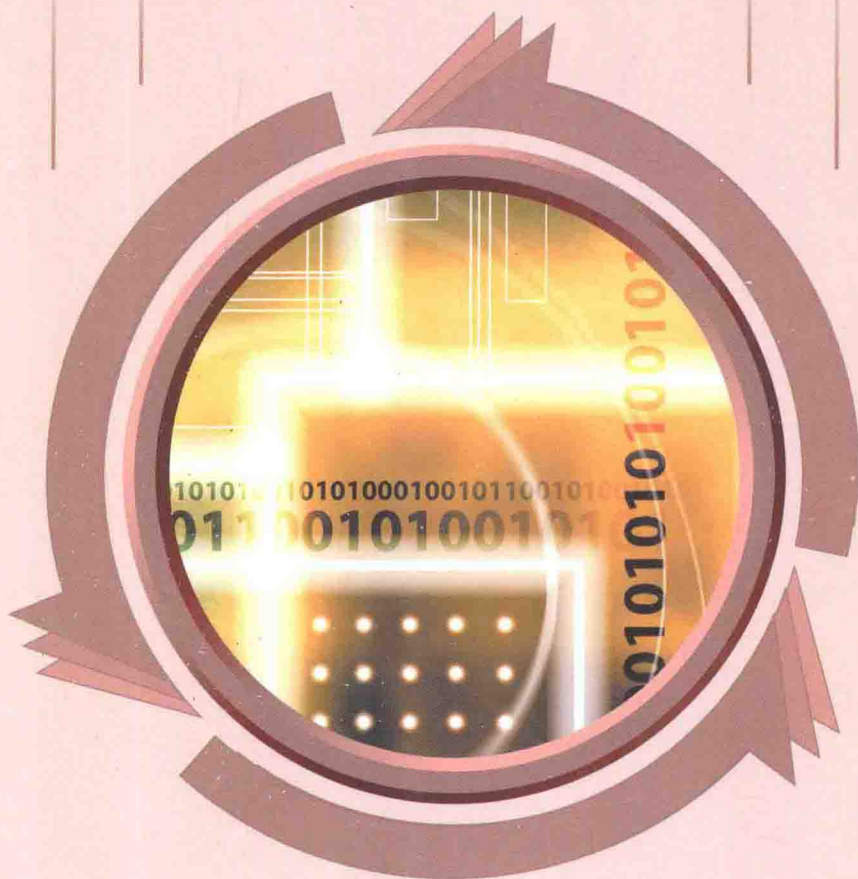


现代通信高技术丛书

卫星通信系统

王丽娜 主编
王 兵 周贤伟 黄旗明 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

现代通信高技术丛书

卫星通信系统

WeiXing TongXin XiTong

□ □ □ □

王丽娜 主编

王兵 周贤伟 黄旗明 编著

国防工业出版社
<http://www.ndip.cn>

内 容 简 介

本书对卫星通信系统的基本理论、基本技术,以及当前卫星通信领域研究的热点问题等做了比较系统、全面的阐述,基本反映了卫星通信发展的现状。

全书共分 10 章,内容包括卫星通信概述、卫星通信地球站、卫星通信线路、多址连接方式、星上处理技术和天线技术、卫星链路的调制技术、数字卫星链路的差错控制、VSAT 系统、卫星通信与互联网、卫星导航定位系统。

本书适合于高等院校通信专业的高年级学生和研究生,以及从事卫星通信专业的工程技术人员阅读,也可供从事相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

卫星通信系统 / 王丽娜主编; 王兵, 周贤伟, 黄旗明
编著. —北京: 国防工业出版社, 2006.5

(现代通信高技术丛书 / 周贤伟, 邓忠礼, 郑雪峰主
编)

ISBN 7-118-04344-3

I. 卫... II. ①王...②王...③周...④黄...

III. 卫星通信系统 IV. TN927

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 007349 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 19 $\frac{3}{4}$ 字数 448 千字

2006 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 37.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

《现代通信高技术丛书》编委会

名誉主任 周炯槃(院士)

总 编 宋俊德

主 编 周贤伟 邓忠礼 郑雪峰

副主编 曾广平 景晓军 雷雪梅 王丽娜 杨裕亮 马伍新

王祖珮 班晓娟 刘蕴络 王昭顺 王建萍 黄旗明

李新宇 杨 军 覃伯平 薛 楠

编 委 (按姓名笔画排序)

