

内 容 简 介

本书全面系统地论述了数据中心运维工作中运用的新技术,包括导论、数据中心的信息传输网络技术、楼宇设备控制特性及自动化技术、数据中心的安全防范技术、数据中心的消防及联动控制技术、数据中心的综合布线技术和数据中心的监控技术等。

本书可作为高等学校电气工程及其自动化、新基建大数据运维等相关专业的教材,也可作为从事数据中心管理工作人员提升能力的专用工具书,还可作为从事楼宇智能化工作的工程技术人员和管理人员的参考书籍。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。举报:010-62782989, beiqinquan@tup.tsinghua.edu.cn。

图书在版编目(CIP)数据

数据中心弱电及消防系统运维 / 曾晓宏, 刘相坤, 杨迅主编. —北京: 清华大学出版社, 2023.3

(新基建·数据中心系列丛书)

ISBN 978-7-302-62874-3

I. ①数… II. ①曾… ②刘… ③杨… III. ①数据处理中心—电气设备—设备管理②数据处理中心—消防设备—设备管理 IV. ①TP308

中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2023) 第 037762 号

责任编辑: 杨如林

封面设计: 杨玉兰

版式设计: 方加青

责任校对: 徐俊伟

责任印制:

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编: 100084

社 总 机: 010-83470000 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm 印 张: 18.5 字 数: 415 千字

版 次: 2023 年 5 月第 1 版 印 次: 2023 年 5 月第 1 次印刷

定 价: 69.00 元

产品编号: 096116-01

编委会名单

主 任

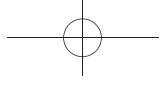
汪金涛 郭 渝 兰凡璧

专 家

叶 夏 高善勃 郑学美

编 委

赵 恽 刘传鑫 丁兆珩
高欣蔚 迟鹂莹 杨少林
叶 欢 蔡 敏 何 洋



前言

2019年1月24日国务院正式印发的《国家职业教育改革实施方案》中明确指出，把职业教育摆在教育改革创新和经济社会发展中更加突出的位置。随着我国进入新的发展阶段，产业升级和经济结构调整不断加快，各行各业对技术技能人才的需求越来越紧迫，职业教育的重要地位和作用越来越凸显。

在国家“新基建”发展规划下，数据中心被列为2020年的重点发展项目。受云服务商和互联网企业业务需求的驱动，数据中心市场保持快速发展，需求将进一步攀升，未来可能供不应求。数据中心机柜增长的关键驱动因素是网络流量和企业外包需求的持续增长。

随着5G、物联网、大数据、云计算等技术的快速普及，IDC（Internet Data Center，互联网数据中心）行业有望迎来流量指数级增长的红利期。云计算厂商进入新一轮资本扩张期，IDC行业迎来快速发展阶段。本书的出版正是基于这样的时代大背景。

本书共分7章，包括导论、数据中心的信息传输网络技术、楼宇设备控制特性及自动化技术、数据中心的安全防范技术、数据中心的消防及联动控制技术、数据中心的综合布线技术、数据中心的监控技术。

本书内容是实践经验的再现，大部分内容注重理论与实际紧密结合，知识点全面，浅显易懂，具备较强的操作性和实用性。本书内容涵盖数据中心所有弱电和消防控制系统，主要讲解数据中心各子系统的技术指标（参数）、电路组成、工作原理、设备选型以及操作方法和日常维护。通过本书的学习，读者能够全面掌握数据中心弱电设备的选型、安装和维护，满足数据中心对基础运维人员的要求。本书注重理论学习和日常工作内容的有机结合，突出技能培养，着重培养读者的自动化控制系统运维技能，并涉及部分系统设计能力的培养。

在本书的编写过程中，参考了许多相关书籍和文献资料，在此向所有参考文献的原作者致以诚挚的谢意，并感谢北京慧芃科技有限公司、北京军安高科信息技术有限公司的专业人员多次对本书内容提出的宝贵意见和建议，还要感谢赵悻、雷小娟为本书进行校对和制图。由于作者水平有限，加之数据中心弱电系统涉及的知识点多、覆盖面广，综合性和实操性较强，书中难免有错漏与不足之处，诚望广大行业专家和工程技术人员批评指正。

作者

2022年10月

教学建议

章号	学习要点	教学要求	参考课时（不包括实验和机动学时）
1	- 智能建筑 - 建筑智能化技术 - 建筑智能化技术内涵	- 掌握智能建筑和建筑智能化技术的概念 - 了解建筑智能化技术这一新学科要解决的问题 - 如何理解智能建筑的发展内涵 - 数据中心基础设施管理与智能化的关系 - 数据中心管理的发展过程和发展趋势	4
2	- 数据中心的信息传输网络技术 - 公用电信网 - 计算机网络技术	- 数据中心的网络基础，具体包括需求、功能、传输对象和特征等 - 公用电信网的组成，公用电话交换网的原理、组成、组网方式、用户接入、开放的业务 - VoIP 基本原理、应用形式、控制协议和主要产品设备 - 数据通信网的分类，数字数据网、分组交换网、帧中继、中国公用计算机互联网的原理与组成 - 计算机局域网技术、宽带接入技术的原理和应用 - 网络安全隐患、网络安全应对方法、防火墙技术和网络管理	20
3	- 楼宇机电设备和设施的运行规律及控制特性 - 楼宇自动化系统	- 供配电系统、照明系统、空调与冷热源系统、给排水系统和电梯系统的控制特性、控制规律 - 楼宇自动化系统的对象环境、功能要求、技术基础、系统结构 - 现场总线技术和 BACnet 协议	40
4	数据中心的安全防范系统的原理、结构组成、系统特点	- 安全防范技术的概述、数据中心安防系统的组成、视频安防监控系统的组成与结构 - 入侵报警系统的结构、分类、功能和常用入侵探测器 - 出入口控制系统的结构、辨识装置、执行设备和安全防范集成管理系统	30

续表

章号	学习要点	教学要求	参考课时（不包括实验和机动学时）
5	数据中心的消防及联动控制技术的概念、分类、组成和原理	● 数据中心对消防系统的要求，消防系统的组成和原理 ● 室内火灾的发展特征，火灾探测器的分类、选择、系统组成 ● 火灾报警控制器的功能与类型 ● 消防联动控制系统 ● 灭火系统的分类、原理和组成	40
6	数据中心的综合布线系统的概念、特点、组成	● 综合布线系统的概念、特点、组成 ● 综合布线系统设计的原则、缆线种类及其连接器件 ● 综合布线系统中双绞线、光纤的连接器件和机柜 ● 智能布线子系统的特点、监控的主要内容	15
7	数据中心的监控系统的原理、结构、组成	● 监控系统的架构、功能与集成 ● 监控系统的基础构件与技术 ● 动力环境监控系统的组成和监控对象	10
总学时			159

目 录

第 1 章	导论	1
1.1	智能建筑与建筑智能化的基本概念	1
1.1.1	智能建筑概述	1
1.1.2	智能建筑的定义	2
1.1.3	智能建筑与传统建筑	2
1.1.4	智能建筑和建筑智能化技术	3
1.1.5	新学科——建筑智能化技术	3
1.2	智能建筑的体系结构	4
1.3	智能建筑的功能特征	6
1.4	智能建筑管理系统	7
1.5	数据中心基础设施管理与智能化的关系	8
1.6	数据中心管理的发展过程和发展趋势	9
第 2 章	数据中心的信息传输网络技术	11
2.1	网络需求及传输对象	11
2.1.1	网络的功能特征和分类	11
2.1.2	网络的传输对象与特征	12
2.2	通信网络技术	16
2.2.1	公用电信网	17
2.2.2	公用交换电话网	19
2.3	VoIP 系统	24
2.3.1	VoIP 基本原理	24
2.3.2	VoIP 应用形式	25
2.3.3	VoIP 控制协议	26
2.3.4	VoIP 主要产品设备	28
2.4	数据通信网	31
2.4.1	数字数据网	31

