

内 容 提 要

本书系统地阐述了数字卫星通信中的三个主要课题——调制、多址和编码技术。其中包括基本理论、主要技术类型、系统设计、具体实现、性能分析、实际运用和发展趋势。本书适合于理工科院校高年级学生、研究生以及教师阅读；也可作为从事卫星通信工作的研究人员、工程技术人员的自修课本或参考书。

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

上海新华印刷厂排版 中国科技情报研究所印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

开本: 787×1092 1/16 印张: 26.25 字数: 603 千字

1987年7月第一版 1987年7月第一次印刷

印数: 1—2350册 定价: 5.10元

统一书号: 15290·875

ISBN7-5053-0112-8/TN67

译 者 序

本书系统地阐述了数字卫星通信系统中的三个主要课题——调制、多址和编码技术,是根据 V·K·布哈加瓦、戴维·哈岗、罗伯特·马梯阿斯和 P·P·努斯普尔于 1981 年撰写的教材《Digital Communications by Satellite》一书翻译过来的。全书综合了近年来国际上有关数字卫星通信的一些主要研究和运用成果、理论、系统设计和具体实现,浑然一体,内容比较简明,无烦琐数学推导。

全书分成三个主要部分,总计 15 章,另有附录、术语表、符号表。每章后附有习题和大量的参考文献。

为了更好地领会本书的内容,要求读者具备初等概率论、随机过程理论和通信理论方面的基础知识。

本书第十一章至第十四章由陈剑青同志翻译,其余部分由周代群同志翻译,全书由孔宪正同志进行了校对。由于译者水平有限,翻译上可能有许多不妥之处。同时,由于原文错误较多,虽然译者尽量予以更正,但难免还有遗漏,所以恳请读者批评指正。

译 者

一九八七年一月

目 录

译者序

第一章 数字卫星通信	1
1.1 卫星的特性	1
定义和论据	1
为什么使用卫星	2
网络拓扑	2
长距离	3
费用	4
系统配置	4
1.2 数字通信	5
为什么采用数字通信	5
兼容性	5
灵活性	5
经济性	6
数字卫星系统的概念	6
1.3 线路计算	7
上行线方程	8
下行线方程	10
交调	11
可用的 C/N_0 和 E_b/N_0	11
所要求的 E_b/N_0 和 C/N_0	11
地球站参数	12
可用度和降雨余量	12
小信号增益	13
1.4 数字调制和解调	13
调制解调器	13
系统概貌和限制	14
信源编码和信道编码	15
1.5 多址传输	15
多路复用和多路分解	15
多址传输类型	16
优点和缺点	18
典型系统的比较	18
1.6 差错控制	20
前向差错控制(FEC)	20
检错和重发(ARQ)系统	22
ARQ 和 FEC 的混合方案	23

1.7 卫星通信的前景	24
参考文献	26
习题	26

第一部分 调制技术

第二章 数字调制技术的差错率性能	27
2.1 评价差错率性能的基础	27
2.2 最大似然检测	28
2.2 匹配滤波器	29
单冲接收机	29
使用非匹配滤波器时的推论	32
2.4 理想差错率性能	32
二相相移键控(BPSK)	32
四相相移键控(QPSK 或 4ϕ PSK)	32
偏移四相相移键控(OK-QPSK)	33
二元频移键控(相干检测)	34
快速频移键控(FFSK)	34
FSK 的非相干检测	35
PSK 的差分检测	35
各种二元调制的差错率曲线	36
2.5 多元相移键控	37
参考文献	41
习题	42
第三章 已调信号的产生和检测	43
3.1 各种波形的产生	43
二相 PSK (BPSK)	43
四相 PSK (QPSK)	44
偏移 QPSK (OK-QPSK)	45
FFSK 和 MSK	46
3.2 信号的相干检测	50
3.3 PSK 的差分检测	51
3.4 FFSK 的检测	51
相干检测	51
FFSK 的格形译码	52
FFSK 的非相干检测	57
3.5 MSK 的差分检测	58
参考文献	59
习题	59
第四章 性能恶化	60
4.1 频带限制	60
4.2 传输速率和脉冲成形	61
影响脉冲形状选择的因素	65

