

基于 LonWorks 的楼宇自动化系统集成与实施

Integration and Implementation for Building Automation System based on LonWorks Technology

重庆电子科技职业学院 电子工程系 郭兵

重庆大学 软件学院 徐光侠

Guo Bing Xu Guangxia

摘要: 针对BAS中存在的系统集成难题,对控制网络和LonWorks技术作了深入解剖,结合某工程的技术改造,构建了基于LonWorks总线的BAS控制网络结构。文中以空调控制系统的软、硬件实现为例,分析了该系统通信的实时性,研究了基于LonWorks技术实施对各建筑设备系统及智能仪表的系统集成,探讨了相关技术难点,特别是各子系统之间的通信问题。工程实践表明基于LonWorks的现场总线技术在建筑智能化系统中有很好的应用前景。

关键词: BAS 空调系统 控制网络 系统集成 数据通信

Abstract: Aimed at existent integrating puzzle of building automation system, the paper makes a deep analysis for control network needed by BAS strict requirement and LonWorks technology. Being combined with technology reconstruction of the specified major project, it builds a control network architecture of BAS based on LonWorks Field Bus in the paper. The paper took software and hardware realization for air conditioner control system as an example, and analyzed the real-time property of the system communication. The paper also studied the system integration of implemented building device systems and intelligent instruments based on LonWorks technology, and explored correlative technical puzzle, specially the communication among subsystems. The engineering practice shows that it is a good application foreground based on LonWorks technology in the building intelligence system.

Key words: BAS Air conditioning system Control network System integration Data communication

[中图分类号] TP273

[文献标识码] A

文章编号: 1606-5123(2005)12-0064-06

1 引言

建筑设备自动化系统(BAS)的目标是对水、电、热、空调、通风、电梯、高低压配电、停车场等楼宇设备系统进行自动监测、控制和科学管理以达到舒适、安全、高效、节能,并使设备损耗降低,延长使用寿命。BAS对控制系统有严格的要求:为延长建筑物及其设备寿命,尽可能采用最先进的控制网络技术,即现场总线控制系统(FCS);对主要监控对象如供热、通风及空调系统、给排水系统、照明、电梯、变配电、安全、消防及计量管理

等子系统实施集成协调运作,使系统安全、节能、高效,便于维护;受楼宇设备多样化、技术复杂性和市场竞争等方面影响,要达到最优的性能价格化,BAS的控制网络必须具有开放性和互操作性,将智能建筑中属于不同技术领域的电话通信、计算机网络、建筑设备自控、消防保安、电视系统等所有分离的系统、设备、功能和信息有机地整合成为一个相互关联、统一协调的整体,所有的硬件平台、软件平台、网络平台和数据库平台整合成为一个满足用户功能需要的完整系统。此外,还要考虑智

能建筑的上层管理,即楼宇自动化与OA、CNA的关系,建立楼宇自动化管理系统(BMS),做到各子系统的信息共享、统一管理和协调工作。监控的对象包括暖通空调、照明、给排水、变配电、电梯、安全、消防等诸多设备系统。文章以某重点工程改造为背景,从BAS系统设计、集成和实施角度对相关技术问题作某些探讨。

2 BAS的结构分析

BAS的显著特点是测控点非常分散并且被控设备种类繁多。从一个探头、一盏灯、一部电梯、一台空调机,测控点几乎遍布建筑物的每个角落。包括空调机、新风机、冷冻机、风机盘管、锅炉、换热设备、发电机组、电梯、照明配电、水泵、火灾报警、保安监控等门类众多的大量机电设备。为达到全面协调控制,保证经济运行和便于科学管理,BAS系统一般采用集散控制系统(DCS)结构^[1],如图1所示。它由现场执行级、监控级和管理级构成:现场执行级直接负责现场控制;监控级用于对现场级进行监控;管理级实施相关系统协调与信息共享。DCS的“控制分散,信息集中”结构^[2]极大分散了系统的危险,使系统的可靠性、灵活性和可扩展性都有较大提高;进一步分散了监控、控制功能,使系统配置、反应速度有明显改善。

