

上海市无线电协会 编著

移动通信

多系统室内综合覆盖

YIDONG TONGXIN
DUOXITONG
SHINEI ZONGHE FUGAI

上海科学技术出版社

TN929.5/98

2007

YIDONG TONGXIN DUOXITONG SHINEI ZONGHE FUGAI

移动通信多系统 室内综合覆盖

上海市无线电协会 编著



上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

移动通信多系统室内综合覆盖/上海市无线电协会编
著. —上海:上海科学技术出版社,2007.7

ISBN 978-7-5323-8977-3

I. 移... II. 上... III. 移动通信—无线电信号—
信号传送 IV. TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 082996 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

苏州望电印刷有限公司印刷 新华书店上海发行所经销

开本 787×1092 1/16 印张 14.25 字数 300 000

2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

印数 1—3 250

定价: 38.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向本社出版科联系调换

内 容 提 要

本书从移动通信室内无线信号传输的角度出发,在介绍单个通信系统的室内覆盖的基础上,着重对多系统合路建设即综合覆盖进行了难点分析和系统设计介绍,并结合工程实例加以说明。考虑到读者的需求,在前面的章节中,对移动通信系统、射频信号的传输和无线电波的传播等有关基础知识做了铺垫性质的叙述。最后,还对多系统综合覆盖的管理进行探讨。

本书理论与实践相结合,在移动通信的工程设计中具有实际指导和参考价值。可以作为移动通信工程技术人员和管理人员的实用手册,以及大专院校通信专业师生的参考书。

编 委 会

主 编：徐国桢

副主编：吴诗元 戴 浩 顾谷钟 蒋志炎

编 委(按姓氏笔画为序)：

王佳庆 王宗贵 祁 超 吴诗元

张 超 陆 恒 顾谷钟 徐国桢

唐 烨 黄 涛 蒋志炎 戴 浩

前言

随着我国电信市场的逐步放开和 3G 脚步的临近,将会有越来越多的运营商提供无线通信服务,大批基站即将兴建,户外设站资源日益匮乏;同时,随着生活节奏的加快,家庭和办公室逐渐成为人们的主要生活场所,人们对室内无线网络的质量和容量提出了更高的要求。随着人们环保意识的增强,基站设置的景观化要求也越来越高。采用新技术、新方法的室内信号覆盖分布系统已经是大势所趋。

多系统室内综合覆盖建设模式可以为今后引入 3G、WLAN、数字集群甚至更多的无线通信系统预留足够的接入端口,共享室内覆盖资源,缓解室外基站建设矛盾,提高室内通信质量,将成为未来大中城市无线通信基站建设的发展方向。几年来,笔者在这方面做了很多工作。实践需要总结和提高,经验教训需要宣传和交流。抛砖引玉是我们编写这本书的出发点和初衷。

多系统室内综合覆盖技术既需要理论知识又需要实际经验,它要求工程人员具有扎实的通信理论基础,熟悉各种制式的移动通信系统的工作原理、频谱范围、电波传播、射频传输、电磁干扰、器件选择等方面的理论和技术等知识,更需要有丰富的工程经验。现在市面上介绍和阐述移动通信的书籍数量十分之多,但大多偏重理论知识,系统地介绍室内综合覆盖的书籍尚未发现。

本书从室内无线信号传输的角度对室内分布系统作了系统介绍,其结构体系是在介绍单个通信系统的室内覆盖有关内容(第五章)的基础上,着重对多系统合路建设即综合覆盖进行难点分析和系统设计介绍(第六章),并结合几个工程实例加以说明(第七章)。考虑到读者的不同

情况,在此之前,对有关基础知识做了些铺垫性质的叙述(第二~四章)。

第八章则是从管理角度进行探讨。

本书的编写是在上海市无线电协会组织下,多方协作共同完成的。参加编写的有上海市无线电管理局的领导和工作人员、上海移动通信公司的科技人员以及上海大学的无线通信资深学者。国内著名的室内覆盖方面集成商武汉虹信通信公司、广州京信通信公司和北京东方信联通信公司等都积极提供资料,对本书的顺利完成给予很大帮助。

同时,上海中瀛通信公司、上海朴创通信公司、上海恒事通信公司、上海威升通信公司、上海华敏光通信公司、上海捷浪通信公司和泉州荣盛达通信公司等都为本书提供了有关资料和帮助,在此一并致谢。

