

数据传输系统

SHUJU CHUANSHU XITONG

〔日〕广田宪一郎 川端久喜 砂川 博著

《数据传输系统》翻译组译

人民邮电出版社

数 据 传 输 系 统

〔日〕广田宪一郎

川 端 久 喜 著

砂 川 博

《数据传输系统》翻译组译

人 民 邮 电 出 版 社

内 容 提 要

本书是日本《计算机技术丛书》中的一本。对 数字数据传输中的一些问题，诸如编码、代码传输、错码控制、调制及终端设备的技术要求等，作了较全面的介绍。对数据传输理论也作了一定的介绍。本书是从应用的角度讲的，可供从事数据传输设备维护和设计的人员参考。

データ伝送システム

1971年版

数 据 传 输 系 统

[日]广田宪一郎

川 端 久 喜 著

砂 川 博

《数据传输系统》翻译组译

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

天津市第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

限 国 内 发 行

*

开本：850×1168 1/32

1978年4月第一版

印张：13 页数 208 1978年4月天津第一次印刷

字数：340 千字

印数：1—22,700 册

统一书号：15045·总2194—无640

定价：1.45 元

译 者 序

无产阶级文化大革命以来，我国通信技术也和其他科学技术领域一样，得到了迅猛发展。与此同时，电子计算机的广泛使用，又大大促进了对于数据通信的研究，并使其应用范围日益扩大。事实充分证明伟大领袖毛主席关于“**无产阶级文化大革命是使我国社会生产力发展的一个强大的推动力。**”这一英明论断。

遵照毛主席关于“**洋为中用**”的教导，我们翻译了《数据传输系统》一书。该书对于数据传输的理论与实际作了较为详细的介绍，可供有关人员参考。

在翻译过程中，对于书中某些专门讲述日本现行经营管理制度等部分，我们作了适当删节，对于一些技术性的差错也作了改正。希望读者能遵照毛主席关于**应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化**的教导，吸取对我国有益的东西。

由于我们思想水平和业务水平不高，实践经验又不足，译文中一定有不少缺点和错误，恳请读者批评指正。

中国科学院沈阳计算技术研究所

《数据传输系统》翻译组

目 录

第一章 概论	(1)
1.1 电信技术中的数据传输系统.....	(1)
1.2 数据传输技术的特点.....	(2)
1.2.1 传输频带和传输信道的结构.....	(2)
1.2.2 传输信道的特性.....	(4)
1.2.3 错码控制.....	(5)
1.2.4 各种控制代码和控制顺序.....	(6)
1.2.5 电路交换和存贮交换.....	(7)
1.3 数据传输用代码.....	(8)
1.4 数据传输系统的基本结构.....	(9)
1.5 数据传输信道和传输形式.....	(12)
1.5.1 基带传输.....	(13)
1.5.2 音频频带传输.....	(14)
1.5.3 宽带线路的频带传输和 PCM 传输.....	(15)
第二章 信息的编码	(18)
2.1 二进制.....	(18)
2.2 比特的概念.....	(21)
2.3 二进制代码.....	(22)
2.3.1 数字代码.....	(23)
2.3.2 日、英字母代码.....	(24)
2.4 信息交换用代码.....	(26)
2.4.1 信息交换用标准代码的制定过程.....	(26)
2.4.2 信息交换用 7 单位代码.....	(29)
2.4.3 信息交换用 7 单位代码的扩充.....	(40)

2.4.4 JIS 8 单位代码	(42)
第三章 代码传输制	(45)
3.1 传输制的分类	(45)
3.2 串行式传输	(45)
3.2.1 概述	(45)
3.2.2 发送接收分配	(46)
3.2.3 同步方式	(48)
3.3 并行式传输	(53)
3.3.1 概述	(53)
3.3.2 多频信号制	(54)
3.4 代码传输速度	(57)
3.4.1 数据信号速度	(57)
3.4.2 调制速度	(59)
3.4.3 数据传送速度	(59)
3.5 通信制	(60)
3.5.1 通信制的形式	(60)
3.5.2 线路系统形式	(62)
第四章 数据信号的电的表示与传输信道的特性	(65)
4.1 数据信号的电的表示	(65)
4.1.1 各种信号方式	(65)
4.1.2 重复脉冲的频谱	(68)
4.1.3 单一波形频谱	(71)
4.1.4 代码序列的统计处理	(75)
4.2 传输信道的特性	(84)
4.2.1 线路结构	(84)
4.2.2 传输信道的频率特性及其均衡	(88)
4.2.3 噪声	(97)
第五章 数据传输技术原理	(99)
5.1 概述——基带传输信道和频带传输信道	(99)

