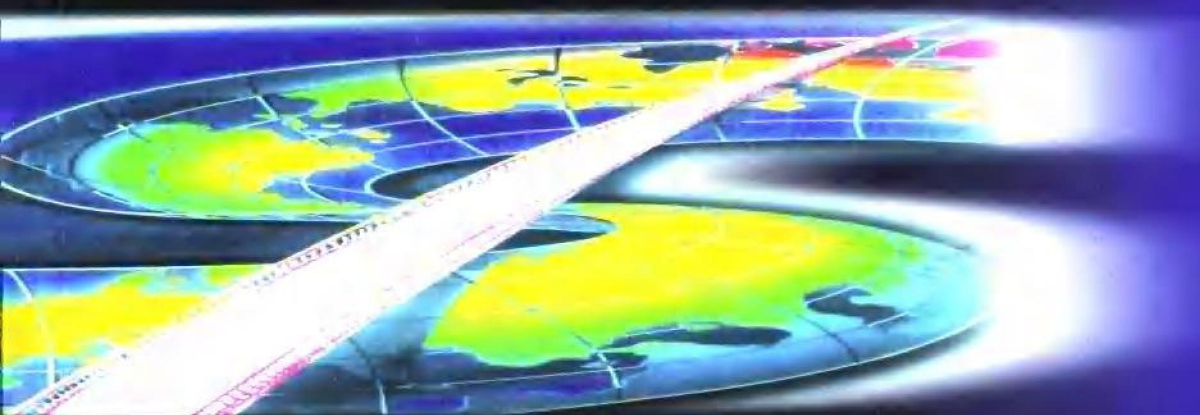


通信网基础



王承恕 编著

人民邮电出版社

通信网基础

王承恕 编著

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

通信网基础/王承恕编著. - 北京:人民邮电出版社1999.9

ISBN 7-115-07284-1

I.通… II.王… III.通信网-基本知识 IV.TN913.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 38883 号

内 容 提 要

本书全面介绍了通信网的理论和技术,主要内容包括通信网的基本概念、功能和网络体系结构,通信网的传输质量指标和规程,通信网内业务分析,通信网的各种交换技术及多址通信方式等。并对电话通信网、计算机通信网、移动通信网、卫星通信网、ISDN、ATM 网和接入网的概念及技术作了简要讨论,本书最后是关于网络互连技术和未来网络发展方向的介绍。

本书内容丰富,是一本较好的实用技术书,适合于从事通信工程的技术人员及大专院校相关专业的师生阅读和参考。

通信网基础

◆ 编 著 王承恕

责任编辑 靳文娟

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

北京顺义振华印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:787×1092 1/16

印张:27.5

字数:686 千字

1999 年 10 月第 1 版

印数:1-4 000 册

1999 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-07284-1/TN·1389

定价:43.00 元

前 言

通信网的迅速发展,已经对社会现代化的过程起到了极其重大的推动作用。近 20 年中,由电路交换电话网向分组交换数据通信网的巨大转变,以及图像业务的增多,极大地改变了人们的生活。通信网理论体系在 70 年代初步形成,以后,在图论、排队论等方面又有了一定的发展,但是,通信网的基本理论体系尚处于初期的建立阶段,其理论和技术仍在不断发展和更新。在这种情况下,作者编写了本书,书中尽可能多地涵盖了通信网的最新技术。

本书内容包括通信网基本概念和体系,网内业务分析,网络拓扑结构与流量分配等基础部分以及网络传输技术、各种通信网结构等技术部分。全书共分十三章:第一章讨论了通信网的基本概念、功能和网络体系结构;第二章介绍了通信网的传输质量指标和规程;第三章是网内通信业务分析,主要讨论了排队论的基本理论及其在通信网中的应用;第四章讨论了图论基础、最小树和最短径、站址选择以及流量分配和控制;第五章分析了电路交换、分组交换、宽带交换技术;第六章讨论了多址通信方式;第七章至第十一章分别介绍了电话通信网、计算机通信网、移动通信网、卫星通信网、ISDN 和 ATM 网的基本概念;第十二章着重讨论了接入网技术;第十三章简要讨论了网络互连技术和未来网络发展问题。

本书的出版得到了孙俊人院士、周炯槃院士、陈太一院士、赵辰教授的大力帮助和支持。盛友昭、陆传賚、孙惠泉和阮传概教授也对个别章节提出了许多好的意见。另外,还有许多同事同学对本书的编写也提供了许多方便,作者一并致谢。由于作者水平和时间有限,书中缺点错误在所难免,望读者批评指正(我的 E-mail 地址是 bydszwcs@public.bta.net.cn)。

