

高职高专建筑智能化工程技术专业规划教材  
国家级精品资源共享课配套教材

# 通信网络与 综合布线

陈红 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



[www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

高职高专建筑智能化工程技术专业规划教材  
国家级精品资源共享课配套教材

# 通信网络与综合布线

|     |     |     |
|-----|-----|-----|
| 主 编 | 陈 红 |     |
| 副主编 | 周韵玲 | 齐向阳 |
| 参 编 | 巫 莉 | 刘继贵 |
|     | 彭国华 | 杨百祥 |
| 主 审 | 卿济民 |     |



机械工业出版社

本书为建筑智能化工程技术专业规划教材,结合智能建筑通信与计算机网络系统应用实际,着重阐述计算机局域网知识与组网技术,综合布线系统设计知识与施工技术,卫星有线电视系统知识与系统安装维护技术。全书分为3篇,共9章,分别是:第1篇计算机局域网,包括智能建筑概述、通信技术基础、计算机网络基础、计算机网络工程及局域网组网训练;第2篇综合布线系统,包括综合布线系统与工程设计、综合布线工程施工任务;第3篇卫星电视系统,包括卫星通信与有线电视系统、卫星电视系统施工任务。

本书可作为高职高专和本科层次建筑智能化工程技术及其相关专业教材,也可作为“智能楼宇管理师”国家职业资格鉴定培训参考资料,还可作为智能建筑一线工程技术人员的参考资料。

为方便教学,本书配有电子教案、PPT课件、教学录像以及智能建筑信息设施系统设计规范、工程案例图集等,凡选用本书作为教材的学校,均可来电索取。咨询电话:010-88379375;电子邮箱:wangzongf@163.com。

## 图书在版编目(CIP)数据

通信网络与综合布线/陈红主编. —北京:机械工业出版社,2014.8

高职高专建筑智能化工程技术专业规划教材 国家级精品资源共享课配套教材

ISBN 978-7-111-47055-7

I. ①通… II. ①陈… III. ①通信网—布线—高等职业教育—教材  
IV. ①TN915

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第126970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:王宗锋 责任编辑:王宗锋 张利萍

版式设计:霍永明 责任校对:张薇

封面设计:路恩中 责任印制:李洋

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市胜利装订厂装订)

2014年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·19.75印张·484千字

0001—2000册

标准书号:ISBN 978-7-111-47055-7

定价:38.00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

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

本书是总结深圳职业技术学院国家级精品课程——“通信网络与综合布线”课程教学实践的基础上，按照建筑智能化工程技术专业及相关专业的人才培养方案和课程标准要求，融合“智能楼宇管理师”国家职业资格标准指明的电视、电话和计算机网络“三网”的内容编写而成的。

本书主要有三大特色：

1. 以工程应用为前提，深入浅出、大跨度综合基础技术知识。本书从智能建筑信息设施系统应用实际出发，内容上综合数字通信技术基础、计算机网络、综合布线系统和卫星有线电视系统的基本知识，以保障信息设施系统设计必备知识、并便于自学。

2. 以能力培养为目标、凝结专业“课证”融合人才培养模式的课程改革成果。本书编写目标瞄准学生智能建筑信息设施系统工程设计与施工能力培养；其中局域网组网训练、综合布线工程施工任务和卫星电视系统施工任务是本书作者十多年来，基于典型工作任务分析、融合“智能楼宇管理师”国家职业资格鉴定标准实施课程教学改革的成果结晶。基于训练任务组织教学，便于实现在“做中学”、在“做中悟”的教学理念。

3. 配套资源丰富、共享资源库开放。本书浓缩国家精品课程“通信网络与综合布线”（2007）精华，2013年“通信网络与综合布线”课程升级为国家级精品资源共享课，课程教学电子教案、PPT课件、教学录像以及智能建筑信息设施系统设计规范、工程案例图集、“智能楼宇管理师”职业资格鉴定等资源已面向全国开放。

参加本书编写的有：深圳职业技术学院陈红老师（第1、2、6、7章），周韵玲老师（第3、4、5章），齐向阳老师（第8、9章），广州建设职业技术学院巫莉老师（参编第6章），山东城市建设职业学院刘继贵老师（参编第3章），彭国华工程师（参编第5、9章），杨百祥工程师（参编第7章），全书由卿济民博士主审。

由于编者水平有限，书中缺点、错误在所难免，恳请使用本书的教师和读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 前言

