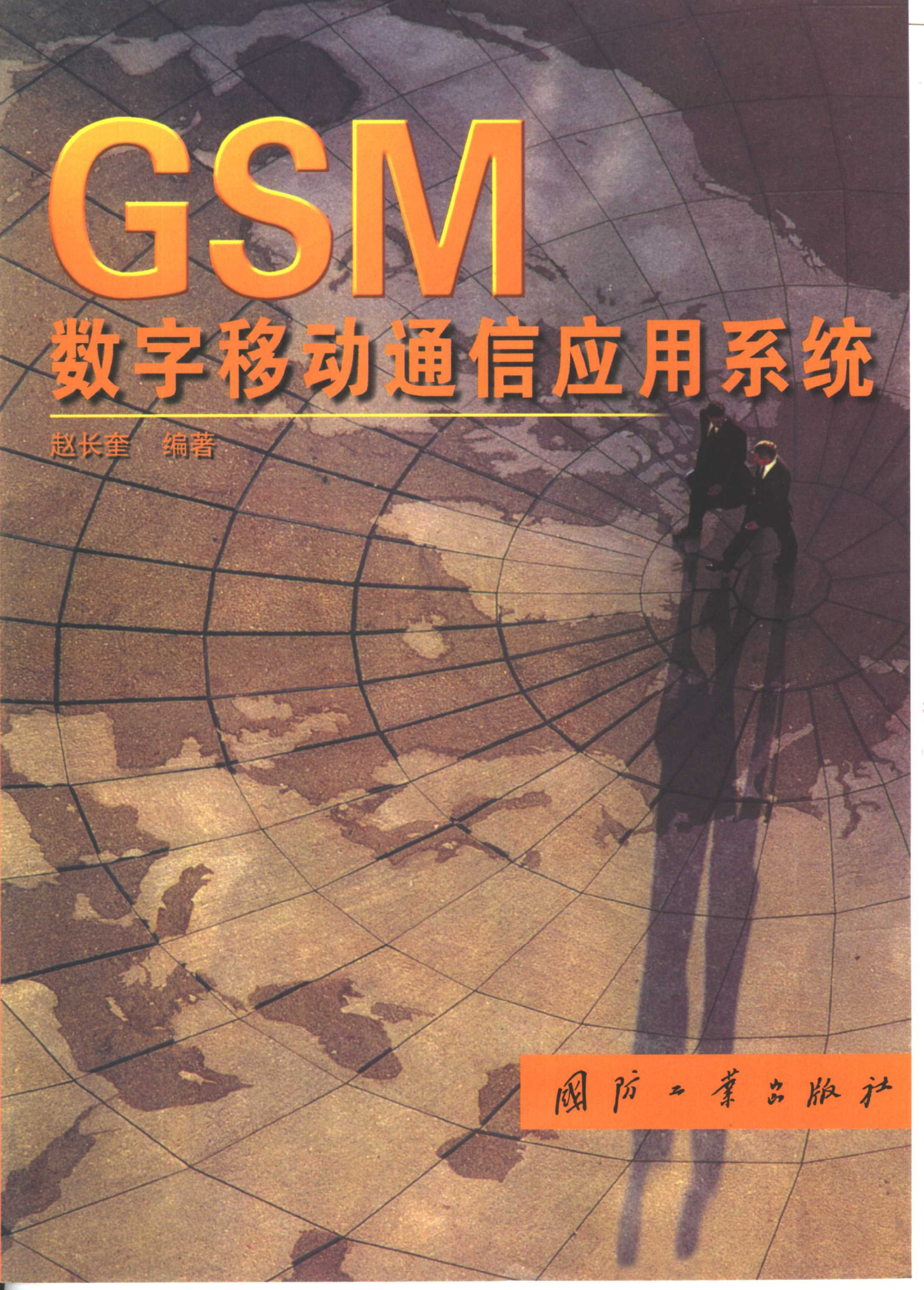




GSM

数字移动通信应用系统

赵长奎 编著

国防工业出版社

GSM 数字移动通信应用系统

赵长奎 编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

GSM 数字移动通信应用系统/赵长奎编著. —北京:
国防工业出版社, 2001.6

ISBN 7-118-02499-6

I. G… II. 赵… III. 时分多址—移动通信: 数字
通信 IV. TN929.532

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 08195 号

国防工业出版社 出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 12 271 千字

2001 年 6 月第 1 版 2001 年 6 月北京第 1 次印刷

印数: 1—4000 册 定价: 18.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

前 言

当代通信技术领域的发展极其迅速,新技术、新业务、新设备层出不穷。从事通信工程技术的广大工作者迫切需要不断地学习掌握当代通信技术的新知识,了解其发展,以适应通信技术的发展,提高解决有关问题及做好实际工作的能力。为此,编者根据主持负责的有关通信等科研项目的体会以及多年的教学经验,并紧密结合通信技术的最新发展编写了这本书。

目前介绍数字移动通信的书籍虽较多,但各有其特点。本书的编者目的是想向广大读者介绍有关通信的基本知识,叙述方法是先介绍各种设备及其工作原理,然后讲述各部分之间的接口与协议,使读者了解数字移动通信的基本概念,掌握信号流程。内容有 GSM 系统的构成、无线接口与无线传输、A 接口与 Abis 接口、移动交换分系统内的接口、GSM 系统的过程和系统工程设计、GSM 通信系统的业务及其演进、CDMA 数字移动通信系统、第三代数字移动通信系统等。本书的出版希望能对从事通信专业的读者提供有益的帮助。