由于时间仓促,编者的水平有限,加之通信技术迅猛发展,书中难免有疏漏甚至不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

2007 年 2 月

目 录

第一章 概述	1
1.1 移动通信的概念和发展历史	1
1.1.1 移动通信的概念	1
1.1.2 移动通信演进的几个阶段	2
1.1.3 我国移动通信的发展历程	4
1.2 移动通信网络的建设	4
1.2.1 蜂窝移动通信系统的介绍	4
1.2.2 移动通信基站建设模式的转变	5
1.3 移动通信室内分布系统合路建设的发展趋势	7
1.3.1 室内分布系统建设的现状和问题	7
1.3.2 室内分布系统合路建设的必要性	7
1.3.3 室内分布系统合路建设的技术条件	8
第二章 移动通信系统	10
2.1 多址技术	10
2.1.1 频分多址	10
2.1.2 时分多址	11
2.1.3 码分多址	11
2.2 移动通信系统简介	11
2.2.1 GSM 系统	11
2.2.2 CDMA 系统	15
2.2.3 PHS 系统	17
2.2.4 WCDMA 系统	20
2.2.5 TD-SCDMA 系统	21
2.2.6 CDMA2000 系统	24
2.2.7 数字集群系统	27
第三章 射频信号的传输	30
3.1 射频与微波传输线	30

3.1.1 射频的概念	30
3.1.2 长线和分布参数的概念	31
3.2 传输线理论基本知识	33
3.2.1 传输线方程及其解	33
3.2.2 传输线的阻抗与反射	38
3.2.3 无耗传输线工作状态分析	41
3.2.4 史密斯圆图	46
3.3 几种常用的射频与微波传输线	51
3.3.1 平行双线	51
3.3.2 同轴线	52
3.3.3 带状线	53
3.3.4 微带线	56
3.4 光纤	58
3.4.1 光通信的发展	59
3.4.2 光纤的传输特性	59
第四章 无线电波的传播	61
4.1 无线通信环境和传播信道	61
4.1.1 电波在自由空间的传播	62
4.1.2 移动通信传播机制和主要特征	64
4.1.3 电波传播中的损耗和效应	66
4.2 链路传播模型	67
4.2.1 电波传播环境的研究方法	67
4.2.2 链路传播模型的分类	67
4.2.3 建立传播模型的技术	67
4.2.4 链路传播模型简介	68
4.2.5 室内传播模型	72
4.2.6 室内覆盖接收电平计算和修正	73
第五章 分布式室内覆盖系统	76
5.1 信号的室内覆盖	76
5.1.1 室内覆盖系统的基本概念	77
5.1.2 室内覆盖系统的应用环境	78
5.2 室内分布系统	78
5.2.1 室内分布系统的组成	79
5.2.2 室内分布系统的信号源	79
5.2.3 室内信号的分布与传输	80
5.2.4 室内分布系统的分类	81

5.3 射频传输型室内分布系统	82
5.3.1 射频传输型室内分布系统的组成	82
5.3.2 射频传输型室内分布系统常用的分布方式	82
5.4 中频传输型室内分布系统	85
5.4.1 中频传输型室内分布系统的组成	85
5.4.2 中频传输型室内分布系统的方案	86
5.4.3 中频传输型室内分布系统应用特点	87
5.5 室内分布系统设计	88
5.5.1 室内分布系统的设计目标	88
5.5.2 室内分布系统的建设和设计流程	90
5.5.3 室内分布系统设计解决的主要问题	91
5.5.4 射频传输型室内分布系统设计	92
5.5.5 中频传输型室内分布系统设计	94
第六章 多系统综合覆盖技术分析	95
6.1 多系统合路问题分析	95
6.1.1 噪声和杂散辐射	96
6.1.2 阻塞干扰	100
6.1.3 互调干扰	101
6.1.4 其他问题	103
6.2 多系统共存的干扰分析	105
6.2.1 移动通信系统频谱特性	105
6.2.2 TDD/TDD 干扰分析	105
6.2.3 TDD/FDD 干扰分析	110
6.2.4 FDD/FDD 干扰分析	117
6.3 多系统综合覆盖解决方案	120
6.3.1 方案分类	120
6.3.2 方案分析	122
6.3.3 收发分缆系统	129
6.3.4 收发合缆系统	130
6.4 多系统合路平台	130
6.4.1 合路平台原理	131
6.4.2 收发分缆系统的合路平台	132
6.4.3 收发合缆系统的合路平台	138
6.5 室内分布系统常用器件	140
6.5.1 无源器件	140
6.5.2 干线放大器	148
6.5.3 天线	149

