



数据传输

——分析 设计 应用

〔美〕

D.A.塔格
O.塔格

著

张乃通
周廷显

吴中一
王压民

译

摘 要

为满足电信领域的迫切需要,及时出版的本书,清楚而简明地阐述了数据通信的原理、概念和应用。该书还专门描述了光纤的数据传输。充分地说明了象话音线路测量和无噪声通信方法等方面的重要问题,并讨论了改进现有传输系统效率、保证通信可靠性和建立经济的通信系统的几种方法。

本书内容丰富,对每个论题及有关内容都作了充分地论述,给出了实例,提供了极限和容差……,并就有关的CCITT建议作了解释。实际上,该书可以满足一个小型通信中心的需要,而不必去购买昂贵的CCITT、EIA、ANSI和其他出版物。

本书还对全世界以及美国的电信组织机构作了简要的介绍。此外,为了提高本书的简捷参考价值,它提供了内容丰富的传输和通信方面的术语汇编。

对工程师、技术员、管理人员和其他专家来说,将证明《数据传输》是一本很宝贵的指南和参考书。鉴于这个复杂领域技术的迅猛发展,这本有价值的书定会成为受重视和十分有用的工具书。

数 据 传 输

——分析 设计 应用

〔美〕 D.A.塔格 著
O.塔格

张乃通 吴中一 译
周廷显 王玉民
徐炳星 邵树永 校

*

哈尔滨工业大学出版社出版
新华书店首都发行所发行
哈尔滨工业大学印刷厂印刷

*

开本787×1092 1/16 印张18.5 字数377 000
1988年10月第1版 1988年10月第1次印刷
印数 1-3 000

ISBN 7-5603-0097-9/TN·8 定价3.05元

译 者 序

由D.A.塔格和O.塔格所著的《数据传输——分析 设计 应用 (Data Transmission—Analysis Design Applications)》一书是由 McGraw-Hill Book Company 于1982年出版的。

本书阐述了数据传输的原理及其实际应用；介绍了通信领域的最新技术（如光纤通信，计算机通信，卫星通信等）；讨论了提高现有传输系统效率的途径；提出了保证通信可靠性和建立经济的通信系统的多种方法。本书对建立计算机通信网，既有原理分析，又有实验数据，并推荐了国际CCITT建议的标准和注释，在一定程度上可以作为工具书使用。

本书可作为大专院校通信专业的教学参考书，也可供有关工程技术人员参考。

本书的前言、第十章及术语汇编由张乃通译；第二、三、四章由吴中一译；第五、六、七、八章由周廷显译；第一、九、十一章及附录由王玉民译。全书由张乃通审订。

鉴于译者水平有限，不当之处在所难免，敬请读者批评指正。

译 者

1984年9月于哈尔滨

前言

本书为电信领域的工程师、管理人员和从事这类工作的人员，讲解了模拟和数据传输的原理和概念。只需掌握基本的数学概念就能将书中所有的课题用于数据传输系统的设计、安装和实现的各个阶段中去。

一个世纪以来，通信工业经历了非凡的发展。近来一些国家所经历的社会、政治和经济的重大变革，以及经济发展的惊人速度，都起因于电信领域的成功发展。电信设施是现代社会日常生活中的重要组成部分。事实上，在当今国际关系中，电信起到了极其重要的作用。这种工业影响了我们真正的生活性质，它将无疑会影响到我们的思维、行为、爱、憎和同情心，特别是世界和平。虽然电信工业仍处于发展初期，但它将继续以每年增长20%的强大生命力塑造我们的未来。

电信领域的发展，迫使电信工程师继续努力克服困难，寻求解决通信系统中成本和电性能间的矛盾。本书试图帮助通信工程师克服这方面的困难。

总之，在通信系统的设计阶段，有许多技术问题必须加以考虑和解决。下面列出了某些肯定会碰到的迫切问题。

- 就某一电信系统而言，应选取下列哪种网络结构形式：集中式、分布式、信息转接式、群交换式、环路式或这些形式的组合？
- 下列哪种传输设备适合于电信系统：话音-级、宽带、数字、本地卫星、无线电辐射、电缆或光纤系统？
- 选择下列哪种装置：常规多路调制器、统计多路调制器或集中器？
- 怎样管理和控制通信业务：通过线路规划、流通控制或路由对策？
- 根据系统性能要求，应如何确定下列各指标值：响应时间、容量、阻塞概率、信息错误率、可靠性和灵敏度？
- 应当对下列哪个系统参数和统计值进行监控和测定：信息量、线路故障、业务量和图表？
- 应当怎样综合解决上述诸问题，以便使整个网络经济效益高？

