

计算机通信

【附】本册附刊 看
程 系 编 译
数 学 编 译
白 起 编 译
界 界 编 译



出版者的话

读者面前的这本《计算机通信》，是日本的小野敦司编写的，由程天德同志翻译，经曾少群、汪恩荣两同志技术校对，又经过钟林惠同志对译文作了文字删校后出版的。

如果说我国已翻译出版的美国 A·S·坦尼伯姆等编著的《计算机网络》是一本学院型教科书的话，那么《计算机通信》则是一本面向工程技术人员实际应用的实用参考书。概括起来这本书的主要特点有：注重概念交待，而不过于苛求文字术语的严格准确；面向实际系统，而不过多地描述抽象体系；从通信和计算机结合角度介绍系统，而不是偏重于一方。无疑，这些特点，对于从事计算机网络和数据通信的工程技术人员，都是可以从中获得好处的。

国际标准化组织 (ISO) 于 1984 年公布的开放系统互连参考模型 (OSI/RM)，是 80 年代技术发展中的重大事件。OSI 标准的制定为计算机网络的体系结构奠定了基础，为各个层次协议的开发和标准提供了依据。对于这一点《计算机网络》与《计算机通信》两书的作者是深有体会的，两本书都以 OSI 为主线展开自己的描述，可谓智者所见略同了。

现在计算机通信领域内又添了一本好书，希望它对读者有所裨益。出书仓促，敬请读者批评指正。

序 言

随着计算机应用的深入和普及,先后出现了联机系统、时分系统、分布式处理系统和计算机网络等通信和信息处理相结合的系统。

与此同时,通信网也正在从以电话和电报或专用线为主体的形态向公用数据网、VPL (可视通信网)和 ISDN (也叫 INS)过渡,向通信网和计算机融为一体并构成高级计算机通信网的方向发展。

这样发展的结果使计算机之间和计算机与终端之间通过网络相互共享以及有效利用各种资源的倾向日益增长。这种倾向将由点到线、由线到面不断扩大,并形成由通信卫星、光缆和计算机、终端、局域网 (LAN)相结合的新型信息通信网络。

以这种背景为基础,本书概述了计算机和通信相结合的新型信息通信网络,其各章的内容如下。

第1章 介绍计算机通信网的基本内容。

第2章 阐述计算机通信网协议。

第3章 述及网络体系结构,重点介绍 OSI (开放系统互连)参考模式。

第4章 论述计算机通信中数据网所采用的交换方式,重点是电路交换方式和分组交换方式。

第5章 按照层次模式,具体介绍各层的协议。

第6章 讲述网络的设计、运用和管理。

第7章 介绍网络系统中有关硬件和软件方面的基本内容。

第8章 简述最近迅速发展中的 LAN。

第9章 概述卫星分组通信、信息通信 (telematic) 业务、电子邮件、VAN 和综合业务数字网 (ISDN) 等有关计算机通信的应用。

在计算机通信网中,传输方面已开发了采用光纤的高速和高可靠性的光通信方式,并且展现了利用通信卫星实现高速和多种信息传输的可能性。

另一方面,VLSI (超大规模集成电路)等微电子学的发展和软件技术的进步,不仅带来了信息传输方式和交换的急剧技术变革而且已成为使信息处理和通信融合为一体,从而产生新型信息通信媒体的原动力。

由于计算机通信技术是即将到来的高度信息化社会的基础,因此,今后将会得到越来越大的发展。

本书如能对有关的技术人员和学生有一点帮助,将深感荣幸。

最后,谨向在百忙中为本书撰写推荐辞的东京大学工程部部长猪瀬博教授致以深切的谢意。

作 者

1986年8月

推 荐 辞

从本世纪七十年代初期开发的 *ARPA* 网开始, 计算机通信系统发展到今天已成为社会活动的中樞, 在社会活动中占居着重要的位置。预计在即将到来的高度信息化社会中, 它将作为高度信息化社会的基础不断地得到发展。

规模日益增大的信息系统和通信网络的结合, 将会使系统相互之间能够以开放的形式共享信息资源, 创造新的价值和提高经济效益。

本书作者是从计算机通信的发展初期就从事研究并获得出色成就的专家, 本书就是作者丰富经验的结晶, 其内容复盖了计算机通信的全部领域, 从实际业务的观点看, 它具有很强的系统性。除此之外, 本书还收入了有关最近特别引人注目的 *OSI* (开放系统互连) 参考模式方面的最新信息。

