

GSM

数字蜂窝 移动通信

陈新 编著

人民邮电出版社

7W 300 20
C 60
380926

GSM 数字蜂窝移动通信

陈 新 编著

人民邮电出版社

登记证号(京)143号

DU44/13
内容提要

本书系统地介绍了 GSM 数字移动通信技术,讨论了完整的系统网络配置、硬件构成、软件结构、信令模型、空间接口、信道编码以及调制解调技术。编写中强调了系统性及实用性,突出有代表性的关键技术。可供移动通信主管部门、规划设计部门、研究部门、无线电管理部门的工程技术人员及大专院校师生参考。

GSM 数字蜂窝移动通信

陈新 编著

责任编辑 陈万寿 王亚明

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:850×1168 1/32 1995年1月 第 一 版

印张:8.875 1995年1月 北京第1次印刷

字数:228千字 印数:1—4000册

ISBN 7-115-05399-5/TN·786

定价:12.00元

前 言

当前我国的改革开放和经济建设正处于一个重要的历史阶段，邮电通信也处于大发展的关键时刻。从现在起到2000年是我国邮电通信发展的重要时期。按邮电部的要求，我们要争取提前一年完成“八五”计划。在此基础上再用三五年时间，基本建成我国通信基础网，适应社会对通信基本业务的需求，并提供国民经济信息化所需的通信手段和条件，到本世纪末，将建成一个规模、容量居世界前列，技术水平先进，网路运行高效，服务质量优良，安全可靠的适应社会多层次要求的现代化通信网。

我国邮电部门自1984年1月上海开办全国第一个公用无线电寻呼台，1987年广州开通了第一个900MHz蜂窝模拟移动通信系统。近年来，移动通信发展迅速。当今的移动通信是集最新的微电子技术、计算机技术和通信技术于一身的先进通信手段。它本身具有交换、传输、终端设备，可以独立成为一个系统向用户提供移动通信业务，与公用网结合则可扩大更大的服务范围，并可通过联网自动漫游功能实现跨省跨地区跨国的移动通信。所以，这种新的通信手段、新的通信业务一出现就受到了市场上各种用户的欢迎。在移动通信领域一直呈现出持续快速增长态势。

80年代开始网路向综合业务数字网方向发展，并从窄带ISDN迅速走向宽带化、智能化和个人化。面对信息时代，通信网的理想要求称作“5个W”，即保证任何人(whoever)随时(whenever)随地(wherever)能同任何人(whoever)实现任何方式(whatever)的通信。因此，要求在技术上逐步实现“全球一网”(oneglobe, onenetwork)。在这一美好的进程中移动通信系统将起着重要的基础性作用。

为适应当前和今后移动通信迅速发展要求，必须十分重视人员的培训。可以说，当前移动通信技术人员无论在人员的素质上还是在数量上都不能满足发展要求，所以，加强人员教育培训已是一种十分紧迫和重要的任务。为了实现通信现代化，提高服务水平，不断消化吸收和开发移动通信方面不断出现的新技术和新业务，必须重视人才培养，这是一项战略性任务。

南京邮电学院教育面向通信发展，面向企业需要，面向通信现代化，面向未来，较早开始了移动通信系统方面的培训、教学工作，并编写了一套移动通信培训教材。这套教材包括无线寻呼系统、移动通信系统、GSM 数字蜂窝移动通信系统、移动通信交换原理及信号方式、移动通信工程设计、移动通信的相关设备等。这套书的特点是：

(1) 内容新颖、实用，适合教学。

(2) 内容相互配套，基本上包括了移动通信中的关键技术。

人民邮电出版社编辑出版这套培训教材是一件十分有意义的工作。它的正式出版将对从事通信领域工作的同志们带来求知的方便，带来智慧，带来工作效益。

邮电部移动通信局

杜宝良

编 者 的 话

随着社会经济的发展,人民生活水平的提高,社会活动的日益频繁,固定通信方式已不能适应人们对通信的需要,而希望实现移动用户与固定点之间或者移动用户之间的通信,即移动通信。

