



教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材



“十三五”江苏省高等学校重点教材（编号：2018-2-128）

信息与通信工程

Switching Technology & Telecommunication Network

交换技术与通信网

王 珺 江凌云 主编

Wang Jun

Jiang Lingyun

王玉峰 杨国民 陈美娟 张 颖 吴 斌 参编

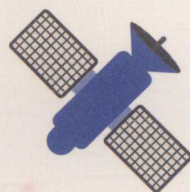
Wang Yufeng

Yang Guomin

Chen Meijuan

Zhang Ying

Wu Bin



教学课件

清华大学出版社





教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材



“十三五”江苏省高等学校重点教材（编号：2018-2-128）

Switching Technology & Telecommunication Network

交换技术与通信网

王 珺 江凌云 主编

Wang Jun

Jiang Lingyun

王玉峰 杨国民 陈美娟 张 颖 吴 斌 参编

Wang Yufeng

Yang Guomin

Chen Meijuan

Zhang Ying

Wu Bin



清华大学出版社

北京

内 容 简 介

当今通信网,垂直方向分为传送平面、(融合)业务平面和控制平面。本书在讲解传统电信网交换技术和通信网架构的基础上,按照这个脉络对课程内容进行组织,包括交换技术的基本原理和基本交换结构、通信网架构、通信网传输技术、IMS 架构、SDN 以及 VPN、CDN 等内容。新编教材能够充分反映现代通信网的特性:以 IP 为核心,融合化、智能化(云化)、软件化和虚拟化等。

本书内容新颖、风格简明、重点突出、通俗易懂,既有基础知识、概念和理论讲解,同时又给出了网络性能分析,网络容量估算等常用方法。除了帮助学生掌握理论知识外,还有助于培养学生在工程实践中的分析问题和判断问题的能力,并能够根据实际问题进行相应的设计。此外,本书还包含了前沿热点和开放性问题,非常适合作为通信工程、电子信息工程、网络工程等相关专业的教科书,也可供从事通信工作的技术人员和管理人员参考。

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。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

交换技术与通信网/王珺,江凌云主编. —北京:清华大学出版社,2019.11

高等学校电子信息类专业系列教材

ISBN 978-7-302-54117-2

I. ①交… II. ①王… ②江… III. ①通信交换—通信网—高等学校—教材 IV. ①TN915.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 247773 号

责任编辑:盛东亮 钟志芳

封面设计:李召霞

责任校对:李建庄

责任印制:李红英

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:010-62770175

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

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-83470236

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:19.25

字 数:467 千字

版 次:2019 年 12 月第 1 版

印 次:2019 年 12 月第 1 次印刷

定 价:59.00 元

产品编号:084419-01

高等学校电子信息类专业系列教材

一
顾问委员会

谈振辉	北京交通大学	(教指委高级顾问)	郁道银	天津大学	(教指委高级顾问)
廖延彪	清华大学	(特约高级顾问)	胡广书	清华大学	(特约高级顾问)
华成英	清华大学	(国家级教学名师)	于洪珍	中国矿业大学	(国家级教学名师)
彭启琮	电子科技大学	(国家级教学名师)	孙肖子	西安电子科技大学	(国家级教学名师)
邹逢兴	国防科技大学	(国家级教学名师)	严国萍	华中科技大学	(国家级教学名师)

