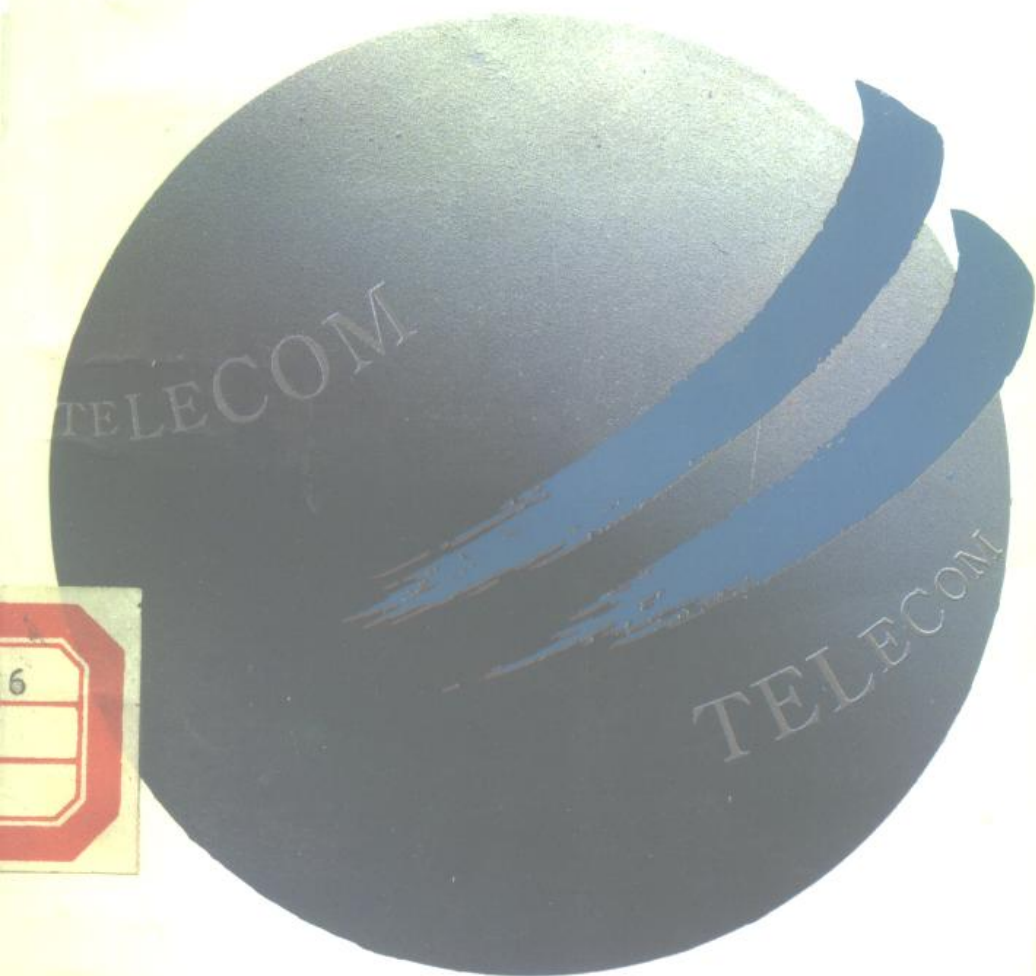


电信高技术普及丛书

数字移动通信

● 李承恕 编著



人民邮电出版社

73.4616

249

31 D658/10

电信高技术普及丛书

数字移动通信

李承恕 编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书是电信高技术普及丛书之一,重点介绍数字蜂窝移动通信的基本原理和关键技术。本书主要内容包括:蜂窝移动通信的发展和现状;数字移动通信的基本原理,包括系统组成、运行机理、新技术特点、信道类型和服务种类等;数字移动通信的体制标准;数字移动通信的关键技术,主要有频率选择与多址、调制解调、信道编码与交织、分集与自适应均衡、话音控制与功率控制、越区切换与漫游、部件高度集成化技术等;数字移动通信的电波传播特性;各大公司数字移动通信产品简介。