5.2 基带传输系统	(104)
5.2.1 基带传输信道与码间干扰	(104)
5.2.2 奈奎斯特理论及其引伸	(107)
5.2.3 最佳接收滤波器和调幅系统的工作特性	(114)
5.2.4 不完善基带传输系统的工作特性	(118)
5.2.5 受控码间干扰的应用技术	(126)
5.2.6 自动均衡	(131)
5.3 频带传输系统——调制解调方式	(136)
5.3.1 调幅制	(136)
5.3.2 调频制	(150)
5.3.3 调相制	(165)
5.4 PCM 数据传输制	(183)
5.4.1 PCM 方式的特性	(184)
5.4.2 同步数据传输制	(188)
5.4.3 异步数据传输制	(188)
5.4.4 时分制多路方式	(195)
5.4.5 至PCM 终端机的数据传输方式	(195)
5.4.6 PCM 数据终端机实例	(196)
第六章 错码控制	(199)
6.1 错码检查方式的分类	(199)
6.2 信号质量检查方式	(200)
6.3 反传校验方式	(201)
6.4 连发方式	(202)
6.5 附加冗余比特方式	(203)
6.5.1 字符校验	(203)
6.5.2 码组校验	(214)
6.6 纠正方法	(228)
6.6.1 重发纠正	(228)
6.6.2 自纠正	(233)

第七章 传输控制顺序	(236)
7.1 传输控制顺序的概念	(236)
7.2 标准化动向	(236)
7.3 基模控制顺序	(238)
7.3.1 适用范围与条件	(238)
7.3.2 传输控制字符的定义	(238)
7.3.3 电文形式	(239)
7.3.4 传输控制状态	(243)
7.4 全双工制的传输控制顺序	(246)
7.5 控制顺序的扩充	(248)
7.5.1 会话模的传输控制顺序	(249)
7.5.2 直通模的传输控制顺序	(250)
第八章 调制解调装置	(252)
8.1 50、100比特/秒	(253)
8.1.1 大地回线制与金属回线制	(253)
8.1.2 载波电报终端机装置	(255)
8.2 200、1200比特/秒	(257)
8.2.1 调制解调方式	(260)
8.2.2 调制解调装置	(269)
8.3 2400 比特/秒	(273)
8.3.1 调制解调方式	(274)
8.3.2 DT—2403型MODEM	(277)
8.4 48 千比特/秒	(285)
8.4.1 数据传输制概述	(285)
8.4.2 DT—48K 型数据收发装置(数据装置)	(287)
8.4.3 DT—48K型调制解调装置 (VSB MODEM)	(292)
第九章 接口	(297)
9.1 接口的意义	(297)

9.2 接口结构	(298)
9.2.1 信号线种类	(298)
9.2.2 信息传送方式	(299)
9.2.3 装置间的连接方式	(301)
9.3 MODEM 的标准接口	(302)
第十章 终端装置	(312)
10.1 终端装置的结构	(312)
10.2 终端装置的种 类	(313)
10.3 记录媒质和记录方 法	(319)
10.4 简易数据终端装 置	(324)
10.4.1 按钮拨号电话 机	(324)
10.4.2 简易数据终端装 置	(326)
10.5 键盘打字机式装 置	(328)
10.5.1 50比特/秒终端装置	(329)
10.5.2 100比特/秒终端装 置	(331)
10.5.3 200比特/秒终端装 置	(333)
10.6 高速数据终端装 置	(344)
10.7 磁带数据传输装 置	(354)
10.8 显 示 装 置	(358)
10.8.1 阴极射线管 (CRT) 显示装置	(358)
10.8.2 矩阵式显示装置	(361)
10.9 图 象 识 别 装 置	(362)
10.9.1 标记读出 机	(362)
10.9.2 光字符识别 (OCR)	(364)
10.9.3 磁墨字符识别 (MICR)	(366)
10.10 专 用 装 置	(368)
10.10.1 银行专用装置	(368)
10.10.2 订票装置	(371)
10.10.3 数据收集机	(373)