作者
1999 年 3 月

目 录

第一章 总 论

1.1 通信网概念及其发展过程	1
1.2 通信网组成和功能	4
1.2.1 通信网组成和功能	4
1.2.2 网与交换	5
1.2.3 网的互联	6
1.3 通信网的网络体系结构	7
1.3.1 基本概念	7
1.3.2 网络体系结构(NA)	7
1.3.3 开放系统互连(OSI)参考模型	9
1.3.4 系统网络体系结构(SNA)	14
1.3.5 Internet TCP/IP 协议分层结构	17
1.3.6 数字网络体系结构(DNA)	17
1.3.7 七号信令电信网络体系结构	18
1.3.8 电信管理网(TMN)模型	19
1.3.9 传送层功能结构——传送网体系结构	26

第二章 通信网传输质量指标和规程

2.1 通信网传输质量指标和传输标准	53
2.1.1 质量标准	53
2.1.2 传输标准	55
2.2 传输媒质——信道	55
2.2.1 无线信道	55
2.2.2 有线信道	56
2.2.3 信道复用	57
2.3 信道访问方式	61
2.4 传输方式	61
2.4.1 单、双工方式	61
2.4.2 传输控制方式	62
2.5 传输规程	63
2.5.1 物理层标准接口	63
2.5.2 数据链路层协议	73
2.5.3 X.25	88
2.5.4 分组装拆(PAD)	96
2.5.5 X.75	99
2.5.6 信令系统	102

第三章 网内通信业务分析

3.1 通信业务量理论	116
3.1.1 概述	116
3.1.2 线路交换网的模型和线路接续控制方式	116
3.1.3 通信业务量理论的内容	117
3.2 排队论概论及网内通信业务分析	118
3.2.1 排队论基本概念	118
3.2.2 呼叫过程	122
3.2.3 网内业务量性能指标	128
3.2.4 M/M/1 排队模型(等待系统)	131
3.2.5 M/M/m(N)排队模型(损失系统)	137
3.2.6 M/G/1 和 G/M/1 排队模型	144
3.2.7 非抢占优先级排队系统	145
3.2.8 排队网	148
3.3 立接制交换线群	153
3.3.1 足够多用户即时拒绝系统	153
3.3.2 有限用户即时拒绝系统	154
3.4 缓接制交换线群	157
3.5 提高系统效率措施	160
3.5.1 大群化	160
3.5.2 延迟化	161
3.5.3 综合化	161
3.5.4 迂回化	161
3.6 业务量理论应用	162
3.6.1 前言	162
3.6.2 业务量解析	162
3.6.3 各种网的评估	166

第四章 通信网结构路由选择、流量分配与控制

4.1 图论基础	169
4.1.1 图和网	169
4.1.2 图的运算	176
4.1.3 平面图和对偶图	177
4.1.4 图的矩阵表示	178
4.1.5 图的权	182
4.2 最短径	183
4.2.1 最小树	183
4.2.2 具有约束条件的最小权值树	184
4.2.3 站间最短径	187
4.3 中心站址问题	194
4.3.1 单中心	195

4.3.2 多中心	196
4.4 流量分配与控制	197
4.4.1 概述	197
4.4.2 最大流和最佳流	197
第五章 交换	
5.1 引言	200
5.2 电路交换	200
5.2.1 电路交换原理	200
5.2.2 电路交换简单模型:排队方式	207
5.3 分组交换	209
5.3.1 数据交换方式介绍	209
5.3.2 分组交换原理	210
5.3.3 分组交换网	213
5.3.4 虚电路模型	213
5.3.5 分组交换网中的流量控制问题	215
5.4 宽带交换	219
5.4.1 帧中继(FR)	220
5.4.2 交换多兆比特数据业务(SMDS)	227
5.4.3 快速分组交换	231
5.5 多址接入	238
第六章 多址通信	
6.1 概述	240
6.1.1 引言	240
6.1.2 性能标准和分类	240
6.2 固定分配方案	241
6.2.1 综述	241
6.2.2 波分多址(WDMA)	241
6.3 随机接入技术	243
6.3.1 ALOHA 系统	243
6.3.2 捕获 ALOHA 系统	249
6.3.3 载波监听多址接入(CSMA)系统	250
6.4 集中式按需分配	255
6.4.1 轮询	255
6.4.2 探询或自适应轮询(Probing or Adaptive Polling)	258
6.5 分布式按需分配	261
6.5.1 树算法	261
6.5.2 环协议	262
6.6 混杂方案	262
第七章 电话通信网	
7.1 引言	264

