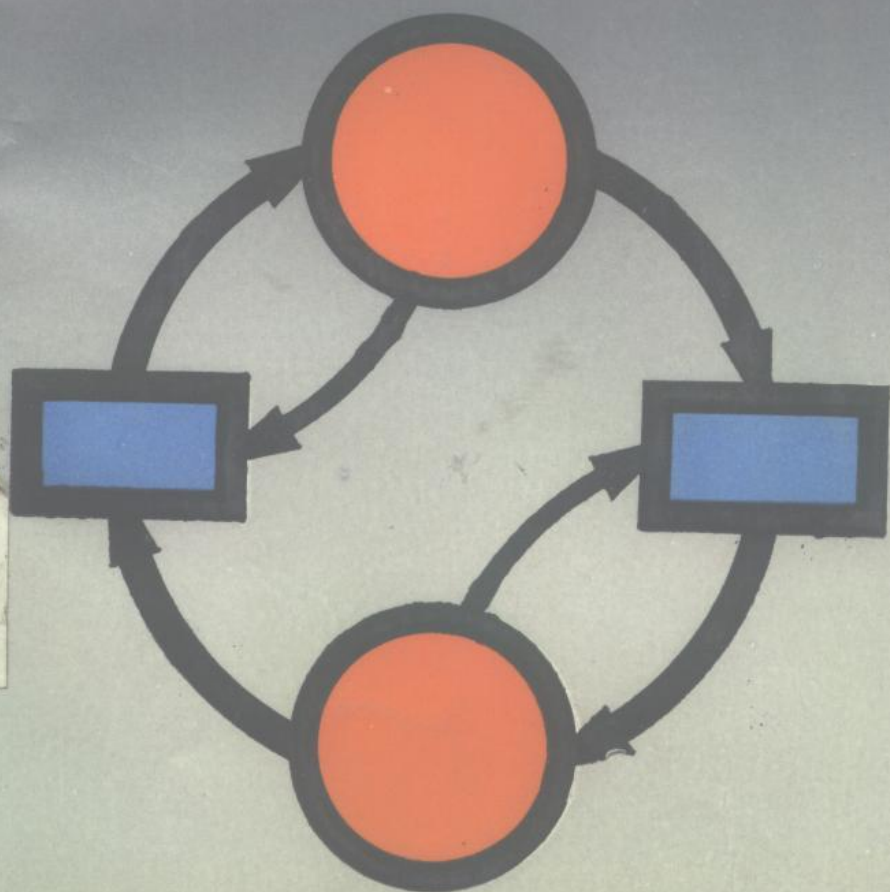


孙玉 编著

数字网 专用技术

人民邮电出版社



数字网专用技术

孙玉 编著

4616

出版社

数字网专用技术

孙 玉 编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书对复接、集线、插空、局钟、帧调整、速率适配、复用转换、码变换、传输码型、回波控制、扰码及二线双向数字传输等数字网专用技术，从基本概念、技术原理、典型应用、国际标准及发展趋势等方面做了简明介绍。

本书可以作为从事数字通信网规划、研究、设计及维护的专业人员的入门参考资料，也可供大专院校电信专业师生参阅。

数 字 网 专 用 技 术

孙 玉 编著

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

广 益 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行

各 地 新 华 书 店 经 售

*

开本：850×1168 1/32 1988年7月第一版

印张：9^{28/32} 页数：153 1988年7月北京第1次印刷

字数：224千字 印数：1-2,500册

ISBN 7-115-03582-2/TN·019

定价：2.90 元

前 言

本书原稿是在 1981—1986 期间，为石家庄通信测控技术研究所数字网专业硕士研究生准备的讲义。目的是为他们补充有关数字网专用技术的基础知识。现经整理以〈数字网专用技术〉书名出版。

这是一本数字网专业入门书。对数字复接、线路集中、话音插空、局钟系统、帧调整、速率适配、复用转换、编码变换、传输码型、传输扰码、回波控制以及用户二线双向数字传输等项数字网专用技术，从基本概念、技术原理、典型应用、国际标准和发展趋势等方面做简要介绍。