本书是在计算机和通信两个领域内都有很深造诣的专家才能完成的著作, 从技术的急剧发展和需求的显著增长两个方面来看, 的确可以说是一本十分适合时宜的著作。

我确信本书对于那些与计算机和通信相关的信息通信领域里的技术人员、学生和商业人员是有益的, 因此高兴地推荐给广大读者。

东京大学工程部部长、
工程学博士 猪瀬博
1986年8月

目 录

1. 计算机通信网	1
1.1 概述	1
1.2 网络构成	2
1.2.1 网络的构成要素	2
1.2.2 通信网的分类	3
1.3 数据通信系统的构成要素	4
1.4 信息的表示	7
1.4.1 比特	7
1.4.2 信息量定义	8
1.5 信息的传送	9
1.5.1 数字和模拟——信息和传输信道	9
1.5.2 调制方式	9
1.5.3 同步方式	10
1.5.4 线路构成方式 (或传输方式)	11
1.5.5 通信方式	11
1.5.6 传输控制 (差错恢复) 协议	12
1.6 信息的分布式处理	14
1.6.1 分布式处理和计算机网络	14
1.6.2 计算机网络的用途	15
1.6.3 分布式数据库	16
2. 协议	18
2.1 概述	18
2.2 通信中协议的任务	18
2.3 通信协议的模型	19
2.4 通信协议的设计方法	21
2.4.1 概述	21
2.4.2 协议设计的步骤	21
2.4.3 协议的形式化描述技术	22
2.4.4 通信协议的评价	23
2.4.5 协议的分析	23
2.5 协议的标准化和协议变换技术	24
2.5.1 标准化的途径	24
2.5.2 协议变换和虚拟化技术	25

2.5.3 协议变换和标准网络体系结构	26
3. 网络体系结构	27
3.1 概述	27
3.2 分布式处理和通信协议	28
3.3 分布式处理系统的层次化	28
3.4 OSI 参考模式	30
3.4.1 基本概念和各要素	31
3.4.2 联系 (association) 和连接	33
3.5 通信规程	35
3.6 OSI 的标准化动向	37
4. 数据交换方式	38
4.1 概述	38
4.2 交换方式	38
4.3 线路交换方式	39
4.4 分组交换方式	40
4.4.1 分组交换的原理	40
4.4.2 虚呼叫和数据报	42
4.5 公用数据网协议	43
5. 各层的协议	44
5.1 概述	44
5.1.1 用户网接口	44
5.1.2 物理层 (PHL)	46
5.1.3 RS-232C	46
5.1.4 X.21 接口	48
5.2 数据链路层 (DIL)	50
5.3 网络层 (NL)	52
5.3.1 X.25 虚呼叫的控制	52
5.3.2 采用 PAD 协议的终端——计算机间通信	56
5.3.3 网间接续协议(X.75)	59
5.4 运输层 (TL)	62
5.4.1 运输层服务	62
5.4.2 运输层协议	63
5.4.3 协议功能比较	65
5.5 会话层 (SL)	65
5.6 表示层 (PL)	68
5.7 应用层 (AL)	69

6. 网络系统的设计、管理和运用	71
6.1 网络设计	71
6.1.1 网络设计的目标及其对象	71
6.1.2 网络的形态	71
6.1.3 设计的前提数据	73
6.1.4 通信线路的选择	74
6.2 路由选择	76
6.3 流量控制	77
6.3.1 流量控制的各种方式	77
6.3.2 采用窗口方式的流量控制	78
6.4 拥挤控制	80
6.5 网络管理	82
6.6 网络安全	83
7. 网络系统的硬件和软件	86
7.1 通信处理机	86
7.2 通信处理机的构成	86
7.3 网络操作系统 (NOS)	88
7.3.1 进程的概念	88
7.3.2 网络操作系统	88
7.4 通信处理程序	89
7.5 通信软件的构成	89
7.6 可靠性构成	91
8. 局域网络	93
8.1 什么叫局域网 (LAN)	93
8.2 LAN 的构成	94
8.3 LAN 的拓扑	95
8.4 LAN 的传输媒体	96
8.5 LAN 的控制方式	97
8.6 LAN 的标准化	99
8.7 数字 PBX	100
9. 计算机通信的应用	102
9.1 概述	102
9.2 卫星分组通信	102
9.2.1 卫星分组交换的原理	102
9.2.2 卫星分组网的访问方式	103

