

张更新 张杭 等 编著

中国通信学会主编 人民邮电出版社

卫星移动通信系统

通信工程丛书



通信工程丛书

卫星移动通信系统

张更新 张 杭 等编著

中国通信学会主编·人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

卫星移动通信系统/张更新,张杭等编著. —北京:人民邮电出版社, 2001.10

(通信工程丛书)

ISBN 7-115-09487-X

I.卫... II.①张...②张... III.卫星通信:移动通信-通信系统 IV.TN927

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 044439 号

通信工程丛书

卫星移动通信系统

◆ 编 著 张更新 张 杭 等

责任编辑 王晓明

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@pptph.com.cn

网址 <http://www.pptph.com.cn>

读者热线 010-67129212 010-67129211(传真)

北京汉魂图文设计有限公司制作

北京朝阳展望印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:850×1168 1/32

印张:24.625

字数:648 千字

2001 年 10 月第 1 版

印数:1-5 000 册

2001 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-09487-X/TN·1746

定价:52.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话:(010)67129223

2001/10/26

内 容 提 要

本书是一本专门介绍卫星移动通信系统和技术的图书,书中主要包括:概述、卫星移动通信系统中的卫星和轨道、卫星移动通信信道、卫星移动通信体制概论、卫星移动通信系统的链路计算、编码技术、数字调制解调技术、抗衰落技术、星际链路、星上处理技术和天线技术、网络管理与控制、IMT-2000 的关键技术以及卫星部分与地面部分的综合、典型的卫星移动通信系统——GSO 系统与非 GSO 系统。

本书内容丰富、实用,可供从事卫星通信、移动通信方面的技术人员和管理人员阅读参考,也可作为相关院校的专业教材或教学辅助用书。

丛 书 前 言

为了帮助我国通信工程技术人员有系统地掌握有关专业的基础理论知识,提高解决专业科技问题、做好实际工作的能力,了解通信技术的新知识和发展趋势,以便为加快我国通信建设、实现通信现代化作出应有的贡献,我会与人民邮电出版社协作,组织编写这套“通信工程丛书”,陆续出版。

这套丛书的主要读者对象是工作不久的大专院校通信学科各专业毕业生、各通信部门的助理工程师、工程师和其他通信工程技术人员。希望能够有助于他们较快地达到通信各专业工程师所应有的理论水平和技术水平。

这套丛书的特点是力求具有理论性、实用性、系统性和方向性。丛书内容从我国实际出发,密切结合当前通信科技工程和未来发展的需要,阐述通信各专业工程师应当掌握的专业知识,包括有关的系统、体制、技术标准、规格、指标、要求,以及技术更新等方面。力求做到资料比较丰富完备,深浅适宜,条理清楚,对专业技术发展有一定的预见性。这套丛书不同于高深专著或一般教材,不仅介绍有关的物理概念和基本原理,而且着重于引导读者把这些概念和原理应用于实际;论证简明扼要,避免繁琐的数学推导。

对于支持编辑出版这套丛书的各个通信部门和专家们,我们表示衷心感谢。殷切希望广大读者和各有关方面提出宝贵的意见和建议,使这套丛书日臻完善。

中国通信学会

前 言

卫星移动通信系统作为提供卫星移动业务的一个通信系统,综合利用了现代通信技术、计算机技术、航天技术和半导体集成电路技术,是当前通信领域发展非常迅速的方向之一。它具有许多其他通信方式无法替代的突出优点,也是未来第三代、第四代移动通信系统中不可缺少的一个组成部分。

随着我国社会主义市场经济的发展,对移动通信的需求将越来越大,但是单纯依靠地面移动通信系统是不够的,利用卫星移动通信系统作为补充是一种较好的选择。对于我国这样一个地域广阔、电信基础相对落后、存在许多偏远地区、经济发展水平和人口分布极不平衡的国家,卫星移动通信系统将可以在我国未来的通信网中扮演一个非常重要的角色。

本书主要是为从事卫星移动通信工作的工程技术人员编写的,也可作为大专院校相关专业本科生和研究生的教材或参考书。本书编写力求从实际需要出发,结合当前技术现状和未来的发展,阐述了从事卫星移动通信工作的工程师需要掌握的专业知识。

本书共分14章:第一章介绍卫星移动通信的基本概念;第二章论述卫星的运行轨道、星座及有关卫星星体的基本概念;第三章分别研究了对地静止轨道和非对地静止轨道卫星移动通信系统的信道特性;第四章阐述多址方式、信道分配、切换、交换等有关通信体制方面的内容;第五章对卫星移动通信系统的链路计算及涉及的相关内容进行了研究;第六章主要介绍信道和信源编码技术;第七章论述了现代数字调制解调技术;第八章介绍卫星移动通信系统中可以采用的抗衰落技术;第九章对涉及星际链路的有关技术问题进行了研究;第十章重点介绍星上处理技术和星上天线技术;第十一章研究了网络

