

个人通信与 无绳通信系统概论

宋俊德 黎明 编著
漆一宏 J. 利特瓦[加]



人民邮电出版社

394566

个人通信与无绳通信系统概论

宋俊德 黎明
漆一宏 J·利特瓦[加] 编著

人民邮电出版社

DV32/08
内 容 提 要

本书是一本专门介绍个人通信与无绳通信系统的图书,书中较系统全面地介绍了作为个人通信系统组成部分的无绳通信系统的有关知识。

本书共分七章,主要内容包括:无绳通信系统用天线、无绳通信系统中的电磁波传播、无绳通信系统常用编码与多址技术、当代无绳系统与 PCS 系统、无绳网络、无绳通信系统中的数据传输。

本书的主要读者对象是从事电信工作的技术人员和管理人员,通信院校的师生以及对电信技术有兴趣的其他人员。

人民邮电出版社出版发行
北京朝阳门内南竹杆胡同 111 号
展望印刷厂印刷
新华书店总店科技发行所经销

*

开本:850×1168 1/32 1996 年 8 月 第 1 版
印张:6.875 1996 年 8 月 北京第 1 次印刷
字数:181 千字 印数:1—6000 册

ISBN 7-115-06071-1/TN·1065

定价:11.00 元

目 录

第一章 绪论	1
第一节 个人通信业务(PCS)的定义	1
第二节 个人通信系统的发展	3
第三节 实现个人通信的技术选择	6
第二章 无绳通信系统用天线	9
第一节 移动通信用天线的基本理论和技术	9
第二节 无绳通信系统天线	20
第三章 无绳系统中的电磁波传播	33
第一节 无线电波的传播特点	33
第二节 传播路径损耗与多径传播	37
第三节 传播模型	46
第四节 CAD 设计系统及应用	52
第五节 测量与验证	54
第四章 无绳通信系统常用编码与多址技术	57
第一节 语声编码	57
第二节 多址技术	83
第五章 当代无绳系统与 PCS 系统	99
第一节 第二代数字无绳电话系统(CT2)	100
第二节 无绳通信系统 DECT、PHS 及 PACS	128
第三节 用于 PCS 的卫星通信系统	146
第四节 未来公众陆地移动通信系统(FPLMTS)	151
第六章 无绳网络	156
第一节 无绳网络的基本结构	156
第二节 无绳网络的分类	162

第三节	无绳网络的网管功能.....	165
第四节	无绳网与智能网.....	170
第七章	无绳通信系统中的数据传输.....	177
第一节	无绳通信中的数字调制技术.....	177
第二节	数据传输基础.....	197
第三节	无绳数据通信.....	206

第一章 绪 论

从 70 年代后期到 80 年代初,主要以蜂窝移动通信系统为代表的移动通信,在国外,用户数以每年 15% 以上的速度增长,产值净增长速度达 50%,居通信行业之冠。在我国,用户数正以每年 100%~200% 的速度发展着。

人们对移动通信的需求,不仅表现在数量上而更多的是表现在质量上。现在普遍认为,模拟蜂窝系统已不能满足要求。例如,它的频率利用率低,语音噪声大,保密性差等。此外,它也没有考虑与 ISDN 技术的兼容问题。全数字蜂窝移动通信系统较好地解决了上述问题。随着 VLSI 技术的进步,系统所需费用将下降,设备体积进一步缩小,功耗也有所下降。

从 80 年代末到现在,世界上出现了研究开发个人通信 PT(Personal Telecommunications)和个人通信业务 PCS(Personal Communications Service)的高潮,以满足人们对通信不断增长的各种要求。那么作为全新概念的 PT 和 PCS 究竟有什么含义呢?下面我们简单介绍一下其定义,发展过程和有关的技术选择。

第一节 个人通信业务(PCS)的定义

什么是 PCS? 人们从不同角度给了不同的定义,其服务范围也不同。我国的专家大多数人喜欢用“5W”的定义,即:PCS 是一种可以为任何人(Whoever)在任何时候(Whenever)与任何地方(Wherever)的任何人(Whomever)进行任何形式(Whatever,如数据、语音、图像)的通信业务。