7.1.1	通信网设计目标	264
7.1.2	网络拓扑类型	265
7.2	电话通信网	266
7.2.1	市话通信网	266
7.2.2	国内长途电话通信网——树形分层网	268
7.2.3	国际电话通信网——树形分层网	271
第八章	计算机通信网	
8.1	总述	273
8.2	局域网(LAN)	274
8.2.1	局域网拓扑结构	274
8.2.2	局域网参考模型	275
8.2.3	IEEE 802.3 标准和以太网	277
8.2.4	IEEE 802.5 标准和令牌环网	280
8.2.5	光纤分布数据接口(FDDI)	283
8.2.6	IEEE 802.4 标准和令牌总线网	285
8.2.7	IEEE 802.11 标准和无线局域网(WLAN)	286
8.3	都市网(MAN)	289
8.4	Internet	290
8.4.1	引言	290
8.4.2	信息高速公路	290
8.4.3	Internet	291
第九章	移动通信网	
9.1	综述	302
9.2	公共移动通信网	303
9.2.1	模拟蜂窝网	303
9.2.2	数字蜂窝网	308
9.3	集群系统	326
9.3.1	集群基本概念	326
9.3.2	S.T.S(Smartnet Trunking System)系统	328
9.3.3	F.A.S.T.(Fast Access System Trunking)系统	329
第十章	卫星通信网	
10.1	引言	333
10.2	卫星通信网拓扑结构	335
10.3	FDMA 卫星通信网	336
10.4	TDMA 卫星通信网	336
10.5	SDMA 卫星通信网	338
10.6	分组通信卫星通信网	339
10.6.1	纯 ALOHA 网	339
10.6.2	时隙 ALOHA(S-ALOHA)网	340
10.6.3	预约 ALOHA(R-ALOHA)网	341

10.7	VSAT 网	341
10.7.1	VSAT 概述	341
10.7.2	第一代 VSAT 网	342
10.7.3	第二代 VSAT 网	345
10.7.4	VSAT 网的发展	347
10.8	移动业务卫星通信网(MSSN)	353
10.8.1	引言	353
10.8.2	陆地移动业务卫星通信系统	355
10.9	CDMA 移动业务卫星通信系统	356
10.9.1	全球卫星系统(GLobalstar System)	356
10.9.2	漫游系统(Odyssey System)	358
10.10	国内卫星通信系统	359
10.10.1	概述	359
10.10.2	我国的国内卫星通信系统	360
10.11	卫星时延补偿	360
第十一章 综合业务数字网(ISDN)		
11.1	ISDN	362
11.1.1	IDN 和 ISDN	362
11.1.2	ISDN 形态和结构模型	362
11.1.3	ISDN 用户 - 网络接口	364
11.1.4	寻址	367
11.1.5	ISDN 业务	367
11.1.6	ISDN 终端和交换机	368
11.1.7	ISDN 协议	369
11.2	宽带 ISDN(B-ISDN)	371
11.2.1	概述	371
11.2.2	B-ISDN 业务	372
11.3	ATM 网	372
11.3.1	概述	372
11.3.2	信元结构	373
11.3.3	B-ISDN 的分层结构	375
11.3.4	B-ISDN 用户 - 网络接口	376
11.3.5	ATM 传输原理	377
11.3.6	ATM 交换原理	378
11.3.7	ATM 网组成	381
11.3.8	提高 ATM 网络资源利用率的措施	381
第十二章 用户接入网		
12.1	概述	384
12.1.1	用户驻地网(CPN 或 SPN)	384
12.1.2	核心网(CN)	386

12.1.3 用户接入网(AN)	387
12.2 接入网定义和功能	388
12.2.1 接入网定义	388
12.2.2 接入网功能及协议参考模型	389
12.3 接入结构	390
12.3.1 接入结构基本概念	390
12.3.2 接入结构分类	391
12.3.3 接入网拓扑结构	392
12.4 光接入网(OAN)	396
12.4.1 光接入网功能参考配置	397
12.4.2 光接入网传输	398
12.4.3 光接入网发展	400
12.5 无线接入网	404
12.5.1 前言	404
12.5.2 无线用户系统(WSS)	405
12.5.3 无线用户系统(WSS)分类	407
12.5.4 无线多址接入制式	407
12.5.5 WSS 的组网技术和主要技术参数	407
12.6 光纤同轴混合网(HFC)	408
第十三章 网间互连和未来网络	
13.1 网间互连需要解决的问题	414
13.2 网络互连方法	414
13.3 未来网络	420
13.3.1 未来网络的结构与组网技术	420
13.3.2 未来网络的几个技术问题	421
附录 通信网中常用词汇	423

第一章 总 论

1.1 通信网概念及其发展过程

现代社会已经跨入信息时代,人们的生活和工作都离不开信息的沟通——通信。众多的用户要想相互间通信,就必须靠由传输媒质组成的网络,来完成信息的传输和变换。早已存在于人们生活中的电话网,就是用传输介质接通交换机形成传输和交换声音信息的通信网络。

60 年代初,采用数字传输和交换的电话网投入使用,一直延续到今天,现在全世界范围内运转着两种数字载波系统:

① 24 个 64kbit/s 语音信道,速率为 1.544Mbit/s 的传输系统;

② 30 个 64kbit/s 语音信道,速率为 2.048Mbit/s 的传输系统。

这就是最早的脉冲编码调制(PCM)时分通信系统。它将模拟信号进行 8000Hz 的抽样,并编成 8bit 码,变时间连续信息为不连续的脉冲序列信号,传输后,再复原成本来的模拟信号。

60 年代后期,随着工业,自动控制的发展,以及计算机的出现和发展,人们开始将计算机通过通信线路连接起来,组成一个系统网,以便进行集中调度和资源共享。之后,由于业务项目增加,以及要求能够对信息进行存储、交换和处理,于是开始使用微处理机或小型计算机来完成这些复杂功能。同时,计算机也成了终端用户,因此,就形成了一个综合通信和计算机两大技术的计算机通信网。

随着社会的进一步现代化,100 年前发明的模拟有线电话电报独占天下的时代已结束,当今通信已出现了如下几个新特征:

① 信源多样化

语音、电报、传真、电视、计算机数据,以及其它各种数据的多信息形式出现在通信中,乃至要求其能同时被传输使用。

② 传输手段多样化

电缆、光缆、移动无线电、卫星、微波中继等传输手段,各显神通,各展其长。

③ 计算机的广泛使用

计算机技术的高度发展,使其应用遍及通信各个方面。通信、广播、信号处理、控制、管理等领域,计算机无不存在。加之信息的普遍数字化,传输速率的提高,并要求能够进行存储、交换和处理,这些都要依靠计算机技术才能得以实现。

④ 通信业务量激增,通信质量要求愈来愈高

一方面,人们生活水平的提高,导致对通信的数量和质量要求都有很大的提高。另一方面,由于跨入新纪元的大门,传统的工业社会逐渐过渡到了信息新时代,使得超过半数的劳动者能在办公室或者在高度自动化的工厂内进行工作,随时都要涉及到信息的运用和处理。

这一切都显示出对通信的需求与日俱增,整个社会都想尽快取得有效信息。因为能否获得快速、高质的有效信息,将是事业成败的关键。

电信网发展至今经历了如下几个阶段。

语音传输是世界上最普遍的通信形式。为传送语音发展起来的电话网已遍布全世界,覆盖了地球的每一个角落,并且在迅速地向数字程控化发展。对现有的模拟电话网进行改造,主要是,提高语音质量,降低设备与管理成本,增加新业务,以逐步向综合数字网(IDN)过渡。预测表明,语音通信仍将是通信网中一种最繁忙的业务。

其次,是数据通信网。尤其是符合 ITU-T(原 CCITT)X.25 通信协议的分组交换网,获得了长足发展。

第三种是移动通信网。它是未来个人通信的基础。大力开发数字移动网,其中包括网内移动用户的定位和跟踪等网络管理技术迫在眉睫,极高频段数字移动通信系统将是今后的发展方向。

图像通信网,除传统的传真(FAX)业务外,可视图文(Videotex)业务也在逐渐普及,用以向人们提供电子购物、新闻检索、经济信息等服务;可视电话与会议电视等交互型视频通信业务,亦在逐步进入人们的生活和工作,由于它提供了贴近人们真实生活的服务,加之它可以大大节省经费和时间,提高了工作效率,预期在逐步降低价格之后,会大受人们欢迎。已经逐步普及到家庭的有线电视 CATV,不仅已是当前广播电视的重要手段,而且可以肯定地说,CATV 是即将实施的“信息高速公路”的低层用户子网,可将高速数字信息经由 CATV 网直接入户,其前景非常好。

如若将声音、图像、数据等多种业务综合运用,实现在一个综合业务的统一网内进行通信,这是一种理想的通信网,这样的网叫做综合业务数字网 ISDN(Integrated Services Digital Network)。毫无疑问,这种通信网不仅技术先进,而且经济效益显著,行政管理优越。70 年代开始,就萌发了这一思想,让用户只需提出一次申请,用一条用户线和一个号码,就可将多个不同业务的终端连入网内,按照统一规程进行通信。只要设置和现有各种通信网接续的数字用户交换机和标准的或非标准的 ISDN 用户(TE1,TE2)——网络接口,用户即可进行通信。

当然,在一个统一的网内进行综合业务传输过程的实现,是以信号数字化为前提的。即欲在统一网内传输的各种不同信号,必须先进行变换和处理成综合的统一数字信息。因此实现网络综合化的基础是数字交换和传输。

80 年代,几个发达国家开发了自己的 ISDN 实验网,并且继续应用提出的 ISDN I 系列建议标准实施商用 ISDN。现在已经能够提供一次群速率为 1.5Mbit/s 或 2Mbit/s 的用户网络接口,还能传送会议电视图像信息,并开始了美、日、英等国的 ISDN 互联。