一
编审委员会

主 任	吕志伟	哈尔滨工业大学			
副主任	刘 旭	浙江大学	王志军	北京大学	
	隆克平	北京科技大学	葛宝臻	天津大学	
	秦石乔	国防科技大学	何伟明	哈尔滨工业大学	
	刘向东	浙江大学			
委 员	王志华	清华大学	宋 梅	北京邮电大学	
	韩 焱	中北大学	张雪英	太原理工大学	
	殷福亮	大连理工大学	赵晓晖	吉林大学	
	张朝柱	哈尔滨工程大学	刘兴钊	上海交通大学	
	洪 伟	东南大学	陈鹤鸣	南京邮电大学	
	杨明武	合肥工业大学	袁东风	山东大学	
	王忠勇	郑州大学	程文青	华中科技大学	
	曾 云	湖南大学	李思敏	桂林电子科技大学	
	陈前斌	重庆邮电大学	张怀武	电子科技大学	
	谢 泉	贵州大学	卞树檀	火箭军工程大学	
	吴 瑛	解放军信息工程大学	刘纯亮	西安交通大学	
	金伟其	北京理工大学	毕卫红	燕山大学	
	胡秀珍	内蒙古工业大学	付跃刚	长春理工大学	
	贾宏志	上海理工大学	顾济华	苏州大学	
	李振华	南京理工大学	韩正甫	中国科学技术大学	
	李 晖	福建师范大学	何兴道	南昌航空大学	
	何平安	武汉大学	张新亮	华中科技大学	
	郭永彩	重庆大学	曹益平	四川大学	
	刘缠牢	西安工业大学	李儒新	中国科学院上海光学精密机械研究所	
	赵尚弘	空军工程大学	董友梅	京东方科技集团股份有限公司	
	蒋晓瑜	陆军装甲兵学院	蔡 毅	中国兵器科学研究院	
	仲顺安	北京理工大学	冯其波	北京交通大学	
	黄翊东	清华大学	张有光	北京航空航天大学	
	李勇朝	西安电子科技大学	江 毅	北京理工大学	
	章毓晋	清华大学	张伟刚	南开大学	
	刘铁根	天津大学	宋 峰	南开大学	
	王艳芬	中国矿业大学	靳 伟	香港理工大学	
	苑立波	哈尔滨工程大学			
丛书责任编辑	盛东亮	清华大学出版社			

序

FOREWORD

我国电子信息产业销售收入总规模在 2013 年已经突破 12 万亿元,行业收入占工业总体比重已经超过 9%。电子信息产业在工业经济中的支撑作用凸显,更加促进了信息化和工业化的高层次深度融合。随着移动互联网、云计算、物联网、大数据和石墨烯等新兴产业的爆发式增长,电子信息产业的发展呈现了新的特点,电子信息产业的人才培养面临着新的挑战。

(1) 随着控制、通信、人机交互和网络互联等新兴电子信息技术不断发展,传统工业设备融合了大量最新的电子信息技术,它们一起构成了庞大而复杂的系统,派生出大量新兴的电子信息技术应用需求。这些“系统级”的应用需求,迫切要求具有系统级设计能力的电子信息技术人才。

(2) 电子信息系统设备的功能越来越复杂,系统的集成度越来越高。因此,要求未来的设计者应该具备更扎实的理论基础知识和更宽广的专业视野。未来电子信息系统的设计越来越要求软件和硬件的协同规划、协同设计和协同调试。

(3) 新兴电子信息技术的发展依赖于半导体产业的不断推动,半导体厂商为设计者提供了越来越丰富的生态资源,系统集成厂商的全方位配合又加速了这种生态资源的进一步完善。半导体厂商和系统集成厂商所建立的这种生态系统,为未来的设计者提供了更加便捷却又必须依赖的设计资源。

教育部 2012 年颁布了新版《高等学校本科专业目录》,将电子信息类专业进行了整合,为各高校建立系统化的人才培养体系,培养具有扎实理论基础和宽广专业技能的、兼顾“基础”和“系统”的高层次电子信息人才给出了指引。

传统的电子信息学科专业课程体系呈现“自底向上”的特点,这种课程体系偏重对底层元器件的分析与设计,较少涉及系统级的集成与设计。近年来,国内很多高校对电子信息类专业课程体系进行了大力度的改革,这些改革顺应时代潮流,从系统集成的角度,更加科学合理地构建了课程体系。

为了进一步提高普通高校电子信息类专业教育与教学质量,贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020 年)》和《教育部关于全面提高高等教育质量若干意见》(教高【2012】4 号)的精神,教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会开展了“高等学校电子信息类专业课程体系”的立项研究工作,并于 2014 年 5 月启动了《高等学校电子信息类专业系列教材》(教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材)的建设工作。其目的是为推进高等教育内涵式发展,提高教学水平,满足高等学校对电子信息类专业人才培养、教学改革与课程改革的需要。