2.4.2	分组交换网	32
2.4.3	帧中继	33
2.4.4	中国公用计算机互联网	34
2.4.5	蜂窝数字式分组数据交换网络	34
2.5	数据中心的计算机网络技术	35
2.5.1	数据中心计算机网络应用	35
2.5.2	计算机局域网技术	35
2.5.3	宽带接入技术	48
2.5.4	网络的安全技术	53
第 3 章	楼宇设备控制特性及自动化技术	56
3.1	供配电系统	56
3.1.1	典型供配电系统方案	56
3.1.2	应急电源系统	59
3.1.3	供配电设备监控	61
3.2	照明系统	64
3.2.1	楼宇照明	64
3.2.2	建筑照明设备	67
3.2.3	照明控制	68
3.3	空调与冷热源系统	71
3.3.1	湿空气的物理性质	71
3.3.2	空气调节原理	75
3.3.3	空气处理的方法和设备	77
3.3.4	冷热源系统	79
3.3.5	空气调节系统	85
3.4	给排水系统	91
3.4.1	供水系统	91
3.4.2	排水系统	94
3.5	电梯系统	95
3.5.1	电梯分类	96
3.5.2	电梯及扶梯监控功能	97
3.6	楼宇自动化系统	100
3.6.1	BAS 的对象环境	100
3.6.2	BAS 的功能要求	100
3.6.3	BAS 的技术基础	101
3.6.4	BAS 的系统结构	104

3.7 现场总线技术	107
3.7.1 现场总线概述	107
3.7.2 LonWorks 总线	108
3.7.3 EIB/KNX 总线	109
3.7.4 Modbus 总线	111
3.8 BACnet 协议	114
第 4 章 数据中心的安全防范技术	124
4.1 概述	124
4.1.1 安全防范系统的要求	124
4.1.2 安防系统的组成	125
4.2 安防系统的常用子系统	127
4.2.1 视频安防监控系统	127
4.2.2 入侵报警系统	144
4.2.3 出入口控制系统	162
第 5 章 数据中心的消防及联动控制技术	170
5.1 概述	170
5.1.1 数据中心对消防系统的要求	171
5.1.2 建筑物消防系统的构成	171
5.1.3 数据中心消防系统的基本工作原理	172
5.2 火灾探测器	173
5.2.1 室内火灾的发展特征	173
5.2.2 火灾探测器的分类	175
5.2.3 火灾探测器的选择	179
5.2.4 火灾探测器系统组成	180
5.3 火灾报警系统	181
5.3.1 火灾自动报警系统的组成	182
5.3.2 火灾报警控制器的功能与类型	183
5.4 消防联动控制系统	185
5.4.1 消防联动控制系统设备	185
5.4.2 消防联动控制的功能	186
5.5 灭火系统	193
5.5.1 自动喷水灭火系统	194
5.5.2 消防栓给水系统	203
5.5.3 气体灭火系统	204

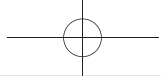
第 6 章 数据中心的综合布线技术 209

- 6.1 综合布线系统的概念和特点 209
 - 6.1.1 综合布线系统的概念 209
 - 6.1.2 综合布线系统的特点 211
- 6.2 综合布线系统的组成和拓扑结构 212
 - 6.2.1 综合布线系统的组成 212
 - 6.2.2 综合布线系统的拓扑结构 216
- 6.3 综合布线系统设计 217
 - 6.3.1 综合布线系统设计的原则 217
 - 6.3.2 工作区子系统设计 217
 - 6.3.3 配线子系统设计 218
 - 6.3.4 干线子系统设计 223
 - 6.3.5 设备间设计 225
 - 6.3.6 进线间设计 227
 - 6.3.7 综合布线管理 228
- 6.4 综合布线系统的布线线缆及其连接器件 229
 - 6.4.1 对绞电缆 229
 - 6.4.2 同轴电缆 232
 - 6.4.3 光纤传输介质 233
- 6.5 双绞线连接器件 235
- 6.6 光纤连接器件 241
- 6.7 机柜 245
- 6.8 光纤熔接 246
- 6.9 智能布线子系统 247
 - 6.9.1 智能布线子系统的特点 247
 - 6.9.2 智能布线系统的硬件和软件 248
 - 6.9.3 智能布线监控 248

第 7 章 数据中心的监控技术 251

- 7.1 监控系统的架构、功能与集成 251
 - 7.1.1 监控系统的架构 251
 - 7.1.2 监控系统的功能 252
 - 7.1.3 监控系统的集成 259
- 7.2 监控系统的基础构件与技术 263
 - 7.2.1 监控软件系统的基础构件 263
 - 7.2.2 监控硬件系统的基础构件 274

7.3 动力环境监控系统概述	278
7.3.1 动力环境监控系统的组成	278
7.3.3 机房环境监控系统的功能	281
参考文献	283



第 2 章 数据中心的信息传输网络技术

智能楼宇的信息传输网络是数据中心的基础，本章首先介绍信息传输网络的需求、传输对象及功能特征等；其次介绍通信网的相关知识和 VoIP 系统；最后介绍了当前的计算机网络技术、宽带接入技术、网络管理和网络安全知识。

2.1 网络需求及传输对象

信息传输网络是数据中心的基础，其目标是能支持建筑物内部各类用户的多种业务通信需求，同时应具备面向未来传输业务的冗余。其中，各类用户的含义是要能适应各类智能建筑物（智能住宅、智能学校/校园、智能医院、智能体育场馆、智能文博场馆、智能媒体建筑）的用户需求。另外，多种业务通信需求的含义是要面对用户以任何方式、在任何地域范围、以任何质量要求、任何业务类型的通信需求。

数据中心信息传输网络的建设应用了多种网络技术成果，是一个通信网络集成系统，目前还是多网并存的格局（电话网、计算机网、电视传输网），相互之间既有竞争又有融合。

现代建筑的业务运行、运营和管理等与信息化管理核心设施的安全密切相关，如运行信息不能及时流通，或者被篡改、增删、破坏或窃用等造成的信息丢失、通信中断、业务瘫痪等，将会带来无法弥补的重大业务危害和巨大的经济损失等。因此，必须加强信息传输网络安全，对此应高度重视及严格管理。由此，在进行建筑智能化系统与建筑物外部城市信息网互联时，必须设置防护屏障，确保信息设施系统安全、稳定和可靠。

2.1.1 网络的功能特征和分类

1. 数据中心网络功能特征

数据中心网络具有如下功能特征。

（1）数据中心的信息传输网络必须具有完善的通信功能，具体包括：能与全球范

围内的终端用户进行多种业务的通信功能；支持多种媒体、多种信道、多种速率、多种业务的通信；完善的通信业务管理和服务功能；可以应对通信设备增删、搬迁、更换和升级的综合布线系统，保障通信安全可靠的网管系统等。

(2) 信道的冗余功能：在应对突发事件、自然灾害时通信更加可靠。

(3) 新一代基于 IP 的多媒体高速通信网、光通信网是未来新的通信业务支撑平台。

(4) 除此之外，数据中心还具有其他功能特征，即自动监控设备运行的功能、现代安防和现代消防的功能以及现代管理的功能，这些将在后面章节详细讲解。

2. 数据中心网络分类

数据中心网络分类根据不同方法有多种分类方式：从网络应用范围的角度看可分为局域网、城域网和广域网；从网络技术的角度看可分为电话（信）网和计算机网两大类；从互联的角度看可分为内部专用网、保密网和公用网；从应用功能的角度看可分为现场控制网、集中管理网、消防网、安防网、公用信息网、保密网、音视频网等；从传输信号的角度看可分为模拟传输网和数字传输网。智能楼宇的信息传输网络分类如图 2-1 所示。