下一步的目标,就是实现宽带综合业务数字网 B-ISDN。它将采用光缆作为传输媒质,提供全球范围的活动图像、高速数据等高级业务。这就使传递信息的方法得到完全更新,通信将会变得更快更有效。可视化、个人化和智能化是通信网发展的总趋势。异步转移模式(ATM)、用户信息高级处理——媒体变换、自动翻译,以及高级接续都将应用于未来通信网中,其中有的技术(如 ATM)现在已经在实施。以光交换为主体的更深一层的网络技术的研究也已经启动。

要达到上述最终目的,尚须做许多工作。从总体考虑,一般分三步走。

第一步,建立统一的数字电话网;

第二步,建立窄带的综合业务数字网(N-ISDN);

第三步,建立宽带的综合业务数字网(B-ISDN)。在完成前两步后,就可逐步建立起一个局部或一个国家的宽带网,然后再互连成全球网。

ISDN 是综合各种业务,由七号信令支持,按标准用户——网络接口实现端——端数字连

接,以公用数字电话网(IDN)为基础组建的通信网。具有电路交换和分组交换功能,乃至智能功能(如图 1-1 所示)。它利用现有的数字用户电话线,通过标准用户——网络接口,由 ISDN 交换机为用户提供两个信息信道的电话、传真、可视图文、数据通信等多种业务;提供一个信令信道,用于信令、低速数据、紧急业务等的服务。两条信息信道的速率分别为 64kbit/s,称为 2B 通路;一条信令信道的速率为 16kbit/s,称为 D 通路。三条信道简称 2B + D 通路。这是将现有 IDN 电话网的普通用户线作为 ISDN 用户线而规定的接口,叫作基本接口或基本接入。

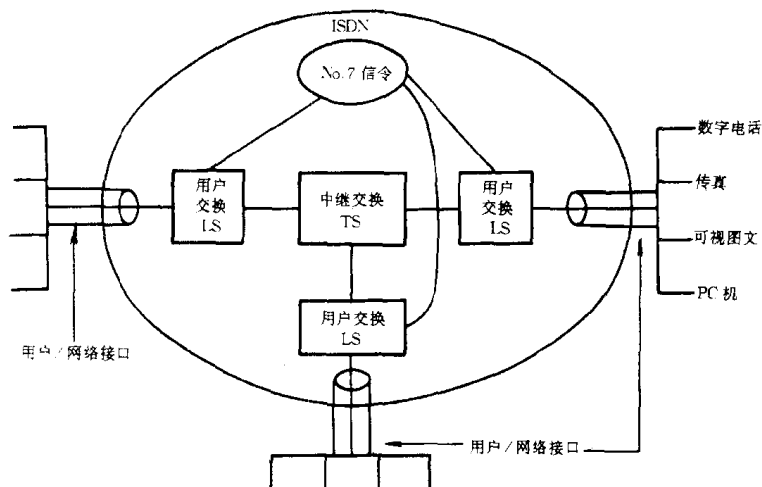


图 1-1 ISDN 概念

若要传送更高速率的信息;则可采用准同步数字体系 PDH 一次群速率(T_1)接口,其通路结构有两种:

- ① 23B + D 结构, $B = D = 64\text{kbit/s}$, 一次群速率为 1.544Mbit/s ;
- ② 30B + D 结构, $B = D = 64\text{kbit/s}$, 一次群速率为 2.048Mbit/s 。

一次群速率接口,也叫多路接入,用来连接小交换机(CBX)、可视电视、会议电视终端及计算机局域网(LAN)等。

由上可见,ISDN 一条 B 通路的传输能力较利用调制解调器(Modem)在普通模拟电话线上传输 9.6kbit/s 数据能力高出 10 倍以上。

通常,将只能提供一次群速率以内业务的 ISDN,称为窄带 ISDN 或 N-ISDN。

具有三次群速率 $T_3(45\text{Mbit/s})$ 的 ISDN 网络,称为宽带 ISDN 或 B-ISDN。例如已遍及全世界的 Internet 网的主干网线路早期传送速率即为 45Mbit/s ,而覆盖一定地区的区域网(第二层),则采用低速线路,即一次群速率 $T_1(1.544\text{Mbit/s})$ 传送。Internet 的用户通过其第三层——用户公用网接入。得到的服务有:

- ① 传送电子邮件(E-mail);
- ② 参加电子会议(Electronic Conference);
- ③ 获得电子发行物;
- ④ 检索资料;
- ⑤ 共享软件;
- ⑥ 使用远程计算机设施等。