第七章 多系统合路综合覆盖设计举例	153
7.1 上海南站	153
7.1.1 项目基本情况	153
7.1.2 方案设计	155
7.1.3 分布系统设计	161
7.2 上海世纪广场	163
7.2.1 项目基本情况	163
7.2.2 方案设计	164
7.2.3 分布系统设计	167
7.3 上海长江隧道工程	176
7.3.1 项目基本情况	176
7.3.2 方案设计	177
7.3.3 分布系统设计	179
第八章 基站建设和室内综合覆盖系统的综合管理	195
8.1 公用移动通信基站建设的管理	195
8.2 室内分布系统的建设和管理	196
8.3 多系统室内综合覆盖需要研究解决的问题	196
8.3.1 多系统室内综合覆盖基站的投资问题	197
8.3.2 多系统室内综合覆盖基站的覆盖技术原则	197
8.3.3 多系统室内综合覆盖基站的技术能力标准问题	197
8.4 室内分布系统合路建设的进展	198
8.4.1 上海市推进基站集约化建设的情况	198
8.4.2 室内分布系统合路建设的重要意义	198
8.4.3 上海市室内分布系统合路建设已取得的成果	199
8.5 相关政策法规选编	199
8.5.1 《移动通信室内信号覆盖分布系统设计与验收规范》	199
8.5.2 上海市公用移动通信集约化无线室内覆盖分布系统租赁费政策意见	203
附录	206
附录一 我国移动通信系统的运营制式及频段划分	206
附录二 几个量之间的转换	208
附录三 阻抗圆图	210
附录四 同轴线缆的参数	211
附录五 五类线衰减常数	212
附录六 常用缩略语	213
参考文献	218

第一章

概述

1.1 移动通信的概念和发展历史

1.1.1 移动通信的概念

移动通信是无线通信领域中最具活力、最有发展前途的一种通信方式,也是当今信息社会中最具个性化特征的通信手段。它的发展与普及改变了社会,也改变了人类的生活方式。

移动通信,顾名思义其本质的特色是“移动”二字,就是说这类通信不是传统的固定式通信,而是动态的移动体之间的通信,或移动体与固定体之间的通信。移动体可以是人,也可以是汽车、火车、轮船、收音机等移动的物体。

传统的固定式通信,主要是有线通信。其终端(如电话机)固定在某一地点(如房间),其线路采用基本固定不动的封闭式传输线,比如双绞线、电缆、光缆等。其网络也是适应固定终端、固定传输线路的有线交换网络。也就是说,固定式有线通信不能随人的移动而改变,其最大特点是静态的,信道是封闭的,而且是人造的,从而是优质的。随着工业制造水平的发展,从电线到电缆,再到今天的光缆,其容量、质量飞速提高,并基本满足了人类不断增长的通信需求。因此,有线通信发展的瓶颈不在于传输,而主要在于交换方式与网络结构。其最大缺点是缺乏动态性,不能满足现代人快节奏的生活需求,特别是快速移动的需求。

针对上述静态的缺点,无线通信以开放式传播来传递信息,打破了一定要有全封闭传输线路的限制,并将通信方式从静态推广至终端准移动式的状态。其代价是牺牲了全封闭式的优质固体媒质专用线路,换取了开放式传播的灵活性;但是信道的开放性必然会引起信道的时变性和随机性,从而大大降低了通信容量和质量。移动通信则是在无线通信的基础上,又进一步引入了用户的移动性,从而使终

端从准移动的状态进一步发展到真正的全动态。

与固定式通信相比较,移动通信具有一系列特点,主要是:

(1) 移动性。要保持物体在移动状态中的通信,它必须是无线通信,或无线通信与有线通信的结合。

(2) 电波传播条件复杂。移动体可能在各种环境中运动,电磁波在传播时会产生反射、折射、绕射、散射等现象,及多径干扰、信号传播延迟和展宽等效应。

(3) 噪声和干扰严重。在城市环境中的汽车火花噪声、各种工业噪声,移动用户之间的互调干扰、邻道干扰、同频干扰等。

(4) 系统和网络结构复杂。它是一个多用户通信系统和网络,必须能协调一致地工作,并使用户之间互不干扰。此外,移动通信系统还应与市话网、卫星通信网、数据网等互联,整个网络结构是很复杂的。

(5) 要求频带利用率高、设备性能好。

现代社会是信息社会,而信息的传输需要进行通信。由于人们对通信的要求越来越高,任何时间、任何地点、向任何个人提供快速可靠的通信服务已成为未来通信的目标。要实现这个目标,移动通信起到了非常重要的作用。

1.1.2 移动通信演进的几个阶段

现代移动通信技术的发展始于上世纪 20 年代,经历了 80 多年的发展,特别是近 10 年来其发展速度惊人。移动通信从最初的单电台对讲方式发展到现在的系统和网络方式,从小容量到大容量,从模拟方式到数字方式,从语音到多媒体。移动通信的演进大致可分为六个发展阶段:

1. 第一阶段

从 20 世纪 20~40 年代,为早期发展阶段。在这期间,首先在短波几个频段上开发出专用移动通信系统,其代表是美国底特律市警察使用的车载无线电系统。该系统工作频率最初为 2 MHz,到 40 年代提高到 30~40 MHz,可以认为这个阶段是现代移动通信的起步阶段,特点是专用系统开发,工作频率较低。

2. 第二阶段

从 20 世纪 40 年代中期~60 年代初期。在此期间,公用移动通信业务开始问世。1946 年,根据美国联邦通信委员会(FCC)的计划,贝尔系统在圣路易斯城建立了世界上第一个公用汽车电话网,称为“城市系统”。当时使用 3 个频道,间隔为 120 kHz,通信方式为单工;随后,前西德(1950 年)、法国(1956 年)、英国(1959 年)等国相继研制了公用移动电话系统。美国贝尔实验室完成了人工交换系统的接续问题。这一阶段的特点是从专用移动网向公用移动网过渡,接续方式为人工,网络容量较小。

3. 第三阶段

从 20 世纪 60 年代中期~70 年代中期。在此期间,美国推出了改进型移动电话系统(IMTS),使用 150 MHz 和 450 MHz 频段,采用大区制、中小容量,实现了无线频道自动选择并能够自动接续到公用电话网。前西德也推出了具有相同技术水平的 B 网。可以说,这一阶段是移动通信系统改进与完善的阶段,其特点是采用大区制、中小容量,使用 450 MHz

频段,实现了自动选频与自动接续。

4. 第四阶段

从 20 世纪 70 年代中期~80 年代中期,这是移动通信蓬勃发展时期。

1978 年底,美国贝尔实验室研制成功先进移动电话系统(AMPS),建成了蜂窝状移动通信网,大大提高了系统容量。1983 年,首次在芝加哥投入商用。同年 12 月,在华盛顿也开始启用。之后,服务区域在美国逐渐扩大。到 1985 年 3 月已扩展到 47 个地区,约 10 万移动用户。其他工业化国家也相继开发出蜂窝式公用移动通信网。日本于 1979 年推出 800 MHz 汽车电话系统(HAMTS),在东京、大阪、神户等地投入商用。德国于 1984 年完成 C 网,频段为 450 MHz。英国在 1985 年开发出全地址通信系统(TACS),首先在伦敦投入使用,以后覆盖了全国,频段为 900 MHz。法国开发出 450 MHz 系统。加拿大推出 450 MHz 移动电话系统 MTS。瑞典等北欧四国于 1980 年开发出 NMT-450 移动通信网,并投入使用,频段为 450 MHz。

5. 第五阶段

从 20 世纪 80 年代中期开始的数字移动通信系统发展成熟时期。以 AMPS 和 TACS 为代表的第一代蜂窝移动通信网是模拟系统。模拟蜂窝网虽然取得了很大成功,但也暴露了一些问题。例如,频谱利用率低,移动设备复杂,费用较贵,业务种类受限制以及通话易被窃听等;最主要的问题是容量已不能满足日益增长的移动用户需求。解决这些问题的方法是开发新一代数字蜂窝移动通信系统。数字无线传输的频谱利用率高,可大大提高系统容量。另外,数字网能提供语音、数据等多种业务服务,并与 ISDN 兼容。实际上,早在上世纪 70 年代末期,当模拟蜂窝系统还处于开发阶段时,一些发达国家就着手数字蜂窝移动通信系统的研究。到上世纪 80 年代中期,欧洲首先推出了泛欧数字移动通信网(GSM)体系。随后,美国和日本也制定了各自的数字移动通信体制。

