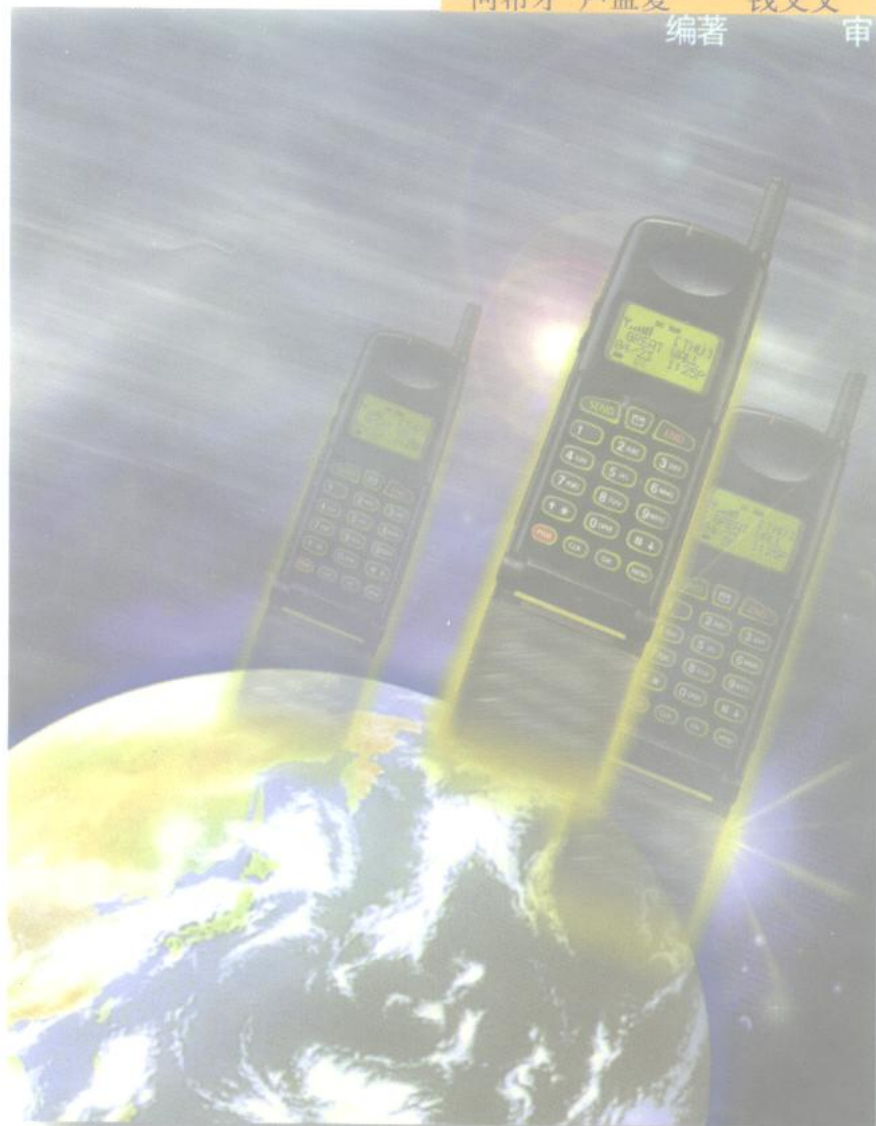


实用通信技术丛书

# 现代蜂窝移动通信系统

何希才 卢孟夏 钱艾文  
编著 审



科学出版社

实用通信技术丛书

# 现代蜂窝移动通信系统

何希才 卢孟夏 编著  
钱艾文 审

科学出版社

1999



## 内 容 简 介

本书主要介绍现代蜂窝移动通信系统。其内容包括：移动通信的电波传播特性，信号传输方式，移动通信组网及交换技术，各类移动通信系统，数字移动通信的相关技术，移动通信设备，蜂窝数字移动通信网等。

本书通俗易懂，实用性强，可供从事科研、设计、生产和使用的专业技术人员、管理人员参考，也可作为相关专业院校师生的教学参考书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