马伍新 王 丹 王 华 王 培 王 强 王庆梅

王丽娜 王建萍 王祖珮 王昭顺 王淑伟 韦 炜

尹立芳 邓忠礼 申吉红 付娅丽 白浩瀚 冯 震

冯晓莹 吕 越 朱 刚 闫 波 安 然 刘 宁

刘 宾 刘 潇 刘志强 刘晓娟 刘蕴络 关靖远

孙 硕 孙亚军 孙辰宇 孙晓辉 李 杰 李宏明

李新宇 苏力萍 肖超恩 吴齐跃 宋俊德 张海波

张臻贤 陈建军 林 亮 杨 军 杨文星 杨裕亮

周 蓉 周贤伟 郑如鹏 郑雪峰 孟 潭 赵鹏(男)

赵鹏(女) 赵会敏 胡周杰 施德军 姜 美 姚恒艳

班晓娟 崔 旭 黄旗明 韩 旭 韩丽楠 覃伯平

景晓军 曾广平 雷雪梅 薛 楠 霍秀丽 戴昕昱

丛书策划 王祖珮

序

当今世界已经进入了信息时代,信息成为一种重要的战略资源,信息科学成为最为活跃的学科领域之一,信息技术改变着人们的生活和工作方式,信息产业已经成为国民经济的主导产业,作为信息传输基础的通信技术则成为信息产业中发展最为迅速,进步最快的行业。目前,个人通信系统和超高速通信网络迅猛发展,推动了信息科学的进一步发展,并成为 21 世纪国际社会和全球经济的强大动力。

随着通信技术日新月异,学习通信专业知识不但需要扎实的专业基础,而且需要学习和了解更多的现代通信技术和理论,特别是数字通信、卫星通信以及传感器网络的现代通信技术方面的知识。从有线通信到无线通信,从固定设备间的通信到移动通信,从无线通信到无线因特网,到传感器网络技术。未来的通信将为人们提供全方位以及无缝的移动性接入,最终实现任何人在任何地方、任何时间进行任何方式的通信,使得通信技术适应社会的发展需要呈现经久不衰的势头。

网络技术的飞速发展,通信技术在经济发展中的重要地位日趋重要,世界各国特别重视通信技术的理论研究和通信技术专业人才的培养,国外有关通信领域的文献资料和专著较多。就国内来讲,通信专业人才大量急需,为适应社会经济发展的需要,各高校和科研单位都在培养社会所需的通信专业人才。

为了增进通信及安全技术领域的学术交流,为了满足通信及信息安全专业领域的读者的需要,提供一套能系统、全面地介绍和讲解通信技术原理及新技术的系列丛书,北京科技大学等组织编写了这套《现代通信高技术丛书》。这套丛书内容涵盖了通信技术的主要专业领域,既可作为高等院校通信类、信息类、电子类、计算机类专业高年级本科生或研究生的教材,又可作为有关通信技术和科研人员的技术参考书。

我觉得这套丛书的特点是内容全面、技术新颖、理论联系实际,针对目前

我国通信技术发展情况与目前已有的相关出版物之间已有一定距离这一情况,本丛书立足于现在,通过对基本的技术进行分析,由浅入深,努力反映通信技术领域的新成果、新技术和进展,是国内目前较为全面、技术领先、适用面广的一套丛书。在我国大量培养通信专业人才的今天,这套丛书的出版是非常及时和十分有益的。

我代表编委会对丛书的作者和广大读者表示感谢!欢迎广大读者提出宝贵意见,以使丛书进一步修改完善。

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized Chinese characters, likely the name of the editor-in-chief.

