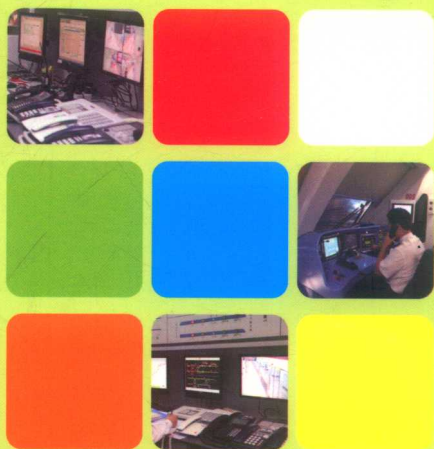


城市轨道交通职业技能鉴定培训系列教材



CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG
TONGXINGONG

城市轨道交通 通信工



赵丽花 主编
李玉斌 主审

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

城市轨道交通职业技能鉴定培训系列教材

城市轨道交通通信工

赵丽花 主 编

邓建芳 副主编

李玉斌 主 审

中国铁道出版社

2015年·北京

内 容 简 介

本书是城市轨道交通职业技能鉴定培训系列教材之一。编写时,紧紧围绕“以企业需求为导向,以职业能力为核心”的编写理念,力求突出城市轨道交通通信维护岗位技能培训特色,满足通信维护岗位技能培训与鉴定考核的需要。全书共分为两篇十四章,分别是:第一篇城轨通信工基础知识,包括通信原理、计算机基础与操作系统、计算机网络知识、光纤通信知识、移动通信基础知识、数据库基础知识,以及电路、机械识图和制图基础知识;第二篇城轨通信工专业知识,包括传输系统维护、无线系统维护、电话系统维护、广播系统维护、时钟系统维护、视频监控系统维护和电源系统维护。

本书是城市轨道交通通信工岗位技能教育培训用书,也可供相关人员参加就业培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通通信工 / 赵丽花主编. — 北京: 中国铁道出版社, 2015.12

城市轨道交通职业技能鉴定培训系列教材

ISBN 978-7-113-20499-0

I. ①城… II. ①赵… III. ①城市铁路—交通信号—信号系统—职业技能—鉴定—教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 296413 号

书 名:城市轨道交通通信工
作 者:赵丽花 主编

策 划:金 锋

责任编辑:吕继函

编辑部电话:010-63589185-3096

电子信箱:lvjihan@tqbooks.net

封面设计:时代澄宇

责任校对:马 丽

责任印制:李 佳

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:虎彩印艺股份有限公司

版 次:2015年12月第1版 2015年12月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:53.5 字数:1400 千

书 号:ISBN 978-7-113-20499-0

定 价:139.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480



序

随着我国城市轨道交通行业的蓬勃发展,培养一支技能型、实操型、有一技之长的高级蓝领队伍,打造企业的脊梁型人才,已成为行业内的当务之急。同时,建立一套完善的职业技能鉴定体系,打通企业技能员工晋升通道,引导和激励员工爱岗学技,岗位成才,保持员工队伍的稳定,对企业具有至关重要的意义。

南京地铁集团有限公司和南京铁道职业技术学院依托联合成立的“地铁学院”一体化办学平台,整合双方优质资源,共同开展了城市轨道交通企业职业技能鉴定体系开发工作。在编制完成南京地铁各岗位职业标准、鉴定要素细目表、题库的基础上,以南京地铁运营实践和南京铁道职业技术学院城市轨道交通专业建设为基础,结合国内上海、广州等地铁公司培训教材开发的情况,推出了城市轨道交通职业技能鉴定培训系列教材。

这套教材的推出,是在城市轨道交通行业职业资格证书建设方面进行的一个尝试,旨在为我国城市轨道交通行业的职业教育发展探索一条可持续发展之路。

本系列教材力求在以下方面有所突破:

一是力求教材内容具有较强的针对性。根据岗位职业标准中的基础知识及技能要求,结合鉴定要素细目表,教材内容覆盖了各工种需掌握的完整知识点和技能,将理论知识和实际操作有机结合,力求符合实际工作要求,具有较强的实操性。

二是力求教材系统完整,系统之间有机衔接。教材力避职业标准中不连续、比较原则和简略等弊端,按照连接性和扩展性的知识和技能要求进行必要的细化和展开,使相关的技能和知识连成线、织成片;并注重各专业的有机衔接,补充必需的基础性、辅助性知识和技能,形成一个相对独立、有利于学员、学生学习的培训教材体系。