## 第1篇 计算机局域网

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第1章 智能建筑概述 .....        | 1  |
| 1.1 智能大厦 .....          | 2  |
| 1.2 智能小区 .....          | 2  |
| 1.3 我国智能建筑的发展 .....     | 4  |
| 思考与练习 .....             | 5  |
| 第2章 通信技术基础 .....        | 6  |
| 2.1 通信基本概念 .....        | 6  |
| 2.1.1 通信系统分类 .....      | 6  |
| 2.1.2 信号 .....          | 7  |
| 2.1.3 信道 .....          | 8  |
| 2.2 模拟通信 .....          | 9  |
| 2.2.1 模拟信号的基带传输 .....   | 9  |
| 2.2.2 模拟信号调制方式 .....    | 10 |
| 2.2.3 频分复用 .....        | 12 |
| 2.3 数字通信 .....          | 12 |
| 2.3.1 信源编码 .....        | 13 |
| 2.3.2 数字信号基带传输技术 .....  | 16 |
| 2.3.3 数字信号载波传输技术 .....  | 19 |
| 2.3.4 时分复用技术 .....      | 22 |
| 2.4 通信系统的性能指标 .....     | 27 |
| 2.4.1 模拟通信系统的性能指标 ..... | 27 |
| 2.4.2 数字通信系统的性能指标 ..... | 27 |
| 思考与练习 .....             | 28 |
| 第3章 计算机网络基础 .....       | 30 |
| 3.1 计算机网络概述 .....       | 30 |
| 3.1.1 通信网络 .....        | 30 |
| 3.1.2 计算机网络 .....       | 31 |
| 3.1.3 计算机网络设备 .....     | 31 |
| 3.1.4 计算机网络的拓扑结构 .....  | 36 |
| 3.1.5 计算机网络的分类 .....    | 38 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 3.2 网络体系结构和协议 .....             | 39  |
| 3.2.1 计算机进程通信与协议概念 .....        | 39  |
| 3.2.2 ISO 与 OSI 网络体系结构 .....    | 41  |
| 3.2.3 TCP/IP 体系结构及相关协议 .....    | 45  |
| 3.2.4 IEEE 802 标准系列及其体系结构 ..... | 52  |
| 3.3 局域网组网技术 .....               | 57  |
| 3.3.1 局域网常见类型 .....             | 57  |
| 3.3.2 网络的互联设备 .....             | 68  |
| 3.3.3 互联网接入方式 .....             | 75  |
| 3.3.4 网络操作系统 .....              | 81  |
| 3.3.5 网络的管理 .....               | 83  |
| 3.3.6 网络的安全 .....               | 84  |
| 思考与练习 .....                     | 86  |
| 第4章 计算机网络工程 .....               | 88  |
| 4.1 计算机网络系统组成 .....             | 88  |
| 4.1.1 主干网络 .....                | 88  |
| 4.1.2 子网 .....                  | 88  |
| 4.1.3 对外互联 .....                | 89  |
| 4.2 计算机网络工程设计 .....             | 90  |
| 4.2.1 设计的目标和原则 .....            | 90  |
| 4.2.2 计算机网络工程设计步骤 .....         | 91  |
| 4.3 计算机网络工程实例 .....             | 105 |
| 4.3.1 工程概况和设计要求 .....           | 105 |
| 4.3.2 设计原则 .....                | 105 |
| 4.3.3 网络信息点统计 .....             | 105 |
| 4.3.4 网络结构 .....                | 105 |
| 4.3.5 设备选型与配置 .....             | 106 |
| 4.3.6 IP 地址规划 .....             | 112 |
| 4.3.7 方案特点 .....                | 113 |
| 思考与练习 .....                     | 114 |
| 第5章 局域网组网训练 .....               | 116 |
| 5.1 双绞线制作 .....                 | 116 |
| 5.1.1 任务描述 .....                | 116 |
| 5.1.2 实操要求 .....                | 116 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 5.1.3 知识准备 .....       | 116 |
| 5.1.4 操作步骤 .....       | 117 |
| 思考问题 .....             | 119 |
| 5.2 双机互联 .....         | 119 |
| 5.2.1 任务描述 .....       | 119 |
| 5.2.2 实操要求 .....       | 120 |
| 5.2.3 知识准备 .....       | 120 |
| 5.2.4 操作步骤 .....       | 122 |
| 思考问题 .....             | 123 |
| 5.3 组建对等局域网 .....      | 123 |
| 5.3.1 任务描述 .....       | 123 |
| 5.3.2 实操要求 .....       | 124 |
| 5.3.3 知识准备 .....       | 124 |
| 5.3.4 操作步骤 .....       | 125 |
| 思考问题 .....             | 126 |
| 5.4 WLAN 组网 .....      | 126 |
| 5.4.1 任务描述 .....       | 126 |
| 5.4.2 实操要求 .....       | 126 |
| 5.4.3 知识准备 .....       | 126 |
| 5.4.4 操作步骤 .....       | 128 |
| 思考问题 .....             | 131 |
| 5.5 网络操作系统的安装与配置 ..... | 131 |
| 5.5.1 任务描述 .....       | 131 |
| 5.5.2 实操要求 .....       | 131 |
| 5.5.3 知识准备 .....       | 131 |
| 5.5.4 操作步骤 .....       | 135 |
| 思考问题 .....             | 138 |
| 5.6 小型局域网组网与管理 .....   | 138 |
| 5.6.1 任务描述 .....       | 138 |
| 5.6.2 实操要求 .....       | 138 |
| 5.6.3 知识准备 .....       | 139 |
| 5.6.4 操作步骤 .....       | 142 |
| 思考问题 .....             | 159 |
| 5.7 以太网交换机的配置 .....    | 159 |
| 5.7.1 任务描述 .....       | 159 |
| 5.7.2 实操要求 .....       | 159 |
| 5.7.3 知识准备 .....       | 159 |
| 5.7.4 操作步骤 .....       | 163 |
| 思考问题 .....             | 166 |
| 5.8 防火墙的操作与配置 .....    | 166 |
| 5.8.1 任务描述 .....       | 166 |
| 5.8.2 实操要求 .....       | 167 |
| 5.8.3 知识准备 .....       | 167 |

|                  |     |
|------------------|-----|
| 5.8.4 操作步骤 ..... | 171 |
| 思考问题 .....       | 173 |

## 第2篇 综合布线系统

### 第6章 综合布线系统与工程设计 .....

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 6.1 综合布线系统结构 .....              | 175 |
| 6.1.1 工作区子系统 .....              | 177 |
| 6.1.2 配线子系统 .....               | 180 |
| 6.1.3 干线子系统 .....               | 186 |
| 6.1.4 设备间子系统和电信间子系统 .....       | 188 |
| 6.1.5 建筑群子系统 .....              | 193 |
| 6.1.6 管理 .....                  | 193 |
| 6.1.7 电气防护与接地 .....             | 196 |
| 6.2 综合布线系统工程设计 .....            | 200 |
| 6.2.1 设计原则与选型要领 .....           | 201 |
| 6.2.2 综合布线系统应用等级与设<br>计等级 ..... | 202 |
| 6.2.3 设计步骤 .....                | 205 |
| 6.2.4 综合布线系统设计案例 .....          | 213 |
| 6.3 综合布线系统测试指标 .....            | 222 |
| 6.3.1 综合布线系统测试模型 .....          | 223 |
| 6.3.2 铜缆系统电气性能指标 .....          | 224 |
| 6.3.3 光纤系统指标 .....              | 229 |
| 思考与练习 .....                     | 232 |