本系列教材定位于高等学校电子信息类专业的专业课程,适用于电子信息类的电子信

息工程、电子科学与技术、通信工程、微电子科学与工程、光电信息科学与工程、信息工程及其相近专业。经过编审委员会与众多高校多次沟通,初步拟定分批次(2014—2017年)建设约100门课程教材。本系列教材将力求在保证基础的前提下,突出技术的先进性和科学的前沿性,体现创新教学和工程实践教学;将重视系统集成思想在教学中的体现,鼓励推陈出新,采用“自顶向下”的方法编写教材;将注重反映优秀的教学改革成果,推广优秀的教学经验与理念。

为了保证本系列教材的科学性、系统性及编写质量,本系列教材设立顾问委员会及编审委员会。顾问委员会由教指委高级顾问、特约高级顾问和国家级教学名师担任,编审委员会由教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会委员和一线教学名师组成。同时,清华大学出版社为本系列教材配置优秀的编辑团队,力求高水准出版。本系列教材的建设,不仅有众多高校教师参与,也有大量知名的电子信息类企业支持。在此,谨向参与本系列教材策划、组织、编写与出版的广大教师、企业代表及出版人员致以诚挚的感谢,并殷切希望本系列教材在我国高等学校电子信息类专业人才培养与课程体系建设中发挥切实的作用。

吕志伟 教授

前言

PREFACE

近年来,随着信息通信技术的快速发展,传统的通信网络体系架构发生了重大变化,交换技术也在不断更新,由于传统的通信网正在向以 IP 为核心的未来网络方向发展,通信网中的主流交换技术已经从电路交换转向为分组交换,交换技术与路由技术的作用逐渐趋同,同时网络与交换技术的发展趋于融合。

鉴此,本书主编在糜正琨教授撰写的《交换技术》的基础上,撰写了《交换技术与通信网》,本着“先进、实用、精炼、清新”的原则,大幅精简传统通信网的内容。本书编写原则由“大而全”转为“少而精”,摒弃过于陈旧的或过于超前的内容,精简篇幅。

本书在讲解传统电信网交换技术和通信网架构以及网络的发展趋势后,对现网技术进行全面讲解。通信网在向全 IP 网络发展过程中,垂直方向可分为传送平面、(融合)业务平面、控制平面,本书的后续章节安排按照这个脉络对课程内容进行了组织。为了增加课程的基础理论性,本书引入“网络性能分析”,为了保证教材的新颖性,本书最后又介绍了未来网络的几种关键技术。

全书分为 7 章:第 1 章为通信网和交换技术的概论,介绍通信网的组成,通信网与交换技术的发展演变以及通信网的体系架构;第 2 章介绍通信网中交换节点技术,介绍了电路交换、分组交换及软交换技术,包含了移动交换技术的讲解;第 3 章讲解通信网传送层技术,系统概述传送层作用、主要技术以及相关的物理设备,内容包括以太网技术、路由技术、MPLS 技术以及基于 MPLS-TP 的分组传送网;第 4 章是通信网控制层的技术,主要讲解 IMS 的网络架构、IMS 的主要协议、IMS 用户编号方案以及典型流程等内容;第 5 章介绍通信网业务技术,主要讲解了承载层面上提供的安全可靠的虚拟专用网业务、应用层面上一种适用于流媒体分发的新型网络技术-内容分发网络,以及通过控制层提供的 VoLTE 业务及技术;第 6 章是对通信网性能进行分析,介绍排队论的基础知识,并对分组交换网络和 IP 网络服务质量进行分析;第 7 章介绍通信网的新技术,包括 SDN、NFV、ICN、云计算等。

本书第 1 章由王玉峰教授、王珺副教授编写,第 2 章由王珺副教授编写,第 3 章由杨国民副教授编写,第 4 章由张颖讲师编写,第 5 章由吴斌讲师编写,第 6 章由江凌云副教授编写,第 7 章由陈美娟副教授编写,全书校稿由王珺、江凌云和张颖老师完成。本书主编及编写人员都是通信学院一直执教“交换技术”与“通信网”专业的骨干教师,其中高级职称五名,两名讲师,另两名曾获得校级教学标兵称号。感谢糜正琨教授在本书前两章的撰写中给出的宝贵意见,本书使用了糜教授撰写的部分文稿。

