

大话

TD-SCDMA

左飞◎著

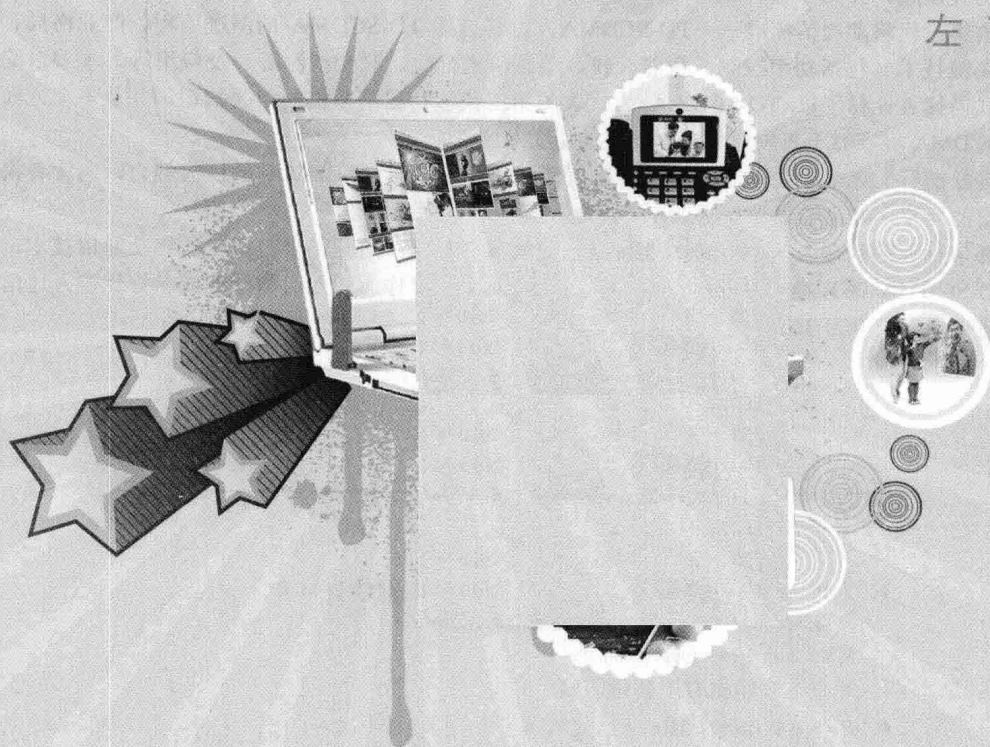


- ◎ 了解一点**TD**，懂一点**3G**
- ◎ 顶创新，支持中国创造
- ◎ 其实这本书一点都不深

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

大话 TD-SCDMA

左飞◎著



人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

大话TD-SCDMA / 左飞著. — 北京: 人民邮电出版社, 2010.11
ISBN 978-7-115-23689-0

I. ①大… II. ①左… III. ①码分多址—移动通信—通信系统—普及读物 IV. ①TN929.533-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第159653号

内 容 提 要

本书是一本关于 TD-SCDMA 第三代移动通信系统基础知识的科普读物。全书从移动通信的基本概念和发展历程谈起,介绍了移动通信网络的基本结构及通话实现流程,并在此基础上全面地介绍了由我国主导的第三代移动通信标准——TD-SCDMA。内容包括 TD-SCDMA 的演进历程、产业格局、基本原理、关键技术(包括功率控制、智能天线、动态信道分配、联合检测等)及应用等。本书以简明通俗的方式向读者诠释了以 TD-SCDMA 为代表的第三代移动通信系统的相关知识,并从多个方面论述了 TD-SCDMA 标准对于我国通信产业发展的历史意义。

本书用轻松的行文风格,生动、形象地向通信爱好者展示了 TD-SCDMA 的巨大魅力,向读者揭示了移动通信的奥秘,并为初学者打开了一扇深入学习 3G 知识的大门。

本书以通信行业的管理人员和市场营销人员为主要读者对象,同时可供对第三代移动通信技术,特别是对 TD-SCDMA 感兴趣的初学者和自学者阅读参考,也可作为初入通信行业或者打算进入通信领域的非通信专业人员学习 3G 知识的入门书。

