

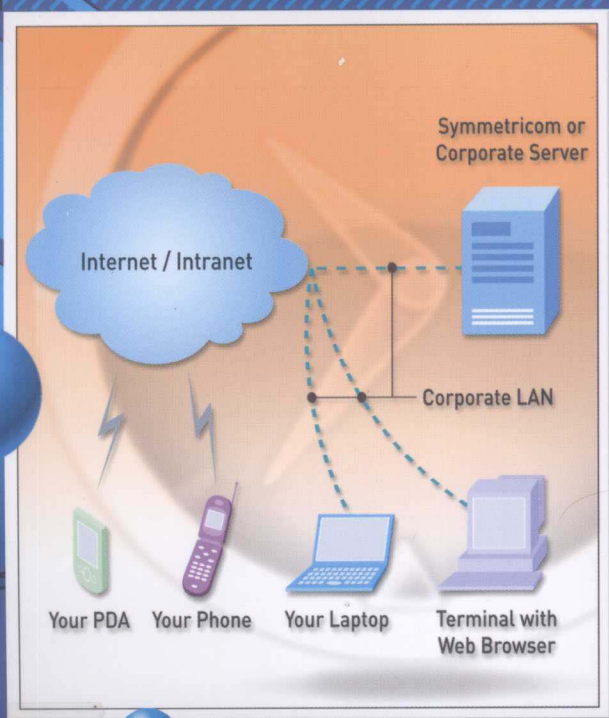


IT工程师宝典·通信

数字通信网的定时与测量

SHUZI TONGXINWANG DE DINGSHI YU CELIANG

彭承柱 张蕴英 彭明宇 等编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>



IT 工程师宝典 · 通信

数字通信网的定时与测量

彭承柱 张蕴英 彭明宇 彭明鉴 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书是一本关于数字通信网同步定时和数字通信网测量的实用图书,全书共 13 章,内容包括:数字通信网同步定时概述,同步网的组成,同步网时钟的性能与定时要求,同步网设备(如 BITS、SSU、SEC 及同步定时接口等),光通信网的同步定时及问题解决方法,同步网与各种通信网、数据网、信令网、接入网等的同步定时关系, GPS 及其应用简介,传输损害对同步的影响,同步网的同步测量、监测管理和规划设计,数字通信网的测量及常用仪表,有关数字通信网定时与测量的国内外标准。

读者对象:通信及相关专业的工程师、科研人员 and 高校师生。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数字通信网的定时与测量 / 彭承柱等编著. ——北京:电子工业出版社, 2011.5

(IT 工程师宝典·通信)

ISBN 978-7-121-13407-4

I. ①数… II. ①彭… III. ①数字通信网—定时电路 ②数字通信网—测量 IV. ①TN915.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 074899 号

责任编辑:张来盛(zhangls@phei.com.cn)

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司
装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×980 1/16 印张:20.25 字数:408 千字

印 次:2011 年 5 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:49.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

众所周知，时间偏差在通信（如 3G 移动通信）方面会导致时间记录无序，使计费结算错误，使同步异常，造成通信错误率上升，甚至通信中断；在电力供应方面会导致传统电网无法事故反演，使事故无法分析排除，并使智能电力网产生保护错误动作；在军事方面会导致不能保证军令下达，不能准时计划军事演习，更不能协同作战；在经济建设方面会导致银行、企事业、国家统计局等数据库时间混，造成经济损失；等等。此外，导弹控制，卫星和宇航员升空的精确制导，核弹头的精确定时起爆，宇宙飞船和空间站的对接等，也都离不开精密的定时与精准的时间控制。

就数字通信网来说，国际通信界已经确立了 IEEE 1588 精密时钟同步（测量）建议，要求移动通信 3G 网络时间同步精度为 $\pm 1.5 \mu\text{s}$ ，要求今后在智能电力网数字化变电站应用中的时间同步精度为 $\pm 1 \mu\text{s}$ 。在考虑全国乃至世界的 IP 互联网时，只有同步的 IP 网络才是一个真正的电信级网络，才能够为 IP 网络传送各种实时业务与数据业务等多重播放业务提供保障。这些都已充分显示了定时同步的重要性。