9.2.3	卫星线路中的 ARQ (自动重发反馈系统)	106
9.3	信息通信 (Telematic) 业务	109
9.4	电子邮件和 MHS	112
9.4.1	电子邮件	113
9.4.2	MHS (文电通信处理系统)	115
9.4.3	研究团体邮件业务	119
9.4.4	话音邮件	119
9.5	VAN (增值通信网)	119
9.5.1	什么叫 VAN	119
9.5.2	VAN 的发展动向	122
9.6	ISDN	122
9.6.1	ISDN 的目标	122
9.6.2	ISDN 用户网接口	123
9.6.3	ISDN 中的业务分类	124
9.7	国际标准化活动	125
9.7.1	CCITT (国际电报电话咨询委员会)	125
9.7.2	ISO (国际标准化组织)	126
术语解释		127
附表		136

1. 计算机通信网

1.1 概 述

最常见的通信例子是人与人的会话。在人们之间相互用“语言”进行交流的会话，可以说是通信的基本形式。但是，对话往往受到距离的限制，为了克服距离限制，古人曾经使用“烽火”来传递信息。

但是，由于使用这些方法能够传送的信息是有限的，因此希腊将军 Polybius 为了传递希腊文字曾采用过一种办法：相隔一定距离筑起一些平台，每个平台上架起若干根木头，各平台架设木头的形状不同，表示了不同组合从而可以传递信息。

这种横担木信号的进一步发展，在十八世纪的后半期，由 Chappe 发明了横担木信号方式。

在塔顶上装有旋转着的大横担木，而在其两端又可安装两根小的横担木，用大小横担木的各种组合，大约能够传递 200 种左右的信息。

进入本世纪之后，通信的发展十分惊人。目前，在全世界范围内已经普及电话网，人们能够从距离和时间的制约中解放出来，自由地进行通信。

另一方面，计算机的利用形态也从 60 年代发展初期的批处理环境，过渡到 70 年代的分时系统 (TSS) 和计算机网络时代，到了 80 年代就成了以工作站为主体的分布式处理时代。

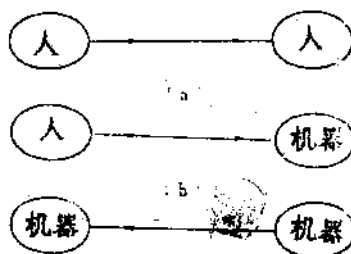
随着计算机和信息处理技术的迅速发展，可以预计未来的通信将会在“机器同机器通信”（在计算机之间高速地传送信息）的形态上获得巨大的发展。

计算机通信目前还没有确切的定义，作为一个词汇使用时，也可以认为和数据通信的意义相同。

如果一般地定义数据通信，则可以说是“利用计算机和电气通信设备所进行的信息传输和处理”，当然还具有更加广泛的含义。

另外，有时也把数据传输技术和计算机技术融为一体的数据处理系统称为数据通信系统。

过去的通信只是如图 1.1 (a) 所示的人和人之间的通信，而计算机和通信相结合的数据通信则包含了如图 1.1 (a)、(b) 和 (c) 所示的通信形态。



电话 仅(a)

数据通信(a).(b).(c)

图 1.1 通信的形态

1.2 网络构成

1.2.1 网络的构成要素

计算机通信系统（下面也使用数据通信系统这个术语）如图 1.2 所示，是为了达到某种目的，而由 通信网、计算机、终端各自有机结合起来的整体，数据通信系统的构成如图 1.3 所示，可由终端、通信电路、中心系统（主计算机）等子系统构成。

