

上海研究生教育用书

现代数据通信网

杨传厚 著

上海交通大学出版社

本书由

上海市研究生教育专项经费
湖北建行尊师重教联合会
北京安恒智业信息技术有限公司
北京桑夏广告有限公司

资助出版

现代数据通信网

杨传厚 著

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书属上海市研究生教材建设项目,全书较详细地叙述了现代数据通信网的工作原理,并介绍了以 ATM 技术为基础的宽带综合业务数据网的数学分析方法。

本书可供学习数据通信网的研究生阅读,也可供有关技术人员研究参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代数据通信网/杨传厚著. —上海:上海交通大学出版社,
2000. 4

ISBN 7-313-02418-5

I. 现… II. 杨… III. 数据通信-通信网 IV. TN919.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 16255 号

现代数据通信网

杨传厚 著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

常熟市文化印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:14.5 字数:359 千字

2000 年 4 月第 1 版 2000 年 4 月第 1 次印刷

印数:1—920

ISBN 7-313-02418-5/TN·082 定价:24.00 元

版权所有 侵权必究

序 言

自 1988 年作者所著《计算机网络》一书出版以来,网络技术有了飞跃的发展。这些发展反映在下面的趋势上:第一,向高传输速率和宽带的方向发展,因而有可能使多种信息媒体(如声音、数据、活动图像)在同一数字化的网络上通信;第二,网络的应用愈来愈广泛,在银行、电力、交通以至在商业部门、工矿企业和高等院校都得到了应用和推广,国家投资建立了全国范围的教育科研网(CERNET),进一步促进了网络应用的高潮,几百万高校师生都成了网民,在上海,网络的应用开始向中学普及;第三,由于经济的全球化及网络应用的迅速发展促进了网络间的互联,国际互联网或称 Internet 以前所未有的规模在扩大,企业的专用网络 Intranet 也参照了 Internet 的体系结构;也许还有第四个愈来愈明显的发展趋势,即移动数字通信网,或移动宽带数据通信网的建立。早期的移动数字通信网主要是与电话业务相关的,现代通过无线传输的移动通信网要求能传输多媒体信息。其中一个方案是多媒体的移动用户终端通过基站、交换中心及 ATM 宽带网相互通信,这就促进了对宽带接入网(Broadband Access Network)及网络移动性(Mobility)的研究,同时也促进了新一代卫星通信系统的发展。宽带的、多媒体的、天线智能化的卫星通信系统是大范围的多媒体移动数字通信网的主要组成部分。此外,宽带、高速、多媒体对网络设计及性能分析提出更为严峻的要求,那些大家已很熟悉的、传统的排队理论及模型已不完全适用,必须寻求新的模型和分析方法,这方面的新进展也丰富了应用数学的一个分支——随机过程与排队论的内容。

本书反映了最近十多年数据通信网新技术的各个方面。其内容主要参考 IEEE 一些有关的主要刊物,如 JSAC(Journal on Selected Areas in Communications)、IEEE Communication Magazine、IEEE Network、IEEE/ACM Transaction on Networking、Computer Networks and ISDN Systems,部分著名网络公司赠送的资料,世界知名学者的专著,笔者历年来参加国际通信会议的论文集以及少量上海交通大学计算机网络研究所的研究报告。几年的教学经验使笔者感到,如能将这些资料以教材的形式系统整理出来,对研究生的自学将更为方便。

本书的编写是基于学习者在以前的学习中对 ISO/OSI 开放网络系统,对 TCP/IP 网络及 IEEE 802.* 的局域网协议已有初步了解,所以这部分有关内容本书不再重复。本书着重介绍了各种网络的基本原理,但也有网络分析的内容,例如第 6 章及第 7 章介绍了 ATM 网络各种消息的通信模型和 ATM 网络性能分析方法,但没有介绍网络分析的一般方法及其数学基础。有关这方面的内容笔者和有关专家正在撰写另一本书。有关移动数据通信网的内容,由于它涉及的面较广,因而也没有包括在本书之内。

本书第 1 章介绍了以 CCITT X.25、X.3、X.28、X.29 为基础的传统分组交换网。本章带有复习性质,以便在第 4 章介绍 ATM 时与之比较。ATM 网络可以说是一种快速分组交换网。而在中国甚至欧洲今后若干年内传统的分组交换网还可能是数据通信的主干网,许多用户对它的性能及速率已不大满意。在美国,过去大多采用 T_1 载波,使用 X.25 网的用户不多。