三是力求教材编排融合度高。根据对应职业标准中五个等级的内容及考核比重表的要求,按培训规范中对应培训科目的培训目标、培训内容、培训学时等要求,将五个等级的内容要求融合为一体进行编写。

四是力求教材通用性好。教材对各岗位通用的基础知识、专业基础知识编写形成统一的通用教材,供各岗位使用,确保通用知识内容的准确性,使员工在转岗时能适应多个岗位的学习需要。

五是力求教材适用性广。教材内容以南京地铁运营公司的技术装备和运营实践为主,同时,结合各地铁公司使用的设备和运营管理情况,保证教材除满足南京地铁培训需要外,还可供其他地铁公司作为培训教材参考使用,相互交流。同时,教材可满足高级、中级、初级不同级别员工的培训、学习需要,既可作为普及型教材,亦可作为高技能人才培养教学用书。

由于编写时间仓促,且城市轨道交通行业尚未形成国家统一的标准和体系,教材中一定有许多不妥之处,恳请读者和广大同行批评指正、补充完善。另外,在教材的编写过程中参阅了大量书籍、报刊、学术论文、网站等有关资料,虽已尽可能在参考文献中加以注明,但仍有可能存在遗漏,在此特别说明并致谢!

2014年8月8日



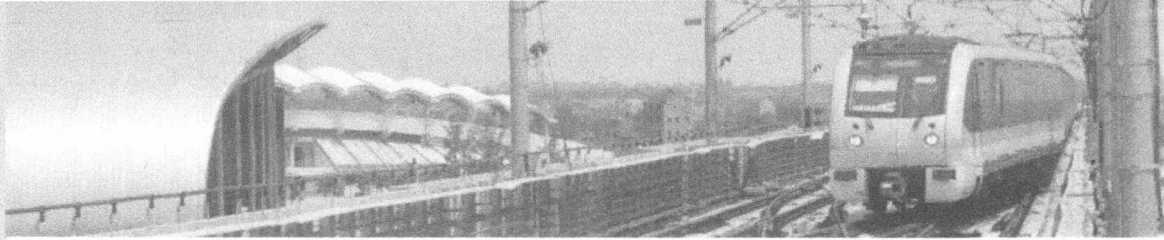
前

言

城市轨道交通是一个庞大复杂的技术系统,包括了线路、车站、车辆、供电、通信、信号、自动售检票、屏蔽门等众多专业。涵盖了土建、机械、电气设备、电子信息、环境控制、运输组织等各个门类。为了保证城市轨道交通列车安全、正点运行,在集中调度、统一指挥的原则下,要求与运营有关的各部门、各专业、各工种之间按照统一的工作计划——列车运行图,协调一致地进行生产活动。因此对从业人员开展岗位培训及技能训练已成为城市轨道交通行业职业教育的重要任务。

城市轨道交通信息通信系统是直接为轨道交通运营和管理服务的,是指挥列车运行、进行运营管理、公务联络和传递各种信息的重要手段,是保证列车安全、快速、高效运行的不可缺少的综合系统。通信工是从事城市轨道交通通信设备运行、设备维修的人员,工作内容包括设备日常维护、通信设备和线路的故障处理,以及通信设备的网络管理。基本要求是全力保证所有通信子系统的正常运行,及时发现故障苗头,及时处理故障。

本书根据城市轨道交通通信工岗位标准、鉴定要素细目表及培训规范进行编写,内容涵盖了通信工工种五个等级知识和技能要求。本培训教材全面介绍了地铁通信系统的各个子系统,包括传输系统、公务电话及专用电话系统、无线集群通信系统、闭路电视监控系统、有线广播系统、时钟系统、电源系统的功能、结构原理以及如何进行系统维护等。城市轨道交通概论的相关知识已在通用教材中介绍,本教材不再重复等叙述。本书不仅是城市轨道交通通信工工种岗位培训、技能鉴定的培训教材,也可以作为城市轨道交通大专院校、职业学校学生的教学参考用书。



本培训教材进行内容选择时,一方面紧密结合地铁通信工的具体工作内容,另一方面尽量涵盖所有现阶段应用的通信技术,理论与实践相结合,针对性强,内容详实。经过培训使学员能很快适应城市轨道交通通信工的日常工作,大大提高受训者的工作能力。