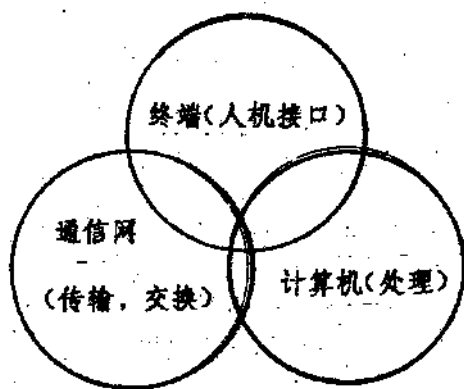


图 1.2 计算机通信系统

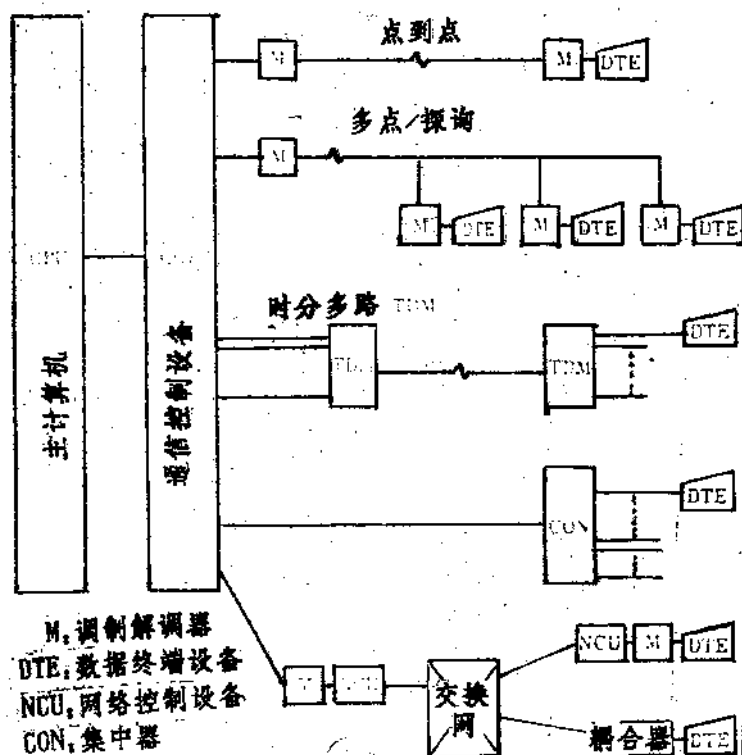


图 1.3 数据通信系统的构成

[1] 终端设备

终端设备担任人机接口，其基本功能如下。

① 将人或机器能认识的信息变换成电气信号，并且通过通信电路送到中心系统（主计

算机) 或其他的终端。

②将来自中心系统(主计算机)或其他终端的电气信号变换成人或机器能够认识的形式。

[2] 通信电路

通信电路(数据传输子系统)是指为了传输信息而使用的传输线路,主要有数字式或模拟式的专用线路、电话网和数字数据网等。

将来,通信电路将向着以数字方式综合所有信息通信业务的 ISDN(综合业务数字网)方向发展。

[3] 主计算机

主计算机是数据通信系统的核心,可以通过数据传输子系统和通信控制设备进行接续,是进行数据处理、数据存储和信息收发的设备。

在上述的各个子系统之间进行数据的交换时,通信控制规程或协议担负着重要的任务。

1.2.2 通信网的分类

通信网的特征,一般是由网络所能提供的业务、该业务的功能和质量以及用于实现该业务的硬件和软件等构成要素决定的。

各种网络都可以作为数据通信的通信网使用,但如果从功能的角度对它们进行分类,则能够表示为图 1.4 那样的层次化结构。

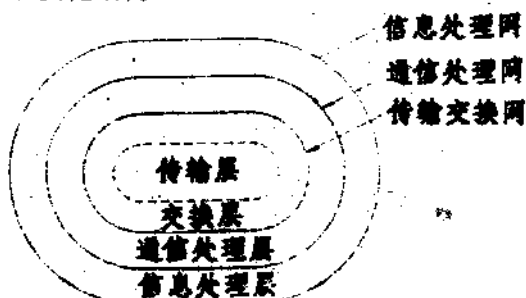


图 1.4 信息通信网的结构

即能够假定如图所示的传输交换层、通信处理层和信息处理层三个层次构成的体系结构。

在传输交换层,并不改变数据的含义和格式,只是将数据透明地从某个设备传送到其他的设备。

这是过去的电气通信网,可以认为是基本的通信网络。

在通信处理层,数据传送时并不改变其含义,只是按照一定的约定变换其格式,这样就有可能提高其传输效率。

在信息处理层,实现完成目的业务的各种应用。这一层是在基本通信网上附加了数据变换(速度、协议、代码、媒体等)、存储(同播、邮件等)和冗余度抑制等通信处理功能,这就构成了新型的高级信息通信网,VAN(增值通信网)等也把这一层作为基本层次。