这一定义为未来的通信勾画出美好的前景,显然人人都希望能获得这种通信服务。但这一定义没有明确指出 PCS 是由哪些通信设备与系统构成和实现的。美国联邦通信委员会(FCC)在 1993 年 9 月 23 日对它们原来定义的(Anytime、Anywhere、Anything 的通信)略微具体化了一些,改成:PCS 是能向个人和系统提供使用、并可与各种网络综合在一起的、一系列移动式或便携式无绳通信业务,其基本目的是满足移动中人们的通信要求。这一定义在原来“3A”的基础上具体化并强调了人们移动中的通信和实现的方法。后来 ITU 的前身 CCITT 对 UPT(通用个人通信,即 PCS)给了下述定义:“UPT 允许在个人移动的情况下使用电信业务,它能使一个 UPT 用户按具体业务轮廓享用一些预定的业务,并利用一个对网络透明的通用个人通信号码(UPTN),在全球跨越多个网络,可在任何时间、在任何地理位置的任何一个固定的或移动的终端上发出呼叫或接收呼叫,它只受终端和网络能力及 UPT 业务提供者所加的限定的限制。这一定义比前面的更加具体,它指出了用户要在允许注册的业务轮廓范围内进行通信。UPT(或 PCS)的定义也基本上解决了它与移动通信的区别:UPT 强调实现个人移动性,而移动通信则实现终端移动。一般通信中,网络只识别终端,不识别个人,用户与终端从逻辑上是联系在一起的。在 UPT 中,网络要先识别用户个人即验证他的唯一性和合法性,然后再识别当时所使用的终端,把用户和终端从逻辑上分离开来,故此发出或接收呼叫。而计费 and 记帐却按用户本人的 UPTN,而不是所使用的终端。这里强调的 UPT(或 PCS)是个人与个人之间的通信,而不是从这一终端到另一终端的通信。通信者所受的限制是他本人原来已经注册了的那些通信手段、区域和业务范围,而不是通信系统限制通信者。当然这一定义比“5W”更具体化了。但根据这一定义能为用户提供的服务范围应是“5W”中所阐述的。为了节省开支,通信者可自己加上某些限定,网络能力也不是无限的。因此在未来的一段时间内 PCS(或 UPT)为人类提供的服务仍然会有一定的限制,但随着科学技术全面进步,由“5W”描写的情景一定会实现。

PCS 具体可分三种:

(1) 个人通信网(PCN)业务,它是指通过叠加在公用电话(PSTN)上的 PCN,用户可在家里、办公室里和户外以及车辆上获得的通讯服务;

(2) 无线接入型,通过依附在 PSTN 外围的无线接入系统,如 CT2、CDCT、PHS、DECT、PACS 以及最新发展起来的 FWA 系统等接入服务;

(3) 无需营业执照的业务,美国把这一部分也划在 PCS 中,如家用、办公室用无绳电话,无线局域网(WLAN)等。

关于 PCS 服务的环境:归根结底是为人提供通信,不会脱离办公室、家庭、汽车上、旅途中(飞机、轮船、自行车)四种环境。

第二节 个人通信系统的发展

80 年代初出现的模拟蜂窝通信系统(或称为第一代移动通信系统)促进了个人通信的发展。随着用户数的增多和技术的发展,出现了数字蜂窝通信系统(或称为第二代移动通信系统),并得到迅速应用。1988 年,欧洲 CEPT 制定了泛欧蜂窝数字移动通信系统 GSM (Group Special Mobile)技术规范;1989 年美国电信工业协会(TIA)提出了北美的双模式数字蜂窝通信系统 ADC (American Digital Cellular System),有人也称之为 DAMPS;日本推出了自己的数字蜂窝移动通信系统 JDC (Japanes Digital Cellular)。采用了数字蜂窝移动通信系统后,在不增加频谱的情况下,系统容量增加了 3.6 倍。

无绳电话的发展使个人通信向前迈了一大步,1987 年英国提出了第二代无绳电话系统 CT2,后来加拿大北方电信(NT)及法国电信(France Telecom)又相继推出了可以实现双向通信、越区切换和漫游的 CT2 系统及 CT2+ 系统,它们工作频段在 800MHz 和 900MHz 附近(各国的标准不同)。在此之后,欧洲 CEPT 又推出了泛欧数字无绳电话系统 DECT (Digital European Cordless