第 2 章介绍了窄带 ISDN 及七号信令 SS7。20 世纪 80 年代就已对 ISDN 进行了大量的研究及试运行,但真正的应用是 80 年代末及 90 年代初。我国是在 90 年代中后期才引进并推广这

种技术。目前的综合业务网仍是同步时分的电路交换网,它是在原先电话网的基础上发展起来的。本章主要介绍了 ISDN 的各种接口及信令,它与帧中继网及 ATM 都有一些关系或相似之处。SS7 一直被认为是一种性能优越的信令系统,目前有人研究是否能把这种系统扩展应用到 BISDN 甚至移动数据通信网。

第 3 章介绍了帧中继网络。过去在国内对这种网络介绍得较少,因而很多人不太熟悉。它是在 90 年代初发展起来的,是一种从 X.25 传统分组交换向 ATM 快速分组交换过渡的技术。它用来取代一些 X.25 网的专线业务,有很好的性能/价格比。由于其传输速率较 X.25 网的专线高,所以有些综合业务也能完成,因此有些接口和 ISDN 的也相同,信令结构也有类似之处。帧中继以帧为信息单元,它的帧结构与 X.25 网不同,也与 ATM 网不同,它的流控及差错控制有独到之处。在这方面 ATM 交换机中采用了和它类似的技术。

第 4 章介绍以 ATM 为基础的宽带综合业务网,介绍了它的基本模型及层次结构、网络协议、用户与网络接口和网络与网络接口。ATM 网中的传输单元是信元,是一个非常短的分組(53 个字节),从而使网上的处理时间大为缩短,能适应高速处理器及高速传输线的要求。虽然 ATM 网带宽很宽,能适合多媒体的传输,但对于不同的信息多媒体却呈现不同的特性,由此带来同步和其他设计上的问题。由于要保证网上服务质量(QoS),不能允许发生拥塞及死锁的问题,于是有所谓准入控制以及所谓以漏桶算法为基础的访问(接入)控制。此外,由于现有网络上的许多应用,尤其是局域网上的应用能否在 ATM 上实现,需要 ATM 的局域网仿真。所有这些使得 ATM 网络的研究比过去任何网络都复杂。在 ATM 交换机出现初期,对 ATM 网络的发展前途提出过各种不同的疑虑,随着技术不断成熟,价格进一步降低,这方面的疑虑愈来愈少了。正如其他网络技术一样,它的进一步成熟及推广,还需要一定时间。

第 5 章介绍了网络互连的两个关键部件,网桥和路由器,尤其是路由器在现代网络互连中发挥愈来愈大的作用。路由器正在向高速宽带的高层次发展。可惜关于路由器设计的资料公开的还较少。本章着重介绍了它的基本原理、协议及采用路由器后建立虚拟网络的概念。

第 6 章介绍了 ATM 网络各种信息媒体的通信模型,主要是语音及视频。由于近十年来出现了大量的论文及建议,内容十分丰富,涉及数学方面也十分广泛,不可能一一收集在本章之内。本书根据 M. Schwartz 教授对理论与仿真分析得出的结果,主要介绍了流体流和 MMPP 两种建模的方法。一般来说流体流较适合于语音信息的分析,而 MMPP 较适合于视频信息的分析。

在第 7 章中采用第 6 章的模型及方法,得出了准入控制和访问控制的算法,后者称为漏桶算法,并对一些具体的例子进行了计算,以说明这种解析的方法如何应用。

在第 8 章中介绍了网络管理的概念,主要介绍了网管要包括哪些功能部分、常用的面向对象网管方法及 SNMP 网管协议的基本思想。

读者在阅读过程中就会发现,每一章涉及的内容如果要深入下去,还要参阅其他文献及资料。由于篇幅的限制,有一些内容没有放在书中,例如 ATM 交换机内各种交换网络及其比较、其他流控方法、网管中管理信息库的设计等。好在各个章节后都列出了有关参考文献,供读者进一步阅读。

读者也可能会感到,每一章实际上可以写成一本专著,但是学习这门课程时间都较短(在上海交通大学约为 54 个学时),在这么短的时间内同时阅读许多专著是不可能的。本教材编写的目的,是使研究生在较短时间内基本上掌握现代数据通信网最新发展的各个主要方面。

教材中相当多的内容已经过几年的教学实践,有一些则是根据一些新的文献补充的。在每章后面都有一个小结,可以帮助读者回顾一章的主要内容或记住一些主要的结论,加强学习的效果。由于某些专门名词还不统一,在本书后列出一些常用英汉名词对照表。