从最近几年来我所工作及报考我所硕士研究生的电信专业大学毕业生的专业知识面来看，多数人对数字网专用技术方面的知识比较陌生；从国内交往中感受到，近年转入数字网规划、研究、设计、维护和管理的一些工程师们，对于这方面的知识似乎也不甚熟悉。如果这种印象大体不错并有一定普遍性的话，本书所提供的内容也许会起到某些参考作用。

在编写本书过程中，陈俊璧高级工程师等同志提出了不少宝贵意见；冀克平等研究生给予了多方协助。在此顺致谢意。

孙 玉

于石家庄通信测控技术研究所

1986 年 4 月 14 日

目 录

一	概述	1
1	数字网设备分类	1
2	数字网专用技术分类	2
3	数字网专用技术特点	6
二	数字复接	8
1	数字复接问题	8
2	同步复接	10
3	准同步复接	23
4	CCITT 建议	33
5	典型应用	37
三	线路集中	43
1	集线问题	43
2	集线工作原理	46
3	集线器分类	58
4	数字集线器实例	64
四	话音插空	69
1	话音插空问题	69
2	话音插空原理	72
3	技术性能	76
4	过载对策之(一)	82
5	过载对策之(二)	87
6	过载对策之(三)	92
7	典型系统参数	95
五	局钟系统	96

1	系统分类	96
2	系统构成	98
3	技术性能	112
4	典型应用	116
六	帧调整	118
1	帧调整功能	118
2	帧调整原理	119
3	实现方案	123
4	帧调整器实例	128
5	控制滞后设计	133
6	典型应用	136
七	速率适配	138
1	速率适配问题	138
2	同步速率适配	140
3	准同步速率适配	144
4	低速率异步适配	152
5	高速率异步适配	155
6	卫星链路与陆地网连接	155
八	复用群变换	159
1	复用群变换问题	159
2	复用转换原理	162
3	技术设计	168
4	技术特性	172
5	工程应用	179
九	话音编码变换	184
I	PCM-ADPCM 码变换	184
1	问题提出	184
2	PCM-ADPCM 码变换原理	188
3	60 路码变换器的特性	195

II A/ μ PCM 码变换	201
1 问题提出	201
2 变换要求	201
3 变换方案	202
4 典型应用	206
十 接口码型变换	209
1 接口码型变换问题	209
2 对传输码型的要求	210
3 优选传输码型	211
4 CCITT 建议码型	218
十一 扰码	226
1 扰码问题	226
2 扰码原理	230
3 自同步扰码器应用	235
4 帧复位扰码器应用	239
十二 回波控制	244
1 回波问题	244
2 回波容限	246
3 回波抑制原理	250
4 回波抑制性能	254
5 回波消除原理	258
6 回波消除性能	265
7 回波控制的应用	267
十三 用户二线双向数字传输	273
1 问题提出	273
2 系统构成	275
3 频分复用(FDM)方案	278
4 时分复用(TDM)方案	279
5 自适应数字混合(ADH)方案	284

6	自动去耦(AGE)方案.....	288
7	方案比较	289
结语.....		295
[附录] 参考文献		
1	参考论文	299
2	参考书	305
3	CCITT 有关建议.....	305

一、概 述

1. 数字网设备分类

提到数字网设备，人们自然会想到那些令人注目的、也是比较熟悉的设备，例如，各种数字传输系统、各种数字程控交换机以及各种用户终端设备。数字传输系统用于数字信号传输；数字程控交换机用于数字信号交换。数字传输系统和数字交换机构成了数字网主体；用户终端设备用来建立数字通信网与人类之间的联系，使得通信网能够有效地为人类服务。关于这三类设备，做为设备类别，是国际上早已公认了的。

图 1-1 给出了一种典型的数字连接。从中可以看出，这种典型数字连接是由数字传输系统、数字交换机、数字电话机（用户终端设备）、数字复接器、帧调整器和局钟设备组成的。即除了上述数字传输系统、数字程控交换机和用户终端这三类设备之外，还有数字复接器、帧调整器和局钟设备等其它专用设备。这些专用设备不属于上述三类设备中任何一类。