大话 TD-SCDMA

- ◆ 著 左 飞
责任编辑 李 强
- ◆ 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@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 11.75
字数: 255 千字 2010 年 11 月第 1 版
印数: 1-4 000 册 2010 年 11 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-23689-0

定价: 38.00 元

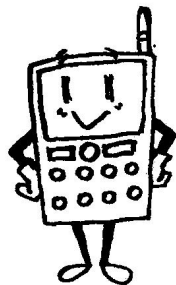
读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

前言

PREFACE



1998年1月，数位有识之士齐聚北京香山，共为中国通信未来之路出谋划策。身怀拳拳赤诚之心，更饱尝标准缺失之痛楚，香山会议最终决定向国际电联提交 TD-SCDMA 作为中国提出的第三代移动通信标准。

2001年3月，TD-SCDMA 第三代移动通信标准的全部技术方案在 3GPP TSG RAN 第 11 次全会上被 3GPP 正式接纳。至此，TD-SCDMA 正式成为 3G 三大主流标准之一。

2009年1月，中国政府正式向中国移动颁发了 TD-SCDMA 业务的运营许可，中国移动开始大范围建设 TD 网络，TD-SCDMA 商用工作正式启动。中国期待已久的 3G 大幕就此拉开。

我国的移动通信产业自 1987 年开通第一部模拟移动电话至今已走过二十多年的风雨历程。目前，手机已经走进千家万户，并成为一种生活必需品。随着技术的不断进步，手机的功能更加强大，需求的驱动引领手机必然要向更高速率的新时代迈进，3G 之势，势不可挡。

尽管我们每天都在使用手机，但手机是如何将天南海北的朋友们连接到一起的呢？绝大多数用户对此知之甚少。大部分用户游移在不同的炫目广告之下，不知道各家运营商葫芦里卖的是什么“药”。作为中国提出的第三代移动通信标准，TD-SCDMA 广受关注，但由于技术本身距离用户较远，TD-SCDMA 对更多人来说显得十分神秘。为了揭开 TD 的神秘面纱，让更多的人走进 TD，认识 TD，了解 TD，笔者着手撰写了本书。

在此之前，人民邮电出版社已经相继出版了《大话通信》、《大话无线通信》等书。作为这个系列的又一新作，全书依然采用轻松的行文风格，生动、形象地向通信爱好者展示 TD-SCDMA 的巨大魅力，向读者揭示移动通信的奥秘，并为初学者打开一扇深入学习 3G 知识的大门。

在古代，人类认识自然的能力有限，将一些还无法解释的现象就归结于神秘力量的使然。正是由于某些知识远离人们，在这些问题上人们也更愿意接受一些伪科学的东西。本书作为一本科普读物，希望能够将普通用户以往对于移动通信的一些错误观念和认识纠正过来，还原事物的本来面貌。



在如火如荼地开展 TD-SCDMA 网络建设过程中，希望本书在普及国人对于 TD-SCDMA 的认识方面能尽绵薄之力，笔者将备感欣慰。

在本书即将付梓之际，我要特别感谢中国移动通信集团广东有限公司网管维护中心庄仁峰总经理、王峻副总经理、程静雄副总经理、孔轶副总经理以及赵武和陈仑两位经理，感谢他们给予我的关心和帮助，谨在此表示深深的谢意！

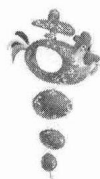
感谢我的同事和朋友们在工作和生活中给予我的巨大鼓励，使我能够坚持将本书完成。特别是与陈旭彬、张国彪两位同事探讨技术问题的过程非常愉快，使我获益良多。