现代蜂窝移动通信系统/何希才，卢孟夏编著. - 北京：科学出版社，1999.4

实用通信技术丛书

ISBN 7-03-007041-0

I. 现… II. ①何…②卢… III. 蜂窝结构-移动通信-通信系统  
IV. TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 30292 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社总发行 各地新华书店经售

\*

1999 年 4 月第 一 版 开本: 850×1168 1/32

1999 年 4 月第一次印刷 印张: 12

印数: 1—2 300 字数: 314 000

定价: 20.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈北燕〉)

# 前 言

随着 1989 年全球性光纤电缆通信网络的建成，通信技术的全球化、网络化发展趋势越来越快，个人化技术发展也越来越迅速。一台便携式手机，可以随时随地通过微小的“蜂窝”与智能化网络连在一起。有效地方便了人们的通信需求。这对传统的有线电话是一个极大的挑战，对全球的通信技术、通信业务也产生了深远的影响。

为了不断适应这一新的技术领域的需要，使广大通信工程技术人员和大专院校师生了解和掌握现代蜂窝移动通信技术，编者根据参与“电子信息技术实训基地”的建设和从事“视频图像通信”等科研项目研究体会及多年的教学研究经验，结合本领域的通信技术发展编写了此书。本书重点介绍现代蜂窝移动通信系统的设计、组成和应用及未来发展前瞻等。本书将会对从事通信专业的读者提供有益的帮助和借鉴。

由于笔者水平有限，书中错误与不当之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

1998 年 12 月

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 概论</b> .....	1
1.1 概述 .....	1
1.2 移动通信的应用 .....	3
1.3 移动通信系统的组成 .....	4
1.4 移动通信系统的特点 .....	5
1.5 移动通信的工作方式 .....	7
1.6 数字移动通信的特征 .....	7
1.7 移动通信的发展概况 .....	9
<b>第 2 章 移动通信的电波传播</b> .....	18
2.1 概述 .....	18
2.2 陆上移动通信的电波传播 .....	19
2.3 海上与航空移动通信的电波传播 .....	32
2.4 移动卫星通信的电波传播 .....	38
2.5 限定空间移动通信的电波传播 .....	44
2.6 移动通信系统参数的预测 .....	46
<b>第 3 章 组网技术</b> .....	49
3.1 频率的有效利用 .....	49
3.2 服务区的体制 .....	56
3.3 蜂窝状移动通信网 .....	59
3.4 移动通信网进入市话网的方式 .....	71
3.5 移动通信网的信令方式 .....	75
3.6 移动通信网的交换方式 .....	81
3.7 编号方式 .....	89
<b>第 4 章 无线寻呼系统</b> .....	94

4.1	概述 .....	94
4.2	无线寻呼网的结构和系统的组成 .....	95
4.3	寻呼系统处理方式 .....	105
4.4	信号及编码方式 .....	106
4.5	寻呼接收机的工作原理 .....	108
4.6	寻呼机的技术指标及性能比较 .....	123
4.7	寻呼机的基本操作 .....	127
4.8	寻呼机使用注意事项 .....	133
4.9	高速寻呼协议 (FLEX™) .....	133
<b>第 5 章</b>	<b>手持式移动电话系统</b> .....	<b>142</b>
5.1	概述 .....	142
5.2	手持机的结构特点与基本操作 .....	142
5.3	手持机使用注意事项 .....	152
5.4	手持机性能比较 .....	157
<b>第 6 章</b>	<b>无绳电话系统</b> .....	<b>169</b>
6.1	概述 .....	169
6.2	CT-2 系统 .....	169
6.3	PHS 系统 .....	180
6.4	DECT 系统 .....	185
6.5	CT-3 系统 .....	188
6.6	无绳电话机的工作原理 .....	189
6.7	无绳电话使用注意事项 .....	196
<b>第 7 章</b>	<b>其他移动通信系统</b> .....	<b>201</b>
7.1	集群移动通信系统 .....	201
7.2	无中心移动通信系统 .....	225
7.3	地下无线电漏泄移动通信系统 .....	226
<b>第 8 章</b>	<b>移动通信设备</b> .....	<b>228</b>
8.1	天线 .....	228
8.2	基站设备 .....	236
8.3	交换设备 .....	239

