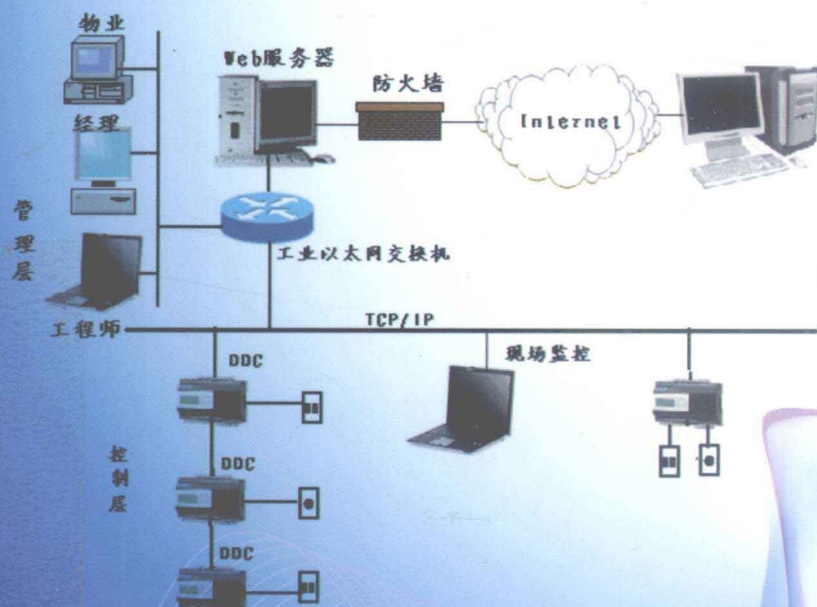


以太网技术 在楼宇自控系统中的应用

YITAIWANG JISHU ZAI
LOUYU ZIKONG XITONGZHONG DE YINGYONG

张少军 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



以太网技术在楼宇自控 系统中的应用

张少军 编著



机械工业出版社

本书内容主要包括建筑智能化、信息化技术中的楼宇自控系统,楼宇自控系统的软、硬件架构,楼宇自控与空调系统的自控,以太网技术,控制网络技术,工业以太网与实时以太网,使用通透以太网的楼宇自控系统,工业以太网的规划安装调试,WLAN(无线局域网)及无线网络技术在建筑智能化中的应用,下一代互联网与DDC编程技术分析等。以太网技术在楼宇自控系统中的应用是一个在很多方面有待深入研究的热点问题。

本书系统地以太网技术在楼宇自控系统中的应用做了全面和深入的讲解,同时本书与工程实际紧密联系,全书的理论体系严谨、完整。

本书可作为建筑类高等院校的建筑电气与智能化、电气工程与自动化、自动化、电气工程、机械电子工程专业本科生、研究生的教材,也可作为建筑行业相关专业和涉及建筑智能化、信息化技术相关专业的企业工程技术人员、设计人员、管理人员学习和参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

以太网技术在楼宇自控系统中的应用/张少军编著. —北京:机械工业出版社, 2011. 8

ISBN 978-7-111-35109-2

I. ①以… II. ①张… III. ①以太网-应用-智能化建筑-自动控制
系统 IV. ①TU855

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第118580号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:林春泉 责任编辑:顾谦

版式设计:张世琴 责任校对:李秋荣

封面设计:路恩中 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2011年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·20.75印张·509千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-35109-2

定价:58.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

产业的发展不能离开系统性理论的支持,系统性理论能够为产业的发展提供一个明晰的方向,并为产业发展解决许多关键问题。传统的智能建筑技术在许多重要的方面并没有系统理论作支撑,传统的方法是将信息技术或控制理论和控制工程中的许多理论体系直接移植到建筑领域中来。随着楼宇自控系统在发展和应用中表现出越来越多的问题来看,不去系统地构建它的理论体系已经形成了阻碍楼宇自控技术和建筑智能化技术发展的瓶颈,因此建筑智能化、信息化技术在这方面就肩负着建立关于楼宇自动化和智能化控制系统理论的任务。这些系统理论包括:使用通透以太网架构楼控系统的理论、基于BACnet协议的楼宇自控系统理论、提高楼宇自控系统开放性的理论等。

建筑智能化、信息化技术的主要组成模块如下:楼宇自控系统及技术、网络通信系统及技术、安防系统及技术、消防联动控制系统及技术,办公自动化与信息化系统及技术等。其中楼宇自控系统及技术、网络通信系统及技术这两个模块较为复杂,网络通信的内容涉及面广、技术发展迅速,尤其在楼宇自控系统及技术中,数据通信网络以及控制网络技术有着非常丰富的内容,系统地掌握这部分内容难度较大。

网络通信系统中交叉渗透了大量的新技术。任何一个楼控系统都架构在一个通信网络环境中,不同楼控系统的网络通信平台可以彼此互不相同。在层级结构的楼控系统中,控制网络可由多种现场总线或控制总线来架构,也可以直接使用以太网来架构控制网络,但这里所讲的以太网不是指通常意义的商业以太网或办公以太网,即不是指信息域常用的以太网,而是指工业以太网或实时以太网。

网络技术的发展趋势是非常清楚的,有线网络技术的主流技术是以太网技术,百兆、千兆以太网的应用越来越普及,万兆和十万兆以太网技术从实验室越来越深入和广泛地走进科研教育应用领域、工业控制领域和社会生活的各个领域,工业以太网或实时以太网技术与主流的以太网技术发展是吻合的。工业以太网相对于现场总线网络来讲,被称为现代控制网络,而从发展的角度来讲,种类较多的现场总线技术明显地与主流以太网技术的融合和协调是不理想的。

目前,在两大类结构体系的BAS(Building Automation System,楼宇自控系统)中,在管理域和控制域使用通透以太网的BAS从理论上和工程上都没有一个系统化的体系。这个理论体系要解决的问题如下:

- 1) 建立一个系统的理论体系用来指导工程设计及施工,同时为研究工作建立一个发展的方向。

- 2) 寻找这种结构体系与NGN(Next Generation Network,下一代网络)之间的无缝融合方式。

- 3) 使用这种结构体系来推进BAS的开放性。

- 4) 捋顺信息域网络和控制网络之间的关系,尤其是和现有的BAS中各种不同控制总

线之间的关系。

5) 多种制式的网络在楼宇自控系统中的应用日趋深入,包括有线网络和无线网络,也包括各种不同的广域网、局域网,因此通过研究掌握不同制式网络之间互连互通的规律也是学科发展的一个重要任务。

系统地将工业以太网、实时以太网应用于BAS,在理论研究上和工程上还不成熟,理论上有很大的盲区。通过研究建立系统性的理论,对于楼宇自控技术的发展具有重要意义。作者本着上述思想,对以太网技术在楼宇自控系统中的应用做了较系统的研究,撰写了此书。

本书的撰写依托于北京建筑工程学院“建筑电气与智能化技术实验示范中心”中先进的楼宇智能化控制实验教学系统完成。

本书是北京建筑工程学院专著基金支持出版的项目,鉴于学校对建筑电气与智能化学科建设发展以及对本书出版的大力支持,本人在此表示感谢。

本书第2章由北京建筑工程学院电信学院的周渡海高级工程师撰写,北京建筑工程学院电信学院的魏东博士和陈一民老师也提供了部分研究成果。我的研究生吴疆润、王芊又同学也做了许多工作,在此一并表示感谢。

在本书编写过程中,由于时间仓促,难免有一些错误和缺点,恳请广大读者批评指正。未经许可,不得复制和抄袭本书部分或全部内容,违者必究。

编著者

2011年8月

目 录

前言

第 1 章 建筑智能化、信息化技术中的楼

宇自控系统 1

- 1.1 现代建筑装备楼宇自控系统的原因及应用现状 1
 - 1.1.1 楼宇自控系统的监控对象和能够产生的实际效果 1
 - 1.1.2 BAS 的应用现状 2
- 1.2 建筑智能化、信息化技术研究和工程应用中的一些热点问题 4
 - 1.2.1 建筑智能化、信息化技术与智能建筑技术 4
 - 1.2.2 楼控技术与建筑智能化技术研究和工程应用中的一些热点问题 7
- 1.3 BAS 的结构分类 12
 - 1.3.1 使用层级结构的 BAS 12
 - 1.3.2 使用通透以太网的 BAS 13
- 1.4 BAS 的架构设计 14
- 1.5 关于建筑智能化、信息化技术的新观点 16
 - 1.5.1 行业发展呼唤相关的系统性规范集 16
 - 1.5.2 大力发展关于建筑智能化信息化技术的系统性理论 17
 - 1.5.3 大力推广使用通透以太网结构的 BAS 17

第 2 章 BAS 软、硬件架构 19

- 2.1 卓灵公司 BAS 19
 - 2.1.1 卓灵公司 BAS 架构 19
 - 2.1.2 控制器及编程软件 20
- 2.2 施耐德公司 TAC BAS 23
 - 2.2.1 TAC BAS 架构 24
 - 2.2.2 控制器及编程软件 25
 - 2.2.3 通信协议和网络体系 26
- 2.3 METASYS BAS 27

- 2.3.1 METASYS BAS 系统架构 27
- 2.3.2 控制器及编程软件 28
- 2.4 BACtalk BAS 30
 - 2.4.1 BACtalk 系统架构 30
 - 2.4.2 控制器、网关及编程软件 31
- 2.5 安德沃公司 Continuum BAS 37
 - 2.5.1 Continuum 系统架构 37
 - 2.5.2 控制器及编程软件 38
- 2.6 EXCEL5000 BAS 41
 - 2.6.1 EXCEL5000 系统架构 41
 - 2.6.2 控制器及其接口 42
 - 2.6.3 EBI 系统 43
 - 2.6.4 CARE 44
- 2.7 西门子公司 Apogee BAS 47
 - 2.7.1 Apogee 系统架构 48
 - 2.7.2 S600 BAS 的网络体系 49
 - 2.7.3 Apogee 系统软件 52
- 2.8 柏斯顿公司 IBS-5000 BAS 53
 - 2.8.1 IBS-5000 系统架构 53
 - 2.8.2 IBMS-5000 系统的集成架构 54
 - 2.8.3 控制器及编程软件 55

第 3 章 空调系统原理与 BAS 57

- 3.1 BAS 的组成和功能 57
 - 3.1.1 BAS 的组成和功能要求 57
 - 3.1.2 BAS 的软件系统和功能 57
- 3.2 楼宇供配电系统的监控 58
 - 3.2.1 楼宇供配电系统的主要监控内容 58
 - 3.2.2 高低压供配电系统监控 60
 - 3.2.3 应急柴油发电机组与蓄电池组的监控 60
- 3.3 给排水自动控制系统和通风设施 60
 - 3.3.1 供水方式和排水系统及自动控制 60
 - 3.3.2 给排水系统监控 63
 - 3.3.3 高位水箱供水系统监控 64

