

移动通信分布系统 原理与工程设计

陆健贤 叶银法 卢斌 林衡华 蒋晓虞 邱涌泉 编著

YIDONG TONGXIN FENBU
XITONG YUANLI YU GONGCHENG SHEJI



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



移动通信分布系统原理与工程设计

陆健贤 叶银法 卢 斌 林衡华 蒋晓虞 邱涌泉 编著



机械工业出版社

本书介绍了综合分布系统原理及设计方法。内容包括：无线通信系统原理和性能要求，室内传播环境及常用传播模型，综合分布系统的基本原理和信源选择，综合室内分布系统的设计方法和设计要求，直放站的设计与调试，并分析了典型案例及高速数据业务引入对系统结构和器件的影响。

本书适合从事移动通信网络规划设计、工程建设和网络优化的工程技术人员阅读，亦可作为通信企业员工再教育的培训教材。

图书在版编目（CIP）数据

移动通信分布系统原理与工程设计 / 陆健贤等编著. —北京：机械工业出版社，2008.9

ISBN 978-7-111-25150-7

I. 移... II. 陆... III. 移动通信—通信系统—研究
IV. TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2008）第 145328 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：吉 玲（E-mail: jiling@mail.machineinfo.gov.cn）

责任印制：洪汉军

北京汇林印务有限公司印刷

2008 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·24.75 印张·615 千字

0001—4000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-25150-7

定价：47.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：（010）68326294

购书热线电话：（010）88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：（010）88379768

封面无防伪标均为盗版

前 言

经过十几年的大规模建设和高速发展，中国第二代移动通信网络从无到有、从小到大，已成为一个覆盖范围广、通信质量高、业务品种丰富、服务水平一流的移动通信网络，同时也是世界上网络规模最大、用户数最多、覆盖面最广的移动通信网络。但是随着城市化进程的快速推进，移动通信用户的飞速发展，话务密度和覆盖要求不断上升，尤其是各种类型的高层建筑物、大型建筑物、城中村以及大型小区的不断涌现，对移动网络质量造成很大的影响。由于这些区域建筑物密集、人流量大，忙时话务量大、话务密度高，对网络容量和覆盖都有很高的要求，并且这些建筑物通常规模大，形成了相对比较封闭的无线传播环境，对移动通信信号有很强的屏蔽作用。在大型建筑物的低层、地下商场、地下停车场等场合，移动通信信号非常弱，手机无法正常使用，形成了移动通信的盲区和阴影区。在中高楼层，由于大量来自周围不同基站且强度相近的信号相互重叠，无法形成主导信号，极易产生乒乓效应或者导频污染，导致手机信号频繁切换或者无法稳定驻留在某个小区，甚至掉话，对手机的正常使用造成了严重影响。在超高建筑物的高层，由于受基站天线挂高的限制，移动通信信号非常微弱，无法形成良好的覆盖，也形成移动通信的盲区。即使在同一楼层，由于室内环境的复杂性，移动通信信号在建筑物内的分布也有巨大的差异，对于诸如电脑城、会展中心、大型体育场馆等，由于人流密集，话务量超高，不仅需要解决移动通信信号的覆盖问题，而且还要解决容量问题。因此，仅仅通过室外基站已经无法满足对这些区域的良好覆盖和容量需求，必须通过各种手段完善室内覆盖系统才能解决此类问题。

移动多媒体业务（如高速下载、视频电话、流媒体以及仿真游戏等）的快速发展，成为移动业务运营商新的利润增长点，它对移动通信网络容量、覆盖和服务质量等方面提出了更高的要求，以满足传统话音业务为主的第二代移动通信网络已经无法满足不断发展的用户需求，向第三代移动通信网络演进成为各运营商的必然选择，处于高频段的第三代移动通信网络建设对覆盖范围、覆盖深度以及覆盖质量都提出了新的要求。根据 Ovum 公司的调查，欧美国家及中国香港等地区大约有 1/3 的移动话务量产生于室内，而对于移动多媒体业务，日本 NTT DoCoMo 公司调查发现 3G 用户的室内业务量达到了 70%，而室外使用量则只有 30%。此外，NTT DoCoMo 公司对已部署室内覆盖的建筑物内的话务量进行统计，比部署室内覆盖系统之前提高了 1.43 倍。因此，对于移动通信业务运营商，完善各种大型建筑、小区以及公共场所等区域的室内覆盖系统，不仅可以抢夺室内的话务量，改善用户体验，同时完善的室内覆盖还可以降低高话务密度区域的网络压力，减少室外基站的数量和配置，降低移动通信网络的整体干扰水平，从而提高网络的整体质量，提高网络投资效益。

改善室内覆盖的技术主要包括（微）微蜂窝技术、直放站、室内分布系统以及射频拉远（RRU, Remote RF Unit）等。其中微蜂窝、射频拉远等适合面积较大、视野比较开阔和容量需求相对较大的区域，如多层大型购物中心等；直放站则适合容量需求较低的环境，如地下室等；宏蜂窝则适合超高话务密度的一些公共场所，如会展中心、机场、大型购物中心或者专业市场等。对于不同的建筑物和高话务区域（如城中村等），可以根据目标建筑的内部结