在本书编写过程中,得到了上海交通大学研究生院的支持与鼓励,得到了上海市研究生教育专项经费、湖北建行尊师重教联合会、北京安恒智业信息技术有限公司和北京桑夏广告有限公司的资助,计算机网络研究所翁惠玉副教授、许慧虹讲师、博士生刘芳、胡冰松、阮文鹏为本书的计算机输入、制图、校对、打印清样等付出了大量的辛勤劳动,并对本书提出了许多宝贵的意见。在此对他们谨表示最诚挚的谢意及敬意。最后还要感谢上海交通大学出版社使本书得以出版。

希望本书的出版有利于我国网络人才的培养及网络事业的发展。对本书中可能出现的缺点和错误,欢迎读者不吝指出。

杨传厚

2000年3月于上海

目 录

第 1 章 分组交换网	1
1.1 基本概念	1
1.2 X.25 工作方式	8
1.3 流控制过程	11
1.4 重启动、清除及重置过程	13
1.5 X.25 分组网的互连	13
1.6 分组网用户任选业务(Optional User Facilities)	14
1.7 用户接入分组交换网—PAD 技术	16
1.7.1 CCITT 关于 PAD 的规程(协议)	16
1.7.2 X.3—PAD 参数	16
1.7.3 X.28 建议	20
1.7.4 X.29 建议	22
1.7.5 X.3、X.28 及 X.29 与 OSI 的关系	23
本章小结	24
第 2 章 综合业务数字网及 SS7 信令系统	25
2.1 引言	25
2.2 ISDN 的标准	26
2.3 ISDN 的用户—网络接口	28
2.4 ISDN 的信道构成	29
2.5 ISDN 用户—网络接口分层结构	30
2.6 ISDN 的信令—SS7〔SS7 1984〕〔MBD 1990〕〔KUHN 1994〕	34
2.6.1 MTP	35
2.6.2 信令连接控制部分——SSCP	38
2.6.3 信令网络结构	40
2.6.4 综合业务网用户部分(ISDN—UP)	41
2.6.5 作业能力应用部分(TCAP)	43
2.6.6 运行、维护与管理部分(The Opecation, Maintenance, and Administration Part-OMAP)	45
2.6.7 SS7 性能指标	46
本章小结	48
第 3 章 帧中继网络	49
3.1 引言	49

3.1.1 差错处理	49
3.1.2 流控	49
3.1.3 通信容量	49
3.1.4 计算机或终端的智能	50
3.2 帧中继网中的帧格式	50
3.3 帧中继网络连接的建立及 DLCI 的意义	51
3.3.1 DLCI 消息的映射	51
3.3.2 DLCI 的本地意义	52
3.3.3 DLCI 的整体意义	53
3.4 FECN 及 BECN 比特	54
3.5 DE 比特	54
3.6 帧中继网中流控	55
3.7 帧中继网络服务的描述	57
3.7.1 帧中继用户-网络接口的结构	58
3.7.2 服务属性(Service Attributes)	59
3.7.3 性能指标	60
3.8 OSI 结构与帧中继的关系	61
3.9 帧中继的核心方面	63
3.9.1 扩展的 DLCI	63
3.9.2 加强的数据链路层管理(CLLM-Consolidated Link layer management)	65
3.9.3 CLLM 消息格式	65
3.9.4 拥塞、吞吐量及时延	66
3.9.5 FECN 及 BECN 的应用	66
3.9.6 约定的信息率及拥挤度控制	68
3.10 帧中继的信令	68
3.10.1 DSS1—数字回路信令	68
3.10.2 帧中继连接控制的消息	68
3.10.3 DSS1 格式	70
3.10.4 Q.933 的修正建议	72
本章小结	72
第 4 章 宽带综合业务网及异步传送模式	74
4.1 引论	74
4.1.1 什么是宽带综合业务网(BISDN)	74
4.1.2 什么是 ATM	74
4.1.3 B-ISDN 的标准化	76
4.2 ATM 的基本模型	77
4.2.1 B-ISDN 的参考模型[CCITT-I 1992]	77

