



世纪高职高专规划教材
高等职业教育规划教材编委会专家审定

JIAOHUAN JISHU

交换技术

(第2版)

主 编 范兴娟

副主编 韩 静 孙群中 杨 斐



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

高职高专规划教材

高等职业教育规划教材编委会专家审定

交换技术

(第2版)

主 编 范兴娟

副主编 韩 静 孙群中 杨 斐



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书是交换技术课程改革系列教材,教材采用了模块化教学理念。全书分为5个模块,每个模块在介绍理论知识的基础上讲述与理论知识紧密联系的实践操作技能,真正体现了高职高专培养“高技能应用型人才”的培养目标。本书作为高职高专通信类专业教材,在教材内容上力求体现高职高专侧重“够用为度”的原则。每个模块分为内容提要、重点难点、学习要求、正文、小结及练习题几个部分,从而方便读者阅读。

本书可作为通信专业、电子与信息等专业高职高专教材,也可作为通信工程技术人员、电子信息工程技术人员从事通信技术的实用参考书,还可作为通信技术人员的培训教程或自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

交换技术 / 范兴娟主编. --2 版. --北京:北京邮电大学出版社,2016.8

ISBN 978-7-5635-4844-6

I. ①交… II. ①范… III. ①通信交换 IV. ①TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 171136 号

书 名: 交换技术(第2版)

著作责任者: 范兴娟 主编

责任编辑: 刘 颖

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路10号(邮编:100876)

发行部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京通州皇家印刷厂

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 12.25

字 数: 300 千字

版 次: 2012年8月第1版 2016年8月第2版 2016年8月第1次印刷

ISBN 978-7-5635-4844-6

定 价: 28.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

前 言

本书第1版自2012年问世以来,深受高校师生及通信企业工作者的喜爱。随着通信网及通信网交换技术的不断发展演进,书中部分内容已不再适应时代发展的需要,急需引入新的内容以跟上时代的发展。第2版在引入新技术的同时,对部分重点、难点技术增加了生动形象的解释,另外,还在每个模块增加了大量的丰富多样的练习题,可以从多方面加深读者对相关理论、实践知识的深入理解。

交换技术主要包括程控交换、分组交换、ATM交换、IP交换、软交换、IP多媒体子系统IMS、演进的分组核心网EPC、光交换等内容,本书将各种交换技术进行了总结归纳,按照交换技术的演进路线,分为电路交换模块、分组交换模块、新一代交换技术模块、光交换模块等分别介绍了各种交换技术的原理及实际应用。

本书作者曾在电信企业交换机房工作,且多年从事交换技术课程的教学工作,积累了丰富的教学和实践经验。本书结合高职高专的特点,以“必需、够用”为度,深入浅出,讲清原理,突出基本概念,掌握关键技术。本书可作为高职院校通信类各专业的教材,也可作为初、中级通信技术人员的培训教程或自学参考书。

本书共5个模块,主要介绍各种交换技术的理论知识及实际应用,第2版对各模块都增加了大量的练习题。

模块一介绍了交换技术的概念、分类、发展,交换机的性能指标等主要内容。

模块二介绍了电路交换概念、交换原理、交换网络、终端与接口、No.7信令等理论知识,实践操作部分介绍了中兴仿真软件ZXJ10的硬件系统、本局及邻局电话互通数据配置过程。

模块三介绍了分组交换的概念及演进、各种分组交换技术原理等理论知识,实践操作部分介绍了基于IP交换技术的组网实验。

模块四介绍了新一代交换技术,包括软交换技术、IMS技术、EPC等,实践操作部分介绍了华为软交换设备 SoftCo9500 硬件结构及相关数据配置,理论部分新增了 IMS、EPC 等内容。

模块五介绍了光交换基本概念及分类、光交换网络等理论知识,实践操作部分介绍了华为智能光交换设备 OptiX OSN 9500 的系统组成、硬件结构,新增了华为 U2000 网管系统基本操作等内容。