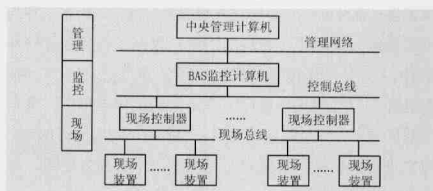


图1 三层结构的集散控制系统

2.1 FCS的特性描述

FCS以单个的传感器和执行器为通信节点,信号点可分散分布,不受距离限制,其测量和控制精度不受距离影响,通过现场总线(FieldBus)技术,使现场传感器和执行器等通过两线制网络互连,进行全数字、双向、多站的数字通信。其优点主要表现在^{[3][4]}:全数字化,所有传感器/变换器、执行器、控制器的信号均数字化,取代了传统的模拟量信号;采用开放式系统结构与标准的通信协议,使产品设备有交互操作与互换性;采用通信线供电,通信线延伸到生产现场,构成设备仪表互连的现场通信网络;采用先进的过程控制软件,分散的功能块,有利于向综合自动化发展。

2.2 基于FieldBus的DCS系统结构

在大型建筑中采用DCS体系结构,在现场执行级采用FieldBus控制技术,如LonWorks、BACnet、Profibus等等。DCS具有丰富的监控管理功能,FCS可以实现信号串行双向快速传输,抗干扰能力强,结合FCS与DCS两者优点的DCS系统结构如图2所示,它进一步完善了整个系统的控制、管理、决策等功能。

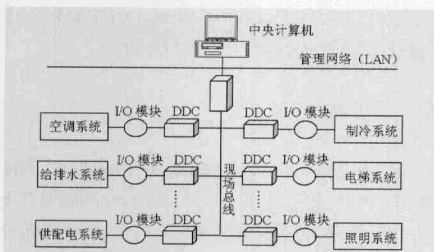


图2 利用现场总线技术的DCS系统构成

3 LonWorks的技术性能分析

3.1 LonWorks网络的开放与集成能力

LonWorks网络采用了ISO/OSI参考模型的七层协议,有很好的开放性。通过路由器和网关,可以构建巨大的网络,实现可扩展的系统。其数据包打入IP数据包中,可实现LonWorks网络与Internet的无缝连接。所定义的网络变量标准使不同厂商的设备具有良好的互操作性。

3.2 LonWorks网络支持多种通信介质

LonWorks网络保证系统可以有多种组态。若采用双绞线,通信速率为78Kbps时,其总线型拓扑具有2.7km的传输距离,双绞线的自由拓扑则具有500m的传输距离,足以满足BAS的应用。其变压器耦合型自由拓扑双绞线收发器能够耐受1000Vrms的共模电压,芯片的温度参数是基于军品级的,可靠性高。

3.3 Neuron芯片集通信和控制于一体

LonWorks网络便于实现直接接入网络的控制。提供的MIP(Microprocessor Interface Program)用于将Neuron芯片转换为一个具有五层协议通信处理器与其它CPU接口,使其它的CPU能透明地接入网络,为开发基于其它CPU的更大的、实时性更强的应用提供了广阔的空间。LonWorks支持垂询、更新自动发送、定时发送等多种网络数据的访问方式,并有非确认、非确认重复、确认和请求响应等服务方式,可设定优先级发送,

可根据需要定制实现最佳的系统响应。

针对BAS的特点:控制点比较分散,要求控制器体积小、安装方便等;控制设备的复杂多样,对互操作性要求较高;对实时性要求相对不高,因为空调、新风等系统都是大惯性系统;BAS系统集成周期相对较短,尽可能减少开发工作。LonWorks总线技术完全满足上述要求,因此, LonWorks控制网络为BAS的集成提供了一个彻底的解决方案。上述分析表明,采用LonWorks技术构建BAS不仅可行,还使系统具有很好的可靠性、开放性和互操作性。