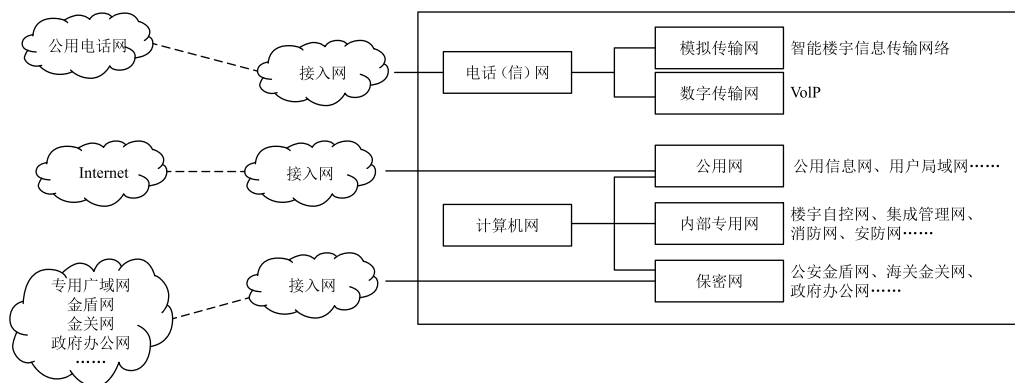


图 2-1 智能楼宇的信息传输网络分类

2.1.2 网络的传输对象与特征

对网络传输对象进行描述，首先确定网络对象，获得与该网络对象相对应的特征描述数据，才能更好地理解传输对象的分类，从而进一步规划和使用网络。

1. 数据中心网络的传输对象

在数据中心中，需要传输的对象是各种模拟和数字数据（信息）。模拟数据有音视频数据、控制系统中的各类传感器输出数据、执行器输入数据等。数字数据主要是各类数字设备终端的输入输出数据、控制指令数据等。根据其不同的应用特征将其分类，数据中心网络传输对象如图 2-2 所示。

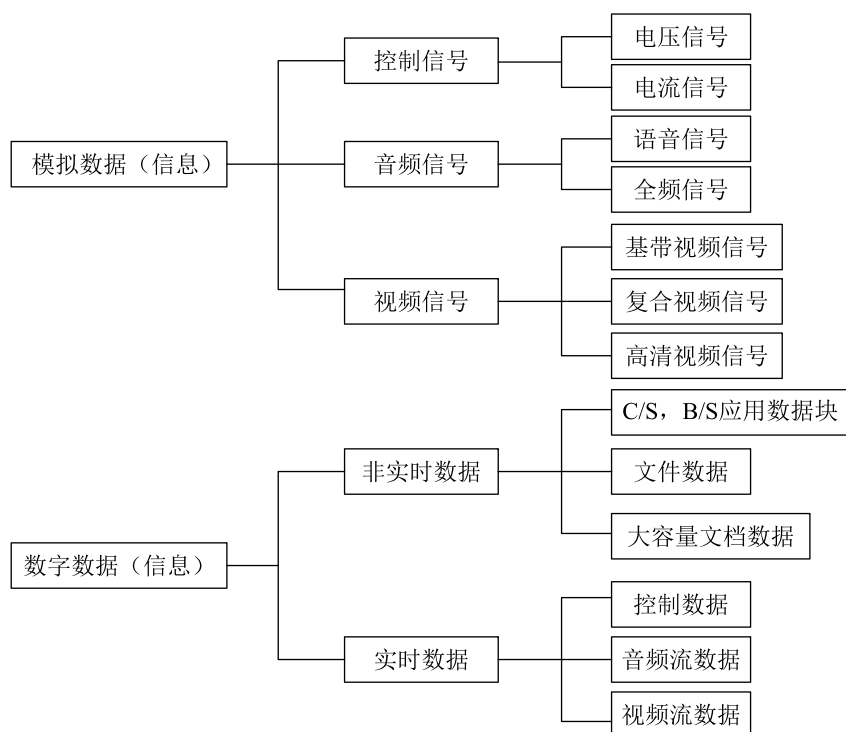


图 2-2 数据中心网络传输对象

2. 数据（信息）传输特征

为了实现数据通信，必须进行数据传输，即从位于一地的数据源发出的数据信息通过传输信道传送到另一地的数据接收设备。数据传输用的信道可以是基带电路，也可以是频分模拟电路或时分数字电路，下面详细介绍数据的传输特征。

1) 模拟控制信号传输特征

模拟控制信号在楼宇自动化系统中的种类和点数数量是最多的一类，主要有温度、压力、流量、电压、电流、功率、照度、阀门开度、转速、湿度、烟尘含量、CO 含量等。经过传感器或变送器转变成 $0 \sim 5V$ 、 $0 \sim 10V$ 的电压信号或 $4 \sim 20mA$ 的电流信号。

模拟控制信号频带不高，在直流到几百赫低频范围，既可以模拟传输也可以数字传输。用模拟信号传输时，最大的障碍是干扰。一般只能在短距离范围内采用屏蔽抗干扰传输技术，就近送到控制单元。如果在现场经数字化采样后用数字方式传输，则可以有效解决信号干扰，传输距离仅受数字信道的限制，模拟信号传输特征如图 2-3 所示。现场总线（例如，LonWorks、FF、Profibus、HART、CAN、RS-485 等）就是为模拟控制信号的数字传输而发明的技术，DCS 和 FCS 控制信号传输方式如图 2-4 所示。

2) 模拟语音信号传输特征

智能楼宇中的电话通信系统涉及模拟语音信号传输。语音信号的标准频谱在 $300 \sim 3400Hz$ 之间，所以电话通信信道的带宽只要达到 $4000Hz$ 就可以满足其带宽使用。