4.2.2 物理层[ATM-F 1994]	78
4.2.3 ATM 层	80
4.2.4 ATM 交换	89
4.2.5 ATM 适配层(AAL)	97
4.2.6 ATM 接口	105
4.2.7 ATM 的管理	108
4.3 ATM 仿真(ATM Emulation)	109
本章小结	111
第5章 网络互连	112
5.1 引言	112
5.2 网桥	114
5.2.1 透明网桥[BACK 1988]	114
5.2.2 源路由网桥[DIXO 1988]	118
5.2.3 两种网桥在方法上的比较	121
5.3 路由器	121
5.3.1 引言	121
5.3.2 协议	122
5.3.3 路由器硬件结构	130
5.3.4 路由器配置	132
5.4 局网交换机与虚拟网络[CISCO-C 1996]	134
5.5 帧中继与 ATM 网络的互连	136
本章小结	138
第6章 ATM 网络通信特性及模型	139
6.1 引论	139
6.1.1 ATM 网络的特殊性	139
6.1.2 到达消息的叠加	140
6.2 ATM 网(B-ISDN)的通信源特性	141
6.3 分组话音	141
6.3.1 N 路复用分组话音排队模型	141
6.3.2 分组话音的流体流(Fluid Flow)模型	144
6.3.3 马尔可夫调制泊桑过程	152
6.3.4 用 MMPP 模型分析分组话音	153
6.4 分组视频信号	160
6.4.1 视频信号的特性	160
6.4.2 用 MMPP 模型分析分组视频信号	161
6.4.3 用流体流模型分析分组视频	165
6.4.4 双随机过程——信元区及突发区混合模型	172

本章小结	177
第 7 章 ATM 网络的准入控制及访问控制	178
7.1 引论	178
7.2 准入控制(Admission Control)	178
7.3 访问控制—漏桶(Leaky Bucket)算法	188
本章小结	198
第 8 章 网络管理	199
8.1 网络管理的重要性及网络管理标准	199
8.2 网络管理功能	199
8.2.1 故障管理	200
8.2.2 计费管理	200
8.2.3 配置及名的管理	201
8.2.4 性能管理	201
8.2.5 安全管理	201
8.3 网络管理系统	202
8.3.1 网络管理配置	202
8.3.2 网络软件结构	203
8.3.3 分布式网管	204
8.3.4 委托代理(proxy)	206
8.4 面向对象网络管理方法的概念	206
8.5 网管协议 SNMP	208
8.5.1 概述	208
8.5.2 与 SNMP 有关的标准	209
8.5.3 SNMP 基本概念	210
本章小结	213
参考文献	214

第 1 章 分组交换网

1.1 基本概念

分组交换网络技术是 20 世纪 70 年代开始发展的技术,80 年代引进到我国,现已成为公共数据通信网的基础[杨 1988][邮 1990]。

分组交换与先前的报文交换不同,它将长的消息(报文)分为许多小的单元,这些小的单元称为分组(Packet)。由于分组较短,因而节点交换机不需要太大的存储量,并且通过路由技术及动态的交换技术,使网络的容量或带宽得到充分的利用。一个分组交换网的示意图如图 1.1 所示。

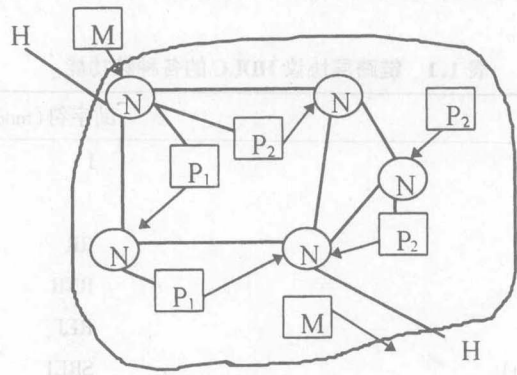


图 1.1 分组交换网
N—节点(交换机) P—信息分组 M—报文(消息) H—主计算机

对于分组交换,CCITT 公布了一个主要的协议,即 X.25 协议[CCITT X]。X.25 是关于分组交换网中 DTE(数据终端设备)与 DCE(数据通信设备,即网络)之间接口的协议。它由三个层次组成,即物理层、数据链路层和分组层(网络层),如图 1.2 所示。第一层,物理层采用的建议称为 X.21。

X.25 PLP	分组层
LAPB	数据链路层
V 系列, X.21, X.21bis	物理层

图 1.2 X.25 分层协议

由于 ANSI 的 RS-232C 被广泛采用,所以作为一种过渡,CCITT 曾公布了一个 X.21bis 与 RS-232 兼容。物理层的主要功能是保证物理接口(插头插座)上可靠的比特流。X.21 规定 15 芯的结构,RS-232C 及 X.21bis 为 25 芯结构,每个芯都规定了具体的功能及开关的电平值。该协议还规定了这些电路(芯)的控制过程。链路层的数据单元为帧,它将物理层取得的比特加上帧报头(标志及其他控制信息,地址等)按一定格式构成帧,如图 1.3 所示。有关帧的协议称为 LAPB,它是协议 HDLC 的有关子集,即用于异步平衡模式的 HDLC。