21 世纪的社会是信息社会，信息社会需要有交流融通信息的先进通信网。无疑，信息和通信网都会数字化，成为数字信息和数字通信网。数字通信网传输与交换的信息是一系列的 0、1 二元数字或数码，每一位数字或数码又称为码元或码位。为了实现数字信号的正确接收，要求准确地知道每一位码元的起止时刻，这样才能取样判决，还原成所发送的 0、1 数字，这就是数字通信网络的码元或码位的同步。同步就是要使收发双方在时间上步调完全一致，故同步又称为定时。为了发送和接收数据报文，除了要求码元同步（位同步）外，还需要对码元序列进行分组，即分成“帧”，并知道数据序列的帧（数据包）的起止时刻。这些就是所谓的码组同步、帧同步或信息包同步，统称为群同步。也就是说，在数字通信网中发送端和接收端必须实现同步检测：首先是位同步检测，这时最基本的条件，只有收端检测用的同步信号与发端的同步信号同频同相位时，才能实现位同步；其次是实现群同步，而实现这种收、发端同步的信号就是数字通信网的工作时钟，它为数字通信网提供工作频率，或工作电源。相对于电力网的 50 Hz 交流电源频率而言，时钟源又可以说是数字通信网的高频电源，是不可或缺的、最基本的部件。

除去收端和发端外，在数字通信网的各个节点，由于要上下电路，要交换信息，就需要进行数字信号处理，也必须进行同步检测，还原数字信号，进行分解复用和再复用，实现数字信号的再分配、再组合和交换：数字通信网的各个节点都必须同步，才能完成通信任务，即需要实现数字通信网全网的同步。故以全网考察，要构成一个同步的数字通信网，就要在网中有一个实现数字通信网的同步网，简称为“同步网”。

在移动通信 CDMA 网中，更要求严格的时间同步（即定时），它要求数字信号的起始

时刻与世界通用协调时（UTC）保持一致，这与同步网的位同步不同，是实现时间同步。目前实现时间同步的技术还在研究中。

目前，讲述数字通信网的同步定时方面的书籍较少。出于应用需要，编著者将多年从事通信科研的心得与试验成果，电信现场测试验收资料和曾发表的有关文章收集整理，并根据最新的国际国内标准与建议，以及国内外刊物和会议的相关论文，编写成本书，以飨读者。若能为数字通信的发展抛砖引玉，尽到微薄之力，编著者将甚感欣慰。

本书内容共 13 章。第 1 章数字通信网的同步定时，概述数字通信网同步定时的必要性，同步网的结构、主从同步网、世界协调时，并简要介绍全球定位系统（GPS）。第 2 章同步网的组成，同步网由同步网设备即各级节点时钟设备（包括定时分配和接口）和定时信息传输链路组成；为确保同步网的正常运转，还需建立同步网的监控管理网。第 3 章同步网时钟的性能与定时要求，介绍各级时钟（基准时钟、网络节点时钟）的性能指标、各级时钟的定时要求，以及时钟工作方式。第 4 章同步网设备，介绍我国的同步定时网，通信楼综合供给系统 BITS 的功能与结构，同步供给单元（SSU）与同步设备时钟（SEC），以及同步定时接口。第 5 章光通信网的同步定时。由于 SDH 光通信网是数字光通信网的基础、核心和骨干，故作为其支撑网之一的同步网自然就是数字光通信网的同步网。重点介绍光通信特定的同步与定时，以及 SDH 网同步定时出现的问题与解决方法等。第 6 章同步网与各种业务网的同步定时关系，叙述同步网与光纤通信网、程控交换网、移动通信 GSM 和 CDMA 网、数字数据网（DDN）、卫星通信网、NO.7 信令网、ATM 网/帧中继网和分组交换网，以及 IP 网和接入网等业务网的同步定时关系。第 7 章 GPS 系统的应用，介绍我国和世界的 GPS 系统及其应用概况，重点叙述 GPS 系统的组成与定位定时原理，以及 GPS 在个人化、生活用品等大众化市场不断拓展的应用。第 8 章传输损害对同步的影响，叙述抖动和漂摆损害对同步定时的影响，以及同步网对它的要求与指标。第 9 章同步网同步测量，介绍同步测量的原理、内容与方法，以及常用的测量仪表或系统。第 10 章同步网的监测管理，叙述监控管理网的结构、功能与监管内容，以及维护管理等。第 11 章同步定时网的规划设计，包括规划设计步骤，确定同步定时网的结构，节点定时分配，检查定时环路，以及同步故障诊断与定时恢复等。第 12 章数字通信网的测量与常用仪表，简述光纤通信网、移动通信网、数据通信网、IP 网和以太网的测量与常用仪表。第 13 章数字通信网测量及同步定时的国际国内标准，简要介绍数字通信网测量及同步定时的国际和国内标准，有关的建议与文件，给出相应的技术规范。

