

CHINA FILM PRESS

Satellite Technology

卫星技术概论

安德鲁·F·英格里斯 阿奇·C·卢瑟 著

Andrew F. Inglis Arch C. Luther



中国电影出版社

中 文 版 序 言

卫星通信与卫星广播电视无疑是 20 世纪最重大的科技成果之一。从 1945 年 10 月英国科学家克拉克提出用三颗同步卫星实现全球通信的科学设想到 1957 年 10 月 4 日前苏联发射世界第一颗人造地球卫星,从 1964 年美国第一次用地球同步卫星转播东京奥运会电视实况到 1978 年日本发射世界最早的实验广播卫星(BSE),以至 1993 年美国发射数字压缩电视直播卫星和 1994 年 6 月成功启动全系统商业运营,卫星技术经历了异乎寻常的高速发展。今天,当大家能灵活地与全球各地进行十分方便而可靠的通信、通话时,当我们端坐家中就能欣赏发自世界另一端的广播电视实况转播时,当网民们通过互联网能快捷地获取世界各处丰富多样的信息时,我们都会为 20 世纪这一杰出的高科技成就而叹服。

诚如本书第一版前言中所述,本书以非专家能接受的语言对卫星技术作了较全面的阐述,它对广大广播电视工作者、通信科技人员和大专院校师生都是系统学习卫星知识、卫星通信与卫星广播电视科学技术的一本良好的入门书,也是进一步深造的基础性读本。美国在通信与广播电视中应用卫星最早也最广泛,在商业运营与管制法规上也有不少经验可供我们参考借鉴。

我国从 1965 年就开始着手制订研究和发射人造地球卫星

2 卫星技术概论

的计划,在国防与航天科技人员艰苦卓绝、奋勇攻关的努力下,“两弹一星”成为新中国最辉煌的科技成果之一。通过“星网结合”的覆盖方针,我国能在短时间内使幅员辽阔、地形复杂的祖国大地上的广大人民群众收听收看到了丰富多彩的广播电视节目。通过卫星,中央电视台的节目还送到了全世界。为了补充介绍我国在卫星广播电视与卫星通信方面的发展概况与特点,我们准备了附录B,希望它对广大的中国读者有所帮助。

21世纪的卫星技术将会有更多的新进展。希望读者中的有心人能把你们读完本书的意见、看法与建议通过出版社反馈给我们,作为今后编译类似书籍时的重要参考依据。谢谢。

译者

2000年3月

第一版前言

在过去的 15 年,应用通信卫星传输与分配广播电视节目有了明显的增长。卫星从一个有不确定的未来的高技术的新生事物发展为这些行业必不可少的组成部分。最初它们被认为主要对传输语音与数据通信有用,但是当对卫星的性能理解更深后,卫星在传输与分配电视节目中发挥了同等的、甚至更重要的作用。以后,卫星又广泛地用于分配广播节目。

目前,在卫星与广播电视行业之间有一种协作关系。广播电视行业为卫星通信业务提供了主要的市场,而且也高度依赖于这些业务。如果没有使用卫星,无论有线电视(CATV)还是电子新闻采集(ENG)都不能达到现在的发展水平。

在广播与电视行业采用卫星为这些行业技术界的成员创造了新的挑战与机遇时,负责广播与有线电视系统设计与运营的工程师们必须学习卫星的新概念、新词汇与新技术。正在进行为将来受雇于广播与电视公司工程部门工作的学习课程的大学生们同样需要卫星知识。

本书以非专家能接受的语言提供卫星技术入门知识,为这一领域的学习做出了贡献。本书的题材宽广,是从卫星运营理论到移动地球站初始调整的实用指南。对于希望进一步学习卫星技术知识的读者,本书还列出了参考文献表。

4 卫星技术概论

作者对提供参考材料和宝贵建议的广播与卫星行业的许多同仁深表感激。作者感谢韦恩·罗林斯和他在萨克拉门托的KVRA电视台的同事,他们提供了卫星新闻采集(SNG)地球站实际运营的信息。尤其要感谢GE美国通信公司的沃尔特·布朗、约翰·克里斯托弗和马文·弗里林。他们提供了必不可少的帮助,而且仔细地阅读了手稿,使它技术上更准确。如果仍有差错,那就是作者的过错了!