4.3 行波管非线性	66
4.4 E_b/N_0 的测量方法	69
4.5 QPSK、OK-QPSK 和 FFSK 的比较	70
存在热噪声时的性能	70
频谱	71
邻波道干扰	74
同波道干扰	74
相位噪声	75
带宽限制和相位畸变	75
综合影响	77
频带限制和硬限幅的影响	78
其它方面的评价	79
4.6 小结	83
参考文献	84
习题	85
第五章 载波和时钟恢复	86
5.1 带有噪声的相位参考信号的影响	86
5.2 载波恢复	88
平方环	88
科斯特环和判决反馈环	91
5.3 适用于快速 QPSK 载波恢复的技术	92
载波恢复:4 倍乘器($\times 4$)和再调制器	94
5.4 自动频率控制(AFC)	97
5.5 时钟恢复	99
性能标准	100
最佳符号定时恢复	100
准最佳时钟恢复:非线性单元加滤波器	101
延时线检测器	104
同相/中(间)相(位)比特同步器	106
绝对值超前-滞后选通同步器	107
二量化数字锁相环(BQDPL)	108
5.6 对稀疏过零的补偿	110
5.7 FFSK 的载波和时钟恢复	111
参考文献	114
习题	116
第六章 多指数相位编码调制	117
6.1 连续相位移频键控	117
6.2 多指数相位编码调制(MHPM)	118
MHPM 的基本概念	119
MHPM 的产生	120
MHPM 的解调	121
6.3 信号的矢量表示	122
MHPM 各矢量系数的确定	124

格拉姆-施米特程序	125
6.4 MHPM 信号的正交表示法	127
6.5 MHPM 的维特毕译码	131
6.6 性能	133
高信噪比情况下的差错率	133
联合边界和低信噪比情况下的差错率	133
6.7 MHPM 信号频谱	136
6.8 小结	136
参考文献	138
习题	139

第二部分 多址技术

第七章 频分多址	141
7.1 频分多址的概念和定义	141
7.2 FDMA 的实现方法	142
FDMA 技术	142
非线性放大器	143
交调及其影响	143
信号抑制	145
SCPC 的补偿和多地址传输	152
容量及地址数的关系	153
7.3 FDMA 系统	154
多路 PSK/FDMA 系统	154
数字 SCPC 系统	154
7.4 SCPC 系统设计	159
编码的使用	160
语音激活技术的使用	161
参考文献	162
习题	163
第八章 时分多址	164
8.1 TDMA 的发展	164
8.2 各种 TDMA 技术	167
定义	167
TDMA 同步方法	170
初始捕获方法	174
8.3 容量分配	175
网络限制	176
循环算法	177
8.4 TDMA 系统	179
实验系统	179
通用系统	181
已计划的系统	182

8.5 TDMA 系统设计	184
要求	184
主要几个分系统的选择	185
线路计算	185
分帧和帧格式	185
分配	189
方框图	189
讨论	189
8.6 结束语	190
参考文献	191
习题	193
第九章 码分多址	194
9.1 扩展频谱的基本概念	194
扩展频谱信号的产生	195
直接序列系统	196
跳频系统	197
9.2 伪随机序列和它们的相关特性	198
周期性的和非周期性的相关函数	199
二元制最大长度序列(m 序列)	200
戈尔德(Gold)系列	203
9.3 同步	203
初始同步	204
无源相关技术	204
跟踪	204
9.4 CDMA 系统的性能	206
9.5 结束语	207
参考文献	208
习题	209
第十章 消息分组卫星网络	211
10.1 消息分组交换的概念	211
为什么要使用消息分组交换?	211
定义	212
10.2 业务类型和多址传输方法	213
业务类型	213
消息分组交换网络(PSN)的多址传输类型	214
参考文献	221
习题	222