可见,Internet 网上资源十分丰富,是一个信息宝库。

随着技术的发展和以图像业务为中心的各种更高速通信业务应用的增多,建筑在同步数

字传输系统或同步数字系列 SDH 和异步转移模式 ATM 基础上的宽带综合业务数字网 B-ISDN, 正逐步进入人们的生活。

高速复用宽带网,其速率远远高于三次群 T_3 (45Mbit/s) 速率。理论上,它是一种以交互方式传递数据、语音、电视、图像等多媒体信息的千兆比特高速数据网。它是为用户提供“存放信息和概念的全集合空间”。显然,高速复用宽带网所瞄准并沟通的是此空间中所含有的各种多媒体信息和 4 维信息子集。为人类提供的交互式多媒体服务,称之为在线服务 (Online Service)。高速复用宽带网,无论在理论上或实际技术上都还未完全成熟,到 21 世纪初,可望形成通向“智慧空间”通路的千兆比特速率以下的,使用 ATM 交换或其它技术的高速通信网。

1.2 通信网组成和功能

1.2.1 通信网组成和功能

通信网由各种用户终端、交换中心、集中器、连接器以及连结它们之间的传输线路组成。

除了这些硬件设备之外,为了保证网络能正确合理地运行,使用户间快速接续,并有效地相互交换信息,达到通信质量一致,运转可靠性和信息透明性等的要求,还必须有管理网络运行的软件(如标准、信令、协议)。在现代通信网中,协议(Protocol)已成为必不可少的支撑条件,它直接决定了网的性能。

交换中心、集中器、终端等所有独立的设备,在图论中都可统称为节点。但通信网中讨论的节点,是指具有交换功能的节点,大多指的是交换中心。

传输线路可以是电缆、光缆、陆地无线电和卫星,在图论中统称为链路。

因此,理论上就可以把一个通信网看成由链路和节点组成。图 1-2 示出一个五节点通信网的例子。

链路的功能是传输信息。

节点的功能:首先就是为信息提供交换场所,它是一个通信用的计算机,具有存储-转发功能;其次是选择路由,为各子网提供接口,实行信息收发,并保证必需的传输状态;第三是进行信息流控制。为避免信息拥挤和有效利用网络资源,节点之间必须实行流量控制。最后一个功能就是实施网络监视和管理。

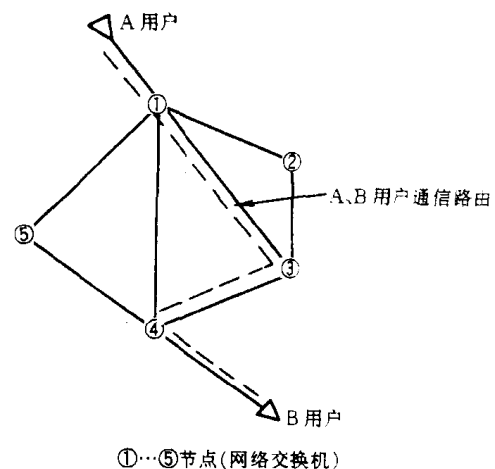
总之,通信网要完成的一个基本功能就是为网内通信双方提供接续的通信路径,使处于不同地理位置的终端用户可以相互通信。为此,网路必须具备以下几个具体功能:

① 网络发送节点与目的节点之间确实存在物理传输媒介(当然通常都要经过中间节点)。为通信双方提供信息交换通路。

② 协议交换。使具有不同字符、码型、格式、信令、协议、控制方法的终端用户能互相“听懂”对方。

③ 寻址。被传输的信息,应标明地址,使之具备寻址能力,能够正确到达目的地。

④ 路由选择。在始节点和目的节点间选择一条最佳通路。特别是当通信线路上的节点



或链路出现故障或发生拥塞时,能提供迂回路由。

⑤ 终端用户和传输网络间的信息速率匹配。

一般采用设置缓冲或进行输出分组流速率控制来解决。为输入信息提供缓冲,使之能够排队等待进行处理;为输出信息提供缓冲,直到其能经传输链路输出为止。为了使收端缓冲器不溢出或不经常等待发送信息,可采取输出分组流速率控制。

⑥ 差错控制。由数据链路控制单元提供误码检测或纠错,乃至要求发端重发。

⑦ 分组装拆(PAD)。在发端,由 PAD 将用户数据进行分组;在收端,PAD 将发送出的带有编号的信息分组或包,按其原样组装成用户信息。

上述功能实际说明了两个终端用户通过一条完整有效接续通路(链路)进行通信的过程。毫无疑问,网中通信双方必须成双成对出现,当然也可以多方会谈,第三方参与。因此,这些具体功能也必然在一个通信系统中成对地在通信双方接续进程中显现,才能在任何时候,任何情况下,进行两两通信。所以说,不论网如何,而就其网的基本功能来说,这些成对显现在通信双方的功能,都处于同等地位上,或者说它们都处于同一对等层次(Peer Layer)上。这就是通信网分层结构基本概念的由来。