8.4	移动通信设备所用部件的高度集成化技术 .....	241
<b>第 9 章</b>	<b>数字移动通信相关技术</b> .....	<b>244</b>
9.1	多址方式 .....	244
9.2	数字调制解调技术 .....	254
9.3	语音编码技术 .....	271
9.4	抗衰落技术 .....	284
9.5	抗干扰措施 .....	289
<b>第 10 章</b>	<b>GSM (TDMA) 数字蜂窝移动通信网</b> .....	<b>296</b>
10.1	GSM 的特点 .....	296
10.2	GSM 系统的组成 .....	298
10.3	GSM 系统的网络接口 .....	302
10.4	GSM 的无线接口 .....	304
10.5	GSM 的业务 .....	309
<b>第 11 章</b>	<b>CDMA 数字蜂窝移动通信网</b> .....	<b>318</b>
11.1	概述 .....	318
11.2	扩频技术在移动通信中的应用 .....	320
11.3	CDMA 系统的网络结构 .....	327
11.4	CDMA 系统的传输方式 .....	330
11.5	提高系统容量的关键技术 .....	338
11.6	CDMA 的控制功能 .....	342
11.7	CDMA 系统提供的业务 .....	347
11.8	宽带 CDMA .....	351
<b>第 12 章</b>	<b>移动卫星通信</b> .....	<b>354</b>
12.1	概述 .....	354
12.2	移动卫星通信系统 .....	356
12.3	世界各国的移动卫星通信系统 .....	362
12.4	我国的卫星通信概况 .....	365
<b>第 13 章</b>	<b>个人通信</b> .....	<b>367</b>
13.1	概述 .....	367
13.2	个人通信的关键技术 .....	367

13.3	个人通信的结构模型 .....	370
13.4	实现个人通信的途径与策略 .....	372
13.5	世界各国的个人通信系统 .....	373
13.6	我国的个人通信系统 .....	373



# 第 1 章 概 论

## 1.1 概 述

现代的通信技术可概括为以下五大类：

### (1) 光纤通信系统

光纤通信系统是以光导纤维和激光技术、光电集成技术为基础发展起来的新的通信系统，它主要用于国际国内长途干线，也用于短局间中继，具有容量大、重量轻、体积小、易铺设、保密性强、节省能源等一系列突出优点。

### (2) 数字程控交换系统

数字程控交换系统具有功能强、灵活可靠、抗干扰能力强、体积小、重量轻等特点，所以已成为公共交换电话网(PSTN)的主要支撑系统，它可以实现 ISDN 的交换功能。

### (3) 卫星通信系统

卫星通信系统主要作为国际间通信或中央对边远地区的长途通信及电视转播的传播媒介。人们通过火箭将卫星投放到离地球 35800km 的赤道上空，让卫星与地球自转的角速度同步旋转。一颗卫星可俯视地球二分之一的区域，三颗卫星即可实现全球通信。除了固定点同步卫星外，又开发了可移动低轨道的地球卫星，这为陆地移动通信与卫星通信结合创造了良好的条件，为移动通信走向未来个人通信创造了极为有利的条件。

### (4) 数字微波通信系统

数字微波通信以抗干扰能力强、噪声小、传输质量高、造价低而受到欢迎。目前它和前三种通信方式构成了统一的通信网，承担着主要的通信任务。

### (5) 移动通信系统

移动通信系统是指能够实现移动通信的技术系统,是现代通信中发展最为迅速的一种通信手段,它是固定通信的延伸,也是实现人类理想通信必不可少的手段。移动通信已发展成为有线通信与无线通信融为一体,固定、移动相互连通的通信系统。由于大规模集成电路和微处理机的应用,大大促进了移动通信设备的小型化、自动化,并使系统向大容量和多功能发展,移动通信业务必将有更大发展,在整个通信业务中占据重要地位。本书主要介绍移动通信系统及其应用。

通信技术总的发展趋势可概括为以下几点:

### (1)数字化

由于数字系统有各种优点,因此,现代各种通信系统都向数字化方向发展。

### (2)综合化和宽带化

把各种通信业务综合在一起,纳入一个网中,即为综合业务数字网 ISDN。随着通信技术的发展,要求具有几百兆以上的传输速率以传输话音、数据和图像信息,这就需要宽带综合业务数字网即 B-ISDN。

### (3)智能化

改变传统的网络结构形式,赋予网络本身更多的功能,以实现网络的智能化。

### (4)标准化

为了实现全球通信,就需要各国的标准与国际标准一致,即统一的标准接口。

### (5)个人化

个人通信要求提供终点的移动性以及个人移动的灵活性。个人化的目标是实现未来个人通信系统和个人通信网。

## 1.2 移动通信的应用

### 1.2.1 概述

所谓移动通信是指通信的双方,至少有一方是在移动中进行信息交换的。例如,固定点与移动体(汽车、轮船、飞机)之间、或移动体之间的通信,都属于移动通信的范畴。这里所说的信息交换,不仅指双方的通话,随着移动通信的不断发展,不久还将包括数据、传真、图像等通信业务。

移动通信按用途、频段、制式、入网方式等不同,可以有不同的分类方法。按使用对象分,可分为军用、民用;按用途和区域分,可分为陆上、海上、空间;按经营方式分,可分为公众网、专用网;按网形式分,可分为单区制、多区制、蜂窝制;按无线电频道工作方式分,可分为同频单工、异频单工、异频双工;按信号性质分,可分为模拟、数字;按调制方式分,可分为调频、调相、调幅等;按多址复接方式分,可分为频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)、码分多址(CDMA)。还可以进行更详细的分类。例如,陆上移动通信系统又可分为公众移动通信系统、无线集群系统、无线寻呼系统和无绳电话系统等。

陆上移动通信系统已成为移动通信领域中发展最快的一个分支。在一些发达国家中,蜂窝制公众移动电话系统已成为公众通信网的极其重要的组成部分。无线寻呼系统、无线集群系统在全国已普遍使用。

### 1.2.2 移动通信的应用

目前已有的移动通信业务主要有:

汽车调度通信

出租汽车公司或大型车队建有汽车调度台,车上则有汽车电台,可以随时在调度员与司机之间保持通信联系。

公众移动电话

这是与公用市话网相连的公众移动电话网,大中城市一般为蜂窝小区制,小城市或业务量不大的中等城市常采取大区制。用户有车台和手持台(俗称大哥大)两类。

#### 无绳电话

这是一种接入市话网的无线话机,它将普通话机上的机座与手持受发话器之间的连接导线绳取消,而代之以用电磁波在两者之间的无线连接,故称为无绳电话。一般可在 50~200m 的范围内接收或拨发电话。

#### 无线寻呼

这是一种单向无线通信,主要是寻人呼叫。配有寻呼机的人,当有人寻他时,可用电话通过寻呼中心台将被寻呼人的寻呼机号码由中心台的无线寻呼发射机发出,只要被寻呼人在该中心台的覆盖范围之内,其所配的寻呼机收到信号即发出 Bi-Bi 响声(俗称 BB 机或 BP 机)。

#### 集群无线电话

这实际上是把若干个单独频率的单工工作调度系统集成到一个基台工作。这样,原来一个系统独用的频率现在可以为几个系统共用,故称为集群系统。

#### 卫星移动通信业务

这是把卫星作为中心转发台,各移动台通过卫星转发通信。特别适合海上移动的船舶通信,也适合航空通信。

#### 个人移动通信

即个人可在任何时候与任何地点与他人相通信。个人电话则只有一个人号码,不论他在何处,均可通过这个个人号码拨通。

### 1.3 移动通信系统的组成

移动通信系统一般由移动台(MS)、基站(BS)、移动业务交换中心(MSC)以及与市话网(PSTN)相连接的中继线等组成,如图 1.1 所示。

基站和移动台设有收、发信机和天馈线等设备。每个基站都有一个可靠通信的服务范围,称为无线小区。无线小区的大小,主要由发射功率和基站天线的高度决定。服务面积可分为大区制、中区制和小区制三种。大区制是指一个城市由一个无线区覆盖,此时基站发射功率很大,无线区覆盖半径可达 25km 以上。小区制一般是指覆盖半径为 2~10km 的多个无线区链合而成整个服务区的制式,此时,基站发射功率很小。目前发展方向是将小区划小,成为微区、宏区和毫区,其覆盖半径降至 100m 左右。中区制则是介于大区制和小区制之间的一种过渡制式。