本书由范兴娟统稿,并编写模块四、五的理论部分及模块二的实践部分,韩静编写模块二的理论部分,孙群中编写模块一、三,杨斐编写模块四、五的实践部分。石家庄邮电职业技术学院电信工程系孙青华教授、杨延广教授、黄红艳副教授、张志平副教授对本书给予了关心和指导,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,第2版中仍难免存在一些缺点与欠妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者
2016年6月

目 录

模块一 交换基础知识模块.....	1
1.1 交换的概念	1
1.2 交换技术的分类和发展	3
1.2.1 交换技术的分类	3
1.2.2 交换技术的发展历程	3
1.2.3 交换技术的发展方向	6
1.3 主要交换技术	7
1.3.1 电路交换技术	7
1.3.2 分组交换技术	7
1.3.3 软交换技术	7
1.3.4 光交换技术	8
1.4 交换机的性能指标	8
本章小结	11
习题	12
模块二 电路交换模块	15
2.1 话路子系统.....	16
2.1.1 模拟用户电路.....	16
2.1.2 用户集中级.....	17
2.1.3 数字用户电路.....	17
2.1.4 中继器.....	18
2.1.5 信令设备.....	19
2.1.6 数字交换网络.....	19
2.2 控制子系统.....	19
2.2.1 控制子系统的组成.....	19
2.2.2 控制子系统的控制方式.....	20
2.2.3 处理机的冗余配置.....	21
2.2.4 处理机间的通信.....	22
2.3 数字交换网络.....	23
2.3.1 数字交换原理.....	23

2.3.2	时间接线器	27
2.3.3	空间接线器	29
2.3.4	单T级交换网络	29
2.3.5	TTT交换网络	29
2.4	No.7信令	31
2.4.1	信令的基本概念和分类	31
2.4.2	No.7信令方式总体结构	34
2.4.3	No.7信令系统	37
2.4.4	消息传递部分	40
2.4.5	电话用户部分	42
2.5	ZXJ10交换机系统组成	47
2.6	ZXJ10交换机本局电话互通数据配置	50
2.7	ZXJ10交换机邻局电话互通数据配置	58
	本章小结	64
	习题	65
模块三 分组交换模块		70
3.1	分组交换基础	70
3.1.1	分组交换的起源	70
3.1.2	分组交换原理	71
3.1.3	分组交换的特点	73
3.2	分组交换技术	73
3.2.1	X.25分组交换技术	73
3.2.2	帧中继技术	78
3.2.3	ATM技术	80
3.2.4	IP交换技术	88
3.3	IP网交换设备	94
3.4	IP网组网实验	98
	本章小结	100
	习题	101
模块四 新一代交换模块		105
4.1	软交换技术	105
4.1.1	软交换网络结构	108
4.1.2	软交换网络的网元	109
4.1.3	软交换网络主要协议	118
4.2	IMS技术	133
4.2.1	IMS概述	134
4.2.2	IMS网络架构	134

4.3 EPC 技术	137
4.3.1 EPC 网络架构	137
4.3.2 EPC 网元设置原则	139
4.4 华为软交换设备及接入网关认知实验	140
4.5 SIP 用户配置及局内配置实验	145
4.6 SIP 中继对接数据配置实验	150
本章小结	154
习题	155
模块五 光交换模块	160
5.1 光交换概述	160
5.1.1 光电路交换	161
5.1.2 光分组交换	163
5.1.3 光突发交换	164
5.1.4 OCS、OPS 和 OBS 的比较	164
5.2 光交换网络	166
5.2.1 光交换网络概念及发展	166
5.2.2 全光网络	167
5.3 智能光网络	170
5.3.1 智能光网络概念	170
5.3.2 智能光网络体系结构	170
5.3.3 智能光网络关键技术	171
5.3.4 自动交换光网络	172
5.4 华为智能光交换设备认知实验	175
5.5 华为 U2000 网管系统基本操作	180
本章小结	183
习题	184
参考文献	185