2005年3月20日

前 言

卫星通信是通信技术、计算机技术和航空航天技术相结合的重要成果,在国际通信、国内通信、国防、移动通信以及广播电视等领域均得到了广泛的应用。与其他通信方式相比,卫星通信具有一些无法比拟的优势,经过几十年的发展,已经成为最强有力的现代通信手段之一。

本书比较系统、全面地阐述了卫星通信系统的基本理论、基本技术,以及当前卫星通信领域研究的热点问题等,力求兼顾理论性、实用性、系统性和方向性。全书共分 10 章:第 1 章概括介绍了卫星通信的发展历程、卫星通信系统的组成、作用、工作过程、工作频段、卫星运动轨道等基本问题;第 2 章详细地叙述了卫星通信地球站的各个组成部分及其功能,包括天线系统、发射系统、接收系统、终端系统、通信控制系统和电源系统,最后对地球站回波抵消设备做了简单介绍;第 3 章对卫星通信线路的传输损耗、噪声和各种干扰的影响进行了分析,对卫星线路载噪比的计算进行了讨论,最后叙述了卫星通信系统线路的设计与计算;第 4 章讲述了频分多址、时分多址、码分多址、空分多址、卫星 FDMA/TDMA、随机多址、预约多址等各种多址连接方式;第 5 章论述了星上处理和交换技术、天线技术和星上抗干扰处理技术;第 6 章讲解了卫星链路的调制技术;第 7 章对数字卫星链路的差错控制进行了阐述;第 8 章着重讲述了 VSAT 系统;第 9 章分析和讨论卫星通信与互联网互连的可行性及关键技术;第 10 章简要地介绍了卫星导航定位系统的发展情况,对 GPS 卫星导航定位技术和定位原理进行了论述。

本书是在北京科技大学的大力支持、鼓励下完成的,在本书的编写过程中有幸得到了哈尔滨工业大学顾学迈教授和郭庆教授的指导,提出了宝贵意见,对两位教授付出的辛勤劳动表示深深地谢意;哈尔滨工业大学安天瑜博士也对本书的编写做了一些具体的工作,在此表示衷心的感谢;对本书选用的参考文献的各位著译者致以崇高的敬意和谢意。

由于作者学识水平有限,书中难免有纰漏之处,敬请读者不吝斧正。

编著者
2005 年 8 月

目 录

第 1 章 卫星通信概述	1
1.1 卫星通信的发展历程	1
1.2 卫星通信系统分类	3
1.3 卫星通信存在的主要问题	4
1.4 卫星通信系统的组成及工作过程	5
1.4.1 卫星通信系统的组成	5
1.4.2 卫星通信系统的工作过程	6
1.5 卫星运动轨道	7
1.5.1 卫星围绕地球运动的方程	7
1.5.2 卫星运动的基本规律	7
1.5.3 卫星轨道的分类	8
1.5.4 卫星轨道的摄动与分析	9
1.5.5 轨道形状和卫星速度的关系	11
1.6 通信卫星的组成	11
1.6.1 通信分系统	12
1.6.2 天线分系统	13
1.6.3 跟踪、遥测和指令(TT&C)分系统	15
1.6.4 控制分系统	15
1.6.5 电源分系统	15
1.7 卫星通信使用的频率	16
1.8 卫星通信技术的基本参数	17
1.8.1 有效全向辐射功率	17
1.8.2 噪声系数和等效噪声温度	18
1.8.3 载噪比	19
1.8.4 地球站的品质因数	20
1.8.5 卫星转发器饱和通量密度	21
1.8.6 门限载噪比	21
小结	22
参考文献	22
第 2 章 卫星通信地球站	23
2.1 地球站的分类及组成	23
2.2 地球站站址的选择与布局	24

2.2.1	地球站站址的选择	24
2.2.2	地球站的布局	27
2.3	地球站天线系统	27
2.3.1	对天线系统的基本性能要求	28
2.3.2	天线类型	29
2.3.3	馈源系统	32
2.3.4	跟踪伺服系统	33
2.4	地球站发射系统	39
2.4.1	对地球站发射系统的要求	40
2.4.2	高功率放大器(HPA)	40
2.4.3	上变频器(UC)	46
2.4.4	本机振荡器(泵源)	48
2.5	地球站接收系统	49
2.5.1	对地球站接收系统的要求	50
2.5.2	低噪声放大器(LNA)	50
2.5.3	下变频器(DC)	53
2.6	其他系统和设备	55
2.6.1	终端系统	55
2.6.2	通信控制系统	55
2.6.3	电源系统	57
2.6.4	地球站回波抵消设备	60
	小结	62
	参考文献	62
第3章	卫星通信线路	63
3.1	星-地线路传输损耗	64
3.1.1	自由空间传播损耗	64
3.1.2	大气吸收损耗	65
3.1.3	馈线损耗	66
3.1.4	天线指向误差损耗	66
3.1.5	法拉第旋转	67
3.1.6	电离层闪烁	68
3.1.7	降雨衰减	68
3.1.8	多径衰落	69
3.2	卫星通信线路的噪声和干扰	70
3.2.1	天线噪声	71
3.2.2	交调噪声	73
3.2.3	其他干扰	74
3.3	卫星通信线路中的载噪比	77
3.3.1	上行线路载噪比与卫星品质因数	77