Telephone), 它也具有双向呼叫和越区切换功能, 较适于在办公室范围内打电话, 频率移到 1.8GHz。

目前, 随着通信技术的发展, 个人通信已成为可望又可及的具体目标, 许多学术机构、公司和各国际性标准化组织都对个人通信提出了许多不同的设想和方案。1989 年 1 月, 英国提出了 PCN 设想, 即 DCS1800。它在很大程度上基于现有的 GSM 标准, 也采用 TDMA 方式, 但是, PCN 工作于 1800MHz, 频带宽度也从 GSM 的 25MHz 增加到 75MHz, 并且它采用了微型蜂房小区结构(约 200m 半径小区), 输出功率为 10mW, 概括地说, PCN 与现有的蜂房系统相比, 它和固定网的结合程度更高; 与 CT2 相比, 它具有双向通信功能; 但从充分的个人移动性的角度来看, 还有赖于在固定网中进一步实现位置登记、越区切换等功能。

美国一些公司建议采用扩频码分个人通信网(DS-CMDA-PCN)选用 1850~1990MHz 频段, 用户连接至微小区, 每区可有 50 个用户同时工作, 功率为 1mW, 在 TDMA 和 CDMA 多址方式中, 欧洲国家主张采用前者, 而美国倾向后者。

在美国联邦通信委员会(FCC)和欧洲、美国、日本等国的 15 个无线网络公司的支持下, 由美国罗切斯(Rutgers)大学无线信息网实验室(WINLAB)提出了分组预约多址(PRMA)方案, 它可以看成是 TDMA 与分时隙 ALOHA 的结合。该系统在结构上采用蜂房分组结构(Cellular Packete)交换方式, 所有基站连到城域网(MAN)上, 可与 PSTN、B-ISDN 连接。

国际海事卫星组织(Inmarsat)是一个有 64 个成员的通信组织, 它最近计划在本世纪末, 用携带式终端提供世界规模的电话业务以及数据通信、卫星导航、位置报告及全球寻呼等业务。Inmarsat 这个计划的成功与否取决于是否能大量增加分配给卫星业务的频谱。

CCIR 第八研究组提出了未来公众陆地移动通信系统 FPLMTS (Future Public Mobile Telecommunications Systems)的初步建议。FPLMTS 的最大特点是将所有的移动通信系统综合成一个网, 它包

括蜂窝、无绳,寻呼,卫星等,可为移动用户提供话音以及数据、传真、电子邮件等各种非话业务,并允许移动用户使用各种终端(手持机、车载台等等)进行国内或国际漫游。对于网络结构,则要求适合于持续扩展,并进入固定网,其信令接口标准按开放系统互连(OSI)模式建立。

欧洲提出的未来的 RACE 计划即 UMTS(Universal Mobile Telecommunications System),建议将 GSM、PCN、DECT、CT2、寻呼和专用移动通信都采用相同的无线空间接口,即 UMTS 是可用于不同环境下但是有相同无线接口和协议的各种系统的综合体。

除了以上几种方案以外,还有美国的通用数字便携式无线通信系统(UDPRC)、日本的先进个人通信系统(ADC)和 CNP(Customized Networking Platform)。

ITU 的前身 CCITT 提出了通用个人通信(UPT),进入 90 年代以来,加快了制定有关建议的过程。它强调使用者与终端的分离,强调 UPT 的核心是实现个人移动性,使用者根据一个对网络透明的个人号码,可以在任何地点的任何一个终端(固定的或移动的)上发出或接收呼叫,并且可在跨越多种公用电信网的情况下实现个人通信。

可以看出,为了实现个人通信的移动性这一目标,必将是有线固定网与无线移动网融为一体,两者取长补短,利用具有广泛地理覆盖的公用固定网作为基本传输系统,并将移动网络的位置登记、越区切换等功能引入固定网,从而构成一个满足个人移动性的、超大容量的、经济的、智能化的个人通信网。

同时,未来的个人通信系统,信息的传输已不再限于话音业务,而同时具有诸如传真、数据、图像等非话业务。因此,它的终端设备应能适应多种信息传输功能,能与 ISDN 及未来的 B-ISDN 兼容。

综合前面所述,实现 PCS 可分为如下几个步骤:

- (1) 理论准备和实验阶段;
- (2) 以无绳电话为主的阶段;

- (3) 无绳与蜂窝系统相结合的阶段;
- (4) 各种通信系统与多媒体相结合的阶段。

在本书中将以无绳网络为主对 PCS 系统进行阐述,同时也力图反映当今世界在 PCS 领域的其它进展和相关理论。

第三节 实现个人通信的技术选择

目前我国通信设备大部分依靠进口,这种局面今后是必然要改变的。那么我们应该如何研究和开发适合我国自己的通信系统呢?