1.2.2 网与交换

为了相互进行通信,最简单的方法是用户间直接互连。这种不用交换,用户各自与其它任何用户都存在直达电路的网,称为全连接网。两用户间双向传输,需要两个通信系统, n 个用户的全连通网就要建立起 $n(n-1)$ 个通信系统。现在运行的卫星通信网基本上是一个全连接网。例如,要满足 5 个用户各自进行双向通信的要求,就必须具备 $5 \times (5-1) = 20$ 套通信系统。也就是说,每个用户应该有对另外 4 个用户进行通信的 4 套收发信设备和 4 套终端设备。显然这种不用交换设备的简单直接互连的网的通信是很不经济的。不但投资大,而且信道利用率也低,因为当一用户与某一用户通信时,其它信道必然空闲。对用户数多的大网,其矛盾尤为突出,并且网络结构相当复杂乃至无法实现。另外对增加用户或撤消用户也很麻烦。不过,对需要与许多节点同时通信,且业务量十分大的网,全连接仍然可行。这就是卫星通信系统中各地面站之间采用全连接网结构的原因。

随着技术的发展,出现了交换机,通信用户之间通过交换机连接起来,无需通信双方直接互连,形成了主要由传输链路相互连接起来的网络交换机或节点组成的通信网。在交换机处理能力的极限范围内,这样的网能容纳大量的用户。要通信的用户必须由网络节点交换机选定其相应的路由。该网络可传送声音,也可传送数据或语音、数据同传。图 1-2 为其抽象的一般形式。这种形式的网不仅经济实用,利用率高,而且可以使许多通信用户方便地接入和拆除,它还能提供许多附加服务。

现在已经普遍使用的交换技术有电路交换(或电路转接)和分组交换,以及在宽带网中广使用的异步传输模式(ATM)。

电路交换用得最多的地方是电话网,在初期的 ISDN 中也用电路交换转接信息,用以传输话音和数据。当一对用户或一组用户要通信时,就在它们之间立即建立起一条专用传输信息通路,并在通信过程中一直保持着。

分组交换技术广泛用于数据通信网中,在分组交换网中,所传信息被分割成数据块(或包),由信源送往信宿。终端用户、计算机、打印机或其它数据通信装置或数据处理装置都可成为分组交换网中的信源和信宿。数据在分组交换网的传送是采用存储转发方式。

一旦电话网全数字化,不论交互式数据还是计算机间通信的数据,或者数字电话,数字图像均能通过网络传输。但目前全世界大都是采用电路交换形式。各地也开发了许多供数据通信用的电路交换网。

现在正在着手建立把电路交换技术和分组交换技术结合起来的综合网,就是利用 ATM 交换和传输信息的宽带综合数字网。在这种网中可以传送经过数字规一化处理的语言、数据、传真、图像和其它业务。

1.2.3 网的互联

如上所述,不论通信网络是电路交换的,还是分组交换的,皆可看成为由传输链路经节点交换机构连接而成。分散的众多节点组成的通信网络,其基本结构如图 1-3 所示。实际的通信业务必须经过当地的区域网接入公用网,或者这一区域网必须与另一区域网相连,因此不论国内或国际通信,往往都要横贯几个网进行,这就产生了不同的通信网间互联问题。图 1-3 是一个通信系统的例子。该图由多种信源综合,经由“网关”(Gateway)或“网桥”(Bridge)把地理上分散的 A、B、C 三个网互联而成。网桥为数据链路层上的中继系统;信关或网关为网络层的上层上的中继系统。

这些不同类型的网可能容许的最高比特率(施用频带)不同,分组处理功能不同,或具有不同的体系结构。“网关”G 提供必要的协议转换,并使不同种类的网实行对接;“网关”G 可以是独立的智能系统,当作节点看待;G 也可安装在网络交换机内部,要求其具备码速率匹配和流量控制等功能。