标志 FLAG	地址 ADDRESS	控制 FLC	数据 DATA	帧检错 FCS	标志 FLAG
---------	------------	--------	---------	---------	---------

FLAG—标志位,在 HDLC 中为 01111110

FLC—帧级控制位(frame level control)

FCS—帧检验数列(frame check sequence)

图 1.3 HDLC 帧格式

第二层,链路层协议是保证接口上(DTE—DCE)以及节点到节点在链路层上帧的可靠传输。帧格式中有一个帧检验域,每传输一个帧时,就对其数据进行 CRC 运算(通常在硬件上有专门的 CRC 发生器),将其结果(循环检验码)放在 FCS 域。在接收端收到传过去的信息及 CRC,同时对收到的信息用 CRC 算法再计算一次。如果计算出来的 FCS 与收到的 FCS 是相同的,则证明是收到了无误的消息;否则就说明收到的不是正确的帧或是 CRC 域传输出错。收方即向发方反馈一个出错的响应(通常有 REJ, SREJ, RNR 等),以便发方重发出错的帧,直到收到正确的帧为止。如果在一定的时限内重发若干次还收不到正确的帧,则可能认为线路有严重问题。帧共有三类:信息帧、监督帧和无编号帧。信息帧与信息的传递有关;监督帧与数据流的控制及纠错有关;无序号帧用于呼叫、确认、断开连接等控制过程。各种帧的功能及它们的码如表 1.1 及表 1.2 所示。

表 1.1 链路层协议 HDLC 的各种帧功能

名 字(name)	助字符(mnemonic)	功能(function)
信息帧(information)	I	C/R
监督帧(supervisor)		C/R
接收准备(receive ready)	RR	C/R
接收准备(receive not ready)	RNR	C/R
拒绝(reject)	REJ	C/R
有选择地拒绝(selective reject)	SREJ	C/R
无序号帧(unnumbered)		
置正常响应模式(set normal respond mode extended)	SNRM	C
置异步响应模式(set asynchronous respond mode extended)	SABM(E)	C
置异步平衡模式(set asynchronous balance mode extended)	SABM(E)	C
断开(disconnect)	DISC	C
请求开始方式(set initialization mode)	SIM	C
无序号查询(unnumbered poll)	UP	C
重置(reset)	RSET	C
无序号信息(unnumbered information)	UI	C/R
交换识别(Exchange Identification)	XID	C/R
无序号确认(Unnumbered Acknowledgment)	UA	R
断开方式(Disconnected Mode)	DM	R
断开请求(Request disconnect)	RD	R
帧拒绝(Frame Reject)	FRMR	C/R

表 1.2 各种帧的码及运行方式

帧格式	控 制 域 比 特									
	命 令	1	2	3	4	5	6	7	8	响 应
I S U	I	0		N(S)		P/F		N(R)		I
	RR	1	0	0	0	P/F		N(R)		RR
	REJ	1	0	0	1	P/F		N(R)		REJ
	RNR	1	0	1	0	P/F		N(R)		RNR
	SREJ	1	0	1	1	P/F		N(R)		SREJ
	UI	1	1	0	0	P/F	0	0	0	UI
	SNRM	1	1	0	0	P	0	0	1	
	DISC	1	1	0	0	P/F	0	1	0	RD
	UP	1	1	0	0	P	1	0	0	
		1	1	0	0	F	1	1	0	UA
	非保留的	1	1	0	1	P/F	0	0	0	非保留的
	非保留的	1	1	0	1	P/F	0	0	1	非保留的
	非保留的	1	1	0	1	P/F	0	1	0	非保留的
		非保留的	1	1	0	1	P/F	0	1	1
	SIM	1	1	1	0	P/F	0	0	0	RIM
		1	1	1	1	F	0	0	1	FRMR
	SARM	1	1	1	1	P/F	0	0	0	DM
	RSET	1	1	1	1	P	0	0	1	
	SARME	1	1	1	1	P	0	1	0	
	SNRME	1	1	1	1	P	0	1	1	
	SABM	1	1	1	1	P	1	0	0	
	XID	1	1	1	1	P/F	1	0	1	XID
	SABME	1	1	1	1	P	1	1	0	

在数据链路协议中,除了要考虑检错和通过重发帧纠错外,流控也是保证帧的正确传输的一项重要措施。如果发送信息帧太多太快,接收节点来不及处理或缓存器由于容量有限,无法存这么多帧,就可能产生溢出或丢失信息,因此对发端信息流进行控制是必须的。现在在X.25中最为基本的流控方法就是用窗口或者说滑动窗口的办法。所谓窗口就是在没有收到收方的确认以前可以连续发出的帧数。例如窗口数 $W=8$,就是可以连续发8个帧,如果这时还没有收到确认的响应,则不能再发,如果收到了有关帧的确认,则可以再发一个帧。帧的顺序计数为0~7,超过7以后重新从0开始。