6. 第六阶段

从 21 世纪初开始,开启了以实现“个人通信”为目标的通信时代。对于未来移动通信系统的概念和结构,业界尚未有一致的看法。但有一点是肯定的,即未来移动通信系统将提供全球性优质服务,成为名副其实的个人通信网,真正实现在任何时间、任何地点、向任何人提供任何通信业务这一移动通信的最高目标。在关于未来移动通信的各种解决方案中,我们所熟悉的是第三代移动通信系统(以下简称 3G),以及第四代移动通信技术(以下简称 4G)。

国际电信联盟(ITU)在 2000 年 5 月确定 WCDMA、CDMA2000 和 TD-SCDMA 作为三大主流无线接口标准。与从前以模拟技术为代表的第一代和目前正在使用的第二代数字移动通信技术相比,3G 将有更宽的带宽,其传输速率最低为 384 Kbps,最高为 2 Mbps,带宽可达 5 MHz 以上。3G 不仅能传输话音,还能够实现高速数据传输和宽带多媒体服务,从而为用户提供更经济、内容更丰富的无线通信服务。在上述三大标准中,除了 TD-SCDMA 还处于试验网测试阶段外,其他两大标准已进入实际应用阶段,并在全球已经部署了数十个网络。

目前,国际电信联盟(ITU)已开始研究制定 4G 系统标准。把移动通信系统同其他系统(如无线局域网 WLAN)结合起来,产生 4G 技术,2010 年前使数据传输速率达到

100 Mbps。可提供更有效的多种业务,实现商业无线网络、局域网、蓝牙、广播、电视卫星通信等的无缝衔接并相互兼容。4G 具有更高的数据率和频谱利用率,更高的安全性、智能性和灵活性,更高的传输质量和服务质量(QoS)。4G 系统体现了移动通信与无线接入网及 IP 网络不断融合的发展趋势,比 3G 更接近于“个人通信”。

1.1.3 我国移动通信的发展历程

我国的移动通信也经历了相似的发展历程,尤其是近 20 年来我国移动通信市场的发展速度和规模令世人瞩目,中国的移动通信发展史是超常规、成倍数、跳跃式的发展史。

自 1987 年中国电信开办移动电话业务以来,到 1993 年用户增长速度均在 200% 以上;从 1994 年移动用户规模超过百万大关,移动电话用户数每年几乎比前一年翻一番。1997 年 7 月 17 日,我国移动电话第 1 000 万个用户在江苏南京诞生,标志着我国移动通信又上了一个台阶;它意味着中国移动电话不到 10 年时间所发展的用户数超过了固定电话 110 年的发展历程。2001 年 8 月,中国的移动通信用户数超过 1.2 亿,超过了美国的移动用户总数。截至 2006 年年底,我国移动电话用户总数已达到 4.6 亿户,移动通信网络的规模和用户总数均位列世界第一位。

1.2 移动通信网络的建设

1.2.1 蜂窝移动通信系统的介绍

目前,国内运营的移动通信网属于第二代数字蜂窝移动通信系统,“蜂窝思想”在移动通信技术体制的演进过程中是一个非常重要的进步。“蜂窝”代表了构造无线通信网一种完全不同的途径,它是一种实现无限系统容量的“异想天开”的设想,摒除了以前限制移动电话扩展的障碍;而且它并不是通过任何基础技术的重大进步来实现的,而只是在同样的资源上采用了更聪明的方法。事实上,“蜂窝结构”是一个系统层的概念,从本质上独立于以前的无线通信技术。