10·11 凿孔打字机·····	(374)
第十一章 通信控制装置 ·····	(377)
11·1 通信控制装置的作用·····	(377)
11·2 通信控制装置的种类·····	(378)
11·3 通用通信控制装置·····	(380)
11·3·1 通信控制装置的结构·····	(380)
11·3·2 通信控制装置的一般功能·····	(381)
附录 1 希伯特(Hilbert)变换和式(5·129)的推导 ·····	(385)
附录 2 一般形式的罕明码 ·····	(388)
附录 3 循环码的差错检出、纠正能力及其定理¹⁾ ·····	(393)
附录 4 DT—48K型收发装置编码器、 解码器的电路逻辑 ·····	(400)

第一章 概 论

1.1 电信技术中的数据传输系统

数据传输与电报、电话同属电信技术中的一个分支。下面将要谈到,虽然它确有不同于其他通信的各种特点,但本质上却无甚差别。并且,实际上,数据传输不能脱离电报或电话而独立存在。在此意义下,研究数据传输系统时,首先必须着眼于数据传输在电信系统中的地位。

目前,电话业务在电信线路的总用量中占主导地位,但另一方面,预计数据传输今后将有迅速发展,可以断言,数据传输与电话所载运之信息量将来可达同一水平。所以这样推论,是因为与电话相比,数据传输的信息密度极高,如第十三章所述,为电话的20余倍。但实际使用的通信线路的数量——数据传输线路数量,终究不会占过大的比重。

例如,在信息处理技术较为发达的美国,预计1980年将有2亿台电话机,与此相比,与数据终端装置接续的调制解调器仅为200万台,约为电话机的1%左右*。假定该预测是正确的,则即使每一数据终端的通信时间为电话的若干倍,数据业务的线路用量仍仅及电话所用的百分之几。

有鉴于此,专为数据传输而建立(包括传输信道在内)完全独立的专用通信网,至少在目前是不合算的。当前一般的解决方法是,在以电话为主要目的而建成的庞大的现有全国通信网中,数据传输仅作为它的一个子系统而存在。

在日本,对数据传输技术的一个基本要求,也是如何有效地

* 据美国电报电话公司(AT&T)1969年的预测。

利用现有全国通信网，构成能使数据传输用户认为满意的传输系统。所以，要了解数据传输技术，首先要掌握电话传输与数据传输有哪些本质上的差别，根据这些差别及它与现在通信网的相互关系，研制出数据传输所特有的技术方法。

1.2 数据传输技术的特点

电报，电话和数据传输虽都是传输信息的方式，但其基本性质却差别甚大，归纳如表1.1。

表1.1 信息传输方式的性质

	电 话	电 报	数据传输
①原信息形式	话 音	文字（信息）	代码和文字
②原信息多余度	大	中	小
③信息传输速度	谈话速度	低速(5~10字/秒)	由低至高有多种速度
④接收端识别方式	听 觉	视 觉	机 械

电话是传输话音，而电报和数据传输为传输波形，可见，在技术上电报与数据传输很接近。但数据传输有多种速度，一般以高速传输为主，而且接收数据是靠机器来识别，这些是与电报不同的地方。

由表1.1所示之性能差别可以看出，电话、电报和数据传输虽同属电信技术，但分别具有技术上互不相同的若干特征，我们择其要者与表1.1相对照示于表1.2。

以下对这些特征着重从重要性方面加以说明。

1.2.1 传输频带和传输信道的结构

众所周知，无失真地传输话音所需频带为4千赫，确切地说，需要300~3400赫的传输带宽。该值为CCITT（国际电信电话咨询委员会）所定的国际标准。

表1·2

技术上的特征

		电 话	电 报	数据传输	表 1·1 中 有关项 编号
对 传 的 要 求 信 道	传输频带(Hz)	300~3400	比电话频带窄	根据用途而异	① ③
	相位畸变	问题不大	问题不大	高速时有问题	③
	“喀咧”噪声	问题不大	产生错字	产生错码	① ②
传输信道的构成		—	将电话传输 信道分割使用	将电话传输信道 分割或合并使用	① ③
交 换 机		电路交换	电路交换或 存贮交换	电路交换或存贮 交换	①
误 码 控 制		不 要	不一定要	需 要	② ④
接 收 终 端 控 制		不 要	部分需要	需 要	④