第二版前言

在本书第一版写作后的七年中,卫星通信行业和它的用户都没有停止不前。实际上,出现了重大的扩展与重大的变化。其中,数字卫星与数字直播卫星广播业务的成熟是相当重要的扩展与变化。仅仅这些就值得编写第二版。

卫星设计技术也进步了,可以建造更大、更高功率的卫星,并可经济地投入运营。

本书的作者也有了变化。安德鲁·F·英格里斯已完全退出写作,他邀请他的朋友,一位(七本书)有经验的作者阿奇·C·卢瑟作为共同作者参与编写。阿奇对第二版的写作主要负责。

正如与此相似的其他项目那样,作者依靠了其他人提供的信息源,并得到了许多检查、评论与鼓励。对于第二版,我们必须感谢 GE Americom(美国通信公司)沃尔特·布朗与丹尼·哈莱尔的帮助。

目 录

中文版序言	1
第一版前言	3
第二版前言	5
第 1 章 卫星通信系统	1
1.1 引言	1
1.1.1 卫星通信系统的组成	1
1.1.2 卫星服务区	3
1.1.3 卫星的频段	3
1.1.4 传输方式	4
1.1.4.1 调幅传输	4
1.1.4.2 调频传输	4
1.1.4.3 数字传输	5
1.1.5 相竞争的传输媒体	5
1.1.6 信息高速公路	6
1.2 卫星轨道	7
1.2.1 地球同步轨道的位置	7
1.2.2 轨(道)位(置)	9
1.2.3 西半球轨位的划分和指配	9

2 卫星技术概论

1.2.3.1 美国	10
1.2.3.2 加拿大	12
1.2.3.3 墨西哥和南美洲	13
1.2.4 卫星观察角或仰角	15
1.2.5 主要轨道弧段	15
1.2.6 星蚀	16
1.2.7 日凌中断	16
1.3 卫星发射	17
1.3.1 可扩展火箭	18
1.3.2 航天飞机	19
1.3.3 发射运载工具的历史和现状	19
1.4 通信卫星	20
1.4.1 卫星服务舱	20
1.4.2 有效载荷	21
1.5 地球站	21
1.5.1 地球站的类型	21
1.5.2 上行地球站	22
1.5.3 下行地球站	23
1.6 小结	24
第2章 广播电视卫星	25
2.1 卫星的独特优点	25
2.2 修订管制规章	26
2.2.1 费率	26
2.2.2 单收地球站	26
2.3 有线电视系统对卫星的应用	27
2.3.1 发展史	28

2.3.2	由卫星分配的有线电视节目业务	28
2.3.3	加扰	29
2.4	电视广播对卫星的应用	29
2.4.1	公共广播公司(PBS)	29
2.4.2	主要的商业广播网	30
2.4.3	专用和特设网络	31
2.4.4	节目的联合经营	31
2.4.5	电子新闻采集	32
2.4.6	电视广播电台的地球站设备	32
2.5	直接到户广播	33
2.5.1	后院碟形天线	33
2.5.2	直接到户广播市场	33
2.5.3	功率与天线尺寸之间的折衷办法	34
2.5.4	C 频段节目分配	34
2.5.5	Ku 频段节目分配	35
2.5.6	加扰	35
2.5.7	直播卫星(DBS)	37
2.6	私营电视系统	38
2.6.1	B-MAC 传输	38
2.6.2	甚小口径终端(VSAT)网络	39
2.7	国际电视业务	39
2.7.1	国际通信卫星组织(Intelsat)和 通信卫星公司(Comsat)	39
2.7.2	相互竞争的国际业务	40
2.8	卫星的广播应用	41
2.9	电视节目传输使用的转发器	42

