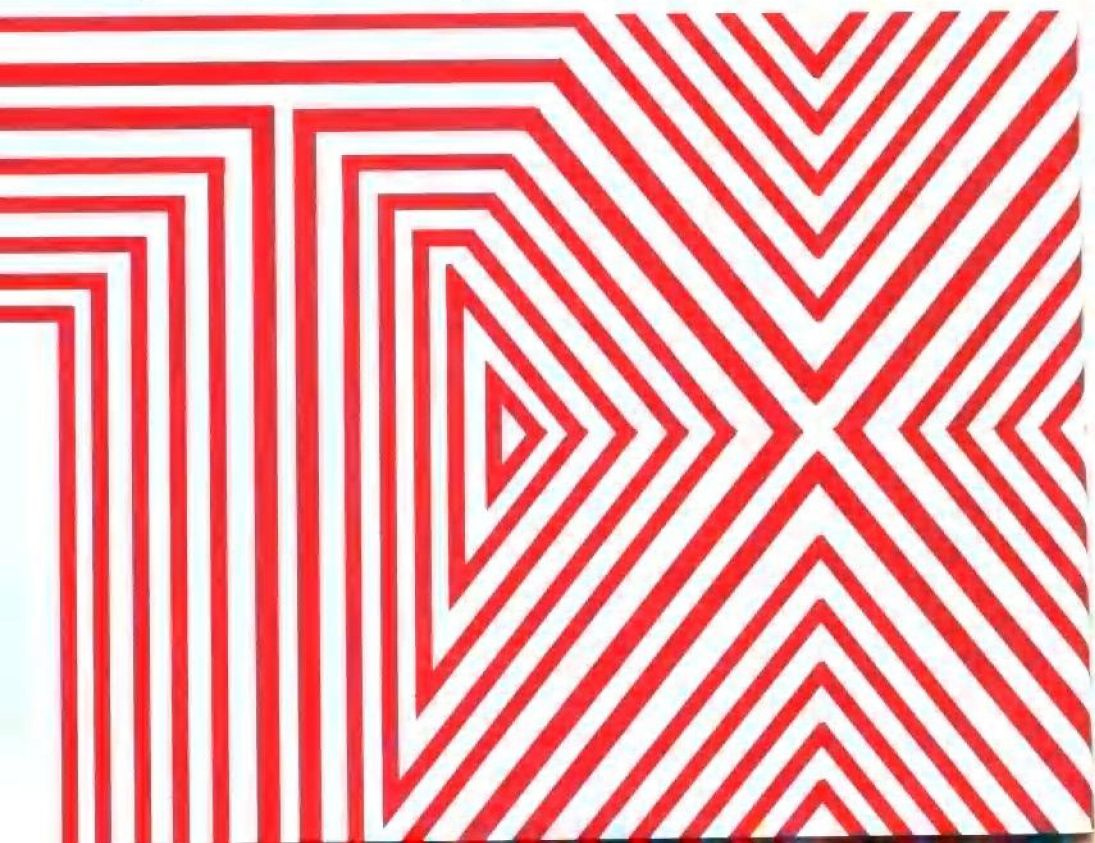


孙孺石 丁怀元 穆万里 王泽权 编著
中国通信学会主编 人民邮电出版社

数字移动通信工程

GSM

通信工程丛书



通 信 工 程 丛 书

GSM

数字移动通信工程

孙孺石 丁怀元 编著
穆万里 王泽权

JS 66-23

人 民 邮 电 出 版 社

内 容 提 要

本书系统、全面地介绍了 GSM 数字移动通信的基本原理、关键技术、工程设计和安装等。全书共分十章,内容涉及 GSM 系统的结构和业务功能、编码格式和传输技术、系统设备、信令协议、无线资源管理、移动性管理和通信管理、业务管理及网络管理、工程设计及安装、技术指标及测试等。