VI 以太网技术在楼宇自控系统中的应用

3.3.4 排水系统的自动控制	65	4.4.2 100Base-T4 标准	106
3.3.5 水泵变频调速控制供水系统 及节能	66	4.4.3 100Base-TX 标准	107
3.3.6 BAS 中的通风设施	67	4.4.4 100Base-FX 标准	107
3.4 照明系统监控	67	4.4.5 100Base-T2 标准	107
3.5 电梯系统监控	68	4.4.6 IEEE 802.3 系列标准	108
3.5.1 电梯控制方式	68	4.5 千兆位以太网	110
3.5.2 电梯监控系统的监控内容	69	4.5.1 千兆位以太网的结构体系	110
3.6 空调系统原理	70	4.5.2 1000Base-LX 标准	110
3.6.1 中央空调系统的组成和分类	70	4.5.3 1000Base-SX 标准	111
3.6.2 湿空气的焓湿图	71	4.5.4 1000Base-CX 标准	111
3.6.3 空调房间的热负荷和湿负荷	75	4.5.5 1000Base-T 标准	111
3.6.4 空调房间送风量的确定和空调系 统新风量的确定	78	4.6 千兆位以太网的技术特征	112
3.7 PID 控制	79	4.7 从标准以太网、快速以太网到千兆位以 以太网的升级	114
3.7.1 PID 控制器	79	4.7.1 网络环境需要更高的带宽	114
3.7.2 连续控制系统中的 PID 控制	81	4.7.2 交换机到交换机连接信道的升 级	114
3.7.3 离散控制系统中的 PID 控制	82	4.7.3 交换机到服务器连接信道的升 级	114
3.7.4 PID 控制器各参数对控制性能 的影响	83	4.7.4 对交换式快速以太主干网的升 级	114
3.7.5 连续系统和离散系统的转换	84	4.7.5 网络升级的一些注意事项	114
3.8 空调系统的自动控制	85	4.7.6 从标准和快速以太网向千兆位以 以太网升级的举例	115
3.8.1 中央空调冷热源系统及前端设 备	85	4.7.7 一个大型网吧的千兆位以太网使 用实例	116
3.8.2 空调系统冷源自动控制	87	4.8 用于工业控制及工业环境的千兆位以 以太网	116
3.8.3 空调系统热源及自动控制	93	4.8.1 基于光纤运行的千兆位以太网	117
3.8.4 变风量空调系统的自动控制	95	4.8.2 1000Base-TX 标准	117
第 4 章 以太网技术	100	4.8.3 5 种非 IEEE 标准的千兆位以太网 规范和标准比较	117
4.1 以太网技术概述	100	4.9 万兆位以太网	118
4.1.1 以太网的概念	100	4.9.1 万兆位以太网的技术特点	118
4.1.2 以太网的主要优势	100	4.9.2 10000Base-ER 标准和 10000Base- EW 标准	118
4.2 以太网的分类及系列标准	101	4.9.3 10000Base-LR 标准、10000Base- L4 标准和 10000Base-SR 标准	118
4.2.1 IEEE 802 系列标准	101	4.9.4 10000Base-SW 标准	119
4.2.2 IEEE 802.3—2008 以太网标 准	102	4.9.5 万兆位以太网物理层标准和组网 距离	119
4.3 10Base-5/2/T/F 网络	102	4.9.6 万兆位以太网的应用	120
4.3.1 10Base-5 网络(粗缆以太网)	102	4.10 以太网信号帧结构	120
4.3.2 10Base-2 网络(细缆以太网)	103		
4.3.3 10base-T 网络	104		
4.3.4 10Base-F 网络	105		
4.4 802.3u 快速以太网	105		
4.4.1 100Base-T 网络	105		

4.10.1 数据帧	120	5.7 ModBus	175
4.10.2 OSI 模型中不同层级上的数据 块组织形式	124	5.7.1 ModBus 技术概述	175
4.11 网络互联设备	126	5.7.2 ModBus 总线技术在 BAS 中的应 用	176
4.11.1 中继器、集线器和网桥	127	5.8 PROFIBUS	178
4.11.2 交换机	128	5.8.1 PROFIBUS 的结构	178
4.12 路由器	135	5.8.2 PROFIBUS 通信参考模型	179
4.12.1 路由器的作用	135	5.8.3 总线存取技术	180
4.12.2 路由器与中继器、网桥、交换机的 主要功能区别	136	5.8.4 PROFIBUS 在 BAS 中的应用	181
4.12.3 路由器分类	137	5.9 控制网络与局域网的区别以及控制网 络的选择	184
4.12.4 路由器的基本配置	137	5.9.1 控制网络与局域网的区别	184
4.12.5 路由器选购	138	5.9.2 BAS 中常用控制网络和底层控制 网络的选择	185
4.13 全双工交换式以太网	138	5.10 RS-232 总线和 RS-485 总线	185
4.13.1 交换式以太网	138	5.10.1 RS-232 总线	185
4.13.2 全双工交换式以太网	139	5.10.2 RS-485 总线	187
第 5 章 控制网络技术	142	5.11 以太网作为控制网络	190
5.1 控制网络技术的发展	142	5.11.1 以太网进入工控领域的背景和以 太网的优点	190
5.1.1 控制网络概述	142	5.11.2 以太网与现场总线技术的比 较	191
5.1.2 控制网络技术的发展概述	143	5.11.3 以太网在工控领域中应用遇到的 一些问题和解决办法	192
5.2 BAS 中的现场总线与控制网络技术	145	5.12 DCS、FCS 和 PLC 控制系统的比较 分析	193
5.3 CAN 总线网络	147	第 6 章 工业以太网与实时以太网	196
5.3.1 CAN 通信技术的特点	147	6.1 工业以太网与现场总线	196
5.3.2 使用优先级控制结合 CSMA/CA 媒质访问控制模式	148	6.1.1 工业以太网与实时以太网的概 念	196
5.3.3 CAN 通信节点和报文帧	149	6.1.2 关于现场总线和实时以太网的 IEC 61158—2009 标准	200
5.3.4 使用 CAN 组织系统方式灵活	149	6.1.3 关于实时以太网的 IEC 61784-2 —2007 标准	201
5.4 LonWorks 总线技术	150	6.2 关于工业以太网和实时以太网技术的 几个问题	201
5.4.1 LonWorks 总线技术概述	150	6.3 Ethernet/IP	203
5.4.2 LonWorks 网络控制技术系统 开发实例	155	6.3.1 Ethernet/IP 通信协议模型	203
5.4.3 网络接口卡	158	6.3.2 Ethernet/IP 实时以太网系统结 构	205
5.4.4 网络服务器	159	6.4 PROFINet	206
5.5 EIB	169	6.4.1 PROFINet 简介	206
5.5.1 EIB 概述及特点	169		
5.5.2 EIB 网络的拓扑	171		
5.5.3 EIB 通信协议和系统性能	171		
5.5.4 EIB 传输介质	171		
5.5.5 应用实例	172		
5.6 CEBus	172		
5.6.1 CEBus 的标准和通信协议	172		
5.6.2 CEBus 在智能建筑中的应用	174		

