,实现生产车间的智能化管理。

参考文献 (References):

- [1] 蔡敏,崔剑,叶范波. 数字化工厂:建模、实施与评估[M]. 北京:科学出版社,2014.
- [2] 王爱民. 制造执行系统(MES)实现原理与技术[M]. 北京:北京理工大学出版社,2014.
- [3] 赵奎兵,段富海. 基于 ZigBee 节点智能家居系统语音控制设计[J]. 现代电子技术,2012,35(20):5-8.
- [4] 刘忠凯,段富海. 基于 ZigBee 和 RFID 的 CNC 数据采集系统设计[J]. 制造技术与机床,2015(4):41-46.
- [5] 梁小晓,乐英高. 基于 ZigBee 和以太网的数控机床网络通信系统研究[J]. 组合机床与自动化加工技术,2013(3):53-59.
- [6] 黄蕾. 基于 FSM 的低功耗 zigBee 遥控器[J]. 兵工自动化,2015,34(10):42-46.
- [7] TERADA M. Application of ZigBee sensor network to data acquisition and monitoring[J]. Measurement Science Review, 2009,9(6):183-186.
- [8] 林国富. 离散制造车间数据采集系统的研究与开发[D]. 南京:南京理工大学机械工程学院,2011.
- [9] LIU Zhen-ya. Hardware Design of Smart Home System Based on ZigBee Wireless Sensor network[C]//2014 AASRI Conference on Sports Engineering and Computer Science. Nanchang: Nanchang Normal university, 2014:75-81.
- [10] 章佳. 面向 MES 的车间生产过程监控系统研究[D]. 成都:电子科技大学机械电子工程学院,2012.
- [11] 王新辉,王志和,王东光,等. 无线传感器网络系统中循环冗余校验算法分析和实现[J]. 科学技术与工程, 2008,24(12):6486-6489.

[编辑:李辉]

本文引用格式:

吴海龙,鲍敏,陈杰. 基于 ZigBee 的生产车间数据采集系统[J]. 机电工程,2017,34(2):146-149.

WU Hai-long, BAO Min, CHEN Jie. Workshop data acquisition system based on ZigBee[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2017,34(2):146-149.

《机电工程》杂志;http://www.meem.com.cn