近年来,移动通信在全世界范围快速发展,它对社会生活产生了巨大的影响。新一代设备体积小,重量轻,既可靠又省电。手机价格的下降,使得更多的人愿意接受移动通信的服务。市场的不断扩大,预示着它在国民经济中具有广阔的前景。80年代初开始到今天,模拟蜂窝移动电话系统已经投入商业运营,且日臻完善。随着微电子技术、自动控制技术、计算机技术和数字技术的发展,新技术、新业务不断出现,GSM 数字蜂窝移动通信系统就是新近发展起来的一种移动通信技术。GSM 标准已被广泛接受,GSM 数字蜂窝系统的出现使移动通信向前推进了一大步。GSM 系统集中了现代信源编码技术、信道编码技术、数字调制解调技术以及慢跳频技术,在系统中引入大量计算机控制和管理,同时,新一代专用集成电路的大量出现,使系统具有稳定性好,集成度高,容量大,抗噪声性能强等优点。GSM 系统是先进的移动通信系统。

为了帮助广大读者,特别是从事移动通信工作的主管部门、规划设计部门、研究部门,以及无线电管理部门的工程技术人员了解和掌握 GSM 数字移动通信系统,我们编写了本教材。全书共有 4 章。第一章简单回顾 GSM 系统发展过程以及 GSM 标准的主要技术特点和所能提供的业务能力;第二章主要介绍 GSM 系统各主要部分的功能及技术;第三章讨论 GSM 系统的信令规程、格式和信令链接方式;第四章介绍 GSM 空间接口的信道结构,以及 GSM 的跳频技术。书末附录部分介绍了 GSM 中所使用的信道编码技术,交织传输以

及调制解调基本原理。

本书是在讲义的基础上编写而成。适合于具有一定模拟蜂窝移动通信知识、通信网知识和网络协议知识的读者。在内容上可以作为通信类专业课本、专科选修课教材,也可以作为在职人员的培训教材。

本书承蒙邮电部电信传输研究所移动通信组审阅,特此致谢。

由于编写时间紧,书中一定有不少的缺点和错误,祈请读者批评指正。

编者

目 录

第一章 概述.....	1
1.1 GSM 数字移动通信发展过程.....	1
1.1.1 GSM 的发展.....	1
1.1.2 GSM 的工作组织.....	5
1.2 GSM 数字移动通信系统技术特点.....	6
1.2.1 GSM 技术选择.....	6
1.2.2 GSM 蜂窝.....	8
1.2.3 无线接口管理.....	10
1.3 GSM 功能	11
第二章 GSM 数字移动通信系统.....	17
2.1 GSM 数字移动通信系统构成	17
2.1.1 系统构成.....	17
2.1.2 业务情况.....	22
2.2 基站子系统(BSS)	25
2.2.1 BSS 结构.....	25
2.2.2 BSS 接口.....	39
2.2.3 BSC 说明	44
2.2.4 BTS 说明	61
2.3 网络子系统(NSS).....	87
2.3.1 NSS 组成	87
2.3.2 MSC/VLR	100
2.3.3 HLR/AUC	125
2.3.4 EIR	144
2.4 操作与维护系统	147

2.4.1	一般操作与维护原则	147
2.4.2	系统概述	150
2.4.3	工作站服务器(WSS)	160
2.4.4	PLMN 管理应用	163
2.4.5	网络服务中心(NSC)的操作及维护	168
第三章	GSM 数字移动通信系统信令	174
3.1	GSM 信令协议	174
3.1.1	GSM PLMN 参考结构	174
3.1.2	标准信令协议模式	176
3.1.3	信令层 1(L_1)	178
3.1.4	信令层 2(L_2)	181
3.1.5	信令层 3(L_3)	181
3.2	信令链路连接	183
3.2.1	帧结构	184
3.2.2	误差检测及纠错	186
3.3	网络信令连接	190
3.3.1	BSS 信令网络连接	190
3.3.2	NSS 信令网络连接	192
第四章	GSM 空接口	195
4.1	多址方式	196
4.2	时域信道	197
4.2.1	专用信道	198
4.2.2	公共信道	203
4.2.3	蜂窝中信道安排	209
4.2.4	帧	211
4.3	频域信道	213
4.3.1	跳频	214
4.3.2	公共信道状况	218
4.3.3	蜂窝频道组成	219