这里所说的“无失真”是极含糊的提法，但可解释为是由人耳的听觉特性和谈话声所固有的信息多余度等所决定的实用上的门限。如不考虑广播和音乐的传输，而只传输话音时，传输频带超过上述标准值虽能提高保真度，但从将信息内容传得清楚这一点来看，是不经济的，因而也是无实用意义的。

可是，以代码为传输对象的电报或数据传输，尤其是有由低速到高速各种速度要求的数据传输，需要各种不同带宽。就是说，就传输300~3400赫的一条直通电话电路而言，将其满载使用时，如采用新技术，数据传输速度可达9600比特/秒，但要求更高的速度时，一条电路的带宽已不敷用。例如，传输速度为48千比特/秒时，所需带宽约为48千赫，即相当于12条电话电路。

另一方面，若为低速，较窄带宽即敷应用。利用一条电话电路，可同时传输24路50比特/秒的数据信号或6路200比特/秒的数据信号。

如前所述，为构成数据传输系统，当然可以建设专用通信网，但如连传输信道都单独建设，肯定是不经济的，故仍以利用

现有全国通信网为妥。因此，如上所述，将若干条电话电路合并起来使用，或将一条电话电路分割成几个来使用，也就是说，如何用合并或分割电话电路的方法建立最合要求而又经济的数据传输系统是设计的关键所在。这将在第1·5节详细讨论。

1·2·2 传输信道的特性

电话电路一般存在着信噪比，信号电平变化以及衰减特性等问题，但对数据传输，还要考虑另一些传输特性。

首先，速度高于2400比特/秒左右的数据传输要考虑的问题是线路传输特性中所谓的相位特性。

在电路中，电流幅度衰减（衰减特性）与电流的相移（相位特性）均随频率而变。另一方面，为使某电信号传至接收端原形不变，需要信号中所有频率之电流都按同一比例衰减，以同一速度传输。实际并不存在这种理想传输信道，但在经济允许的范围内，可采取种种措施，以便尽量接近此理想特性。

这要求对语音和代码没有本质上的区别。但对话音，衰减特性极为重要，而相位特性因人耳几乎感觉不出故可忽视。可是，对数据代码的传输来说，衰减特性与相位特性对波形畸变都有很大影响。尤其当传输速度提高后，随着应传输的频带增宽，或线路增长，问题也就越严重。因此，高速数据传输必须采用相位畸变补偿技术。

此外，脉冲干扰，瞬时中断，喀呖噪声等，也是影响数据传输电路传输特性的重要因素。它们主要来自装在传输信道中的机械式交换机（比传输信道本身的影响大）。因此，对不装有交换机的专用电路来说，上述各量可减少1个数量级以上。此外，虽同是交换机，纵横制交换机和电子交换机所产生之错码实际上可以忽略，但步进制交换机以 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 的比例产生错码。故在作通信网的结构设计时，需要考虑。

1.2.3 错码控制

与电话或电报不同，数据传输中所传输的信息的冗余度小，并用机械识别接收数据。

电话通话，不会因极小的噪声和相位畸变引起故障，至于电报所产生的错字，还能用接收端解读等措施来补救。但数据传输中的错码不能靠人的主观意图进行识别校正。因此，在数据传输中，必须对包括传输信道和终端在内的整个系统采取某种严防出错的技术。

数据传输的错码主要是由传输信道中的各种原因所引起的波形畸变引起的。因此，防止出错的首要问题是提高传输信道的质量，如上节所述，使波形传输极近原形。但关于传输信道，即使是专设的数据传输线路，也不能完全消除电平变化，相位畸变，瞬时中断等现象。若系交换线路，则与交换网相接的所有终端的传输特性不可能都一样，并且还有交换机本身产生的噪声等也是问题。总之，从经济上考虑，要消除波形畸变将有一定限度。