上述各层是以下层为前提,例如,在进行通信处理时,还必须同时具有传输和交换功能。

从信息手段 (media) 的角度看, 数据通信网将从现在的以数据 (代码) 为中心, 发展到包含话音和图象的网络。在传输方式中, 从功能性、经济性和高可靠性等方面看, 数字化将会得到进一步发展。

表 1.1 表示了通信网和能处理的信息手段等主要功能之间的关系。

从使用的观点看, 通信网能适用的领域将随通信费用和通信量之间关系的变化而改变。

表 1.1 通信网和主要功能

通信网		公用电话网	电路交换数据网	分组交换数据网	专用线	LAN	卫星网	ISDN
信息手段	话音	0			0	0	0	0
	文字	0	0	0	0	0	0	0
	数据	0	0	0	0	0	0	0
	图象(静止)	0	0	0	0	0	0	0
	图象(动态)				0	0	0	0
信息形态	模拟	0			0			
	数字		0	0	0	0	0	0
速度	低速	0	0	0	0			0
	中速		0	0	0	0	0	0
	高速				0	0	0	0
通信处理	有			0				0
	无	0	0		0	0	0	

表 1.2 表示了从应用领域所看到的通信网特征

表 1.2 通信网应用特点的比较

数字数据网	电路交换网	通信密度高,每日的通信时间不长,适合于中等距离的通信。
	分组交换网	通信密度低,适合于中等距离以上的通信。
现有模拟网	公用电话网	通信密度低,适合于近距离通信。
	专用线	适合于通信量多的场合。

1.3 数据通信系统的构成要素

下面简要叙述数据通信系统的基本构成要素。

(1) 传输线路 作为物理的传输媒体分为采用双绞线同轴电缆或光纤等有线传输信道以及采用通信卫星和在空中传播电波光波的无线传输信道。

(2) DTE (数据终端设备) 数据终端设备 (DTE: Data Terminal Equipment) 是连接到数据传输系统中的计算机和个人计算机等高功能设备以及 TTY (字符终端) 和 CRT (显示终端) 等各种终端设备类型的总称。

(3) DCE (数据电路终接设备) 数据电路终接设备 (DCE: Data Circuit terminating

Equipment) 处于通信电路的终接处, 用于协调同 DTE 间接收发送信号和在传输线路侧的线路信号两者的关系, 在其相互之间进行称之为信号变换功能的电气变换和物理变换。在模拟电路中, 可以采用调制解调器; 在数字电路中, 采用数字电路终接设备 DSU(后面叙述)。图 1.5 是终端访问主计算机时的构成例子。

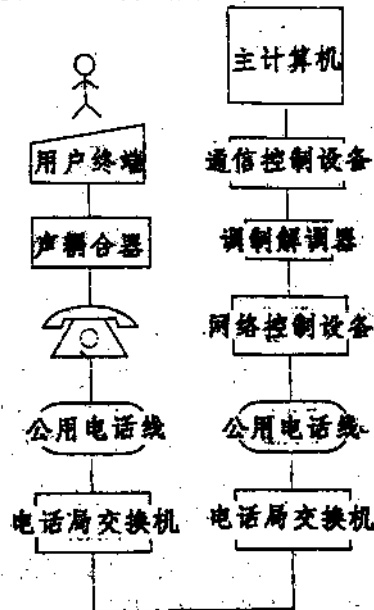


图 1.5 采用公用电话电路的计算机访问

(4) NCU (网络控制设备) 一般情况下, 利用交换网作为通信电路时, 都需要使用选择电路和进行接续的过程。为此, 可以采用网络控制设备 (NCU: Network Control Unit)。

NCU 有如下三种型式

①MM(手动收发信)

②MA(手动发信, 自动收信)

③AA(自动收发信)

手动式 NCU 是由电话机和语音/数据切换器构成的简单网络控制设备, 而自动发信/收信的 NCU 包含了收发端控制规程的处理。

(5) 声耦合器。声耦合器是一种电-声变换器, 是将调制解调器 (MODEM) 内的电信号变换成语音信号送到受话器, 后者再把语音信号变换为电信号, 通过电话电路传输的设备。

采用普通的用户电话机建立起同对方的通话电路之后, 只要把受话器放在声耦合器上, 就能够简便地进行数据通信, 因此这种方式适合于访问主计算机的数据库等, 主要用于低速传输。