由于作者水平有限，加之时间仓促，书中错误和纰漏在所难免，敬请广大读者不吝批评指正。作者联系邮箱：fzuo@yahoo.cn。

目录

Contents

第 1 章 ■ 天涯若比邻	1
1.1 为信息插上翅膀	1
1.2 初识无线通信	4
1.3 移动通信的前世今生	5
1.4 蜂窝通信的出现	8
第 2 章 ■ 也谈谈网络	11
2.1 从 GSM 的网络结构谈起	11
2.2 有关覆盖范围的几个概念	17
2.3 3G 网络的无线网部分	18
2.4 3G 网络的核心网演进	21
2.5 几个重要的号码	25
2.6 一个手机的通话流程	27
第 3 章 ■ 中国标准，世界看齐	30
3.1 技术壁垒与专利纠葛	30
3.2 从无到有的中国创造	33
3.3 主流标准的演进发展	37
3.4 各怀绝技，谁能问剑江湖	40
3.5 走向商用的 TD-SCDMA	43
3.6 多彩终端，尽在掌握	44
第 4 章 ■ 实现双向通信	48
4.1 单工与双工	48
4.1.1 听广播好似单行道	48
4.1.2 打电话是双向畅通	49
4.1.3 对讲机与分时放行	50



目录

Contents

4.2 时分与频分	52
4.2.1 不分你我——时分双工	52
4.2.2 泾渭分明——频分双工	54
4.3 时分双工的特点	55
4.3.1 频谱利用——多快好省	55
4.3.2 随机应变——适合非对称业务	56
4.3.3 与时俱进——支持新技术	58
4.3.4 四两拨千斤——更低廉的成本	59
4.4 时分双工的不足及应对	59
4.5 时分双工的未来	66
第5章 ■ 区分不同的用户	68
5.1 多址技术	68
5.1.1 各行其道——频分多址	68
5.1.2 轮流发言——时分多址	70
5.1.3 充耳不闻——码分多址	72
5.2 码分多址的实现	73
5.2.1 扩频——码分多址的基础	74
5.2.2 正交编码——怪异的编码	77
5.3 谁的辐射更小	80
5.4 最强大的安保系统	83
5.5 TD-SCDMA 的多址方式	86
第6章 ■ 交流的逻辑	87
6.1 帧的结构——更微观的交互	87
6.2 用放大镜去看时隙	89
6.3 信道——传输的通路	92
6.3.1 逻辑信道——分门别类	92
6.3.2 传输信道——接口定义	93
6.3.3 物理信道——实际载体	94
6.3.4 信道映射——万法归宗	95
第7章 ■ 与基站取得联系	96



目录

Contents

7.1 小区搜索——如何找到组织	96
7.2 同步——对于“S”的解析	98
7.2.1 上行同步——对 CDMA 的支持	98
7.2.2 基站同步——出于 TDD 的考虑	100
7.2.3 北斗与 GPS 的对决	101
7.3 随机接入——向上级要资源	106
7.4 切换——重新找到组织	109
7.4.1 移动性的必备支持	109
7.4.2 切换方式——条条大道通罗马	110
7.4.3 接力切换的实现过程	113
第 8 章 ■ 有组织有纪律	115
8.1 从多人谈话情景说起	115
8.2 从显微镜谈功控方式	116
8.2.1 开环功控——粗调的过程	117
8.2.2 闭环功控——细调的过程	118
第 9 章 ■ 聪明的天线	120
9.1 TD-SCDMA 的一大法宝	120
9.2 很好,很强大	122
9.3 捕捉电波的影踪	124
9.4 基站好似瘟神乎	127
9.5 智能天线的实现	130
9.6 人无我有,人有我优	132
第 10 章 ■ 提供更多可用信道	133
10.1 再从逛商场谈起	133
10.2 快慢有道,异曲同工	135
10.2.1 一刀切的智慧	135
10.2.2 有慢还得有快	137
10.2.3 让耕者有其田	139
10.3 时空码频,急急如律令	141



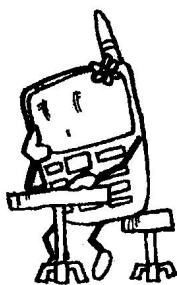
目录

Contents

10.3.1 时域 DCA——时隙的乾坤大挪移	141
10.3.2 频域 DCA——频率资源的调配	143
10.3.3 码域 DCA——做一名园艺工人	144
10.3.4 空域 DCA——巧用智能天线	145
10.4 得此利器，犹如神助	146
第 11 章 ■ 提高通话质量	148
11.1 干扰无处不在	148
11.2 有效的信号分离	152
11.3 猪八戒的九齿钉耙	155
11.4 联合检测的实现	161
11.5 TD-SCDMA 的“紫青双剑”	162
第 12 章 ■ 走向更广阔的未来	165
12.1 大浪淘尽，谁主沉浮	165
12.2 换个角度说 TD	166
12.3 丢掉幻想，准备斗争	169
12.4 TD-SCDMA 动了谁的奶酪	171
12.5 TD-SCDMA 的专利分布迷局	172
12.6 中国的，世界的	175
参考文献	179

