

高职高专智能建筑规划教材

建筑通信与网络技术

陈红 主编

13

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高职高专智能建筑规划教材

建筑通信与网络技术

主 编 陈 红
参 编 陈 明 周韵玲
主 审 郭树军



机械工业出版社

本书为高职高专智能建筑系列教材之一,结合智能建筑通信系统、计算机网络系统应用实际,有选择性地给出模拟与数字通信技术基础与原理,着重阐述智能建筑通信应用系统的组成、局域网络与综合布线系统工程设计的方法与步骤。本书主要由智能建筑概述,通信技术基础,现代通信网,通信设备及其工作原理,建筑物通信应用系统,计算机网络基础,计算机网络工程,综合布线系统,综合布线系统工程等九章组成。

本书可作为高职高专楼宇自动化相关专业网络与综合布线课程(60~90学时)教材,也可作为普通高校电气工程与自动化类本科专业通信与网络技术教学参考书,还可作为智能建筑网络与综合布线设计工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

建筑通信与网络技术/陈红主编. —北京:机械工业出版社, 2003.11

高职高专智能建筑规划教材

ISBN 7-111-13238-6

I. 建… II. 陈… III. ①建筑—通信系统—高等学校:技术学校—教材②建筑—计算机网络—高等学校:技术学校—教材 IV. TU855

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 095244 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:王玉鑫 版式设计:霍永明 责任校对:申春香

封面设计:张静 责任印制:施红

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm $1/16$ ·15.5 印张·378 千字

0001—4000 册

定价:23.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

智能建筑规划教材编委会

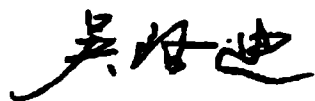
主 任	吴启迪		
副主任	徐德淦	温伯银	陈瑞藻
委 员	程大章	张公忠	王元凯
	龙惟定	王 忱	张振昭

序

20 世纪, 电子技术、计算机网络技术、自动控制技术和系统工程技术获得了空前的高速发展, 并渗透到各个领域, 深刻地影响着人类的生产方式和生活方式, 给人类带来了前所未有的方便和利益。建筑领域也未能例外, 智能化建筑便是在这一背景下走进人们的生活。智能化建筑充分应用各种电子技术、计算机网络技术、自动控制技术、系统工程技术, 并加以研发和整合成智能装备, 为人们提供安全、便捷、舒适的工作条件和生活环境, 并日益成为主导现代建筑的主流。近年来, 人们不难发现, 凡是按现代化、信息化运作的机构与行业, 如政府、金融、商业、医疗、文教、体育、交通枢纽、法院、工厂等, 他们所建造的新建筑物, 都已具有不同程度的智能化。

智能化建筑市场的拓展为建筑电气工程的发展提供了宽广的天地。特别是建筑电气工程中的弱电系统, 更是借助电子技术、计算机网络技术、自动控制技术和系统工程技术在智能建筑中的综合利用, 使其获得了日新月异的发展。智能化建筑也为其设备制造、工程设计、工程施工、物业管理等行业创造了巨大的市场, 促进了社会对智能建筑技术专业人才需求的急速增加。令人高兴的是众多院校顺应时代发展的要求, 调整教学计划、更新课程内容, 致力于培养建筑电气与智能建筑应用方向的人才, 以适应国民经济高速发展需要。这正是这套建筑电气与智能建筑系列教材的出版背景。

我欣喜地发现, 参加这套建筑电气与智能建筑系列教材编撰工作的有近 20 个兄弟学校, 不论是主编者或是主审者, 均是这个领域有突出成就的专家。因此, 我深信这套系列教材将会反映各兄弟学校在为国民经济服务方面的最新研究成果。系列教材的出版还说明一个问题, 时代需要协作精神, 时代需要集体智慧。我借此机会感谢所有作者, 是你们的辛劳为读者提供了一套好的教材。



写于同济园

2002 年 9 月 28 日

前 言

全国建筑电气、智能建筑本科及高职高专教材编写工作会议于2001年12月14~16日在上海同济大学召开,经过与会代表的认真研究和讨论,会议确定编写电气工程与自动化类本科专业建筑电气技术系列教材及高职高专智能建筑系列教材。“建筑通信与网络技术”教材为高职高专智能建筑系列教材中的一本,适合作为高职高专智能建筑类专业网络与综合布线课程(60~90学时)教材。本教材两个最大特色是:

其一,深入浅出、综合度大。考虑到智能建筑类高职专业课程设置,有的院校设有通信原理与技术前期课程,而有的院校不开设通信原理与技术的基础课程,因而本书在内容上综合了通信原理与技术基础、计算机网络与综合布线系统设计三大模块。通信原理与技术基础部分,以模拟与数字信号传输技术的基本概念、技术和程控交换工作原理为主,以满足计算机网络与综合布线系统工程设计应用需要为度。对于前期开设有通信原理与技术基础课程的专业,第一模块可酌情选用,以便于作基础性知识的概括总结;而对于前期没有开设通信原理与技术基础课程的专业,第一模块则是学习、掌握后续两个模块的基础,综合到本书中便于教学。

其二,注重应用、体现先进技术。本书编写的重点是满足智能建筑类高职专业教学需要,培养学生从事计算机局域网、综合布线系统工程设计的能力,因此编写计算机网络和综合布线系统两个模块时,非常注重国内、国际标准的介绍,应用系统设计,体现新技术的产品选型等内容。

需要说明的是为培养学生从事计算机网络和综合布线系统工程施工与管理的能力,必须配套安排操作训练项目,本书限于篇幅,没有涵盖操作训练内容。有设备条件的专业,建议选择机械工业出版社即将出版的“楼宇智能化系统实训”教材,配合开展网络、综合布线操作训练。

参加本书编写的有:深圳职业技术学院陈红(第一~第五章),周韵玲(第六、七章),陈明(第八、九章)。全书由郭树军博士主审。主审提出了许多宝贵意见和建议,对提高本书质量帮助很大,编者对此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,缺点在所难免,恳请使用本书的教师和读者批评指正。对本书的意见请寄深圳职业技术学院机电系楼宇设备与智能化技术专业。

编 者
2003/7

目 录

序	
前 言	
第一章 智能建筑概述	1
第一节 智能大厦	1
第二节 智能小区	2
第三节 我国智能建筑的发展	3
第二章 通信技术基础	6
第一节 通信系统	6
第二节 模拟信号传输技术	12
第三节 数字信号传输技术	19
思考题	41
第三章 现代通信网	42
第一节 通信网的基本概念	42
第二节 公共电话交换网 (PSTN)	47
第三节 公用数据通信网	50
第四节 窄带和宽带综合业务 数字网 (ISDN)	57
第五节 移动通信网	61
第六节 卫星通信系统	63
第七节 信息高速公路 (ISHW)	69
思考题	70
第四章 通信设备及其工作原理	71
第一节 程控交换机	71
第二节 用户终端设备	86
思考题	90
第五章 建筑物的通信应用系统	91
第一节 多媒体系统	92
第二节 智能公共广播系统	99
第三节 建筑内移动通信系统	100
第四节 有线电视与 HFC 网络	102
思考题	104
第六章 计算机网络基础	105
第一节 计算机网络概述	105
第二节 网络体系架构和协议	114
第三节 局域网技术	121
第四节 因特网 (Internet)	132
第五节 网络互连技术	135
第六节 网络的管理与安全	146
思考题	157
第七章 计算机网络工程	158
第一节 计算机网络系统的组成	158
第二节 计算机网络的设计	160
第三节 计算机网络工程实例	173
思考题	178
第八章 综合布线系统	180
第一节 综合布线系统标准	181
第二节 综合布线系统结构	201
思考题	229
第九章 综合布线系统工程	230
第一节 综合布线系统设计	230
第二节 综合布线系统设计实例	233
第三节 综合布线系统施工与验收	235
思考题	238
参考文献	239

第一章 智能建筑概述

智能建筑（Intelligent Building System）的概念，在 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，它是将一座旧金融大厦改造而成的，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效仿。进入 20 世纪 90 年代，美国开始实施信息高速公路（Information Superhighway——ISHW）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、舒适生活、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图 1-1 表示。