本书力求简明扼要、通俗易懂、深入浅出,重视物理概念的阐述,避免繁琐的数学分析。

本书可供从事科研、设计、生产和使用方面的技术人员、管理人员和领导干部阅读,也可供相关院校师生阅读参考。

电信高技术普及丛书

数字移动通信

李承恕 编著

责任编辑 王晓丹

*

人民邮电出版社出版发行

北京朝阳门内南竹杆胡同 111 号

北京密云春雷印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

*

开本:787×1092 1/32 1995 年 9 月 第 一 版

印张:6 1995 年 9 月 北京第 1 次印刷

字数:136 千字 印数:1—6 000 册

ISBN7-115-05798-2/TN·940

定价:7.00 元

丛 书 前 言

当今世界正在经历着波澜壮阔的科学技术的巨大变革。通信技术是最活跃的领域之一。通信的发展,在很大程度上取决于通信技术手段的先进性。通信高技术的采用正在迅速地改变着我国通信的面貌。

为了大力加强电信高技术的普及教育,我社组织编写了这套“电信高技术普及丛书”,向广大电信管理干部、技术人员介绍正在使用和即将使用的电信高技术,使读者能对某一高技术的概貌、关键问题、发展现状及发展趋势有一个基本了解。

这套丛书内容涉及个人通信、数字移动通信、光纤通信、程控交换、通信网、综合业务数字网、扩展频谱通信、宽带交换、移动卫星通信、智能终端等方面。为了跟踪世界通信高技术的发展,满足读者多方面的需求,我们欢迎广大读者提出宝贵意见,以便出好这套丛书。

前 言

数字移动通信系统自 80 年代初各国开始研制以来,经过十余年的努力,现在已获得极为广泛的应用。移动通信的数字化受到市场的推动和技术进步的催化。随着信息社会中人们对移动通信的需求的激增,模拟移动通信已满足不了要求。这主要表现在欧洲各国急需跨国漫游,而北美各国则希望大大增加容量。于是,欧共体各国联合开始了 GSM 标准的数字蜂窝移动通信的研究,北美开始了数模兼容的 D-AMPS 数字蜂窝移动通信系统的研究。另外,像数字寻呼、数字无绳电话、数字卫星移动通信等也引起了人们的关注。但是,数字移动通信得以实现,也依赖于微电子技术、计算机技术和现代通信技术的进步。迄今,可以说数字移动通信已进入技术成熟,应用广泛,并向第三代的个人通信发展的阶段。

数字移动通信本应包括各种数字化的移动通信方式和系统,但本书只介绍其中的数字蜂窝移动通信。一方面是限于篇幅,另一方面也由于数字蜂窝移动通信在技术上相对比较成熟。将数字蜂窝移动通信简称为数字移动通信,也仅是为了表述方便而已。本书内容的安排如下:

第一章概述了蜂窝移动通信的发展和现状。从大家熟悉的模拟蜂窝移动通信开始,论述了发展数字移动通信的目的和要求,以及国内外的发展概况。

第二章扼要地介绍了数字移动通信的基本原理,包括系统组成、运行机理、新技术特点、信道类型和服务种类等。

第三章是对目前世界上三种主要制式标准,即泛欧 GSM 系统、北美系统和日本系统的简介。

第四章较深入地阐述了数字移动通信的关键技术,主要是:频率选择与多址、调制解调、信道编码与交织、分集与自适应均衡、话音控制与功率控制、越区切换与漫游、部件高度集成化技术等。掌握这些关键技术是深入了解和应用数字移动通信系统的基础。

第五章是对数字移动通信的电波传播特性进行的讨论,着重强调的是数字移动通信与模拟移动通信在电波传播特性和测试上的不同点。

第六章对目前市场上已推出的各大公司数字移动通信产品的简单介绍。其中 D900、CME20、A900/A1800、GSM/DCS1800、AT&T GSM 为泛欧 GSM 制式,CMS8800-D 为北美 IS-54 数模兼容制式,PDC 为日本 RCR 标准制式,AUTO-PLEX1000 系列则是 AT&T 推出的能满足各种不同制式要求和应用场合的一系列产品。这些产品情况的介绍将有助于读者借鉴和参考。

本书可供已有通信技术基础知识,但希望了解数字移动通信的原理和应用的大专院校师生和工程技术人员阅读,也可供通信部门的领导和管理工作人员参考。编写中力求简明扼要、通俗易懂、深入浅出,并重视物理概念的阐述,避免繁琐的数学分析。由于作者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,希望广大读者不吝指正。