附录一	信道编码.....	221
附录二	交织.....	248
附录三	GMSK	256

第一章 概 述

1.1 GSM 数字移动通信发展过程

1.1.1 GSM 的发展

移动通信是达到通信最终目的的有效手段,它在商业市场上具有巨大的潜力。小巧的手机给人们带来了极大的方便,已越来越多地被人们所认识。回想移动通信的发展历史,它并不是一项最近诞生的技术,但在近十几年得到了飞速的发展。模拟蜂窝移动系统的发展从1980年开始。随着模拟蜂窝技术的引入,技术前进了一大步。90年代出现了数字移动系统。GSM系统是欧洲在80年代设计,1992年开通的系统。

第一代移动电话网是由人工操作使移动用户和有线网用户相连接,终端庞大而笨重,而且昂贵,服务区域局限于单局所覆盖的范围。可以使用的频率非常少。由于当时这种服务置于军事管理之下,早期系统容量小,成本高,很快达到饱和,服务质量随用户数量的增加而迅速下降,甚至达到死锁的状态。

60年代移动无线系统发展成为自动接续系统,而且随着半导体技术的发展,成本下降,容量增加,但是与用户的需求相比还是远远不够,公众无线电话仍然是一种奢侈品,只能被一小部分人所使用。

70年代,大规模集成电路和微处理器件的发展,打开了开发更复杂系统之门。由于发射功率的限制,覆盖区域受到限制。为了有效地接收到移动台所发射信号,系统由一个发射台和多个中继接收站所组成。这种配置增加了系统复杂性,但可以扩大覆盖区域范围。真

正的突破是蜂窝系统的建立,在蜂窝系统中收发信台数量很多,而且每个所覆盖的范围有一部分是重叠的。蜂窝概念示意图如图 1.1。

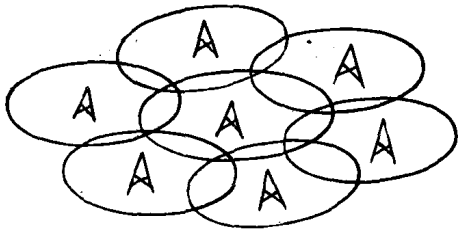


图 1.1 蜂窝概念示意图

在蜂窝系统中增加容量的措施是采用频率复用,相同的频率可以被几个小区所使用,条件是这几个小区互相相距足够远。这可以使得系统的容量大大增加,带来的结果是增加了设备的复杂性。

蜂窝概念是由贝尔实验室提出来的,70 年代世界上几个不同地方的研究人员对其进行了研究。美国第一个 AMPS(Advanced Mobile Phone Service)蜂窝系统,在 1983 年开通,地点是美国芝加哥。在北欧,电信部门和生产厂家推出了 NMT 系统(Nordic Mobile Telephone),目的是覆盖整个北欧,此系统首先在瑞典开通,很快在挪威、丹麦和芬兰开通。

80 年代中期,在上述两种系统基础之上,世界上出现了很多移动通信系统。例如 TACS,它是从 AMPS 中派生的系统,1985 年在英国投入使用。大部分欧洲国家今天已经有了一个或者多个蜂窝系统,表 1.1 是 1992 年蜂窝系统开通情况。

表 1.1 欧洲模拟蜂窝移动电话系统

国 家	系 统	频带(MHz)	开通期	用户数(千)
英 国	TACS	900	1985	1200
北欧四国	NMT	450	1981	1300
		900	1986	
法 国	Radiocom2000	450,900	1985	300

续表

国 家	系 统	频带(MHz)	开通期	用户数(千)
意 大 利	NMT	450	1989	90
	RTMS	450	1985	60
	TACS	900	1990	560
德 国	C-450	450	1985	600
瑞 士	NMT	900	1987	180
荷 兰	NMT	450	1985	130
		900	1989	
奥 地 利	NMT	450	1984	60
	TACS	900	1990	60
西 班 牙	NMT	450	1982	60
	TACS	900	1990	60

上述蜂窝系统为模拟语音信道传输,采用频率调制,频率是450MHz或者900MHz,覆盖的范围一般是整个国家,容量为几十万用户。欧洲最大的移动网络是英国的网络,到1990年其用户数达到百万,它由两个重叠网组成。人均拥有量最高的是北欧国家,瑞典和挪威超过6%。这个数字比欧洲平均数字高得多,例如,1991年法国人均拥有数只有瑞典的 $\frac{1}{10}$ 。

移动通信设备在80年代中期得到发展,初始阶段以车载台为主。手机大约在1988年出现。1990年最小的手机只有400克重,可以放在大衣口袋中。体积减小的同时,其价格迅速下降,以至很多人都可以使用。