VII 以太网技术在楼宇自控系统中的应用

6.4.2	PROFINet 通信协议模型	207	7.1.1	建筑内部的以太网层次	234
6.4.3	PROFINet 技术中的部分重要概念	207	7.1.2	以太网技术应用于工控和楼控系统 中的优点	234
6.4.4	PROFINet 组网拓扑和子网	209	7.1.3	对应用于工控和楼控领域中以太 网的一些要求及解决办法	236
6.4.5	PROFINet 网络接口的技术规范	210	7.2	在 CSMA/CD 机制下选择不同通信协 议提高实时性和确定性	238
6.4.6	优化的 PROFINet	211	7.2.1	TCP 和 UDP 及报文段格式	238
6.4.7	PROFINet 技术应用实例	212	7.2.2	在 CSMA/CD 机制下选择不同通 信协议提高实时性和确定性	239
6.5	EtherCAT	214	7.3	使用通透以太网的 BAS	241
6.5.1	EtherCAT 系统的结构	215	7.3.1	卓灵公司 BAS	241
6.5.2	EtherCAT 网络中的主站、从 站和通信协议模型	216	7.3.2	研华公司 iBAS-2000 BAS	245
6.5.3	EtherCAT 网络拓扑和传输介 质	217	7.3.3	基于以太网的 Apogee BAS	248
6.5.4	EtherCAT 技术特点	218	7.3.4	Honeywell 公司 WEBs BAS	250
6.6	Ethernet Powerlink	219	7.3.5	使用工业以太网的 BAS 举例(机场 航站楼的 BAS)	255
6.6.1	Powerlink 国际标准与通信协 议	219	7.4	关于使用通透以太网楼控系统的部分 观点	257
6.6.2	Ethernet Powerlink 的系统结 构和安全	222	7.5	使用通透以太网的楼控系统 与综合布线的关系	259
6.6.3	主站和从站	223	7.6	工业以太网与商用以太网设备之间的 主要区别	261
6.7	EPA	224	7.6.1	工业以太网与商用以太网设备 的区别	261
6.7.1	EPA 标准	224	7.6.2	工业以太网与信息网络的区 别	261
6.7.2	EPA 通信协议和系统结构	225	7.6.3	几种工业以太网的比较	262
6.7.3	互通信与互操作	227	第 8 章	工业以太网的规划安装调试	263
6.7.4	开放性与安全	227	8.1	工业以太网和商用以太网的主要区 别	263
6.8	ModBus TCP (RTSP)	228	8.2	MICE 环境参数和 IT 结构布线标 准	264
6.8.1	ModBus/TCP 工业以太网协 议	228	8.2.1	MICE 环境参数	264
6.8.2	ModBus/TCP 数据帧	229	8.2.2	IT 结构布线标准	265
6.8.3	ModBus/TCP 网络的体系结构 及通信	229	8.3	工业以太网的网络结构和虚拟局域 网	265
6.9	工业以太网监控系统的结构	230	8.3.1	工业以太网拓扑结构	265
6.9.1	C/S 结构	230	8.3.2	虚拟局域网	266
6.9.2	B/S 结构	231	8.3.3	规划一个工业以太网要考虑的 问题	267
6.9.3	B/S 结构与 C/S 结构相结合的体 系结构	231	8.4	组建一个工业以太网的部分注意事 项	267
6.10	某型号工业以太网交换机性能及技 术参数介绍	232			
第 7 章	使用通透以太网的 BAS	234			
7.1	以太网、工业以太网在智能型建筑中的 应用	234			

8.4.1	工业以太网环境中的无线 AP	267	9.3.1	短距低功耗无线网络	293
8.4.2	带宽考虑	267	9.3.2	ZigBee 网络在建筑智能化技术中的应用	294
8.4.3	电磁辐射和免疫要求	267	9.3.3	蓝牙网络技术应用于智能建筑	295
8.4.4	工业以太网使用的电缆和连接器	268	9.3.4	超宽频(UWB)技术和 NCF 技术	296
8.5	工业以太网中设备的连接	269	9.3.5	结论	297
第 9 章 无线网络技术在建筑智能化中的应用			9.4	短距无线网络的互联互通	297
第 9 章 无线网络技术在建筑智能化中的应用			271	9.4.1	短距无线网络的互联互通概述
9.1	WLAN 组网及典型的实用系统	271	9.4.2	短距无线网络互联互通可实现建筑内无盲区的数据覆盖	298
9.1.1	WLAN 概述	271	9.4.3	技术的发展现状	298
9.1.2	WLAN 的标准	272	9.4.4	应用方向及前景	299
9.1.3	WLAN 的结构及组网拓扑	273	第 10 章 下一代互联网与 DDC 控制器编程技术分析		
9.1.4	WLAN 的接入方式	275	第 10 章 下一代互联网与 DDC 控制器编程技术分析		
9.1.5	在 Windows2000 操作系统下对一个标准的 WLAN 进行设置	276	10.1 下一代互联网技术在 BAS 中的应用		
9.1.6	在 Windows xp 操作系统下设置 WLAN	278	10.1.1 下一代互联网和 IPv6		
9.1.7	工业无线移动通信中的 WLAN 技术及应用	278	10.1.2 IPv6 的地址结构和地址配置		
9.2	应用于楼宇环境小规模的无线传感器网络	282	10.1.3 IPv4 向 IPv6 体系的过渡		
9.2.1	楼宇环境中的小规模无线传感器网络	282	10.2 图形模块化 DDC 控制器编程语言中智能算法的应用		
9.2.2	楼宇环境小规模无线传感器网络的应用	283	10.2.1 问题的提出和解决该问题的意义		
9.2.3	楼宇环境中小规模传感器网络注重解决的问题	283	10.2.2 使用图形模块化编程语言的优势		
9.2.4	广义无线传感器网络及结构	284	10.2.3 常规程序和融入智能算法的控制程序		
9.2.5	楼宇环境中小规模传感器网络的路由协议设计	285	10.2.4 一个使用模糊控制的 PID 调节器控制程序编制及分析		
9.2.6	楼宇环境小规模传感器网络的覆盖控制	289	10.2.5 融入智能算法的 DDC 控制器图形模块化编程的一些问题分析及结论		
9.2.7	在楼宇环境中应用的异构无线传感器网络	291	10.2.6 一个应用实例		
9.3	短距低功耗无线网络技术在建筑智能化中的应用	293	参考文献		
			318		