模块一 交换基础知识模块

本章内容

- 交换的概念；
- 交换技术的分类和发展；
- 主要交换技术；
- 交换机的性能指标。

本章重点

- 交换的概念；
- 交换技术的分类；
- 主要交换技术；
- 交换机的性能指标。

本章难点

- 交换的概念；
- 主要交换技术。

学习本章目的和要求

- 掌握交换的基本概念；
- 了解交换技术的分类和发展；
- 了解主要交换技术；
- 了解交换机的性能指标。

从电报和电话通信起,就出现了交换技术,随着现代通信技术的发展,其内涵愈加丰富,交换技术是现代通信技术中的一种关键技术。

1.1 交换的概念

1. 交换的由来

“交换”一词源于英文单词“Switch”,在英文中,动词“交换”和名词“交换机”是同一个词,“Switch”原意是“开关”,早期电话通信网中的交换机在电路接续时采用的是金属触点开

关,后来发展为电子开关,我国的邮电专业技术人员将“Switch”译为“交换”。注意,本书中的“交换”特指电信技术中的信息交换,与一般的物品交换不同。

2. 交换的作用

最简单的点对点通信系统的一般模型是由信源、信宿和信道组成的。其中,信源和信宿对应于终端设备,信道对应于传输设备。在多用户通信系统通常要引入交换设备。

在现代通信网中,面向公众服务的通信网用户数量很多,且要满足任意用户间的通信需求。该如何实现任意两个用户间的通信呢? 首先给出图 1-1 所示的几种网络拓扑结构示意图。

如果采用网状网拓扑结构(见图 1-1(a)),用户两两之间互连,其总线路数将是用户数 N 的几何级数,即 $N(N-1)/2$ 条。这样,每增加一个用户都要增加与原有用户的互连线路。当用户数很大时,线路就会像密密麻麻的蜘蛛网一样,不仅工程上难以实现,而且线路成本也很高,经济上也不可行,所以,用户数很大时,不能采用网状网拓扑结构。而如果采用星形网拓扑结构(见图 1-1(b)),在中心位置设立中心局,各用户只需有一条到中心局的线路即可,其总线路数是用户数即可。中心局应该担负起各用户间的通信线路接续和信息传递的任务,中心局可称为交换节点,交换节点的交换设备就是交换机。

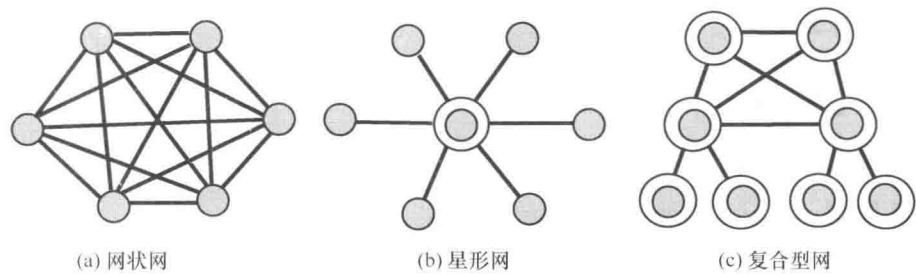


图 1-1 网络拓扑结构示意图

当通信网覆盖范围很大时,就需要设立更多的交换节点。对于这些交换节点互连的网络结构,可将图 1-1(a)和图 1-1(b)中的用户节点也看成交换节点,各交换节点之间既可采用网状网拓扑结构,也可采用星形网拓扑结构,或者将两者相结合形成复合型网拓扑结构(见图 1-1(c))。注意,此处讨论的只是交换节点的网络拓扑结构,若以交换节点为中心按照星形网将用户节点加上就更完整了。

可见,交换就是在多用户通信系统中,通过交换节点的交换设备来选择路由并分配相关资源,接续所需的通信线路,以实现任意用户间的信息传递。

3. 交换的基本方式

(1) 电路交换方式

对于采用电路交换方式的电话通信网来说,交换就是电话交换机根据用户呼叫来接通(挂机时,再拆除)电话用户间的通话线路。简单地说,电路交换就是话路的路由选择和接续。电路交换建立的是端到端的连接,用户的通话过程不需交换机参与。