构、周边环境、业务量以及业务分布等因素选择是部署室内分布系统还是通过直放站、微蜂窝或者射频拉远等直接进行覆盖,若部署室内分布系统还要综合以上因素及室内分布系统的规模选择相应的信源。室内分布系统是目前解决大型建筑物、公共场所(机场、会展中心)、城中村以及大型小区等区域通信的重要技术手段,由于中国各运营商大多同时采用多种无线接入技术,如中国电信运营无线市话、无线局域网以及 CDMA 网络,中国移动运营 GSM900、DCS1800、TD-SCDMA、无线局域网,中国联通则运营 GSM900、DCS1800 等,各运营商为了降低建设成本,提高投资效益,大多选择支持不同频段、制式的综合室内分布系统,以满足各种无线通信系统的接入要求。

针对综合室内分布系统建设的各个环节,本书阐述了多种移动通信技术的空中接口原理,分析了室内传播环境,详细介绍了室内分布系统结构、信源选择和设计,并给出了典型环境的室内分布系统设计案例,最后探讨了高速移动数据的引入对室内分布系统设计的影响。全书共分 7 章,第 1 章介绍了我国主要无线通信系统的空中接口原理,包括 TD-SCDMA、GSM、WCDMA、cdma 2000 1x、EV/DO 以及 PHS 等的协议结构、信道结构和射频指标,同时还介绍了各种制式的频率分配情况;第 2 章首先对室内环境进行分类,介绍了无线传播机制和室外信号到室内的传播,在此基础上,着重介绍了各种常用的室内传播模型;第 3 章归纳分析了三类分布系统,给出了室内分布系统中各种器件的要求和测试方法,提出了综合分布系统的基本要求,详细分析了不同无线通信系统之间的干扰,讨论了多系统共用对分布系统的影响;此外,还涉及了用于解决室内覆盖的其他技术手段,并探讨了室内分布系统的管理与监控;第 4 章详细介绍了包括基站、射频拉远和直放站等信源设备,分析了各种信源的覆盖和容量的特点,并提出各种信源的传输需求和电源配套;第 5 章从室内分布系统建设的基本原则、设计流程、设计要求和方案设计等方面详细阐述了室内分布系统的设计过程,重点给出了室内分布系统方案设计方法、步骤以及直放站的设计与调测;第 6 章通过案例介绍室内分布系统的设计过程,探讨了将 PHS、GSM 室内分布系统如何改造成支持 WCDMA、TD-SCDMA 等的第三代移动通信系统,并给出了地铁、会展中心、机场和住宅小区室内分布系统设计的案例;第 7 章分析了室内环境下高速分组数据性能,从高速分组数据对有源器件和无源器件的影响探讨了其对分布系统的影响。

本书是作者多年从事移动通信技术研究、综合分布系统技术与运营经验的总结。全书由叶银法、卢斌统稿和审校。

由于编写时间紧和作者水平有限,书中难免出现一些错误和不足,恳请广大读者、专家多提宝贵意见,联系信箱:Jinacmp@163.com。

编著者

目 录

前言

第 1 章	无线通信系统的空中接口原理及射频性能	1
1.1	概述	1
1.1.1	第三代移动通信系统	2
1.1.2	频率分配情况	4
1.2	TD-SCDMA 系统空中接口原理	6
1.2.1	TD-SCDMA 空中接口协议结构	6
1.2.2	TD-SCDMA 信道	8
1.2.3	TD-SCDMA 基站关键射频性能指标	10
1.2.4	TD-SCDMA 终端关键射频性能指标	16
1.3	GSM 空中接口原理	19
1.3.1	GSM 空中接口协议结构	20
1.3.2	GSM 信道	21
1.3.3	GSM 基站射频性能指标要求	23
1.3.4	GSM 终端关键射频性能指标	26
1.4	WCDMA 系统空中接口原理	29
1.4.1	WCDMA 系统空中接口协议结构	30
1.4.2	WCDMA 信道及映射	34
1.4.3	WCDMA 基站关键射频性能指标	36
1.4.4	WCDMA 终端关键射频性能指标	42
1.5	cdma 2000 1x 系统空中接口原理	46
1.5.1	cdma 2000 1x 空中接口协议结构	47
1.5.2	cdma 2000 1x 信道	48
1.5.3	cdma 2000 1x 基站射频性能指标	50
1.5.4	cdma 2000 1x 移动台射频性能指标	52
1.6	EV-DO 系统空中接口原理	54
1.6.1	EV-DO 空中接口协议结构	54
1.6.2	EV-DO 信道	56
1.6.3	EV-DO 基站及终端射频性能指标	57
1.7	PHS 系统空中接口原理	57
1.7.1	PHS 空中接口协议结构	58
1.7.2	PHS 信道与映射	59
1.7.3	PHS 基站射频性能指标要求	61
1.7.4	PHS 终端射频性能指标要求	62