### 第7章 综合布线工程施工任务 .....

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 7.1 水平配线系统端接 ..... | 234 |
| 7.1.1 任务描述 .....   | 234 |
| 7.1.2 实操要求 .....   | 234 |
| 7.1.3 知识准备 .....   | 234 |
| 7.1.4 操作步骤 .....   | 236 |
| 思考问题 .....         | 237 |
| 7.2 大对数铜缆端接 .....  | 237 |
| 7.2.1 任务描述 .....   | 237 |
| 7.2.2 实操要求 .....   | 237 |
| 7.2.3 知识准备 .....   | 237 |
| 7.2.4 操作步骤 .....   | 238 |
| 思考问题 .....         | 240 |
| 7.3 语音点跳线管理 .....  | 240 |
| 7.3.1 任务描述 .....   | 240 |
| 7.3.2 实操要求 .....   | 241 |
| 7.3.3 知识准备 .....   | 241 |
| 7.3.4 操作步骤 .....   | 241 |
| 思考问题 .....         | 242 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 7.4 数据点跳线管理 .....  | 242 |
| 7.4.1 任务描述 .....   | 242 |
| 7.4.2 实操要求 .....   | 243 |
| 7.4.3 知识准备 .....   | 243 |
| 7.4.4 操作步骤 .....   | 244 |
| 思考问题 .....         | 244 |
| 7.5 铜缆系统测试 .....   | 244 |
| 7.5.1 任务描述 .....   | 244 |
| 7.5.2 实操要求 .....   | 244 |
| 7.5.3 知识准备 .....   | 244 |
| 7.5.4 操作步骤 .....   | 248 |
| 思考问题 .....         | 254 |
| 7.6 光纤熔接 .....     | 254 |
| 7.6.1 任务描述 .....   | 254 |
| 7.6.2 实操要求 .....   | 254 |
| 7.6.3 知识准备 .....   | 254 |
| 7.6.4 操作步骤 .....   | 255 |
| 思考问题 .....         | 257 |
| 7.7 同轴电缆系统测试 ..... | 257 |
| 7.7.1 任务描述 .....   | 257 |
| 7.7.2 实操要求 .....   | 257 |
| 7.7.3 知识准备 .....   | 257 |
| 7.7.4 操作步骤 .....   | 258 |
| 思考问题 .....         | 260 |
| 7.8 光纤连接器制作 .....  | 260 |
| 7.8.1 任务描述 .....   | 260 |
| 7.8.2 实操要求 .....   | 261 |
| 7.8.3 知识准备 .....   | 261 |
| 7.8.4 操作步骤 .....   | 263 |
| 思考问题 .....         | 265 |
| 7.9 光纤系统测试 .....   | 265 |
| 7.9.1 任务描述 .....   | 265 |
| 7.9.2 实操要求 .....   | 265 |
| 7.9.3 知识准备 .....   | 265 |
| 7.9.4 操作步骤 .....   | 268 |
| 思考问题 .....         | 270 |

## 第3篇 卫星电视系统

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 第8章 卫星通信与有线电视系统 .....               | 271 |
| 8.1 卫星通信系统 .....                    | 271 |
| 8.1.1 卫星通信系统及组成 .....               | 271 |
| 8.1.2 卫星通信技术 .....                  | 272 |
| 8.1.3 移动卫星通信 .....                  | 276 |
| 8.2 卫星有线电视系统 .....                  | 276 |
| 8.2.1 信号源 .....                     | 277 |
| 8.2.2 前端子系统 .....                   | 281 |
| 8.2.3 干线传输子系统 .....                 | 284 |
| 8.2.4 用户分配子系统 .....                 | 286 |
| 8.2.5 有线电视系统设计实例 .....              | 291 |
| 思考与练习 .....                         | 294 |
| 第9章 卫星电视系统施工任务 .....                | 295 |
| 9.1 卫星接收天线和接收设备的安装、<br>调试与维护 .....  | 295 |
| 9.1.1 任务描述 .....                    | 295 |
| 9.1.2 实操要求 .....                    | 295 |
| 9.1.3 知识准备 .....                    | 295 |
| 9.1.4 操作步骤 .....                    | 298 |
| 思考问题 .....                          | 303 |
| 9.2 有线电视线路放大器的安装与调试 .....           | 303 |
| 9.2.1 任务描述 .....                    | 303 |
| 9.2.2 实操要求 .....                    | 303 |
| 9.2.3 知识准备 .....                    | 303 |
| 9.2.4 操作步骤 .....                    | 306 |
| 思考问题 .....                          | 307 |
| 9.3 卫星电视及有线电视用户分配网故<br>障诊断与排除 ..... | 307 |
| 9.3.1 任务描述 .....                    | 307 |
| 9.3.2 实操要求 .....                    | 307 |
| 9.3.3 知识准备 .....                    | 307 |
| 9.3.4 操作步骤 .....                    | 308 |
| 思考问题 .....                          | 309 |
| 参考文献 .....                          | 310 |

# 第 1 篇 计算机局域网

## 第 1 章 智能建筑概述

智能建筑 (Intelligent Building) 的概念 20 世纪末诞生于美国。第一幢智能大厦于 1984 年在美国哈特福德 (Hartford) 市建成, 是将一座旧金融大厦进行改造, 命名为都市大厦 (City Building), 这座大楼高 38 层, 以当时最先进的技术控制空调、照明、电梯、防火和防盗系统, 实现了通信自动化 (Communication Automation) 和办公自动化 (Office Automation)。美国联合科技集团公司在他们的广告宣传资料中首次使用了 “Intelligent Building (智能建筑)” 一词, 它的出现引起了各国的重视与仿效。进入 20 世纪 90 年代, 美国开始实施信息高速公路 (Information Super Highway, I-WAY) 计划, 作为信息高速公路 “节点” 的智能建筑更受重视。智能建筑是信息时代的必然产物, 建筑物智能化程度随科学技术的发展而逐步提高。