因为通信设备更新换代迅速,将来涉及淘汰设备的内容,可以删除不讲。

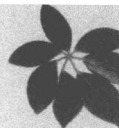
本书由南京铁道职业技术学院通信专业教师和南京地铁运营有限责任公司合作完成。南京铁道职业技术学院赵丽花任主编,南京铁道职业技术学院邓建芳任副主编,南京地铁运营有限责任公司李玉斌任主审。具体分工如下:第一、十二章由南京铁道职业技术学院沈瑞琴编写;第二、六章由南京铁道职业技术学院王向中编写;第三、十一章由赵丽花编写;第四、八章由邓建芳编写;第五、九章由南京铁道职业技术学院李永芳编写;第七章由南京铁道职业技术学院龙章勇编写;第十章由南京铁道职业技术学院段俊毅和龙章勇编写;第十三章由南京铁道职业技术学院晏蓉编写;第十四章由南京铁道职业技术学院袁绣红编写。

本书在编写过程中,得到了南京地铁通号中心的大力帮助,也得到了上海申通地铁集团公司、广州地下铁道总公司有关专家的指导,在此谨表感谢!

由于编写时间仓促,编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2015年10月



目

录

第一篇 城轨通信工基础知识

第一章 通信原理	2
第一节 通信的基本概念	2
第二节 信源编码	8
第三节 信道复用	11
第四节 数字信号的基带传输	16
第五节 数字调制	24
第六节 信道编码	28
第七节 多媒体信号处理	35
复习题	49
第二章 计算机基础与操作系统	50
第一节 计算机系统	50
第二节 计算机的工作过程与性能	61
第三节 操作系统	63
复习题	73
第三章 计算机网络知识	74
第一节 计算机网络基础	74
第二节 局域网技术	81
第三节 网络互联技术	110
第四节 网络服务器	151
第五节 网络维护与网络安全	158
复习题	166
第四章 光纤通信知识	168
第一节 光纤通信的特点	168
第二节 光 纤	169
第三节 光纤通信系统组成	177
第四节 光线路码型	181
第五节 串行通信接口	183
复习题	188



第五章 移动通信基础知识	189
第一节 移动通信概述	189
第二节 移动通信的电波传播与干扰	192
第三节 移动通信的关键技术	199
第四节 移动通信的组网技术	210
第五节 3G 技术	214
复习题	218
第六章 数据库基础知识	219
第一节 数据库基础知识	219
第二节 数据库	227
第三节 数据库对象	230
第五节 数据管理	239
复习题	245
第七章 电路、机械识图和制图基础知识	246
第一节 AutoCAD 入门基础	246
第二节 绘制简单二维图形对象	249
第三节 使用修改命令编辑对象	251
第四节 规划和管理图层	256
第五节 控制图层显示	259
第六节 精确绘制图形	259
第七节 绘制与编辑复杂二维图形对象	260
第八节 使用面域与图案填充	261
第九节 创建文字和表格	263
第十节 标注基础与样式设置	266
第十一节 标注尺寸与编辑标注对象	269
第十二节 使用块和 AutoCAD 设计中心	271
第十三节 输出、打印与发布图形	272
复习题	274