(2) 分组交换方式

对于采用分组交换方式的数据通信网来说,则是沿用了电话通信网中的“交换”一词。这时,分组交换机(或分组终端)将需要传送的数据信息封装成一个个具有一定格式的分组,

交换就是根据目的地址选择下一个交换节点,以分组为单位发送给下一个交换节点,各交换节点将从上一个交换节点收到的分组暂存并择机转发到下一个交换节点,直到送达终端交换机为止。

分组交换方式又可分为面向连接方式和无连接方式两种。面向连接方式需要事先约定信息传输的路径,即建立虚连接,然后再沿着该路径进行存储-转发信息;无连接方式不需要建立虚连接,由各交换节点设备独立决定转发方向。

(3) 两种交换方式的区别

电路交换方式需要交换机完成端到端的通信线路接续动作后方能通信,通信过程中用户独占其分配的信道资源。主叫发起呼叫,被叫空闲应答,通信双方需要同时配合完成。对电路交换方式的交换机而言,用户信息是透明传输的,例如,交换机不知道且不需知道传送的是电话信号还是传真信号。

分组交换方式则是逐段进行,当分组途经各交换节点时,各节点分组交换机可以并发地对当前到达的分组进行交换处理,并将各分组以接力方式向前传递;通信双方的收发不必同时进行。对分组交换方式的交换机而言,交换机完成的许多信息处理功能对用户是透明的。例如,用户传送一个数字“1”,如何进行编码处理,用户是不知道且不需知道的。

1.2 交换技术的分类和发展

现代通信发展过程中,交换技术从电路交换技术发展 to 分组交换技术,并向着 IP 化、宽带化、智能化的方向发展。

1.2.1 交换技术的分类

交换技术可以从不同角度进行分类。

1. 按照通信网络业务类别划分

按照通信网络业务类别,交换技术可分为电话通信网交换技术、数据通信网交换技术等。

2. 按照交换原理划分

按照交换原理,交换技术可分为电路交换技术和分组交换技术。分组交换技术从 X.25 分组交换技术又发展出了帧中继技术、异步传输模式(ATM)技术及多协议标签交换(MPLS)技术等。

3. 按照信号特性划分

按照信号特性不同,从信号是电的还是光的,可分为电交换技术和光交换技术;从信号是模拟的还是数字的,可分为模拟交换技术和数字交换技术;从信号复用方式是空分的还是时分的,可分为空分交换技术和时分交换技术等。

1.2.2 交换技术的发展历程

下面按照通信网络业务类别不同,分别介绍交换技术的发展历程。

1. 电话通信网交换技术的发展

电话通信网交换技术的发展可分为人工电话交换阶段和自动电话交换阶段。

(1) 人工电话交换技术的发展

电话商用初期,电话交换局是靠人工完成主被叫用户间的线路接续的。
人工电话交换机包括磁石式电话交换机(1878 年)和共电式电话交换机(1882 年)。

(2) 自动电话交换技术的发展

在自动电话交换机中,交换接续过程的选线、连接和拆线等动作完全由交换机自动完成,不需要人工参与。

自动电话交换技术又经历了机电式、电子式〔又分为半(或准)电子式和全电子式〕的发展过程。

① 机电式交换机

机电式交换机最初是采用直接控制方式的步进制交换机,包括史端乔交换机(1891 年)和西门子交换机(1909 年)。所谓直接控制方式是指用户拨号脉冲直接控制交换机机键动作。每拨一个号码,控制交换机的对应机键动作一次,等拨全号码,也就完成了电路的接续,故称为步进制。步进制交换机示意图如图 1-2 所示。