限于篇幅,本书不可能全面反映各种新的技术,加之编者水平有限,书中难免还会存在一些不妥之处,希望广大读者不吝批评指正。

作者

2019 年 10 月

图书资源支持

感谢您一直以来对清华大学出版社图书的支持和爱护。为了配合本书的使用，本书提供配套的资源，有需求的读者请扫描下方二维码，“书圈”微信公众号二维码，在图书专区下载，也可以拨打电话或发送电子邮件咨询。

如果您在使用本书的过程中遇到了什么问题，或者有相关图书出版计划，也请您发邮件告诉我们，以便我们更好地为您服务。

我们的联系方式：

地 址：北京市海淀区双清路学研大厦 A 座 701

邮 编：100084

电 话：010-83470236 010-83470237

资源下载：<http://www.tup.com.cn>

客服邮箱：tupjsj@vip.163.com

QQ：2301891038（请写明您的单位和姓名）

科技传播·新书资讯



电子电气科技荟

资料下载·样书申请



书圈

用微信扫一扫右边的二维码，即可关注清华大学出版社公众号。

目录

CONTENTS

第 1 章 绪论	1
1.1 通信网概述	1
1.1.1 通信网中交换技术的引入	1
1.1.2 通信网的组成	2
1.1.3 通信网的分类	4
1.1.4 通信网的拓扑结构	4
1.2 通信网与交换技术的发展	5
1.2.1 交换技术的分类	5
1.2.2 交换技术的发展	9
1.2.3 通信网的发展	10
1.3 网络体系结构	12
1.3.1 传统通信网的体系结构	12
1.3.2 OSI 参考模型的层次和功能	14
1.3.3 TCP/IP 模型	16
1.3.4 两种协议的对应关系	17
1.4 通信网结构的演进	18
1.4.1 网络发展趋势概述	18
1.4.2 NGN 的网络架构	19
1.4.3 未来网络	20
1.5 本章小结	24
习题	24
参考文献	24
第 2 章 交换技术	25
2.1 电信交换技术概述	25
2.1.1 电信交换节点技术	25
2.1.2 电信交换网络技术	30
2.1.3 典型的交换网络和交换结构	33
2.2 电路交换	42
2.2.1 电话交换技术的发展	42
2.2.2 数字程控交换机	43
2.2.3 电话交换网及其支撑技术	47
2.2.4 移动交换	57
2.3 分组交换	66

2.3.1	基于分组交换的网络	66
2.3.2	IP 地址	68
2.3.3	IP 数据报的格式及分组转发原理	71
2.3.4	IPv6 技术	74
2.3.5	网络互连设备	76
2.4	软交换技术	79
2.4.1	软交换产生的背景	80
2.4.2	软交换基本概念及特点	81
2.4.3	基于软交换的下一代网络架构	83
2.4.4	网络接口和协议	83
2.5	本章小结	86
	习题	87
	参考文献	88
第3章	传送层技术	89
3.1	传送层概述	89
3.2	以太网技术	91
3.2.1	传统以太网	91
3.2.2	交换式以太网	94
3.2.3	虚拟局域网	97
3.3	路由技术	101
3.3.1	IP 分组转发	101
3.3.2	路由协议概述	102
3.3.3	RIP 协议	103
3.3.4	OSPF 协议	104
3.3.5	IS-IS 协议	105
3.3.6	BGP-4 协议	105
3.4	MPLS	107
3.4.1	MPLS 概述	107
3.4.2	MPLS 标签分配与管理	108
3.4.3	MPLS 的控制面	110
3.4.4	MPLS 的数据面	115
3.4.5	MPLS 关键技术	116
3.4.6	MPLS 应用	117
3.5	基于 MPLS-TP 的分组传送网	117
3.5.1	PTN	117
3.5.2	MPLS-TP 及其关键技术	120
3.5.3	PTN 组网应用	126
3.6	本章小结	127
	习题	127
	参考文献	128
第4章	控制层技术	129
4.1	IMS 概述及网络架构	129
4.1.1	IMS 的概念	129