目

录

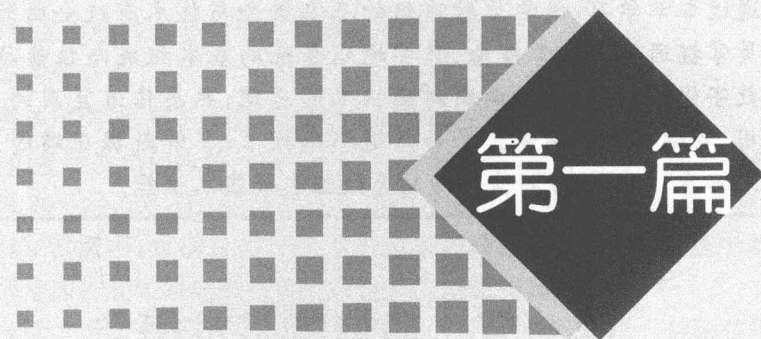
第二篇 城轨通信工专业知识

第八章 传输系统维护	276
第一节 传输技术	276
第二节 光缆线路工程	319
第三节 常用光器件	340
第四节 传输系统在城市轨道交通中的应用	348
第五节 传输系统故障处理	412
复习题	415
第九章 无线系统维护	416
第一节 集群通信系统概述	416
第二节 数字集群通信系统	427
第三节 TETRA 数字集群通信系统	440
第四节 基于 TETRA 的 Dimetra IP 数字集群通信系统	456
第五节 典型的 TETRA 系统在地铁通信中的应用	460
复习题	519
第十章 电话系统维护	520
第一节 交换技术概述	520
第二节 交换技术基础	525
第三节 电路交换技术	530
第四节 信令系统	548
第五节 分组交换技术	555
第六节 ATM 交换技术	570
第七节 下一代网络体系和软交换	579
第八节 电话系统在地铁中的应用	593
复习题	603
第十一章 广播系统维护	604
第一节 有线广播系统概述	604
第二节 城轨广播系统	610
第三节 广播系统设备运行控制方式	619



第四节	地铁广播系统应用案例	624
第五节	广播系统日常维护与故障处理	640
复习题		651
第十二章	时钟系统维护	652
第一节	时钟系统概述	652
第二节	城市轨道交通时钟系统组网及功能	653
第三节	时钟系统的主要设备	656
第四节	时钟系统在城市轨道交通中的应用	662
第五节	时钟系统的维护与故障处理	676
第六节	时钟系统相关技术	681
复习题		685
第十三章	CCTV 系统维护	686
第一节	视频监控系统发展历程	686
第二节	前端设备	688
第三节	传输设备	703
第四节	控制设备	710
第五节	图像的处理与显示设备	711
第六节	记录设备	714
第七节	视频监控系统综述	718
第八节	地铁监控系统	721
第九节	视频监控系统故障处理与维护	753
复习题		766
第十四章	电源系统维护	767
第一节	概 述	767
第二节	交流配电屏	776
第三节	不间断电源系统	787
第四节	高频开关电源	802
第五节	蓄 电 池	811
第六节	接地系统与防雷	822
第七节	集中监控系统	837
复习题		842
参考文献		843

城市轨道交通工程



• 城轨通信工基础知识 •

第一章 通信原理



培训目标

通过本章学习,使学员对通信的基本概念与技术有较全面的认识,要求学员掌握通信的基本概念、数字通信系统的基本组成与性能指标、模拟信号数字化的过程、三种调制解调技术的原理;熟悉信道复用的几种方法与应用、实际应用的调制技术和信道编码技术;了解数据压缩的基本概念和国际标准;能正确分析实际通信系统组成和基本性能。

第一节 通信的基本概念

任何一种点对点的通信,其系统模型都可以用图 1-1 来表示。

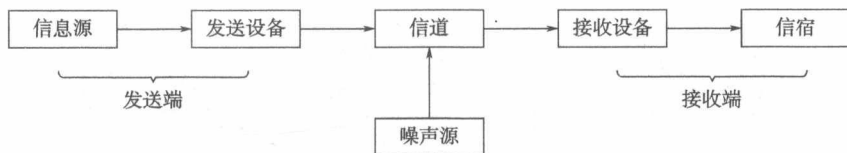


图 1-1 通信系统模型

发送端由信息源和发送设备组成。信息源即原始信息的来源,它的作用是把各种如语声、音乐、文字、数据、图片、活动画面等消息转换成相应的电信号。常见的信息源设备有电话机、摄像机、传真机、计算机和各种数字终端设备等。为了使这些电信号能在信道中传输,由发送设备对原始信号进行调制、复用等处理,然后再送入信道。

信道是指信号的传输媒质,可以是无线的,也可以是有线的(包括光纤)。有线和无线均有多种传输媒介。

在通信传输过程中必然会受到干扰,通常称为噪声。噪声的来源很广,有外界的人为噪声,有宇宙界的自然噪声,还有系统内部噪声。一般把自然噪声、内部噪声统称为起伏噪声。通信系统中,以起伏噪声作为对通信系统影响的主要噪声,起伏噪声是不能预测的随机噪声。但就其统计特性来说,这种噪声具有高斯型分布和平稳性、历经性的特点,并且在整个频率范围内具有平坦的功率谱密度。因此,把通信系统中的噪声称为高斯白噪声。为了方便对通信系统的分析,一般将这些噪声集中表示。