由于,用户希望能够得到移动通信,不只局限于本系统内,而是在整个欧洲,但不同的系统不具有兼容性,例如TACS终端不能接入NMT网,而NMT终端也不能接入TACS网。而且,新的蜂窝系统的开发需要很大的投入,如果仅仅是面对本国的市场,没有一个欧洲国家愿意在其原来的基础之上提供投入。所有这些原因导致开发

新的系统。

新系统主要的要求是全欧洲应具有相同的频率。新系统早在 1978 年,欧洲为泛欧移动通信准备了 900MHz 的 2×25 MHz 频谱。

目的是明确的,且主要障碍频段也已经解决,剩下的问题就是去组织开展工作。在欧洲,CEPT (Conference Europe of Posts and Telecommunications) 是一个电信管理组织,参加国家超过 20 个。1982 年,在 CEPT 国家中,产生一个新的标准化实体,其任务是制定欧洲 900MHz 移动系统标准。新生成的“GSM”(Group Special Mobile)举行第一次会议是在 1982 年 11 月,在斯德哥尔摩,大会主席是来自瑞典电信管理部门的 Thomas Haug,来自 11 个国家的 31 名人员出席了首次会议。

GSM 系统是在标准联合会统一领导下,由主要的欧洲通信设备生产厂家和操作维护部门共同进行设计的。考虑到未来用户的需要,GSM 系统具有很大的灵活性。

1990 年,由英国提出将 1800MHz 频段归入 GSM 标准之中,其带宽是 2×75 MHz,此建议的目的是为了适应城区更高容量的需求,例如为了 PCN(Personal Communications Network)应用。

GSM 发展过程如表 1.2 所示。

表 1.2 GSM 发展里程碑

时 间	内 容
1982	在 CEPT 中创立 GSM 机构
1986	永久机构成立
1987	选择主要无线传输技术
1989	GSM 成为 ETSI 技术委员会中的一个研究机构
1990	确定 GSM900 规范 开始制定 DCS1800
1991	第一个系统开始运行 确定 DCS1800 规范
1992	GSM 系统投入商业经营

1.1.2 GSM 的工作组织

GSM 成立的开始两年着重讨论基本原理,会议的频度和参加人数逐渐增加。1984 年开始,三个工作小组建立,各自划分专题深入地进行开发工作。由于所解决的问题不断增加,1985 年底决定,各个小组独立开展工作,由 GSM 全体会议形成最后文件。

所组成的不同工作小组划分如下:

- WP1(WorkingParty1),定义服务;
- WP2(WorkingParty2),制订无线传输规范;
- WP3(WorkingParty3),完成其它项目,如网络结构、信令协议以及开放的网络接口。

后来成立 WP4(第 4 工作小组)专门处理数据业务应用。

在 1985 年,由小组公布了详细建议目录,接着按照 CCITT 技术建议的模式开始讨论和制定技术建议。从 1986 年起,工作集中在经过选择的主要建议上,列出 100 多条建议,分成 12 个系列,详细工作计划按照所分任务进行,建议在每次会议上被补充更新。1991 年,所公布的清单包括 130 条建议,总页数已经超过 5000 页,这些建议覆盖了全部的无线接口规范(移动台和基站之间接口,移动台基站的详细规范以及网络接口和信令协议。)

为了协调各小组之间工作,以及编辑和更新建议,从 1986 年开始成立了永久性组织(PN),它由几个子部门所组成,机关设在巴黎。1988 年欧洲电信标准协会成立(ETSI)(European Telecommunications Standard Institute),CEPT 大部分标准转入新的实体之中,也包括了 GSM。GSM 已经预见到需要工业界代表参加到工作小组中去。

随着并入 ETSI,大部分 GSM 建议变成了 ETS(European Telecommunications Standards),这要求有几步认证的过程,包括公众承认和投票。这过程要花几个月,在此期间,GSM 建议被称作“GSM 技术规范”(GSMTS)。在 ETSI 中,GSM 作为 ETSI 的一个技

术委员会。GSM1,GSM2,GSM3 和 GSM4 的工作小组。永久组织成为 ETSI 的 PT12(Project Team 12),图 1.2 表示 1990~1991 年间 ETSI 中的 GSM 组织构成。