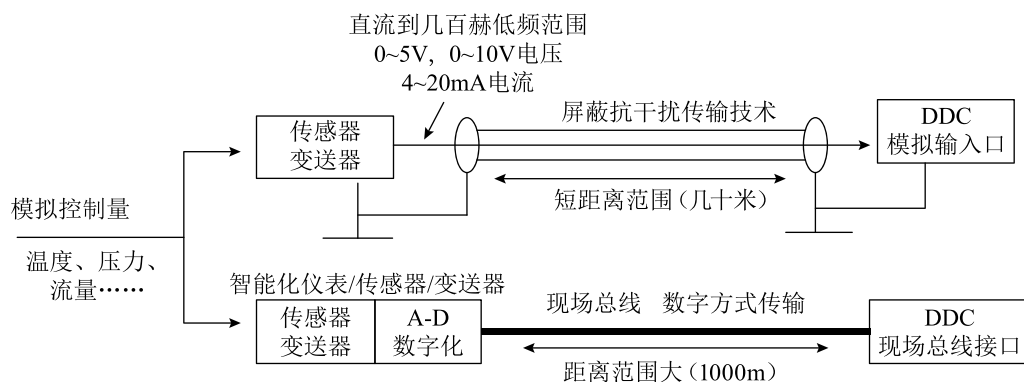


图 2-3 模拟信号传输特征

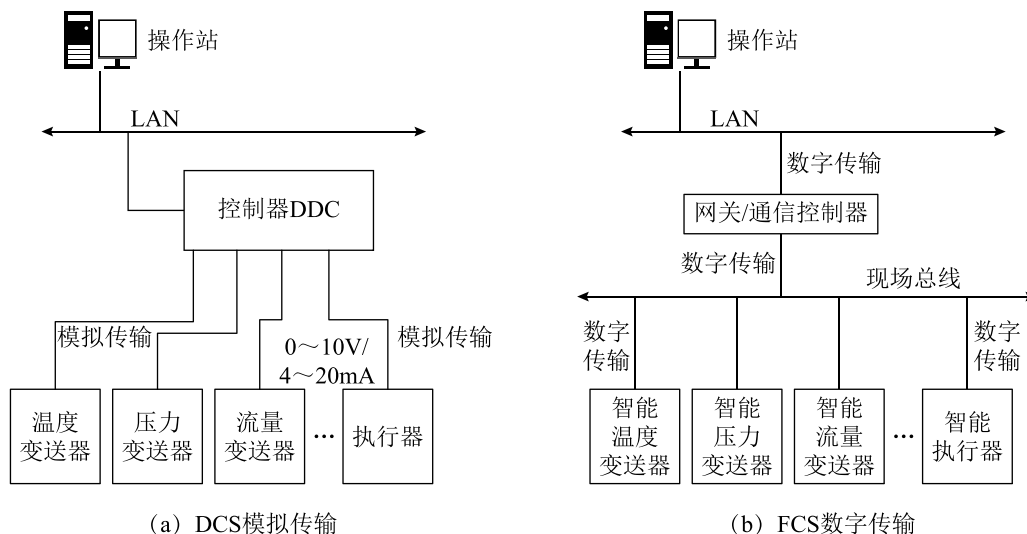


图 2-4 DCS 和 FCS 控制信号传输方式

语音信号既可以模拟传输，也可以数字传输，模拟信号传输方式如图 2-5 所示。通常语音信号采用模拟传输方式，在一对 0.4mm 线径的铜质双绞线上，传输 4km 距离时衰减约 7dB。语音信号在采用数字传输方式时，一路电话不经压缩（PCM 编码）时需要 64kbit/s 的传输带宽。若对 PCM 数据进行压缩编码传输（如 G.729 协议），传输带宽可下降到 8kbit/s，则可以大大压缩带宽。

3) 模拟音频信号传输特征

楼宇的广播音响系统涉及音频信号传输。音频数据的频率范围在 20 ~ 20kHz 之间，既可以模拟传输，也可以数字传输。

音频数据采用模拟传输方式时，信道的带宽要达到 20kHz，3 类双绞线可以很好地传输音频数据，传输 1km 衰减低于 6dB。

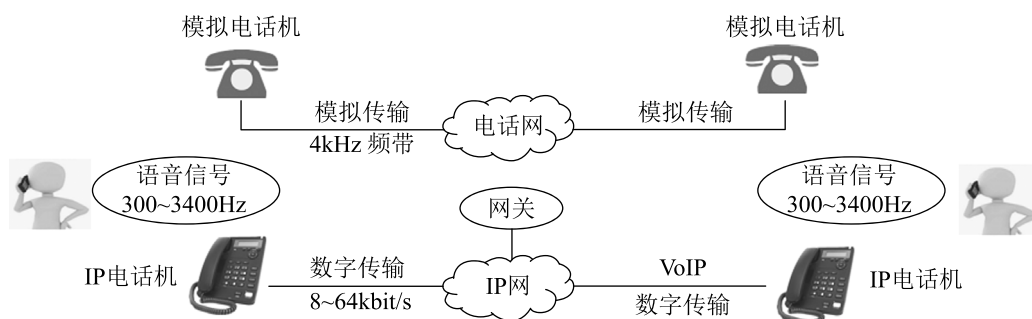


图 2-5 模拟信号传输方式

4) 模拟基带视频信号传输特征

楼宇中闭路监视系统涉及基带视频信号传输，一路基带视频信号的带宽为 6MHz，既可以模拟传输，也可以数字传输。

基带视频信号采用模拟传输方式时，信道的带宽要达到 8MHz，用同轴电缆一般可传输 100 ~ 300m，距离再长就需要增加信号放大器。采用调制解调技术用铜质双绞线可传输 0.1 ~ 1km 的距离。如果用光纤传输，则可达 20km。

基带视频信号采用数字传输方式时，一般对视频数据进行压缩编码传输，例如采用 MPEG-4 压缩编码标准则传输带宽可下降到 2Mbit/s。采用 H.264 压缩编码标准传输一路 HD1080P (1920×1080) 的视频信号，带宽可下降到 3.5Mbit/s。模拟基带复合视频信号传输方式如图 2-6 所示。

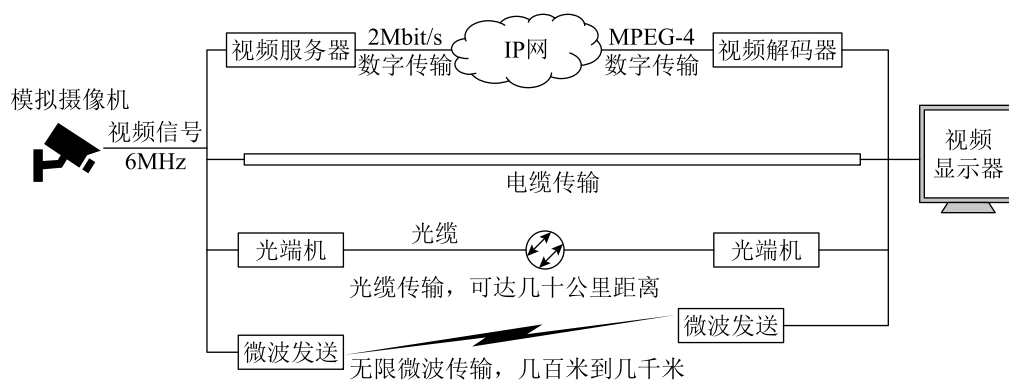


图 2-6 模拟基带复合视频信号传输方式

5) 模拟复合视频信号传输特征

楼宇中有线电视网涉及复合视频信号传输。采用频分多路复用技术，将多套电视节目的基带视频信号调制到不同的频带，最终复合成一个宽带的信号在一条信道上传输。通常，复合视频信号的带宽在 300 ~ 860MHz 之间。

复合视频信号通常采用模拟传输方式，信道的带宽要达到 900MHz，用同轴电缆一般可传输 100m，距离再长就需要增加信号放大器。干线通常采用光纤传输，无须信号放大器可达 20km 距离。复合视频信号目前不能直接用数字方式传输，需要将各

个频道的视频信号先分离出来之后，再利用单路视频信号数据压缩传输的方法，分时传输。

6) 非实时数据传输特征

在智能楼宇中有许多非实时数据传输的需求。以数据库为平台，形成以电子数据流转为核心的、覆盖整个业务的集成信息系统等。

从信息应用方式的角度来分析传输特征，各种主要应用系统可归结为 B/S 和 C/S 两种方式，传输网络模型如图 2-7 所示。数据传输的需求主要是实时性要求不高的块数据和文档数据，每个用户终端对计算机网络的带宽并无明确的要求，有 1Mbit/s 的传输容量即可满足需求。系统的数据传输负担集中在服务器端以及靠近服务器的干线上。理论上，干线传输的带宽最大值是所有下属端线需求之和，服务器干线的传输带宽最大值是所有端线需求之和。在实际运行中，由于各用户的应用是异步和突发的，因此干线的传输带宽远小于所有下属端线需求之和，一般有 15%~20% 的容量即可。对于服务器干线，则应有足够的带宽以满足大量客户的并发需求。

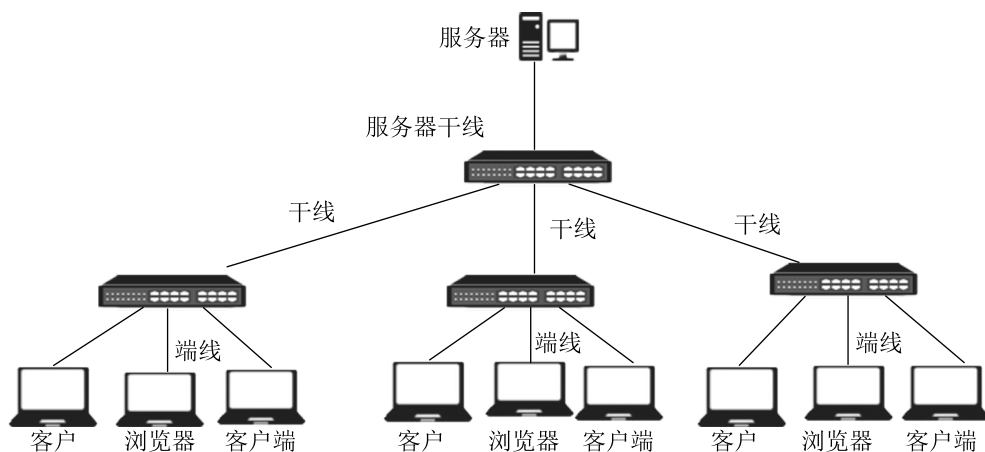


图 2-7 B/S 和 C/S 两种方式非实时数据传输模型

7) 实时数据传输特征

在智能楼宇的设备监控系统中，有许多有实时性要求的数据传输需求。这类数据传输的特点是数据传输速率不高，关键是不确定时延要小于一定数值。现场总线和工业以太网技术都能够很好地满足其传输要求。

