

李标庆 唐宝民 编著

SYNCHRO

TRANSMIT

电 信 网

SIGNALING

SWITCH

TMN

ISDN

人民邮电出版社

电 信 网

李标庆 唐宝民 编著

人 民 邮 电 出 版 社

登记证号(京)143号

内容提要

本书主要叙述电信部门建设和管理的几种主要电信网,包括数字电话网、分组交换数据网和综合业务数字网(ISDN)等,并叙述了网络管理系统的功能、目标和硬、软件结构,可以使读者系统地掌握电信网的有关知识。

本书是高等院校通信类专业的教学用书,也可供从事电信网建设、管理的工程技术人员学习参考。

电 信 网

李标庆 唐宝民 编著

责任编辑:高坦弟

*

人民邮电出版社出版发行

北京东长安街27号

南京邮电学院印刷厂印刷

*

开本:850×1168 1/32 1993年12月 第一版

印张:10.25 页数:163 1993年12月 南京第一次印刷

字数:256千字 印数:1—5000册

ISBN 7-115-05245-X/TN·714

定价:9.70元

前 言

近几年来,电信网发展十分迅速,主要表现在以下三方面。第一,在电话网中不断引入数字交换和数字传输设备,正在形成一个综合数字电话网,这是目前电信网的主体。第二,在综合数字网的基础上,逐步演变发展为综合业务数字网。第三,在数字化和综合化的基础上继续向智能化、宽带化、个人化的方向发展。

为了适应电信网发展和教学的需要,我们在南京邮电学院多年教学实践的基础上,编写了《电信网》一书。在书中,把我国邮电部门建设和管理的几种主要网络——数字电话网、分组交换数据网和综合业务数字网集中在一起进行讨论,以利于读者系统地掌握电信网的有关知识。

本书主要讨论电信网中的工程技术问题,同时对电信网的性能进行了分析。全书共分6章。第1章为绪论。第2章为电话网,主要讨论数字电话网,涉及网的结构、路由选择、传输规划、网同步和信号系统。第3章为数据网,主要讨论 OSI 参考模型,物理层、链路层、网络层的协议和随机访问技术。第4章为 ISDN,以 ISDN 用户—网络接口为重点,介绍用户—网络接口的三层协议。第5章应用排队论对电路交换网和分组交换网的性能进行了分析。第6章系统讨论电信网监控与管理及有关的基本功能和软、硬件组成。

本书的第1、2、3、4章由唐宝民编写,第5、6章由李标庆编写。全书由李标庆统稿。

本书承蒙陈显治教授、马元惠高级工程师审阅,在此表示诚挚感谢。

由于水平有限,时间较紧,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

作 者

1993-10-11

目 录

第1章 绪论

1.1 电信网的分类	1
1.2 电信网的组成	2
1.2.1 终端设备	2
1.2.2 传输系统	2
1.2.3 交换系统	6
1.3 电信网的发展	8
1.3.1 智能化	9
1.3.2 宽带化	10
1.3.3 个人化	11

第2章 电话网

2.1 概述	12
2.2 电话网的结构和路由选择	13
2.2.1 电话网的基本结构	13
2.2.2 电话网的等级制结构	15
2.2.3 分级路由选择	17
2.2.4 动态无级路由选择	20
2.3 模拟网向数字网的过渡	22
2.3.1 模拟网向数字网过渡的策略	24
2.3.2 模拟区与数字区的互连	27
2.3.3 复用转换设备	30
2.4 电话网的传输规划	35
2.4.1 参考当量和传输损耗及其分配	35
2.4.2 误码时间率及其分配	47

2.5 网同步.....	52
2.5.1 滑码.....	53
2.5.2 网同步的方法.....	59
2.5.3 网同步的技术指标.....	64
2.5.4 网同步规划.....	67
2.6 电话网的信号系统.....	71
2.6.1 信号的分类.....	71
2.6.2 随路信号系统和信号的转换.....	74
2.6.3 公共信道信号系统.....	82
习题.....	100

第3章 数据网

3.1 概述	101
3.2 数据通信基础	103
3.2.1 数据传输方式	103
3.2.2 信道连接方式	104
3.2.3 信道建立方式	105
3.2.4 多路复用技术	106
3.3 数据网体系结构	111
3.3.1 OSI 参考模型	111
3.3.2 OSI 协议的构成	115
3.4 物理层和数据链路层	119
3.4.1 物理层协议	119
3.4.2 数据链路层基本协议	120
3.4.3 面向比特的链路控制规程	125
3.5 网络层	132
3.5.1 数据交换方式	132
3.5.2 X.25 建议	138
3.5.3 路由选择	146