4.1.2	IMS 的技术特点	130
4.1.3	IMS 的标准化进程	131
4.2	IMS 的网络架构	133
4.2.1	IMS 功能实体介绍	134
4.2.2	IMS 的接口	138
4.3	IMS 的主要协议	141
4.3.1	SIP	141
4.3.2	Diameter 协议	147
4.3.3	COPS 协议和 H.248 协议	147
4.4	IMS 用户编号方案	148
4.4.1	用户标识	148
4.4.2	公共业务标识	150
4.4.3	网络实体标识	150
4.5	IMS 的通信流程	151
4.5.1	P-CSCF 发现流程	151
4.5.2	IMS 用户注册流程	152
4.5.3	IMS 基本会话建立流程	158
4.5.4	IMS 会话的释放过程	159
4.6	本章小结	159
	习题	160
	参考文献	161
第 5 章	通信网业务	162
5.1	前言	162
5.2	虚拟专用网概念	162
5.2.1	VPN 定义和基本技术要求	162
5.2.2	VPN 的基本组网应用和分类	164
5.2.3	VPN 的安全技术	166
5.2.4	VPN 的隧道协议	168
5.3	基于 MPLS 的虚拟专用网	171
5.3.1	MPLS VPN 概念	171
5.3.2	MPLS VPN 组网结构	175
5.3.3	MPLS VPN 工作流程	177
5.4	内容分发网络	181
5.4.1	CDN 定义和网络结构	181
5.4.2	CDN 中的关键技术	183
5.4.3	CDN 的发展和趋势	185
5.5	VoLTE 业务与技术	186
5.5.1	LTE 话音业务解决方案	186
5.5.2	VoLTE 架构和业务流程	187
5.5.3	VoLTE 关键技术	188
5.6	本章小结	190
	习题	191
	参考文献	191

第 6 章 网络性能分析	193
6.1 图论基础	193
6.1.1 网络和图	193
6.1.2 图的矩阵表示	195
6.1.3 最小生成树及其算法	196
6.2 最短路径问题	201
6.2.1 Bellman-Ford 算法	201
6.2.2 Dijkstra 算法	203
6.2.3 Floyd 算法	204
6.3 网络流量问题	206
6.3.1 基本概念	207
6.3.2 最大流问题	208
6.3.3 最小费用流问题	210
6.4 排队论基础	211
6.4.1 排队模型基本概念	211
6.4.2 $M/M/1$ 、 $M/G/1$ 、 $M/D/1$ 排队模型	213
6.4.3 $M/M/m$ 排队	216
6.5 分组交换网时延分析	218
6.5.1 节点时延	219
6.5.2 端-端平均时延	219
6.5.3 全网平均时延	220
6.6 分组交换网其他性能分析	223
6.6.1 分组交换网的 QoS	223
6.6.2 分组语音节点的时延	224
6.6.3 分组交换网吞吐量	224
6.7 传输网性能分析	225
6.7.1 误码性能分析	225
6.7.2 滑码性能分析	230
6.7.3 同步性能分析	233
6.8 本章小结	239
习题	239
参考文献	241
第 7 章 通信网新技术	242
7.1 SDN 技术	243
7.1.1 SDN 网络架构	243
7.1.2 SDN 网络工作流程	246
7.1.3 SDN 标准	249
7.1.4 SDN 应用	252
7.2 NFV 技术	254
7.2.1 NFV 基本概念和标准	254
7.2.2 NFV 体系架构	255
7.2.3 网络编排	258
7.3 云计算	260

7.3.1	云计算服务的分类	260
7.3.2	云计算的特点	264
7.3.3	5G 中的 SDN/NFV 与云计算	265
7.3.4	雾计算	268
7.4	MEC	268
7.4.1	MEC 概述	269
7.4.2	MEC 关键技术	275
7.4.3	MEC 部署	276
7.5	本章小结	281
	习题	281
	参考文献	281
附录	英文缩写词	283