第1章 建筑智能化、信息化技术中的楼宇自控系统

1.1 现代建筑装备楼宇自控系统的原因及应用现状

1.1.1 楼宇自控系统的监控对象和能够产生的实际效果

对于一座现代化楼宇来讲,如果没有装备楼宇自控系统(Building Automation System, BAS),在使用楼宇内的空调、供热、给排水、变配电、照明、电梯等设备时,往往存在以下问题:控制问题、管理问题、维护问题和能耗问题,不借助楼宇自控系统这些问题是解决不好的,同时楼宇内的机电设备和暖通空调设备的电能消耗会处在一个较高的水平上,即使采取其他一些节能措施,总的节能水平也是很低的。

1. BAS的监控对象及相应的监控内容

BAS就是将建筑物或建筑群内的空调、供热、给排水、变配电、照明、电梯、消防、保安等众多分散设备的运行状况、安全状况、能源使用状况及节能管理实行集中监测、管理和分散控制的建筑物管理与控制系统。

BAS主要的监控对象有空调机组(新风空调机组、变风量空调机组、夏季制冷并提供冷源的冷源系统、冬季提供热源的热源系统)、照明系统、备用发电机组、电梯、保安门禁和巡更系统等。

对于冷源系统,要控制的对象有冷冻机组、冷冻水泵、冷却水泵、冷却塔等;对于热源系统,要控制的对象有热交换器、热水一次水泵等。热泵也是一种能够提供冷源的系统,同时还能向外提供热源。

暖通空调系统是现代建筑创造舒适高效工作与生活环境不可缺少的重要建筑机电设备,其设备耗电量占建筑物总耗电量的50%~60%,其监控点数占整个楼宇监控点数的50%以上,BAS对建筑物内的暖通空调设备(如:冷却塔、冷水机组、空气处理机、新风机组等)进行自动化和智能化的控制,实现经济运行,降低能耗。

给排水系统在任何建筑都必须装备的一个子系统。BAS主要是对给排水系统的状态、参数进行监视与控制,保证系统运行参数满足建筑给排水要求以及给排水的安全,通过合理、智能化的控制实现给排水系统工作在经济运行状态和接近最佳的工况中。

变配电系统为建筑物最主要的电能供给源,BAS监控建筑物内用电设备的正常运行,保障供电可靠性,负责电力供应管理和设备节电运行。

照明系统占建筑物耗电量的20%~30%,BAS一方面为了保证建筑物各区域的照度和视觉环境对灯光进行控制,另一方面对照明设备进行节能控制。

BAS对于建筑物内的多台电梯实行集中的控制和管理,同时配合消防系统执行联动管理和监控。

根据统计资料可知,写字楼和酒店等商业建筑中的空调、照明、电梯等系统的耗能数据

如下：

- 1) 写字楼空调耗能占建筑总耗能的 60%，下限为 50.7%，上限为 70%。
- 2) 酒店（热、通风和空调控制）耗能占总耗能的 44%。
- 3) 写字楼照明耗能占总耗能的 23% ~ 55%，平均值为 26%，酒店照明耗能占总耗能的 29%。
- 4) 写字楼电梯耗能占总耗能的 8%，酒店电梯耗能占总耗能的 10%。

从以上统计数据分析得知，仅对商业楼宇建筑内的空调、照明系统实施智能化监控调节的节能意义就十分重要。

2. BAS 所能够产生的实际效果

一幢现代建筑装备了 BAS 以后，能产生的实际效果如下：

- 1) 室内能够保持恒温、恒湿以及具有良好的空气质量环境，同时通过对暖通空调系统科学合理的控制可产生可观的节能效益。能够对建筑物内部实施合理的灯光照度控制，既满足用户对灯光照明正常合理的需求，同时又能够获得较好的节能效果。
- 2) 根据不同建筑物的具体用途制定和实现最佳的建筑运行能源控制方案，节约能源消耗并实现能源管理自动化。
- 3) 实现设备自动化运行，提高运行效率，降低劳动强度。
- 4) 通过合理和智能化的控制调节，使楼宇内的主要机电设备运行于最佳工况或接近于最佳工况，同时便于设备的保养和维修。
- 5) 便于楼宇管理人员对设备进行操作并监控设备运行情况，提高整体管理水平。
- 6) 使用 BAS 可以对楼宇内机电设备的运行和使用提供一个良好的管理，这就能够延长大楼设备的使用寿命，使设备更换的周期延长，节省大楼的设备运行开支。
- 7) 及时发出设备故障及各类报警信号，便于将损失降到最低点，使操作人员用最短的时间处理故障。

1.1.2 BAS 的应用现状

建筑智能化、信息化技术是一门交叉性很强的综合性技术，其内容涉及计算机网络技术、现代通信技术、暖通空调技术、计算机控制技术、控制网络技术、信息技术、传感器技术和智能控制技术等。建筑智能化、信息化技术是现代信息技术和现代控制技术向现代建筑的自然延伸。

尽管现代建筑装备了 BAS 以后会产生如上所述的效果，使楼宇的整体耗电有一个较大幅度的降低，但实际情况是建筑中有相当大的比例，装备的 BAS 并没有将设计功能完全发挥出来。产生这种状况的原因是多方面的，下面仅阐述一些主要原因：