4 系统设计

4.1 系统结构分析与网络总体设计

BAS包括:冷水系统、新风机组、空调机组、给排水系统、变配电系统、电梯系统、照明系统和换热系统等,可采用LonWorks技术作技术平台,系统结构采用基于LonWorks现场总线的DCS结构,如图3所示。整个系统分为三个子网,子网间采用路由器(i.Lon600)相互隔离,通过综合布线系统,使所有的i.Lon/IP路由器和安装有LNS软件的PC机都以TCP/IP协议连接到BAS的计算机网络。该网络结构充分体现了LonWorks控制网络的特点, LonWorks控制网络的节点控制箱放置在被控对象附近,减少了布线工作量,节省了人力,降低了成本,提高了工作效率,便于调试及维护。即使网络中一个设备出现故障也不会影响全网其他设备的正常工作,把故障点分散到最小的程度。

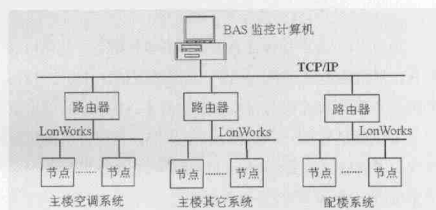


图3 BAS的网络结构图

4.2 基于LonWorks技术的网络实现

基于LonWorks技术实现的网络控制需要四个步骤:系统设计、网络配置、应用配置和安装。

(1) 系统设计:选择与输入输出部件相配合的LonWorks设备,并运行诸如PID控制应用程序的LonWorks设备;确定适当的通信信道数量和信道类型,并选择连接信息的路由器。

(2) 网络配置:给所有的设备和设备组赋予域ID和逻辑地址;捆绑网络变量,创建设备间的逻辑连接;在每个设备中配置各种各样的LonWorks协议参数,包括信道速率、应答、确认和优先级服务。网络功能设计可以把设备功能块拖放到设计图中,连接其输入、输出。

(3) 应用配置:通过应用配置,使每个设备的应用程序可进行剪裁以达到满意、理想的功能。应用的配置是通过选择合适的配置特性来实现的。

(4) 安装:安装信道的物理通信介质;把LonWorks设备连接到网络,包括路由器;把I/O部件连接到LonWorks设备;用网络集成工具下载网络配置数据和设备的应用配置数据。

5 基于LonWorks总线技术的空调控制系统

5.1 空调控制系统

为讨论问题方便,这里仅以最复杂的空调控制子系统设计为例,其他子系统设计雷同,文中不再提及。空气调节就是把经过处理后的空气,以一定方式送入室内,将室内空气的温度、湿度、流动速度和洁净度等控制在一定范围之内。集中式空调系统具有节能、卫生、噪音小、使用方便等优点,目前已被广泛采用。在该系统中,通常采用一部分回风与新鲜空气相混合,这样既保证了室内空气新鲜,又利用了回风的能量,提高了设备运行的经济性。系统一般含有进风、回风、空气过滤、空气加湿处理、空气输送等部分。在正常的工作过程中,新风与回风混合,经过滤器过滤后,混合空气与盘管内的冷/热水进行热交换。加湿器对混合空气进行加湿处理,最后送风机将处理后的空气送到各个房间内。

空调系统实现以下控制功能:温、湿度监视,即对新风、回风和排风进行温、湿度监视,给系统温、湿度的调节提供依据;风阀的控制,即对新风和回风风门进行开关量的控制或模拟量的调节;冷/热水阀门的调节,使温差保持在精度范围内;加湿阀的控制,即在空气湿度低于设定的下限或者超过上限时,分别控制加湿阀的打开与关闭;风机控制,即实现对风机的启停控制或者变频调速控制;过滤网压差报警监视、防冻开关报警监视、风机故障报警监视;空调机组工况转换(冬季、夏季、过渡季);手/自动转换。

5.2 基于Lon总线技术的空调控制系统

根据上述分析,可选用LonBAC-3000控制系统。LonBAC-3000系统是以LonWorks技术为基础,以神经

元芯片为核心,是专用于空调机组控制的现场总线系统,其结构如图4所示:



图4 LonBAC-3000基本系统图

其工作原理为:温、湿度控制器测得温度和湿度后,通过运算获得阀门的调节输出。该输出通过Lon网络送到智能阀,产生相应的阀门开度。智能阀的数量与空调系统结构有关。开关量控制器则用于启、停机组,监测空调状态及产生报警等。