第 1 章

绪 论

CHAPTER 1

近年来,随着信息通信技术的快速发展,传统的通信网络体系架构发生了重大变化,交换领域的技术也在不断更新,网络与交换技术的发展趋于融合,交换技术与路由技术的作用也逐渐趋同。

本章使学生全面了解现代通信网络的构成和发展思路,理解网络的体系结构,掌握现代通信网络和交换技术的基本概念、原理和相互之间的有机联系。掌握网络中的主要协议,并了解协议设计的原则和要素。

1.1 通信网概述

1.1.1 通信网中交换技术的引入

通信意味着信息的传递和交换,人们的社会活动离不开通信,尤其是在一个信息化的社会,现代通信技术的飞速发展使人与通信的关系变得密不可分。在现代通信网络中,为满足不同通信需求而采用的通信方式各不相同,通信手段多种多样,通信内容丰富多彩,从而使通信系统的构成不尽相同。一个最简单的通信系统是只有两个用户终端和连接这两个用户终端的传输线路所构成的通信系统,这种通信系统所实现的通信方式称为点到点通信方式,如图 1.1 所示。

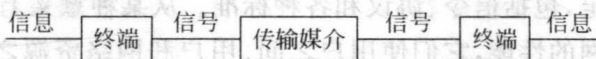


图 1.1 点到点通信方式

点到点通信方式仅能满足与一个用户终端进行通信的最简单的通信需求。比如,两个人要通话,最简单的方式就是两个人各拿一部话机,用一条双绞线将两部话机连接起来,即可实现话音通信。然而,现实的通信更多的是要求在一群用户之间能够实现相互通信,以电话通信为例,要想实现多个用户终端之间的相互通话,最直接的方法就是用通信线路将多个用户终端两两相连,如图 1.2 所示。

若用户终端数为 N ,则两两相连所需的线对数为 $N(N-1)/2$,因此,当用户终端数 N 较大时,两两互连所需线对数的数量很大,线路浪费大,投资大,很不经济;此外,每个用户终端需要配置一个 $N-1$ 路的选择开关,控制协调复杂;增加第 $N+1$ 个用户终端时,必须增设 N 条线路,安装维护困难。因此,上述提到的全互连方式仅适用于终端数目少、地理位

置集中、可靠性要求很高的场合。为实现多个终端之间的通信,引入了交换节点,各个用户终端不再是两两互连,而是分别经由一条通信线路连接到交换节点上,如图 1.3 所示。该交换节点就是通常所说的交换机,它完成交换的功能。在通信网中,交换就是在通信的源和目的终端之间建立通信通道,实现信息传送过程。引入交换节点后,用户终端只需要一对线对与交换机相连,节省了线路投资,组网灵活方便。用户间通过交换设备连接方式使多个终端的通信成为可能。由上述可见,通信网是通信系统的系统。