管理技术;第十二章对 IMT-2000 中的若干关键技术及其卫星部分与地面部分的综合进行了论述;第十三章介绍了几个采用对地静止轨道的卫星移动通信系统;第十四章介绍了采用非对地静止轨道的卫星移动通信系统。

本书由张更新主编,其中第六、七和八章由张杭编写,第十二章的 12.6 和 12.11 节由郝学坤编写,12.7 节由何家富编写,12.8 节由吕智勇编写,本书其余内容由张更新编写。蔡剑铭教授对全书编写工作提出了许多具体的宝贵意见和建议。

在本书编写过程中得到了吕海寰、甘仲民、关肇华、马刘非、杨喜根、李广侠、张邦宁、胡谷雨、张雄伟等教授和赵杭生博士的大力支持和关心,作者还得到了杨千里研究员、朱德生教授等的帮助和鼓励,对此作者表示衷心的感谢。作者还要特别感谢景斌同志对本书编写工作所提供的巨大支持和帮助。

作者虽然力图在本书中能涵盖卫星移动通信系统的各个方面及关键技术,但由于卫星移动通信本身处于一个发展时期,技术发展日新月异,加上作者水平有限,书中错误在所难免,敬请读者批评指正。

作者
2001 年 5 月

目 录

第一章 概 述	1
1.1 引言	1
1.2 卫星移动通信的发展概况和发展动力	3
1.2.1 卫星移动通信的发展概况	3
1.2.2 卫星移动通信的发展动力	5
1.3 卫星移动通信系统的主要类型及用途	7
1.4 卫星移动通信系统的组成、网络结构及一般工作 过程	8
1.4.1 系统组成	8
1.4.2 卫星移动通信系统的网络结构及特点	10
1.4.3 卫星移动通信系统的组网形式和一般工作 过程	12
1.5 卫星移动通信系统的特点及其技术上存在的一些 问题	14
1.6 卫星移动通信与卫星个人通信	15
1.7 卫星移动通信与 IMT-2000	17
1.8 卫星移动通信系统的工作频段	19
1.8.1 频率范围选择的依据	19
1.8.2 无线电频率窗口	20
1.8.3 当前卫星移动通信系统使用的频率	21
1.8.4 国际电信联盟(ITU)分配给卫星移动业务(MSS) 的频率	21

第二章 卫星移动通信系统中的卫星和轨道	28
2.1 有关卫星在空间运动的基本概念	28
2.1.1 卫星运动的基本规律	28
2.1.2 用于描述卫星运动轨道的天体坐标系	29
2.1.3 地理位置的经纬度表示	30
2.1.4 时间基准	31
2.1.5 卫星轨道计算常用的数据	34
2.2 卫星的运动轨道	35
2.2.1 描述卫星运动轨道的一般方程	35
2.2.2 轨道周期和卫星运动速度	36
2.2.3 卫星运动轨道的主要类型	37
2.3 轨道参数和轨道位置	38
2.3.1 描述卫星运动轨道的经典参数	38
2.3.2 卫星在轨道上的位置	39
2.4 范·阿伦辐射带和卫星轨道高度窗口	40
2.4.1 范·阿伦辐射带	40
2.4.2 卫星轨道高度窗口	41
2.5 轨道摄动及分析	42
2.6 卫星—卫星和卫星—地球站之间的能见计算	45
2.6.1 卫星—卫星和卫星—地球站之间的能见函数	45
2.6.2 卫星位置矢量的计算	47
2.6.3 卫星在地面的轨迹	48
2.6.4 地球站位置矢量的计算	49
2.7 卫星星座的表示方法及优化设计	50
2.7.1 卫星星座的类型	50
2.7.2 卫星星座的表示方法及主要参数	50
2.7.3 卫星星座中参数的优化	51
2.8 通信卫星的主要类型及组成	55

2.8.1 通信卫星的主要类型	56
2.8.2 通信卫星的组成	57
2.8.3 卫星公用舱的组成	59
2.8.4 有效载荷的组成	63
2.8.5 通信卫星元器件技术	69
2.9 卫星重量和功率的估算	71
2.9.1 卫星重量的类型及相互关系	71
2.9.2 计算卫星干重的模型	72
2.9.3 卫星直流功率的计算	74
第三章 卫星移动通信信道	79
3.1 有关移动通信的基本概念	79
3.1.1 多径传播和多径衰落	79
3.1.2 时延扩展和相干带宽	81
3.1.3 阴影效应	84
3.1.4 多普勒效应	85
3.2 GSO 卫星移动通信中的多径衰落现象及主要对抗措施	86
3.2.1 多径衰落深度	87
3.2.2 多径衰落的时间/频率特性	90
3.2.3 多径衰落环境下载波同步设备的跟踪性能	91
3.2.4 对多径衰落可能采取的措施	92
3.3 多普勒效应	95
3.3.1 多普勒频移与多普勒率	95
3.3.2 抗多普勒频移的措施	98
3.4 卫星移动信道模型	98
3.4.1 卫星移动信道的一般表示	98
3.4.2 单环境双平坦衰落信道模型	100
3.4.3 多环境频率平坦卫星移动信道模型	107