第 1 章

Chapter 1



天涯若比邻

1.1 为信息插上翅膀

现代社会的一大特点就是资讯传播快速，信息交流便捷，而手机在其中所扮演的角色不容小视。无论是行走在大街小巷，还是出入于厅堂会馆，你一定随处可见手持移动电话正同远方伙伴交流的人。手机早已渗透到现代人生活的每个角落，成为人们随身必备的一样法宝。但是，要问起手机是如何实现通话的这个问题，真正能够说得清楚的朋友恐怕不多。如果有人问你——只要有手机就可以打电话吗，你将会怎样回答呢？有的人或许会果断地说，只有手机还不够，还必须要有“卡”。那只有手机和手机卡就可以打电话了吗？答案仍然是否定的。手机要想正常通话，就必须要有“网络”。

“网络”这个词对于大家来说并不陌生，例如数台电脑之间用网线相连就会形成电脑网络，各个变电站之间用电缆相连就会形成输电网络。由此类推，手机之间要想形成网络就必须得需要一些连接彼此的线路。但是，生活常识告诉我们，手机与手机之间并没有什么显而易见的“线路”。那么手机之间是如何形成网络的呢？

手机之间相互“连接”靠的是一种被称为“电磁波”的东西。电磁波一直就广泛存在于我们周围，但长久以来人们都没有认识到它。说到电磁波的发现，我们就不得不提起伟大的物理学家麦克斯韦，正是由他所创建的电磁场理论奠定了今日无线通信的基础。

麦克斯韦于 1831 年出生在英国的爱丁堡，他被认为是继法拉第之后，集电磁学于大成的伟大科学家，如图 1-1 所示。1864 年，麦克斯韦基于前人的一系列发现和实验成果，建立了完整的电磁波理论。他不仅科学地预言了电磁波的存在，而且揭示了光、电、磁现象的本质的统一性，并推导出电磁波与光具有同样的传播速度，从而完成了物理学的又一次大综合。然而，同众多科学巨匠一样，麦克斯韦在世时他的理论并不为人所接受。



1879年麦克斯韦患癌症去世时，能够理解他著作的人屈指可数。麦克斯韦死后多年，德国物理学家赫兹用实验向世人证实了电磁波的存在，此后人们才意识到麦克斯韦的电磁场理论是如此的不凡。这一自然科学的理论成果，奠定了现代的电力工业、电子工业和无线电工业的基础，而麦克斯韦也被公认为是“牛顿以后世界上最伟大的数学物理学家”。

根据麦克斯韦电磁波理论，变化的磁场产生电场，变化的电场产生磁场。如果在空间某处发生了变化的电场，那么变化的电场和磁场并不局限于空间的某个区域，而是由近及远向周围空间传播开去。电磁场的传播，就形成了电磁波。从科学的角度来说，电磁波是能量的一种，凡是高于绝对零度的物体，都会释出电磁波。电磁波的波长和强度可以有很大的区别，红外线、紫外线、X光等都属于电磁波。电磁波谱图如图1-2所示。可见光是人们唯一能够观察到的电磁波，而其他电磁波则如同围绕在我们周围的空气一样是观察不到的。尽管电磁波有很多种，但它们的本质却是完全相同的，只是波长和频率有很大的差别。

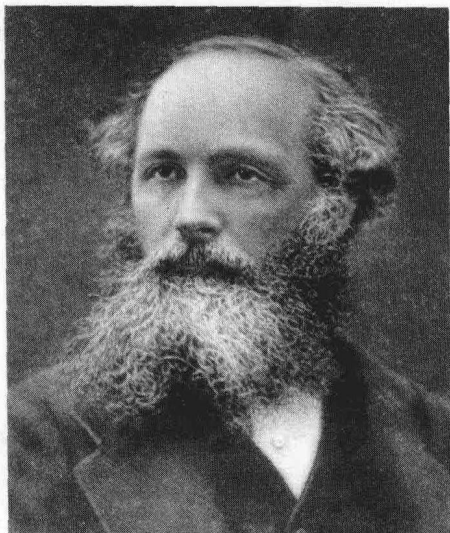


图 1-1 麦克斯韦 (1831-1879)