一般要在电信号的构成方式上多想办法，即使波形有些畸变也能正确抽取其所含信息。在这方面有各种调制解调方案。该项技术在数据传输领域中位置极为重要。

这样，在尽量减少传输错码的同时，还应有一旦出错就能马上发现进行纠正的技术，这样，即使有错也没关系。这就是数据传输所特有的错码控制技术。该技术大致是，利用加在组成信息的代码上的若干冗余码，使发送代码具有某种逻辑性，在接收端检出此逻辑，藉此来发现传输错码。

除了一般采用的最简单的所谓“奇偶校验位”外，还有冗余度虽有增加，但能准确发现错误的各种代码组成方案。循环校验即为其中之一。此外，下述的传输控制代码中也包含有错码控制代码。

采用此错误控制技术，一般能改善误码率 $2 \sim 3$ 个数量级左

右。

在实际数据传输系统中应根据所需传输速度，将上述各项技术——减小波形失真，调制等电信号结构方面的技术以及关于代码结构中的错误控制技术等三者有机地结合起来，实现能满足总体要求的最为经济的系统结构。

1.2.4 各种控制代码和控制顺序

由于数据传输是机器对机器的通信，因此，它的一个技术上的特点是，必须具备各种控制代码和使用它的控制技术，例如传输控制顺序等。

对数据传输来说，在通信线路上所传送的代码中，不仅有本应传送的数据代码，还包括各种控制代码。这与电话交换中除通话本身外，还要传输各种监测、选择信号的情况相似。但在电话交换中，信号的主要作用原则上是启动交换机接通话路等，话路一旦接通，就专以对话者的语音进行通信。但在数据传输中，通信对象一般是键盘打字机式的终端装置或电子计算机，而不是人。

各种控制代码及使用它的传输控制顺序是填补这种人与机器间的空缺的手段。

ISO（国际标准化组织）制定的国际标准代码中，此类控制代码有32种，大致可划分为：

- （1）传输控制代码
- （2）更换代码表用的移位控制代码
- （3）打印格式控制代码，控制打印输出格式的代码
- （4）指示代码，指示终端机辅助设备的接通或切断
- （5）信息分隔代码。

其中以传输控制代码（共有10种）为最重要。该代码的作用之一相当于电话的连接监测信号，而且，可以用这种代码实现无人通信，在对方无人时，可自动启动或切断终端机。该代码还有

一个重要作用是自动控制错码的功能，故规定有区分代码组分段用的代码，以及核对该代码组是否已被正确接收的检查代码等。

传输控制代码以外的其它控制代码，多根据不同目的用于控制终端接收机。

1.2.5 电路交换和存贮交换

数据传输系统也要从经济上考虑，采用交换机以求节省传输信道。这与电话完全一样，但在数据传输或电报之类的代码传输中，可以采用存贮交换技术，这是它的特点。

交换技术有线路交换和存贮交换两种。对电话的基本要求是能传递话音，因此，只限于线路交换*，从通话开始之前接通的线路一直保持到通话结束（但也有例外**）。另一方面，在电报和数据传输中，根据情况，有时延迟数秒仍无妨。因此，可采用存贮交换法，该方法是在通信线路的中途，暂将传输数据接收下来，对代码进行再生或转换后再发送出去。若采用此方法，虽使转换功能变得复杂了，但能提高线路利用率，同时还能按需要转换代码形式，以适应各种要求。

例如，以下所示之一些功能在其他通信方式中并不多见，是根据数据传输特有的要求提出来的。他们都是只有通过存贮交换才能实现的功能。

（1）通信电文的存贮

同文电报，内容核实，代行接收，信箱接收等。

（2）通信电文的存贮、转换、处理

不同速度或不同代码间的通信，译码，信息处理等。

这样，当需要存贮转换功能时，当然必须采用存贮交换技术，若非此情况，究竟应采用线路交换还是存贮交换，要根据交

* 对于电话，若从通话开始之前所进行的交换接线来看，也是对选择信号进行存贮交换。这是由于选择信号的传输可看做是代码传输的缘故。

** 国际海底电缆中的TASI（话音插空）技术等。