3.4.4 宽带卫星移动通信信道模型	113
3.4.5 用于确定信道衰落余量的窄带卫星移动通信 信道模型	114
3.5 电离层对电波传播的影响	117
3.5.1 背景电离作用引起的主要恶化	117
3.5.2 电离层不规则性造成的电离层闪烁	123
3.5.3 电离层吸收损耗	129
3.5.4 总的电离层效应	130
3.6 对流层对电波传播的影响	131
3.6.1 概述	131
3.6.2 气体吸收	131
3.6.3 降雨损耗	133
3.6.4 云雾损耗	138
3.6.5 折射	139
3.6.6 大气闪烁	141
3.6.7 波导传播	142
3.6.8 噪声温度	142
3.6.9 去极化效应	143
第四章 卫星移动通信体制概论	149
4.1 卫星移动通信系统通信体制的基本内容	149
4.2 多址访问方式概述	150
4.3 频分多址访问方式	153
4.3.1 每载波多路信道的 FDMA	155
4.3.2 每载波单路信道的 FDMA	157
4.3.3 卫星交换 FDMA	158
4.3.4 FDMA 方式的主要优缺点	160
4.3.5 FDMA 在卫星移动通信中的应用	161
4.4 时分多址访问方式	161

4.4.1 时分多址访问的基本介绍	161
4.4.2 卫星交换 TDMA	165
4.4.3 多载波 TDMA	169
4.4.4 TDMA 在卫星移动通信系统中的应用	175
4.5 码分多址访问方式	175
4.5.1 码分多址访问方式的基本原理	175
4.5.2 直接序列扩频 CDMA	177
4.5.3 跳频扩频 CDMA	180
4.5.4 CDMA 在卫星移动通信系统中的应用	181
4.6 随机(争用)多址和可控(预约)多址访问方式	182
4.6.1 随机多址访问方式	182
4.6.2 可控多址访问方式	186
4.7 卫星移动通信系统中的信道分配	188
4.7.1 信道分配的主要类型和有关基本概念	188
4.7.2 固定信道分配策略	191
4.7.3 动态信道分配策略	194
4.7.4 灵活信道分配策略	196
4.8 卫星移动通信系统中的呼叫切换	197
4.8.1 有关切换的基本概念	197
4.8.2 切换的主要类型	199
4.8.3 切换的一般过程	203
4.8.4 CDMA 系统中的软切换	206
4.9 卫星移动通信系统中信道分配和切换策略的性能 分析	209
4.10 卫星移动通信系统中的交换方式和动态路由 选择	214
4.10.1 交换方式的主要类型	215
4.10.2 卫星移动通信系统的业务量特点	219
4.10.3 卫星移动通信系统中的交换方式	221

4.10.4 卫星移动通信系统中的用户编号	223
4.10.5 空间交换网络中的路由选择	225
第五章 卫星移动通信系统的链路计算	235
5.1 有关链路计算的基本概念和计算公式	235
5.2 传输损耗	238
5.2.1 海事卫星移动通信信道的传播损耗	238
5.2.2 陆地卫星移动通信信道的传播损耗	247
5.2.3 航空卫星移动通信信道的传播损耗	258
5.2.4 对几种传播损耗的主要补偿措施	265
5.3 噪声	269
5.3.1 热噪声	269
5.3.2 天线噪声	272
5.3.3 接收系统噪声温度	275
5.3.4 互调噪声	275
5.4 干扰	277
5.4.1 邻道干扰	278
5.4.2 共信道干扰	279
5.4.3 交叉极化干扰	280
5.4.4 码间串扰	281
5.4.5 同频干扰	282
5.4.6 近端对远端比干扰	283
5.4.7 多址访问干扰	286
5.5 载波与噪声加干扰功率比	286
5.5.1 载波与噪声功率比的计算	286
5.5.2 载波与干扰功率比的计算	288
5.5.3 载波与噪声加干扰功率比的计算	292
5.6 卫星和移动站之间相对几何关系及若干传播参数	293
5.7 卫星移动通信信道的链路计算	299