显然，对于这些问题要得到确切的解答是极为困难的，这往往需要一支有经验的、献身于事业的专家队伍。要从一本书中找到所有这些问题的综合答案，显然是不可能的。希望从事这方面工作的工程师和管理人员，在阅读更详尽的专门资料之前，利用本书作为入门，简要地搞清楚那些与技术问题有关的课题。为此，按章次列出本书的概要内容。

第一章 简要介绍通信线路和传输媒介，并阐述了模拟和数字传输问题。第二章阐述了模拟话音-级线路及其有关问题。这些问题包括失真、噪声、相位抖动、干扰源和线路调整。此外，还讨论了当采用抖动-测量法时所用的幅度调制和角度调制的矢量表示法后，提供了期望的工作线路的试验结果和对这些结果的解释。第三章 讨论了模拟与数字调制及其传输方法，以及解调和数字信号。还介绍了调制-解调器及有关的CCITT

建议。第四章 讨论了把语言频带压缩至比话音频带窄的带宽之内、数字压缩方法、空闲传输期间的利用和信息包-交换网络的最新发展。第五章 对通信系统中使用的几种多路复用技术进行说明,并与用计算机处理的多路调制器进行了比较。第六章 讨论了传输的同步技术和两个数字网络之间的同步技术。第七章 以实例提供了有关通信通道接口的协定级别、EIA标准和CCITT建议以及编码和误差检测技术。第八章 从使用角度讨论了卫星通信方法。第九章 讨论利用精密测试和监控设备来测量模拟和数字电路的质量。

光纤的迅猛发展,为数据通信领域引入了一种新型的具有吸引力的手段,所有完整的数据通信书籍都讨论了光纤传输。因此,在第十章中用基础数学对光纤传输作了广泛的讨论。

自工程师试图向人类提供通信服务以来,他们就面临着一个始终存在的威胁:噪声。虽然用良好的接地和屏蔽措施可以减小噪声电平,但他们并不能完全消除这类问题。第十一章中讨论了高可靠接地系统的安装及线路和系统的保护方法。

附录A中简要讨论了世界及美国的电信组织。

附录B中介绍了环形线路和中继线路中的电话信号以及E和M信号。

本书应作为工程师简捷参考书以解决他们在日常工作中的问题。书末给出了传输和通信方面的广泛的术语汇编,在汇编中不包括那些标准大学教科书中所学到的传统术语和定义。

作者在自己的工作中得到了 Varian 联合有限公司(加州, Palo Alto)的 John Gulbenk和RCA研究所(Princeton)的 Alfonse Acampora,以及 RCA 全球通信组织(New York)的N.J.Walter Geen, Nicholas DiSanti和Jack Gold的帮助,感谢他们提供了有关传输线路理论的重要资料。对 MSTD 通用电气公司(Lynn, Mass.)的以前在RD和E贝尔公司(Muncie, Ind.)的H·塔格博士表示感谢,他阅读了手稿,提出了许多建议,并校验了本书中的计算数据。

特别感谢 B·F·塔格夫人,作为妻子和母亲,在整个手稿准备阶段,她给予很大的支持、耐心和容忍。

D.A.塔格

O.塔格

目 录

第一章 通信链路

- 1-1 信道与电路..... (1)
- 1-2 传输媒质..... (3)
- 1-3 通信链路的结构..... (6)
- 1-4 模拟传输与数字传输的比较..... (7)

第二章 话音-级电路传输

- 2-1 净衰减..... (12)
- 2-2 衰减-频率特性..... (19)
- 2-3 回波..... (21)
- 2-4 返转损耗..... (26)
- 2-5 噪声..... (29)
- 2-6 时延失真..... (39)
- 2-7 载波系统中转换误差..... (44)
- 2-8 相位抖动..... (45)
- 2-9 谐波失真..... (48)
- 2-10 非线性失真..... (49)
- 2-11 偏移失真..... (50)
- 2-12 本征失真..... (51)
- 2-13 话音-级线路上数据传输的CCITT建议..... (51)
- 2-14 端头对端头衔接的模拟传输性能估计..... (53)

第三章 调制、解调、二元基带和调制-解调器

- 3-1 模拟调制和解调..... (58)
- 3-2 脉冲调制..... (60)
- 3-3 二元基带..... (63)
- 3-4 调制-解调器..... (71)
- 3-5 短距离数字式互连、声耦合器、传真和数据密码..... (81)
- 3-6 有关调制-解调器CCITT建议的小结..... (88)

第四章 增大信道容量方法和信息包交换技术

- 4-1 增大数据传输信道容量的方法..... (92)
- 4-2 模拟话音压缩方法..... (94)
- 4-3 数字话音压缩方法..... (94)
- 4-4 空闲传输期间的利用..... (97)
- 4-5 话音的信息包化..... (98)
- 4-6 信息包交换数据网..... (99)

第五章 多路复用

5-1 多路复用技术·····	(102)
5-2 多路复用技术比较·····	(110)
5-3 模拟信道体制·····	(113)
5-4 数字信道体制·····	(119)