本书力求结合当前我国数字移动通信(TDMA)的建设和近期发展进行编写,兼顾了理论性、系统性、实用性和方向性。

本书可供从事 GSM 数字移动通信规划、研究、设计和维护的工程技术人员和管理人员阅读,也可作为大专院校的教学参考书。

通信工程丛书

GSM 数字移动通信工程

-
- ◆ 编 著 孙孺石 丁怀元 穆万里 王泽权
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
北京鸿佳印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本:850×1168 1/32
印张:18.625
字数:491 千字 1996 年 2 月第 1 版
印数:13 001—16 000 册 1999 年 11 月北京第 4 次印刷
ISBN 7-115-05987-X/TN·1025
-

定价:31.00 元

丛 书 前 言

为了帮助我国通信工程技术人员有系统地掌握有关专业的基础理论知识,提高解决专业科技问题、做好实际工作的能力,了解通信技术的新知识和发展趋势,以便为加快我国通信建设、实现通信现代化作出应有的贡献,我会与人民邮电出版社协作,组织编写这套“通信工程丛书”,陆续出版。

这套丛书的主要读者对象是工作不久的大专院校通信学科各专业毕业生、各通信部门的助理工程师、工程师和其他通信工程技术人员。希望能够有助于他们较快地实际达到通信各专业工程师所应有的理论水平和技术水平。

这套丛书的特点是力求具有理论性、实用性、系统性和方向性。丛书内容从我国实际出发,密切结合当前通信科技工作和未来发展的需要,阐述通信各专业工程师应当掌握的专业知识,包括有关的系统、体制、技术标准、规格、指标、要求,以及技术更新等方面。力求做到资料比较丰富完备,深浅适宜,条理清楚,对专业技术发展有一定的预见性。这套丛书不同于高深专著或一般教材,不仅介绍有关的物理概念和基本原理,而且着重于引导读者把这些概念和原理应用于实际,论证简明扼要,避免繁琐的数学推导。

对于支持编辑出版这套丛书的各个通信部门和专家们,我们表示衷心感谢。殷切希望广大读者和各有关方面提出宝贵的意见和建议,使这套丛书日臻完善。

中国通信学会

序

近15年来,全球900MHz模拟制蜂窝移动电话的迅速发展不得不使人们一而再、再而三地更新自己的观念。也许不少人知道,15年前,当美国刚出现蜂窝移动电话时,某大公司曾经预测,至2000年,美国蜂窝移动电话用户将达90万,而如今,用户已达此数的14倍之多。在我国,10年前许多人认为移动电话是可望而不可及的豪华通信奢侈品,而如今全国移动电话用户已近300万。在一些用户密集的城市,以现有的900MHz频段600对频率组网已难以再进行扩容。现在,一方面全国乃至全世界许多蜂窝移动电话的经营者们都在为频谱资源短缺而煞费苦心;另一方面,广大用户又迫切期待能进行大范围的漫游。这就导致移动通信必然要发生另一场革命。

上一次移动通信革命的标志是蜂窝结构。蜂窝结构的特征是同频复用和小区分裂。这次移动通信革命的标志是全球化、数字化和个性化。而GSM的面世可以说是拉开了这场革命的序幕。

采用TDMA技术的GSM,其频谱利用率(全速率)约为模拟系统的3倍,它已成了国际标准,现被世界上70多个国家所采用。与ADC和JDC相比,可谓独领风骚。

另一种数字技术CDMA也已面世,其频谱利用率是模拟系统的20倍,且系统成本远小于GSM;但因组网技术复杂,尚欠成熟,故在世界市场上姗姗来迟,只能让GSM捷足先登。

现在我国电信部门正在按照GSM规范在全国组网。本书应运而生,这对广大读者来说,无疑是“及时雨”。回顾我国移动通信事业的拓荒者所走过的道路,我认为本书从一个侧面反映出我国移动通信建设已发展到了一个崭新的阶段。我相信,随着我国国民经济的进一步发展,我们的观念还会一次又一次地更新。像发达国家一样移动