本书编写力求深入浅出，简明实用，注重理论与实践结合，使内容更加充实并能紧跟国际国内标准。

由于编著者水平有限，书中内容偏颇谬误之处在所难免，热忱欢迎读者批评指正。

编著者

2011 年 3 月于北京

目 录

第 1 章 数字通信网的同步定时	1
1.1 概述	1
1.2 同步网的结构	2
1.3 世界协调时	3
1.4 全球定位系统 (GPS) 简介	4
第 2 章 同步定时网	6
2.1 同步定时网的组成	6
2.2 主从同步网	6
2.3 定时供给单元	9
2.4 定时分配	9
2.5 定时传输链路	10
第 3 章 同步网时钟的性能与定时要求	14
3.1 时钟性能	14
3.1.1 频率准确度	14
3.1.2 频率稳定度	15
3.1.3 频率漂移率	15
3.1.4 平均频率偏差	16
3.2 基准时钟	16
3.2.1 铯钟	16
3.2.2 铷钟	18
3.3 晶体时钟	18
3.4 网络节点时钟	20
3.5 各级时钟的定时要求	20
3.5.1 基准主时钟的定时要求	20
3.5.2 从时钟的定时要求	21
3.5.3 网元时钟的定时要求	22
3.6 时钟工作方式	29

3.7 实用时钟产品	30
3.7.1 典型铯钟	30
3.7.2 典型铷钟	30
3.7.3 晶体钟	34
第 4 章 同步网设备	36
4.1 我国的同步网	36
4.2 BITS 的功能与结构	37
4.3 同步供给单元与同步设备时钟	39
4.4 同步网同步定时接口	40
4.5 实用同步网设备供应公司与产品	40
4.5.1 定时供给设备 TimeProvider	40
4.5.2 QW6575-x GPS 组合时间频率标准	42
第 5 章 光通信网的同步定时	45
5.1 光通信网与同步网	45
5.2 光通信网的同步与定时	46
5.3 SDH 网同步定时出现的问题与解决方法	59
5.3.1 SDH 网互连时同步定时出现的问题	59
5.3.2 SDH 网同步定时的解决方法	60
5.4 SDH 同步网各级时钟的定时要求	67
5.4.1 基准主时钟的定时要求	67
5.4.2 从时钟的定时要求	68
5.4.3 SDH 网元时钟的定时要求	71
第 6 章 同步网与各种业务网的同步定时关系	80
6.1 概述	80
6.2 光纤通信网的同步定时	81
6.3 程控交换网的同步定时	84
6.4 移动通信网的同步定时	87
6.5 数字数据网的同步定时	90
6.6 卫星通信网的同步定时	90
6.7 No.7 信令网的同步	91
6.8 ATM 网/帧中继网和分组交换网的同步	92

6.9	IP 网的同步	94
6.10	接入网的同步	94
第 7 章	GPS 系统的应用	97
7.1	我国 GPS 系统的应用概况	97
7.2	其他 GPS 系统	98
7.2.1	GLONASS 系统	98
7.2.2	欧共体的全球导航卫星系统 (GNSS)	98
7.2.3	北斗卫星导航系统	101
7.3	GPS 在同步网中的应用	104
7.4	GPS 的延伸应用	109
第 8 章	传输损害对同步的影响	111
8.1	抖动损害对同步的影响	111
8.1.1	抖动损害对信号的影响	111
8.1.2	抖动引起的数字信号误码	113
8.1.3	抖动容限	114
8.1.4	抖动抑制	118
8.2	同步网对抖动的要求	119
8.2.1	PDH 网接口抖动指标	120
8.2.2	SDH 网接口抖动指标	122
8.3	漂摆损害对同步的影响	127
8.3.1	滑动损害对信号的影响	127
8.3.2	漂摆损害及其对信号的影响	132
8.4	同步网对漂摆的要求	139
8.4.1	漂摆要求	139
8.4.2	漂摆指标的分配	145
第 9 章	同步网同步测量	149
9.1	同步测量的原理	149
9.2	同步测量的内容与方法	150
9.2.1	对时钟的测量	151
9.2.2	对同步接口和网络接口的测量	152
9.3	同步定时测量案例	152