移动交换中心主要用来处理信息和整个系统的集中控制管理。移动交换中心还因系统不同而有几种名称,如在 AMPS 系统中被称为移动交换局 MTSO,而在 NMT-450、900 系统中又被称为移动交换机 MTX。

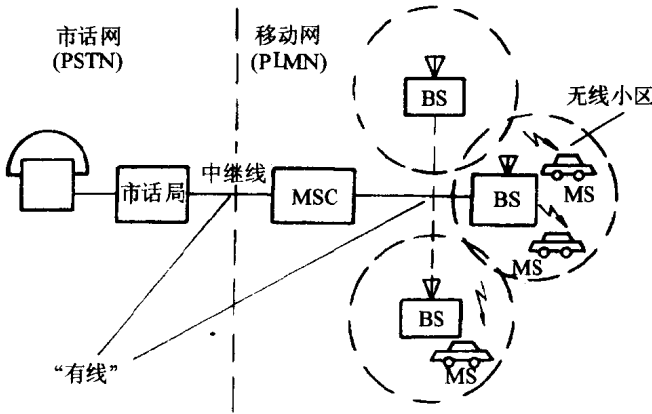


图 1.1 移动通信系统的组成

移动通信是通信条件比较差的一种通信方式,在陆地上受地形、地物、环境干扰等因素的影响较严重。

### 1.4 移动通信系统的特点

移动通信系统具有以下特点:

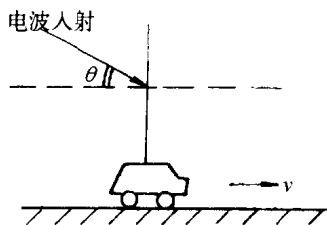


图 1.2 多普勒效应

产生的多普勒频率为：

$$f_{\alpha} = \frac{v}{\lambda} \cos \theta \quad (1.1)$$

式中,  $v$  为移动体速度,  $\lambda$  为工作波长,  $\theta$  为电波入射角。此式表明, 移动速度越快, 入射角越小, 则多普勒效应就越严重。

(3) 在移动通信中, 基站往往设置若干个收、发信机, 移动台的位置和地区分布密度也随时变化。这些因素往往会使通信中的干扰变得很严重。因此, 在系统设计时, 应根据不同形式的干扰, 采取相应的抗干扰措施。

(4) 移动通信特别是陆地上移动通信的用户数量大, 为缓和用户数量大与可利用的频道数有限的矛盾, 除开发新频段之外, 还应采取各种有效利用频率的措施, 如压缩频带、缩小波道间隔、多波道共用等, 即采用频谱和无线频道有效利用技术。

(5) 由于在广大区域内的移动台是不规则运动的, 而且某些系统中不通话的移动台发射机是关闭的, 它与交换中心没有固定的联系, 因此, 要实现通信并保证质量, 移动通信必须发展自己的交换技术, 例如, 位置登记技术、波道切换技术、漫游技术等。

(6) 移动台应小型、轻量、低功耗和操作方便。同时, 在有振动和高、低温等恶劣的环境条件下, 要求移动台能够稳定、可靠地工作。

## 1.5 移动通信的工作方式

按通信状态和频率使用方法划分,移动通信系统有单工制、半双工制和双工制三种方式。

### (1) 单工制

单工制又分为同频单工和双频单工两种。同频单工是指基站和移动台均使用相同的工作频率。通常通信双方的接收机均处于守听状态,当某方需要发话时,按下发话按钮,关掉自己的接收机而使发射机工作,此时由于对方的接收机仍处于守听状态,故可实现通信。这种操作通常称为“按-讲”方式,双频单工是指通信双方使用两个频率,例如基站 A 以  $f_2$  发射,移动台 B 以  $f_2$  接收,而移动台 B 以  $f_1$  发射,基站以  $f_1$  接收。