一般说来，为了把数字传输系统、数字程控交换机及用户终端联成网路，为了使得数字网运行更为有效，为了把不同类型的电信网路相互沟通，都要用到各式各样的专用设备。这些专用设备有的是组网不可缺少的，有的是对改善网路功能特别有效的。在这些种类繁多的数字网专用设备之中，有一些习惯上称为数字设备，有一些可以称为网路终端，有一些则没有明确的类别名称。总之，关于这些专用设备，国际上至今尚未做出明确的分类和定义。

本书把除了数字传输、数字交换和用户终端这三类设备之外的

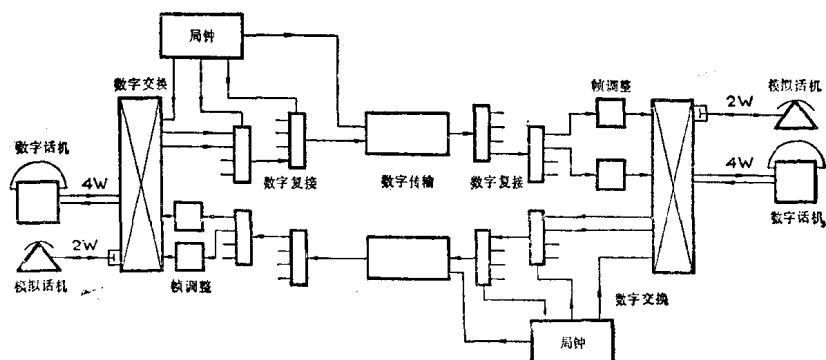


图 1-1 典型数字连接

全部数字网有关设备暂时统称为数字网专用设备。此处这样称呼仅仅出于介绍相关的专用技术方便考虑。最终将以 CCITT 有关电信设备统一分类和定义为准。本书把实现上述数字网专用设备的相关技术称为数字网专用技术。数字通信网工程一般都要用到这些种类繁多，涉及面又相当广泛的数字网专用技术，而目前尚无相应的合适著述。本书的任务就是把这些看来是彼此无关，但是在工程上却要同时配合应用的各项专用技术，综合到一起，形成一本专门的文献。确切地说，本书就是概要介绍除了数字传输技术、数字交换技术和用户终端技术以外的一些数字网专用技术。在这些数字网专用技术之中，凡是已有专门著作论述过的，本书就不再重复。

2. 数字网专用技术分类

依功能差别，可以把数字网专用技术分为四类。即传输效率类、网同步类、损伤控制类和兼容互通类技术。

(1) 传输效率类专用技术

这类数字网专用技术的共同功能是提高传输效率，其中包括数字复接技术、线路集中技术、语音插空技术和容量倍增技术。这四种传输效率类专用技术的功能简图见图 1-2。

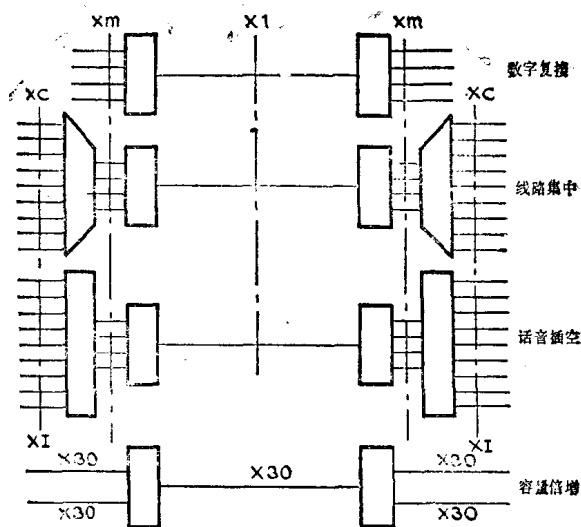


图 1-2 传输效率类技术功能简图

众所周知，在一对实线上，如果不采取什么特别措施，同时只能传输一路信号；如果采用数字复接技术，即采用时分复用技术，每路信号分别固定占用确定时隙，就可以同时传送 m 路信号（其中 $m > 1$ ）；如果采用线路集中技术，即根据需要分配时隙，哪路需要就分给它确定时隙，用完之后再把这个时隙分给别的话路使用。这样就可以为 C 对用户提供服务（其中 $C > m$ ）；如果采用语音插空技术，即把全部复用时隙的通话间断空隙都利用起来，就可以同时传送 I 路信号（其中 $I > m$ ）。显然，把这三种技术结合起来使用，还会进一步提高传输效率。