2.2 通信网络技术

通信网络技术是一种由通信端点、节点和传输链路有机地连接起来，以实现在两个或更多的规定通信端点之间提供连接或非连接传输的通信体系。通信网按功能与用途不同，一般可分为物理网、业务网和支撑管理网等三种。下面详细介绍业务网中的公用电

信网和公用交换电话网。

2.2.1 公用电信网

迄今为止，最大的交换网络还是公用电信网。电信网的用户遍及世界各地，各个国家的公用电信网络互联提供国际通信业务。尽管当初建造这些网络是为模拟电话用户和数字电报用户服务的。但在其上已连接了许多 DTE 终端设备并开通数据通信业务，并且这种网络正逐渐变为数字网络。

电信网是由传输、交换、终端设备和信令过程、协议以及相应的运行支撑系统组成的综合系统，它使得网内位于不同地点的用户可以通过它来交换信息，电信网的基本组成如图 2-8 所示。

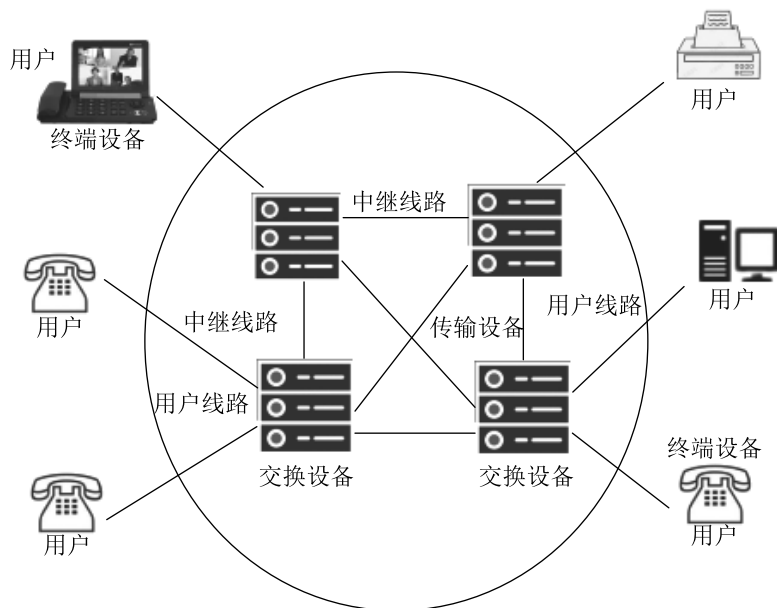


图 2-8 电信网的基本组成

电信网的设备主要有三类：终端设备、传输设备和交换设备。

终端设备一般装在用户处，例如电话机、传真机、计算机等，它们将语音、文字、图像和数据等原始信息转变成电信号发送出去，或者把接收到的电信号还原成可辨认的信息。对终端设备的一个重要要求是必须符合进网的接口规定，否则就不能与网络连接。

传输设备包括通信线路设备在内，是信息传递的通道。它将用户终端与交换系统或交换系统之间连接起来，形成网络。其作用是将电信号以尽可能低的代价，即以最有效的方式来保持尽可能低的失真，从一地传至另一地。

交换设备是为了使网络的传输设备能为全网用户共用而加入的，处于电信网络枢纽位置，是各种信息的集散中心，是实现信息交换的关键环节。它包括各种电话交换机、

电报交换机、数据交换机、移动电话交换机、分组交换机、宽带异步转移模式（ATM）交换机等。通过它可根据用户的需要将两地用户间的传输通路接通，或者为用户的信息传送选择一条通路。加入交换设备后，就可以大大提高网络中传输设备和通信线路的利用率。对于交换设备来说，基本要求是处理速度快、可靠，不带来信号的附加失真，同时应使网络内资源得到合理的利用。

除了终端、传输和交换三种主要设备外，在一个大规模的电信网中还须有一些其他设备，如网络监控设备，它担负网络的集中监测与控制任务。

电信网也可按种类分为传输网、业务网、支撑网和用户终端设备，电信网的种类如图 2-9 所示。传输网是由线路设施和传输设施等组成的为传送信息业务提供所需传送承载能力的通道，传输网在电信网的位置如图 2-10 所示，是为各种电信业务网和各类应用信息系统提供高速、可靠的传输平台，是十分重要的基础网。长途传输网、本地传输网和接入网均属于传送网。

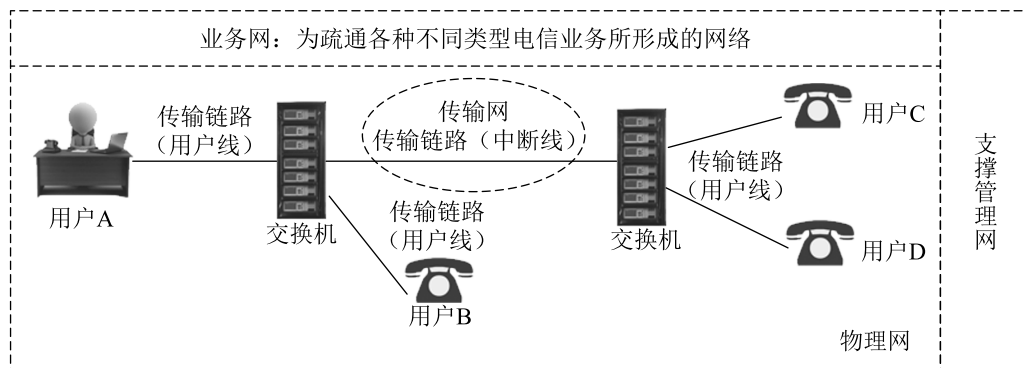


图 2-9 电信网的种类

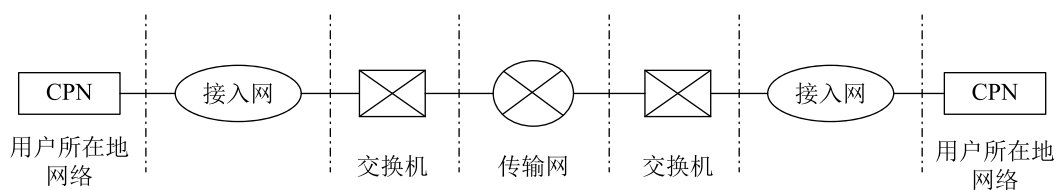


图 2-10 传输网在电信网的位置

业务网是指向用户提供诸如电话、电报、图像、数据等电信业务的网络。电话交换网、移动交换网、智能网、数据通信网均属于业务网。支撑网是指能使电信业务网络正常运行，起支撑作用的网络。时钟同步网、七号信令网、网管网均属于支撑网。用户终端设备是指用户的设备，如电话机、传真机、ISDN 数字电话机和 PC 等。

我国通信网已经实现了数字化和程控化。全国已经建成以光缆为主，以数字微波和卫星通信为辅，多种手段并用的网络。我国建立了 ChinaPAC、ChinaDDN、ChianFRN 等数字通信网络，形成了我国的公用数据通信网。

2.2.2 公用交换电话网

1876 年是人类通信史上具有划时代意义的一年，因为这一年贝尔发明了电话，它是以模拟信号的形式将人类语音进行传输，实现了双方在两地之间的通话。电话由于它的实用性迅速得以普及，随着电话数量的增加，为了使任意两个用户之间都能进行通话，1878 年出现了人工交换机，1892 年发明了自动交换机。随后交换机技术迅速提高，由布控交换机进而发展到今天的程控交换机。