接收端由接收设备和信宿组成。接收设备的基本功能是完成发送设备的反变换,即进行解复用和解调等,并将有用信号与噪声区分开来,恢复出原始的电信号;信宿则将复原的原始电信号转换成原始消息。

一、通信系统的分类

通信系统的分类方法有很多,一般从下面五个方面进行分类:

1. 按通信业务分类

根据通信业务不同,可分为电话通信、数据通信、图像通信、多媒体通信等各种通信系统。这些通信系统可以是专用的,也可以是兼容的。在综合业务通信网中,各种类型的消息都在统一的通信网中传送;如多媒体通信就是将电话、图像、数据综合在一起,形成一种相互关联的复合信号进行通信的新型业务。

2. 按是否调制分类

根据是否采用调制,可分为基带传输和频带传输的通信系统。

一般地,信息源发出的电信号频率大都从低频开始,这种信号称为基带信号,如话音信号频率为 $20\sim 20\,000\text{ Hz}$,但主要能量集中在 $300\sim 3\,400\text{ Hz}$;电视图像信号的频率在 $0\sim 6\text{ MHz}$ 范围内;数据信号的频率虽然与传输速率有关,但仍属于基带信号。直接将基带信号经过放大器送到信道上传输称为基带传输。

基带信号通过调制后,其频谱搬移到比较高的频率范围,以适合传输信道的要求。经过调制后频谱变高的信号称为频带信号。传输频带信号称为频带传输。

3. 按传输信号的特征分类

根据信道中传输的是模拟信号还是数字信号,可分为模拟通信系统和数字通信系统。

图 1-2 为模拟通信系统基本组成。由于信源发出的原始电信号通常具有频率很低的频谱分量,一般不宜直接传输,因此需要调制器将其变换成适合信道传输要求的已调信号送到信道中传输。接收端经解调器把已调信号还原为原始信号。与图 1-1 相比,这里的调制器与解调器代替了发送设备和接收设备。

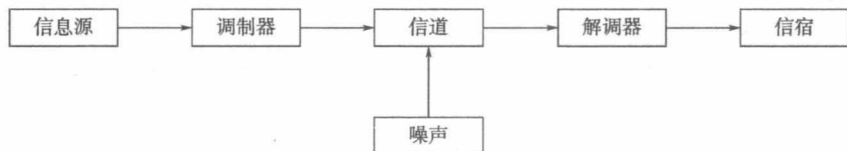


图 1-2 模拟通信系统组成

数字通信系统组成如图 1-3 所示。当信息源发送出来的电信号是模拟信号时,需要经过信源编码变换成数字基带信号;加密器可以很方便地对传输信号进行加密处理;复用是将多路信号按一定规律复合成一路信号,以提高传输信道的效率;信道编码通常包括纠错编码和线路编码;由于信道噪声的干扰而使传输的数字信号产生差错,必须在接收端能自动检出错码并纠正错码,即纠错编码,线路编码的目的是为了信源编码后的数字信号更适合在信道上传输;调制器是为了实现数字信号的频带传输。接收端的解调、信道解码、解复用、解密器、信源解码等功能,与发送端的调制、信道编码、解复用、加密器、信源编码等功能是一一对应的反变换。

数字通信发展非常迅速,主要原因是它与模拟通信相比有以下独特的优点:

(1) 抗干扰能力强

信号在传输过程中必然会受到各种噪声的干扰。在模拟通信中,为了实现远距离传输,需要及时地把已经受到衰减的信号进行放大(增音)。但在信号放大的同时,串

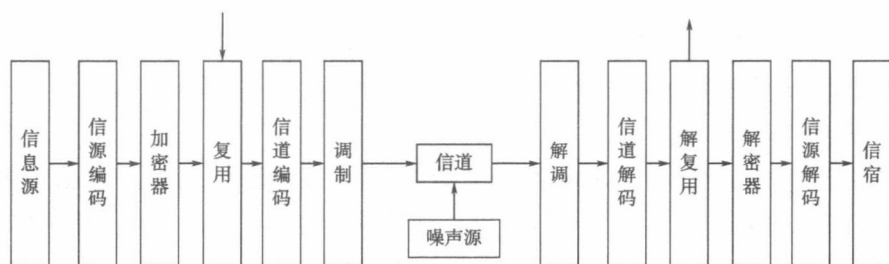


图 1-3 数字通信系统组成

扰进来的噪声也被放大。由于模拟信号是用信号幅度载荷信息的,而噪声又是直接干扰信号幅度,因此,难以把信号与干扰噪声分开。随着传输距离增加,噪声累加越来越大,信噪比越来越小。所以模拟通信的通信距离越远,通信质量越差。