3.3.2	下行线路载噪比与地球站品质因数	79
3.3.3	卫星转发器载波功率和交调噪声功率比	79
3.3.4	卫星通信线路的总载噪比	80
3.3.5	门限备余量和降雨备余量	82
3.4	卫星通信系统线路设计与计算	83
3.4.1	卫星通信系统线路设计步骤	83
3.4.2	卫星通信系统线路设计实例	83
小结		93
参考文献		93
第4章	多址连接方式	95
4.1	频分多址方式	95
4.1.1	FDMA 终端设备的组成	97
4.1.2	FDMA 方式的类型	98
4.1.3	FDMA 方式的交调干扰与能量扩散	101
4.2	时分多址方式	107
4.2.1	TDMA 终端设备的组成	108
4.2.2	TDMA 方式的类型	110
4.2.3	TDMA 的帧结构	111
4.2.4	TDMA 帧长的选择	112
4.2.5	初始捕获与分帧同步	115
4.3	码分多址方式	118
4.3.1	直接序列扩频码分多址(CDMA/DS)方式	119
4.3.2	跳频码分多址(CDMA/FH)方式	119
4.4	空分多址方式	121
4.5	卫星交换 FDMA/TDMA 方式	122
4.5.1	卫星交换 FDMA	123
4.5.2	卫星交换 TDMA	124
4.6	随机(争用)多址方式	125
4.6.1	纯 ALOHA(P - ALOHA)方式	126
4.6.2	时隙 ALOHA(S - ALOHA)	128
4.6.3	具有捕获效应的 ALOHA(C - ALOHA)	129
4.6.4	选择拒绝 ALOHA(SREJ - ALOHA)	129
4.7	可控(预约)多址方式	131
4.7.1	预约 ALOHA(R - ALOHA)	131
4.7.2	自适应 TDMA(AA - TDMA)	132
小结		133
参考文献		134
第5章	星上处理技术和天线技术	135
5.1	具有星上处理和星上交换能力的转发器	135

5.1.1	载波处理转发器	136
5.1.2	比特流处理转发器	138
5.1.3	全基带处理转发器	143
5.2	多波束卫星天线技术	145
5.2.1	多波束反射面天线	146
5.2.2	多波束透镜天线	147
5.2.3	多波束阵列天线	148
5.2.4	智能相控阵天线	151
5.3	星上抗干扰处理技术	152
5.3.1	天线自适应调零技术	152
5.3.2	智能自动增益控制	153
	小结	154
	参考文献	154
第 6 章	卫星链路的调制技术	155
6.1	模拟信号的调制	155
6.1.1	FM 信号的产生	155
6.1.2	FM 信号的解调	156
6.1.3	FM 信号的传输特性	157
6.2	数字调制和解调	158
6.2.1	相移键控调制	159
6.2.2	频移键控调制	165
6.3	多载波调制	171
6.4	正交幅度调制	172
6.4.1	QAM 的一般原理	172
6.4.2	叠加式 QAM	175
6.5	编码调制	177
6.5.1	网格编码调制	177
6.5.2	分组编码调制	182
6.5.3	多路网格编码调制和多路分组编码调制	183
	小结	183
	参考文献	184
第 7 章	数字卫星链路的差错控制	185
7.1	差错控制方式	185
7.1.1	自动请求重发	185
7.1.2	前向纠错	187
7.2	差错控制编码的几个基本概念	188
7.2.1	信息码元和监督码元	188
7.2.2	许用码组与禁用码组	188
7.2.3	码重与码距	189