在数据链路以上为网络或分组层,分组层的响应为网络端到端(end to end)的响应。端到端可靠的通信当然要由路径上各段链路可靠的通信来保证。所以说链路层是为分组层服务的。

图 1.4 表示了 在异步平衡方式下链路层运行的情况。

第三层,即分组层的数据单元为分组。一个分组加上分组的报头放在帧格式中的信息域内。理论上讲链路层的信息域可以放几个分组,但通常的情况是一个帧的信息域放置一个分

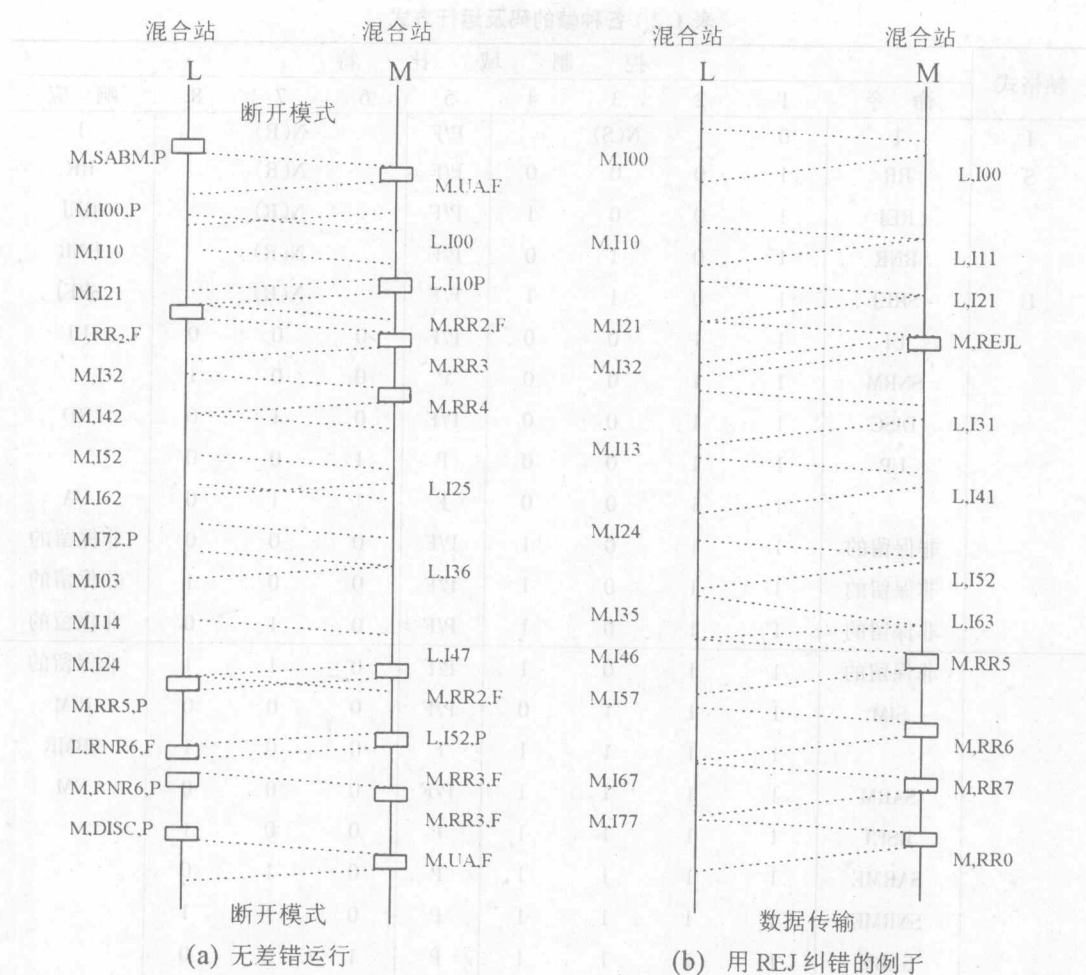


图 1.4 异步平衡方式运行

组。如图 1.5 所示。这样随着帧经源点一条链路一条链路的传输,最后达到目的地,完成了分组端到端的传输。

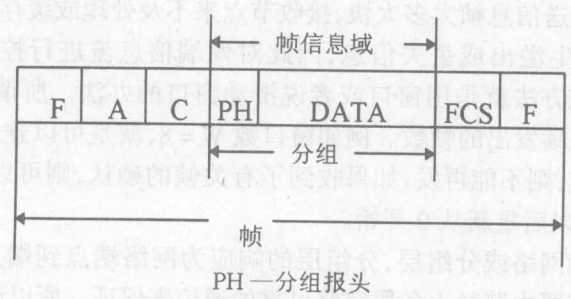


图 1.5 分组在帧的信息域中

分组可以包含要传递的数据也可以包含要传递的控制信息。一个模为 8 的数据的格式如图 1.6 所示。

数据分组的报头共有 3 个字节,字节 1 和字节 2 是有关一般格式标志(GFI)及逻辑信道的

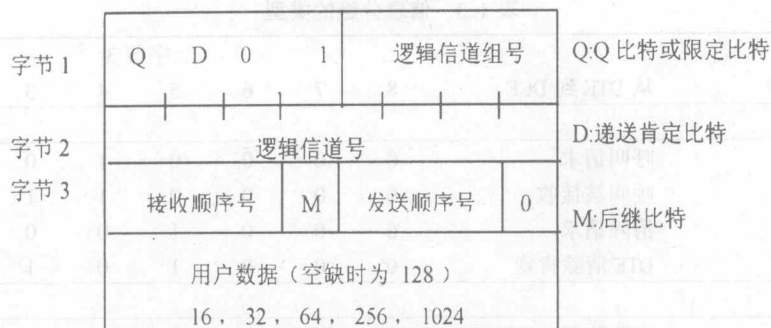


图 1.6 数据分组格式(模为 8)

报头,如图 1.6 及图 1.7 所示。

分 组 类 型	Q	D	y	y
	8	7	6	5
呼叫建立分组	0	×	yy	
消除、流控制、中断、重置和重启动分组	0	0		
数据分组	×	×		
一般格式扩充				1 1

图 1.7 一般识别符格式

其中 yy 值决定模数。当 yy = 01 时,模为 8;当 yy = 10 时,模为 128。