- 1) 整个工程技术及学术界对 BAS 的深入研究不够，在系统性理论的建立和系统性的工程测试、成功经验汇集交流水平方面还远不能支撑 BAS 进入成熟的工程应用。
- 2) 目前大部分 BAS 不能正常运行的一个非常重要的原因是调试工作不到位，调试效果达不到系统设计功能水平且差距较大。真正具有很强综合性驾驭 BAS 能力的技术人员非常短缺，现有的系统调试技术人员水平不高都是造成大部分 BAS 不能正常运行的最重要原因。BAS 技术是一个技术体系的集成，要实现对整个建筑物中各个子系统进行全面监测和高效能的控制，要求系统调试技术人员必须对 BAS 有一个较为全面、深入的理解和把握，只有具

备了这样的能力才可能真正实现对整个系统全面、深入的调试，才能最大限度地实现 BAS 的设计功能。

3) 目前依托楼控系统实现建筑节能有两大障碍，即建筑产权的拥有主体节能观念及意识不强；技术瓶颈和资金瓶颈的限制。

4) 只监不控或多监少控。国外品牌产品自动化程度较高，但实际功能的应用只能达到 10%，有些功能与国内实际使用情况不吻合，造成资源很大的浪费。

5) 前期投资少，只监不控或多监少控是造成 BAS 运行水平低的重要因素。

6) BAS 技术涉及面广，从事暖通空调工作的人员不懂自控，从事机电一体化工作的人员不懂空调暖通，使得无法相互沟通，从设计和施工以及系统维护保养方面的情况来看都是这样。另外，计算机网络通信技术、控制域网络技术，包括相关的现场总线控制网络和工业以太网控制网络技术都是 BAS 技术体系中的组成部分，不能熟练地驾驭 BAS 的通信支持网络架构，就无法有效地进行 BAS 的设计、施工和调试以及后来的系统维护。因此，应该加快培养提高从事 BAS 技术的工程技术人员相关知识复合程度和深度。

7) 在目前阶段，要使尽量多 BAS 较大程度上实现原有的设计功能，必须要加深设计、施工阶段的专业间协调，解决工程实际中存在的大量专业协调问题。如暖通专业应该在自控专业领域做到什么深度，和电气专业应该怎样配合，软、硬件系统的通信接口等。

8) BAS 目前没有相关的统一性标准，验收工艺流程缺乏监管。业内人士指出，空调暖通的调试过程必须规范化，而且空调暖通要分 3 个季节调试。要有冬季、夏季和过渡季节，3 个季节都进行检测验收才能过关。正由于没有相关统一性的标准，BAS 中出现了问题需要解决时没有相应的依据，使用户、系统集成商、厂商之间出现都有责任或都没有责任的尴尬状况。如某厂家提供 BAS 的外围产品——阀门，系统运行一段时间后阀门就出现关不死也开不到头的现象，理论上阀门的开度应该从 0 ~ 100% 范围内任意调节，这样一来，阀门的调节呈现非线性的控制曲线，线性的控制规律，如适用于控制线性系统的 PID（比例、积分、微分）调节器的控制效果会大为变差。还有，CO₂ 传感器控制新风量是根据 CO₂ 浓度来定的，CO₂ 传感器出故障后，测量值总是偏大，导致空调机组进入了全新风运行状态，处于高耗能状态运行。

业内人士认为，必须要制定 BAS 相关统一性的标准规范，规范中还要明确规定，传感器需要定期标定。

通过编制 BAS 的相关技术规范，并大范围地实施，才能够使更多的系统较好地实现设计功能。但目前的情况是，安防有安防相关协会来管，消防有公安部和消防局来管，楼控也应该有专门的国家部委对口部门来监管。

9) 在暖通空调的水系统中，空调冷却塔实施的传统控制方法是群控，根据检测温度来确定开启冷却塔的数量，但现在更多地采用变频调速技术，不做群控，利用所有冷却塔的面积散热，把频率调到最低，对冷却水泵和冷却塔风扇实施变频调速，能够产生较好的节能效果。但在风机、水泵的拖动电动机功率比较小时，采用变频调速进行节能的效果差一些。实际上调速节能与群控节能并不矛盾，在风系统和水系统中，如果需要群组控制，完全可以和调速控制结合起来，将会有更好的节能效果。

10) 提高系统集成的水平。国外的系统集成在技术上比国内领先不少。如水泵电动机的控制，国内多半水泵和控制箱是分开的，并由不同厂家提供，而美国生产的水泵和控制箱

都是一体化的，水泵的控制箱可以提供周期的运行表并且可以通过接口直接连接 BAS，BAS 可以直接控制水泵也可以通过控制箱控制并实时获得报表。国外设备的接口一般提供多种规格以供选择，而国内目前普遍没有做到这一点。

提高系统集成的水平对系统集成商的要求相应地就提高了。智能楼宇工程项目中核心的要素是技术服务，智能楼宇的业主对于这类项目的高端需求表现为软件集成，集成的内容包括楼宇自动化、办公自动化、通信自动化的功能、软件以及信息的集成。

由于系统集成方面已开发有多种不同的集成系统软件，做得即很专业又很高端的却较少，系统集成商根据客户的需求来选用不同产品搭配系统。系统集成商进行系统方案的设计、工程质量的控制。系统集成商不一定有自行开发的软、硬件产品，因此很难具有可以量化的指标。系统集成商的系统方案设计也是知识产品，这种知识产品的含金量可以通过实践效果、第三方权威机构的检测等方法来评估。我国的系统集成市场和竞争环境日益走向成熟和规范，系统集成商要获得进一步的发展，仅依靠客户关系、销售为主、粗通技术加售后服务等手段是不行的。从中国软件评测中心在集成商资质认证过程中的经验和集成业界的共识来看，作为系统集成商，必须在以下 5 个方面强化实力：

① 深刻了解行业的信息化需求，根据客户的行业特点以及工作流程，为客户提供全面、优秀的解决方案，承担本行业大型复杂的高增值的信息系统集成及服务项目，不断在相关行业的系统集成上积累经验。