7.3 线性分组码	190
7.4 循环码	196
7.4.1 循环码的特点	196
7.4.2 循环码的生成	197
7.4.3 汉明(Hamming)码	199
7.4.4 BCH 码	200
7.4.5 格雷(Golay)码	200
7.4.6 里德-所罗门(RS)码	200
7.5 卷积码	201
7.6 级联码和交织技术	203
7.6.1 级联码	203
7.6.2 交织码	204
7.7 Turbo 码	205
7.7.1 Turbo 码编码	206
7.7.2 Turbo 码译码	207
7.7.3 影响 Turbo 码性能的参数	208
7.7.4 Turbo 码的性能	209
小结	209
参考文献	210
第 8 章 VSAT 系统	211
8.1 组网方式及网络组成	211
8.1.1 组网方式	211
8.1.2 VSAT 网组成	213
8.2 VSAT 系统的工作原理及关键技术	215
8.2.1 VSAT 的工作过程	215
8.2.2 VSAT 网多址协议应用概况与用户选择	217
8.2.3 VSAT 系统信号传输技术	219
8.3 VSAT 网的主要传输体制	220
8.3.1 传输体制的选择依据	220
8.3.2 VSAT 数据网的传输体制	221
8.3.3 VSAT 电话网的传输体制	222
8.4 VSAT 电话网	222
8.5 VSAT 系统设计	224
8.5.1 用户需求分析	224
8.5.2 VSAT 的总体设计	225
8.5.3 VSAT 卫星通信系统的工程建设	227
小结	229
参考文献	229
第 9 章 卫星通信与互联网	230

9.1 基于卫星的互联网	231
9.2 TCP 协议及其控制机制	233
9.2.1 几种 TCP 协议版本	233
9.2.2 TCP 控制机制	237
9.3 影响 TCP 性能的卫星链路特性	239
9.3.1 长传播延时	239
9.3.2 高误码率	240
9.3.3 信道非对称性	240
9.4 改善卫星通信系统中 TCP 性能的措施	240
9.4.1 链路层解决方案	241
9.4.2 端到端的解决方案	241
9.4.3 划分 TCP 连接的解决方案	245
9.5 宽带卫星 IP 技术	248
9.5.1 宽带卫星 IP 通信的特点	248
9.5.2 现有的宽带卫星 IP 通信系统	249
9.5.3 宽带卫星 IP 通信关键技术	253
小结	256
参考文献	257
第 10 章 卫星导航定位系统	259
10.1 卫星导航定位系统介绍	259
10.1.1 子午仪卫星导航系统	259
10.1.2 GPS 卫星全球定位系统	260
10.1.3 GLONASS 全球导航卫星系统	262
10.1.4 Galileo 卫星导航定位系统	263
10.1.5 北斗卫星导航定位系统	264
10.2 GPS 卫星导航定位信号	265
10.2.1 伪噪声码及其生成	268
10.2.2 GPS 卫星的伪噪声码	273
10.3 GPS 信号接收机	278
10.3.1 GPS 信号接收机的类型	278
10.3.2 GPS 信号接收机的基本结构	279
10.3.3 GPS 信号接收机的工作原理	282
10.4 GPS 定位原理	287
10.4.1 GPS 伪距测量定位	288
10.4.2 GPS 载波相位测量定位	298
小结	301
参考文献	301

第 1 章 卫星通信概述

卫星通信,指的是设置在地球上(包括地面、水面和低层大气中)的无线电通信站之间利用人造地球卫星作中继站转发或反射无线电波,在 2 个或多个地球站之间进行的通信。

卫星通信是在地面微波中继通信和空间电子技术的基础上发展起来的,它是宇宙无线通信的主要形式之一,也是微波通信发展的一种特殊形式。与其他通信方式相比,卫星通信具有覆盖面广、通信容量大、距离远、不受地理条件限制、性能稳定可靠等优点,卫星本身还具有独特的广播特性,组网灵活,易于实现多址连接,可以作为陆地移动通信的扩展、延伸、补充和备用,因此,对航空用户、航海用户、缺乏地面通信基础设施的偏远地区用户,以及对网络实时性要求较高的专门用户都具有很大的吸引力。此外,卫星还能够提供直接到家庭(DTH, Direct To Home)的 Internet 服务(如 Hughes 网络系统的 DirectPC),是解决 Last-mile 问题的最佳方案之一,也是向全球用户提供宽带综合 Internet 业务的最佳选择。由于卫星通信具有上述优点,因此它自诞生之日起便得到了迅猛发展,成为当今通信领域中最为重要的一种通信方式。