电话网是信息设施系统之一，是公用电信网的延伸。公用电信网是全球最大的网络，在不发达的地区可能没有计算机网络，但是一般会有电话网。因此通过电话网可以与世界各地的人们沟通交流。不仅如此，我们通过调制与解调技术可以在模拟电话网上进行数据传输（计算机通信）。电话网可以支持的通信业务如图 2-11 所示。电话网可以支持多种通信业务，用户终端能通过电话网与公用通信网互通。实现语音、数据、图像、多媒体业务的通信。电话网极高的可靠性是目前的计算机网络尚不能达到的，由此可见楼宇内电话网的重要性。

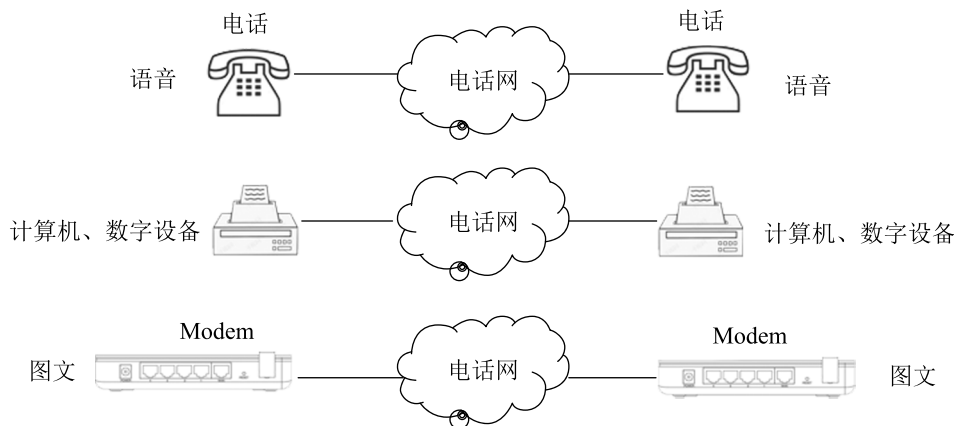


图 2-11 电话网支持多种通信业务

1. 电话交换机的基本原理

电话交换机（PABX）是一种使许多电话用户在需要时能进行及时通话的专用设备，它的功能是用户与用户或用户与另一交换系统之间连接的电话电路。这时，便形成了一个以交换机为中心的简单的电话网。

电话交换机的硬件一般由外围接口电路、信令设备、数字交换网络、控制设备、话务台及维护终端（计算机）组成，PABX 结构如图 2-12 所示。

公用交换电话网（Public Switched Telephone Network, PSTN）是规模最大的通信业务网，而且是各种通信业务的基础。电话网按服务区域划分，可分为国际长途电话网和国内市话网（本地网）。按照网络上传送信息所采用的信号形式又可分为数字网和模拟网。



2023/5/19 14:39:10

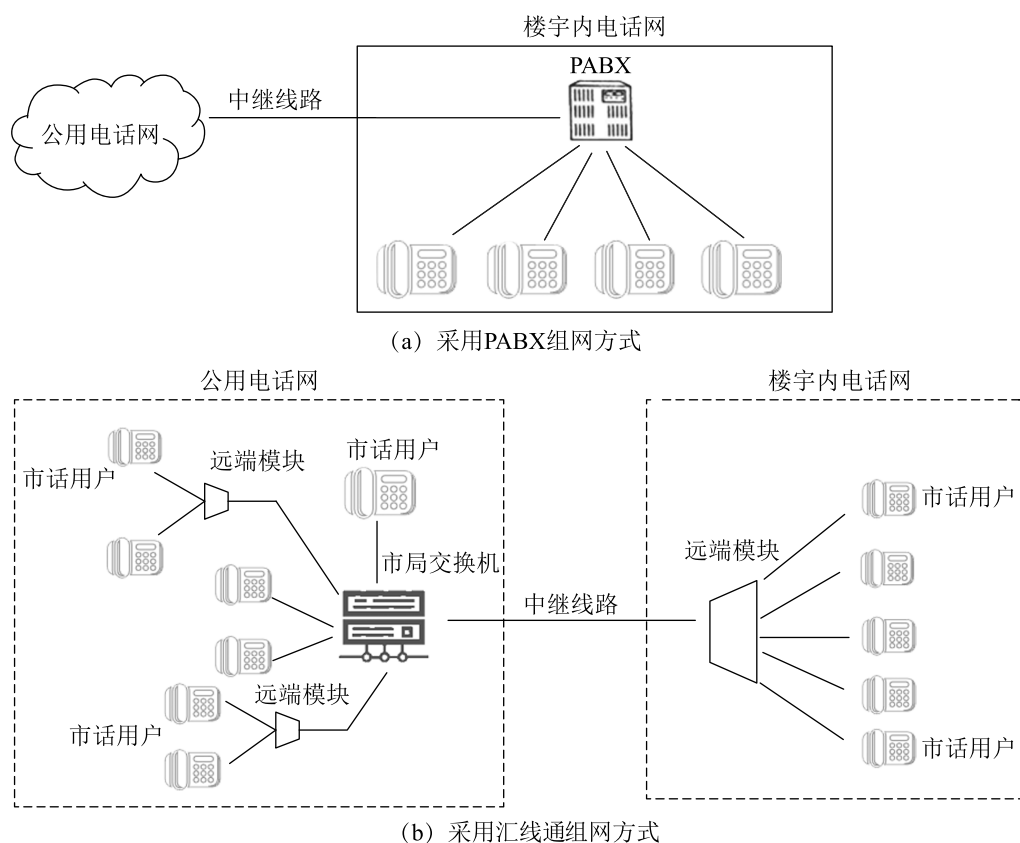


图 2-13 楼宇内电话网的两种构建方式

汇线通用户群拥有一长一短两个电话号码：长号即外线直拨电话号码，短号即群内分机号码。长短号并存分别使用。内部通话经过市话网，但不发生电话费用。楼宇内的电话网由当地的电信部门投资建造，这时的系统结构是以当地市话网的交换机的远端模块或端局级的交换机为核心构成一个星形网，楼宇内的用户是当地市话网的直接用户。由于交换机的产权归电信局，除了基本电话功能外，用户无法根据自身特定需求灵活地对系统进行升级。

采用 PABX 方式构建智能楼宇内的电话网是常用的方案，电话网的功能具有代表性。建筑内是分机对分机之间的免费通信。它既可以连接模拟电话机，也可以连接计算机、终端、传感器等数字设备和数字电话机，不仅要保证建筑内的语音、数据、图像的传输，而且要方便地与外部的通信。PABX 容量从几百至上万门不等。一些 PABX 产品采用分布式结构，包括一个本体部分和若干远端模块，后者可安装在靠近用户的地方，这样可以提高电缆布设的灵活性，也可能减少电缆费用。

3. 国家电话网结构

我国电话网的等级结构分为三级。其网络结构如图 2-14 所示。三级网也包括长途网和本地网两部分，其中长途网由一级长途交换中心 DC1、二级长途交换中心 DC2 组成，