(6) 调制解调电话

调制解调电话机是将电话机、调制解调器和 NCU 作成一体的装置, 根据使用的场合, 有时还具有协议。其电话机还具有多功能电话机的机能。

图 1.6 是调制解调电话机的框图。

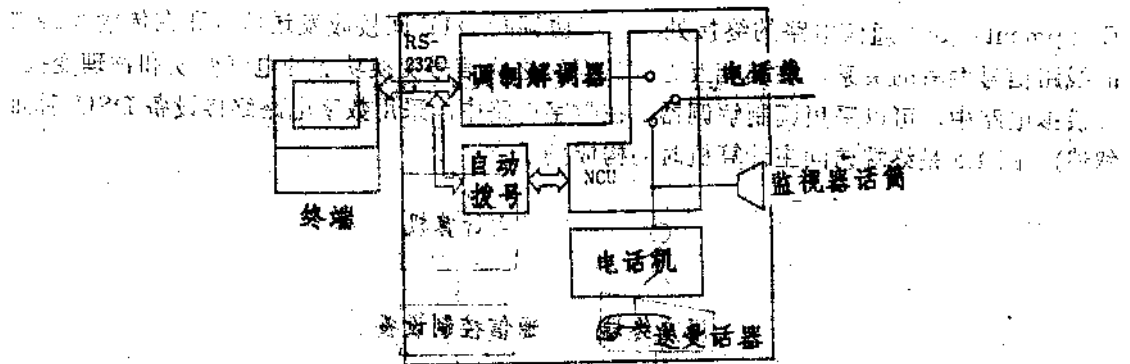


图 1.6 调制解调电话机的构成

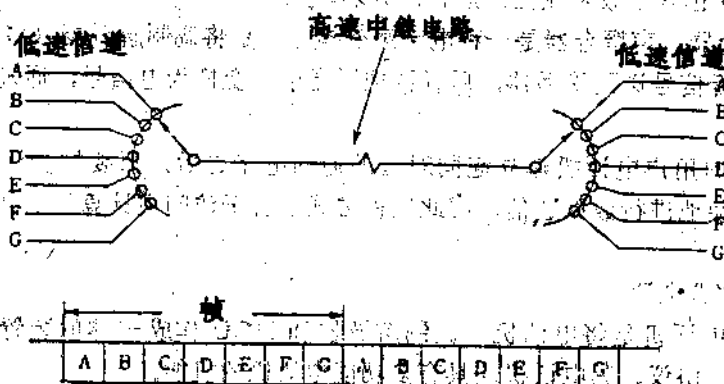
(7) DSU (数字电路终接设备) 数字电路终接设备是数据终端和数字线路的接口, 符合 CCITT 建议的新 X 系列接口和适合于现行设备的 V 系列接口标准的传输设备, 这种设备若与设在用户室内的数据终端相连, 则称为室内线路终接设备。

(8) 多路复用设备 (MUX) 这是一种将多路低速数据复用到高速或宽带数据传输通路, 进行传输的设备。它能大幅度降低传输通道的价格从而被广泛采用。

① 频分多路复用设备 (FDM) 这是按频率来划分话音带宽, 在其上配置多个信号, 进行多路传输的设备。

② 时分多路复用设备 (TDM) 时分多路复用设备就是将多路低速信号 (不论有无数据) 的所有比特顺次分配给高速电路的时隙, 并且反之从高速电路向多个低速电路也这样分配的设备。因此, 高速端和低速端都必须如图 1.7(a) 那样保持同步。在多路复用的方法中, 还有以 1 个比特为单位进行多路复用的比特多路复用和以 8 个比特为单位进行多路复用的 8 比特组多路复用等。另外, 除了低速信道的数据之外, 表示信道状态的状态信息也可以进行多路复用。在高速端中, 除了传输多路复用了的低速信道信息外, 还同时传输电路维护用的信息。

③ 统计时分多路复用设备 (STDM) 连接了多个低速数据终端, 各个终端的数据在时间上是随机产生的。利用这种低速数据的业务量统计特性, 如图 1.7 (b) 所示, 仅对存在有意义的信号才在高速电路上分配时隙这种采用多路复用的方法, 提高高速电路利用效率的多路复用设备, 称之为统计时分多路复用设备 (Statistical multiplexer)。