1.1 卫星通信的发展历程

卫星通信发展的历史最早要追溯到 1945 年 10 月,当时的英国空军雷达军官阿瑟·克拉克(Arthur C. Clarke)在《无线电世界》杂志上发表了“地球外的中继站”(Extra-Terrestrial Relays)一文^[1]。在这篇文章中,克拉克提出在圆形赤道轨道上空、高度为 35 786km 处设置 1 颗卫星,每小时绕地球旋转 1 次,旋转方向与地球自转方向相同,该卫星与地球以相同的角速度绕太阳旋转,因此,对于地球上的观察者来说,这颗卫星是相对静止的。克拉克在文中还提到,用太阳能作动力,在赤道上空的静止(或称同步)轨道上配置 3 颗静止卫星,即可实现全球通信,如图 1-1 所示。

1957 年 10 月,苏联成功发射了世界上第 1 颗低轨人造地球卫星 Sputnik。

1958 年,美国发射了第 1 颗卫星,第 1 次通过卫星实现了话音通信。

1958 年,美国宇航局(NASA)发射了“斯柯尔”卫星(SCORE),通过它传播了艾森豪威尔总统的圣诞节祝词。

1960 年,美国国防部发射了“信使”(COVRIER)有源无线电中继卫星,它可以接收和存储 360 000 个字符,并可以转发给地球站。

1962 年,美国电话电报公司(AT & T)发射了“电星”(TELSAT),它可进行电话、电视、传真和数据的传输。

1964 年 8 月,美国发射了第 1 颗静止轨道的通信卫星“辛康姆 3 号”(SYNCOM 3),并利用它成功地进行了电话、电视和传真的传输试验。同年,国际电信卫星组织(INTELSAT, International Telecommunication Satellite Organization)成立。至此,卫星通信完成了早期

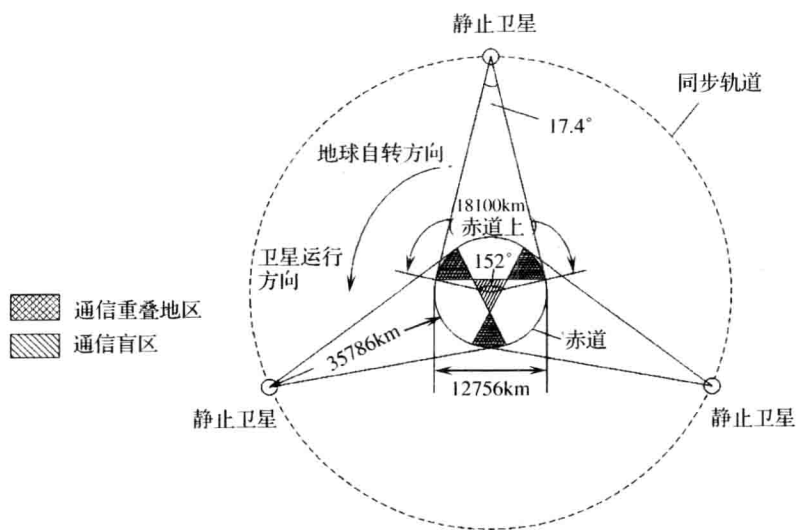


图 1-1 3 颗静止卫星实现全球通信

的试验阶段而转向实用阶段。

1965 年 4 月,INTELSAT 把原名为“晨鸟”(EARLY BIRD)的第 1 代“国际电信卫星”(INTELSAT-I,简记为 S-I)射入地球同步轨道。该卫星是一颗商用通信卫星,它首先在大西洋地区开始进行商用国际通信业务,由美国通信卫星公司(COMSAT)负责管理。两周后,苏联成功地发射了第 1 颗非同步通信卫星“闪电”(MOLNIYA)1 号,对其北方、西伯利亚、中亚地区提供电视、广播、传真和其他一些电话业务。卫星通信由此进入了实用阶段。