第2章 室内无线环境	63
2.1 概述	63
2.2 室内区域分类	63
2.3 传播机制	67
2.3.1 反射和透射	67
2.3.2 绕射	69
2.4 室外信号到室内的传播	72
2.4.1 基站组网方式及其影响	72
2.4.2 信号分布特点	74
2.4.3 分析方法	83
2.4.4 传播模型	84
2.4.5 穿透损耗	85
2.5 室内环境的电波传播	90
2.5.1 室内环境特点及传播机制	90
2.5.2 室内传播的经验模型	92
2.5.3 室内传播的确定性模型	97
2.5.4 室内多径信道	107
2.5.5 室内物体移动的影响	118
第3章 分布系统基本原理	120
3.1 概述	120
3.2 系统结构	121
3.2.1 同轴电缆分布系统	121
3.2.2 光纤分布系统	122
3.2.3 五类线分布系统	122
3.2.4 各类分布系统的比较	123
3.3 器件要求与测试方法	124
3.3.1 器件要求	124
3.3.2 器件测试方法	140
3.4 综合分布系统	145
3.4.1 综合分布系统的基本原则	146
3.4.2 系统间干扰分析	147
3.4.3 多系统共用对分布系统的影响	154
3.5 其他室内覆盖解决方案	159
3.6 分布系统监控	160
3.6.1 有源设备监控系统	160
3.6.2 POI 监控	165
第4章 分布系统信源及选择	167
4.1 概述	167
4.2 信源类型	168

4.2.1	基站	168
4.2.2	射频拉远	183
4.2.3	直放站	185
4.3	信源的覆盖特点	194
4.4	信源的容量特点	197
4.4.1	硬阻塞与软阻塞	197
4.4.2	GSM 系统的容量	199
4.4.3	CDMA/WCDMA 系统的容量	201
4.4.4	TD-SCDMA 系统的容量	210
4.5	传输需求	214
4.6	信源的电源配置	216
第 5 章	分布系统设计方法	218
5.1	基本原则	218
5.2	设计流程	219
5.3	设计指标	221
5.3.1	指标定义及其关联	221
5.3.2	典型系统的指标要求	227
5.4	方案的主要内容	229
5.5	方案设计方法和步骤	230
5.5.1	候选点选取	230
5.5.2	现场勘测	233
5.5.3	业务预测	235
5.5.4	覆盖方式选取	238
5.5.5	信源选取	240
5.5.6	室内外系统协调	242
5.5.7	切换区设置	244
5.5.8	确定边缘接收功率	251
5.5.9	天线口输出功率范围	253
5.5.10	天线布放和模拟测试	255
5.5.11	链路预算	265
5.5.12	上行注入噪声控制	267
5.6	直放站的设计与调测	271
5.6.1	设计和调测流程	271
5.6.2	施主基站的选择	273
5.6.3	增益设置	277
5.6.4	搜索窗的调整	282
第 6 章	分布系统设计案例	288
6.1	室内分布系统典型案例	288
6.1.1	工程概况	288

6.1.2	电磁环境测试	289
6.1.3	方案设计	292
6.1.4	开通后的覆盖质量	305
6.2	室外分布系统设计案例	310
6.2.1	工程概况	310
6.2.2	电磁环境测试	312
6.2.3	模拟测试	315
6.2.4	方案设计	316
6.2.5	建设需注意的问题	323
6.2.6	开通后的覆盖质量	325
6.3	原有分布系统的 3G 改造	329
6.3.1	改造原则	329
6.3.2	GSM 分布系统支持 WCDMA 系统的改造	329
6.3.3	GSM 分布系统支持 TD-SCDMA 系统的改造	332
6.3.4	PHS 分布系统支持 WCDMA 系统的改造	338
6.4	特殊覆盖场景	344
6.4.1	地铁	344
6.4.2	会展中心	358
6.4.3	机场	365
6.4.4	住宅小区	370
第 7 章	高速分组数据业务对分布系统的影响	375
7.1	室内环境的高速分组数据性能	375
7.2	对分布系统的影响	377
7.3	对无源器件的影响	379
7.4	对有源器件的影响	379
	参考文献	384

第1章 无线通信系统的空中接口原理 及射频性能

1.1 概述

现代移动通信的发展始于20世纪20年代，可以分为以下5个阶段：

(1) 20世纪20~40年代的专用移动通信阶段，是现代移动通信的起步阶段。主要应用于军政部门，特点是专用系统、工作于低频段（短波频段），如美国底特律市工作于2MHz的警用车载无线电系统。

(2) 20世纪40年代中期~60年代初期的大区制小容量公众移动通信阶段，它是专用移动网向公用移动网的过渡阶段。特点是人工接续、网络容量较小。1946年，贝尔实验室在圣路易斯城建立了“城市系统”后，原西德（1950年）、法国（1956年）和英国（1959年）等也相继开发了类似的移动通信系统。