本地网由端局 DL 和汇接局 TM 组成。

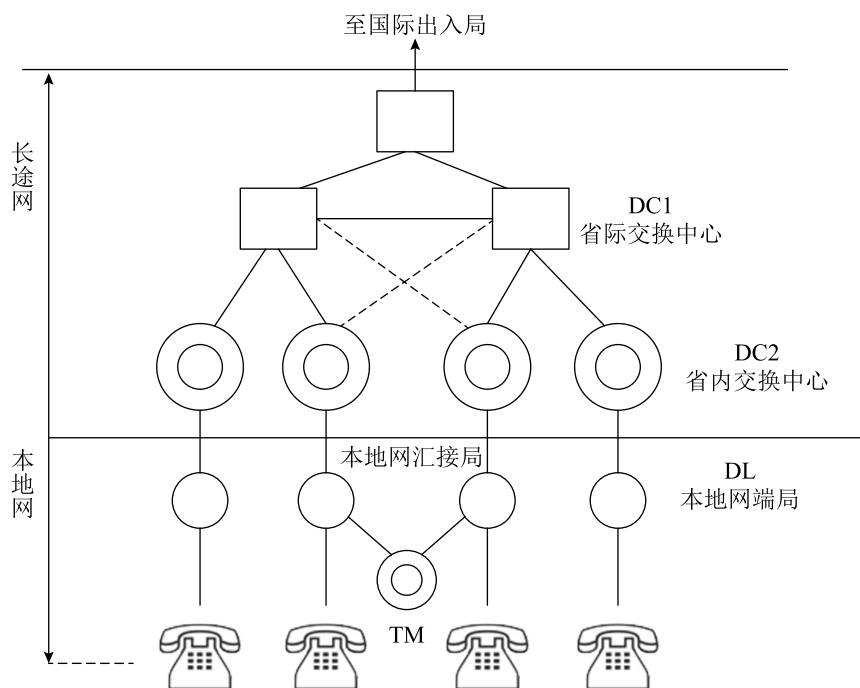


图 2-14 国家三级电话网

1) 本地电话网服务范围

一个长途编号区的范围就是一个本地电话网的服务范围。本地电话网络结构由网状网(端局间网状连接)和汇接网(由汇接局和端局组成)组成。本地电话网网络结构如图 2-15 所示。

2) 长途电话网

长途电话网承担疏通本地电话网以外的用户相互之间的长途电话业务，其中一个或几个一级交换中心直接与国际出入口局连接，完成国际往来电话业务的接续。

4. 电话网用户的接入

从用户终端到交换局配线架之间的线路一般称为用户线路。电话网用户的接入方式有铜线接入、无线接入和光纤接入等，根据不同的使用场合，用户可以采用不同的接入方法。

1) 铜线接入

目前我国绝大多数用户是通过双绞铜线接入交换机的，每个交换局的服务半径通常在 5km 以内，城市密集区则为 2 ~ 3km。为了提高用户线的利用率并降低用户线的投资，在本地网的用户线上可以采用一些延伸设备，包括远端模块、用户集线器和用户交换机等。

2) 无线用户环路

无线用户环路是一种提供基本电话业务的数字无线接入系统，从交换端局到用户终端可以部分或全部采用无线连接。其网络侧有标准的有线接入二线模拟接口或速率为

2Mbit/s 的数字接口，可直接与本地交换机相连；在用户侧与普通电话机相连，以无线传输技术向用户提供固定终端业务服务。无线用户环路上的用户基本上是固定终端用户或移动性有限的终端用户。无线用户环路适用于平原、丘陵、山区的农村通信（农村用户比较分散、用户的线距长、地形复杂、维护不便，传统有线接入难以解决或费用较高）。因此，近年来无线用户环路在我国得到了广泛应用。

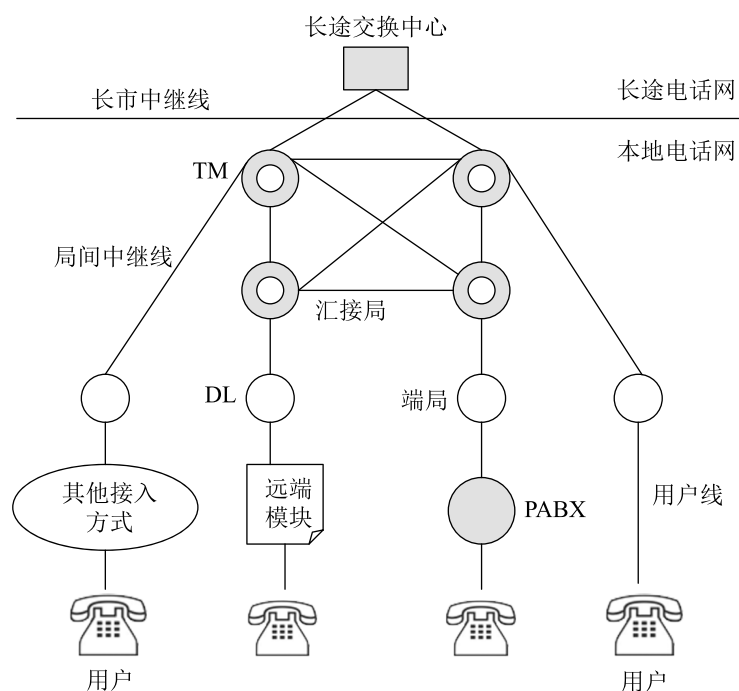


图 2-15 本地电话网网络结构

无线用户环路由三部分组成：控制中心、基站和用户终端设备。无线用户环路一般与电话网相连并作为它的一部分。电话网无线用户环路的典型结构如图 2-16 所示。

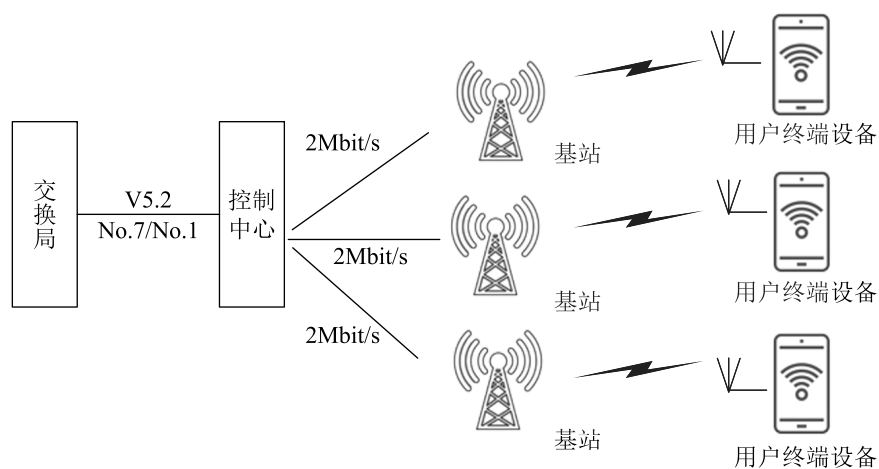


图 2-16 电话网无线用户环路的典型结构

光纤接入会在后面的章节进行详细介绍，本章不进行讲解。

5. 电话网中开放的业务

当前电话网中开放的业务主要有电话、数据、传真、电视电话会议、各类移动通信、遥控遥测报警等，电话网中开放的业务如图 2-17 所示。

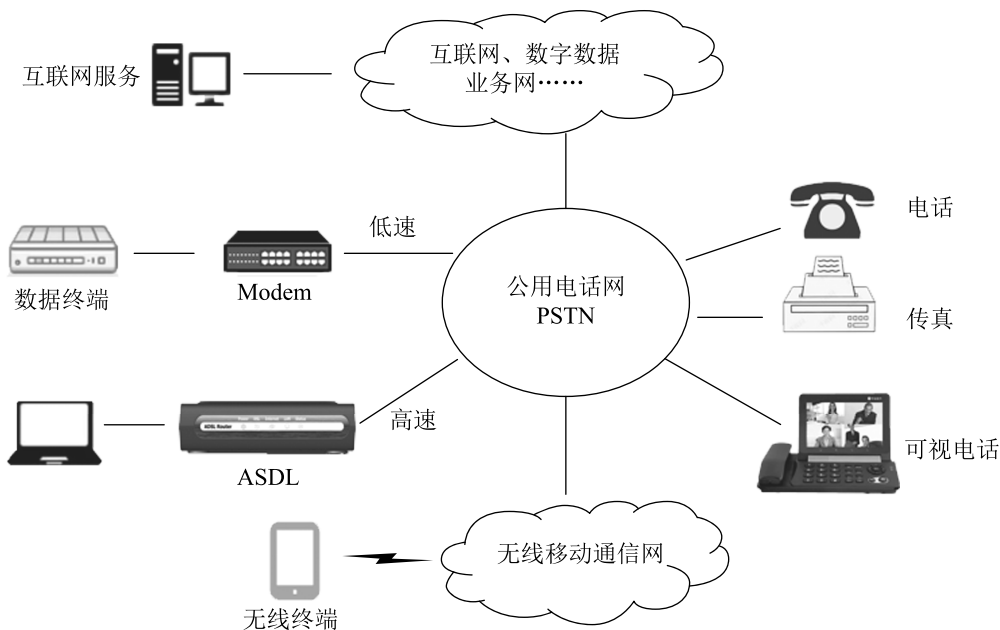


图 2-17 电话网中开放的业务

2.3 VoIP 系统

VoIP（Voice over Internet Protocol）是将模拟声音信号数字化后，以 IP 数据包的形式在计算机网络上进行传输的技术，它不同于一般的数据通信，对传输有实时性的要求，是一种建立在 IP 技术上的分组化、数字化语音传输技术。