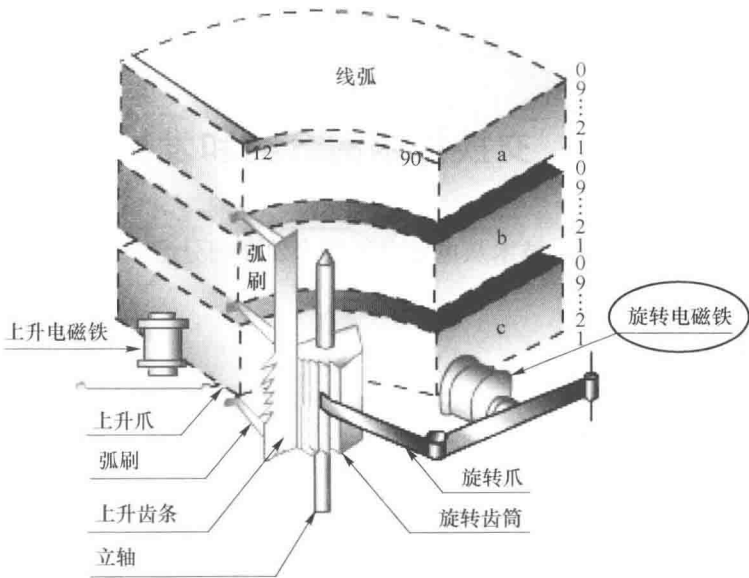


图 1-2 步进制交换机示意图

后来发展为间接控制方式的旋转制交换机(1914 年)、升降制交换机和纵横制交换机〔1919 年发明纵横接线器,纵横制交换机先后在瑞典(1926 年)和美国(1938 年)诞生〕。其中纵横制交换机的接线器接点从原来的滑动摩擦接触的金属接点改为压触式接点。所谓间接控制方式是指逐步引入了记发器和标志器等专门的控制部件,交换机可以将用户所拨号码存储下来,然后再去控制交换机的机键动作以完成电路接续。这样用户可以快速地连续拨号而不需等待交换机的机键完成动作。在纵横制交换机中,已经明确分为话路部分和控制部分两个部分。纵横制交换机示意图如图 1-3 所示。

② 半电子式交换机

半电子式交换机的控制部分采用电子器件,而话路部分仍采用机械接点。包括布线逻辑控制的交换机和空分模拟程控交换机(1965 年)。

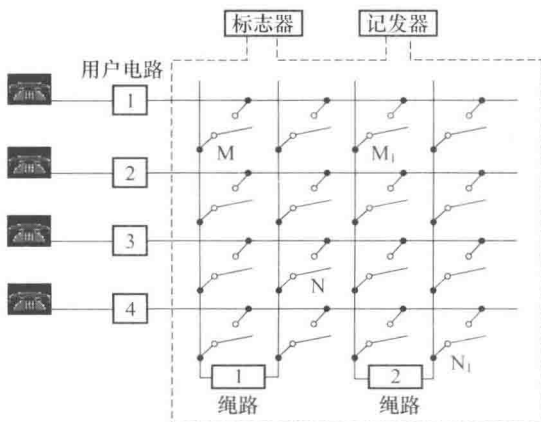


图 1-3 纵横制交换机示意图

③ 全电子式交换机

全电子式交换机的话路和控制部分都采用电子器件,即时分数字程控交换机(1970年)。

2. 数据通信网交换技术的发展

数据通信网交换技术的发展可以分为电路交换阶段和分组交换阶段。

(1) 电路交换技术的发展

数据通信网中的电路交换技术是对电话通信网的电路交换技术的继承,用于数据通信网发展初期,这时数据通信网依托于电话通信网。

(2) 分组交换技术的发展

① X.25 分组交换技术

最初的 X.25 分组交换技术产生在传输介质质量较差、终端智能较低以及对通信速率要求不高的历史背景下,采用的 X.25 建议是 1974 年由原国际电报电话咨询委员会(CCITT)按照电信级标准制定的。为提供高可靠性的数据服务,保证端到端传送质量,所以它采用逐段链路差错控制和流量控制,由于协议多,每台 X.25 分组交换机都要进行大量的处理,这样就使传输速率降低,时延增加,只能提供中低速率的数据通信业务,主要用于广域网互连。大多数国家的公用的 X.25 分组交换网络是在 20 世纪 70 年代到 80 年代建造的。