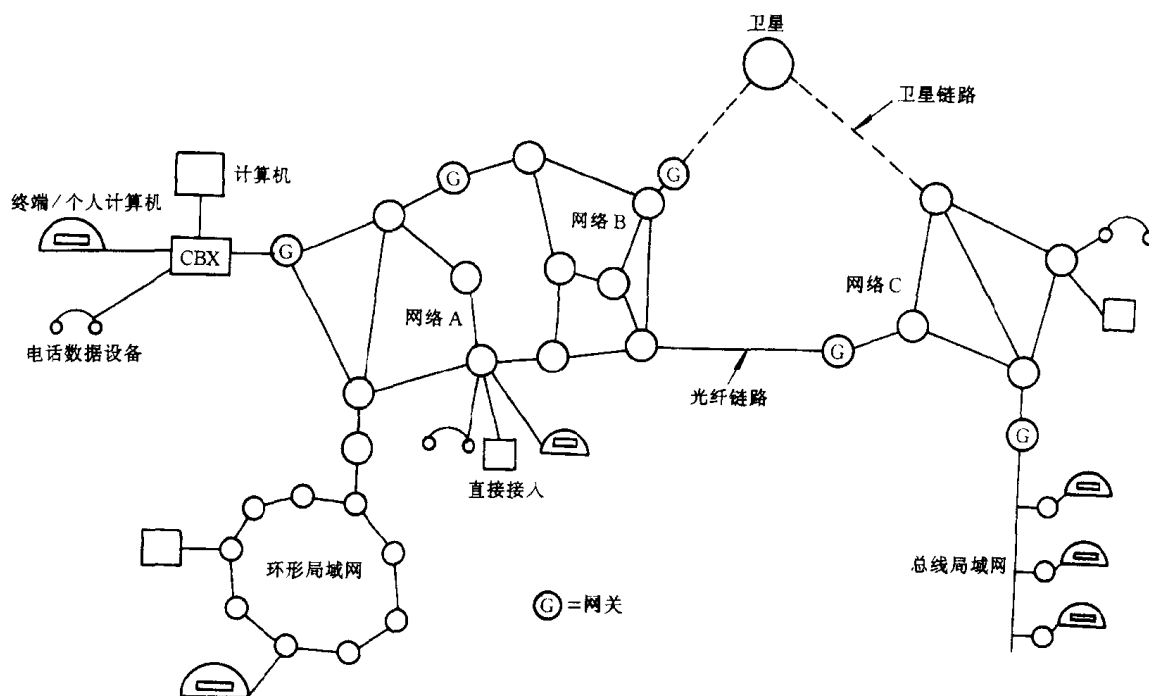


图 1-3 互联的综合网

如果两个网、具有标准化接口,则可将其进行节点间的直接连接。

用户终端入网有三种方式:

- ① 经由一个公共接入点(访问点)AP 直接入网;
- ② 经过一个局域网 LAN——总线成环接入;

③ 经过一个数字专用小交换机 CBX 接入。

网络互联以及在单个网或组网中综合不同业务,尚有许多理论和技术问题需要解决。

1.3 通信网的网络体系结构

1.3.1 基本概念

现代通信网是一个巨大的高级复杂实体,很难用一般概念化的方法对整体进行分析,必须用系统工程方法来处理。可对其进行分解合成,并利用分层(Layering)和分段(Segmentating)的概念来表示通信网的理想结构。这即我们所说的通信网络体系结构。它适用于网络的功能结构,也适用于网络的系统结构。因此可利用这一概念来分析网络的功能和结构或进行其硬件和软件设计是最好不过的。

建立通信网的网络体系结构,必须完成以下三个具体工作:

- ① 按一定规则把网络划分成为许多部分。并明确每一部分所包含的内容。
- ② 建立参考模型。将各部分组合成通信网,并明确各部分间的参考点。
- ③ 设置标准化接口,对参考点的接口标准化。接口标准化,实质就是从整体上使通信网最优化。但局部可能暂时出现一些问题,如成本上升,处理信息量增加,并导致性能下降。一旦硬件大规模集成化和高速化,这些问题会迎刃而解。

设计一个庞大而复杂的通信网,往往从功能和实现两个方面考虑,将通信网设定为多个互补的结构,从而达到如下目的:

- ① 完成功能结构:规定网络的功能模块,它取决于通信网业务和运行管理要求。
- ② 完成系统结构:规定网络中应配置的硬件及相应的软件,它取决于通信网所采用的传输技术。

通信网的网络体系结构由硬件和软件组成。硬件部分,即拓扑结构。我们放到后面的相关章节中去讨论。这里涉及的内容,是有关网络体系结构中的软件部分,是有关通信网的规约和网络管理结构,以及传送标准结构的论述。

1.3.2 网络体系结构(NA)

根据 OSI 七层模型,整个通信网的体系结构,按其功能可分成高功能层和传送层两大部分。前者包括高级接续业务功能和网络运行管理维护操作(OAM)功能;后者主要是关于传送用户信息方面的功能。这涉及到用户信息传输和交换网络逻辑功能的所有内容,后面分述。我们这里先讨论高功能层部分。

高功能层是为实现高级业务控制和 OAM&P 功能的,包含高级接续业务系统和网络管理系统。该层对提高业务质量,降低通信成本起着关键作用。它能适应各种业务内容的变更,及追加新业务,是一种对实时性要求较低的功能部件。因此高功能层功能结构可分成两类:

一、高级接续业务系统结构

从网络功能考虑,它可划分成两部分:

- ① 业务平台(Service Platform)——实现多种业务所共用的功能。
- ② 各业务特有的功能模块。

当要加入新业务时,只要在业务平台提供的功能和数据库等的基础上,开发该业务特定的