智能建筑按照 “美国智能建筑协会” 的体系可以概括为 “对建筑的结构、系统、服务和管理这四个基本要素进行优化, 使其为用户提供一个高效且具有经济效益的环境”。在我国, 智能建筑被广泛接受的描述性定义是: 通过对建筑物的结构、系统、服务和管理四个基本要素, 以及它们之间的内在联系, 进行最优化的设计, 采用最先进的 4C 技术 (Computer Technology、Control Technology、Communication Technology、CRT Technology), 建立计算机网络集成管理系统, 提供一个投资合理又拥有高效率的、幽雅舒适、便利快捷、高度安全的环境空间。智能建筑能够帮助业主和物业管理者在费用开支、生活舒适、商务活动和人身安全等方面得到最大利益的回报。由此可以看出智能建筑包括两层含义: 一是智能建筑对使用者的承诺, 提供全面、高质量、安全舒适、高效快捷、灵活方便的综合服务; 二是智能建筑采用当今世界最新科学技术 (4C 技术), 进行多种信息的传输、处理、监控和管理, 实现信息、资源和任务的共享, 达到优化投资、降低运营成本和提高效益的目的。

智能建筑是一个具有广泛内涵的概念, 随着社会经济和技术的发展而发展。智能建筑由于其功用不同, 区分为智能大厦和智能小区, 二者之间的关系可以用简图 1-1 表示。

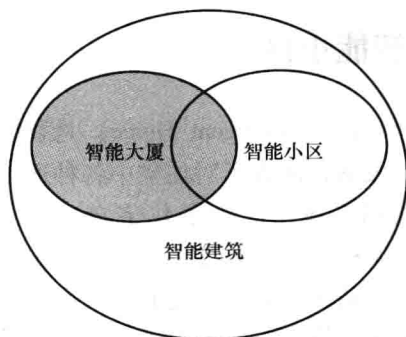


图 1-1 智能建筑分类

## 1.1 智能大厦

智能大厦是智能建筑中的一大类,是智能建筑的一种主要形式,包括智能化的商业办公楼、金融机构办公楼、政府机构办公楼、写字楼、医院、体育馆、机场等。智能大厦一般都装备有3A系统,即楼宇自动化系统(Building Automation System, BAS)、办公自动化系统(Office Automation System, OAS)和通信自动化系统(Communication Automation System, CAS)。某智能大厦集成系统组成示意图如图1-2所示,其中楼宇自动化系统已经发展成为集楼宇自控、消防报警、门禁、闭路监视和停车场管理等于一体的楼宇设备集成管理系统。

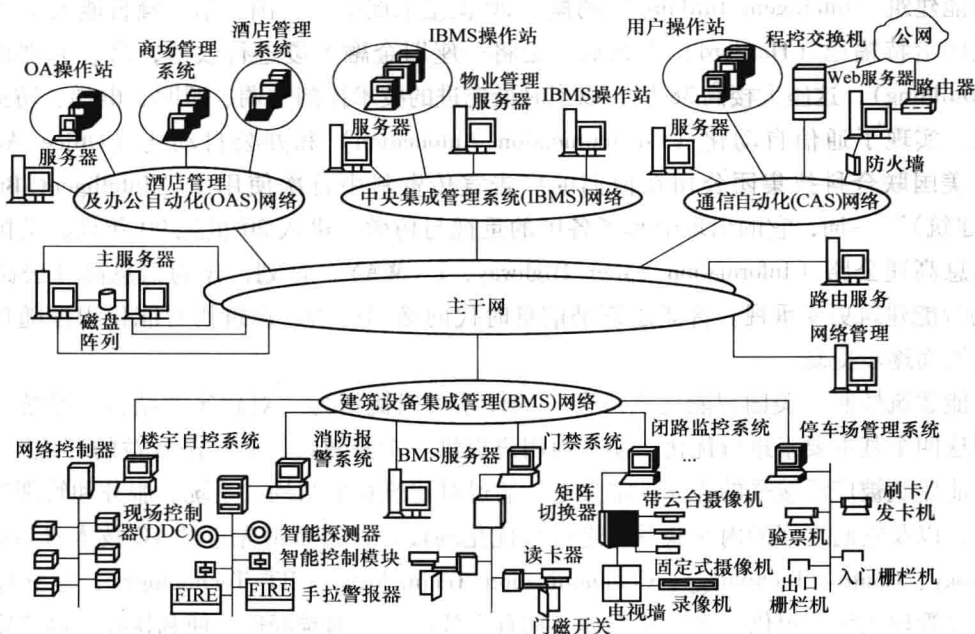


图 1-2 某智能大厦集成系统组成示意图

## 1.2 智能小区

智能小区(Intelligent Home)是智能建筑的新成员。20世纪80年代末,由于通信与信息技术的发展,出现了对住宅中各种通信、家电、保安设备通过总线技术进行监视、控制与管理的商用系统,产生了住宅自动化(Home Automation)的概念,美国称之为智慧屋(Wise House),欧洲称之为时髦屋(Smart Home)。美国电子工业协会(EIA)于1988年编制了第一个适用于家庭住宅的电气设计标准《家庭自动化系统与通信标准》。日本建设省在推进智能建筑概念时,提出了家庭总线系统(Home Bus System, HBS)概念,并于1988年9月制定了HBS标准,在通产省、邮政省和建设省三个部的支持下,同年成立了日本住宅信息化推进协会,并提出对所有住宅信息管理采用超级家庭总线技术(Super Home Bus