传统的无线通信除了短波通信、点对点微波通信和卫星通信等方式以外,还采用与广播和电视相同的方法来实现对一个地区的覆盖。比如在某一地区的最高点安装一个高功率的发射机,向地面发射信号。这样可以覆盖较大的面积,但也意味着,在较大的面积上只能有少数的用户使用有限的几个频道。蜂窝思想是用完全不同的方法解决覆盖问题,它放弃了广播的模式。蜂窝代表着采用许多低功率发射机,每一个特别设计的发射机只服务于一个很小的区域,在也许直径只有数千米或几百米的区域内使用。可见,蜂窝式移动通信系统由于妥善解决了频率资源越来越短缺的问题,且方便用户,尽管系统成本较高,还是得到了广泛应用。典型的蜂窝移动通信系统(CMS)如图 1-1 所示。

典型的蜂窝移动通信系统包括无线传播、有线传输和信息的收集、处理和存储等,使用的主要设备有无线收发信机、交换控制设备和移动终端设备。移动通信服务区由许多个正六边小区覆盖形成,呈蜂窝状,通过接口与公众通信网互联。移动通信网包括交换分系统、基站分系统和大量移动用户终端,是一个完整的信息传输实体。

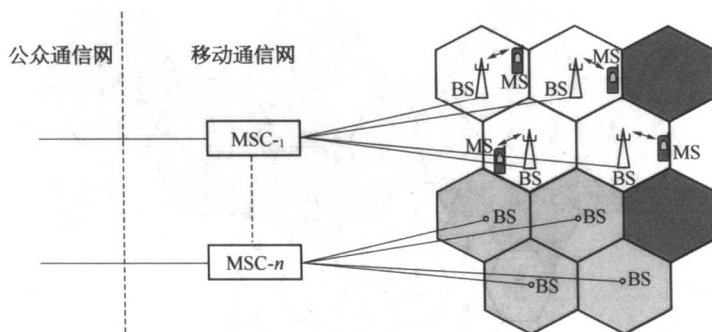


图 1-1 典型的蜂窝移动通信系统

交换分系统包括移动交换中心(MSC)、归属位置登记处(HLR)、被访位置登记处(VLR)、设备识别登记处(Em)、鉴权中心(AC)和操作管理中心(OMC)等基本组成部分。它是移动通信系统的控制交换中心,又是与公众通信网的接口。MSC负责交换移动台(MS)各种类型的呼叫,如本地呼叫、长途呼叫和国际呼叫,提供连接维护管理中心的接口,还可以通过标准接口与基站(BS,或称基地台)和其他MSC相连。移动交换中心控制的区域称为MSC控制区。图1-1中N个MSC控制区组成移动通信服务区。除此之外,MSC还具有支持移动台越区切换、MSC控制区之间的漫游和计费等功能。

基站分系统包括一个基站控制器(BSC)和由其控制的若干个基站收发信系统(BTS),负责管理无线资源,实现固定网与移动用户之间的通信连接,传送系统信号和用户信息。BSC单元用来与MSC进行数据通信,与MS在无线信道上进行数据传输。基站(BS)的通话频道单元数量取决于需要同时通话的用户数,一般有几条或几十条,甚至多达几百条无线信道。BS与MSC之间采用有线中继电路传输数据或模拟信号,有时也可采用光缆传输或数字微波中继方式。BS以无线形式与MS连接,BS天线的覆盖范围称为无线区。

当然,开始的时候建立包含上千个蜂窝的系统是非常昂贵的。但是通过采用一种蜂窝分裂技术,经过一段时间后可以大半径的蜂窝完美地发展为小半径的蜂窝。当某个蜂窝内的用户达到一定数量以致使蜂窝原来允许的频道数目不能再达到良好的服务质量时,那个蜂窝就可以被分裂为一定数量的更小的蜂窝,采用适合于原来蜂窝区域内的功率更低的发射机。无线频率的复用方式可以在新的、更小的范围内重复,使得这一地区总容量的增长倍数等于新蜂窝的数目。将来当小蜂窝饱和以后,可以产生更小的蜂窝,甚至只需要在蜂窝内的某几个地区采用更小的蜂窝(也称为微蜂窝)。这个过程如图1-2所示。

蜂窝移动通信系统由于实现了频率复用,大大提高了系统容量。可以说,蜂窝概念真正解决了公用移动通信系统要求容量大与频率资源有限的矛盾。

1.2.2 移动通信基站建设模式的转变

信息产业的基础设施建设是整个产业生存与发展的根基所在,离开了基础设施的顺利构建,行业的发展也就无从谈起。对移动通信产业而言,基站建设是我国移动通信运营商投资的重要部分,也是保障整个产业发展的关键所在。总体上讲,我国移动通信基站建设模式经历了三个时期的转变。