(3) 20世纪60年代中期~70年代后期的大区制中小容量移动通信阶段，它的特点是直接拨号、自动选频以及与市话网络之间的自动接续等。如美国的150MHz和450MHz的改进型移动电话系统（1MTS），德国的Net B等。

(4) 20世纪70年代后期~80年代中期第一代模拟蜂窝移动通信阶段（1G）。1G采用蜂窝状小区制、模拟传送方式和频率复用技术，实现越区/越局切换和自动漫游；大规模集成电路技术解决了终端小型化和系统设计等关键问题。如表1-1所示，贝尔实验室在1978年底开发了小区制蜂窝式移动通信系统（AMPS），1983年在芝加哥商用；到20世纪80年代中期，其他一些发达国家也相继开发了模拟蜂窝移动通信系统，包括日本的HAMTS（800MHz，1979），瑞典等北欧四国的NMT-450（1980），原西德的C-Netz（1984），英国的TACS（900MHz，1985），法国的RC2000（1985），加拿大的450MHz MTS。中国于1987年11月在广东珠海开通了首个TACS移动网络。但是由于第一代移动通信系统频谱利用率低、保密性差和业务单一等缺点以及移动业务市场的巨大需求，模拟移动通信系统很快就被第二代数字移动通信系统所取代。

表1-1 第一代移动通信系统主要标准

标准	递交地区	提出年份	多址方式	频段/MHz	调制方式	信道带宽/kHz
AMPS	北美	1978	FDMA	824~894	FM	30
NMT-450	欧洲	1980	FDMA	450~470	FM	25
NMT-900	欧洲	1986	FDMA	890~960	FM	12.5
TACS	欧洲	1985	FDMA	890~905	FM	25

(5) 始于20世纪80年代中期的第二代数字蜂窝移动通信阶段（2G），移动通信进入数字时代。包括GSM、IS-95（CDMA）、PDC和IS-136（D-AMPS）等，如表1-2所示。第二

代移动通信系统具有频谱利用率高、容量大、支持语音/数据、保密性强、语音质量高等多种业务的特点，同时还支持国际漫游。此外，还有支持低速分组数据业务的过渡系统（2.5G），如 GPRS、EDGE 和 cdma2000 1x 等。2G 技术的应用和推广，推动了移动通信系统的广泛使用，对无线通信领域以及人们的社会生活方式产生了深远的影响。

表 1-2 第二代移动通信主要标准

标准	递交地区	提出时间	多址方式	频段/MHz	调制方式	信道带宽/kHz
GSM	欧洲	1990	TDMA	890~960	GMSK	200
DCS-1800	欧洲	1993	TDMA	1710~1880	GMSK	200
DCS-1900	北美	1994	TDMA	1850~1990	GMSK	200
D-AMPS	北美	1989	TDMA	824~849 (UL) /869~894 (DL)	$\pi/4$ -DQPSK	30
PDC	日本	1993	TDMA	810~888 (DL) /893~958 (UL); 1477~1510 (DL) /1429~1453 (UL)	$\pi/4$ -DQPSK	25
IS-95 CDMA	北美	1993	CDMA	824~849 (UL) /869~894 (DL) 1800~1825 (UL) /1875~1900 (DL)	QPSK/BPSK	1250

注：UL-Uplink（上行），DL-Downlink（下行）。

此外，为了解决固定电话终端在有限范围内的移动性，日本邮政省的“电信通信技术审议会”于 1990 年会同日本无线通信标准化机构（RCR），着手研究并在 1995 年开始广泛应用 PHS 标准（见表 1-3）。与 GSM 和 CDMA 等蜂窝移动通信技术的网络相比，PHS 网络存在基站数量过多、重叠区复杂和移动性管理差等缺点。在大规模商用后，随着 500mW 大功率基站、组控和智能天线等新技术的逐步引入，有效缓解或基本解决了覆盖、切换和容量等问题。我国的 PHS 网络采用了第三代 PHS 技术，对移动性管理方面进行了改进，提高了 PHS 系统的性能。

表 1-3 PHS 通信系统标准

标准	递交地区	提出年份	多址方式	频段 (MHz)	调制方式	信道带宽/kHz
PHS	日本	1993	TDMA	1893.5~1919.6 (中国: 1900~1920)	$\pi/4$ -DQPSK	300

(6) 第三代移动通信阶段。20 世纪末，随着全球经济一体化和社会信息化的进程，移动通信市场迅猛发展，用户规模快速扩大，2G 系统的系统容量趋于饱和。为了适应移动通信个人化、智能化、多媒体化等的要求，国际电信联盟（ITU）及世界上其他电信标准化组织和研究单位都开始了对第三代移动通信（3G）系统的研究。

1.1.1 第三代移动通信系统

第三代移动通信系统由国际电信联盟（ITU）命名为 IMT-2000，是一个全球无缝覆盖、全球漫游，包括卫星移动通信、陆地移动通信和无绳电话等蜂窝移动通信的大系统。它可以向公众提供前两代所不能提供的高速数据、慢速图像与电视图像等宽带信息业务。