作者

1995 年 4 月

目 录

一、蜂窝移动通信概述	(1)
1. 模拟蜂窝移动通信	(1)
2. 数字蜂窝移动通信	(9)
3. 国外蜂窝移动通信的发展概况	(12)
4. 我国蜂窝移动通信的发展概况	(14)
二、数字移动通信的基本原理	(15)
1. 数字移动通信系统的组成	(15)
2. 数字移动通信系统的运行	(19)
3. 数字移动通信的新技术特点	(21)
4. 数字移动通信的信道类型	(26)
5. 数字移动通信的服务种类	(29)
三、数字移动通信的体制标准	(31)
1. 泛欧 GSM 系统	(31)
2. 北美系统	(37)
3. 日本系统	(39)
四、数字移动通信的关键技术	(41)
1. 频率选择与多址技术	(41)
2. 话音编码技术	(45)
3. 数字调制解调技术	(64)
4. 信道编码与交织技术	(84)
5. 分集与自适应均衡技术	(88)
6. 话音控制与功率控制技术	(92)

7. 越区切换与漫游技术	(96)
8. 部件的高度集成化技术	(100)
五、数字移动通信的电波传播特性	(107)
1. 移动通信电波传播的特点	(107)
2. 多径衰落信道对数字信号传播的影响	(115)
3. 多径衰落信道的脉冲响应特性	(117)
4. 多径衰落信道特性的测试	(119)
六、数字移动通信系统产品简介	(121)
1. D900 数字移动通信系统	(121)
2. CME20 数字移动通信系统	(130)
3. A900/A1800 数字移动通信系统	(134)
4. GSM/DCS1800 数字移动通信系统	(141)
5. AT&T GSM 数字移动通信系统	(146)
6. CMS8800-D 数字移动通信系统	(153)
7. PDC 数字移动通信系统	(160)
8. AUTOPLEX1000 系列	(161)
七、结束语	(182)

一、蜂窝移动通信概述

1. 模拟蜂窝移动通信

(1) 移动通信的特点

所谓移动通信就是移动体之间的通信,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、飞机等在移动状态中的物体。移动通信与固定物体之间的通信比较起来,具有一系列特点,主要是:

a. 移动性。移动通信就是要保持物体在移动状态中的通信。因此,物体在一定范围内运动时的通信应不受环境、运动速度和范围大小的影响。这就一方面决定了移动通信必须是无线通信,或无线通信与有线通信的结合,而不能是单纯的有线通信。另一方面,在技术上移动通信比固定点之间的通信要复杂一些,要解决移动性带来的一系列问题。

b. 电波传播条件复杂。移动体可能在各种环境中运动,例如:汽车可在市内或农村,平原或山区内运行;轮船可以在河流、港湾、大海中航行;人们既可以在室内办公和走动,也可在大街上或商店内走动。电磁波在这些不同的环境中受到地形、地物的影响很大,传播时会产生电磁波的反射、折射、绕射、多卜勒效

应等现象,产生多径干扰、信号传播延迟和展宽等效应。电波传播情况还会在运动中随时间、速度、距离等发生很大的变化。因此,在移动通信中电波传播条件是十分复杂的。

c. 噪声和干扰严重。 在城市环境中,汽车火花噪声、各种工业噪声都比较严重。另外,移动通信有众多的用户,他们的收发信设备之间可以产生互调干扰、邻道干扰、同频干扰。因此,移动通信必须采取一系列技术措施来抵抗这些严重的噪声和干扰。

d. 系统和网络结构复杂。 由于有许多移动通信用户同时在某一区域内工作,因而它实质上是一个多用户通信系统和网络,必须使用户之间互相不干扰,能协调一致地工作。另外,移动通信系统还应与市话网、卫星通信网、数据网等互连,以扩大其功能,完成多种服务。这些通信系统和网络的互连,从网络结构上和网络管理上来说也是很复杂的。

e. 要求频带利用率高、设备性能好。 由于无线电频率资源有限,而移动用户的数量又很大,移动通信设备的性能必须是充分利用现有的频带,使更多的用户能工作。另外,为了适应运动状态中的通信,要求移动通信设备重量轻、体积小、耐震动和通信稳定可靠,而且必须造价低廉。