9.3.1	广州长途电信枢纽楼同步定时设备 DCD 测量	152
9.3.2	青海省同步网定时设备测量	153
9.4	时间综合测试仪 (时间间隔分析仪) TimeAcc	166
第 10 章	同步定时网的监测管理	168
10.1	监控管理网的结构	168
10.2	监控管理网的功能	169
10.2.1	同步网管中心	169
10.2.2	监测链路	171
10.2.3	监测控制单元	172
10.2.4	数据传送网	173
10.2.5	监控内容	173
10.3	维护管理	176
10.3.1	维护管理体制	176
10.3.2	维护管理制度	177
10.3.3	维护管理方法	177
第 11 章	同步定时网的规划设计	178
11.1	规划设计步骤	178
11.2	确定同步定时网结构	179
11.3	同步定时节点分配网络	180
11.4	检查定时环路	181
11.5	同步故障诊断与定时恢复	182
11.6	同步定时网文档资料	183
第 12 章	数字通信网的测量与常用仪表	184
12.1	光纤通信网的测量与常用仪表	184
12.1.1	ONT-50 系列光网络测试仪	184
12.1.2	MP1590A 网络性能测试仪	191
12.1.3	MP1590B 网络性能分析仪	201
12.1.4	OmniBER OTN 系列通信性能分析仪	217
12.1.5	OmniBER XM	229
12.2	数据通信网的测量与常用仪表	232
12.2.1	MD1230A/B 数据质量分析仪	232

12.2.2	ONT-50 MSTP (New SDH) 测试仪	235
12.2.3	IXIA 400T 七层规约 (协议) 分析仪	240
12.3	IP 网的测量与常用仪表	241
12.4	以太网的测量与常用仪表	245
12.4.1	FST-2802 以太网开通及业务测试仪	246
12.4.2	DA-3400 以太网网络测试分析仪	249
12.4.3	MT9090A/MU909060A1/A2/A3 以太网综合测试仪	256
12.4.4	N2X 多功能通信设备测试仪	263
12.4.5	IXIA IP 测试平台和测试方案介绍	270
12.5	移动通信网的测量与常用仪表	272
12.5.1	基站测量	272
12.5.2	手机测量	285
12.5.3	终端及基站测量	290
第 13 章	数字通信网测量及同步定时的国际国内标准	295
13.1	国际标准组织	295
13.2	ITU-T 建议	296
13.3	ETSI 标准	298
13.4	网络接口和设备的抖动与漂摆性能标准	300
13.5	国内标准	303
附录	缩写词及英中文对照	306
参考文献		312

第1章



数字通信网的同步定时

1.1 概述

数字通信网传输与交换的信号是一系列的 0、1 二元数字，我们将这些二元数字称为数码或码，又通称为码元（码位）。为了实现数字信号的正确接收，要求准确地知道每一码元的起止时刻，以便取样判决，还原成所发送的 0、1 数字，这就是数字通信网的码元（或位）的同步。同步就是要使收发双方在时间上步调完全一致，故同步又称为定时。在过去的数据通信中按作用的不同，常将同步分为：载波同步，码元（位）同步，码组同步。载波同步和码元同步是接收模拟数据信号所必需的，也是最基本的；但对接收数字数据信号，就没有载波同步的需要了。然而，为了发送和接收数据报文，除去要求码元同步（位同步）外，还需要对码元序列进行分组，即分成码组或帧，还需要知道数据序列的帧（信息包）的起止时刻，这些就是所谓的码组同步、帧同步或信息包同步，统称为群同步。也就是说，在数字通信网中对一连串的 0、1 数字信息，接收端必须实现同步检测，首先是位同步检测，这是最基本的条件，只有接收端检测用的同步信号与发端的同步信号同频、同相位时，才能实现位同步；其次是实现群同步。而实现这种收发端的同步信号就是数字通信网的工作时钟，它为数字通信网提供工作频率或工作电源；它相对于电力网 50 Hz 交流电源频率而言，又可以说是数字通信网的高频电源，是不可或缺的、最基本的部件。