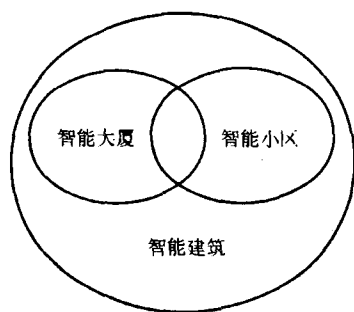


图 1-1 智能建筑分类

第一节 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、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）。某酒店的智能化系统如图 1-2 所示，其中楼宇自动化系统已经发展成为集楼

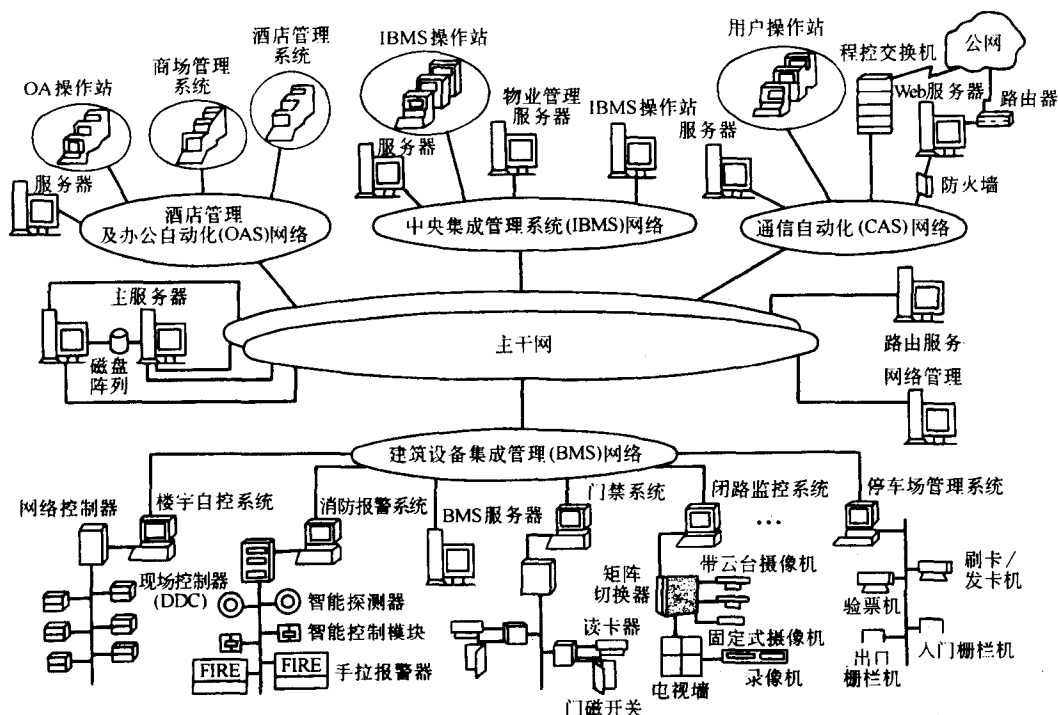


图 1-2 智能大厦集成系统组成示意图

字自控、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。

第二节 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。

在我国,智能小区虽然起步较晚,但发展却很快。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,第一级为“理想目标”,第二级为“普及目