第六章 同步

6-1 数据设备中采用的同步技术·····	(123)
6-2 异步和同步传输·····	(124)
6-3 不同传输网络中数据设备的同步·····	(126)
6-4 国际和国内数字网组织·····	(134)

第七章 接口 协议 信息码 纠错

7-1 一级协议: DTE和网络间的物理接口·····	(137)
7-2 接口控制电路的工作·····	(156)
7-3 二级(数据链路)协议·····	(163)
7-4 三级(网络控制)和高级(端到端)协议·····	(168)
7-5 信息码·····	(172)
7-6 检错和纠错技术·····	(175)
7-7 数字服务和接口设备·····	(180)

第八章 卫星通信

8-1 卫星通信系统的描述·····	(184)
8-2 工作形式·····	(188)
8-3 多址联结和调制方法·····	(190)
8-4 数字数据传输(在美国)·····	(194)
8-5 传播延迟问题和纠错方法·····	(195)
8-6 海事卫星通信系统·····	(197)
8-7 卫星通信的优点和未来·····	(198)
8-8 关于卫星数据传输的 CCIR 的建议和报告·····	(199)

第九章 运行电路的监控与检测

9-1 模拟技术, PAR测量法·····	(201)
9-2 数字电路中失真测量法·····	(202)
9-3 数字监控与测试·····	(206)
9-4 技术控制中心·····	(210)

第十章 光纤传输

10-1 系统结构形式·····	(216)
10-2 光纤电缆·····	(216)
10-3 光源·····	(220)
10-4 光探测器·····	(222)
10-5 连接和连接器·····	(226)

10-6	光缆的架设方法.....	(227)
10-7	试验和试验仪器.....	(230)
10-8	优点和局限性.....	(230)
10-9	发展前景.....	(232)
第十一章 屏蔽、接地和系统保护		
11-1	干扰源.....	(234)
11-2	系统保护和电路保护.....	(236)
附录 A		(248)
附录 B		(251)
术语汇编		(257)

第一章 通信链路

在机器语言中，数据这个术语是表示某种信息的。这些数据可以从穿孔卡片、纸带、磁带、磁盘、计算机的存贮器上获得，或者直接从机器上获得。“数据传输”这个术语是指从一点到另一点的数据的电的传输。

数据通信链路可定义为两个或多个站或者终端之间的电气传输通道。通道可以是单根导线、一组导线、同轴电缆、专用的无线电频谱范围或者光缆。

在未来的办公室和电信局中，除电传装置外，各种信息处理单元之间，话音频带或更宽的带宽应适应现存的和新的电信装置的需要。未来典型的电信局中，设备包括：

- 电子印刷机
- 高速复印机
- 指令单元
- 电文自动处理器
- 通信码字处理器
- 计算机
- 传真传输系统与设备
- 电话会议传输系统与设备
- 缩微胶片阅读机
- 信息处理用的录音机

电传是以计算机为基础的传递装置，用各种数据终端和通信码字处理器，使用户能发送、接收以及用电的方法存贮信息。

1-1 信道与电路

信道可以定义为一个有信息流动的线路通道。这里线路可以认为是一种用于远距离通信的实际设备和配置。所有信道在信息处理能力方面均受到一定的限制，这主要取决于它们的电气和物理的特性。

信道种类

信道有三种基本类型：单工的；半双工的；全双工的。例如，每种信道是在A点和B点之间传输，如图1-1所示。

仅能从A向B传输，而不能从B向A传输的信道定义为单工信道。这种信道用于环形配置，诸如超级市场的算帐终端。

能从A到B，然后从B到A非同时传输的信道，定义为半双工信道。如果使用一个二

-线电路，线路必须随传输方向的改变而切换。若用四-线电路则可省略这种切换。

能同时从A到B和从B到A传输的信道，可以定义为全双工信道。虽然经常使用四-线电路，但若将信号频谱在接收和发送信道中区分开，则二-线电路也能完成全双工通信。

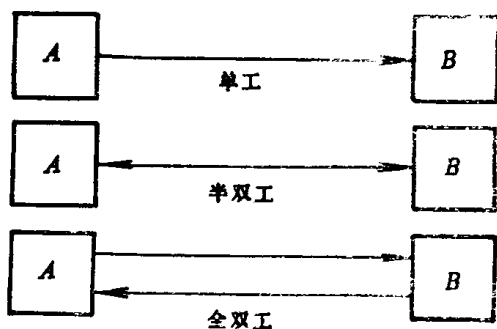


图 1-1 信道的类型

回传是全双工信道的一种传送方式。当操作者操作按键并传送一个字符给计算机或另一终端时，字符可以回传并在打印机或视频显示器上显示。操作者就可以监视计算机或终端的接收情况，并可作一些必要的修正。回传方式不能用于半双工信道。