② 具备较强的行业应用开发队伍，采用先进的技术和工具，开发出具有竞争力的新型领先的行业软件，并在行业的系统集成中得到很好的应用。

③ 具有较完备的管理机制，实行现代化的企业管理。

④ 与用户建立长期的合作伙伴关系，为其提供满意的服务。

⑤ 不断学习，努力创新，跟踪行业发展，掌握行业标准，用成熟、先进和可靠的技术进行系统集成工程的设计和实施。

11) 很多工程在实施后随着运行环境有所变化，运行策略需要做相应的调整。但多数情况下，运行策略的调整工作是缺位的，厂商为前期工程调试交付以后，后续的服务必须要跟上，否则系统的运行就会出现很多问题，导致系统的设计功能基本上无法实现。

影响 BAS 正常实现设计功能的原因较多，以上仅仅是其中的一部分。

1.2 建筑智能化、信息化技术研究和工程应用中的一些热点问题

1.2.1 建筑智能化、信息化技术与智能建筑技术

1. 传统的智能建筑技术研究对象

智能建筑技术指传统意义上的建筑智能化技术，随着建筑智能化技术的发展，信息技术、智能控制技术、新的智能传感器技术、现代控制网络技术、网络通信技术越来越多地融入建筑智能化技术，因此更准确地讲，将智能建筑技术称为建筑智能化、信息化技术更为贴切一些。建筑智能化、信息化技术研究的内容较多，其中有在建筑环境中应用的各种智能化技术、信息化技术、网络通信技术；一些不同学科高度交叉形成的领域，如暖通空调和控制技术的融合，楼宇自动化控制和使用复杂智能算法的融合，各种控制总线技术之间的融合，

不同控制网络技术之间的融合等表现的具体技术内容、深层的规律等。

传统的智能建筑技术研究的智能建筑系统包括网络通信系统、建筑设备监控系统、安全防范系统、火灾报警消防联动控制系统以及智能小区系统，同时使用系统集成技术实现建筑设备监控系统、安全防范系统和火灾报警消防联动控制系统的集成。

传统的智能建筑系统组成如图 1-1 所示。

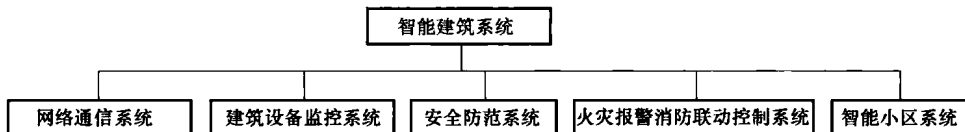


图 1-1 传统的智能建筑系统组成

网络通信系统、建筑设备监控系统和安全防范系统各个子系统的组成如图 1-2 所示。

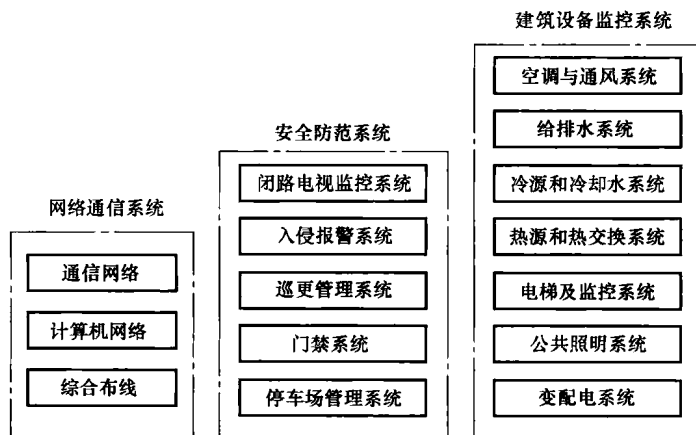


图 1-2 子系统的组成

由于一些传统的系统技术独立性较强，如变配电系统、电梯及控制系统，因此在智能建筑技术中要进行理论研究和工程实际处理的内容就相对要少得多。

2. 建筑智能化、信息化技术研究的内容

建筑智能化、信息化技术在传统的智能建筑技术基础上交叉渗透了许多新的技术内容，这些内容如下：

(1) 先进控制网络技术的交叉渗透

网络通信系统中交叉渗透了大量的新技术。任何一个 BAS 都架构在一个通信网络环境中，不同 BAS 的网络通信平台可以彼此互不相同。在层级结构的 BAS 中，控制网络可由多种现场总线或控制总线来架构，也可以直接使用以太网来架构控制网络，但这里所讲的以太网不是通常意义的商业以太网或办公以太网，即不是信息域常用的以太网，而是工业以太网或实时以太网。工业以太网相对于现场总线网络来讲被称为现代控制网络，而现场总线网络却被称为传统的控制网络。网络技术的发展趋势是非常清楚的：有线网络技术的主流技术是以太网技术，百兆、千兆以太网的应用越来越普及，万兆和十万兆的以太网技术从实验室越来越深入和广泛地走进科研教育应用领域、工业控制领域和社会生活的各个领域。工业以太网或实时以太网技术与主流的以太网技术发展是吻合的，而种类较多的现场总线技术明显地

与主流以太网技术的融合和协调是不理想的。BAS 是工业控制系统在现代建筑领域的延伸，工业控制领域中正蓬勃发展的控制网络技术在楼宇自控领域呈现了丰富多彩的内容，发展潜力十分巨大。

(2) 多种制式的无线网络在 BAS 中的应用日趋深入

BAS 只有在一定的通信网络基础架构上才能形成系统并工作运行，BAS 的网络基础平台一般是指采用有线方式架构起来的通信网络，尽管这个网络的组成内容可以包括多种现场总线以及传统的 RS-232、RS-485 总线，特别是 BACnet 协议及应用系统中默认的 IEEE802.3 系列的网络、MS/TP 网络、ARCNET 网络，还有 LonWorks 控制网络等。

另外，由于多数 BAS 本身具有远程监控的功能，因此其通信网络必须具备能够便捷地接入 Internet（因特网）的能力，接入方式可以采用有线的方式，也可以使用无线接入方式，既能方便快捷地接入 Internet，又能方便快捷的将 BAS 从 Internet 上剥离下来，成为一个仅仅覆盖局部建筑内部区域且封闭的监控系统。