2.3.1 VoIP 基本原理

VoIP 的基本原理如图 2-18 所示。

第 1 步是将发话端的模拟语音信号进行数字编码，目前主要采用 ITU-T G.711 语音编码标准来进行。

第 2 步是将语音数据包加以压缩，同时添加地址及控制信息。

第 3 步是将数据包在 IP 网络中传输到目的端。到了目的端后，IP 数据包会进行解码还原的作业，最后转换成扬声器、听筒或耳机能播放的模拟语音信号。

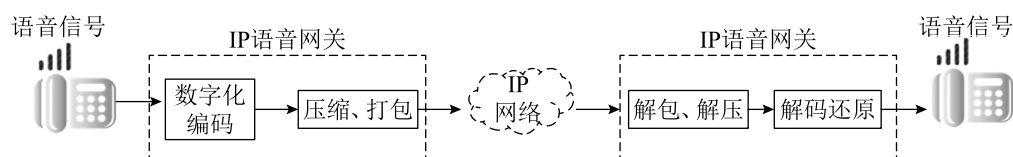


图 2-18 VoIP 的基本原理

2.3.2 VoIP应用形式

VoIP 的应用形式主要有四种，如图 2-19 所示。

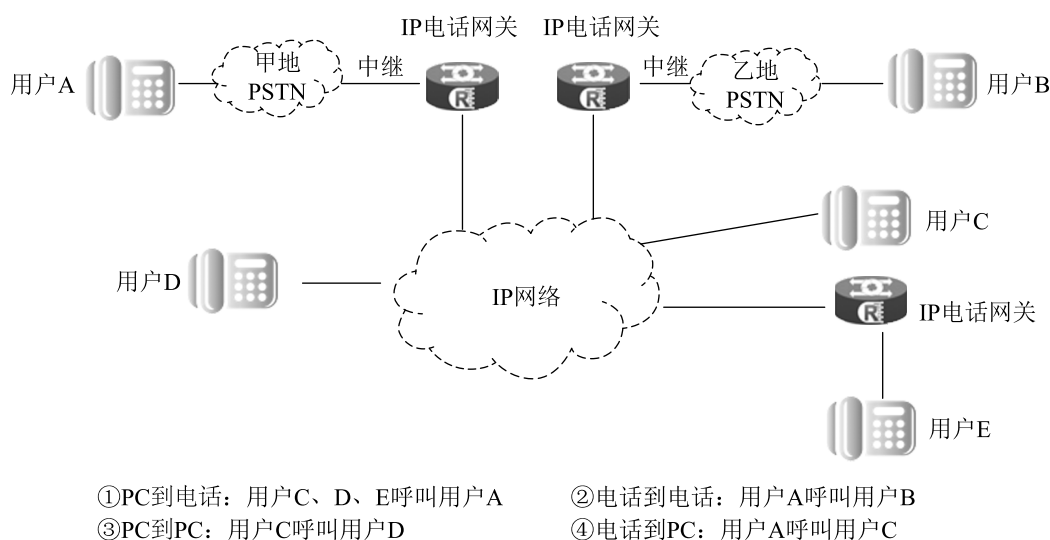


图 2-19 VoIP 的应用形式

1. PC 到电话

主叫方通过 PC 终端上网，被叫方是 PSTN 电话用户，利用 VoIP 语音软件进行通话，被叫方是普通电话用户，代表软件如 Skype 等。PC 到电话的特点是发话端为互联网用户，受话端是公共交换电话网（Public Switched Telephone Network, PSTN）电话用户，即 Internet+PSTN 形式。

2. 电话到电话

主、被叫方均为 PSTN 电话用户，主叫用户须拨打短号码并进行卡号和密码认证。这种应用形式出现较早，当前各大电信运营商都提供此类服务，如 IP 电话卡等。

电话到电话方式的特点是发、受话端均是 PSTN 电话用户，在主、被叫端之间经 IP 网络（既可是专用 IP 网也可是互联网），即 PSTN+IP 网络+PSTN 形式。

3. PC 到 PC

主、被叫方均为 PC 终端上网，利用即时通信软件的语音功能进行语音通话。代表软件有 QQ、MSN、ICQ、Skype 等。

4. 电话到 PC

主叫方是普通电话用户，被叫方是 PC 终端或者 IP 电话端上网，即 PSTN+Internet 形式。不同于 PC 到电话，目前的困难是 PC 端没有统一的号码资源，在一个小的专网中可以实现。

2.3.3 VoIP 控制协议

目前，可用来实现 VoIP 的协议有 H.323、H.248、SIP、MGCP、P2P 类语音协议。国内产品支持的主要是 H.323 和 SIP 协议。下面讲解 H.323、H.248 和 SIP 三种协议。

目前大多数商用 VoIP 网络都是基于 H.323 协议构建的。H.323 协议是 ITU-T 为包交换网络的多媒体通信系统设计的（目前主要用于 VoIP），主要由网关、网守以及后台认证和计费支撑系统组成，VoIP 的典型组成结构如图 2-20 所示。网关是完成协议转换和媒体编解码的主要设备，而网守则是完成网关之间的路由交换、用户认证和计费的控制层设备。

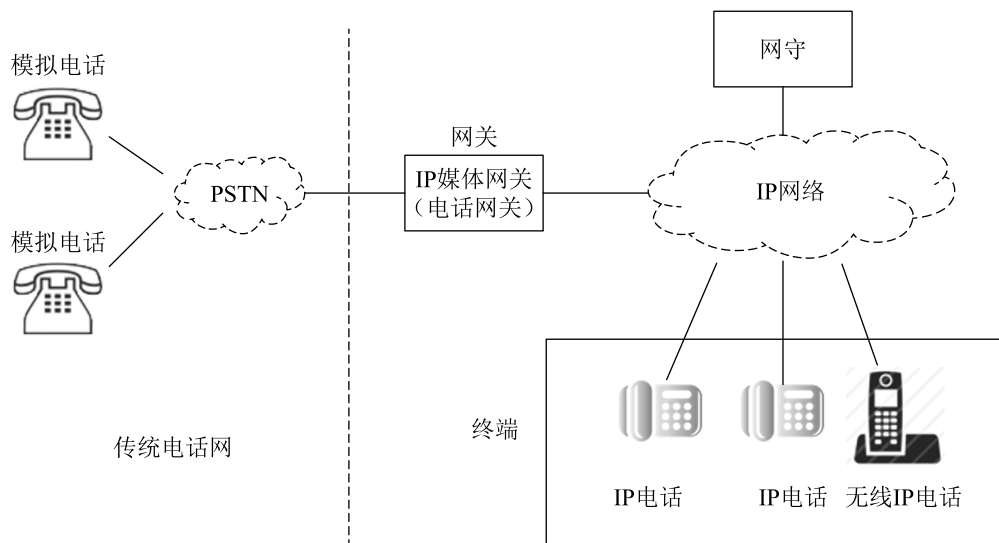


图 2-20 VoIP 的典型组成结构

1. 基于 H.323 协议的 VoIP 系统

VoIP 系统本身就是从电信级网络的角度出发而设计的，有着传统电信网的多种优