电路类型

电路可用二-线、四-线、交换（公用的）和租用（专用）等术语来描述。

二-线和四-线电路

二-线电路通常用于电话或数据装置以及本地总局之间的用户环路中，它可以采用平衡线路或非平衡线路（一条线公用或接地）。四-线电路用作总局之间的长距离连接，在一个方向上用一对线传输。当需要以全双工运行时，还可以作为专用线路用于用户环路中。由于采用了多路复用技术，在一个四-线话音-级信道上可容纳几个话音通道。

四-线电路也称做单端或非平衡电路。在这种非平衡电路中，数据是载荷在一对导线中的一根导线上。当导线这个术语用于数据通信中时就会引起混淆。应当明确，四-线是早期电话用语中的派生词，而目前并不意味着四条实际的导线。用不同频率在信道中来回传送信息时，二-线电路可能形成一个等效的四-线电路。以这种方式在两个方向同时传送频率上互不干扰的两个信号是完全可能的，因这两个方向上的频率是分开的。

交换电路

公用的电话或用户电报网络是一个交换网络。之所以称作交换，因为拨号之后，它能自动地接续到需要的线路上。当利用率较低时，这种交换电路的优点是十分明显的，比租用线路要便宜得多，每次呼叫的接通只是选择一个不同的电路通道。当拨完号后，呼叫进入本地总局，在那里接通被叫单元，或者完成对另外的总局的转接。

租用（专用）电路

租用电路是通信网络内为私人利用的固定线路，这种线路直接在两个用户之间或者

经过总局迂回连接。这种总局中包含有一个或几个线路中心（配线框架），租用线路连接在专用信道或设备上，而与总局中的公共交换网络和信令设备无关。

当利用率较高时，租用线路比交换线路要便宜。在某些应用场合，租用线路的最大优点是无需等待时间。只需拿起电话或拨动一下开关，线路就接通了，这就省略了在交换线路上由于选址（拨号）、交换（呼叫选线）、振铃以及获取信息所需要的准备时间。由于线路是固定的，总是使用同一线路，就可以将线路调节到较好的状态，以改善传输质量。

在无调节的情况下，速度可能达到4800b/s，但通常速度大于1200b/s时，就需要某些形式的调节，以克服时延效应和衰减畸变。线路调节在2-1节中讨论。

1-2 传输媒质

早期的电报以每分钟约30个词或者15b/s的速率运载信号。直到载波系统出现以前，每个电话单独需要一对专用导线。目前，可用电缆载荷上千路话音信道，每路的速率达9600b/s。本节扼要地介绍目前大家都感兴趣的主要传输媒介。

明线

早期的电话连接线是用连接在电话杆之间的成对导线构成的。这些导线采用铜线或镀铜线，每对导线可载荷24路电话。虽然乡村和不发达地区还可以见到数英里的明线，而目前在城市里已很少见到这种明线了。

电话电缆

在可以代替明线对的双芯电缆中，其导体是彼此绝缘并封闭在同一电缆中。许多芯线可以集束在一根电缆内，但必须考虑到串扰的增大。为了减小串扰，在结构上将每对线绞合在一起，以减小导线对之间的电磁串扰。相邻导线对之间参差绞合，整个结构裹有一层坚韧的屏蔽套。城市中敷设的每条电缆中，有数百个导线对。

电缆中的导线比明线对要细得多，导线的电阻比明线对的要高，因此信号所需的放大次数更多。

绞合芯线电缆可以比采用多路复用技术的一个话音信道的载荷要多。通常一条干线上的—对线，可以同时双向载荷12路话音通道，使用频率达到268kHz左右。

目前，设计和开发的各种中继装置，在导线对中允许传输的频率为1MHz，这种中继装置设置的间距约为2公里，允许电视电话信号在此导线对上传输。

因为导体之间绞合得很紧，所以绞合对电缆中导体之间的电容比明线要大得多。这在高频上就较低频有着更为严重的影响。

水下电缆

最初的水下电缆不用中继而传输电报信号。传输多通道话音的水下电缆系统，包括水下的中继设备及其有关的专用终端和供电设备。由于放大器间距很长，这种电缆运用

的上限频率就比陆地电缆低。最初的水下电缆的容量只有48路话音通道，双向通话需用两根电缆。近来敷设的电缆，可在一条电缆中容纳6000路以上的通话话路。电缆的容量可借助时间分配语言插空技术（TASI）获得增加（在4-4节中讨论）。