首先我们要研究并掌握可用于通信的各种技术的局限性、适应性和优越性,为 PCS 选定合适的技术,以便确定新的 PCS 系统欲采用的技术和经济目标。

对于我们设计的系统必然要作如下的选择:模拟或数字系统、传送的是语音或数据或图像、固定的或移动的、多路的或非多路的、衰落型或非衰落型、宽带或窄带的、室内用或室外用、空中或地上、全球(卫星)或局部的(陆面基站)、大容量的或信息高速公路的。

再来看一下已有的通信系统的运营情况,作为选型的参考。

- 模拟蜂窝系统在世界范围内包括我国获得了成功并得到迅速发展。

- 数字 CT2 系统未能达到预期效果。尽管我国已有十多个城市建起了此系统。

- GSM 获得成功,在我国发展极快。
- 北美 TDMA 仍处于改进阶段。
- MIR(移动集成无线系统)的表现不如所期待的那么好。
- PHS 在日本获得成功。
- CDMA 在 1995 年 6 月走向商业化。

为了一目了然,可用下表对已有系统性能作一比较。

RF 接续技术的比较

	AMPS	DAMPS	TDMA(IS~54)	CDMA (IS~95)	GSM
容量	1	1.5~2	3	10~20	2.5
频率再用率	$N=7$	$N=12, 21$	$N=7$	$N=1$	$N=1$
信道带宽	30kHz	10kHz	30kHz	1.25MHz	200kHz
语音合成速率	Analog	Analog	8kbit/s	Variable	13kbit/s
越区切换方式	硬	硬	硬	软	硬
终端	模拟	双制式	双制式	双制式或仅CDMA	仅TDMA

系统容量的比较(按 5MHz 频宽计算)

	TACS	GSM(TDMA)	DAMPS(IS~54)	CDMA (IS~95)
信道带宽	25kHz	200kHz	30kHz	1.25MHz
语音信道数	200	200	500	80
频率再用	$N=7$	$N=4$	$N=7$	$N=1$
每个基站信道数	28	50	71	240
每个基站爱尔兰数	20.2	40.3	60.1	225.9
每个用户的爱尔兰数	0.02	0.02	0.02	0.02
每个基站的用户数	1010	2015	3005	11295
20个基站总用户数	20200	40300	60100	225900

可见在同样带宽下,不同系统容量是有很大的区别的。其中 CDMA 技术可提供如此之高的容量,最具有吸引力。

下面从频率规划的角度比较不同系统的信道数的情况:

AMPS	6 信道/每区
NMT	7 信道/每区
GSM 别的	12 信道/每区
CDMA(三个扇区)	60 信道/每区

经过上述比较可以看到如果在未来的 PCS 系统中采用 CDMA 技术至少有如下好处:

(1) 对电信经营者来说,系统容量大,由于频谱利用率较高,在给定频谱内的用户多,因此收入也多;频率规划简单,CDMA 频率再用系数等于 1;语音质量高;具有灵活的数据速率,而且安全保密性

好。

(2) 对用户来说,因系统容量大,所以阻塞率低,服务收费低,质量好;RAKE 接收机因多径而获得增益,因此接收室内的覆盖好;语音质量高,手机发射功率低,因此电池寿命长;手机体积小,便于携带;安全保密性好。