System, S-HBS), 其一般模型如图 1-3 所示。1990 年左右, 日本在幕张建立了一个高水平的示范性智能化住宅区。

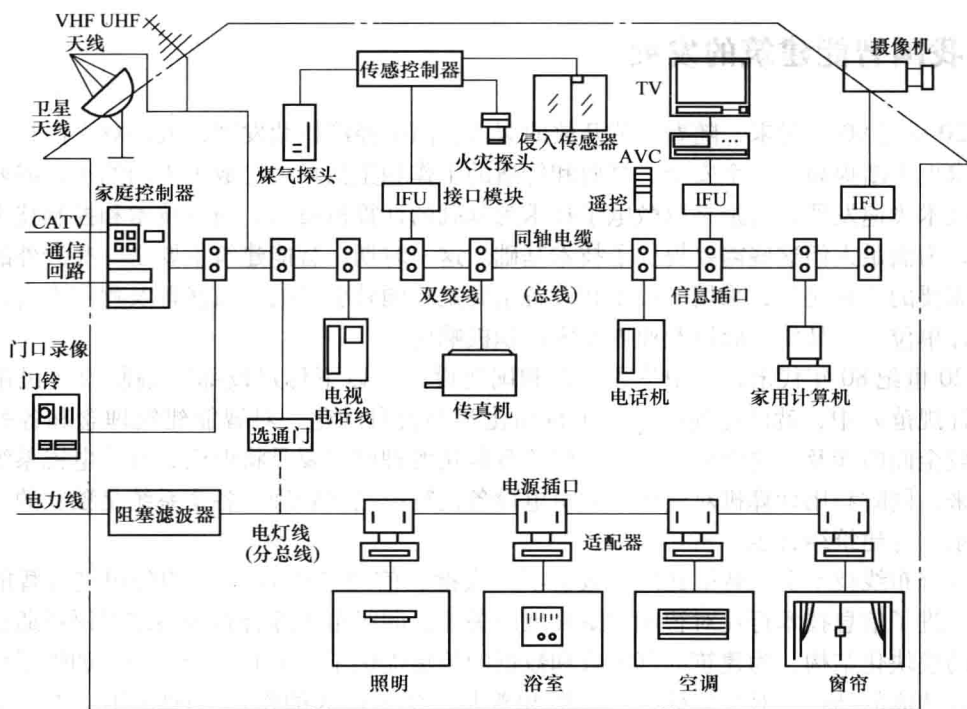


图 1-3 智能化住宅一般模型

在我国, 智能小区虽然起步较晚, 但发展很快, 国家在《2000 年小康型城市住宅产业科技工程项目实施方案》中, 将建设智能化小康示范小区列为国家重点发展方向, 并于 1997 年初开始制定《小康型住宅电气设计(标准)导则(讨论稿)》。该导则规定了小康型住宅电气设计五个方面的总体要求: 高度的安全性、舒适的生活环境、便利的生活方式、综合信息服务和家庭智能化系统; 同时对小康住宅与小区建设在安全防范、家庭设备自动化和通信与网络配置等方面提出了三级设计标准: 第一级“理想目标”, 第二级“普及目标”, 第三级“最低目标”。1999 年 12 月出台了我国第一部关于智能小区建设的具体技术标准《全国住宅小区智能化系统示范工程建设要点与技术导则(试行稿)》, 明确规定了我国智能小区的分类方法、具体功能要求以及智能小区建设的总体目标和实施原则。

小区智能化系统主要有安全防范、信息管理、信息网络三个子系统, “技术导则”将小区智能化系统分为三个级别, 即一星级、二星级和三星级, 星级越高功能越强, 一星级系统应具备下列功能:

1) 安全防范子系统: 出入口管理及周界防越报警, 闭路电视监控, 对讲/可视对讲与防盗门控制, 住户报警呼救, 保安巡更管理。

2) 信息管理子系统: 对安全防范系统实行监控, 远程抄表与管理或 IC 卡管理, 车辆出入与停车管理, 供电设备、公共照明设备、电梯、供水等主要设备的监控管理, 紧急广播与背景音乐, 物业管理计算机系统。

3) 信息网络子系统:为实现上述功能科学合理的综合布线,每户应设有不少于两对电话线和两对数据线信息插座,建立有线电视网。

### 1.3 我国智能建筑的发展

在20世纪90年代末,随着改革开放的深入,国民经济持续发展,人们对工作和生活环境的要求也不断提高,一个安全、高效和舒适的工作和生活环境已成为人们的迫切需要;同时科学技术飞速发展,特别是以微电子技术为基础的计算机技术、通信技术和控制技术的迅猛发展,为满足人们这些需要提供了技术基础。这一时期,智能建筑主要是一些涉外的酒店和特殊需要的工业建筑,采用的技术和设备主要是从国外引进的。虽然普及程度不高,但得到了设计单位、产品供应商以及业内专家的积极响应。

在20世纪80年代末,原中华人民共和国建设部(以下称建设部)编制的《民用建筑电气设计规范》中,就已经提出了楼宇自动化和办公自动化,对智能建筑理念和各种系统有了比较全面的涉及。这个时候人们对建筑智能化的理解主要是将电话、有线电视系统接到建筑中来,同时利用计算机对建筑中的机电设备进行控制和管理。各个系统是独立的,相互没有联系,与建筑结合也不密切。

把综合布线技术引入智能建筑,吸引了一大批通信网络和IT行业的公司进入智能建筑领域,促进了信息技术行业对智能建筑发展的关注;同时由于综合布线系统对语音通信和数据通信的模块化结构,为建筑内部语音和数据的传输提供了一个开放的平台,加强了信息技术与建筑功能的结合,对智能建筑的发展和普及产生了巨大的作用。1995年,中国工程建设标准化协会通信工程委员会发布了《建筑与建筑群综合布线系统工程设计规范》。同年上海正式颁发了地方标准《智能建筑设计标准》,它根据不同的需求,把智能建筑划分为三级,为智能建筑规划、设计和施工提供了依据,推动了智能建筑的发展。

在20世纪90年代房地产开发热潮中,房地产开发商发现了智能建筑这个标签的商业价值。迅速膨胀的市场在锻炼和培养一支智能建筑设计和施工队伍的同时,也出现一些不规范的现象。为此建设部在1997年颁布了《建筑智能化系统工程设计管理暂行规定》,在1998年10月又颁布了《建筑智能化系统工程设计和系统集成专项资质管理暂行办法》以及与之相应的《执业资质标准》两个法令。到2001年底,全国获得建设部批准颁布的建筑智能化专项资质证书的单位共有905家(含国外独资企业)。其中工程设计资质257家,系统集成商资质339家,子系统集成商资质309家。

2000年出台了国家标准《智能建筑设计标准》,该标准充分体现了智能建筑系统集成应该主要以楼宇自控系统为主进行系统集成及利用开放标准进行系统集成的观点。同年原信息产业部颁布了《建筑与建筑群综合布线工程设计规范》和《建筑与建筑群综合布线工程验收规范》,这些国家级标准规范的制定,为我国智能建筑健康有序的发展提供了保证。2006年新的《智能建筑设计标准》发布,2007年新的《综合布线系统工程设计规范》和《综合布线工程验收规范》发布,我国智能建筑工程设计和施工建设趋于规范成熟。