上述情况是在单个话路编码速率一定的前提下，通过充分利用复用时隙来提高传输效率。如果能把单个话路编码速率降低（同时要保证传输话音质量不劣化），确定的传输系统就会增加话路容量。例如，2048 kbit/s 传输系统对于 64 kbit/s PCM 话路信号能传 30 路，对于 32 kbit/s ADPCM 话路信号就能传 60 路。这种能把 64 kbit/s PCM 信号变成 32 kbit/s ADPCM 信号的技术，就是传输容量

倍增技术。

(2) 网同步类专用技术

这类数字网专用技术的共同功能是实现全数字网的网路同步。其中包括局钟技术和帧调整技术。它们的功能简图见图 1-3。

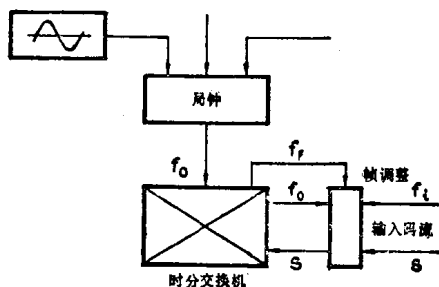


图 1-3 网同步专用技术功能简图

局钟系统为网路结点设备（数字交换机或同步复接器）提供规定频率及容差的基准时钟；帧调整器对来自其它网路结点的输入码流进行钟频和帧延时调整，实现帧同步。局钟技术与帧调整技术结

合，共同完成网同步功能。

(3) 兼容互通类专用技术

兼容功能是指数字网与模拟网之间的沟通能力。互通是指采用不同制式的数字网之间的沟通能力。本书准备介绍一种兼容技术和四种互通技术。它们的功能简图见图 1-4。

复用转换技术是一种模拟群信号与数字群信号之间的兼容技术。通过这种群变换，可以把模拟群信号变成路数相同的数字群信号；也可以把数字群信号变成路数相同的模拟群信号。

第一种互通技术是 64 kbit/s PCM 话音编码与 32 kbit/s ADPCM 话音编码之间的变换互通技术。第二种互通技术是 A 律 PCM 话音编码与 μ 律 PCM 话音编码之间的变换互通技术。这两种变换互通都是以群路方式进行的。利用这两种互通技术就可以把国际长途电话网中的三种标准话音编码（即 A 律 64 kbit/s PCM、 μ 律 64 kbit/s PCM 和 32 kbit/s ADPCM）沟通起来。

第三种互通技术是速率适配技术。它可以把较低速率的信号与较高速率容量的通路适配起来进行正常传输。第四种互通技术是接口码型变换技术，即实现标准二进制信号码型与各种传输码型之间