第三部分 编 码

第十一章 差错控制编码基础：前向纠错和自动要求重发	223
11.1 编码引论	223
11.2 卫星信道的编码：容量、编码增益和带宽利用率	224

11.3 用检错-重发法进行差错控制	233
ARQ 系统的基本概念	233
ARQ 系统的类型	234
停止-等待 ARQ 系统	234
连续 ARQ 系统	237
选择重发 ARQ 系统	241
ARQ 系统的其他变型	242
选择重发 ARQ 的实现	243
11.4 编码效率和差错未检出概率	244
11.5 FEC 和 ARQ 方式的比较	246
11.6 FEC/ARQ 混合方式	247
参考文献	251
习题	253
第十二章 卷积编码、维特毕译码和序列译码	255
12.1 卷积码的结构	255
卷积码编码器	255
系统卷积码	258
冲激响应	258
输出符号的表示法	259
多项式表示法	260
推广与小结	261
码树结构	263
状态图	263
码格结构	264
12.2 卷积码的距离特性	265
12.3 卷积码的最大似然译码	267
二元对称信道的似然函数和汉明距离	269
利用码树或码格结构图对卷积码进行最大似然译码	269
12.4 维特毕译码算法	270
对数似然函数的量化分层	274
实用的简化法算法	275
12.5 以多重微处理器来实现维特毕译码器	276
12.6 离散无记忆信道上维特毕译码的差错性能分析	278
差错概率的一般界限	278
卷积码的生成函数	279
具体卷积码的性能分析	282
首次差错事件概率	282
比特差错率的界限	285
12.7 模拟和实验结果	288
12.8 序列译码法	290
码树的探寻: 序列译码原理	291
费诺对数似然函数	291
序列译码算法	292

Z-J 堆栈算法	293
分层 Z-J 堆栈算法	296
费诺算法	296
序列译码的计算问题	296
缓冲存储器的溢出问题	303
差错性能	303
12.9 序列译码和维特毕译码的比较及其局限性	304
附录 12.1 已知的最佳卷积码	306
附录 12.2 一种堆栈译码器的数据结构	313
参考文献	316
习题	318
第十三章 用分组码检错和纠错	321
13.1 编码代数	321
向量空间	322
13.2 线性分组码引论	324
基本定义	324
分组码的检错和纠错能力	325
用矩阵描述线性分组码	326
线性分组码的另一种描述方法	326
系统分组码	326
校正子的概念	327
13.3 有限域	327
有限域多项式	328
伽罗意域 $GF(2^m)$	328
13.4 循环码	329
循环码的基本概念	329
系统循环码	330
循环码的编码	332
循环码检错和校正子的计算	334
循环码表	335
改进循环码	335
13.5 BCH 码	336
二进 BCH 码的译码	336
校正子计算	337
计算差错定位多项式	337
差错定位程序	338
BCH 码的性能	340
13.6 RS 码	340
13.7 其他几类重要的分组码	341
格雷码	341
准循环码	341
译多逻辑可译码	343
最大长度码	343

汉明码	343
基集分组码	343
有限投影几何码(PG 码)	344
欧几里德几何码(EG 码)	344
里德-穆勒码	345
13.8 抗突发差错编码	345
费尔码	345
交错分组码	346
RS 码的突发纠错	347
循环卷积码	347
13.9 分组码的软判决译码	347
13.10 分组码在数字卫星通信中的应用	348
怎样选择差错控制编码	348
码用于国际通信卫星 TDMA 系统的 BCH	349
卫星电子信息系统的差错控制编码	349
超高频(UHF)卫星系统采用的分组码	351
卫星移动站台通信采用的分组码	351
参考文献	352
习题	354
第十四章 分组码和卷积码的门限译码	357
14.1 择多逻辑门限译码	357
14.2 L 步择多逻辑可译码	359
14.3 卷积码的门限译码	362
判决反馈译码器和差错传播	362
定限译码	364
14.4 扩散门限可译卷积码	364
14.5 盖雷泽自适应搜索突发方案	367
14.6 小结	368
参考文献	369
习题	370
第十五章 有关的课题和技术发展趋势	372
15.1 调制技术的发展趋势	372
频谱利用	372
带宽和功率权衡	372
调制选择	374
滤波选择	375
最大似然序列估值	375
15.2 多址传输技术的发展方向	376
FDMA	376
TDMA	376
CDMA	377
消息分组卫星网络	377
15.3 编码的发展趋势	377