除去收端和发端外，在数字通信网的各个节点，由于要上下电路，要交换信息，就需要进行数字信号处理，也就必须进行同步检测，还原数字信号，进行分解复用和再复用，实现数字信号的再分配、再组合和交换。也就是说，数字通信网的各个节点都必须同步，才能完成通信任务，即需要实现数字通信网全网的同步。因而，从全网考察，要构成一个同步的数字通信网，就要在网中有一个实现数字通信网的同步网，简称“同步网”。

1.2 同步网的结构

由上述可见,同步网是数字通信网的一个子网,是附属其中并为其服务的一个支撑网。因而同步网的结构取决于数字通信网的规模、结构和对同步的要求。早期同步网的目标是使电话交换网同步,使用电话交换机的时钟作为同步网的节点的时钟,结构简单,一般为树状的混合型同步网。随着通信网的快速发展,新业务的不断出现,对同步网的要求越来越高。首先,同步网的各级时钟要求提高了;其次,随着对网络运营性能提出了更高要求,对通信网络(包括同步网络)的安全性和可靠性也不断提高,使得同步网逐渐地独立了出来,从而成为独立型的同步网。

一个独立型的同步网由自己的各级时钟及设备,和各级定时传输链路组成,并建立起相应的监控管理网络,逐步形成了一套完善的维护运行管理机制。同步网并不直接面对客户,也不直接产生经济效益;它为各个业务网提供定时,保障业务的服务质量。尽管同步网是独立的,但各级时钟及设备是在数字通信网的各级节点处,并且各级定时传输链路又是数字通信网的传输链路,所以,它是依附于数字通信网的,是毛与皮的关系。因而,同步网的结构通常和数字通信网的结构一致。不过,不同的同步方式或方法又构成不同的独立型同步网。同步网的同步方式与所要求的网同步状态有关。同步状态分为:

(1) 全同步状态:同步网中所有的时钟都跟踪到同一个或一组基准时钟源上。正常情况下,网内时钟间没有频率偏差。

(2) 准同步状态:同步网中所有的时钟或信号都工作在几乎相同的速率上,任何变化都不应超过规定的范围。处于准同步状态运行的时钟有很高的准确度和稳定度,它们之间的频率变化很小。在国与国之间或不同的网络运营者之间,同步网一般是这种同步状态;而国内网间和网内的同步网都采用全同步状态。

(3) 伪同步状态:同步网中的所有时钟在正常工作情况下符合 ITU-T 建议 G.811 基准时钟的长期频率准确度;但不是所有时钟都跟踪到同一个基准时钟上,各时钟运行时的准确率很高,时钟间频率偏差很小。

在全同步状态的同步网内,节点时钟之间可以采用以下两种同步方式:

(1) 主从同步方式:同步网中的时钟分为多级,各级时钟具有不同的准确度和稳定度。网络中最高级的时钟是主时钟(简称主钟),用以同步其他各级的从时钟,简称从钟。网络在同步,即正常工作状态下,从钟与主钟有相同的频率准确度;但在定时系统失步或故障的状态下,从钟失掉基准定时信号后,处于保持或自由运行状态,其频率准确度下降。不同级别的时钟有不同的性能要求和指标,详见第3章。数字通信网主从同步方式的同步网节点见图1.1,主从同步方式的拓

扑结构见图 1.2。

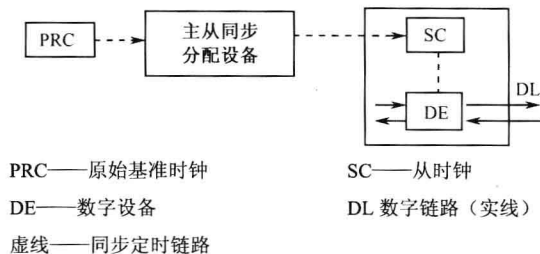


图 1.1 主从同步方式的同步网节点

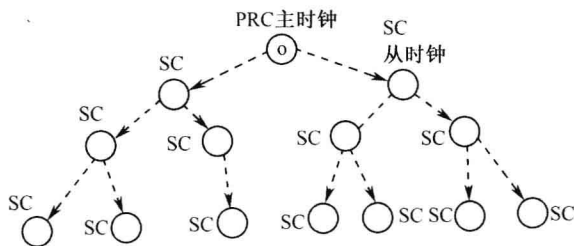


图 1.2 主从同步方式的拓扑结构

（2）相互同步方式：网络中各个时钟不分级别，各时钟几乎有相同的频率准确度和稳定度，相互接收时钟信号，进行频率比对与计算，获得一个全网的参数，以调整各个时钟，使它们具有同样的频率准确度，实现同步。相互同步方式的拓扑结构见图 1.3。