在数字通信中,信息不是包含在脉冲的波形上,而是包含在脉冲的有无之中。为了实现远距离传输,可以通过再生的方法对已经失真的信号波形进行判决,从而消除噪声积累。由于无噪声积累,所以数字通信抗干扰能力强,易于实现高质量的远距离传输。这是数字通信的重要优点之一。

(2) 灵活性强,能适应各种业务要求

在数字通信中,各种消息(电报、电话、图像和数据等)都可以变换成统一的二进制数字信号进行传输。数字信号的传输可以与数字信号的时分交换结合起来,组成统一的综合业务数字网(ISDN)。综合业务数字网对来自不同信源的信号自动地交换、综合、传输、处理、存储和分离,这给实际应用带来极大的便利。

(3) 便于差错控制

在数字通信中,可以很方便地通过信道编码技术进行检错与纠错,降低误码率,提高传输质量。

(4) 便于加密处理

信息传输的安全性和保密性都显得越来越重要,数字通信的加密处理比模拟通信容易得多。加密经过一些简单的逻辑运算即可实现。

(5) 设备便于集成化、小型化

数字通信通常采用时分多路复用,不需要昂贵的、体积较大的滤波器。由于设备中大部分电路都是数字电路,可以用大规模和超大规模集成电路实现,这样设备体积小,功耗也较低。

但是,它也有不足之处,如占用频带宽,这是数字通信的最大缺点。一路模拟电话约占 4 kHz 带宽,而一路数字电话大约需 64 kHz 带宽。随着编码技术的不断发展,一路数字电话的带宽可降到 32 kHz、16 kHz,甚至更低。随着光纤等宽带传输信道的广泛应用,数字通信和光纤传媒的优点得到了最好的结合,数字通信得到了广泛的应用。

4. 按信号的复用方式分类

传送多路信号一般有三种复用方式:频分复用、时分复用、码分复用。频分复用是用频谱搬移的方法使不同信号占据不同的频率范围;时分复用是用脉冲调制的方法使不同信号占据不同的时间区间;码分复用是用正交的脉冲序列分别携带不同信息。

传统的模拟通信中都采用频分复用。时分复用是数字通信系统中采用的一种最基本的复用方式。码分复用多用于空间通信的扩频通信系统和移动通信系统中。当

然,为了进一步提高系统的有效性,一个通信系统中可以采用多种复用技术。例如,在移动通信系统中,同时采用频分复用、时分复用和码分复用技术。

5. 按传输媒介分类

按传输媒介,通信系统可分为有线和无线通信系统两大类。所谓有线通信,是用导线(如架空明线、对称电缆、同轴电缆、光导纤维等)作为传输媒质完成通信,如市内电话、有线电视、海底电缆通信等。所谓无线通信,是依靠电磁波在空间传播达到传递消息的目的,如短波电离层传播、微波视距传播、卫星中继等。

二、通信方式

通信方式是指通信双方之间的工作方式或信号传输方式。

对于点与点之间的通信,按信号传送的方向与时间关系,通信方式可分为单工通信、半双工通信及全双工通信三种。

单工通信是指信号只能单方向传输的工作方式,如图 1-4(a)所示。例如,遥测、遥控,就是单工通信方式。

半双工通信是指通信双方都能收发信息,但不能同时进行收发的工作方式,如图 1-4(b)所示。例如,使用同一载频工作的无线电对讲机,就是按这种通信方式工作的。

全双工通信是指通信双方可同时进行收发信息的工作方式,如图 1-4(c)所示。例如,普通电话就是一种最常见的全双工通信方式。

在数字通信中,按照数字信号码元排列方法不同,有串行通信与并行通信之分。

所谓串行通信,是将数字信号码元序列按时间顺序一个接一个地在信道中传输,如图 1-4(d)所示。如果将数字信号码元序列分割成两路或两路以上的数字信号码元序列同时在信道中传输,则称为并行通信,如图 1-4(e)所示。