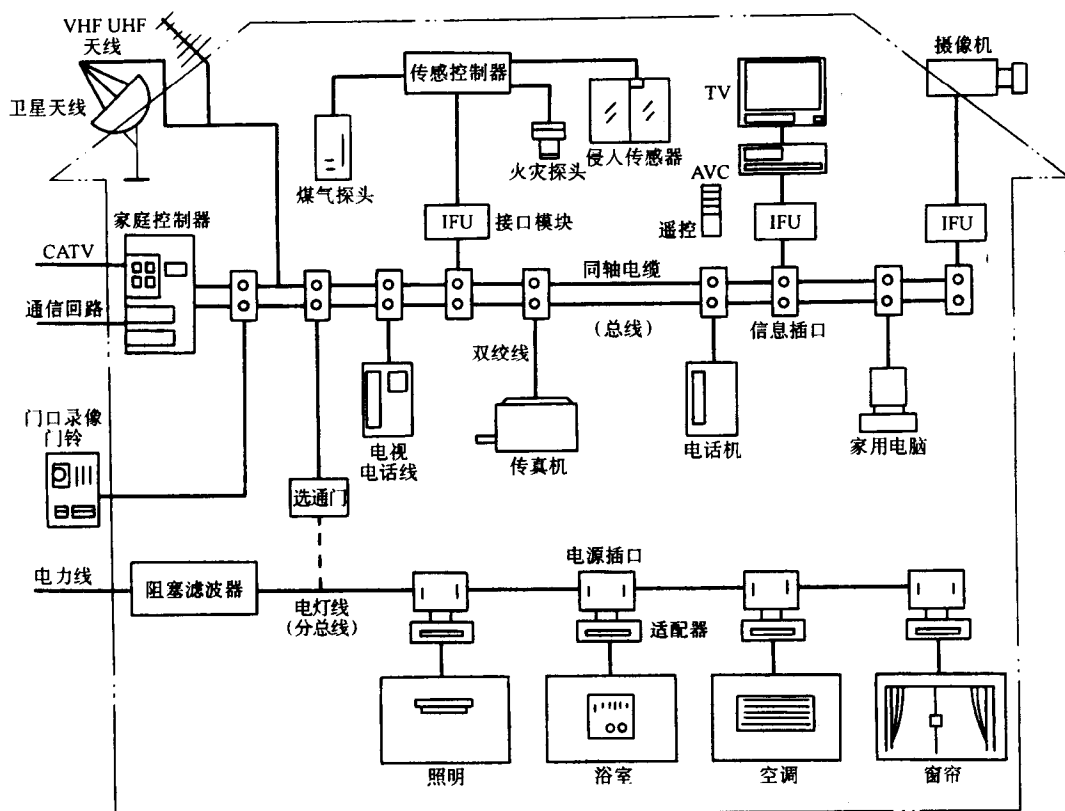


图 1-3 智能化住宅一般模型

标”，第三级为“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，科学合理地综合布线，每户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。

第三节 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物中来,同时利用计算机对建筑物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,与建筑物结合也不密切。

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中语音通信和数据通信的模块化结构,为建筑物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,为智能建筑的发展和普及发挥了巨大的作用。1995 年中国工程建设标准化协会通信工程委员会发布了《建筑与建筑综合布线系统与设计规范》。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地发展提供了保证。

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,正是信息化社会中,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)》,计划用五年时间,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。

推动智能化住宅小区建设的主角是电信运行商,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,

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。

第二章 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、数据等。实现通信的方式很多，随着现代科学技术的发展，目前使用最广泛的通信方式是电通信方式，即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、基本原理，模拟信号与数字信号传输技术基础和现代通信网络系统。

第一节 通信系统

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，比如说进行放大、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。

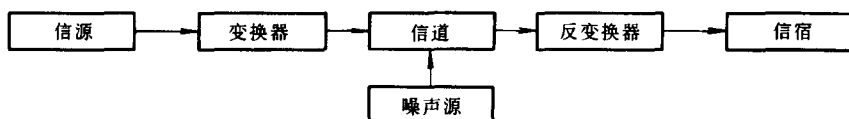


图 2-1 通信系统的基本构成

一、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。

模拟通信系统的模型如图 2-2 所示。图中的变换器，一般来说应该包括调制、放大、天线等功能，但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。

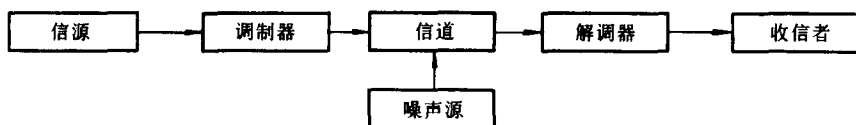


图 2-2 模拟通信系统模型

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功能。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功能。

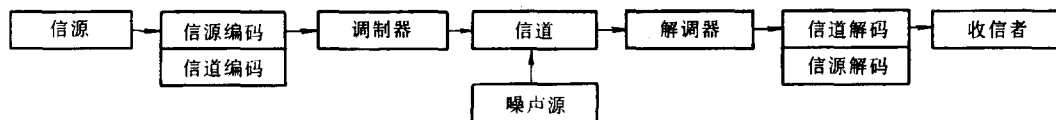


图 2-3 数字通信系统模型

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,因此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。