② 帧中继技术

帧中继技术是在分组技术、数字与光纤传输技术、计算机技术日益成熟的条件下发展起来的。随着光纤通信的发展,传输质量大大提高,并且终端智能化足以完成一些复杂的处理,局域网间的数据传输量和带宽要求急剧增加。于是由 X.25 分组交换技术加以改进产生了帧中继技术(1991 年),并替代了 X.25 分组交换技术。帧中继技术完成了开放系统互连参考模型(OSI-RM)的物理层和链路层的功能;流量控制、纠错等功能改由智能终端去完成,这大大简化了节点机之间的协议,提高了线路带宽的利用率。和 X.25 网络相比,节点的延时大大降低,吞吐量大大提高。帧中继主要应用在局域网(LAN)互联、高清晰度图像业务、宽带可视电话业务和 Internet 连接业务等。

③ ATM 技术

在 20 世纪 80 年代中期,随着多媒体技术的发展,网络应用已不限于传统的语言通信与

基于文本的数据传输。于是原 CCITT 提出 B-ISDN(Broadband Integrated Services Digital Network, 宽带综合业务数字网)的概念, B-ISDN 需要用一种新的网络替代现有的电话网及各种专用网, 这种单一的综合网可以同时传输语音、数字、文字、图形与视频信息等多种类型的数据。B-ISDN 中不同类型的数据对传输的服务要求不同, 对数据传输的实时性要求也越来越高。这种应用将会增加网络突发性的通信量, 而不同类型的数据混合使用时, 各类数据的服务质量(QoS)是不相同的。多媒体网络应用及实时通信要求网络传输的高速率与低延迟, 而 ATM 技术能满足此类应用的要求。

由于 ATM 技术简化了交换过程, 去除了不必要的数据校验, 采用易于处理的固定信元格式, 所以 ATM 交换速率大大高于传统的数据网, 如 X.25、数字数据网(DDN)、帧中继等。另外, 对于如此高速的数据网, ATM 网络采用了一些有效的业务流量监控机制, 对网上用户数据进行实时监控, 把网络拥塞发生的可能性降到最小。对不同业务赋予不同的优先级, 如语音的实时性优先级最高, 一般数据文件传输的正确性优先级最高, 网络对不同业务分配不同的网络资源, 这样就将不同的业务综合在同一网络中实现。

与 X.25 分组交换技术相比, 帧中继技术和 ATM 技术等称为快速分组交换技术。

④ MPLS 技术

随着 Internet 网络的发展, IP 网络应用多种多样, 但是 IP 网络无法提供可靠的 QoS, 而 B-ISDN 的 ATM 技术能够为各种业务提供可靠的 QoS, 但缺乏灵活性。在 20 世纪 90 年代, 出现了融合 IP 网络技术和 ATM 交换技术的 MPLS 技术等。

另外, 对于电话通信来说, 随着网络电话(VoIP)技术的应用, 电话交换技术从电路交换技术发展到了分组交换技术。电话通信网和数据通信网又一次在交换技术上得到统一。

1.2.3 交换技术的发展方向

随着通信网络 IP 化、宽带化和智能化, 交换技术也向着 IP 化、宽带化和智能化的方向发展。

1. IP 化

随着通信网络的综合化发展, 具有开放性的 IP 技术在和 ATM 技术的竞争中最后胜出, 通信网络逐步演变成全 IP 化的网络。面对数量巨大的 IP 数据, 如果仍采用计算机网络中的路由器对每个 IP 报文单独进行路由处理, 然后进行交换的方式, 效率低下, 已经无法适应。于是, 产生了 IP 技术和 ATM 技术相结合的 IP 交换技术, 就像邮政系统采用邮政编码以便分拣一样, 在 IP 网络入口处给每个业务信息流的所有 IP 报文都贴上一个特有的标签, 表示这些报文的路由是一样的, 这样, 通过一次路由处理, 然后都按照标签进行交换就可以了。

2. 宽带化

随着通信业务量的不断增长, 用户对带宽的需求也越来越多。光纤通信技术的出现首先解决了传输带宽的问题, 但交换机需要在交换处理前后分别进行光/电、电/光的转换, 因此, 电交换技术成为了网络中的瓶颈。

由于通信网络在模拟传输时, 采用机电式交换技术; 在数字传输时, 采用电子式交换技术; 那么, 在光传输时, 采用光交换技术应该是顺应历史发展的。光交换技术是全光通信网的核心技术。