同轴电缆

同轴电缆比双绞电缆能传输更高频率的信号。它由空心铜圆柱体或其它圆柱导体包围着一个单线导体构成。圆柱体外壳和内导体之间充满绝缘介质，这种介质可以是塑料或空气。在一个大电缆中，总是几个同轴管捆扎在一起，并且通常用于控制目的的许多绞合线对裹在同轴管之间。这种连接方式，即使在较高频率上各同轴管之间事实上也不存在交叉串扰，这是因为电流沿着外壳的内表面和内导体的外表面流动的的缘故。由于对噪声和串扰的屏蔽作用，信号在放大前可以降到很低的电平，这在电话电缆中是不可能做到的。

大量的电话可以同时在一个同轴电缆系统中传输。相反，单一的双绞线对通常只载有12或24路话音通道。一个单一同轴管路通常载有3600到10800路双向话路，高容量的主要原因在于频率很高时信号的衰减也很小。

同轴电缆电路给出一个较高的传播速度，它随频率只有很小的变化，因此时延畸变极小。当频率高于4kHz时，沿着同轴电缆的传播速度近似地等于光速，或者，当绝缘介质是固体时，则要比空气时低25—45%。

一个有载的双绞线对失真较小，但传播速度也较低，通常对话音频率，约为15,000—32,000km/s。信号在同轴电缆中，能比一个等效信号在双绞线对中的传播速度高10倍左右，其价值在于可省掉回波抑制器。

波导

波导是一种传导很高频率无线电波的金属管。波导管有两种主要类型，矩形和圆形波导。矩形波导作为微波天线及其连接设备的馈线，而很少用于超过几百米的情况。矩形波导是由矩形紫铜管或黄铜管构成，30到40厘米宽或更窄。用这些波导管可以使微波频率信号幅射。

圆形波导是直径大约5厘米的圆管。其结构很精密，能传导比矩形波导更高的频率。在螺旋波导中，漆包铜线紧密地绕在螺旋管的内壁上，被一层很薄的玻璃纤维围绕着，外层再涂上一层碳，将其全部封装在一个高强度的钢盒内，并用环氧树脂胶结。此种结构的目的是削弱传导中不希望的波型。此种波导不太柔韧，所以不能将其过分弯曲。只能缓变弯曲。

波导中信号频率增大到大约100000MHz时，其衰减也是很小的。典型的波导系统中，同时可容纳约23万路双路电话。

无线电

上述几种传输方法都采用金属媒介。不同的环境（如多山地区和发达市区），导致采用无线电作为传输手段。无线电的高频频段占据的频率范围为3—30MHz。它比微波

频率低很多。高频无线电传输是靠电离层反射，由于电离层的运动和变化，导致电波衰落、畸变和周期性消隐。远距离高频电报和电话电路很少作为计算机数据传输系统的组成部分，除非由世界上遥远地区发射电报信号，这种数据的错误率特别高，因此需要误差检测和自动重传。高频无线电一直用于国际电报和海上船用电话。

微波无线电

象同轴电缆那样，微波链路可载有上千路话音通道，并广泛用于电视信号的传输中。但是，微波通路所载的业务量比庞大的同轴线路少得多。对于微波传输的频带分配在 1000—15000MHz。且直线传播，中继天线均设置在彼此视野内的塔上，中继塔之间相距30—50公里。远距离的微波电路比相同距离的同轴电缆链路需要较少的放大器。同轴系统每2—6公里需有一个放大器，放大器太多是很不利的，因为它们的每一个小的缺陷都是积累的。例如，对于电视信号传输，放大量需要保持恒定，特别是对不同频率的信号分量能保持放大量恒定的频率范围是很窄的。如果此信号通过一千个具有相同特性的放大器，每一个放大器必须在这方面保持严格的一致性。在工程上这是很困难的且价格昂贵。因此微波链路广泛应用于电视传输。幸好，电视传输高峰时间和电话使用的高峰时间不重合，因此同一设备白天用于电话。一个电视信道能载有1200路电话。为了把尽可能窄的波束指向远方的中继天线，微波天线要牢固的固定住，波束角大约 1° 。典型的天线尺寸其直径大约3米。微波幅射受到山丘和其它物体所散射，来自天线的波束必须避开树木和建筑物。否则这些物体将引起反射回波。

在远距离上不同湿度和温度的界面，可能引起波束的弯曲和幅度上的变化，就象我们有时看到光在炽热的表面闪烁或者在阳光下沿着路面出现的小小的海市蜃楼。这些偶然的效应可能引起电波的衰落，降雨区可能产生轻微的衰减，特别是在极高的微波频率上，由鸟群、直升飞机和市区的摩天大楼的反射引起偶然的骚扰。针对电波衰落的变化，在微波中继站内装备自动补偿以限制变化值。除了许多长距离主干线以外，还有许多短距离小容量的微波信道在使用。电视公司用此微波无线电作为对外广播。电话公司发现将微波无线电用作主要交换局的馈送途径是很方便的。军队用便携式微波收-发信机作野战电话。