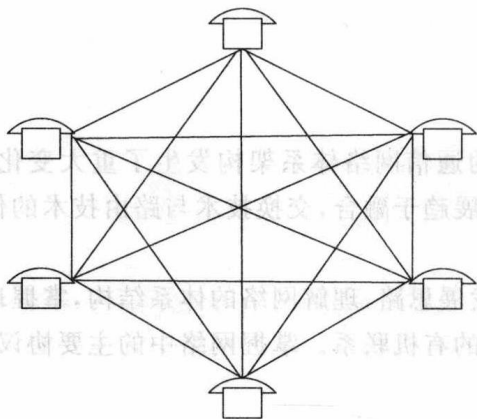


图 1.2 两两互连的电话通信

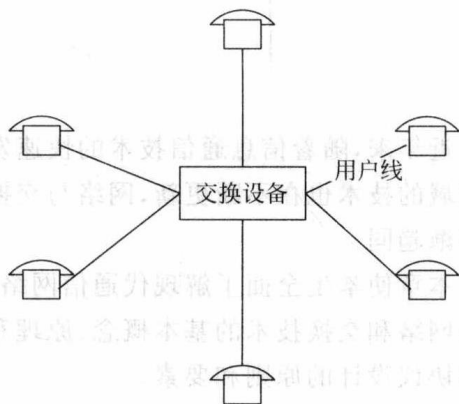


图 1.3 引入交换节点的多终端通信

1.1.2 通信网的组成

由一个交换节点组成的通信网,它是通信网最简单的形式。实际应用中,为实现分布区域较广的多终端设备之间的相互通信,通信网往往由多个交换节点构成,这些交换节点之间或直接相连,或通过汇接交换节点相连,通过多种多样的组网方式,构成覆盖区域广泛的通信网络。通信网是通信系统的系统,因而通信系统的部件必然也是通信网的部件,包括用户终端设备、网络互连设备(交换及路由设备)和传输设备。但是只有这些设备,往往还不能形成一个完善的通信网。假如把上述这些部件称为构成一个通信网的“硬件”,还必须有一套“软件”,这就是各种规定,包括信令、协议和各种标准。从某种意义上说,这些规定是构成通信网的核心,决定通信网的性能,它们使用户之间、用户和网络资源之间和各个交换点之间有共同的“语言”,以使通信网能合理地运行和正确地被控制,达到任意两个用户之间能快速接通和相互交换信息。也就是说,通信网是一种使用网络互连设备、传输设备将地理上分散的用户终端设备互连起来,按约定的信令或者协议实现通信和信息交换的系统。

1. 终端设备

终端设备是通信网最外围的设备,将输入信息变换成易于在信道中传输的信号,并参与控制通信工作,是通信网中的源点和终点。其主要的功能是转换,它将用户发出的信息变换成适合信道上传输的电信号,以完成信息发送的功能;反之,把对方经信道传送来的电信号变换为用户可识别的信息,以完成接收信息的功能。终端设备有很多,如电话终端、数字终端、数据通信终端、图像通信终端、移动通信终端、多媒体终端等。其功能如下。

(1) 将待传送的信息和在传输链路上传送的信号进行相互转换。在发送端,将信源产生的信息转换成适合于在传输链路上传送的信号;在接收端则完成相反的变换。

(2) 将信号与传输链路匹配,由信号处理设备完成。

(3) 信令的产生和识别,即用来产生和识别网内所需的信令,以完成一系列控制作用。

2. 传输设备

传输设备是信息的传输通道,是连接网络节点的媒介。一般包括传输媒质和延长传输距离及改善传输质量的相关设备,其功能是将携带信息的电磁波信号从出发地点传送到目的地。传输设备根据传输介质的不同有光纤传输设备、卫星传输设备、无线传输设备、同轴电缆与双绞线传输设备等。传输系统将终端设备和交换设备连接起来形成网络。

3. 网络互连设备

网络互连设备是通信网的核心节点,起着组网的关键作用,由于当今通信网是多种异构网络的互连,因此互连设备主要包括交换机、路由器和网关设备。交换机主要是工作在电话网中,路由器是IP网络的互连设备,它可以完成不同网络的互通,网关设备也是异构网络互通设备。网络互连设备的基本功能是解决信息传输的方向问题,根据信息发送端要求,选择正确、合理、高效的传输路径,把信息从发送端传到接收端。为了保证信息传输的质量,交换设备之间必须具有统一的传输协议,它规定了传输线路的连接方式(面向连接与无连接)、收发双方的同步方式(异步传输与同步传输)、传输设备工作方式(单工、半双工和双工)、传输过程的差错控制方式(端到端方式和点到点方式)、流量控制的形式(硬件流控与软件流控)等。

4. 通信网的约定

有了终端设备、交换设备和传输设备,从装备来说,已能完成用户两两之间的通信。但要顺利地相互交换信息,或者说通信网要能正常运转,通信双方还必须约定一些规定,而且只有正确执行这些规定,通信才能正常进行。假如各种设备称之为硬件的话,还必须有一些软件。在电话网中,必须有约定的信令(Signaling),在计算机网中,必须有约定的协议(Protocol)。此外还必须约定一些传输标准和质量标准,才能形成一个高效率的、有条不紊的通信网。这些规定在网内起着重要作用。在某种意义上说,没有这些规定,就不能形成通信网,而且通信网的性能和效率,在很大程度上取决于这些规定。实际上,这些规定是网内使用的“语言”,用它们来协调网的运行,达到互通、互控和互换的目的。各种设备还应满足已规定的标准,包括接口条件等。