中国对智能建筑的最大贡献是开发智能小区建设。在住宅小区应用信息技术主要是为用户提供先进的管理手段、安全的居住环境和便捷的通信娱乐工具。这和以公共建筑如酒店、写字楼、医院、体育馆等为主的智能大厦有很大的不同,智能小区的提出正是信息化社会人

们改变生活方式的一个重要体现。建设部住宅产业促进中心于1999年底颁布了《全国智能化住宅小区系统示范工程建设要点与技术导则（试行稿）》，计划用5年时间，组织实施全国智能化住宅小区系统示范工程，以此带动和促进我国智能化住宅小区建设，以适应21世纪现代居住生活的需要。2012年“十八”大报告中所提到的“新型城镇化时代”的到来，给日臻成熟的智能建筑市场带来了一个新的发展机遇。据不完全统计，目前全国已建成4500幢智能大厦；智能住宅小区则数以万计；今后10年，在数量上还将增长一倍。外刊预测，21世纪全世界一半以上智能楼宇将兴建在中国大地。

推动智能化住宅小区建设的主角是电信运营商，人们试图通过投资建设一个到达各家各户的宽带网络，并以此网络开展各种增值服务，如电子商务、网上娱乐、远程教育、远程医疗及其他各种数据传输和通信业务等，并以这些增值服务来回收投资。为了规范宽带用户驻地网运营市场，鼓励公平竞争，保证广大电信用户的权益，促进互联网和宽带业务的发展，原信息产业部于2001年出台了《关于开放用户驻地网运营市场试点工作的通知》及《关于开放宽带用户驻地网运营市场的框架意见》。虽然有人对这种发展建筑智能化的思路持怀疑态度，但这并不影响“宽带网”成为建筑智能化行业，乃至房地产行业最热门的话题。更重要的是它将会改变人们进行建筑智能化建设的技术路线和运作模式，也许这也标志着智能化已经突破建筑，走向整个城市、整个社会。

## 思考与练习

- 1-1 什么是智能建筑？
- 1-2 智能大厦由哪些系统组成？
- 1-3 智能小区由哪些系统组成？
- 1-4 简述智能建筑与智能建筑系统的区别与联系。
- 1-5 智能建筑与通信、计算机网络和综合布线有何关系？

## 第2章 通信技术基础

信息的传递方法就是通信。信息的表达方式有语言、文字、图像及数据等。实现通信的方式很多,随着现代科学技术的发展,目前使用最广泛的方式是电通信方式,用电信号控制携带所要传递的信息,然后经过各种媒体也就是信道进行传输,达到通信的目的。

通信技术是信息技术时代的主要技术之一,尤其是数字通信技术、光纤传输技术、卫星通信技术等新技术发展迅速,并在工业和生活领域得以广泛应用。本章从通信技术在智能建筑中应用的角度出发,着重介绍通信技术基本概念、基础原理,模拟信号与数字信号传输技术基础。

### 2.1 通信基本概念

电信号的传递与处理由通信系统完成,如图 2-1 所示,通信系统由信源、变换器、信道、反变换器、信宿、噪声源等构成。信源指产生各种信号的信息源,可以是人,也可以是机器,如计算机等。变换器将信源发出的信号进行适当的处理,如进行放大、调制等,使其适合于在信道中传输。信道是信号的传输媒介,分有线信道和无线信道。反变换器的作用是将收到的信号恢复成信息接收者可以接受的信息。信宿是信息接收者,可以是人或机器。噪声源是系统内各种干扰影响的等效结果。

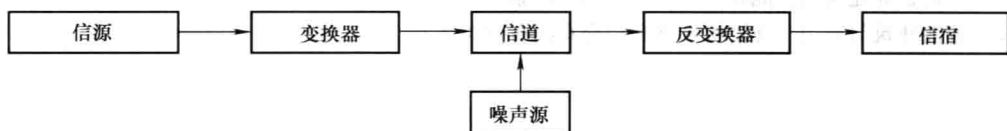


图 2-1 通信系统的基本构成

#### 2.1.1 通信系统分类

通信系统按信道传输信号的形式划分,可以分成模拟通信系统与数字通信系统。

模拟通信系统模型如图 2-2 所示。图中的变换器,一般来说应该包括调制器、放大器、天线等,这里只画了一个调制器,目的是为了突出调制的重要性。同样反变换器也只画了一个解调器。

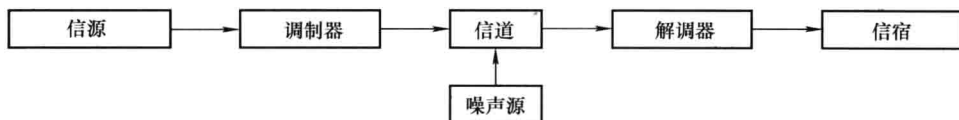


图 2-2 模拟通信系统模型

数字通信系统模型如图 2-3 所示。这里的变换器包括信源编码、信道编码和调制三个部分。信源编码是对模拟信号进行编码,得到相应的数字信号;而信道编码则是对数字信号进行再次编码,使之具有自动检错或纠错的能力,数字信号对载波进行调制形成数字调制信号。但要指出的是:高质量的数字通信系统才有信道编码部分。



图 2-3 数字通信系统模型

图 2-1 ~ 图 2-3 所表示的均为单向通信系统,但在绝大多数场合,通信的双方要互通信息,因而要求双向通信;而且要实现多用户间的通信,则需要将多个通信系统有机地组成一个整体,使它们能协同工作。多用户间的相互通信,最简单的方法是在任意两用户之间均有线路相连,但由于用户众多,这种方法不但会造成线路的巨大浪费,而且也是不可能实现的。为了解决这个问题,引入了交换机,即每个用户都通过用户线与交换机相连,任何用户间的通信都要经过交换机的转接交换,由此可见,一般使用的通信系统应该是由多级交换机构成的通信网提供信道。