第 3 章 通信卫星	43
3.1 卫星的分类	43
3.1.1 用途分类	43
3.1.2 技术分类	44
3.1.2.1 频段	44
3.1.2.2 服务区	45
3.2 C 频段和 Ku 频段卫星的比较	45
3.2.1 频率共用	46
3.2.2 天线尺寸	46
3.2.3 下行链路功率限制	46
3.2.4 地球站费用	46
3.2.5 卫星费用	46
3.2.6 雨致衰减	47
3.2.7 C 频段和 Ku 频段的当前使用情况	47
3.3 通信卫星的设计	48
3.3.1 卫星服务舱	48
3.3.1.1 卫星星体结构	48
3.3.1.2 电源系统	50
3.3.1.3 指令和控制系统	50
3.3.1.4 轨位和姿态保持	51
3.3.1.5 信标	51
3.3.2 卫星的有效载荷	52
3.3.2.1 频率重复使用	52
3.3.2.2 有效载荷信号路径	52
3.3.2.3 卫星天线	53
3.3.2.4 卫星接收机	54

3.3.2.5	卫星转发器	54
3.3.2.6	转发器业务容量	56
3.4	C 频段 FSS 卫星	56
3.4.1	频道配置	56
3.4.2	下行链路功率密度	56
3.5	Ku 频段 FSS 卫星	57
3.5.1	频道配置	57
3.5.2	下行链路功率密度限制	58
3.6	混合型 FSS 卫星	58
3.6.1	描述	58
3.6.2	应用	58
3.7	BSS 卫星	59
3.7.1	国际系统的规范	59
3.7.2	BSS 卫星的规范	59
第 4 章	地球站	61
4.1	天线	61
4.1.1	天线类型	61
4.1.1.1	单波束天线	62
4.1.1.2	多波束天线	63
4.1.2	电气性能标准	64
4.1.2.1	天线的方向性	64
4.1.2.2	FCC 的天线方向性规范	67
4.1.2.3	天线增益	67
4.1.2.4	极化隔离度	68
4.1.3	结构和环境要求	69
4.1.3.1	机械稳定性	69

4.1.3.2	其他环境因素	70
4.1.4	天线附属设备	71
4.1.4.1	天线指向设施	71
4.1.4.2	预置位置	71
4.1.4.3	极化控制	71
4.1.4.4	除冰器	72
4.2	信号处理	72
4.2.1	频率调制	72
4.2.1.1	视频预加重	72
4.2.1.2	音频预加重	73
4.2.1.3	边带能量扩散(C频段)	73
4.2.1.4	载波的产生	74
4.2.1.5	音频副载波	74
4.2.1.6	调制器和滤波器	75
4.2.2	数字调制	75
4.2.2.1	模拟/数字转换	76
4.2.2.2	视频压缩	77
4.2.2.3	音频压缩	78
4.2.2.4	误码保护	79
4.2.2.5	打包	80
4.2.2.6	信道编码	80
4.2.3	信号保密性	81
4.2.3.1	保密目标	82
4.2.3.2	Video Cipher II ⁺ 加扰系统	83
4.2.3.3	B-MAC	84
4.2.3.4	力取(Leitch)数字加扰系统	84
4.2.3.5	视频密码(VideoCrypt)数字加扰系统	85

4.3 上行地球站	86
4.3.1 上行链路信号处理	86
4.3.2 高功率放大器(HPA)	86
4.3.3 上行链路的性能规范	87
4.4 下行地球站设备	87
4.4.1 下行链路接收噪声性能	88
4.4.2 地球站的优值(G/T)	88
4.4.2.1 噪声系数	89
4.4.2.2 噪声温度	89
4.4.3 接收天线噪声温度	90
4.4.4 地球站输入级	91
4.4.5 接收机	92
4.4.5.1 下变频器	92
4.4.5.2 中频(IF)放大器	92
4.4.5.3 解调器和信号处理器	93
4.4.6 接收机门限	93
4.5 辅助设备	94
4.5.1 测试设备	94
4.5.1.1 频谱分析仪	94
4.5.1.2 信号电平表	95
4.5.1.3 环路测试变频器	95
4.5.2 遥控和监测设备	95
4.5.3 自动备份开关	95
4.5.4 用于移动地球站的专用设备	96
第 5 章 地球站规划	97
5.1 性能和可靠性规范	97