15.4 新技术	378
星载处理	378
星间链路	379
陆地移动卫星系统	379
15.5 宏观系统概貌	379
干扰	380
轨道利用	380
地球站天线图形	380
15.6 电信规则和管理	381
参考文献	382
附录 A 数学关系	385
附录 B 基带数据信号波形	389
附录 C 误差函数表	390
附录 D 频段划分与命名	393
附录 E 数字话音插空技术	394
附录 F DAMA技术	398
卫星通信术语表	401
符号表	403

第一章 数字卫星通信

我们先来讨论本书的书名。从一般的意义上讲,通信是指信息传输或交换。本书实际上讲的是关于电信,它是指利用技术手段实现的一定距离之内的通信。所以我们的叙述将限制在技术方面而不是讲人们之间的社会通信联系。数字意味着信息直接用数字来表示,“数字”也意味着信息是离散的,不同于模拟或连续那样的型式。根据定义,卫星是在轨道上围绕主天体旋转的二次天体。显然,人造地球在轨卫星是本书特别感兴趣的课题,因为这种卫星可以实现真正长距离、灵活和地域宽广的通信。

本章首先介绍卫星的特性,并对数字卫星通信进行一般的讨论。线路计算一节简要说明了目前实际应用的主要参数和它们之间的折衷关系。针对影响调制技术选择的诸因素进行了评述。介绍并比较了多址技术的某些概念和方法。描写了差错控制技术的特性,简短地讨论了它们的优缺点。

1.1 卫星的特性

本节给出了与卫星有关的一些定义和论据。简要地说明了卫星为什么用于通信以及卫星的系统组成。

定义和论据

在书末的术语表中包含了许多详细的定义。在这里介绍并定义一些直接有关的术语。地球同步卫星在地球轨道上运行的周期等于地球的自转周期,即一个恒星日——23小时56分4.09秒(平均值)。地球静止卫星是指具有赤道(在赤道平面内)、圆形和顺向(与地球自转同方向)轨道的地球同步卫星。但是实际的轨道通常有比较小的偏离赤道平面的倾角和比较小的偏心率。“地球同步”和“地球静止”在一些文献中经常混淆。“同步”和“地球同步”对于地球卫星而言是等效的;同样,“静止”和“地球静止”也是等效的¹⁾。

椭圆轨道的周期:

$$\text{周期} = 2\pi \sqrt{\frac{A^3}{\mu}} \quad (1.1)$$

式中 A 为椭圆的长半轴,

μ 为万有引力常数。

对于地球, μ 为 $3.39 \times 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2$ (平均值)。对于周期为一个恒星日的圆轨道,静止卫星在地球表面以上的高度 h 推算为 35 800 km。

由于许多复杂的作用力,静止卫星实际上在一个比较大的空间域上移动,可以观察到的移动的球域半径为 60 km。而且这种移动包含有许多不同速率的漂移分量,当然也必然存在一些随机扰动。在非经常的(而不是可预报的)称为“位置保持”的动作时刻,卫星将有步骤地从星载推进器取得加速度以调整位置偏差。通常,不是每个通信站都能跟踪轨道上的

1) 本文后面的译文将把“地球静止卫星”一律译作“静止卫星”。——译者

这些变化,这种情况对某些多址型式(即若干个发射机同时利用一个通道的多址传输)会有很大影响。

目前阶段的通信卫星虽然已经发展了几代,但它们的通信功能都是可以简单地表示出来的。图 1.1 表明了通信卫星的基本特点。一个接收天线收集电磁能量,对预期带宽的信号进行滤波、放大。然后分别对每一频带的信号进行功率放大,最后通过一个发射天线辐射出去。很明显,对于卫星肯定会存在许多错综复杂的因素和许多折衷方案。这里扼要叙述的只是中继器。中继器是一种变频放大器,在大部分文献中把它称为转发器。