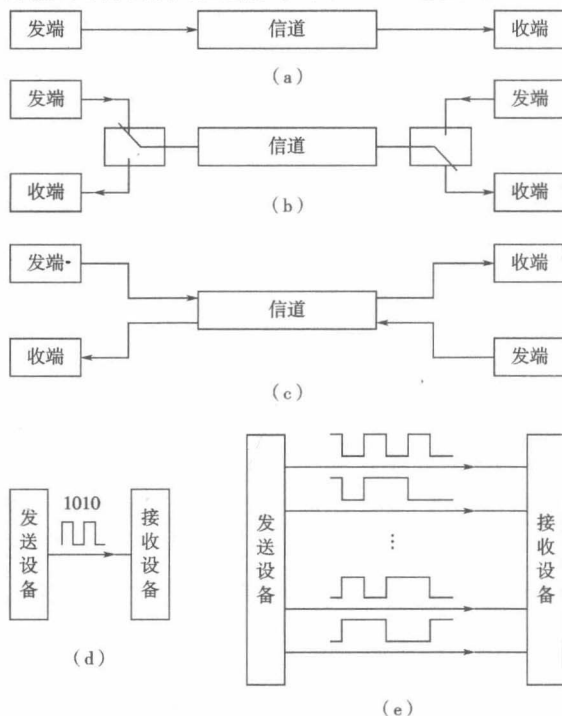


图 1-4 通信方式示意图

一般的远距离数字通信大都采用串行通信方式,因为这种方式只需占用一条通路。并行通信在近距离数字通信中被采用,它需要占用两条或两条以上的通路。

三、通信系统的主要性能指标

1. 信息及其度量

通信的目的是传递信息。

信息一词在概念上与消息的意义相似,但它的含义更普遍化、抽象化。信息可以被理解为消息中包含接收者所需要知道的有意义的内容。一个预先确知的消息因不给接收者带来任何信息而失去传递的必要。如同运输货物多少采用“货运量”来衡量一样,传输信息的多少使用“信息量”去衡量。

概率论告诉我们,事件的不确定程度,可以用其出现的概率来描述:事件出现的可能性愈小,概率就愈小;反之,概率就愈大。根据这种认识,我们得到:消息中的信息量与消息发生的概率紧密相关,消息出现的概率愈小,则消息中包含的信息量就愈大。如果事件是必然的(概率为1),则它传递的信息量应为零;如果事件是不可能的(概率为0),则它将有无穷的信息量。如果我们得到不是由一个事件构成而是由若干个独立事件构成的消息,那么这时我们得到的总信息量,就是若干个独立事件信息量的总和。

消息中所含的信息量 I 与消息出现的概率 $P(x)$ 间的关系式为

$$I = \log_2 \frac{1}{P(x)} = -\log_2 P(x) \quad (1-1)$$

信息量的单位为比特(bit)。

下面来讨论等概率出现的数字信号的信息量。

在数字信道中传送的数字信号单元,可以是二进制的,也可以是多进制的,不同进制的信号单元所携带的信息量是不同的,我们称这种信号单元为码元。

一位二进制数,不是0就是1,当0、1等概出现时[即 $P(0)=P(1)=1/2$],一个码元所携带的信息量为

$$I = \log_2 \left(\frac{1}{P} \right) = \log_2 \left(\frac{1}{1/2} \right) = 1 \quad (\text{bit}) \quad (1-2)$$

对于 M 进制,当 M 个数等概出现时(概率为 $1/M$),一个码元所携带的信息量为

$$I = \log_2 \left(\frac{1}{P} \right) = \log_2 M \quad (\text{bit}) \quad (1-3)$$

2. 主要性能指标

通信系统最主要的性能指标是传输信息的有效性和可靠性。有效性指传输一定信息量时所占用的信道资源(如频带宽度),或者说是传输的“速度”的问题;而可靠性指接收信息的准确程度,是一个“质量”的问题。显然,有效性和可靠性是互相矛盾的:要求传输速率高,质量就差一些;要求传输质量好,则速度就要受到限制。通常只能依据实际要求取得相对的统一。当然有效性和可靠性在一定条件下是可以进行互换的。

数字通信系统的有效性指标是传输速率和频带利用率,可靠性指标是传输误码率。

(1) 传输速率

①信息速率(传信率) R_b :它是指单位时间内(1 s)所传送的信息量。单位为比特/