上述特点是研制移动通信设备、设计移动通信系统和对移动通信网进行运营管理的出发点。

(2) 大区制和小区制的陆地移动通信

移动通信种类繁多。按使用情况分,有公用移动通信、专用移动通信、无线寻呼、无绳电话、无中心选址通信、地下移动通信等。本书只限于讨论公用陆地移动通信方面的问题。

公用陆地移动通信主要是为陆地上的用户提供移动用户与

移动用户之间的通信,以及移动用户与有线市话网用户之间的通信服务。为此目的,移动通信系统或网络有两种构成方式,即大区制和小区制。

大区制的移动通信系统如图 1-1 所示,一般设有一个基站,它负责服务区内移动通信的联络与控制。如果覆盖范围要求半径为 $30\sim 50\text{km}$,则天线高度应为几十米至百余米。发射机输出功率则应高达 200W 。在覆盖区内有许多车载台和手持台,它们可以与基站通信。它们之间也可直接通信或通过基站转接通信。一个大区制系统有一个至数个无线电频道,用户数约为几十至几百个。另外,基站与市话有线网连接,移动用户与市话用户之间可以进行通信。这种大区制的移动通信系统,网络结构简单、所需频道数少、不需交换设备、投资少、见效快,适合用在用户数较少的区域。

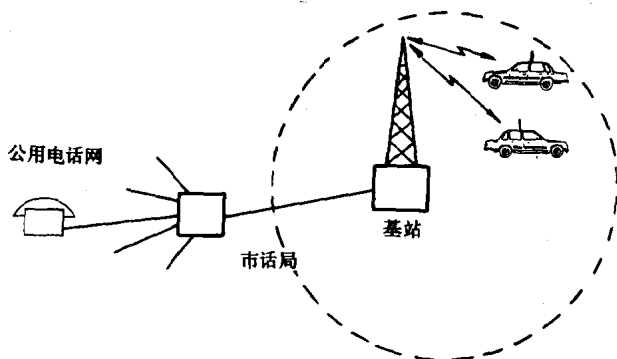


图 1-1 大区制移动通信系统

小区制的移动通信网如图 1-2 所示。在用户数增加,并要求服务区扩大的情况下(如在许多大、中城市),大区制就不适用了。通过增高天线或加大发射功率来扩大服务区很困难。在小

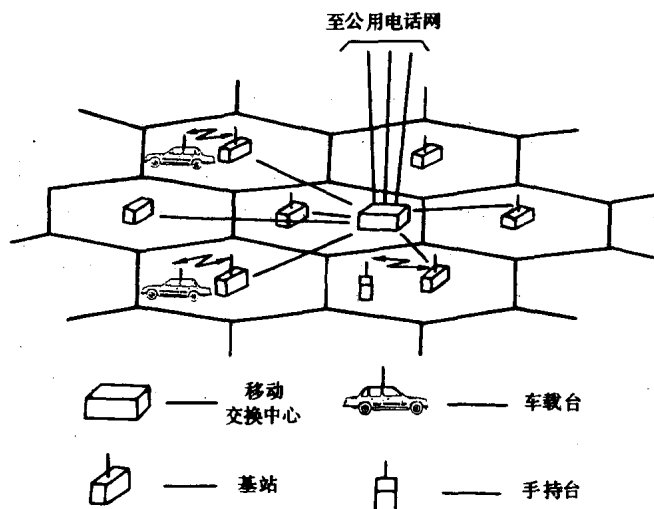


图 1-2 小区制移动通信网

区制中是把整个大范围的服务区划分成若干小区。每个小区设置一个基站,负责本小区移动通信的联络与控制。各个基站通过移动交换中心相互进行联系,并与市话局连接。采用这种小区制后,不难看出,小区的数目可以进一步扩大,覆盖的范围和用户数都大大增加了。当然,下面将会说明,这里需要解决一些技术上的难题。例如,频率资源的分配和利用问题。由于超短波电波传播距离有限,在一定距离以外可以重用,因此少数频率可以在许多小区内重复使用,大大提高了频带利用率,这就是频率的规划和管理问题。此外,移动台从一个小区进入到另一小区时,通话不能中断,即应解决越区切换问题。这些问题的解决,自然增加了系统的复杂性和造价。但由于小区制系统的容量为每个小区在 1000 个用户以上,全部覆盖区最终的容量可达 100 万用