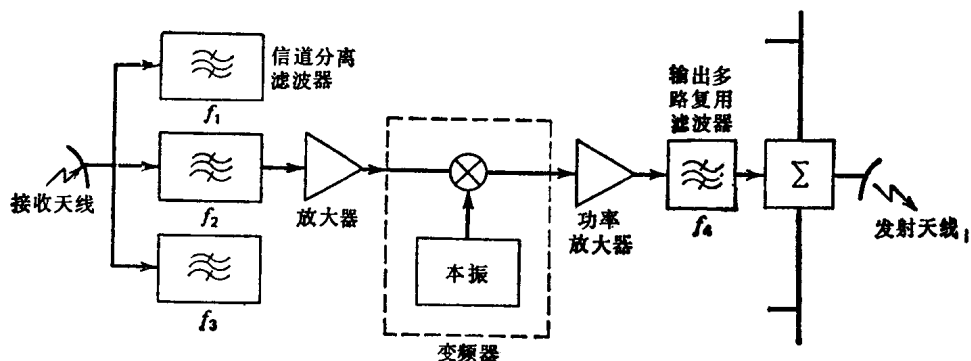


图 1.1 典型的卫星中继器(示出了接收、放大、变频和功率放大)

显然,卫星功率放大器是关键部件,也是问题集中的部位。迄今为止这种功率放大器都采用行波管(TWT),因为行波管重量轻、效率比较高。行波管放大器(TWTA)是非线性部件,经常接近饱和区域工作。卫星对重量和功率的限制要求利用(或设计成)宽频带通道(20 至 250MHz),也要求每个卫星含有 4 至 24 个这种通道。

关于轨道和轨道参数的入门知识,读者可参阅资料[1],关于通信卫星系统某些特性可参阅资料[2],资料[3]是卫星通信综述。

为什么使用卫星?

卫星和以卫星为基础的通信系统自 1965 年开始实用以来已经有了显著的发展。但就卫星技术及其应用而言,还存在许多尚待开发的领域和发展的机会。至于为什么利用卫星,可以很容易地找到某些基本的、独特的和重要的原因;然而也存在一些有力而令人信服的不利用卫星的理由。用于商业通信的静止卫星将是我们叙述的重点。下面将围绕三个课题进行讨论:(a)网络拓扑;(b)长距离;(c)费用。

网络拓扑

卫星最明显和独特的特性是它们处在星形拓扑结构的中心,正如图 1.2(a)所示。这种网络内的所有信号都通过卫星,这与地面通信系统有明显的不同。在地面通信系统中,自然拓扑结构是线性的(在无线电系统中是一连串的中继站),如图 1.2(b)所示;或是环形的,如图 1.2(c)所示。环形结构的一个简单例子是用户电话环路;许多计算机网络也是以环形结构连接的。图 1.2(d)表示一种功能很强的网格形拓扑结构,在电话交换中心网络中就利用这样的结构。