3. 智能化

下一代网络(NGN)是基于 IP、支持多种业务、能够实现业务与传送分离、控制功能独立、接口开放、具有 QoS 保证和支持通用移动性的分组网。NGN 的核心技术是智能化的软交换技术。软交换设备是通过功能分离从传统网络中演化而来的,软交换体系可以由多个设备提供商来提供基于开放标准的产品,使得运营商能够灵活地选择最合适的产品去建设网络,而且开放的标准也能促进发展和节约成本。

1.3 主要交换技术

1.3.1 电路交换技术

在通信范畴,电路可以是用来传输用户信号的一对铜线、一个频段或时分复用电路的一个时隙。

电路交换方式中,交换设备只为通信双方建立透明的通路连接,不对用户信息进行任何检测、识别或处理。

目前的电路交换设备,通常是程控交换机,在软件控制下,接收和处理用户呼叫信令,分配资源,提供双向通信电路。

电路交换技术的主要特点是:通信前需要建立端到端的电路连接;通信双方需要同时配合完成通信;用户在通信过程中独占其分配的信道资源。

1.3.2 分组交换技术

在分组交换方式中,为提高线路利用率,一方面,将较长的用户信息分为若干个分组(Packet),以分组为单位进行逐段存储-转发。因此,分组是对用户信息进行存储-转发处理的基本单位。另一方面,采用统计时分复用方式为各用户信息分配信道资源。由于多用户共享线路,为区分不同用户信息,需要对用户信息进行复杂的处理。

早期的分组交换设备常称为分组交换机,在软件控制下,接收和处理分组,分配资源,将分组转发出去直到收端的分组交换机为止。后来发展的有帧中继交换机、ATM 交换机、MPLS 路由器等。

分组交换技术的主要特点是:以分组为单位进行逐段存储-转发;采用面向连接方式时,通信前需要建立端到端的虚电路连接;通信双方不需要同时配合完成通信;用户在通信过程中采用统计时分复用方式与其他用户共享信道资源,因此采用分组交换可以提高线路利用率。

1.3.3 软交换技术

软交换技术是 NGN 的核心技术。“软交换”的英文是“Softswitch”,其中的“switch”应该是“交换机”的意思,而不是动词“交换”的意思。

广义地讲,软交换是指以软交换设备为控制核心的软交换网络,包括接入层、传送层、控

制层及应用层,通常称为软交换系统。狭义地讲,软交换特指为控制层的软交换设备。

在电路交换网中,呼叫控制、业务提供以及交换矩阵均集中在一个交换系统中,而软交换的主要设计思想是业务与控制分离、传送与接入分离,各实体之间通过标准的协议进行连接和通信,以便在网络上更加灵活地提供业务。

软交换技术主要有以下特点:

- (1) 业务控制与呼叫控制分开;
- (2) 呼叫控制与承载连接分开;
- (3) 提供开放的接口,便于第三方提供业务;
- (4) 具有用户语音、数据、移动业务和多媒体业务的综合呼叫控制系统,用户可以通过各种接入设备连接到 IP 网络。

目前,软交换技术主要应用于 VoIP 和 3G 等业务。

1.3.4 光交换技术

光交换技术是指不通过任何光/电转换,直接在光域上完成输入到输出端的信息交换。

根据光信号的复用方式,光交换技术可分为空分、时分和波分 3 种交换方式。

类似于电路域的电路交换技术与分组交换技术,光交换技术也可分为光路光交换技术和分组光交换技术。

实现光交换的设备是光交换机。光交换机是全光网络的核心。

光交换技术的主要特点是:克服电子器件的瓶颈,大大提升带宽;省去光/电、电/光转换,提高效率并降低成本。

1.4 交换机的性能指标

对于交换机的常用性能指标包括以下几个方面。

1. 交换容量

(1) 电路交换设备(如程控数字电话交换机)的性能指标

① 话务负荷能力(话务量)。表示机线设备的繁忙程度,是一个统计指标。

话务量指在一特定时间内呼叫次数与每次呼叫平均占用时间的乘积。国际通用的话务量单位是原 CCITT 建议使用的单位,称为“爱尔兰(Erl)”,是为了纪念话务理论的创始人 A. K. Erlang 而命名的。