从图1-2中可以看出，电磁波不仅有可见光部分，还有非可见光部分。一个最典型的例子就是我们平时所收听的电台节目，它所使用的就是无线电波，同样也是一种非可见的电磁波。

众所周知，1875年贝尔发明了电话，次年即取得专利。又过了一年，大发明家爱迪生制造出了阻抗式送话器，这些都是人类电信技术发展旅程中彪炳史册的大事。当时，科学敏感度极高的麦克斯韦对这些发明也萌生了很大的兴趣，他还在1878年时举行了一次有关电话的科普讲演。不知当时他是否预感到，自己的电磁理论将在未来引发另一场革命，并为贝尔发明的电话插上一对“隐形的翅膀”。

赫兹的电磁波辐射实验，不仅向世人证实了电磁波的存在，更使人们认识到电磁波和电磁波能量是可以控制发射的，这也就暗示电磁波可以被用来进行通信。可惜赫兹本人却认为利用电磁波进行通信是不现实的。后来，俄罗斯人波波夫于1896年成功地用无线电完成了一条莫尔斯电码的传送，其电文内容为“海因里斯·赫兹”，遗憾的是，当时的信息传递距离只有250m，实际应用价值不大。

将无线电通信推向实际应用的人是蜚声世界的无线电技术发明人、意大利发明家伽利尔摩·马可尼，如图1-3所示。1897年，马可尼在固定站与一艘拖船之间开展了一项



无线通信试验，那次试验的通信距离达 18 海里。1899 年他又成功地实现了跨越英吉利海峡的无线电报通信。马可尼所发明的无线电技术无疑将人类文明向前推进了一大步，从此信息被真正插上了翅膀，飞遍了全球。为了表彰马可尼对于发展无线电技术所作出的突出贡献，他与布劳恩一起于 1909 年获得了诺贝尔物理学奖。我们通常所说的无线通信也就是指使用电磁波来作为传输媒介的通信方式。

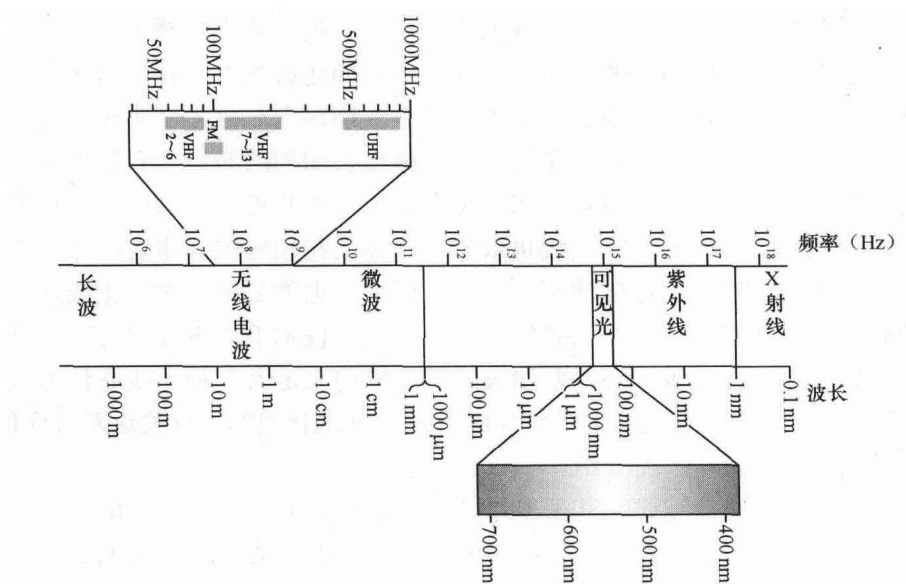


图 1-2 电磁波谱图



图 1-3 伽利尔摩·马可尼 (1874-1937)