IMT-2000 系统主要特性有：全球范围设计的高度共同性；同固定网络业务的兼容性；高质量；具有全球漫游功能的便携终端；移动终端可接入固定或卫星网络；无线接口种类少且具有高度共同性等。

IMT-2000 系统能够提供多种业务, 通常使用传输时延、误码率/误帧率来评价各种业务的业务质量, 但不同业务有不同的衡量标准, 在进行无线传输设计时, 应仔细考虑调制技术、信道编码与交织、射频 (RF) 等, 以满足不同业务的质量要求。不同的应用产生不同的业务流, 对系统设计和网络容量提出了以下的要求:

(1) 恒不变比特率业务, 如语音、高质量音频或视频电话、全速率录像等, 这些业务对时延以及时延抖动非常敏感。

(2) 实时可变比特率业务, 如可变比特率编码音频和交互式活动图像专家组 (MPEG) 视频等, 这类业务要求可变化的带宽, 同时对时延和时延抖动也很敏感。

(3) 非实时可变比特率业务, 如交互式和大文件传递, 这些业务能够承受一定的时延和时延变化。

经过 ITU、各地区标准化组织及 OHG (运营商协调组织) 的多次协调, 目前, 标准化组织 3GPP 和 3GPP2 分别负责完成了 WCDMA、cdma2000 和 TD-SCDMA 的标准化工作。不同制式第三代移动通信系统的特点如表 1-4 所示。WCDMA 和 cdma2000 已经部署了大量的商用网络, 而 TD-SCDMA 也在中国完成了商用网的初期建设, 进入了试运营阶段。

表 1-4 第三代移动通信主要标准

标准	WCDMA	cdma2000	TD-SCDMA
递交地区	欧洲、日本	美国、韩国、日本	中国
递交时间	1998	1998	1998
频段/MHz	FDD 模式: 1920~1980 (UL) /2110~2170 (DL) TDD 模式: 1900~1920 (UL) 2010~2025 (DL)	450 频段: 450~457.5 (UL) /460~467.5 (DL) 800 频段: 824~849 (UL) /869~894 (DL) 1900 频段: 1800~1825 (UL) /1875~1900 (DL) 2100 频段: 1920~1980 (UL) /2110~2170 (DL)	1880~1920 (UL) /2010~2025 (DL) 补充频段: 2300~2400
载频带宽/MHz	5	1.25	1.6
Chip 速率 / (Mchip/s)	3.84	1.2288	1.28
多址方式	DS-CDMA	DS-CDMA 和 MC-CDMA	TD-SCDMA
双工方式	FDD/TDD	FDD	TDD
帧长/ms	10	20	10
多速率概念	可变扩频因子和多码 RI 检测; 高速率业务盲检测; 低速率业务	可变扩频因子和多码盲检测; 低速率业务; 事先预定好, 需高层信令参与	可变扩频因子多时隙, 多码 RI 检测
FEC 编码	卷积编码 $R=1/2, 1/3, K=9$, RS 码 (数据)	卷积编码 $R=1/2, 1/3, 3/4, K=9$; Turbo 码	卷积编码 $R=1/4\sim 1, K=9$, RS 码 (数据)
交织	卷积码: 帧内交织; RS 码: 帧间交织	块交织 (20ms)	卷积码: 帧内交织; RS 码: 帧间交织
扩频	前向: Walsh (信道化)+Gold 序列 218 (区分小区) 反向: Walsh (信道化)+Gold 序列 241 (区分用户)	前向: Walsh (信道化)+M 序列 215 (区分小区) 反向: Walsh (信道化)+M 序列 241-1 (区分用户)	前向: Walsh (信道化)+PN 序列 (区分小区) 反向: Walsh (信道化)+PN 序列 (区分用户)

(续)

标准	WCDMA	cdma2000	TD-SCDMA
相干解调	前向: 专用导频信道 反向: 专用导频信道	前向: 公用导频信道 反向: 专用导频信道	前向: 专用导频信道 反向: 专用导频信道
功率控制	FDD: 开环+快速闭环 TDD: 开环+慢速闭环	开环+快速闭环 (800Hz)	开环+快速闭环 (200Hz)
基站间同步	异步、同步 (可选)	同步 (GPS)	同步 (GPS 或其他方式)

1.1.2 频率分配情况

无线电频谱是一种非常宝贵而稀缺的公共资源。由于电波传播的限制,大家所熟知的蜂窝移动通信业务一般工作在 3GHz 以下。另外,尽管可以通过频率、时间、空间等三维资源进行频率复用来提高频谱利用率,但就某一频率或频段而言,在一定的空间、时间条件下,频谱的利用率还是有限的。

为了有效利用有限的频率资源,使各种无线电业务互不干扰,就需要对无线电频谱按业务进行频段和频率的划分。规定某一频段供某一种或多种地面或空间业务在规定的条件下使用,称为“频率划分”。频率划分通常应遵循下述原则:

- (1) 合理、有效、节约使用频率资源,按业务分类规划频率;
- (2) 适应发展,灵活规划,分步实施,便于调整;
- (3) 有利于开发利用先进技术和成熟、可靠的技术标准体制。

1992 年 ITU 在 WRC-92 大会上为 3G 业务划分出 230MHz 带宽,上行频段为 1885~2025MHz,下行频段为 2110~2200MHz。其中,1980~2110MHz 和 2170~2200MHz 分别作为移动卫星业务的上、下行频段。在 WARC-92 大会上,为 3G 业务划分出的 230MHz 带宽主要是以话音业务为主进行估算的,根据目前无线通信技术的飞速发展及各类用户对移动数据业务的需求迅速增长的情况看,还需要满足更多的业务需求并能得到更广泛的应用。欧洲各国经进一步研究指出,满足公众移动通信服务的 3G 业务开放之后,大约从 2008 年开始至少还需增加上、下行两个 180MHz 的带宽;而且提出对要求进行宽带通信的无线移动通信系统可以利用毫米波的频段。IMT-2000 卫星通信部分应能提供与地面相互兼容、相互补充的业务,经估算其频谱需求约为 $2 \times 66\text{MHz}$ 。ITU 在 WRC-2000 会议上又对频率规划进行了调整和增补,其频率分配情况如图 1-1 所示。

我国无线移动通信用户发展迅速,频谱需求量很大。在 1GHz 频段以下我国已经先后划分了 3 个频段用于陆地蜂窝移动业务,即 825~835MHz/870~880MHz,带宽 $10 \times 2\text{MHz}$; 835~840MHz/880~885MHz,带宽 $5 \times 2\text{MHz}$; 890~915MHz/935~960MHz,带宽 $25 \times 2\text{MHz}$,总带宽共 80MHz。为适应移动市场的发展需求,同时考虑到国内外技术现状以及当前或近期可以提供设备的情况,对 2GHz 频段做了部分调整与规划,调整出共 260MHz 以上的带宽[不包括有线电视传输使用的多信道多点分配系统(MMDS)占有的带宽]供当前移动通信业务使用,如表 1-5 所示。

我国第三代移动通信系统工作频段的分配情况如下:

(1) 3G 主频段

- 1) FDD 方式: 上行 1920~1980MHz, 下行 2110~2170MHz;

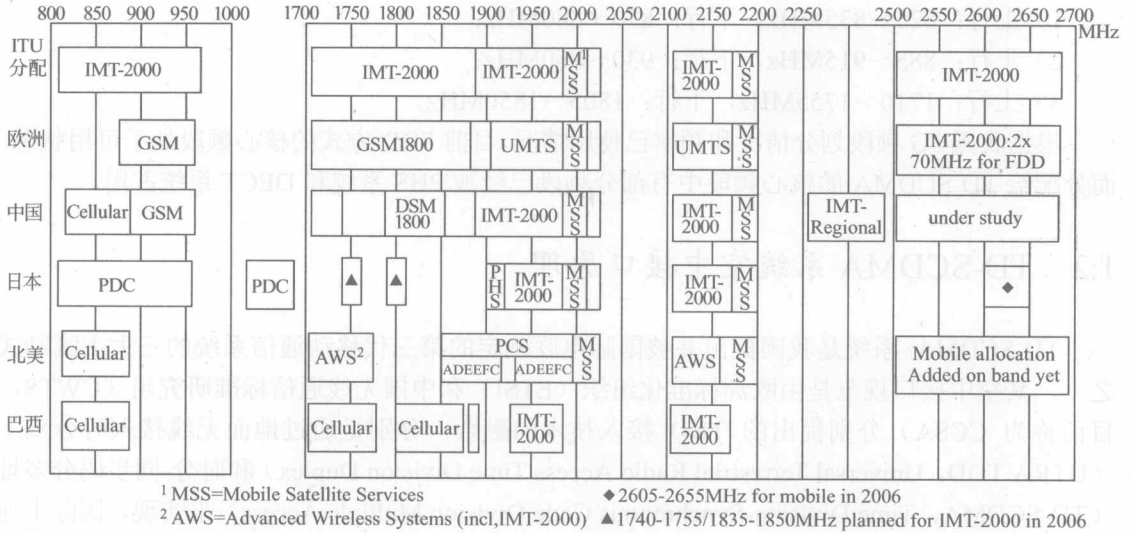


图 1-1 WRC2000 频谱规划

表 1-5 中国已分配带宽情况

频率/MHz	带宽/MHz	用途
821~825/866~870	2×4	中国电信的移动数据业务
825~835/870~880	2×10	中国联通窄带 CDMA 系统
890~909/935~954	2×19	中国移动 GSM 系统
909~915/954~960	2×6	中国联通 GSM 系统
1710~1725/1805~1820	2×15	中国移动 GSM 1800 系统 与微波接力通信业务和射电天文等业务共用，但不得干扰射电天文的正常工作
1745~1755/1805~1820	2×10	中国联通 GSM 1800 与微波接力通信业务和射电天文等业务共用，但不得干扰射电天文的正常工作
1880~1900/1960~1980	40	适用于我国自行研制的 SCDMA 系统使用的 1880~1885MHz 频段
1900~1920	20	用于无线接入（如 DECT、PHS 等），主要解决集中在密集办公区域的专业网以及机关、团体和家用无绳电话等需求
2400~2483.5	83.5	短距离、短信息的数据通信系统以及计算机数据通信系统等。该频段与工业、科学、医疗设备无线电磁波辐射频段共用
2535~2599	64	临时用于多路微波有线电视传输系统