5.1.1	电视传输系统性能标准	98
5.1.2	调频广播传输系统性能标准	101
5.1.3	可用性规范	101
5.2	地球站场地	102
5.2.1	场地要求	102
5.2.1.1	视线路径	103
5.2.1.2	场地清理——经许可的地球站	103
5.2.1.3	场地选择——未经许可的地球站	104
5.3	卫星链路的计算	104
5.3.1	载波噪声比	104
5.3.2	衰落储备	105
5.3.3	雨致衰耗	105
5.3.4	信噪比	107
5.4	上行链路地球站设计	108
5.4.1	电视业务	108
5.4.1.1	天线和高功率放大器(HPA)	108
5.4.1.2	调制指数	109
5.4.1.3	音频副载波	110
5.4.1.4	移动上行链路	110
5.4.1.5	典型转发器的利用	111
5.4.2	广播业务	111
5.4.2.1	数字传输	111
5.4.2.2	模拟传输	112
5.5	下行链路地球站设计	112
5.5.1	申请许可证	112
5.5.2	设计目标	113
5.5.3	费用	113

5.5.4	同频道干扰	114
5.5.4.1	干扰的可见性	114
5.5.4.2	地面干扰源	114
5.5.4.3	相邻卫星	115
5.5.5	信噪比目标	115
5.5.6	可用性目标	116
5.5.7	地球站增益温度比(G/T)	117
5.6	代表性系统的性能	117
5.6.1	上行链路 EIRP	117
5.6.2	下行链路地球站增益温度比	118
5.6.3	系统 C/N 和衰落储备	118
5.6.4	调频改善因子	118
5.6.5	系统信噪比	118
5.6.6	后院碟形天线性能	119
第 6 章	FCC 法规和程序	122
6.1	概述	122
6.1.1	FCC 的作用和职权	122
6.1.2	修订管制规章	123
6.1.3	FCC 法规与规章	123
6.2	技术法规	123
6.2.1	上行链路地球站	124
6.2.1.1	场地要求	124
6.2.1.2	功率限制	125
6.2.1.3	仰角	125
6.2.1.4	天线方向性	125
6.2.2	卫星	126

6.2.3 下行链路地球站	126
6.2.3.1 场地位置	127
6.2.3.2 天线仰角和方向性	127
6.3 地球站许可证的申请	127
6.3.1 程序	127
6.3.2 要求	127
6.4 国际业务	128
第7章 地球站运行和维护	129
7.1 卫星运行	129
7.1.1 找到卫星	129
7.1.1.1 计算卫星的方位角和仰角	130
7.1.2 初步的天线瞄准	130
7.1.3 最终的天线对准	130
7.1.4 极化调整	131
7.1.5 核实卫星	131
7.2 上行链路运行	131
7.2.1 激励器调整	131
7.2.1.1 载波频率	131
7.2.1.2 调制指数	132
7.2.1.3 能量扩散	132
7.2.1.4 音频副载波	133
7.2.2 HPA 功率调整	133
7.3 下行链路运行	133
7.3.1 IF 带宽	133
7.3.2 干扰信号	134
7.3.3 CNR 测量	134

7.3.4 日凌中断	135
7.4 通信分系统	135
7.5 维护	135
7.5.1 SNR	136
7.5.2 线性和频响	136
7.5.3 HPA 性能	136
7.6 安全性	137
7.6.1 概述	137
7.6.2 辐射强度	137
7.6.2.1 标准	137
7.6.2.2 安全距离	138
第 8 章 卫星业务与地球站设备	139
8.1 概述	139
8.2 卫星业务	140
8.2.1 卫星通信公司	140
8.2.2 卫星转租通信公司	141
8.2.3 场地协调业务	141
8.2.4 租借与销售的项目与条件	142
8.2.4.1 业务等级	142
8.2.4.2 业务期限	143
8.2.4.3 业务范围	143
8.2.4.4 枢纽站	143
8.2.4.5 转发器销售	143
8.3 地球站设备	144
8.3.1 概述	144
8.3.2 咨询业务	144