卫星的覆盖地域宽广导致了越洋、区域和国内网络的应用。这种覆盖和拓扑结构使电视和无线电节目的分配和广播变得更加吸引人和实际可行。

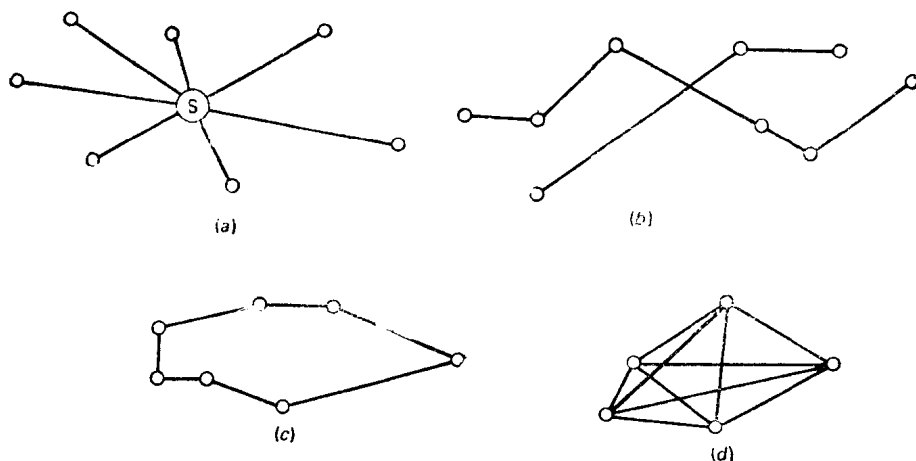


图 1.2 几种网络拓扑结构。

(a) 星形或轮毅形；(b) 线形或链形；(c) 环形；(d) 网格形(所示为全连接方式)。

当然,现在电话和数据业务之所以由卫星网络提供,是因为它具有连通性好的优点。一条电路定义为用户之间的双向连接,例如电话电路;半电路系指单向连接,例如在广播系统中对一些只接收站的电路。因为很容易把卫星星形拓扑结构视为网格形,所以即使对于大量的地球站也有可能采用卫星形成完全互连的网格形网络。而且,也有可能采用各种电路分配方式直至采用完全按需分配方式把各个地球站连接起来,构成交换系统。连通性、分配方式和卫星通信的其它特性将在下面的章节和附录中讨论。

长距离

显然,卫星才真正意味着长距离通信。对于静止卫星来说,卫星和地球站之间的距离为 36000 至 41000km。计算这个距离的公式为

$$D_r = \sqrt{(h+r)^2 + r^2 - 2(h+r)r \cos \theta} \quad \text{m} \quad (1.2)$$

式中,变量和它们的几何关系在图 1.3 中定义。由于这个距离很大,因此传播路径损耗很高(在 14/12GHz 大于 200dB);幸而在所使用的频段,这种损耗是相当平稳的,所需衰落余量为 3 至 7dB。地面接力线路与之不同,它的线路损耗要低得多,而且多半可由设计人员控制,但其衰落余量却为 30 至 40dB。衰落余量是指为应付衰落期间(主要由下雨引起)引入的额外衰耗而需要附加的微波信号有效辐射功率。路径损耗和衰落余量的公式在 1.3 节给出。

对于卫星电路部分,我们将使用上线和下线这两个术语。上线是指从地球站到卫星方向的传输路径;下线则指卫星到地球站方向的传输路径。一个上线和一个下线组成一个单跳电路。凡是没有可能混淆的地方,我们把单跳电路称为一条链路。双跳电路包含两个单跳,在其中间经常存在一个执行网络功能的大站。从地球站到静止轨道的传输路径上有很大的时延;在上线和下线每个方向的传输路径上约为 1/8 s;对单跳约为 1/4 s;对双跳约为 1/2 s。卫星环路是指往返于同一个站的单跳电路。一个卫星环路的几何图示于图 1.3,其传输时延为

$$d = \frac{2D_r}{c} \quad \text{s(卫星环路时延)} \quad (1.3)$$

式中, c 是电波在自由空间的传播速度(约 $3 \times 10^8 \text{m/s}$)。正好在卫星下面的站其卫星环路

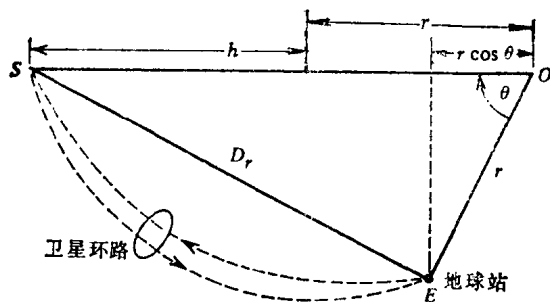


图 1.3 以地心为中心包括卫星和地球站的平面几何图(O 为地心原点,
 r 为地球半径, θ 为 OS 和 OE 之间的角度)

的时延最小, 而从卫星方向观察, 处在地平圈上的那些站, 其卫星环路的时延最大。

$$d_{\min} = \frac{2h}{c} \quad \text{当} \quad \cos \theta = 1 \quad (1.4a)$$

$$d_{\max} = \frac{2h}{c} \sqrt{1 + \frac{2r}{h}} \quad \text{当} \quad \cos \theta = \frac{r}{r+h} \quad (1.4b)$$

单跳时延将正好在这两个界限值之间, 因为单跳电路中两个站是分离的, 它们的仰角多半大于 3° 。在这里, 一个站的仰角是指卫星方向和本地水平面之间的夹角。

费用

要不要利用卫星和卫星通信, 费用是一个很重要的因素。但是本书不涉及卫星通信系统的经济问题, 这里只对某些定性的因素给予简单的论述, 一些定量的数据将在十五章介绍。