5.3 系统硬件实现

(1) 智能阀门:它直接连接在Lon网络上,通过Lon总线接收阀门开度命令,该命令以网络变量形式出现。智能阀门结构如图5所示:

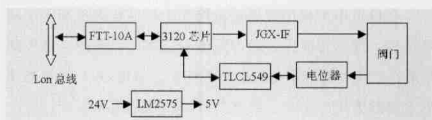


图5 智能阀门结构图

其主要硬件设计如下:智能阀门运算量、存储容量少,因此使用了3120芯片;使用FTT-10A自由拓扑收发器;电源部分使用LM2575芯片,滤波后能够得到比较稳定的+5V电压;串行A/D采用TLC1549芯片(10位),可满足阀门开度控制的精度要求;继电器为JGX-IF型固态继电器,驱动能力大,使用寿命长;

(2) 温、湿度控制器硬件设计如下:温、湿度主控制器要求有较大的存储空间和处理能力,可采用3150CPU模板,该模板具有48KB 2PROM和8KB RAM空间,带有FTT-10A自由拓扑收发器;电源部分使用MAX726芯片,滤波后能够得到稳定的+5V电压;HD7279是一片具有串行接口、可驱动8位共阴式数码管,可以连接64键的智能显示驱动芯片;A/D芯片采用TLC2543,为11路模拟信号逐次逼近型12位串行AD,精度高,响应时间短,接线简单;5个按键,可进行手/自动切换和参数的直接修改;继电器使用JGC-3FA,体积小、驱动能力大(可直接驱动380V交流设备),使用寿命长。

在温、湿度主控制器中有8路模拟信号输入,可与

温度变送器或其它仪表相连接,也可利用3路热敏电阻(NTC)或热电阻(Pt100)输入直接测量温度,另外还有2路报警信号输出。温湿度控制器结构如图6所示:

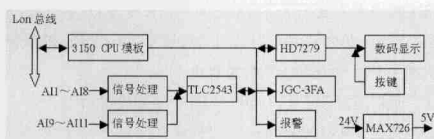


图6 温湿度控制器结构图

(3) 开关量控制器:开关量控制器结构如图7所示,用于启、停空调机组,检测空调状态及产生报警。同温、湿度控制器一样,选用了相同的CPU模板;电源部分使用MAX727芯片,滤波后能够得到稳定的+5V电压;继电器使用JGC-3FA,体积小,驱动能力大(可直接驱动380V交流设备),使用寿命长。

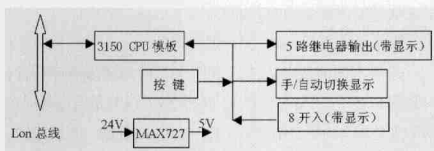


图7 开关量控制器结构图

6 系统通信的实时性分析

网络通信中系统的实时性主要表现在所发送的数据在可确定的时延内送达, LonTalk协议所采用的MAC子层协议是所谓“可预测P坚持CSMA”,这种协议在发送数据时采用先侦听信道是否空闲,若空闲则以概率 p 发送,否则以概率 $p(1-p)$ 延时一段时间(端到端的传播时延),重新侦听信道^[5]。提高网络实时性需要解决的问题是:减少线路等待时延,避免冲突,冲突发生时的快速恢复。可预测P坚持CSMA协议在一定程度上解决了上述问题,另外, LonTalk协议提供的四种服务方式以及优先访问方式为优化系统性能提供了方便。

6.1 对MAC子层的分析

网络节点需要等待到介质空闲时才能发送报文,从节点排队到实际发送到网络上的时延,称为介质存取时延,它直接影响报文的响应时间。随着给定信道上预约交通量(Offered Traffic,每秒内信道上所有节点准备发送数据包的总个数)的增加,介质存取时延也相应增加。当网络负