的码型变换，以适应数字传输或数字信号处理的要求。这两种互通变换都是以单路形式进行的。

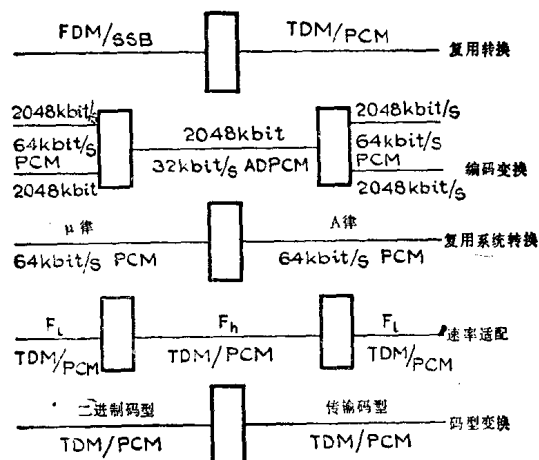


图 1-4 兼容互通类专用技术功能简图

(4) 损伤控制类专用技术

损伤控制有三层含意：其一是设法使得数字连接的各个环节，尽可能少产生传输损伤；其二是对于已经出现的传输损伤，设法减轻损伤程度；其三是对于已经出现的传输损伤，设法减轻对电信业务产生的实际影响。针对第一层含意，本书准备介绍扰码技术；针对第二层含意，已有专门著作（例如：纠错编码、去抖动技术等），此处不再重复介绍；针对第三层含意，准备介绍回波控制技术。图 1-5 给出了这两种专用技术的功能示意图。

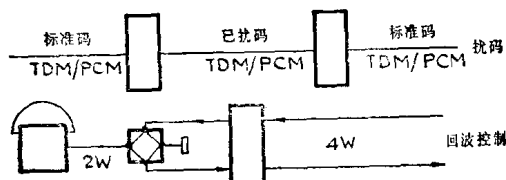


图 1-5 损伤控制类专用技术功能简图

扰码技术使得传输码流随机化,改善码流的比特序列独立性,从而增强码流的抗误码和抗抖动损伤能力。回波控制技术的功能是在长传输延时情况下,降低回波的有害作用。

本书最后还要介绍一种综合性的数字网专用技术,这就是用户二线双向数字传输技术。这项技术不便纳入上述任何一类之中。这项技术可以利用现存用户二线环路实现全双工数字传输。

3. 数字网专用技术特点

(1) 每一种专用技术都完成一种特定的功能。例如:数字复接技术能把若干低速码流合并成为一个高速码流,以便高效率传输;帧调整技术对输入群码流实施帧调整,为数字时分交换提供必要条件。每种数字网专用技术完成的特定功能,在数字网中都是不可缺少的,或者能显著改善数字网的功能。

(2) 这些应用技术与新的基础理论或新的基础技术关系密切。这些应用技术通常都要用到锁相技术、自适应控制技术、数字信号处理技术、帧编址技术、信号识别技术等。这些较新的基础理论和技术,往往首先在数字网专用技术中得到应用。

(3) 这些数字网专用技术普遍与大规模集成电路技术关系密切。例如,复用转换技术和回波消除技术,都要用到复杂的数字信号处理。如果没有大规模和超大规模集成电路,这些专用技术就不可能得到推广应用。只有建立在新工艺和新器件基础之上,实现这些专用技术的相应设备,在经济性和可靠性等方面才能为工程接受。

(4) 数字网专用技术种类繁多,实现这些专用技术的设备规模也相差悬殊。例如,数字复接系列设备可能占用几个机架,而速率适配设备可能是一块插件,甚至做成一块集成电路。就是数字复接器也存在多种多样的具体设备,也可能采用各式各样的具体复接技术。具体实现技术种类繁多是数字网专用技术的显著特点之一。

(5) 在数字网中,各种数字网专用技术通常都要大量重复使用。例如,凡是高速数字传输系统都要与数字复接系列设备联合使用;凡是远程电路(特别是卫星电路),都要用到回声控制技术设备;在从模拟网向数字网过渡时期,要大量重复使用用户二线双向数字传输技术。重复使用各种专用技术设备,是数字网中的普遍现象。

(6) 数字网专用技术发展演变迅速。随着数字网新体制、新基础理论和新集成电路工艺的发展,不断出现新的数字网专用技术。在这些新技术之中,有一些为数字网提供更新的功能或更便宜的设备,有一些则替代原有的相关技术,使得过时的专用技术逐渐被淘汰。例如,回声消除器比回声抑制器性能更好,使用更方便,因而回声消除技术将逐步替代回声抑制技术。就回声消除器本体的具体实现技术而言,它也是在不断发展,不断地更替具体实现方案。这种技术上的新陈代谢,在数字网专用技术中体现得相当明显。