1.2 初识无线通信

所有的无线通信系统都至少需要两个设备，一个是发射电磁波信号的发射机，另一个是接收电磁波信号的接收机。可以拿我们生活中听到的无线电广播节目来做例子，一方面听众必须要有一台收音机来收听节目，而另一方面还必须有广播电台来发送节目。在收听广播节目的同时，我们会通过调频的方式来实现跳台。这是因为不同的广播频道使用的是不同的发射频率，收音机必须使用与广播电台相同的频率，我们才能收听相应的节目。这告诉了我们这样一个事实，那就是发射机与接收机之间通信所使用的电磁波需要使用特定的频率，即发射机和接收机双方工作需要在相同的频率时，才可以正常通信。然而，并不是所有频率的电磁波都可以用于通信，也就是频率对于无线通信来说，其实是一种有限的稀缺资源。一方面我们需要采取某些技术手段来使得有限的频率能够承载更多的信息，另一方面我们还需要相关的组织机构来定义各种无线通信方式所能够使用的电磁波频率，以避免冲突，这种组织结构就是标准化组织。有关这两方面的话题，本书后面章节还会进行更详细的介绍。

手机作为一种无线通信方式，其基本原理和收音机是非常相似的。但是从功能角度来说，它们还存在一个差别。收音机只能单方面地接收电台的信号，而无法向电台发送信号。但是使用手机时不仅能够听到对方的声音，我们还可以向对方传送声音。这就是二者的关键区别。也就是说手机不仅可以接收电磁波信号还可以发送电磁波信号，为此手机内部就必须同时具备发射机和接收机。

除了手机之外，移动通信网络的正常运行还需要基站。基站其实就是一个类似于广播电台的设备，它用于接收手机信号或者转发其他信号。这样手机用户和其他电话用户之间才能完成正常通话。基站内部同样也既有发射机又有接收机，基站向手机发送的信号称为下行信号，手机向基站发送的信号称为上行信号，如图 1-4 所示。

如果一名北京的听众出差到上海，那么当他拿起收音机收听北京某调频广播频道时，他是无法正常收听到节目的。这是因为他超出了接收北京电台有效信号的范围，就如同一束灯光照向夜空时，光亮最终会在远处消失殆尽一样。电磁波的信号是会随着传播距离的增加而逐渐变小的，这个信号逐渐变小的过程称为衰减。衰减的现象会限制移动通信电磁波的传播范围，我们通常就把一个基站发送信号的有效范围称为覆盖。

留心的读者很容易在你所居住的城市中发现很多基站。现在城市中的建筑物很多，这些“大家伙”很容易对电磁波信号产生反射和吸收，使电磁波能量产生较大损耗，影



响电磁波信号的发射和接收。因此目前城市中的基站覆盖范围通常都是很小的，一般只有几百米甚至几十米不等。在很多楼宇内部为了实现较好的覆盖，网络优化人员还会对其布设专门的室内天线分布系统，以期达到较好的信号强度。

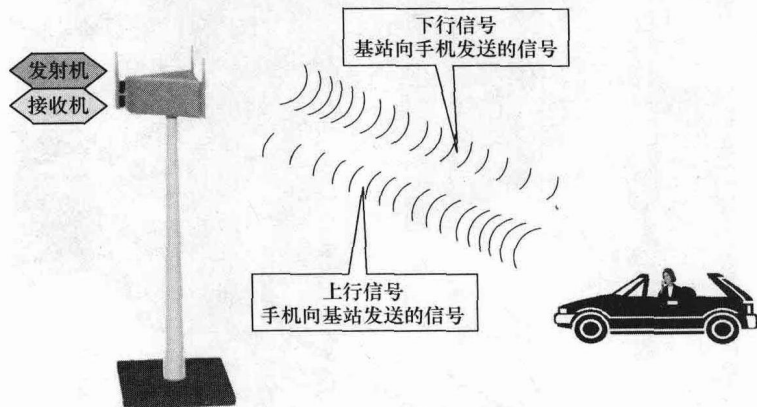


图 1-4 手机和基站

而在郊区、农村以及海岸线附近，由于周边环境相对平坦、空旷，所以基站的覆盖范围一般都较大，可以达到几公里甚至十几公里。当我们需要在更广阔的范围内使用移动通信的时候，我们就需要多个基站来共同完成对这个地区的覆盖。