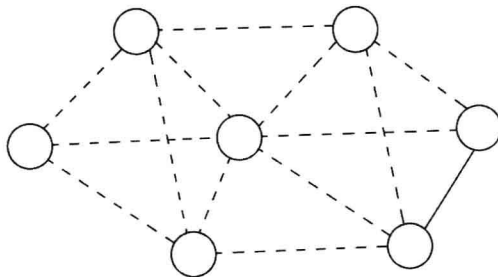


图 1.3 相互同步方式的拓扑结构

1.3 世界协调时

尽管各个国家的同步网自己是全同步的，有同一个起止时刻，但它们之间仍会有差别。为了协调这种差别，使它们在起止时刻保持一致，需要有一个世界协

调时间，又称通用协调时间（Universal Coordinated Time，UTC），简称为通用协调时或世界协调时。和同步网的位同步不同，UTC 是为了实现时间同步。目前实现时间同步的技术有几种，各有千秋，且时间同步的准确度差别较大，如表 1.1 所示。

表 1.1 几种常用的时间同步技术

时间同步技术	同步准确度	同步覆盖范围
短波授时	1~10 ms	全球
长波授时	1 ms	区域
GPS	5~500 ns	全球
电话拨号授时	100 ms	全球
互联网授时	1~50 ms	全球

随着通信网各种技术和业务的不断发展，网络中大量设备不但需要高质量的频率同步，也需要实现时间同步。目前，大多采用 GPS 系统获取标准时间，因为它的同步准确率最高。

1.4 全球定位系统（GPS）简介

全球定位系统最初是美国国防部建立并控制的卫星定位系统（Global Positioning System，GPS）。它可用做经度、纬度和高度的三维定位、频率同步和时间同步，是一整套覆盖全球的全方位导航系统。早期该系统主要为美国军方服务，用于导航定位。到了 20 世纪 90 年代，由于 GPS 接收机价格下降，用户不付使用费，加之它又能够提供高性能的频率同步和时间同步，通信领域也开始使用 GPS 系统，随着通信的迅速发展，GPS 系统的应用越来越广泛。

GPS 系统分卫星系统、地面控制系统和用户设备三大部分。

卫星系统

GPS 卫星系统包括 24 颗卫星（其中有 3 颗备用），共分布在 6 个轨道上。每个轨道上平均 3~4 颗卫星。轨道平均高度为 20 200 km，每个轨道面相对于赤道的倾角为 55°。卫星的运行周期为 11 h 58 min。全球的任何一个地方、在任何时候至少可以接收到 4 颗卫星的信号，最多可接收到 8 颗卫星的信号。每颗卫星上都载有铷时钟（简称铷钟），接受地面主时钟（简称主钟）的控制。

地面控制系统

地面控制系统包括 1 个主控站 (MCS)、5 个监控站 (MS) 和 3 个卫星地面站。监控站分布在不同的地域, 可同时监测多达 11 颗卫星的数据, 但对数据不作过多的处理, 而是将原始测试数据和有关信息送到主控站去处理。主控站经数据处理后, 估算出每个卫星的位置和时间参数, 与地面基准相比对, 得出对卫星的控制指令。这些新的数据和指令被送往卫星地面站, 由其发送给卫星。卫星按这些新的指令和数据进行运转, 并把有关数据发送给全球用户。主控站中用于比对的基准由美国海军天文台控制发送, 它是原子钟与 UTC 比对后的信号。这样, 就使卫星的铷钟与 GPS 主时钟保持精确的同步。卫星用不同的频率发射两种信号如下:

- L1 波段: 1 575.42 MHz, 载有民用码 (C/A 码) 和军用码 (P 码);
- L2 波段: 1 227.26 MHz, 仅有军用码 (P 码)。