二、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,单一频率信号可用函数式(2-1)表达,多频率信号则可表达为式(2-2)。

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

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

式中 A_s 、 A_n ——信号幅值;

p_n ——信号频率;

θ_n ——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。

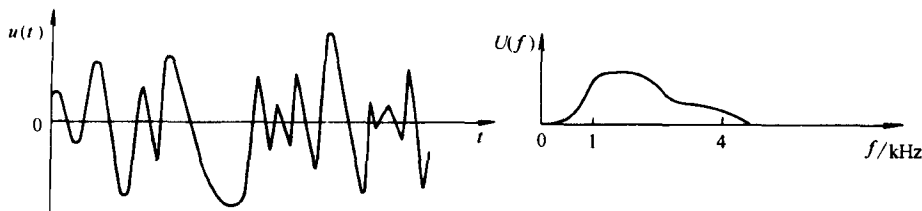


图 2-4 语音信号的波形与频谱图

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,有的资料将其称之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,可分为基带信号和频带信号;若以信号参数的状态划分,则可以分为模拟信号和数字信号,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。话音信号是一种典型的基带信号,它由人的声音经话筒转换而成,其频率在十几赫兹到几十赫兹范围内。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,其主要的特征有两个,一是时间上连续,任意时刻的信号值都是它的一部分;其次是状态连续,任意时刻的值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。常见的模拟信号有话音信号、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,而数字信号则可以通过 D/A 转换(解码)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,比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,通常只知道它去取某一数值的概率,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 1Ω 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。

三、信道

1. 信道的分类

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(信道对信号的影响不随时间变化或基本不变化)和随参信道(信道对信号的影响随机快速变化)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。

可以用下面的数学模型来描述信道对输入信号的作用

$$e_0(t) = k(t)e_i(t) + n(t) \quad (2-5)$$

式中 $e_i(t)$ ——信道的输入信号,也即发送设备的输出信号;

$e_0(t)$ ——信道的输出信号,也即接收设备的输入信号;

$k(t)$ ——信道的衰减系数,对恒参信道而言它是一个常数;

$n(t)$ ——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. 双绞线 (Twisted Wire) 信道

所谓双绞线就是一对绞合在一起的相互绝缘的导线,它可以作为计算机主机之间的联接线路,或是电话机与端局交换机之间(接入网)的通信线路,也称为传输线。

双绞线最常用于声音的模拟传输。虽然语音的频谱在 20 ~ 15000Hz 之间,但是进行可理解的语音传输所需要的带宽却窄得多。一条全双工音频通道的标准带宽是 300 ~ 3400Hz。在一根双绞线上,使用频分多路复用技术可以进行多个音频通道的多路复用,每个通道的带宽为 4kHz,并在通道间提供适当的隔离。双绞线的带宽可达 268kHz,具有 24 条音频通道的容量。

双绞线的衰减量与其长度成正比。通常用于模拟语音传输的双绞线的长度不超过 5 ~ 6km,更长的线路需要加中间放大器。同时必须注意到,由于双绞线存在着分布电抗,因此其衰减还与频率有关,并且随着频率的升高而增大。为了使信道在较宽的频率范围内有平坦的特性,必须在信道中接入频率补偿电路,通常被称作均衡器。对于一般的双绞线往往在线路的适当位置上接入一个负载线圈以改善其传输特性。

双绞线一般用于点到点的连接。在低频传输时,双绞线的抗干扰性相当于或高于同轴电缆,但是超过 1MHz 时,同轴电缆应比双绞线明显优越。

3. 同轴电缆 (Coaxial Cable) 信道

同轴电缆由芯线、内衬层、屏蔽层和外护套构成,如图 2-5 所示。由于同轴电缆的结构特殊,因此电缆内部的信号不会泄漏到外部,同样外部的干扰也不会进入到电缆内部,因此同轴电缆信道有很好的保密性和抗干扰性。