3.5.4 流量控制	157
3.6 我国的公用分组数据网	161
3.7 局域网	164
3.7.1 局域网的特点	164
3.7.2 局域网的拓扑结构	166
3.7.3 媒质访问技术	168
3.7.4 局域网的构成	179
习题	181

第4章 综合业务数字网(ISDN)

4.1 概述	185
4.1.1 ISDN 的基本概念	185
4.1.2 ISDN 的基本功能结构	185
4.2 用户—网络接口	187
4.2.1 用户—网络接口的参考配置	187
4.2.2 用户—网络接口结构	190
4.3 用户—网络接口协议	191
4.3.1 用户—网络接口的第1层协议	192
4.3.2 用户—网络接口的第2层协议	204
4.3.3 用户—网络接口的第3层协议	210
4.4 ISDN 基本接入数字传输系统	218
4.5 宽带 ISDN	225
习题	228

第5章 电信网分析

5.1 排队论基础	230
5.1.1 排队模型基本概念	230
5.1.2 泊松过程	231
5.1.3 M/M/1 排队	233
5.1.4 M/M/m 排队	237

5.2 电路交换网分析	241
5.2.1 呼损系统	241
5.2.2 溢呼系统	249
5.3 分组交换网分析	258
5.3.1 节点时延	258
5.3.2 网络平均时延	259
5.3.3 链路容量分配	263
5.4 电信网的可靠性	266
习题	268
第6章 电信网管理	
6.1 概述	271
6.1.1 网络管理的目标	271
6.1.2 网络管理的基本功能	273
6.1.3 管理网的网络结构	279
6.1.4 网络管理系统模型	281
6.2 网络管理系统的硬件与软件	284
6.2.1 系统结构	284
6.2.2 网络管理接口机——数据采集	285
6.2.3 网络管理数据通信	287
6.2.4 网络管理中心——数据处理与分析	291
6.2.5 网络管理局域网	298
6.2.6 网络控制——数字交叉连接系统	299
6.2.7 网络管理系统软件	302
6.3 实际网络管理系统举例	307
6.3.1 我国长途电话网络管理系统	307
6.3.2 Alcatel 网络管理系统	311

第1章 绪 论

1.1 电信网的分类

电信网是由终端设备、交换系统和传输系统组成的对信息进行传输和处理的网络。

电信网可以按不同的方法进行分类。

按电信业务的不同,电信网可以分为电话网、电报网、数据网、图像通信网等。随着计算机技术和通信技术的结合,又出现了许多新的电信业务,如智能用户电报、用户传真、可视数据、可视电话、会议电视、电子邮件、电子转帐等。电信网的发展方向是综合业务数字网,它能对各种电信业务进行统一的传输和处理。

按服务对象的不同,电信网可以分为公用网和专用网。公用网是由邮电部门建立和管理并向公众开放的网络;专用网则是由某一个部门或单位所专用的网络,如我国军事、交通、铁路、电力、银行、民航、石油等部门都具有自己专用的电话网或数据网,电力部门的通信调度系统就是专用网的一个例子。

按信号传输方式的不同,电信网可以分为模拟网、综合数字网(IDN)和综合业务数字网(ISDN)。模拟网是由模拟传输设备和模拟交换设备组成的传输模拟信号的网络;综合数字网的数字化局限于网络的中继部分,而用户部分继续维持模拟传输;综合业务数字网是全数字网,它提供端—端的全数字连接。

按照信号在网中的处理方式的不同,电信网可以分为交换网和广播网。交换网是由相互连接的节点集合而成,它又可以分为电路、报文和分组交换;广播网没有中间交换节点,所有的站共享媒

质,来自任一站的信息经广播后,所有其它的站都能收到,广播网的例子是无线广播网、卫星网、局域网。

1.2 电信网的组成

电信网是由终端设备、传输系统和交换系统组成的,因此终端设备、传输系统和交换系统也常被称为电信网的三要素。下面分别予以讨论。

1.2.1 终端设备

电话机是应用最广泛的终端设备。有拨号式电话机和按键式电话机,近来又发展了采用语声识别来输入号码的电话机。在移动网中采用无线电话机,在综合业务数字网中采用数字电话机。电话机所输出的即为编码以后的数字语音信号。