微波的主要问题是无线电干扰。当前许多城市拥挤着众多的交叉来往的微波射线，这种拥挤情况，严重地限制了用同样微波频率的卫星地面站的建立。

对流层散射

对流层比电离层低且较稳定，其延伸范围在10公里左右，而电离层大约在50公里以上。对流层散射的无线电波，用于远程通信链路可达1000公里以上，这对其它链路是不大可能的或不经济的。阿拉斯加的对流层散射电路，可从美国到拿骚（巴拿马首都），从英国的苏格兰到北海油田的Shetland岛，并且形成北大西洋公约组织内的通信链路。对流层散射电路用于超视距通信，所接收的信号是由对流层不同反射路经复合的结果。

对流层散射电路使用了很大的天线（直径18—36米），并用比微波电路更高的功

率。典型地，在长链路上可以发送72路话音。对流层散射电路容易遭受到衰落及受大气状态的影响。然而，它比利用电离层的高频系统更可靠。而其运行成本要比其它传输方式高。

通信卫星

通信卫星提供一种微波中继的形式。它在高空中能超远距离转播信号。而对于地球上单个中继站来说，由于受地球曲率、高山和大气层状态等因素影响，则是无法实现的。目前的通信卫星相对固定的出现在赤道上空 35800 公里的空中。卫星是由太阳能电池供电，并操纵管理几千个通信信道。由于从卫星地面站发出的很高的能量同地面微波线路相干扰，因此地面站设在城市的郊外。

卫星中继与地面中继相比有如下优点：

1. 在每个方向有 257 毫秒的传输时延。
2. 大量的终端可以分享这个设施。
3. 这些终端可分散在不需附加传输设备的世界大部分地区内。
4. 卫星信道是一种广播装置，而不是点对点的链路。
5. 发射站可以用来观察中继卫星传输的情况，监控本身的发射。

卫星通信将在第八章中讨论。

光导纤维

光导纤维对频率为 10^{14} — 10^{15} Hz 的光波的作用与波导相似。光波比微波频率高 10000 倍，用此具有运载频带很宽的信号的能力。光导纤维的传输和优点在第十章中讨论。

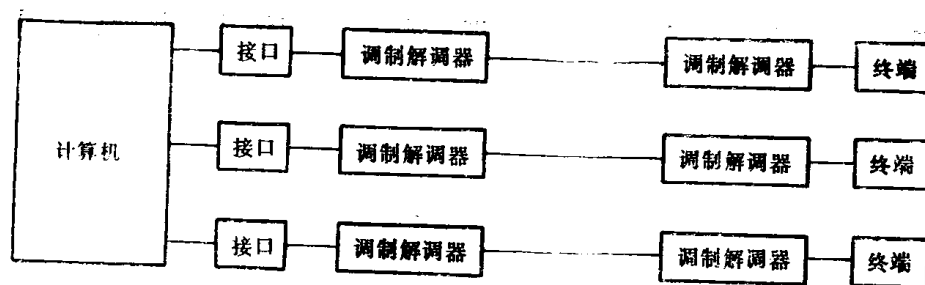
1-3 通信链路的结构

通信链路是用于连接其它信道或电路的通道。数据通信链路由调制解调装置、串联通信接口和通信信道组成。数据通信链路控制装置是用来控制一条链路，而不是链路每个末端计算机、终端设备或输入/输出装置。

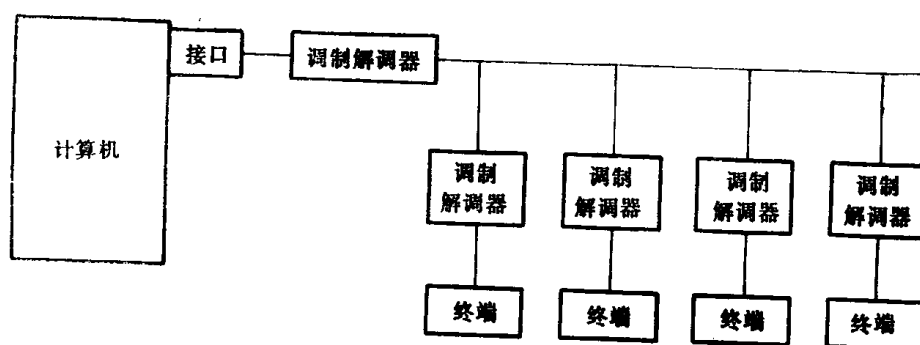
选定通信信道类型，有助于这个链路所有其它部分的方案选择。现存在两种基本通信链路的结构：点对点结构和多点结构，如图 1-2 所示。

点对点的通信链路

点对点通信链路仅仅是两个站之间的通信设施。所有通过这个链路的传输必须在这个链路操纵的两个站之间进行。点对点链路可设置在租用（非交换）的通信线路或交换网络上。在租用线路上（永久型的连接），传输总是在相同的两个站之间进行，可以是全双工的，也可以是半双工。在一个交换网络上，这种链路是在两个站完成了它们的传输之后被切断。为了能以手动或自动标准拨号顺序来依次传输，一种新的通信链路已经问世。这种新的链路可以由网络中任何一个站来建立，交换网络上信息流动就象半双工那