通常说的话务量是指在每天忙时 1 小时的话务量的统计平均值。

话务量的计算公式为

$$A = C \cdot t$$

其中,A 是话务量,单位为 Erl;C 是呼叫次数,单位为次;t 是每次呼叫平均占用时长,单位为小时(h)。一般话务量又称“小时呼”,统计的时间范围是 1 h。

1 Erl 就是 1 条电路可能处理的最大话务量。如果观测 1 h,这条电路被连续不断地占用了 1 h,话务量就是 1 Erl,也可以称为“1 小时呼”。

通俗地讲,话务量就是 1 条电话线 1 h 内被占用的时长。如果 1 条电话线被占用 1 h,

话务量就是 1 Erl(Erl 不是量纲,只是为纪念爱尔兰这个人而设立的单位)。如果 1 条电话线被占用(统计)时长为 0.5 h,话务量是 0.5 Erl。

例如,统计表明,用户线的话务量为 0.05 Erl。过去我国电话还不是很普及,因为很多人使用一部电话,所以电话的话务量很大,达到 0.13 Erl。如果某交换机有 1 000 个用户,若按照 0.05 Erl 计算,该交换机的总话务量为 50 Erl;若按照 0.13 Erl 计算,该交换机的总话务量为 130 Erl。

有时人们以 100 s 为观测时间长度,这时的话务量单位称为“百秒呼”,用 CCS 表示。 $36 \text{ CCS} = 1 \text{ Erl}$ 。

② 控制系统的呼叫处理能力(BHCA)。是指忙时试呼次数,表示交换机目标处理能力。

③ 交换机连接用户线和中继线的最大数量。

(2) 分组交换设备(如 X.25 分组数据交换机)的性能指标

① 吞吐量。表示该交换机每秒处理的分组数。

在给出该指标时,必须指出分组长度,通常为 128 字节/分组。

② 控制系统的呼叫处理能力。即每秒能处理的呼叫次数。

在一般情况下,该指标是在不传送数据分组时给出的值。

③ 端口数。包括同步与异步端口数。

对于帧中继交换机、ATM 交换机以及 IP 网络中的交换设备而言,常用“带宽”来衡量,所谓的带宽表示的是最大的通信能力,单位常用 bps(即 bit/s)。表示路由器性能时则常用 pps。

2. 阻塞率

对面向连接的交换设备而言,常用呼损或呼损率表示;对数据通信网的分组交换设备而言,常用分组的丢失率表示。

所谓呼损,是指在用户发起呼叫时,由于网络或中继的原因导致电话接续失败,这种情况称为呼叫被损失,简称为呼损。它可以用损失的呼叫占总发起呼叫数的比例来描述(这只是表述呼损的方法之一)。

呼损和交换局内设备数量之间有着密切的关系。可以想象,如果交换局内各种设备(包括交换设备和传输设备)都有富余,则当用户发起呼叫时,就不会存在呼损或呼损非常小。但这将使得局内设备的利用率非常低,网络成本很高。反之,若交换局内各种设备数量很少,则当用户发起呼叫时,呼损会很大,而局内设备的利用率会非常高,网络成本大大降低。因此,呼损是在接续质量和网络成本之间的一种折中。接续呼损指标的分配对于网络规划和设计以及路由设置等都有重要意义。

如何将全程呼损指标合理地分配到全程接续中的各项设备上,称为呼损分配。

例如,数字长途电话网的全程呼损应不大于 0.054;数字本地电话网的全程呼损应不大于 0.042;如果在本地呼叫连接中经过三个汇接局时,则呼损应不大于 0.053。

3. 时延

总时延通常包括接续时延、输入/输出时延、处理时延(包括排队等待时延)和传播时延等。除卫星信道外,传播时延一般可忽略不计。

电路交换设备接续时延占比重较大,接续时延是指在一次呼叫接续过程中,由交换设备