接近饱和而又有很多节点准备发送数据包时,介质存取时延变得更加重要。在网络设计时,必须考虑最坏的情况。例如最典型的情况:假设信道物理介质为双绞线,通信波特率为78kbps,数据包的平均长度为16字节(128位),两个包之间的平均时间间隔是48个比特,数据包周期为176个比特。由此可算出:

$$\text{该信道的吞吐量: } 78000 / 176 = 443 \text{ Packet/s}$$

$$\text{每包周期: } 1000 / 443 = 2.25 \text{ ms}$$

根据上述数据可以分析:若一个节点要求最大响应时间为50ms,则必须设定预约交通量的最大值以获得较小的介质存取时延。由此推算,网络在50ms内可发送约23个数据包。因此,若进一步假设:在满足网络50ms的最大响应时间情况下,需要在该信道上以任何时间(包括所有节点同时发送)发送数据包,并且这些数据包无任何优先级,则此时网络的最大预约交通量不能超过23个数据包。由此可见,在设计网络时,为保证获得较小的介质存取时延,最大预约交通量的限制是必须保证的。

6.2 采用不同服务方式的影响

采用不同的服务方式,会产生不同的网络响应特性。可预测P坚持CSMA协议对网络负载的预测是通过数据访问的应答服务方式(确认或请求/响应)实现的,也就是说,对于非应答方式的服务(非确认、非确认重复),MAC子层是不能产生预测的。对于应答服务方式,概率P随网络负载动态变化。若设R为随机时隙数, $R \geq 16$,即网络的最小随机时隙数为16,D为网络上将发送的数据包的数目,即预约交通量, $D \in \{1, 63\}$,则P表现为:

由此可见,随着D的增大,随机时隙数增加,P减小。由于每个节点在一个时刻只能发送一个数据包,通常, $D \leq$ 信道上节点的数目。当考虑极端情况时,一个时刻所有的节点同时请求发送,则D即为信道上节点的数目。此时,由于LonTalk协议已经分配了足够的随机时隙,网络的数据传输基本不会发生冲突,网络以接近最大的吞吐量工作,只是数据的发送产生了一定的时延。

对于非应答服务方式,随机时隙R固定为16,故此时网络协议就是P值为0.0625的P坚持CSMA。此时,只有在网络同时要求发送数据包的数量小于或等于16的情况下,可以避免冲突,否则冲突难以避免。因此,在网络设计时,首先估计网络上潜在的同时最大发送请求数,若可能超过16时,则采取措施,根据各变量对实时性响应的要求情况,采用应答服务和非应答服务相结合的服务方式。由上述可看出,当一个信道上直

接挂的节点少于16个时,即使采用非应答服务,通信也是非常可靠的。当一个系统中的节点数超过16时,若通过路由器进行隔离,则采用非应答服务也是非常可靠的。值得注意的是,相比较而言,应答服务比非应答服务多消耗了网络带宽。

6.3 优先级方式

当某些变量对实时性要求非常强时,优先级方式是非常好的选择。例如,在设计过程中对空调系统中的过滤网压差报警信号、防冻开关报警信号、风机故障报警信号等变量的传输就采用了优先级方式。但是,在分配优先级时应当注意:网络上只能为有限个节点分配优先级,在为节点分配优先级时隙的同时也预占了网络带宽。对于78kbps的双绞线收发器而言,一个优先级时隙的宽度为8个比特,也即数据包变长了。

7 基于LonWorks网络的系统集成实施

7.1 系统基本结构

在设计中可采用现场控制级和上位监控管理级两层网络结构。现场智能设备通过网络形式实现系统的基本控制功能,在现场智能设备的信息基础上,通过OPC服务器建立上层的监控应用^[6],系统的基本结构如图8所示:

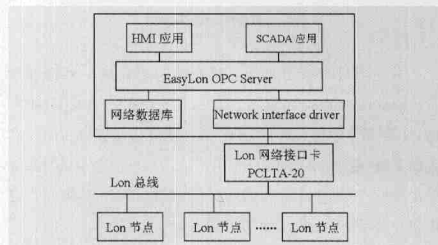


图8 LonWorks监控系统结构

在实现现场级功能时,需要首先确定整个系统完整的控制策略,并将其部分分解到多个相互独立的模块和子任务上;然后确定每个智能节点所完成的子任务,以及它们之间的联系和数据共享关系,并对每个节点编写应用程序然后下载程序到节点,调试运行。在各个智能节点自治运行及完成现场控制功能的基础上,上位机基于现场的控制信息以及数字通信传输来的大量现场管理信息(如设备自身的诊断信息,过程状态信息等),通过运行OPC服务器和人机界面软件HMI(Human Machine Interface)对系统运行的实时和历史信息监控,并可嵌入一些插件和软件程