由于编者水平有限,书中会有错误与不当之处,热切希望广大读者批评指正。

编 者
2000 年 10 月

内 容 简 介

本书主要介绍 GSM 数字移动通信应用系统的工作过程,内容包括 GSM 系统中的无线信道与无线传输、无线接口与协议、基站分系统中的交换与控制、基站分系统的 Abis 接口、基站分系统与交换分系统的 A 接口、移动分系统中交换上的内部接口、GSM 的系统工程设计、GSM 系统的业务扩展与演进等。本书还介绍了 CDMA 的基本方法以及第三代移动通信的有关内容。内容较宽、涉及面广、通俗易懂,为读者进一步研究数字移动通信打下良好的基础。

本书供从事通信的工程技术人员使用,也可以作为大专院校相关专业师生的教学参考书。

目 录

第 1 章 GSM 系统概述	1
1.1 GSM 系统的构成	1
1.2 蜂窝小区	6
1.3 GSM 系统的特点与业务功能	10
1.4 GSM 系统的网络结构	13
第 2 章 无线接口与无线传输	21
2.1 无线信道的构成	21
2.2 电波传播的特点	22
2.3 语音编码技术	24
2.4 GSM 系统中的编码、交织和加密	27
2.5 无线传输设备	30
2.6 信道分类与组织	41
2.7 无线接口协议	50
第 3 章 A 接口与 Abis 接口	54
3.1 概述	54
3.2 移动交换中心在 A 接口上的设备	54
3.3 基站分系统在 A 接口上的设备	69
3.4 A 接口协议	73
3.5 BSS 内部的 Abis 接口	76
第 4 章 移动交换分系统内的接口	81
4.1 移动应用部分(MAP)	81
4.2 归属位置寄存器(HLR)/鉴权中心(AUC)	82
4.3 与 MAP 协议有关的业务	92
第 5 章 GSM 系统的工作过程	96
5.1 漫游与位置更新	96
5.2 移动台的位置登记	98
5.3 切换过程	100
5.4 呼叫接续过程	104
5.5 计费与结算	107
5.6 操作维护系统简介	114
5.7 无线基站(RBS)	119
5.8 与移动台业务活动相关的问题	125
第 6 章 GSM 系统工程设计	128
6.1 概述	128
6.2 小区规划	128