任何一种新的技术具有一定的优点也一定存在不足之处,CDMA 技术用于 PCS 明显具有一定优势,但它尚有不少的技术问题仍需要得到很好的解决。

前面的讨论并非意在说明 PCS 只有 CDMA 技术一种选择,而是说 PCS 只有在各种新的技术基础上才能得到较快的发展。

通过上面的简单介绍可以看出,发展 PCS 不仅需要完善的通信网络,还必须有移动卫星系统、移动通信系统以及无绳通信系统一同来支持,才能实现人们所希望的个人通信。由于 PCS 涉及到的技术内容相当广泛,几乎覆盖了通信领域里的全部技术,因此,本书不可能全部介绍给读者,本书是通过向读者介绍作为个人通信组成部分之一的无绳通信系统来阐述个人通信系统的基本原理和应用,所以后面章节都是围绕着无绳通信系统的相关原理和技术进行分析论述的。

第二章 无绳通信系统用天线

在无绳通信系统中,天线起着将空间无线电波有效地转化为无绳通信设备的高频能量或将无绳通信设备中的高频能量转化为空间无线电波的作用,所以,天线是系统密不可分的一个部分。天线的作用和性能要受到通信设备、工作环境和传播条件的影响,因此,无绳系统中的天线不仅需要满足增益、方向性、带宽、效率和手机天线结构上的小型化要求,而且要具有提高和增加系统整体功能的能力。无绳通信系统通常工作于复杂的多径传播环境中,这要求天线具有分集接收能力,抗多径衰落能力。在无绳通信系统中,利用天线合理地分配无线电波能量,使之有效地覆盖服务区并抑制对同频区的干扰,是提高信道容量的有效手段。这要求天线具有波束的赋形能力或更为先进的自适应能力。为了实现这些功能,无绳系统用的天线设计已不局限于小型化、重量轻、良好的全向和定向能力等等传统概念。天线的设计要将系统的工作环境和电磁波的传播环境统一考虑,它将在信号处理中起重要的作用。优良的天线将提高整个系统在复杂的时变环境中有效工作的能力。

第一节 移动通信用天线的基本理论和技术

通常人们用方向图、增益、带宽、效率和极化方式等指标来描述天线的性能。这些指标用于卫星通信系统天线、微波点对点或一点对多点通信天线以及常规通信系统中天线性能的描述。移动通信用的天线常常工作于多径传播环境中,天线的性能与环境因素密切相关,这时常用有效增益来描述天线的性能。移动通信天线的有效增益是

一个重要指标,它是确定服务区大小和移动通信系统发射功率的重要依据。在天线的分集系统中,天线的分集增益不仅仅与天线所接收信号包络的相关性有关,而且还与天线单元的有效增益有关。因此,提高天线在其工作环境中的有效增益是提高系统性能的有效方法。

在移动通信系统中,常常采用分集接收技术来降低多径衰落带来的不利影响。分集接收的方式有许多种;如空间分集、极化分集等等。当几个接收信号相关性较小时,可以通过综合、选择和切换这几个接收信号来达到有效地降低多径衰落的效果。几个信号的相关系数越小,则越容易实现良好的分集效果。本节将对有效增益概念和分集接收技术基础作一简介。

一、移动通信天线的平均有效增益

1. 移动天线的平均有效增益定义

天线的功率增益是天线方向性与天线效率的乘积。天线的方向性是表示天线在某一方向相对其它辐射方向能量聚积程度的一个量。当天线效率是100%时,天线增益与方向性是一致的。对于工作于自由空间的天线而言,增益可以衡量天线对某一方向电磁波的接收能力。移动通信天线常常工作于多径传播环境中,在这种环境中电波的极化方式及电波的入射方向随环境的不同而不同。由于移动通信系统的工作环境具有随机性,此时用平均有效增益来描述天线的性能更为合适。在某一环境中,移动通信天线的平均有效增益定义为天线通过一随机路径的平均接收功率和总的平均入射功率之比。设天线在某一环境中通过一随机路径时接收的垂直极化和水平极化入射波的平均入射功率分别为 P_V 和 P_H ,则总的平均入射功率为 $P_V + P_H$ 。在如图 2.1 所示的球坐标系统中,天线的平均接收功率为

$$P_r = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi \{P_1 G_\theta(\theta, \phi) P_\theta(\theta, \phi) + P_2 G_\phi(\theta, \phi) P_\phi(\theta, \phi)\} \sin\theta d\theta d\phi \quad (2.1)$$