1968 年,美国军方发射了“林肯”试验卫星(IES-6)。

1969 年,美国军方发射了第 1 代战术通信卫星(TACSAT-I),可以转发 10 000 条话音信道。

1970 年 4 月 24 日,中国在酒泉卫星发射中心成功地发射了第 1 颗人造地球卫星“东方红一号”(DFH-1)。

1972 年,加拿大通信卫星公司发射了第 1 颗国内通信卫星“阿尼克”(ANIK),率先开展了国内卫星通信业务,并取得了一定的经济效益。

1975 年,第 1 次通过卫星从美国到印度成功实现了直接广播试验,开始了广播卫星业务(BSS)阶段。

1976 年,第 1 代移动通信卫星发射(3 颗静止卫星 MARISAT),开始了移动卫星业务(MSS)阶段。

1979 年,国际海事卫星组织(INMARSAT, International Maritime Satellite)宣告正式成立,它是一个提供全球范围内移动卫星通信的政府间合作机构。

1982 年,国际海事卫星通信进入运行阶段(INMARSAT-A,移动卫星电话系统)。

1984 年,第 1 个直接到家庭(DTH)系统在日本进入运行。

1984 年 4 月 8 日,中国首次成功发射了由中国空间技术研究院研制的“东方红二号”(DFH-2)卫星,该卫星是一颗静止轨道卫星,是中国国内用于远距离电视传输的主要卫

星。“东方红二号”卫星的成功发射翻开了中国利用本国的通信卫星进行卫星通信的历史,使中国成为世界上第5个独立研制和发射静止轨道卫星的国家。

1986年2月1日,中国成功发射了第2颗“东方红二号”卫星。

1988年至1990年,中国相继成功发射了3颗“东方红二号甲”(DFH-2A)卫星,“东方红二号甲”卫星是“东方红二号”卫星的改型星,主要为国内的通信、广播、交通、水利、教育等部门提供了各种服务。

1990年,INMARSAT启用了第1个商用航空地球站航空系统,从此开始利用 INMARSAT 卫星服务于全球。

1995年,商用低轨卫星系统(ORBCOM)第1次传送低速数据试验成功。

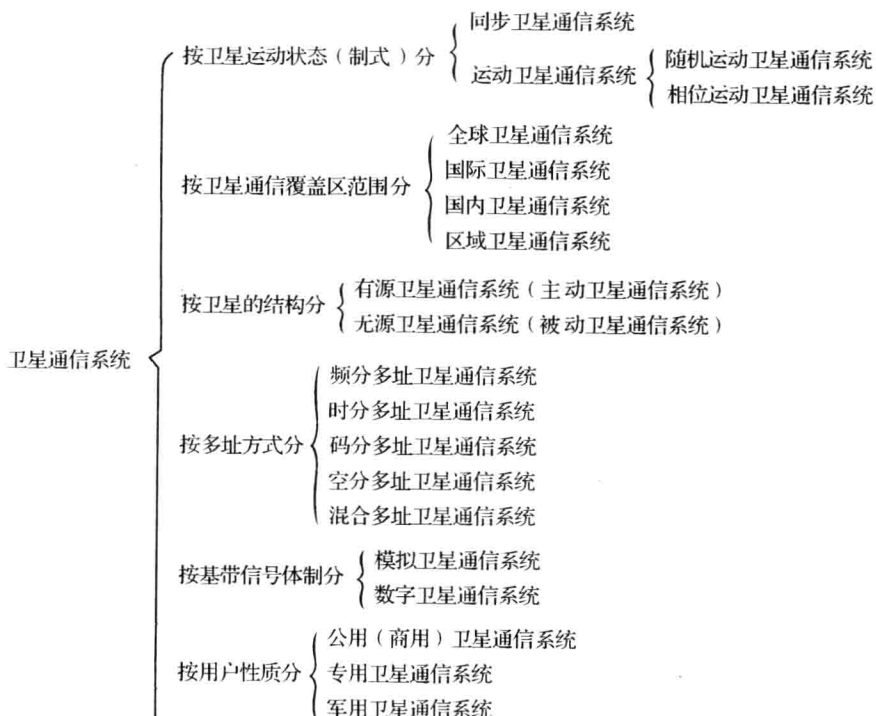
1997年5月12日,中国成功发射了第3代通信卫星“东方红三号”(DFH-3)卫星,主要用于电视传输、电话、电报、传真、广播和数据传输等业务。