1.3 移动通信的前世今生

我们都知道，真正的移动通信技术的发展应是从 20 世纪 20 年代开始的。1928 年，美国普渡大学的学生发明了工作于 2MHz 的超外差式无线电接收机，这套系统很快在底特律的警察局投入使用，这也是世界上第一种可以有效工作的移动通信系统。

到了 20 世纪 30 年代初，移动发射机出现，世界上第一部调幅制式的双向移动通信系统在美国新泽西的警察局投入使用；20 世纪 30 年代末，第一部调频制式的移动通信系统诞生，试验表明调频制式的移动通信系统比调幅制式的移动通信系统更加有效。

1939 年第二次世界大战爆发，军事上的需求促使技术快速进步，极大地推动了移动通信的发展，战场上各国武装部队都采用了大量的无线通信系统。例如，1941 年摩托罗拉公司为美军生产出了参战时唯一的便携式无线电移动通信工具——5 磅重手持对讲无线电样机及此后的 SCR-300 型高频率调频背负式通话机。当时的美国军方常常在阵地比



较高的山头上设立一个大功率的基站，再让士兵使用个头很大的背负式移动电话，如图 1-5 所示，并通过大功率基站的转发来实现同指挥部的通信。



图 1-5 二战中的背负式移动电话

第二次世界大战结束后，军事移动通信技术逐渐被应用于民用领域，1946 年美国在圣路易斯建立了世界第一个公用汽车电话网。到 20 世纪 50 年代，北美和欧洲部分国家相继成功研制了公用移动电话系统，在技术上实现了移动电话系统与公众电话网络的互通，并得到了广泛的使用。遗憾的是这种公用移动电话系统仍然采用人工接入方式，系统容量小。从 20 世纪 60 年代中期至 20 世纪 70 年代中期，移动电话实现了无线频道自动选择并能够自动接续到公用电话网。但是，当时基站的工作方式都是单基站方式，也就是说每个基站独立工作。这种模式被称为大区制移动通信。通常，这种基站的天线高度都要为几十米甚至百余米，其覆盖半径一般为 30km 左右，而其发射机功率则可高达 200W。这种模式下网络中可以支持的用户数仅仅约为几十至几百。因为移动终端体积较大，所以最初只能是车载台，后来才出现了手持台。这些终端可以与基站通信，也可通过基站与其他移动终端通信。市话站与无线基站之间用有线网来连接，因此它也可以实现无线用户同公用电话网用户（即常说的市话用户）之间的通信。

在大区制移动通信系统中，由于各个基站之间都是独立工作的，因此如果手机在移动过程中从一个基站的覆盖范围到了另一基站的覆盖范围，用户就必须中断通话，然后重新拨号，使用起来非常不方便。另一方面，随着用户数量增加，大区制所能提供的容量很快饱和，这也成为一个非常棘手的问题。正如我们前面所说的，这种系统所能支持的用户数仅仅约为几十至几百而已。为什么会出现这种情况呢？这主要是因为这种系统



对于频率资源的使用是非常低效的。

前面我们曾经提到过在收听广播时,收音机必须使用与广播电台相同的频率,听众才能收听相应的节目。这个现象告诉我们只有在发射机和接收机双方工作在相同的频率时,通信才可以正常进行。另外,在收听广播节目时,听众可以通过调整收音机的频率去接收来自不同频道的节目,而同一区域内的两个不同的广播节目一般是不会使用同一频道的。这也很容易理解,一旦同一区域内两个广播站以相同的频率向外发射不同的广播信号,那么接收机就会产生错乱,它无法分辨来自不同广播站的信号,两股信号就会杂糅在一起,彼此干扰。这就好像有两个甚至多个人同时以近乎相同的声调来与你讲话,你势必会感到混乱不堪。这种情况在通信中被称为同频干扰。也就是说,所谓同频干扰就是指无用信号(即干扰信号)的载频与有用信号的载频相同,因而对接收同频有用信号的接收机造成的干扰。