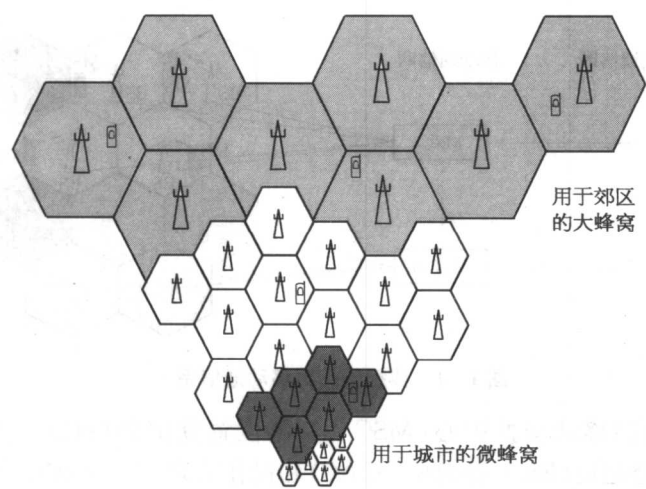


图 1-2 蜂窝的分裂

(1) 在移动网络发展初期,移动运营商的建设是粗放型的扩张模式,普遍采用高塔、大功率基站进行信号覆盖,如图 1-3 所示。在市区普遍为楼顶拉线塔或抱杆的架设方式,郊区和农村多采用落地铁塔方式,有的甚至高达七八十米,每个基站覆盖的区域相对较大。

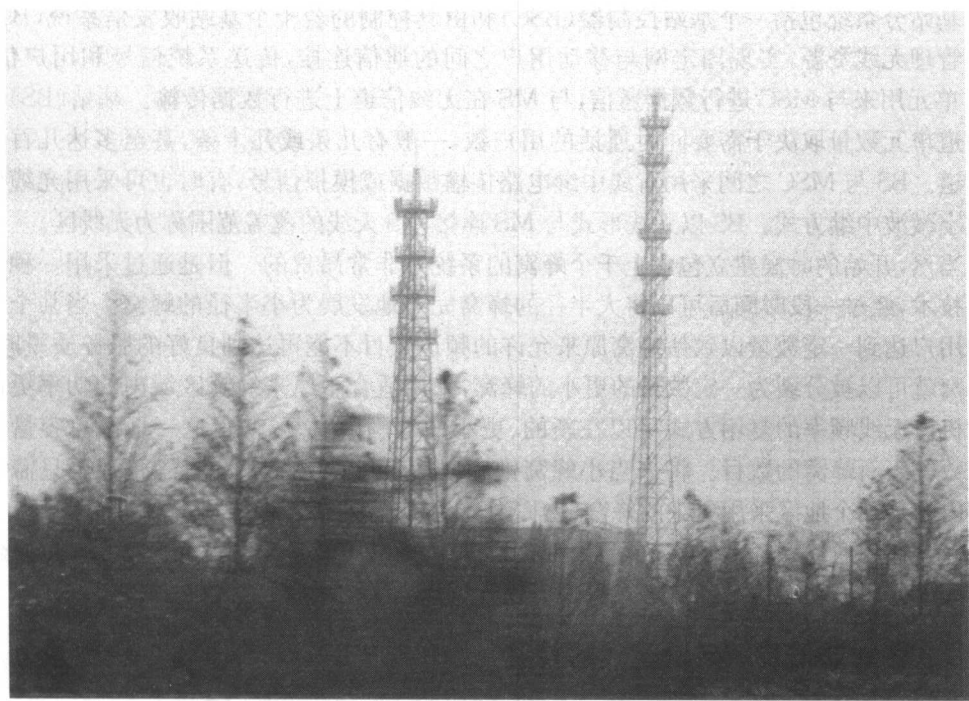


图 1-3 传统的基站铁塔

(2) 在网络发展中期,随着用户规模的扩大,移动运营商为保障越来越庞大的用户群的通信质量,需要解决移动网络中的“盲区”和话务拥塞等问题;这就要求网络不断扩容,不断