电话成为普通商品,进入我国寻常百姓家已不是什么梦想;广大用户从固定电话的束缚中跳出来,一卡在手走向全国乃至走向世界的目标已为期不远。

卢尔瑞

前 言

模拟制蜂窝移动通信系统自 1987 年在我国开通以来,年增长率始终保持在 200% 以上,到 1994 年底用户已逾 150 万。这样的发展速度不仅在中国通信史上绝无仅有,而且在世界通信史上也极为罕见。这既是我国社会主义市场经济快速发展在通信领域的充分反映,也表明了广大用户对移动电话通信这种不受时空限制的通信方式的肯定。

80 年代是各类通信网络竞相从模拟向数字过渡的年代,移动通信网也不例外。先后有 GSM、DAMPS、E-TDMA、PDC、N-CDMA 等局部性规范在 80 年代末期和 90 年代初期陆续颁布,其中尤以 GSM 影响最大。数字蜂窝移动通信系统除了采用全数字化的信令和话音传输外,其主要特点还包括:将数据库从交换机中分离,便于对用户的移动性和安全性进行管理;将终端设备与用户识别分离,采用 SIM 卡,为今后实现个人通信打下良好的基础;电话业务与非话业务同时并重,能够与数据网和 ISDN 网的发展相匹配。

我国电信主管部门于 1994 年底决定采用 TDMA 数字移动通信体制,1995 年全国将建立 120 万容量的网络,预计到本世纪末将有更大的发展。广大工程技术人员和网络运营者迫切需要数字蜂窝移动通信方面的参考书。法国移动通信专家 Michel Mouly 和 Marie-Bernadett Pautet 于 1992 年编著的《The GSM System for Mobile Communications》一书反映了数字蜂窝移动通信的技术概貌,对 GSM 数字移动通信系统(以下简称 GSM 系统)作了全面的介绍。作者主要以该书为参考,结合 GSM 数字移动通信规范(以下简称 GSM 规范),并根据作者在移动通信科研和工程实践中的体会编写了本书。

本书主要是为从事 GSM 数字移动通信规划、研究、设计和维护的工程技术人员,各通信管理部门的技术管理人员而编写的。本书力求结合当前我国数字移动通信(TDMA)的建设和近期发展进行编写,兼顾了理论性、实用性、系统性和方向性。全书共分十章:第一章回顾移动通信系统近十年的历史、蜂窝小区系统的特点以及今后的发展;第二章对 GSM 系统的设备和软件分层模式、接口和规约以及 GSM 的业务功能作了介绍;第三章介绍了 GSM 的编码格式和传输技术,重点介绍了 A 接口和 Um 接口的各类信令方式;第四章根据系统设备的分类对交换、基站、移动终端及操作维护子系统设备及功能作了介绍;第五、六、七章涉及信令和规约,包括物理链路、LAPD 和 LAPDm 以及无线资源管理(RR)、移动性管理(MM)、安全管理(SM)和通信管理(CM)等;第八章对数字移动通信网的计费、特种业务和网络管理作了简要叙述,并且对系统工程诸要素作了详细介绍;第九章对数字移动通信的工程设计及安装作了概括,对系统容量、号码计划、网络结构、路由选择和工程安装等也作了简明扼要的概括;第十章对 GSM 系统主要技术指标的定义及测试方法作了介绍。本书还有四个附录,分别列出 GSM 规范目录、术语和缩写、GSM 业务简要说明以及有关规范标准文件号,可供广大读者选用。

本书第一、九章由孙孺石执笔,第二、八章由丁怀元执笔,第三、五、六章由穆万里执笔,第四、十章由王泽权执笔,第七章由丁怀元、穆万里执笔。全书由孙孺石、丁怀元负责校对。附录三由钱锋执笔,顾心一、吴蔚菁为本书作了大量文字、图表处理工作,在此表示诚挚的感谢。对于本书错误之处,谨请同行专家批评指正。

作者

1995 年 6 月于上海

目 录

第一章 概述	1
第一节 移动通信的发展	1
一、模拟移动通信系统的现状	1
二、数字移动通信系统的发展	5
三、GSM 及其 MOU	9
四、GSM 系统的技术规范及其主要性能	10
五、GSM 系统提供的业务	16
第二节 蜂窝小区系统	21
一、蜂窝小区系统的特点.....	21
二、蜂窝小区系统的容量.....	22
三、小区覆盖.....	23
四、无线接口管理.....	25
五、移动性.....	26
六、漫游.....	27
第三节 移动通信技术的发展动向	28
第二章 GSM 系统的结构和业务功能	33
第一节 概述	33
第二节 分系统组成	34
一、移动台.....	34
二、基站分系统.....	37
三、交换分系统.....	39
四、操作和维护分系统.....	41
第三节 接口界面	45
一、接口和协议.....	45