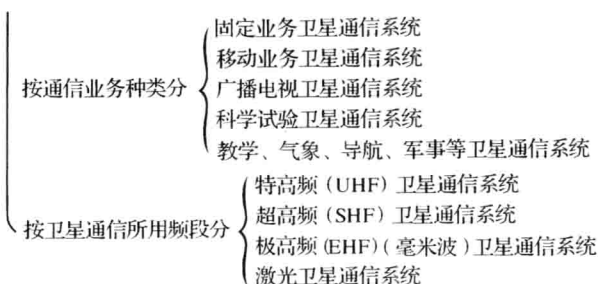
1998年,通过LEO星座引入手机通信业务,从而使得非静止轨道卫星进入运行阶段。

2000年至2005年,引入了宽带个人通信;轨道卫星残骸将成为问题;Ka频段系统得到迅速发展;多个低轨道和中轨道星座系统将投入运行。

1.2 卫星通信系统分类

卫星通信系统有很多分类方法,可以按照卫星的运动状态(制式)、卫星的通信覆盖区范围、卫星的结构(或转发无线电信号的能力)、多址方式、基带信号的体制、用户性质、通信业务种类以及卫星通信所用频段的不同来划分^[2,3]。典型的分类方法如下所示。





上述各种分类方法从不同的角度反映出卫星通信系统的特点、性质和用途,若将它们综合起来,便可较全面地描绘出某一具体的卫星通信系统的特征。

1.3 卫星通信存在的主要问题

卫星通信与其他通信方式相比,具有许多不可比拟的优势,但是凡事均具有两面性,卫星通信在某些方面也存在着一一些不足。

1) 通信时延较长

对于地球同步卫星而言,其离地面的距离为 35 786km,发端信号经过卫星转发到收端地球站,传输时延可达 270ms。如果要再转接到另一颗卫星通话的话,时延更长。中、低轨道卫星的传输时延较小些,但也有 100ms 左右。

2) 作为一个开放的通信系统,其通信链路易受外部条件影响

由于卫星通信的电波要通过大气层,所以其通信链路易受外部条件如通信信号间的干扰,大气层微粒(雨滴等)的散射、吸收,电离层闪烁,太阳噪声,宇宙噪声的影响。

3) 存在星蚀和日凌中断现象

每年春分(3月21日或20日)或者秋分(9月23日或24日)前后数日,太阳、地球和卫星三者将运行到一条直线上,且卫星运行到太阳和地球站之间时,这时地球站的抛物面接收天线不仅对准卫星,也正好对着太阳,如图 1-2 所示。地球站在接收卫星下行信号的同时,也会接收到大量的频谱很宽的太阳噪声,造成对卫星信号的干扰,从而使接收信杂比大大下降,严重时甚至使信号被太阳噪声淹没,信号完全中断。随着卫星、太阳和地球运动到不在一条直线上,信号才渐渐恢复正常。我们把这种现象称为日凌。

当卫星、地球和太阳三者处于同一直线时,并且卫星进入地球的阴影区时,会出现星蚀现象,如图 1-3 所示。在星蚀期间,卫星的太阳能电池无法使用。此时,卫星只能靠自带的蓄电池供电。

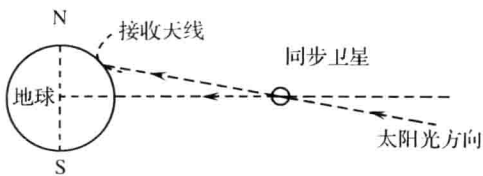


图 1-2 日凌现象(北半球)示意图

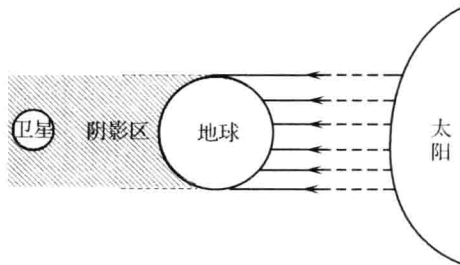


图 1-3 星蚀现象(北半球)示意图