其中 $G_\theta(\theta, \phi)$ 和 $G_\phi(\theta, \phi)$ 为天线功率增益方向图的 θ 分量和 ϕ 分量。

P_1 和 P_2 分别为由 θ 方向极化各向同性天线和 $\hat{\phi}$ 方向极化各向同性天线所接收的平均功率。 $P_\theta(\theta, \phi)$ 和 $P_\phi(\theta, \phi)$ 分别为入射平面波的角密度函数。在图 2.1 所示系统中, 移动天线在 XOY 平面内移动, 则有

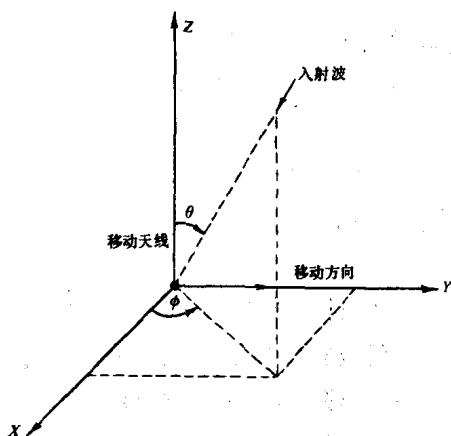


图 2.1 球坐标系统中天线信号示意图

$$P_1 = P_v, \quad P_2 = P_H \quad (2.2)$$

依定义移动天线的平均有效增益为

$$G_e = \frac{P_r}{P_v + P_H} \quad (2.3)$$

进一步有

$$G_e = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi \left[\frac{XPR}{1 + XPR} G_\theta(\theta, \phi) P_\theta(\theta, \phi) + \frac{1}{1 + XPR} G_\phi(\theta, \phi) P_\phi(\theta, \phi) \right] \sin\theta d\theta d\phi \quad (2.4)$$

其中

$$XPR = P_v / P_H \quad (2.5)$$

XPR 表示交叉极化功率比。

当仅有垂直极化波从 ($XPR = \infty$) 单一角度 (θ_s, ϕ_s) 方向入射时,

即垂直极化电波在直视方向传播。此时角密度函数为

$$P_{\theta} = [\delta(\theta - \theta_s)\delta(\phi - \phi_s)]/\sin\theta_s \quad (2.6)$$

$$P_{\phi} = 0 \quad (2.7)$$

其中 $\delta(\cdot)$ 为冲击函数。这时平时有效增益为

$$G_e = G_0(\theta_s, \phi_s) \quad (2.8)$$

这时的平均有效增益与天线在 (θ_s, ϕ_s) 方向的定向增益是一致的, 而 (θ_s, ϕ_s) 为入射信号的中心方向。

对移动通信天线而言, 在不同的环境中入射信号可以用统计分布函数描述。当 P_{θ} 和 P_{ϕ} 为统计分布函数时, 式(2.4)即为针对这种统计分布函数环境的平均有效功率增益。

2. 入射波的模型

在平均有效增益的计算中, 需要知道入射波的角密度函数 $P_{\theta}(\theta, \phi)$ 和 $P_{\phi}(\theta, \phi)$ 。入射波特性可以通过传播换型计算给出。由于传播环境通常十分复杂, 而移动天线又处在随机游动状态, 因此在实际中常用统计模型来描述入射波的角分布函数。对于在复杂环境中游动的天线, 可以假设入射到天线的入射波在俯仰方向呈高斯分布, 而在方位面方向呈均匀分布, 这样有角密度函数为

$$P_{\theta}(\theta, \phi) = A_{\theta} \exp\left\{-\frac{[\theta - (\frac{\pi}{2} - m_v)]^2}{2\sigma_v^2}\right\} (0 \leq \theta \leq \pi) \quad (2.9)$$

$$P_{\phi}(\theta, \phi) = A_{\phi} \exp\left\{-\frac{[\phi - (\frac{\pi}{2} - m_H)]^2}{2\sigma_H^2}\right\} (0 \leq \phi \leq \pi) \quad (2.10)$$

其中 m_v 和 m_H 分别是水平方向观测时垂直极化波分布和水平极化波分布的平均俯仰角, σ_v 和 σ_H 分别是垂直极化波分布和水平极化波分布的方差, A_{θ} 和 A_{ϕ} 为常数, 它们分别由

$$\int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} P_{\theta}(\theta, \phi) \sin\theta d\theta d\phi = 1 \quad (2.11)$$