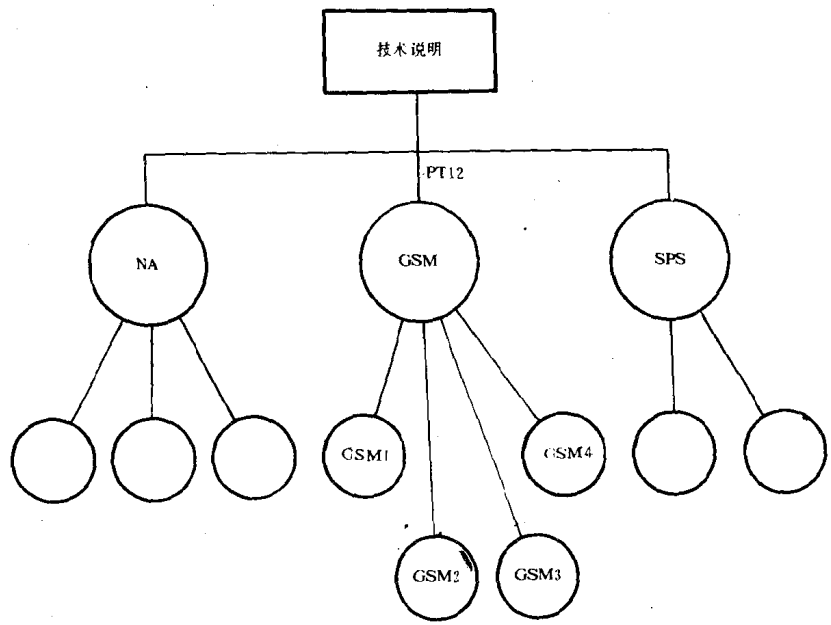


图 1.2 ETSI 中的 GSM 组织构成

图 1.2 中,NA(Network Aspects),SPS(Signalling, Protocols and Switching),GSM 技术委员会向 ETSI 的 TA(Technical Assembly)报告,ETSI 12 课题组支持 GSM 技术委员会工作。

1.2 GSM 数字移动通信系统技术特点

1.2.1 GSM 技术选择

从 GSM 一诞生,目的就非常明确,目的之一就是用户可以在整个欧洲范围内自由漫游。用户可以接入到国外的服务系统之中,

GSM 移动台使用户可以在覆盖区范围内发出呼叫和被呼叫。

大约在同一时期,综合业务数字网(ISDN)的规范完成,电信功能向深处延伸,GSM 形成的系统提供多种电信服务:声音、数据、文字信息、可视图文等等。从 1984 年开始 GSM3 工作小组的工作受到 ISDN 原理以及它的协议所影响,在定义服务的范围以及信令协议的描述方面这种影响很明显。协议的定义采用 OSI(Open System Interconnection)分层模型,采用分层定义方式,这和模拟无线通信系统不同。考虑到 GSM 和 ISDN 相结合,GSM 网能够接入公众网之中。对 GSM 的基本要求如表 1.3 所示。

表 1.3 对 GSM 的基本要求

服 务
——系统被设计成所有移动台可以在所有参加国家系统中使用
——系统具有最大的灵活性,除电话传输之外,可适应其它类型的服务如 ISDN 服务
——考虑移动通信特有的性质,尽可能地提供在 PSTN/ISDN 中所提供的服务,以及其它公众网所提供的服务,并能提供补充服务
——在船上的移动台可以属于系统的一部分,作为陆地移动通信的扩展。禁止 GSM 移动台在航空中使用
——除了车载台之外,系统应该能提供手机和其它类型的移动台
服务质量和保密性
——从用户的观点看,GSM 系统的声音质量至少应和第一代 900MHz 模拟系统在实际工作条件下的声音质量一样好
——系统应该能对用户消息加密,这部分功能相对那些不需要此功能的用户在成本上不应该有明显的影晌
频率利用
——所选择的系统考虑了乡村和城市以及新业务的发展,应该要求高的频谱效率
——系统工作在整个 890~915MHz 和 935~960MHz 频段
——900MHz CEPT 移动通信系统应该和相同频段内早期系统共存
网 络
——识别方式建立在相关 CCITT 建议基础之上
——编号规划以 CCITT 相关建议为基础
——系统设计应该允许在不同网上使用不同的付费方式和费率
——为了连结移动交换中心和位置登记器,应该使用国际标准信令系统
——不要求改变固定公众网
——系统必须对信令信息以及网络控制信息进行保护