随着楼控技术和建筑智能化技术的发展，采集建筑内部环境物理量数据的方式越来越灵活，各类传感器不仅可以采集到的物理量数据及信号通过有线线缆来传输，也可以通过不同制式的无线传输方式来进行。因此，多种制式的无线网络在 BAS 中的应用日趋深入和广泛。在 BAS 中应用较多和应用将越来越多的不同制式无线网络有移动无线广域网，短距、中距无线网络等。

(3) 不同制式网络之间的互联互通

BAS 的通信网络环境是一个较复杂且发展变化十分迅速的架构平台，多种不同的网络都可以在其中发挥作用，因此不同制式网络之间的互联互通也是楼控系统面临的一个重要问题和高效运行必须要依托的技术。这方面的内容也是先进楼控技术体系集成中的一部分非常重要的内容。

(4) 综合布线技术对楼控技术的影响

传统的智能建筑技术一般无需过多地考虑综合布线技术在 BAS 中的应用，因为 BAS 的管理层网络和楼宇内的综合布线系统可以直接关联，也可以不连入综合布线系统，而 BAS 的控制网络一般情况下和综合布线系统是隔离的。随着上述越来越复杂的网络通信技术的交叉渗透，智能布线系统技术、电信网络的光接入网技术对 BAS 的远程监控性能已经产生了较强的影响。在设计和实施系统的远程监控功能时，不能不考虑综合布线系统的影响。这也是建筑智能化、信息化技术与传统的智能建筑技术的一个重要不同。

(5) 系统理论的建立

传统的智能建筑技术在许多重要的方面并没有系统的理论作支撑，一般是直接将信息技术或控制理论和控制工程中的许多理论体系移植到建筑领域中来。从 BAS 在发展和应用中表现出来的越来越多问题来看，不去系统地构建它的理论体系已经形成了阻碍楼控技术和建筑智能化技术发展的瓶颈。因此，建筑智能化、信息化技术在这方面就肩负着建立关于 BAS 和建筑智能化控制的系统理论的任务。这些系统理论包括：使用通透以太网架构 BAS 的理论、基于 BACnet 协议的 BAS 理论、提高 BAS 开放性的理论等。

(6) 先进的网络技术对传统的安防、消防技术的交叉渗透

传统的智能建筑技术中安防系统和火灾报警及消防联动系统的技术与理论中已经交叉渗透了网络化控制内容，安防系统网络化、火灾报警及消防联动系统的网络化控制，以及基于

先进无线网络技术的新型安防子系统、火灾报警及消防联动子系统越来越多地加入到了现有系统中。

(7) 三大通信协议及其应用系统

BAS 可以按照不同的主导通信协议平台,分为基于 BACnet 协议的系统、基于 TCP/IP 的系统和 Lontalk 应用系统。实际上, BAS 中一般情况下是几种不同通信协议的集成系统,但其中有一种通信协议占据主导地位。

(8) 先进的楼控技术及智能化控制技术

在建筑设备监控系统中,在使用常规的控制技术基础上,面对各种具体的应用环境和对象,使用先进的智能控制技术,使建筑物内的大多数电气设备工作在最佳或接近最佳的运行工况中,达到幅度可观的节能效果。

1.2.2 楼控技术与建筑智能化技术研究及工程应用中的一些热点问题

通过理论研究和对大量实际工程经验的总结,楼控技术与建筑智能化技术发展的一些瓶颈和热点问题已较为清晰地显现出来。建筑智能化、信息化技术具有典型交叉学科的特点,许多新技术同时应用在现代建筑这同一个载体上。有许多方面都需要进行深入研究和发展,经过较深入地研究及整理,以下一些方面的研究和发展已经成为建筑智能化、信息化技术发展的瓶颈问题:

1. 对三大通信协议及应用系统的系统化研究及工程系统开发

美国暖通空调和制冷工程师协会 (ASHREA) 汇集了业界内的顶尖专家,他们花费了将近十年的时间,一稿又一稿地修正了楼宇自控网络的 BACnet 协议,制订协议的初衷是通过制定和推出 BACnet 协议,构建基于 BACnet 协议的 BAS,最大限度地提高 BAS 的开放性,使不同生产厂家生产的 BAS 核心设备能够彼此互换互用、互联互通。

在 1995 年 6 月,ASHREA 正式通过全球第一个楼宇自控行业通信标准——BACnet,标准编号为 ANSI/ASHREA Standard135—1995,同年 12 月成为美国国家标准,并且还得到了欧盟委员会的承认,成为欧盟标准草案。经过国际标准化组织 (ISO) 的讨论投票,BACnet 协议于 2003 年 1 月 18 日被正式宣布为国际标准——ISO 16484—5—2007。这是楼宇自控领域中唯一的 ISO 标准。BACnet 协议自 1997 年推出到 2000 年被介绍到我国以来,已经过去了 10 年,但制定 BACnet 协议用来提高 BAS 的开放性这个初衷并没有完全实现。

BACnet 协议是一个标准通信和数据交换协议。各厂家按照这一协议标准开发与楼宇自控网兼容的控制器与接口,最终达到不同厂家生产的控制器都可以相互交换数据,实现互操作性。换言之,它确立了在不必考虑生产厂家、不依赖任何专用芯片组的情况下,各种兼容系统实现开放性与互操作性的基本规则。但在目前阶段,同样都是基于 BACnet 协议的 BAS,核心设备 DDC (直接数字控制器) 都是使用 BACnet 协议,但不同厂家的核心控制设备是不能彼此互换互用的,现有的 BAS 多数情况下都是这样,换句话说讲, BAS 的开放性在目前阶段还非常不能令人满意,既然 BAS 的开放性还很差,那么它一定是一个对资源配置应用不合理的系统,现在的 BAS 现状就是这样。

LONMARK 标准是以美国 ECHELON 公司于 20 世纪 90 年代推出的以 LonWorks 技术为基础的一套标准,其通信协议为 Lontalk 协议。LonWorks 技术实际上是一种测控网技术,或者更确切的说是一种工控网技术,也叫现场总线技术,可以方便地实现现场的传感器、执行