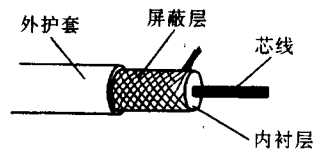


图 2-5 同轴电缆的结构

同轴电缆的频带宽度要比双绞线宽得多, 其上限频率一般可达到几百兆赫兹以上, 视线径而定, 它的衰减与频率的平方根成正比, 因此在远距离传输和宽带工作时仍需要用到均衡器。目前同轴电缆主要用于本地网 (LAN)、有线电视 (CATV) 和海底电缆通信中。

4. 光导纤维 (Optical Fiber) 信道

光导纤维有两层, 即芯层和外包层。阶跃折射率型光导纤维的结构示意图如图 2-6 所示。芯层由较高折射率的材料制成, 即直径为 $62.5\mu\text{m}$ 多模光纤 (当光纤的直径远大于光的波长时, 光波的衍射可以被忽略, 光在这种光纤中传播时可以有多个入射角和多种模式, 这种光纤被称为多模光纤) 或 $8\mu\text{m}$ 单模光纤 (当芯层直径和折射率梯度变小时, 光纤中只可能有一种模式的光可以沿光纤传送, 这种光纤被称为单模光纤)。外包层是折射率较低的材料, 只要光的入射角足够小, 光信号就能沿着芯层传播, 并且在两层之间产生全反射。

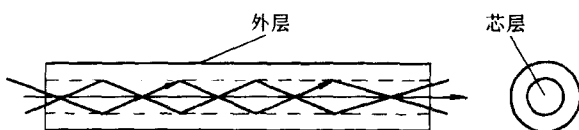


图 2-6 光导纤维结构与光的传播原理

光导纤维传输信号速率高, 石英光纤广泛用于通信主干网, 多模光纤主要用于接入网和短距离信号传输。

5. 中波地表面波传播信道

中波地表面波 (简称地表波) 传播信道如图 2-7 所示, 地表波的传播性能与地面的导电性能有关, 导电性越好, 传播损耗就越小, 在同样功率的情况下传播的距离就越远。地表波的传播损耗随着频率的升高而急剧增加, 一般超过 2MHz 以上传播效果就比较差。地表波的一大优点是性能稳定, 不易受季节和气候的影响。

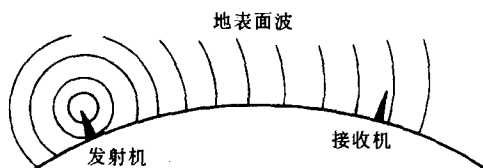


图 2-7 地表波传播

6. 直射波信道

直射波信道如图 2-8 所示, 发送端与接收端在视距范围内直接传播信号。与地表波不同的是它几乎不受地面的影响, 并且只能在视距内传播。在超短波以上

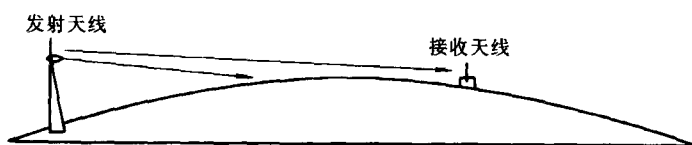


图 2-8 直射波传播

波段, 电磁波的传播主要以直射波为主。受地表面曲率的影响, 直射波的传播一般不超过 50km , 在发射功率和接收灵敏度足够的情况下, 发、收两端的天线越高, 电波传播的距离就越远, 一个城市里电视台的发射天线往往置于最高的建筑物上就是这个道理。除了移动通信外, 直射波信道性能稳定, 可以看作是种恒参信道。信号在直射波信道中传播时主要要考虑的是地面或各种建筑物的反射, 它会使电视图像出现重影, 或使接收端的信号出现衰落。提高天线的方向性、调整接收天线以避免各个反射波是解决这个问题的最好的方法。

7. 短波电离层反射信道

短波电离层反射信道如图 2-9 所示, 距地面 60km 以上的空间有一个由电子、离子等组成的电离层。电离层中的电子浓度及电离层高度和厚度等受太阳电磁辐射、季节变化等影响会发生随机变化。当电磁波照射到电离层时, 电离层中的带电粒子受激振动, 向外辐射电磁