二、传输层·····	49
三、无线资源管理(RR)·····	50
四、移动性管理(MM)及通信接续管理(CM)·····	50
五、操作维护管理·····	51
第四节 GSM 的业务功能·····	52
一、电话业务·····	54
二、数字业务·····	54
三、短消息业务·····	61
四、补充业务·····	64
第三章 编码格式和传输技术 ·····	70
第一节 概述·····	70
第二节 无线传输·····	70
一、语音·····	71
二、非话业务·····	73
三、GSM 内部的传输·····	77
第三节 语音编码·····	79
第四节 数据传输·····	83
第五节 无线接口上的模式·····	90
一、无线接口的结构·····	90
二、空闲模式·····	93
第六节 无线信道的编码·····	94
一、复路接入方法·····	94
二、信道编码和调制解调·····	108
第四章 GSM 系统的设备 ·····	124
第一节 概述·····	124
第二节 交换分系统设备·····	127
一、AXE 系统结构·····	128
二、移动交换中心(MSC)/拜访位置寄存器(VLR)···	138
三、归属位置寄存器(HLR)/鉴权中心(AUC)·····	154

四、设备识别寄存器(EIR)	163
第三节 基站分系统设备.....	164
一、基站分系统设备组成与接口	164
二、基站控制器(BSC)	171
三、基站收发信站(BTS)	191
第四节 移动台设备.....	210
一、射频单元	210
二、基带部分	211
三、控制器	212
四、设备的实现	213
第五节 操作维护分系统设备.....	216
一、对交换分系统设备的操作维护(OMS—S)	217
二、对基站分系统的操作维护(OMC—R)	222
第五章 信令协议	229
第一节 概述.....	229
第二节 链路层.....	232
一、帧结构	232
二、误码检测和纠错	234
三、复用和流量控制	236
四、LAPD 和 LAPDm 帧比较	237
第三节 网络层.....	239
一、BSS 网络层	239
二、NSS 网络层	245
三、附加业务管理的网络层	249
四、点到点短消息网络层	250
第六章 无线资源管理	254
第一节 概述.....	254
第二节 无线资源管理功能.....	255
一、RR 子集	255

二、传输管理	256
三、切换操作	258
四、功率控制和时间提前量	260
五、无线信道管理	261
第三节 RR 管理的控制结构和协议	265
一、初始过程:随机接入和初始分配	266
二、寻呼过程	270
三、传输模式与加密模式管理过程	271
四、切换处理	274
五、呼叫重建	277
六、RR 连接释放	278
七、负载管理过程	278
八、SACCH 过程	279
九、频率再定义	280
十、广播消息	280
第七章 移动性管理和通信管理	283
第一节 概述	283
第二节 移动性管理(MM)功能	284
一、位置管理和小区选择	284
二、位置区划分和结构	287
三、位置更新过程	288
第三节 安全性管理	291
一、安全要求和功能实现	291
二、结构和协议	293
三、信令机构	293
第四节 呼叫控制(CM)功能	296
一、移动站被叫的路由以及对计费的影响	296
二、结构和协议	310
三、移动台主叫建立过程	311

四、移动台被叫建立过程	320
五、查询过程	324
六、呼叫释放	326
七、通信中的在线功能	327
第八章 业务管理及网络管理	334
第一节 概述	334
一、通信接续的控制	334
二、通信接续的要素	335
三、管理功能	339
四、用户的管理	342
第二节 补充业务管理	348
一、信令规程	348
二、管理过程	349
第三节 短消息业务的管理	351
一、通信结构	352
二、移动台发短消息	353
三、移动台接收短消息	354
第四节 移动台管理	358
一、移动台型号验证	359
二、移动设备的管理	361
第五节 系统工程和网络运行	363
一、小区规划	365
二、小区配置	382
三、网络工程	391
四、网络配置的管理	396
第六节 网管结构和规约	402
一、管理网络的结构	402
二、TMN 接口	404
三、电信业务控制协议与操作和维护功能	405