对于某些需要提供的特殊业务, 使用卫星常常是唯一的途径, 或者是唯一实用的途径。例如, 对于太平洋上的某个小岛、加拿大北部的某个居民点或者对于大西洋上的某条船舶, 都能容易地由卫星提供可靠的高性能的数据或话音电路。在幅员广阔的地域, 启用卫星广播业务在经济上也是很吸引人的。卫星电路对距离不敏感(近似地讲), 费用和性能与地形无关, 这些都是重要的特性。一些专门的业务, 如气象图、救灾通信、精确时间传递以及长基线干涉仪等都可经卫星和相应的地球站提供。这些业务的一些定义和参考文献请见第 8 章。

许多组织对费用/效益作了仔细的分析。在许多情况下与微波中继和海底电缆相比, 证明卫星系统的费用是低廉的。把先进的卫星技术与一些成熟的技术(电缆、微波、无线电)及其它一些新技术(光纤、激光)进行比较也很重要, 但却难于作出恰当的评价。

再一个因素是卫星系统虽然有时并不是唯一的途径或费用上有时并不有利, 但它仍是一种有效的可供选择的手段。例如, 设计人员和操作人员可为地面系统增加额外的卫星电路以作备用、扩充容量, 以避免地面网络出现高峰过荷, 从而提高网络性能或者说使网络的溢出风险降至最低。因此即使卫星系统的初次费用或者使用期内的费用比较高, 它们在通信中也还是有它们应得的地位。

系统配置

根据上面讨论的一些因素, 倾向于有下面的系统配置。卫星上目前使用行波管放大器(TWTA), 每个放大器可能的输出功率为 20 到 200 瓦, 一个卫星有 4 至 24 个放大器。由于太阳是目前可供商用卫星使用的唯一大功率源, 所以卫星需要的一次大功率电源由大型

太阳帆板供给。卫星上使用大而复杂的天线系统。在卫星和地球站上的接收机都需要低噪声放大器 (LNA)。迄今为止,卫星还不能修理,所以必须有充分的星载备份部件和切换能力。

地球站上的发射机采用高功率放大器(HPA),这种放大器的容量高(100 至 600W)、体积大、价格贵。但是一条话音电路只要用一瓦的功率即可。高功放也常常接近于饱和工作,呈现非线性状态。地球站天线通常使用抛物面反射器,其直径从 2m (只接收电视、电话)、5m (多路电话和中速数据)一直到 30m (用于多用途的大容量站)。由于大天线的波束宽度窄以及卫星的移动,所以这种大站需要对卫星进行跟踪。

组网特性是很重要的,因为许多用户通常要在同一卫星通道中处理业务。在交调和干扰方面存在一些很重要的问题。在卫星设计中,线路估算要细心地进行,通常要达到零点几分贝的精度。在 1.3 节将给出一些例子。

1.2 数 字 通 信

下面将介绍采用数字通信的一些理由,并介绍数字卫星通信的概念。

为什么采用数字通信

作为引言的一部分,我们将回顾一下利用数字通信的一些理由。当然重点是关于卫星系统,所有的论点不一定都适应于每一种情况。各方面的理由可归类如下,并作扼要的讨论

(a) 兼容性,(b) 灵活性,(c) 经济性。

兼容性

一个越来越值得注意的因素是在地面通信中使用数字调制技术(2400 比特/秒(bps)到 1.544 兆比特/秒,最近更高)已被人们接受并且正在增长。话音业务仍然是主要的。数据业务约占 10%,并且正在上升。现在在 64 千比特/秒和 56 千比特/秒上使用编码话音的系统,在 40 千比特/秒和 32 千比特/秒上进行话音编码的一些系统正处于研制和现场试验中。这类卫星业务投入应用已有若干年了。话音处理(信源编码)可以在信源端或接近信源端进行。例如,3.4kHz 的话音信号可以使用线性预测编码处理,产生 2400 比特/秒的数字流,在恢复话音时可以得到良好的质量。这种信源编码以及它所显露的生命力对于各种数字通信方法的选择是很重要的。如在话音业务中一样,在测量以及某种程度上在电视传输中也存在着数字化的强烈趋势。