户。这就基本上解决了大中城市移动通信用户的需求,因此目前小区制已经获得了广泛的应用。这种小区制的移动通信系统就是通常所谓的蜂窝移动通信系统。它是本书讨论的主要对象,下面我们对它作进一步的说明。

(3) 模拟蜂窝移动通信网的组成

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。目前,实际中应用的移动通信,大都属于模拟通信。移动通信的进一步发展就是数字化。因此,本书主要是讨论和研究数字移动通信。但数字移动通信是从模拟移动通信发展而来的。在讨论数字蜂窝移动通信之前,应对模拟蜂窝移动通信有一个基本的了解。

a. 系统的构成

由图 1-2 可知,蜂窝移动通信网主要由三部分构成,即移动台、基站和移动交换中心。

移动台可分为车载台及手持台。前者装在汽车等移动体上,后者由人携带。根据分配的频道数和干扰情况,一个小区内一般有几十个移动台。移动台与移动台之间可以相互通信,移动台也可以通过基站与市话用户通信,或通过基站转接至其他小区与该小区内的移动用户进行通信。通常要求移动台体积小、重量轻、便于安装和携带、耗电省,发射功率不能太大。

基站是每一小区组织管理的核心。它应能与小区内所有移动台进行通信,并负责小区内移动台之间通信的频率分配和管理,以及通过移动交换中心进行移动用户与市话用户之间通信的转接,还负责处理移动台进出相邻小区的越区切换问题。在大容量的移动通信网中,若干基站都连接到移动交换中心,然后才与市话网相连。

移动交换中心负责管理若干个小区,它一方面与小区的基站相连,另一方面与市话局相连。其主要功能是集中处理信息的交换和系统的控制管理。

b. 蜂窝结构与频率重用

图1-3是蜂窝移动通信的网络结构。整个移动通信网覆盖区分成许多六边形的小区。理论分析证明,几何上的六边形组成的覆盖区是比较合理的结构。因其形状类似于蜂窝的形状,故称

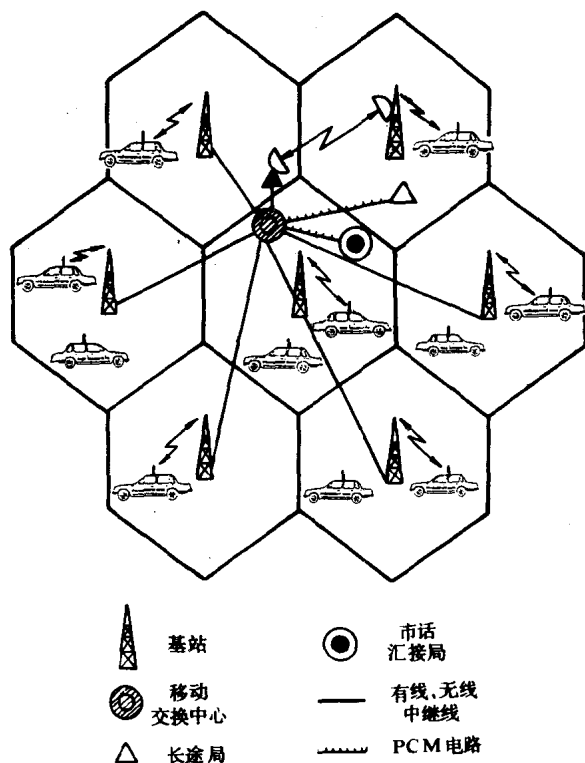


图 1-3 蜂窝移动通信的网络结构

之为蜂窝移动通信网。每个小区有一基站和若干移动台。这些基站连接至移动交换中心,然后通过有线与市话局或长途局相连。这种蜂窝形状的网络结构可以灵活应用,根据需要向外扩展覆盖区。也可根据需要在每一区内再分裂成更小的蜂窝结构,即大蜂窝套小蜂窝,这在用户需求量增加时也是一种扩大系统容量的有效措施之一。

在采用蜂窝结构组成移动通信网时如何划分使用频率是一个关键问题。为了避免相邻小区产生同频干扰,任何小区与相邻小区之间频率不应相同。但是为了扩大覆盖区域,在频率资源有限的情况下,唯一的办法就是在距离比较远的小区使用相同频率,即频率重用。图 1-4 示出采用 4 个及 7 个不同频率时蜂窝网频率重用的模式。从图中可以看出,这两种频率重用模式都能满足下述条件:相邻小区的频率不相同,以及相同频率小区之间至少间隔一个小区。在 4 个频率时, $D=3.46R$,在 7 个频率时, $D=4.6R$ 。 D 为相同频率小区的距离, R 为小区的半径。显然,选