(a)



(b)

(a) 点对点结构

(b) 多点结构

图 1-2 通信链路的结构

样每次一个方向。

多点通信链路

多点工作方式亦称**多站**工作方式。网络中总是指定一个站作为控制站或主站，其余的那些站则为辅助站或次站。控制站控制多点链路中的所有传输，并且通常设置在专用（非交换）线路上，这也称作**集中式多点运行**。控制站通过选呼或轮询一个次站，开始所有的传输。链路上的任何传输都是在指定的主站和一个次站之间进行。网络中的其它站都处于被动监控状态。

多点信道可以是全双工或半双工的。通常多点信道上只有主站工作在全双工方式，而所有辅站是半双工方式工作。这是众所周知的多点对多点运用方式。

1-4 模拟传输与数字传输的比较

在远距离通信中基本上有两种传输各种类型信息的信号形式：模拟信号和数字信号。模拟信号意味着传输一个连续频段的信号，如声音和光。如果我们想通过电话线传送高保真度的音乐，其传送的连续频率范围是从30Hz到20kHz，导线上将流过象人们听

到的声音那样连续变化的电流信号。出于经济上的考虑，在电话线上仅传输 300Hz 到 3.4kHz 的信号，该信号足以使人们的话音被识别和理解。

另一方面，数据传输意味着发出一串通断脉冲。就象在计算机电路中那样，这些脉冲称为比特。

模拟信号和数字信号如图 1-3 所示。传输的通道可以设计成载荷其中任一类型的信号，如图 1-4 所示。

当前通到人们家中的电话线路是一种模拟信道，具有传输一定频率范围信号的能力。如果在此电话线路上传送计算机数据，数字比特流就必须用熟悉的调制解调器（图 1-5）变换成模拟信号。这样就允许利用众多的模拟通道来传输数字信号。另一方面，