(1)字节 1 第 8 比特是限定比特,简称 Q 比特。它起限定符的作用,用来区别不同的数据分组。在一个数据分组中,可以传送用户数据,也可以由较高级规程(如传送层)用来传送控制信息。第 7 比特是递送肯定比特,简称 D 比特。在对数据分组的传送进行流控制时,有两种方法:一种是本地控制方法,另一种是终点—终点控制方法。在本地控制方法中,当 DCE 正确地收到 DTE 送来的数据分组时,它就给出响应。因此,DTE 收到响应后,只说明它的数据分组已进入网络,并不意味着该数据分组已正确地达到目的地。在终点—终点控制方法中,只有当一个数据分组被目的的 DTE 正确地收到并给出响应后,DCE 才给源 DTE 一个响应。到底采用哪一种控制方法,由 D 比特的值来决定。第 5、6 比特用来指明是采用 8 的模,还是 128 的模,是否可用扩展的格式。第 1~4 比特用于逻辑信道组号。

(2)字节 2 字节 2 是逻辑信道号。逻辑组号和逻辑信道号规定了 PVC 或 VC 的号。

(3)字节 3 若第 1 比特为 1,则该分组是一个信息分组。这时,第三字节将指示信息分组的类型。该字节被称为信息分组的类型识别符。表 1.3 表示各种信息分组的类型及其比特配置情况。接收顺序号 $P(r)$ 、发送顺序号 $P(s)$ 用于流控制,当使用递送肯定比特(D 比特)时用于信息分组的识别。只有数据信息分组有序号,序号的模是 8 并具有模为 128 的任选部分。比特 5,M 比特,可称为后继指示比特,它使用户能在信息分组之间安置某种关系,例如,数据对于网络来讲可能太长,因而按网络所允许的最大用户数据长切成若干组,系列中最后一个分组携带的 M 比特置 0,指示后面已没有更多的信息分组要继续传送,现在可以重新组合成原来的数据了。