四、BTS 管理规约	406
五、GSM 的 Q3 规约	407
第九章 数字移动通信工程设计及安装	412
第一节 概述	412
第二节 系统容量	413
一、容量预测	413
二、设计话务量	414
三、无线信道呼损率	416
四、通信概率	416
五、数字移动通信系统的话务模型	419
六、无线网络规划	422
第三节 GSM 系统的号码计划	423
一、有关建议及规定	423
二、移动用户号码(MSISDN)	423
三、国际移动用户识别码(IMSI)	424
四、移动用户漫游号码(MSRN)	425
五、移动用户临时识别号码(TMSI)	425
六、位置识别码	425
七、国际移动台识别号码(IMEI)	426
第四节 网络结构和路由计划	426
一、数字 PLMN 网络在通信网中的地位	426
二、数字移动通信的信令网结构	428
三、路由选择	429
第五节 工程设计及安装	432
一、数字移动通信系统工程设计要素	432
二、传输链路	434
三、无线链路的功率平衡	435
四、机房	436
第十章 GSM 系统的技术指标及其测试	439

第一节 概述.....	439
第二节 测试条件.....	440
一、正常测试条件	440
二、极限测试条件	440
三、震动条件	441
四、其它测试条件及规定	441
第三节 发信机技术指标及其测试.....	443
一、平均载频功率	443
二、发信载频包络	448
三、发信机的射频功率控制	452
四、射频输出频谱	454
五、杂散辐射	460
六、互调衰减	466
七、调制、频率误差和相位误差	469
第四节 收信机技术指标及其测试.....	471
一、灵敏度	471
二、收信机坏帧指示性能	478
三、可用收信机输入电平范围	479
四、阻塞和杂散响应抑制	481
五、同频干扰抑制	485
六、邻道干扰抑制	488
七、互调响应抑制	491
八、收信机杂散辐射	494
第五节 主要电信业务功能及其测试.....	496
一、电话业务的传输要求	496
二、发送灵敏度/频率响应.....	498
三、发送响度评定值	500
四、接收灵敏度/频率响应.....	500
五、接收响度评定值	501

六、话音失真 502

附录一 GSM 第二阶段技术规范目录 505

附录二 GSM 系统英汉缩略语词汇 534

附录三 GSM 主要功能简要描述 541

附录四 有关 GSM 部分国际标准 575

参考文献..... 580

第一章 概 述

在过去的十年,世界电信发生了巨大而深刻的变化。数字程控交换技术的普遍使用,综合业务数字网的开发成功,以及对智能网的研究探索,奠定了个人通信发展的网络基础。移动通信特别是蜂窝小区技术的迅速发展,将为用户彻底摆脱终端设备的束缚、实现完整的个人移动性提供可靠的传输手段和接续方式。而超大规模集成电路和贴片工艺技术的成功发展,又为袖珍式终端设备的制造和推广开辟了美好的前景。无线通信已经摆脱了应急的、辅助的、小容量的旧概念,而跃居成为电信领域中发展速度最快、最受人们欢迎、最灵活方便的先进通信技术的支柱之一。

众所周知,移动通信的主要目的是实现任何时间、任何地点和任何通信对象之间的通信。设想是向用户提供一张像个人身份证一样的唯一通信智能卡,无论在家中、办公室或流动中,都能用这个智能卡借助各类固定的和移动的终端设备实现主叫或被叫通信,它是高级阶段的个人通信,它将成为 21 世纪的主要通信手段之一。

第一节 移动通信的发展

一、模拟移动通信系统的现状

尽管陆地移动通信的发展最早可以追溯到半个世纪以前,但直到 80 年代中期,随着蜂窝组网技术的完善和大容量系统的出现,陆地移动通信发展才进入高峰阶段。到 1994 年底,全世界模拟移动电