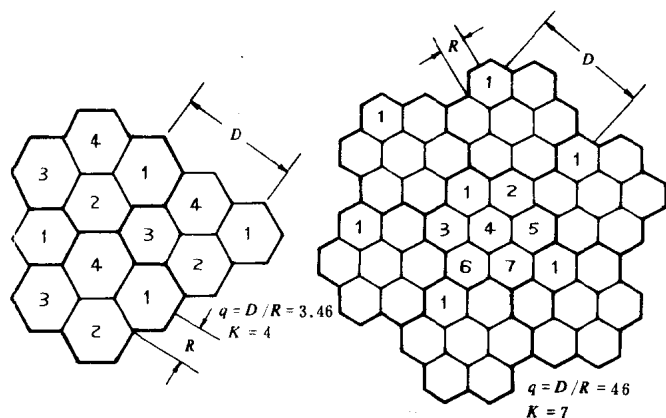


图 1-4 蜂窝网频率重用模式

择哪一种模式,主要是根据频率资源,另外,在 D 距离时,同频小区之间不产生干扰。从图 1-4 中还可看出,这种频率重用模式,可以在有限的频道,覆盖无限的区域,解决了频率资源少,用户容量大的矛盾,为无线电通信的应用开辟了一个广阔的天地。可以毫不夸张地说,频率重用的概念是蜂窝移动通信网的灵魂。

(4) 模拟蜂窝移动通信网的运行

现在从用户的角度简单地说明蜂窝移动通信的运行情况。

a. 搜寻呼叫信道。移动台开机后自动扫频搜寻指定的呼叫信道,并停留在该信道守候。此时基站都在呼叫信道发出空闲信号。移动台选择最强的信号,即最近的基站,等候呼叫,建立通话信道。

b. 建立通话信道。当基站主呼时,移动台在呼叫信道上识别自己的号码,向基站发出应答信号,然后转移到指定的空闲通话信道上进行通话。

当移动台主呼时,在呼叫信道上向基站发出服务请求,然后由基站向移动服务交换中心发出请求。移动服务交换中心选择指定一条适宜的通话信道,通过基站告知主呼用户,转移到该信道上,并与市话联系通知有线用户,从而建立通话信道和链路,双方进行通话。

c. 通话结束。双方通话完毕后,移动台向基站发送一个终止信令,双方释放通话信道。移动台又恢复到搜索呼叫信道状态。

d. 越区切换过程。在通话过程中,双方都处于话音信道上。当移动台行进中从一个小区跨越另一小区时,由于收到原小区基站信号变弱,基站则请求移动交换中心进行切换。中心则将信道频率切换到新的小区信道频率上。整个切换过程是自动

完成的,且对用户是透明的。整个通话不会中断,用户也不会觉察切换的存在。

为了完成上述运行功能,蜂窝移动通信系统在技术上要解决一系列固定点间通信所没有的问题。因此,移动通信在技术上有许多特点和一定的难度。

上面简要地介绍了模拟蜂窝移动通信的一些基本情况,仅仅是为了以下讨论的方便。如想深入地了解,现已有许多专著可供参考。

2. 数字蜂窝移动通信

模拟蜂窝移动通信发展到今天,技术上已很成熟,应用上也很广泛,受到用户的普遍欢迎。但是,随着社会的信息化和通信新技术的发展,人们对移动通信的需求量急剧增长,而对通信功能的要求也越来越高。现有的模拟蜂窝移动通信在有限的频带内已经不能满足通信容量增加的要求。同时,在整个通信向数字化发展的过程中,移动通信也必须向数字化方向发展,以满足服务多样化的要求。下面着重说明两方面的问题。

(1) 发展数字蜂窝移动通信的目的和要求

a. 提高频谱利用率,使有限的频谱资源容纳比模拟蜂窝移动通信系统更多的用户。

b. 用户能获得多种服务,它包括话音及非话服务,并能与公用固定通信网(公用电话交换网 PSTN、公用数据网 PDN 及 ISDN)兼容。

c. 为移动用户提供自动漫游、确定位置和交换地址等服务