### (2) 半双工制

此时基站双工工作,例如以  $f_1$  发射、 $f_2$  接收,而移动台以单工方式工作,例如以  $f_1$  接收、 $f_2$  发射。目前的集群移动通信系统大多采用半双工方式工作。

### (3) 双工制

通信的任一方在发话的同时也能收听到对方讲话,它当然要采用两个频率,每个频率形成一个方向的通信。双工通信的特点是不管是否发话,发射机总是工作的,故电能消耗大,这对以电池为电源的移动台很不利。

在一些新的系统中采用时间分割制实现了单频双工。无论是模拟的或数字式的蜂窝电话系统均采用了双工制工作。

## 1.6 数字移动通信的特征

### 1.6.1 模拟通信系统的不足之处

众所周知,传输和处理模拟信号的系统称为模拟通信系统,而传输和处理数字信号的系统称为数字通信系统。模拟网有很多不

足之处,主要表现在以下几点:

(1)现有的模拟蜂窝系统制式复杂,不能实现国际漫游。

(2)模拟蜂窝网不能提供综合业务数字网(ISDN)业务,而通信网的发展趋势最终将向 ISDN 过渡。因此随着非话业务的发展,综合业务数字网逐步投入使用,对移动通信领域数字化要求越来越迫切。

(3)模拟系统设备价钱高,手机体积大,电池充电后有效工作时间短,目前只能持续工作 8 小时,给用户带来不便。

(4)模拟系统网用户容量受限制,在人口密度很大的城市,系统扩容困难。

(5)模拟通信的通话信道不足,通信保密性差,通话质量不理想,特别是当通话信道处于饱和状态时,电话很难打通等。

解决上述问题的最有效办法就要采用一种新技术,即移动通信的数字化,称为数字移动通信系统。

### 1.6.2 数字移动通信的特征

有效利用频率

数字化可以比模拟方式更有效地利用有限的频率资源。

提高保密性、改善通话质量

模拟系统使用调频,既使进行密话处理,也很不容易。而数字调制是在信息本身编码后才进行调制,故保密容易实现,而且,只要不产生误码,通话质量较高。

易于同 ISDN 连接

数字化不仅可确保通话信道,而且还可确保控制信道,所以大大提高了和 ISDN 的接续性。因此,也可以使用 ISDN 的各种附加业务。

可灵活地进行信息变换、存储等

这一特征可有效地克服移动通信中由于恶劣的电波传播条件所带来的弊病。

可大大降低设备成本和体积,有利于向个人通信发展



在元器件的通用化、大规模集成化方面,数字移动通信系统明显优越于模拟移动通信系统。数字方式可以大大降低设备成本和体积,有利于向个人通信发展。

表 1.1 列出了模拟和数字蜂窝系统的性能特性比较,可以看出数字系统在频谱利用率、信道数目和系统容量等方面均比模拟网高得多。

表 1.1 数字和模拟蜂窝网之比较

项目		AMPS 模拟网	ADC 数字网
发射频率 /MHz	上行	825 ~ 845	824 ~ 849
	下行	870 ~ 890	869 ~ 894
占用带宽 /MHz		20	25
频率间隔 /MHz		45	45
信道载频间隔 /MHz		60/30 交错	60/30 交错
多址方式		FDMA	TDMA
调制方式		PM	$\pi/4$ -QPSK
总信道数目		666	2500
典型小区半径 /km		2 ~ 20	0.5 ~ 20
频谱效率 /CH/MHz/Zone		5.14	21.8

由于数字蜂窝系统符合移动通信技术数字化、微小型化、个人化的发展总方向,因此,数字蜂窝系统必然取代模拟系统。专家们估计,到 2000 年,在全世界 1 亿个移动电话用户中,绝大多数将是数字化的,模拟蜂窝电话终将被淘汰。

## 1.7 移动通信的发展概况

### 1.7.1 移动通信的发展动向

移动通信的国际动向如表 1.2 所示,可概括为三代。第一代从 1980 年开始历经大约 10 年时间,这是汽车电话和无绳电话独