1) 电话信令

信令是电话网工作中不可缺少的部分,它是终端与交换系统之间,以及交换系统与交换系统之间进行“对话”的语言,它控制电信网的协调运行,完成任意用户之间的通信连接,并维护网络本身的正常运行。信令系统是电信网的重要组成部分。

2) 计算机通信协议

计算机或数据通信中所用的协议,其作用与电话网中的信令是一样的。但交换方式不同,又与电话信令有显著不同。通常把选址、控制、状态通报以至管理等功能表现在数据帧的格式中。其内容将更复杂,因为它不但应包括网内传输的各种规定,还包括计算机内部和用户的各种情况。这些不但涉及网络的结构和运行,也涉及计算机类型、操作系统和软件。要想全面描述协议的总体是十分困难的,因此提出分层的概念。这就是把协议分成几个层,各层之间可以各自独立发展。但层间的界面上的信息交流是有明确规定的。在协议中,分层的原则是层间的信息交流尽可能少,而且层数不宜过多。国际标准化组织(ISO)定义了

数据通信协议一个7层模型,从上到下分别为应用层、表示层、对话层、传输层、网络层、链路层和物理层。最高层为应用层,最低层为物理层。上面4层一般称为用户层,主要是对用户而言的。下面3层称为通信层,主要是对通信网而言。

上面所讨论的信令和协议其实也都是标准,只是它们是完成对网的控制和运行,以满足用户的一些基本要求,如网内用户能两两接通,好的信令和协议可使接通快速;又如保证进网信息的透明性、灵活性等要求。关于网的质量一致性的要求,就必须再规定通信质量标准。至于扩大容量、经济可靠等要求,还需有传输标准,以达到线路的多路复用、设备的有效使用和互换等目的。通信质量是指用户满意的程度,可分为两个方面:一是接续质量,受网资源的容量和可靠性的限制,如电话的呼损率、数据的时延、设备的故障率等;二是信息传输质量,受终端和信道的失真和噪声等限制,如语言清晰度、图像清晰度等。

3) 传输标准

传输标准规定了信道接口的一系列参数,包括电平、阻抗、噪声分配、互通条件、同步、导频以及多路复用的系列等,内容是很多,有的可包含在信令和协议中。

1.1.3 通信网的分类

通信网的分类方法有很多种,其常见的分类如下。

1. 根据通信网支持业务进行分类

(1) 电话通信网;

(2) 电报通信网;

(3) 数据通信网;

(4) 多媒体通信网;

(5) 综合业务数字网。

2. 根据通信网采用传送模式进行分类

(1) 电路传送网:公用电话交换网(PSTN)、综合业务数字网(ISDN)。

(2) 分组传送网:分组交换公用数据网(PSPDN)、帧中继网(FRN)。

3. 根据通信网采用传输媒介进行分类

(1) 有线通信网:传输媒介为架空明线、电缆、光缆等有线介质。

(2) 无线通信网:通过电磁波在自由空间的传播来传输信号,根据采用电磁波长的不同又可分为中/长波通信、短波通信和微波通信等。

4. 根据通信网使用场合进行分类

(1) 公用通信网:向公众开放使用的通信网,如公用电话网、公用数据网等。

(2) 专用通信网:没有向公众开放而由某个部门或单位使用的通信网,如专用电话网等。

1.1.4 通信网的拓扑结构

网络基本的拓扑结构主要有网状网、星状网、环型网、总线型网、树型网和复合型网等。从网络的连通性看,网状网具有较大的冗余度,因而成本较高,但具有较高的可靠性。完全互连的网状网,其中的链路数与节点数的平方成正比,因此不适用于大规模网络。星状网的链路数与节点数呈正比关系,冗余度最低,网络构造成本最低,但可靠性也较差。复合型的