序等,完成上位机的高级控制功能。

7.2 现场设备的监控实现

系统现场设备的信息采集和监控是基于 Microsoft ODBC 开放数据平台,在 Visual Basic 6.0 和 EasyLon OPC Server 开发环境下实现的。用 Visual Basic 6.0 开发的现场监控程序一方面通过 EasyLon OPC Server 同 LonWorks 网络变量交换信息,另一方面通过 ADO(ActiveX Data Object)数据接口同数据库交换信息。整个 LonWorks 现场监测数据通讯机制原理如图 9 所示:

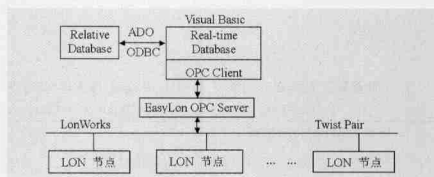


图9 LonWorks现场监测数据通讯机制示意图

8 结束语

上述针对 BAS 对控制网络的要求,深入剖析了 LonWorks 技术,探讨了将 LonWorks 应用于 BAS 的可行性。结合某工程改造项目,并以此为背景构建了基于 LonWorks 总线的 BAS 网络结构。文中以空调系统为例,

给出了空调控制系统的软、硬件实现,分析了该系统通信的实时性。最后,文章讨论了基于 LonWorks 网络的 BAS 系统的集成实施。系统投运近 1 年的使用效果是令人满意的,工程实践表明基于 LonWorks 的现场总线技术在建筑智能化系统中有很好的应用前景。

参考文献

- [1] 邓仁明,杨志.集散控制系统在楼宇自动化中的应用.建筑电气,2001,(3):17-20
- [2] 姚胜兴,王新辉等.集散控制下的楼宇自动化系统与设计.测控技术,2000,18(10):25-27
- [3] 齐维贵,张立珠.基于 LonWorks 技术的空调系统设计.暖通空调,2002,32(4):70-72
- [4] 曹云峰,王耀才.基于现场总线的控制网络与数据网络的互联.煤矿机械,2002,(9):2-5
- [5] 程晓琳,徐用懋.现场总线控制网络模型与网络集成.测控技术,2000,19(10):35-37
- [6] 阳宪惠,邸丽清,冯大为. OPC 技术及其对工控系统开放性的影响.测控自动化,2004,(2):53-55

作者简介

郭兵(1974-)男 讲师/博士研究生 研究方向:电子工程、计算机控制与智能自动化。

(上接第 55 页)

5 结束语

本文提出的自储能电锅炉控制系统具有以下优点:

(1) PLC 运行可靠、编程简单,一套 PLC 即可实现自储能电锅炉加热、储能、取热的控制,并且可对炉温 and 出口水温进行实时监控;

(2) LM3311、LM3312 温度采集模块直接采集工业现场的温度信号,不需要温度变送器,信号直接进入 PLC 进行处理,精确度高,使用方便;

(3) 适应现代工厂自动化对系统开放性和互联性的需要,和利时的小型一体化 PLC 具备强大的网络通信功能,可以通过 DP 网络、以太网或者 Modem 进行远程监控,具备可升级性。

经过一段时间的调试和试运行, HOLLiAS-LEC G3

系列 PLC 为核心控制系统的解决方案已成功应用于自储能电锅炉设备,运行稳定、操作简单,并且系统的安全性、经济性都有很大的提高。

参考文献

- [1] HOLLiAS-LEC G3 小型一体化 PLC 硬件手册. 杭州和利时自动化有限公司
- [2] HOLLiAS-LEC G3 小型一体化 PLC 软件手册. 杭州和利时自动化有限公司
- [3] HOLLiAS-LEC G3 小型一体化 PLC 指令与功能块手册. 杭州和利时自动化有限公司

作者简介

高山(1980-)男 硕士研究生 研究方向:PLC 应用研发。