(7) 数字网专用技术与数字网技术标准化关系密切。鉴于数字网专用技术设备种类繁多、涉及面广和重复性大,因此各种专用技术设备的标准化程度,对于数字网整体的性能和费用的影响至关重要。这大概就是 CCITT 对于各种专用技术设备的标准化特别关注的原因。目前,几乎每种数字网专用技术设备都有一个甚至几个相关的 CCITT 建议;有的技术设备(例如,码变换器)在专题研究阶段就开始研究制订国际标准。这足以说明,数字网专用技术设备与国际标准之间关系密切的程度。

二、数 字 复 接

1. 数字复接问题

在数字通信网中，为了提高传输系统的传输效率，通常需把若干个低速数字信号合并成为一个高速数字信号，然后再经过数字传输系统传输。待到达目的地之后，再把这个高速数字传输信号分解还原成为相应的低速数字信号。这样，一条高速数字通道就等效地起到了多条低速数字通道的作用，从而提高了传输系统的传输效率。

在发送端把多个低速数字信号合并成为一个高速数字信号的设备称为数字复接器(digital multiplexer)；在接收端把这个高速数字信号分解还原成为相应低速数字信号的设备称为数字分接器(digital demultiplexer)。通常，数字复接器和数字分接器是成对使用的，而且把这两个分机装在同一个机架之内，并简称数字复接器(digital muldex)。

图 2-1 给出了数字复接器构成的简图。数字复接器是由定时单元、调整单元和同步复接单元组成的；数字分接器是由帧同步单元、定时单元、同步分接单元和恢复单元组成的。复接器的定时单元受内部时钟或外部时钟控制，产生复接需要的各种定时控制信号；调整单元受定时单元控制，对各个输入支路信号进行频率和相位调整，使之适合参与同步复接；同步复接单元也受定时单元控制，对各个已经调整好的支路信号实施同步复接，形成一个高速合路数字信号。合路数字信号和相应的时钟同时送给分接器。合路数字信号中包含帧同步信号、各支路信息信号以及其它勤务和控制信号。分

接器的定时单元受合路时钟控制，因此它的工作拍节是与复接器定时单元同步的。分接器定时单元产生的各种控制信号与复接器定时单元产生的各种控制信号是类似的；同步单元从合路数字信号中提出帧定位信号，用它再去控制分接器定时单元。这样，分接器定时单元产生的各种控制信号就与帧定位信号保持确定的相位(或时间)关系；分接单元受分接定时单元控制，把合路信息信号分解为支路信息信号；恢复单元也受分接器定时单元控制，把各个分解出来的支路信息信号恢复成为各个支路信号。这样就完成了一个复接与分接过程。从整个复接与分接设备系统来看，两个定时单元是对应的；调整与恢复单元是对应的；复接与分接单元是对应的。

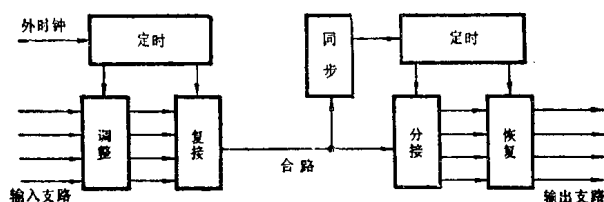


图 2-1 数字复接器简图

从时分多路通信原理可知，在复接单元的输入端上，各个参与复接的支路数字信号必须是同步的，否则不能直接实现数字复接。此处同步的含意是，各个支路数字信号的有效瞬间与复接定时单元产生各种控制信号的有效瞬间必须保持确定的时间关系。但是在实际工程应用中，出现在各调整单元输入端上的支路数字信号相对于复接控制信号不一定保持理想同步关系。例如：每个支路数字信号的时钟不一定出自同一个频率源；即使同出一源，各自经历不同传输系统传输，到达此处所受的抖动和漂移损伤也可能是不一样的。如果每个参与复接的支路信号与复接定时同出一个频率源，那么复接调整单元只需对各个支路信号进行相位调整，即吸收掉各自的抖动和漂移损伤，就可以实施同步复接。这种复接器称为同步复接器。如果每个参与复接的支路信号与复接定时不是出于一个频率源，就