表 1.3 信息分组的类型

分组类型		字节 3							
从 DCE 到 DTE	从 DTE 到 DCE	8	7	6	5	4	3	2	1
呼叫建立清除									
进入的呼叫	呼叫请求	0	0	0	0	1	0	1	1
呼叫连接	呼叫被接收	0	0	0	0	1	1	1	1
清除指示	清除请求	0	0	0	1	0	0	1	1
DCE 清除肯定	DTE 清除肯定	0	0	0	1	0	1	1	1
数据中断									
DCE 数据	DTE 数据	x	x	x	x	x	x	x	0
		$P(R)$					$P(S)$		
DCE 中断	DTE 中断	0	0	1	0	0	0	1	1
DCE 中断肯定	DTE 中断肯定	0	0	1	0	0	1	1	1
流量控制及重置									
DCE RR(准备接收)	DTE RR		$P(R)$		0	0	0	0	1
DCE RNR(不准备接收)	DTE RNR		$P(R)$		0	0	1	0	1
	DTE REJ(拒绝)		$P(R)$		0	1	0	0	1
重置指示	重置要求	0	0	0	1	1	0	1	1
DCE 重置肯定	DTE 重置肯定	0	0	0	1	1	1	1	1
重启动									
重启动指示	重启动要求	1	1	1	1	1	0	1	1
DCE 重启动肯定	DCE 重启动肯定	1	1	1	1	1	1	1	1

用户数据分组中空着的数据域是 128 字节,在某些具体的网络中最大可达 1024 字节。在不同的方向,信息组可以有不同的数据域大小,即 DTE 可以要求不同数据域大小的信息分组。

X.25 分组层协议共规定了 14 种类型分组,但是由于 DTE 及 DCE 是不对称的,因此同样类型的分组将因传输方向(即 DTE 到 DCE 或 DCE 到 DTE)的不同,而有不同的含义及解释,具体实现时也是有所不同的。

分组的类型可以分为 6 种类型:它们的码(数据格式)包括在表 1.4~表 1.10 中。

把 6 种典型的分组结构画出来,可画成如下的形式:

表 1.4 呼叫分组格式

呼叫请求及进入的呼叫分组									
0	0	0	1	逻辑信道组号					
逻辑信道号									
0	0	0	0	1	0	1	1		
呼叫 DTE 地址长				被呼叫 DTE 地址长					
DTE 地址									
				0	0	0	0		
0	0	0	0	业务段长					
业务段									
呼叫用户数据									
呼叫被接收及呼叫连接分组									
0	0	0	1	逻辑信道组号					
逻辑信道									
0	0	0	0	1	1	1	1		

表 1.5 清除分组格式

清除请求及清除指示分组							
0	0	0	1	逻辑信道组号			
逻辑信道号							
0	0	0	1	0	0	1	1
清除原因							
诊 断 码							
DTE 及 DCE 清除肯定分组格式							
0	0	0	1	逻辑信道组号			
逻辑信道号							
0	0	0	1	0	1	1	1

表 1.6 数据分组格式

0	0	0	1	逻辑信道组号
逻辑信道号				
$P(r)$	M	$P(s)$	0	
用户数据				

表 1.8 重置分组格式

重置请求及重置指示分组				
0	0	0	1	逻辑信道组号
逻辑信道号				
0	0	0	1	1 0 1 1
重置原因				
诊断码				

DTE 及 DCE 重置肯定				
0	0	0	1	逻辑信道组号
逻辑信道号				
0	0	0	1	1 1 1 1

表 1.7 流控分组格式

RR				
0	0	0	1	逻辑信道组号
逻辑信道号				
$P(r)$	0	0	0	1

RNR				
0	0	0	1	逻辑信道组号
逻辑信道号				
$P(r)$	0	1	0	1

REJ				
0	0	0	1	逻辑信道组号
逻辑信道号				
$P(r)$	0	1	0	1

表 1.9 再启动及中断分组格式

再启动请求及指示				
0	0	0	1	0 0 0 0
0	0	0	0	0 0 0 0
1	1	1	1	1 0 1 1
重启动原因				
诊断码				

再启动肯定				
0	0	0	1	0 0 0 0
0	0	0	0	0 0 0 0
0	1	1	1	1 1 1 1

DTE 及 DCE 中断分组				
0	0	0	1	逻辑信道组号
逻辑信道号				
0	0	1	0	0 0 1 1
中断用户数据				

DTE 及 DCE 中断肯定				
0	0	0	1	逻辑信道组号
逻辑信道号				
0	0	1	1	0 1 1 1

除了上述几种基本分组外,还对一些与上述分组格式有关的原因码作了规定。

表 1.10 原因域的码

DTE 清除	0	0	0	0	0	0	0	0
数据	0	0	0	0	0	0	0	1
分组失序	0	0	0	0	1	0	0	1
远程控制差错	0	0	0	1	0	0	0	1
对方拒绝付费	0	0	0	1	1	0	0	1
呼叫无效	0	0	0	0	0	0	1	1
非法访问	0	0	0	0	1	0	1	1
本地控制差错	0	0	0	1	0	0	1	1
网络拥挤	0	0	0	0	0	1	0	1
未能达到(not obtainable)	0	0	0	0	1	1	0	1