2) TDD 方式：上行 1880~1920MHz，下行 2010~2025MHz。

(2) 3G 补充频段

1) FDD 方式：上行 1755~1785MHz，下行 1850~1880MHz；

2) TDD 方式：2300~2400MHz，与无线电电位业务共用。

(3) 卫星移动通信系统工作频段

FDD 方式：上行 1980~2010MHz，下行 2170~2200MHz。

(4) 公众移动通信系统的已用频段作为第三代公众移动通信系统 FDD 方式的扩展频段，上下行频率使用方式不变：

- 1) 上行: 825~835MHz, 下行: 870~880MHz;
- 2) 上行: 885~915MHz, 下行: 930~960MHz;
- 3) 上行: 1710~1755MHz, 下行: 1805~1850MHz。

根据我国 3G 频段划分情况和频率已使用情况,目前 FDD 方式的核心频段处于可用状态,而分配给 TD-SCDMA 的核心频段中有部分频段已经被 PHS 系统和 DECT 系统占用。

1.2 TD-SCDMA 系统空中接口原理

TD-SCDMA 系统是我国提出并被国际电联确定的第三代移动通信系统的三大主流制式之一,其空中接口规范是由欧洲标准化组织(ETSI)和中国无线通信标准研究组(CWTS,目前称为 CCSA)分别提出的 TDD 接入技术的融合,分别是通过地面无线接入时分双工(UTRA TDD, Universal Terrestrial Radio Access Time Division Duplex)和时分-同步码分多址(TD-SCDMA, Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access)来实现,国际上通常称后者是低码片速率 TDD(LCR),前者为高码片速率 TDD(HCR)。其中 TD-SCDMA 空中接口参数如表 1-6 所示。

表 1-6 TD-SCDMA 空中接口参数

参数名称	参数取值	参数名称	参数取值
占用带宽/MHz	1.6	双工方式	TDD
每载波码片速率/(Mchip/s)	1.28	帧长/ms	10
信道带宽/MHz	1.28	时隙数	7
扩频方式	DS.SF=1/2/4/8/16 前向: Walsh(信道化)+PN 序列(识别小区) 反向: Walsh(信道化)+PN 序列(识别用户)	功率控制	开环+快速闭环(200Hz)
调制方式	QPSK/8PSK	基站间同步	同步(GPS 或其他方式)
交织/ms	10/20/40/80	FEC 编码	卷积编码 $R=1/4-1$, $K=9$, RS 码(数据)

1.2.1 TD-SCDMA 空中接口协议结构

如图 1-2 所示,TD-SCDMA 系统的空中接口协议由物理层(L1)、数据链路层(L2)和网络层(L3)组成,其中物理层连接数据链路层的媒体接入控制(MAC, Media Access Control)子层和网络层的无线资源控制(RRC, Radio Resource Control)子层;物理层向 MAC 子层提供不同类型的传输信道,信息在无线接口上的传输方式决定了传输信道的特性;MAC 子层向数据链路层的无线链路控制(RLC, Radio Link Control)子层提供不同的逻辑信道,传送的信息类型决定了逻辑信道的特性。物理信道在物理层定义,一个物理信道由码、频率和时隙共同决定。

1. RRC 子层

RRC 子层实现的功能主要包括广播由非接入层提供的信息,广播与接入层相关的信息,建立、维持及释放 UE 和 UTRAN 之间的一个 RRC 连接,建立、重配置及释放无线承载,分

配、重配置及释放用于 RRC 连接的无线资源, RRC 连接移动管理, 为高层 PDU 选择路由, 请求 QoS 控制, UE 测量上报和报告控制, 外环功率控制、加密控制, 慢速动态信道分配、寻呼, 空闲模式下初始小区选择和重选, 上行链路 DCH 上无线资源的仲裁, RRC 消息完整性保护和 CBS 控制。

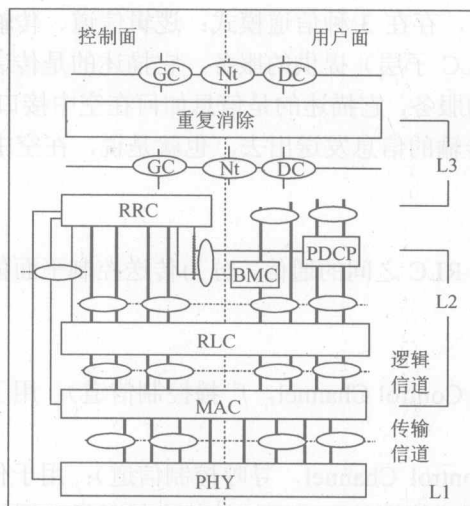


图 1-2 TD-SCDMA 空中接口协议体系结构

2. 数据链路层

数据链路层包括 MAC、RLC、PDCP（Pocket Data Convergence Protocol, 分组数据汇聚协议）、BMC（Broadcast/Multicast Control, 广播/组播控制）等 4 个子层, 不同的子层实现不同的功能。