为了与像时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA)(分别于第 8 章和第 9 章讲述)那样的多址技术兼容,数字调制和数字缓冲寄存是必不可少的。数字形式也适宜进行保密编码,这在使用密码的安全保障系统中是必需的。数字方法还可适用于需要载波能量扩散和频带扩展技术的场合。

我们也注意到,某些卫星网络(私人的、专用的)不需要与外部的信号兼容,因而可以只以性能和费用为基础来决定调制、多址连接和编码的形式。某些私人网络和国家网络使用调频和移频键控,但许多网络则利用数字调制。

灵活性

或许地面网络选用数字调制的最重要原因是数字信号能够再生。虽然被噪声恶化,但接收到的比特流经解调后具有的差错却很少;然后这种经再生的比特流再去调制一个载波,

并发送到下一个中继器。显然,在商用通信卫星上目前还没有使用再生技术,但是这已是为时不久的事。在卫星上进行再生将会产生分隔上线和下线的效果。

因为“一比特就是一比特”,各分系统以同样的方式处理每个比特,所以能够获得一定的灵活性。通常,能够使用比特、字、消息分组或信息码组进行多路复用、交换、存储、再生和实现其它功能。信息内容不总是相关的。

数字信号的一个重要特点是能够进行差错控制,这给用户提供了降低差错率和提高可靠性的潜力。性能改善也意味着保真度好、信号参数变化范围小、分辨率高、信号纯净和响应时间快。在模拟系统中这些改善有时是得不到的。某些新业务之所以成为可能,就是因为数字系统具有这种灵活性。

经济性

数字通信系统正在充分利用集成电路技术,具体讲正在采用微处理器、存储器和中规模集成电路(MSI)。数字系统设计已经日益完善和自动化;同时各种功能,例如调制解调、编译码、变频和滤波正在向综合化的趋势发展。除了初次设计费用支付比较高外,预期这些数字分系统的制造是比较经济的。在安装后运转时,经验证明数字系统的操作和维护与模拟系统差不多。对某些数字系统来说设备已经简化,而且监测、告警和控制机构也都有所改善。对于某些卫星业务采用数字系统的一个充分理由是数字系统能使它们获得的容量增加。

存在某些明显的经济因素阻碍使用通信卫星。卫星技术性密集,有关的技术知识只为较少的团体熟悉。研究、开发和现场试验往往费时又费钱。生产准备费用可能也很高。除某些例外情况,要大规模地利用卫星现在容量还不够。当然,为了安装、操作和维护这种新设备,应当培训人员。同样,在这种尖端技术领域如同在计算机工业领域一样,设备很快就会过时。

数字卫星系统的概念

卫星通信系统包含一条以上的链路(半电路),一个网络也由这样的一些链路汇集而成,这些链路的工作受某种形式的控制。一条卫星通信链路由一个空间段(一个卫星或宇宙飞船)和一个地球段(一个、两个或更多个地球站)组成。

这些定义包括一些深空链路、遥测、跟踪和控制链路,当然还包括地球-卫星-地球链路以及各种网络。我们专门绘制了图 1.4 所示的系统,在该图中卫星的心脏部分是转发器和天线分系统。地球站由若干个分系统组成:射频发射机和接收机,中频发射部分和接收部分以及在链路两端的基带设备。图 1.5 示出了简化的地球站。调制(MOD)和解调(DEMOD)设备通常称为调制解调器(modem);编码和译码设备简称为编译码器(codec)。大部分通信链路都具有图 1.5 所示的各个单元。但也可能感兴趣的只是发送端或接收端,例如,一个终端¹⁾可以只用于发送,发往一个数据库的环境数据终端就属此类。又如,中央信息源可以工作于广播方式,给大量接收机提供新闻材料。

在模拟调制或数字调制中,信号-噪声比(SNR)、载波功率-噪声功率比(C/N)及载波-噪声密度比(C/N_0)等概念是大家熟知的,并适用于上行线和下行线。下面介绍 C/N 。链路

1) 在本书少数地方,术语“站”和“终端”是可互换使用的。一些作者把“终端”用于移动设备,另一些作者则用它来称呼站上的中频和基带设备。