(a) 通常 TDM 的比特配置举例



(b) 统计的TDM比特配置举例
(仅在ACE信道上存在有意义的数据时)

图 1.7 TDM 的基本原理和比特配置举例

② 数字传输多路复用设备 为了更有效地使用高速数字电路，可以对多种复用设备如图 1.8 所示，可以使用将语音、图象和数据进行多路复用的多手段多路复用设备。

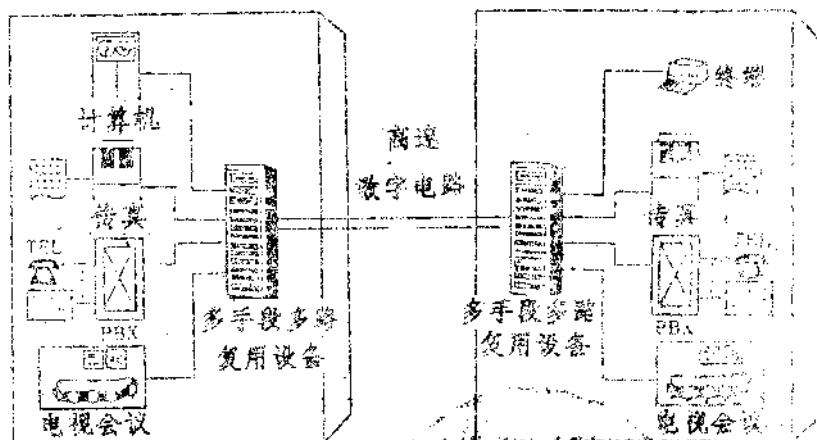


图 1.8 数字传输多路复用设备的应用举例

1.4 信息的表示

信息有各种类型。既有字符信息，也有数值信息，还有语音和图象信息。因此，信息的概念似清楚又不清楚，其实体似乎不太容易理解。

信息能保存作为其本质的信息量，又能改变其形式。

当人们讲话时，其信息就载运在话音上。载运在话音上的信息可以借助于送话器变换为电流波形，再用受话器变换为原始的话音。

信息和能量一样，既能保持其信息量，又能变换成各种形式。

1.4.1 比特

电报的发明者莫尔斯 (Morse) 用“点”和“划”两种信号的组合，传递 26 个字母字符和其他符号，获得了引人注目的成功。

在目前的印字电报中，把有电压的状态称为“传号”，无电压的状态称为“空号”，用这种“传号”和“空号”的组合来表示字符。

上述的“点”、“划”和“传号”、“空号”能够用“0”和“1”两种要素的代码表示。“0”和“1”两个符号称为二进制符号(或记号)，用这种“0”和“1”的组合表示的信息称为二进制代码(或二元代码)。这可以作为信息的最基本表示。

日常使用的十进制数，若用二进制数表示时，十进制数的各位分别表示 4 个二进制数

的组合, 这种表示方法在计算机等中经常使用。这样的表示称为二—十进制代码 (BCDC: Binary Coded Decimal Code)。

在 CCITT (国际电报电话咨询委员会) 和 ISO (国际标准化组织) 中, 制定了世界上能够通用的代码建议。图 1.9 表示了用二进制代码的组合所表示的各种字符、数字和控制用的代码。

一般, 信息都可由“0”和“1”的组合构成, n 个“0”和“1”能够构成的序列总数为 2^n 个。用二进制序列的长度来定义二进制序列所具有的信息量, 这种信息量的单位称为比特 (bit: Binary digit 的缩写)。

反之, 能够使 $M = 2^n$ 个不同的字符和长度为 n 的 0、1 序列相对应。例如, 长度为 5 的二进制序列具有的信息量为 5 比特。在有 32 个字符情况下, 为了表示一个字符, 需要用长度为 5 的二进制序列, 这时就可以说是一个字符具有 5 比特的信息量。