计算机的输入输出设备是数据网的终端设备。输入设备有键盘、纸带阅读器、卡片阅读器。输出设备有打印机、显示器、外存储器等。计算机主机也是一类终端设备。

电传打字机是用户电报(Telex)网中的终端设备。智能用户电报(Teletex)的终端是带有存储和编辑功能的电传打字机。

图像通信终端有传真机、可视图文(Videotex)终端、可视电话终端,传真机可以按照其传送一张画面所需的时间分为四类。四类机的输出速率为64kb/s,可以直接在数字网中传输。可视图文可以在电视机上附加一定的设备来传送静止或活动图像及可视数据等。

随着各种新业务如电子信箱(Electronic Mail)、传真报纸、办公室自动化业务的产生,新型终端设备不断涌现,就不一一列举了。

1.2.2 传输系统

传输系统基本上可以分为两类,一类是用户传输系统,另一类是中继传输系统。用户传输系统中的传输媒介主要是对绞铜芯电

缆,使用光纤和无线方式的用户传输系统正在发展之中。中继传输系统中的传输媒介主要是电缆、光纤、大气层、电离层等。

目前中继传输系统的数字化进展很快,很多国家已经停止对模拟传输系统扩容,新建的传输系统都是数字传输系统。

1. 用户传输系统

目前,用户传输系统主要使用对绞铜芯电缆,其芯线直径有 0.4、0.5、0.6、0.7、0.9mm 等数种,基本上是模拟音频传输,其传输损耗的上限为 7dB。在综合业务数字网中,用户传输系统将发生重大变化,目前的二线音频传输将改为二线全双工数字传输,采用的方法有两种,一种是乒乓传输,另一种是回波抵消法。目前认为采用低符号率线路码型的回波抵消法为优选方法。

采用光纤或无线传输方式的用户传输系统正在规划和建设之中。

2. 中继传输系统

(1) 电缆通信

电缆是中继传输系统中广泛应用的传输媒介。在市话网中,市话电缆上可以开通 PCM 基群 30 路,并可使中继线增容。在长途干线上,电缆主要用于传送模拟频分复用信号,在对称电缆上开通 12 路或 60 路载波系统。中同轴电缆(2.6/9.5mm)可开通 1800 路、4380 路、10800 路载波系统,小同轴电缆(1.2/4.4mm)可开通 300 路、960 路载波系统。在长途网中,同轴电缆模拟传输系统将不再发展,但在局域网和公共天线电视系统中,同轴电缆仍为主要的传输媒介。

(2) 光纤通信

在电信网中,光纤将逐步取代电缆成为主要的传输媒介。它的优点是:低损耗和宽频带;体积小,重量轻,具有很小的弯曲半径;能避免电磁干扰。光纤与对绞电缆、同轴电缆相比,高频损耗小得多,因此光纤通信系统允许通过高速率的数字信号,并可获取较长

的中继距离。

存在三类光纤通信系统,第一类由短波长($0.8\sim 0.9\mu\text{m}$)光源和多模光纤组成,第二类由长波长($1.3\sim 1.5\mu\text{m}$)光源和单模光纤组成,第三类由超长波长($2\mu\text{m}$ 以上)和外差光纤通信系统组成。

目前光纤通信系统已广泛应用于市话中继、长途传输中。光纤通信系统的采用使得电信网的传输系统发生了根本性的变革,为模拟网向数字网过渡创造了条件。

(3) 微波通信

微波通信系统是一个无线接力通信系统,它与光纤通信系统一起成为目前两种主要的地面传输手段。模拟微波通信已经成熟,当前主要发展数字微波通信系统。目前在数字微波通信中采用编码与正交调幅(QAM)相结合的新技术,以提高微波通信的频谱效率。由于数字微波通信是一个无线接力系统,从而避免了电缆、光缆敷设过程中遇到的投资大、周期长且易受地理条件限制等问题。因此,采用数字微波通信技术可以经济、迅速地构成数字通信网,目前受到了广泛的重视。

(4) 卫星通信

卫星通信是超长距离的无线接力通信,它通过发射同步通信卫星来实现中继接力。同步通信卫星固定出现在地球特定位置的上空。只要在赤道上合适的地方设置3颗同步卫星,就可以覆盖全球。