MAC 子层实现的功能包括: 逻辑信道和传输信道之间的映射, 为每个传输信道选择适当的传送格式, UE 数据流之间的优先级处理, UE 之间采用动态预调度方法的优先级处理, DSCH 和 FACH 上几个用户的数据流之间的优先级处理, 公共传输信道上 UE 的标识, 将高层 PDU 复接为通过传输信道传送给物理层的传送块, 并通过传输信道将来自物理层的传送块复接为高层 PDU, 业务量检测, 动态传输信道类型切换, 透明 RLC 加密, 接入业务级别选择。

RLC 子层功能包括分割和重组、串联、填充, 数据的传送, 错误检测, 按序发送高层 PDU, 副本检测, 流控, 非确认数据传送模式序号检查, 协议错误检测和恢复、加密、挂起等。

PDCP 子层功能在发送与接收实体中分别执行 IP 数据流的头部压缩与解压缩, 头部压缩方法对应于特定的网络层、传输层或上层协议的组合; 传输用户数据并将非接入层送来的 PDCP-SDU 转发到 RLC 子层, 将多个不同的 RB 复用到同一个 RLC 实体。

BMC 子层功能包括小区广播消息的存储, 业务量监测和为 CBS 请求无线资源, BMC 消息的调度, 向 UE 发送 BMC 消息, 向高层 (NAS) 传递小区广播消息。

3. 物理层

在 OSI 参考模型中物理层处于最底层, 它提供物理介质中比特流传输所需要的所有功能。物理层功能包括把来自传输信道的数据传送到 MAC 子层, 分集合并, 传输信道错误指示, 传输信道 FEC 编译码, 传输信道到编码复合传输信道 CCTrCH 映射, 编码后的传输信道速率匹配到物理信道, CCTrCH 映射到物理信道, 物理信道的加权合并, 扩频与调制/解扩与解调,

频率同步, 时间同步 (码片、比特、时隙、帧), 无线特性测量 (FER、SIR、功率干扰), 闭环功率控制, 射频处理等。

1.2.2 TD-SCDMA 信道

在 TD-SCDMA 系统中, 存在 3 种信道模式: 逻辑信道、传输信道和物理信道。逻辑信道是 MAC 子层向上层 (RLC 子层) 提供的服务, 它描述的是传送什么类型的信息; 传输信道作为物理层向高层提供的服务, 它描述的是信息如何在空中接口上传输。TD-SCDMA 通过物理信道模式直接把需要传输的信息发送出去。也就是说, 在空中传输的都是物理信道承载的信息。

1.2.2.1 逻辑信道

逻辑信道用于 MAC 与 RLC 之间的通信, 分为传送控制平面信息的控制信道和传送用户平面信息的业务信道。

1. 控制信道

(1) BCCH (Broadcast Control Channel, 广播控制信道): 用于广播系统控制信息的下行信道。

(2) PCCH (Paging Control Channel, 寻呼控制信道): 用于传输寻呼信息的下行信道, 当不知道 UE 所处小区位置或终端处于小区接续状态的时候, 网络使用该信道对特定 UE 发起寻呼。

(3) DCCH (Dedicated Control Channel, 专用控制信道): 在 UE 和网络之间传送专用控制信息的点对点双向信道。

(4) CCCH (Common Control Channel, 公共控制信道): 在网络和 UE 之间传送控制信息的双向信道, 当没有 RRC 连接或当小区重选后接入一个新的小区时使用该信道。

(5) SHCCH (Shared Channel Control Channel, 共享控制信道): 在网络和终端之间发送上/下行链路控制信息的双向信道。

2. 业务信道

(1) DTCH (Dedicated Traffic Channel, 专用业务信道): 传输用于信息的用户专用的点对点双向信道。

(2) CTCH (Common Traffic Channel, 专用业务信道): 基站对全部或一组特定的 UE 传输用户信息的点对多点的单向信道。

1.2.2.2 传输信道

传输信道是指由物理层提供给高层的服务, 分为专用传输信道和公共传输信道, 传输信道定义了无线接口数据传输的方式和特性。

1. 专用传输信道

DCH (Dedicated Channel, 专用信道): 是一个上行或下行传输信道, 在整个小区或小区内的某一部分使用波束赋形的天线进行发射。

2. 公共传输信道

(1) BCH (Broadcast Channel, 广播信道): 用于广播系统和小区特定信息的下行传输信道, BCH 总是在整个小区内发射并且有独立的传送格式。

(2) FACH (Forward Access Channel, 前向接入信道): 是一个下行传输信道, 在网络可