比特	b_4 —	b_3 —	b_2 —	b_1 —	b_0 —	b_4 —	b_3 —	b_2 —	b_1 —	b_0 —
b_4, b_3, b_2, b_1, b_0	列 →	0	0	0	0	1	1	1	1	1
...	行 ↓	0	1	2	3	4	5	6	7	
0 0 0 0	0	NUL	DLE	SP	0	a	P	'	o	
0 0 0 1	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q	
0 0 1 0	2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r	
0 0 1 1	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s	
0 1 0 0	4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t	
0 1 0 1	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u	
0 1 1 0	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v	
0 1 1 1	7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w	
1 0 0 0	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x	
1 0 0 1	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y	
1 0 1 0	10	LF	SUB	*	10	J	Z	j	z	
1 0 1 1	11	VT	ESC	+	11	K	[	k		
1 1 0 0	12	FF	FS	.	12	L	\	l	:	
1 1 0 1	13	CR	GS	-	13	M	]	m	;	
1 1 1 0	14	SO	RS	.	14	N	^	n	~	
1 1 1 1	15	SI	US	/	15	O	_	o	DEL	

图 1.9 ASCII 码对照表

另外, 如同字母一样, 在有 $M = 27$ 个不同字符时, 各个字符所具有的信息量为 $\log_2 27 = 4.76$ 。

这表示各个字符平均需要 4.76 个比特的二进制代码来表示。

1.4.2 信息量定义

上述说明仅看作是信息量表示, 而山农 (Shannon) 却从概率的角度给出了信息量的定义。

当出现了我们已知的概率为“1”的事件时, 我们所能获得的信息量就为 0。但是, 当出现某些未知事件时, 如果发生的概率为 $1/2$ 时, 则最小限度的必要信息是在“是”和“否”二者之间择一。在空中投掷硬币时, 落在地面上究竟是正面向上还是反面向上, 这是

不确定的。如果告诉为“正面”时，则所获得的信息量就是1个比特。

根据山农的定义，当事件发生的概率为 P 时，可以得到的信息量为 $I = \log_2 \frac{1}{P}$ (比特)。例如，当概率为 $1/2$ 时，则信息量为1比特；当概率为 $1/4$ 时，则信息量就为2比特。

总之，对于不确定的事件，一旦获得了信息，就变成为确定的事件。这种不确定性或选择的单位——尺度也称之为“比特”。

1.5 信息的传递

1.5.1 数字和模拟——信息和传输线路

在数据传输中，传输的信息是叫做0和1的数字式二进制代码。

所谓数字，就是信号无论在振幅方向上还是在时间轴方向上都表现为离散的形式。

与此相反，话音和图象信号在振幅和时间两个方向都表现为连续的形式。

象数据那样的离散信息称为数字信息，而象话音那样的连续信息则称为模拟信息。

数字信息在传输过程中可以再中途进行信号再生，消除信号畸变和干扰，以便继续传输下去。这就叫做再生中继。通过中继传输离散信号的传输线路就称为数字传输线路。

另一方面，对于模拟信息，为了尽可能逼真地传送已发送的信号，可通过在模拟传输线路中补偿信号传输所需带宽中的固定衰减量的方法消除干扰，但是干扰一旦进入到带宽之内时，就再也无法消除了。

1.5.2 调制方式

传输数据时，如图1.10所示，将来自终端设备或通信控制设备的数据以方波脉冲的原始形式发送到线路上去的方法叫做基带传输或直流传输。这种方法可以在线路较短和传输速度较低的场合使用。

与此相对应的是载波传输(宽带)，这种方法，对于即使同样是传输数据的场合，也要将方波脉冲的数据信号载运到适当的交流或载波上进行传输。在这种情况下，用信号波改变载波的过程叫做调制。由调制波形再生出原始信号的过程叫做解调。进行调制解调的设备叫做调制解调器(MODEM)。

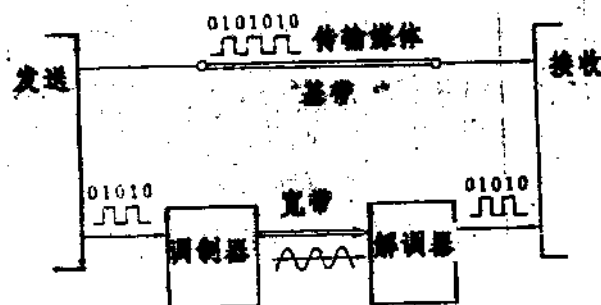


图 1.10 基带和宽带

这种调制解调功能有下述的各种方式：

载波可看作是 $A \cos \theta$ 表示的正弦波。其中， A 是振幅， $\theta = 2\pi f t + \theta_0$ 是角度， θ_0 是相位， f 是频率， t 是时间。