卫星通信理想的频谱范围是 $1000\sim 10000\text{MHz}$ 。在卫星通信中,大量的地面站通过一个公用卫星互相连接构成通信链路。在这个系统中,除了传送电话信号外,还可以传送彩色电视信号和计算机数据信号。卫星通信是目前国际越洋通信的主要传输手段。在国际越洋电路上,卫星电路占70%,而海底电缆只占30%。此外,在某些特殊区域(如群岛)也得到了应用。

3. 信号的多路复用

为了提高信道的利用率,在信道上传输的主要是多路复用信号。存在两类复用方式,一类是频分复用(FDM),适用于模拟信道;另一类是时分复用(TDM),适用于数字信道。

频分复用系列如表 1.1 所列。

表 1.1 频分复用系列

复用级	系统容量 (话路数)	带 宽	频带范围
基群(G)	12	40kHz	60~108kHz
超群(SG)	60	240kHz	312~552kHz
主群(MG)	300	1.3kHz	0.6~1.364MHz
超主群(SMG)	900	4MHz	0.6~4.287MHz
	960	4MHz	0.6~4.287MHz
	2700	12MHz	0.3~12.4MHz
巨群(JG)	3600	18MHz	0.3~1.7MHz
超巨群(SJG)	10800	60MHz	4~60MHz

时分复用系列中基群至六次群的速率如表 1.2 所列。

表 1.2 时分复用系列

系列	基群	二次群	三次群	四次群	五次群	六次群
欧洲	2Mb/s (30 路)	8Mb/s (120 路)	34Mb/s (480 路)	140Mb/s (1920 路)	565Mb/s (7680 路)	2.4Gb/s (30720 路)
美国	1.5Mb/s (24 路)	6.3Mb/s (96 路)	45Mb/s (672 路)	90Mb/s (1344 路) 135Mb/s (2016 路)	405Mb/s (6048 路) 810Mb/s (12096 路)	1.8Gb/s (24192 路)
日本	1.5Mb/s (24 路)	6.3Mb/s (96 路)	34Mb/s (480 路)	100Mb/s (1440 路)	400Mb/s (5760 路)	1.6Gb/s (23040 路)

表 1.2 所列为准同步数字系列基群至六次群的速率。在继续向高次群发展的过程中,采用准同步数字系列有不少问题,主要是因为它有 1.5Mb/s 和 2Mb/s 两套系列,它们是互不兼容的,在高次群互通时出现困难;原来的系列各级帧结构中富余的比特太少,难以满足网络监控管理的要求。因此,CCITT 于 1988 年提出了新的同步数字系列,其速率如下:

STM-1: 155.520Mb/s

STM-4: 622.080Mb/s

STM-16: 2488.320Mb/s

原来的准同步 1.5Mb/s 和 2Mb/s 两套系列中一至四次群的任一速率的数字信号可以采用码速调整技术,复用成第一级同步转移模块(STM-1)速率。从 STM-1 往上则完全采用同步复用(具体情况可参阅 CCITT 建议 G.707~G.709)。新的同步数字系列的提出,在高次群上统一了 1.5Mb/s 与 2Mb/s 两套准同步数字系列,为宽带网中的高速数字传输提供了技术标准。

1.2.3 交换系统

通信网的交换方式可以分为三种:电路交换、报文交换和分组交换。

1. 电路交换

目前电话网中采用的交换方式就是电路交换方式。当采用电路交换时,一对用户在通信过程中建立一条专用的传输通路,并在传输过程中一直维持。电路交换设备可以分为机电式和程控式。机电式交换是一种空分交换,空分交换的概念如图 1.1 所示。图中是一纵横接线器矩阵,它具有 n 条输入线和 m 条输出线,闭合相应的接点,就可以在任一输入线和任一输出线之间建立连接。机电式交换机有步进制、旋转制、纵横制等形式,其中纵横制交换机的性能较好,目前仍在使用。

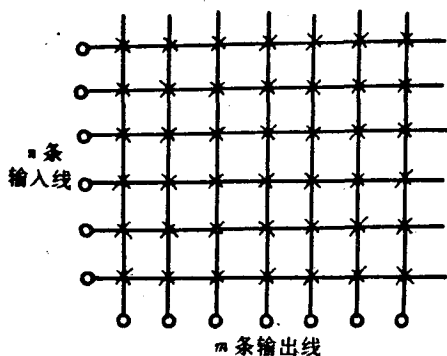


图 1.1 空分接线圈矩阵

数字程控交换设备是近几年来发展起来的新型交换设备,这种交换设备进行交换的基本方法是时隙交换。在数字程控交换设备中,一路语音信号经对数编码以后占用时分复用系统中的一个时隙,通过交换时隙来达到不同的话路进行交换的目的。时隙互换如图 1.2 所示。为了实现时隙交换,从一个时隙来的数据必须存储起来,在下一帧循环中,再从存储器读出,送到另一个时隙中去。当需要扩大数字交换机的容量时,可把时隙交换和时间复用空分交换组合起来。