5.8 系统可靠性和可用度	302
第六章 编码技术	306
6.1 语音编码	306
6.1.1 波形编码	310
6.1.2 参量编码	310
6.1.3 混合编码	316
6.2 差错控制编码	333
6.2.1 差错控制编码的基本概念	333
6.2.2 ARQ 方式	336
6.2.3 线性分组码	339
6.2.4 卷积码	350
6.2.5 纠、检突发错误的码	354
6.2.6 级联码	357
6.2.7 Turbo 码	359
第七章 数字调制解调技术	370
7.1 引言	370
7.1.1 滤波策略	370
7.1.2 调制方式	373
7.2 BPSK/QPSK、 $\pi/2$ -DBPSK/ $\pi/4$ -DQPSK、OQPSK 调制	376
7.2.1 调制原理	376
7.2.2 BPSK 和 QPSK 调制	377
7.2.3 $\pi/2$ -DBPSK 和 $\pi/4$ -DQPSK 调制	380
7.2.4 OQPSK 调制	385
7.3 MSK、GMSK 调制	387
7.3.1 MSK 调制	387
7.3.2 GMSK 调制	391
7.4 调制信号的传输特性	398

7.4.1 功率谱特性	398
7.4.2 抗噪声特性	400
7.4.3 滤波和限幅对传输性能的影响	401
7.5 多载波调制	403
7.6 正交振幅调制	406
7.6.1 QAM 的一般原理	406
7.6.2 叠加式 QAM	413
7.7 编码调制	418
7.7.1 网格编码调制	419
7.7.2 分组编码调制	426
7.7.3 多路网格编码调制和多路分组编码调制	426
7.8 BPSK/QPSK 调制解调器的数字实现	427
7.8.1 调制解调器的数字实现方式	428
7.8.2 调制器的数字实现	429
7.8.3 解调器的数字实现	431
第八章 抗衰落技术	446
8.1 分集接收抗衰落技术	447
8.1.1 产生分集信号的方法	447
8.1.2 分集信号的合并技术	448
8.2 自适应均衡抗衰落技术	449
8.2.1 自适应均衡的基本原理	449
8.2.2 自适应均衡器的类型	450
8.3 编码抗衰落技术	453
8.4 扩频抗衰落技术	456
8.4.1 RAKE 接收机的基本原理	456
8.4.2 RAKE 接收的实现方式	456
8.4.3 实现 RAKE 接收的关键技术	461

第九章 星际链路	465
9.1 概述	465
9.2 星际链路的组成及主要优缺点	467
9.3 星际链路使用的频段	470
9.4 无线电频率星际链路	471
9.5 光星际链路	472
9.5.1 概述	472
9.5.2 光星际链路上信号的传输	473
9.5.3 光接收机中的噪声	474
9.6 星际链路天线指向控制技术	476
9.6.1 天线指向的捕获	476
9.6.2 天线指向误差对星际链路的影响分析	476
9.6.3 星际链路天线的自动跟踪技术	480
9.7 星际链路上的通信协议	483
9.7.1 链路层协议	484
9.7.2 网络层协议	484
9.7.3 运输层协议	486
第十章 星上处理技术和天线技术	488
10.1 星上处理和交换技术	488
10.1.1 载波处理转发器	490
10.1.2 比特流处理转发器	493
10.1.3 全基带处理转发器	500
10.2 多波束卫星天线技术	505
10.2.1 多波束反射面天线	506
10.2.2 多波束透镜天线	508
10.2.3 多波束阵列天线	510
10.2.4 智能相控阵天线	514

10.3	星上抗干扰处理技术	517
10.3.1	天线自适应调零技术	517
10.3.2	智能自动增益控制	517
10.4	ITU-R 对移动地球站天线方向图的有关规定	519
第十一章	网络管理与控制	523
11.1	概述	523
11.2	网络管理的基本概念及组成	523
11.3	网络管理系统的基本功能	526
11.4	互联网的简单网络管理协议	528
11.5	ISO 的 OSI 网络管理结构及公共管理信息协议	531
11.6	电信管理网	535
11.6.1	电信管理网的基本概念	535
11.6.2	电信管理网的功能结构	536
11.6.3	电信管理网的物理结构	539
11.6.4	电信管理网的实施结构	542
11.6.5	电信管理网的分层管理结构	543
11.6.6	电信管理网的管理业务	544
11.7	无线电链路的控制和管理	546
11.7.1	无线电链路质量测试	546
11.7.2	波束区选择	547
11.7.3	信道选择/分配	548
11.7.4	信道接入及释放	548
11.7.5	切换	548
11.7.6	支持移动性的功能	549
第十二章	IMT-2000 的关键技术及其卫星部分与地面部分的综合	551
12.1	IMT-2000 的功能模型	551