### 2.1.2 信号

通信信号专指控制、携带、传递信息的电信号,对电信号的描述可以有两种方法,即时域法和频域法。

时域法研究的是信号的电量(电压、电流或功率)随时间变化的情况,通常以观察波形的方法进行,单一频率信号可用式(2-1)表达,多频率信号则用式(2-2)表达。

$$s(t) = A_s \cos(pt + \theta) \quad (2-1)$$

$$u(t) = A_1 \cos(p_1 t + \theta_1) + A_2 \cos(p_2 t + \theta_2) + \cdots + A_n \cos(p_n t + \theta_n) \quad (2-2)$$

式中,  $A_i$  为信号幅值;  $p_i$  为信号频率;  $\theta_i$  为信号初始角。

频域法研究的是信号的电量在频率域中的分布情况,也称为信号的频谱分析,可以用频谱分析仪观察信号的频谱。图 2-4 是一个语音信号的波形和频谱图。

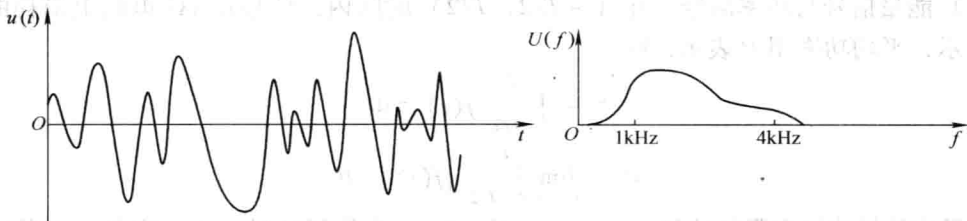


图 2-4 语音信号的波形和频谱图

对于数字信号,也常用逻辑分析的方法来比较信号的状态变化情况,有的资料将其称为信号的数据域分析。

电信号可以有多种分类方法。若以频率划分,可分为基带信号与频带信号;若以信号参数的状态划分,则可以分为模拟信号与数字信号,周期信号与非周期信号,确定信号与随机

信号, 能量信号与功率信号等。

(1) 基带信号与频带信号 基带信号是指含有低频成分甚至直流成分的信号, 通常原始信号是基带信号。基带信号所占据的频带宽度相对于它的中心频率而言很宽, 不适合于较长距离传输。语音信号是一种典型的基带信号, 它由人的声音经传声器转换而成, 其频率在十几个赫兹到几十个赫兹范围内。计算机数据也是一种基带信号。

频带信号的中心频率相对较高, 而带宽又窄。基带信号经过各种正弦调制可以转换成频带信号。

(2) 数字信号与模拟信号 自然界存在的信号大多是模拟信号, 其主要特征有两个: 一是时间上连续, 任意时刻的信号值都是它的一部分; 二是状态连续, 任意时刻的值和与其相邻时刻的值相关, 从数学角度上讲, 模拟信号的值对时间的导数 ( $dv/dt$ ) 总是存在的。常见的模拟信号有语音信号、电视图像信号以及来自各种传感器的检测信号等。

数字信号是另一种形式的信号, 它具有离散且有限的状态。目前常见的数字信号多为二进制信号, 其两个状态分别用“1”和“0”表示。相对而言, 模拟信号比较适合传输, 数字信号则比较适合处理。

模拟信号与数字信号是可以相互转换的。模拟信号可以通过 A-D 转换 (数字编码) 变为数字信号, 而数字信号通过 D-A 转换 (解码) 可以变为模拟信号。值得一提的是, 当数字信号需要在模拟信道中传输时, 数字基带信号必须进行正弦调制, 将基带信号转换成频带信号, 以适应模拟信道的传输特性。例如计算机数据要通过模拟电话传输时, 必须使用调制解调器 (Modem), 有些资料把这种方式称为数字信号的模拟传输。

(3) 周期信号与非周期信号 周期信号是每隔固定的时间又重现本身的信号, 固定的时间称为周期。非周期信号则是无此固定时间长度的信号。通信系统中常用于测试的正 (余) 弦信号、雷达中的矩形脉冲系列都是周期信号, 而语音信号、开关启闭形成的瞬态则是非周期信号。

(4) 确定信号与随机信号 可以用明确的数字表达的信号称为确定信号。但有些信号在发生之前无法预知信号的取值, 即写不出确定的数字表达式, 通常只知道它取某一数值的概率, 这种信号称为随机信号。

(5) 能量信号与功率信号 在  $(-T/2, T/2)$  时间内, 信号在  $1\Omega$  电阻上消耗的能量用  $E$  表示, 平均功率用  $P$  表示, 则

$$E = \int_{-T/2}^{T/2} |f(t)|^2 dt \quad (2-3)$$

$$P = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-T/2}^{T/2} |f(t)|^2 dt \quad (2-4)$$

能量信号指能量有限的信号, 即  $E < \infty$  时,  $f(t)$  为能量信号, 通常它是一个脉冲式的信号, 只存在有限的时间间隔内。当  $T \rightarrow \infty$  时, 若  $P$  是大于零的有限值, 则  $f(t)$  为功率信号。

前面提到的周期信号, 虽然能量随着时间的增加可以趋于无限, 但功率是有限值, 因此周期信号是功率信号。非周期信号可以是功率信号, 也可以是能量信号。

### 2.1.3 信道

信道是信号传输的媒介。现有的信道有两大类: 一类是有线信道, 它由有形的介质构

成,如双绞线、同轴电缆、光导纤维等,市内电话、有线电视和海底电缆通信都属于有线信道通信;另一类是无线信道,包含了从发送端到接收端之间的无线空间,以天线作为信道的接口设备,无线电广播、电视、卫星通信、移动通信等都属于无线信道通信。无线信道的频率范围很宽,从极低频率一直到微波波段,其中根据频率的不同和传播方式的不同又可以分为很多种信道,如中波地表面波传播信道、直射波信道、短波电离层反射信道等。

从信道的时间特性看,信道可以分为恒参信道和随参信道两类。有线信道是恒参信道,其传输特性恒定不变,信号在传输过程中受干扰的影响也比较小。无线信道由于信号传播方式的不同,有的是恒参信道,有些则是随参信道。