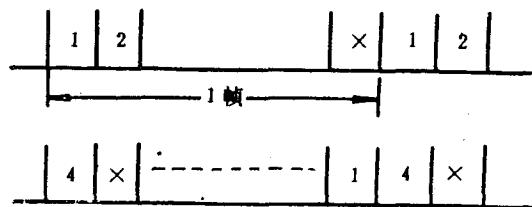


图 1.2 时隙交换

电路交换通过呼叫建立物理连接,因而通过电路交换方式连接起来的通信是一种实时通信。它是电话通信中的基本交换方式,也可以用于数据通信。由于数据业务带有突发性,因此采用电路交换进行数据通信时,交换机建立接续和拆线的时间比信息的传输时间还要长,从而使得电路的利用率降低。

2. 报文交换

报文交换是一种存储—转发交换。在网中的每一个节点都设有存储器,把送来的报文先接收并存储起来,然后再按照报文的地址选择路由转出去,直至到达目的地为止。

由于需要对较长的报文进行存储转发,因此采用报文交换时传递的时延较大。通过报文交换连接起来的通信是一种非实时通信,在允许延迟、不需要对话的电报通信中得到应用。报文交换可以充分利用电路,并减缓业务量峰值对网络性能所造成的影响。

3. 分组交换

分组交换也是一种存储—转发交换,但是传送的基本单元为分组。分组是由报文拆成的长度相对固定(例如 1000bit)的数据单元。当采用分组交换方式时,分组在网中的分组交换机中存储并排队,选择合适的路由转发出去。通过同一路由传送的分组,采用统计复用方式共享节点缓冲器和传输链路等网络资源。在分组传送过程中,采用了差错控制和流量控制,以保证传送的准确性和减少传送时延。分组交换网的平均时延较低,用户之间的通信接近于实时通信。这种交换方式适用于业务带有突发性的计算机通信。

目前电话网采用电路交换方式,数据网主要采用分组交换方式。而在将来,这两种交换方式会同时存在于综合业务数字网中。

1.3 电信网的发展

目前电信网的发展十分迅速,总的趋势是在数字化、综合化的

基础上向智能化、宽带化、个人化的方向发展。

1.3.1 智能化

智能网是指在电信网中引入更多的智能特性,即该网络将有更大的业务应变能力,随时向用户提供各类所需的业务,并能对网络的资源进行动态分配。智能网将改变传统的网络结构,把网中的交换部分和业务控制部分分开,由不同的单元加以完成。智能网将用一些功能组件构成不同的电信业务。如果用户需要增加新的业务或者改变业务的类型时,不需改变交换部分,只要改变业务控制点中的业务逻辑便可。

智能网一般由业务交换点、业务控制点、信号转换点及业务管理系统等部分组成。智能网的构成如图 1.3 所示。

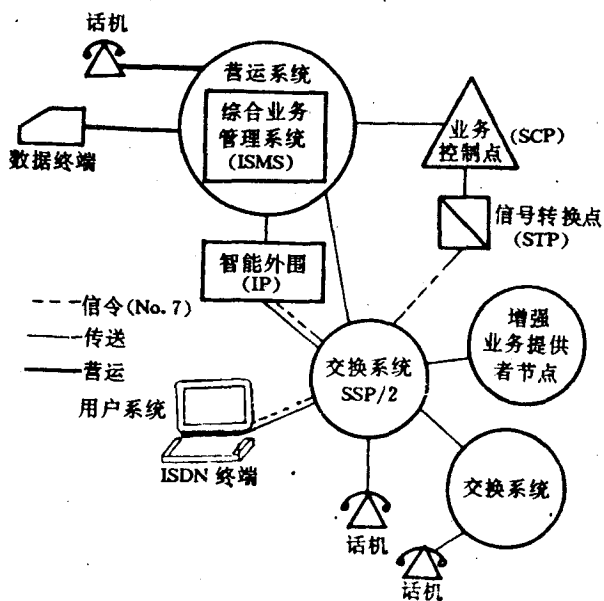


图 1.3 智能网的构成