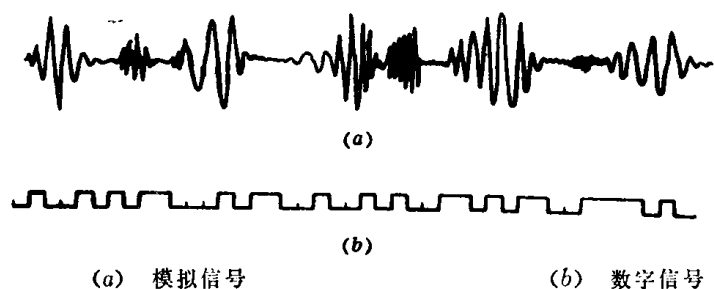


图 1-3

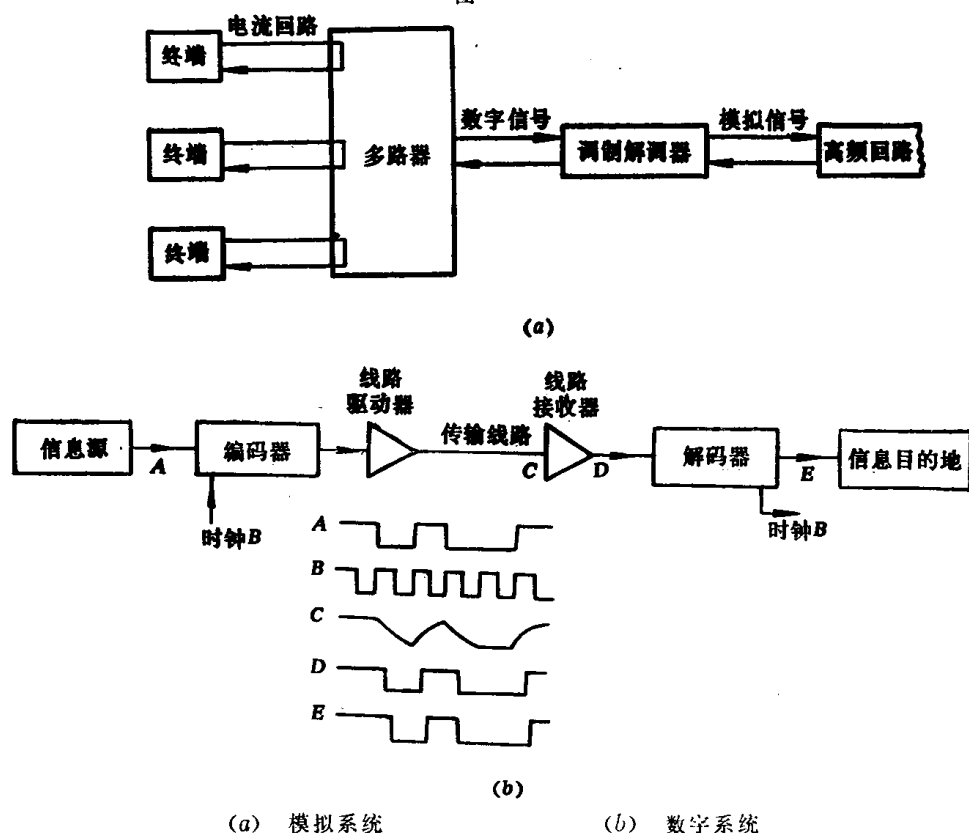


图 1-4 数据传输系统

如果已构成数字通道，那么将人类的话音转换成数字形式后传输也是可能的。这种技术称作脉码调制 (PCM)。类似地，任何模拟信号都可被数字化后以这种方式传输。因此传输电视信号将比传输话音信号需要更高的比特率，所需的比特率取决于模拟信号的带宽或频率范围以及为了再生所期望的不同的幅度量化数。

乐于采用数据传输的经济细节归因于两个主要因素。首先，有可能建立一个宽带宽的信道，并具有高的信息运载能力。实际上，已经意识到，许多现存的双绞线对再次投入

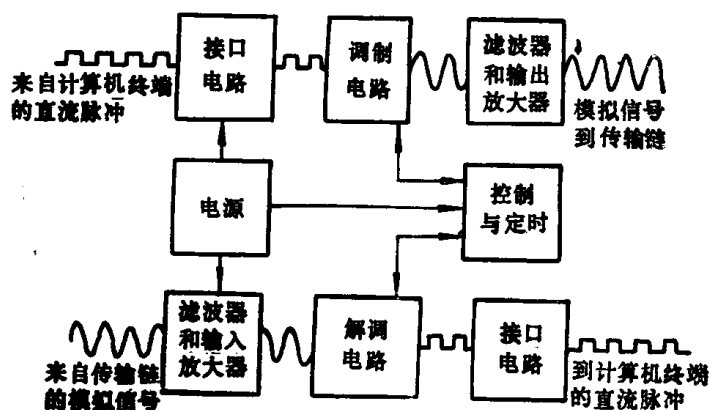


图 1-5 调制解调器方框图

巨大的财政投资，可能使载荷的信息业务量较目前的要多，然而，需要高级的多路复用技术才能利用高容量信道。其次，在模拟传输中，放大信号的同时，噪声和失真也被放大了，且它们是累积的。然而，在数字传输中，每个中继站再生这些脉冲。从而，脉冲流可以通过一个杂乱的噪声媒质中传播，

但不会使失真越来越大使其最终无法识别，而是这种脉冲序列相继地再生，这样对于大多数媒质的侵蚀仍保持不受影响。当然，特大的噪声脉冲有可能破坏一个或几个脉冲，致使中继站无法使信号再生。

数据传输的一个显著特性是需要一个较宽的频率带宽。为了发送出给定电话通话的数量，要求的带宽应比目前使用的系统宽得多。然而，由于信号经常地被再生，这种PCM信号能在较低的信噪比条件下运用。在传输给定信息量的情况下，对带宽和信噪比（S/N）要折衷选择。例如，如果使用给定的一对导线，因为信号经常被再生，传输中仅仅需要检测出二进制信号的两个状态，所以可在比较宽的频率范围内传输。这不同于模拟信号中振幅连续变动的情况。

附加的经济因素也导致了数据传输应用的迅速增加。尽管数据传输在目前使用的频带中只占很少一部分，但它与其它远程通信网络的应用相比，其增长是极其迅速的。数据通过数字电路比通过模拟电路传输具有更高的经济性。根据目前技术水平，数字语音线路上发送的数据比模拟语音线路约多10倍。例如，一条语音-级线路，载荷 $24 \times 5(\text{Bd})$ 频分多路（FDM）的模拟信道。而同样的语音线路通过 9600b/s 的数字传输，可载荷 $175 \times 50\text{Bd}$ 条通道。

影响数字传输经济效益的四个因素：

1. 趋于较高带宽的设备。
2. 用于数字信号的编码和解码以及多路复用和交换的逻辑电路的成本在不断地降低。
3. 由于一条线路的频繁间距上应用了数字中继器而增加了容量。
4. 在网络中传输数字数据的需要迅速地增加。

根据目前公共载波的经济效益，数字传输受到压制，但正引起短程链路的重视。因为用相对低廉的电子器件，就能充分地增加现存的双绞线对的容量，这对拥挤的城市街道是极其重要的。重要而长期的优点是所有信号如语音、电视、传真和计算机的信号都变成一串外貌相似的脉冲序列。然而，它们彼此并不互相干扰，以及在信道的工程上也