我们可以用以下数学模型来描述信道对输入信号的作用:

$$e_o(t) = k(t) \times e_i(t) + n(t) \quad (2-5)$$

式中, $e_i(t)$ 是信道的输入信号,也是发送设备的输出信号; $e_o(t)$ 是信道的输出信号,也是接收设备的输入信号; $k(t)$ 是信道的衰减系数,对恒参信道而言它是一个常数; $n(t)$ 代表信道中叠加的噪声,也称为加性噪声。

这个数学模型的物理含义是:在一个通信系统中,接收端所接收到的信号与发送端所发送的信号有比例关系,发送的信号越强,接收的信号也越大;信道使信号在传输过程中受到衰减,并且衰减量可能会随时间变化;无论发送端是否发送信号,接收端都会收到加性干扰。

## 2.2 模拟通信

模拟信号的传输方式有三种:一种是以基带形式在通信线路上的传输,如用户电话机与电信局的端局交换机之间(称为接入网)的电话信号的传递,视频设备之间短距离的连接等,这种方式称为模拟信号的基带传输;第二种是经过调制后(如调幅、角度调制),以频带信号的形式在有线或无线信道中的传输,如电缆电话、调频广播、无线电话等,这种方式称为模拟信号的频带传输;第三种是经过A-D转换后(如脉冲编码调制 Pulse Code Modulation, PCM),以数字信号形式在数字通信系统中进行传输,这种方式称为模拟信号的数字传输。这里主要介绍前两种形式下信号的传输,模拟信号的A-D转换以及数字信号的传输将在数字通信中介绍。

### 2.2.1 模拟信号的基带传输

通信中最常见的模拟基带信号是电话信号,或称语音(voice)信号。人耳所能感觉的声波频率范围(音频)为20Hz~20kHz,对300~4000Hz范围内语音感觉比较灵敏;人讲话声音的频率范围在几十赫兹到几万赫兹范围,并且主要的能量集中在250~600Hz。尽量压缩语音信号的频带宽度,不仅可以提高通信系统的利用率,而且能降低通信设备的复杂性。国际电报电话咨询委员会(Consultative Committee on International Telephone and Telegraph, CCITT)依据语音的能量分布和人耳的频率特性,认为只要保留语音信号中的300~3400Hz部分就能够保证语音有足够的清晰度(以测试者对语音所表示的字或词能听懂数目与总数之比表示)。因此在电话通信中一般传送的语音信号的频率范围被限制在300~3400Hz,FM广播由于要考虑听众对音质较高的要求,其调制信号的频率范围取50Hz~15kHz。

与频率特性相比,语音信号的相位特性对清晰度的影响要小得多,因此在语音传输时,往往很少考虑信号的相移。语音信号的幅度反映了声音的大小。如果将音量(语音信号的功率)增加4倍,感觉的声音只大了一倍,人耳所感觉的声音大小与1mW单位功率语音信号放大后的功率的对数成正比,因此音量大小通常用分贝表示为

$$[P_V] = 10 \lg \frac{P_x}{1} \quad (2-6)$$

通过对大量对话的统计分析得知,两个人在对话时,讲话是轮流进行的,每个人讲话的时间约占40%,其余的20%是双方都不讲话。这个现象意味着在进行双向对话通信时,单个方向上通信系统的利用率最多只有40%。

### 2.2.2 模拟信号调制方式

各种传输系统都有一定的工作频率范围,例如,调频广播的频率范围是88~108MHz,短波通信的频率范围是3~30MHz。而这些系统所要传输的信号则往往是基带信号,频率范围是300~3400Hz(语音信号),为了有效地利用信道的频率资源,必须将基带信号的频率搬移至适合于信道传输的其他频率范围,而在接收之后再搬移至原来的频率范围。对正弦载波的调制可以使基带信号的频率范围得到搬移,调制(Modulation)是正弦波的某个参数随调制波(基带信号)变化的过程,用于调制的正弦波称为载波(Carrier),基带信号称为信号波,调制后的信号称为已调波。在通信系统的接收端,通常要将原来的基带信号或调制波恢复,这个过程称为解调(Demodulation)。作为载波的正弦波有三个参数:振幅、频率和相位,因此相对应的正弦波的调制有幅度调制(AM)、频率调制(FM)和相位调制(PM)三种。

#### 1. 幅度调制

幅度调制(Amplitude Modulation, AM)简称调幅,就是根据信号波大小变化载波信号的幅度。为了简单起见,设定信号波 $s(t)$ 是以单一的角频率 $p$ 变化的正弦波,载波 $f(t)$ 具有比信号波的角频率高得多的角频率 $\omega_c (=2\pi f_c)$ ,分别表示为

$$s(t) = A_s \cos pt \quad (2-7)$$

$$f(t) = A_c \cos \omega_c t \quad (2-8)$$

在调幅时 $\omega_c \gg p$ ,载波的振幅与信号波的振幅成比例,调幅波 $f_{AM}(t)$ 可由下式表示:

$$\begin{aligned} f_{AM}(t) &= (A_c + A_s \cos pt) \cos \omega_c t \\ &= A_c (1 + A_s \cos pt / A_c) \cos \omega_c t \\ &= A_c (1 + m \cos pt) \cos \omega_c t \end{aligned} \quad (2-9)$$

这里 $m = A_s / A_c$ 称为调制度(或调制指数),一般用%表示。如果 $m < 1$ ,可用图2-5来表示载波 $f(t)$ 、信号波 $s(t)$ 、已调波(AM波) $f_{AM}(t)$ ;  $A_s = A_c$ 时,  $m = 1$ ,调制度为100%,AM波形如图2-6a所示;  $A_s > A_c$ 时,  $m > 1$ ,如图2-6b所示,包络线发生变形,过调制。

下面观察AM波的频谱,使用三角函数的积与和的变换公式将式(2-9)变形,则有

$$f_{AM}(t) = A_c \cos \omega_c t + \frac{mA_c}{2} \cos(\omega_c + p)t + \frac{mA_c}{2} \cos(\omega_c - p)t \quad (2-10)$$

可知AM波由载波 $A_c \cos \omega_c t$ , 上边波 $\frac{mA_c}{2} \cos(\omega_c + p)t$ 和下边波 $\frac{mA_c}{2} \cos(\omega_c - p)t$ 三部分组