为了避免同频干扰,采用大区制移动通信系统下的一个服务区域(如一个城市)中往往只有一个基站。即使有时可能在一个大城市中存在少数的几个基站,为了避免这几个基站之间相互干扰,它们之间的距离也必须相距甚远,以使得信号衰减至几乎无影响的程度。另外,我们知道一个基站的覆盖中所能持有的载频(载频,或载波频率,是一个物理概念,它其实就是指一个特定频率的无线电波,单位 Hz)数决定了它所能支持的最大用户数,也就是该基站覆盖区的容量。而同样是为了避免同频干扰,一个基站覆盖中的所有用户与基站之间就必须分别通过不同的频率来进行通信,而且两个频率相近的载频之间还必须保持一定的间隔(我们称之为载波间隔 Carrier Separation。即使现在的移动通信系统也需要保持一定的载波间隔,例如 GSM 系统中的载波间隔为 200kHz)。由于可用频率带宽有限,而服务区内的所有频道(一个频道包含收、发一对频率)的频率又都不能重复,因此这种体制的频率利用率和通信容量都受到了限制,完全无法满足数量与日俱增的用户需求。

为了解决大区制所带来的困扰,科学家们一直在努力探索。从 20 世纪 70 年代中晚期开始,由于微电子等技术的快速发展与革新,各方面条件都趋于成熟,于是蜂窝系统也就随之应运而生。可以说从 20 世纪 70 年代中期至 80 年代中期是移动通信蓬勃发展的一个光辉时期。这一阶段的特点是蜂窝状移动通信网成为实用系统,并在世界各地迅速发展。蜂窝系统是相对于单基站大区制移动通信系统而言的。

蜂窝移动通信,也称小区制移动通信。它的特点是把整个大范围的服务区划分成许多小区,每个小区设置一个基站,负责本小区各个移动台的联络与控制;各个基站通过移动交换中心相互联系,并与市话局连接。利用超短波电波传播距离有限的特点,离开一定距离的小区可以重复使用频率,使频率资源可以充分利用。每个小区的用户数在 1 000 以上,全部覆盖区最终的容量可达 100 万用户。



“蜂窝”概念的提出是移动通信发展过程中的重要突破。它最早是由美国贝尔试验室在 20 世纪 70 年代提出的。1978 年底，美国贝尔试验室研制成功先进移动电话系统 (AMPS, Advanced mobile Phone Service)，它采用了蜂窝制，从而大大提高了系统容量。1979 年，日本开放了世界上第一个高容量移动电话系统 (HAMTS, High cApacity Mobile Telephone System)。1983 年，AMPS 制蜂窝移动通信系统在芝加哥投入商用。随后，其他工业化国家也相继开发出蜂窝式公用移动通信网。

1985 年，英国开发了全地址通信系统 (TACS, Total Access Communication System)，并首先在伦敦投入使用，随后覆盖了全英国。1987 年 11 月 18 日，在全国六运会前夕，中国第一个 TACS 模拟蜂窝移动电话系统在广东省建成并投入商用，首开我国移动电话的先河。

1.4 蜂窝通信的出现

蜂窝制，也称为小区制。之所以叫蜂窝系统，就是因为在这种布网形式下，每个基站的覆盖区都是一个六边形，很多个基站的覆盖区排列在一起就像蜂窝一样，如图 1-6 所示。

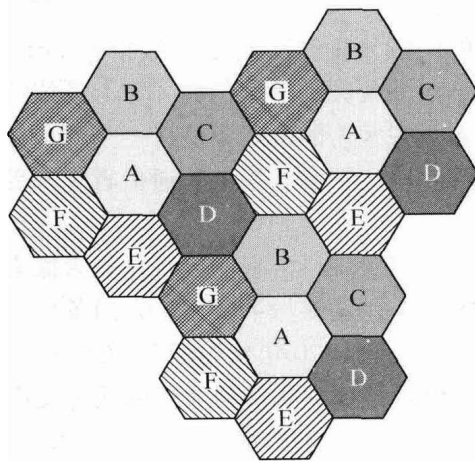


图 1-6 蜂窝制网络示意图

为了避免同频干扰，实际布网时，相邻的两个基站必须使用不同的频率，这样在它们信号交叉的部位才不会产生杂糅。然而，我们又知道能用于无线通信的频率是有限的，我们不可能毫无节制地去变换基站的频率；作为一种稀缺资源，频率的有效利用成为工