用户设备

用户设备实际上就是 GPS 接收机, 包括天线、馈线和中央处理器。中央处理器由高稳定晶体振荡器和锁相环路组成, 它对接收的信号进行处理, 并经严密的误差校正处理, 处理后输出的信号有很高的长期稳定性, 使定时精度优于 300 ns。

由于铷钟较铯钟经济实用, 便于维护, 频率可调范围大, 其短期稳定性也好, 不足之处是长期稳定性欠佳。为此, 在通信网中多将铷钟与 GPS 配合使用, 利用 GPS 的长期稳定性能, 使用铷钟的输出信号作为定时的基准源。现今有些厂家使用优化的晶体振荡器替代铷钟, 也能满足一级时钟的标准。

由于 GPS 用途广泛, 而且很重要, 将在另一章 (第 7 章) 中专门介绍其应用。

第2章



同步定时网



2.1 同步定时网的组成

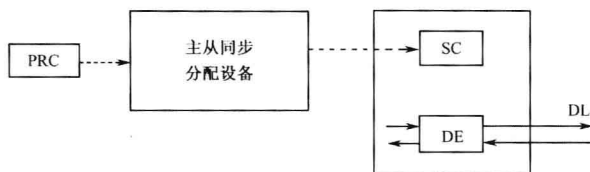
同步定时网的组成或结构通常取决于通信业务的交换网络，尤其是电话交换网络的结构，它由同步定时网设备即节点时钟设备（包括定时分配和接口）和定时信息传输链路组成，并根据网络的同步方式和节点时钟的同步方法而形成某种网络结构。为了确保同步定时网的正常运转，还需要建立同步定时网的监控管理网。监控管理网将在第 10 章介绍。

定时信息传输链路用来承载定时信号和同步信息。定时传输链路有专用定时链路（简称专线）和业务线定时链路。在专线上仅承载同步信息和定时信号，而在业务线上，同步信息和定时信号与业务信号一道传输，不再需要专用的定时传输信道。

节点时钟设备分为独立型时钟供给设备和混合型时钟供给设备。

2.2 主从同步网

主从同步方式的同步网节点如图 2.1 所示。通常其定时基准分配网采用树形结构，如图 2.2 所示。主从同步方式的优点是同步网的稳定性较好，组网灵活，对时钟的要求不高，控制也简单，网的滑动性能指标也好；缺点是对基准主时钟和同步定时分配链路的故障很敏感。此外，采用分级主从同步方式，可与交换网的分级相适应，故主从同步网已为各国公用电信网广泛采用。



PRC——原始基准时钟

SC——从时钟

DE——数字设备，如数字交换机或数字交叉连接设备

DL——国际、国内数字链路（实线）

虚线表示同步定时链路（下同）

图 2.1 主从同步方式的同步网节点

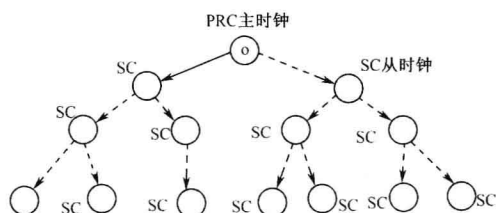
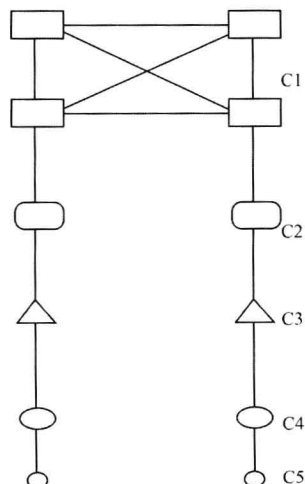


图 2.2 主从同步方式的拓扑结构

既然同步网是全网的，也就是说全国的，根据主从同步网的结构，它基本上就由长途电话交换网决定；因为它是最早形成的最大的通信网络。我国的长途电话交换网是由长市中继、长途交换中心以及长途电路组成。由于传输费用占总话费的百分比比较高，而交换费用较低，故长途网的网络结构通常按星形连接方式考虑，即网络结构是分级的：我国的电话网分五级，长途电话网分为四级，如图 2.3 所示。



从上至下：一级交换中心 C1；二级交换中心 C2；三级交换中心 C3；四级交换中心 C4；市话终端局 C5

图 2.3 我国五级电话网结构