6.3 小区配置	137
6.4 网络工程	140
第7章 GSM 通信系统的业务及其演进	144
7.1 GSM 系统的业务	144
7.2 智能网络需求与网络演进	144
7.3 WAP 业务需求与网络演进	146
7.4 GSM 向 UMTS 的演进	149
第8章 CDMA 数字移动通信系统	152
8.1 概述	152
8.2 CDMA 系统的网络结构	153
8.3 CDMA 系统的传输方式	156
8.4 CDMA 系统的控制功能	160
8.5 CDMA 系统提供的业务	165
第9章 第三代数字移动通信系统	168
9.1 概述	168
9.2 TD-SCDMA 系统简介	169
9.3 TD-SCDMA 信道	170
9.4 信道编码、交织和业务复用	172
9.5 帧结构	173
9.6 第三代移动通信系统的关键技术	175
附录 英文词汇缩写	178
参考文献	182

第 1 章 GSM 系统概述

1.1 GSM 系统的构成

1. 概述

蜂窝移动通信自 1987 年在我国开通以来,年增长率始终保持在 200% 以上,发展极其迅速,到 1997 年,移动电话的用户已经突破 1200 万。

1994 年初,数字蜂窝移动通信系统 GSM 在广州开通运营,接着在深圳、上海、北京等大城市相继开通。1995 年 9 月原邮电部决定在全国范围内迅速扩大 GSM 的建设,不久很多省市都开通运营了 GSM 系统。目前,我国的数字移动通信正处在大发展时期。

GSM 系统原是泛欧数字移动通信系统的简称,GSM 原意为“移动通信特别小组”(Group Special Mobile),是欧洲邮电主管部门会议(CEPT)为开发数字蜂窝移动系统而在 1982 年成立的机构。1987 年,欧洲 15 个国家的电信业务经营者在哥本哈根签署了一个谅解备忘录(Memorandum of Understanding,简称 MOU)。它是关于实现泛欧 900MHz 数字蜂窝移动通信标准的备忘录。随着移动通信设备的研制与开发及数字蜂窝通信网的建立,GSM 就逐步成了欧洲数字移动通信系统的代名词。欧洲的专家们将 GSM 重新命名为“Global System for Mobile Communications”,从而使其变成了“全球移动通信系统”的简称。

随着社会的进步,要求通信向数字化、高速化、宽带化和智能化方向发展,蜂窝移动通信也不例外。模拟蜂窝移动通信系统有一些致命的弱点,如各系统间没有公共接口,无法与固定网向数字化方向推进,很难开展数据承载业务,无法适应大容量的需求,安全保密性差等,所以促进数字蜂窝移动通信更快地发展。

数字蜂窝移动通信系统除了 GSM 以外,还有北美的 TDMA 数字蜂窝系统(IS-54),日本的 PDC 系统(其技术与 IS-54 相同),以及码分移动通信系统 CDMA。目前,数字蜂窝移动通信系统在我国亦已开始开通运营。

2. GSM 系统的构成

1) 移动通信网的功能

移动通信的最大特点是,移动台在服务区内任意移动时都能进行收发信,通信的一方至少为一个移动用户,而移动用户的位置又不确定。因此,移动通信网要找到移动用户必须具备下述功能:

(1)在本区数据库内存储移动用户的信息,其中有移动用户目前所在的位置,根据此信息才能寻找到移动用户;

(2)当移动台在移动时,应该将其位置改变的信息通知数据库,以便其他用户在寻找他时给出准确位置;

(3)根据数据库中存储的信息,将线路接到移动用户目前的区域,即路由选择功能。

为了实现上述功能,移动通信网需要设置以下 4 种节点:

(1)网关交换节点(G)。节点 G 是移动网与其它固定网接续的必要节点,是其它网的用户与移动用户进行通信的必经之路。该节点具有从数据库中寻找移动台所在区域信息的功能,并能将线路接续到移动台所在区域的路由选择功能。

(2)本地存储器节点(H)。移动台的用户信息都存储在数据库中,它就是 H 节点。每个移动台的信息都存储在这个数据库中,信息包括移动台位置信息、用户信息和计费信息等。

(3)本地交换节点(V)。G 节点得知移动台的位置后,将线路接续到节点 V。它是控制移动台呼叫接续的节点。

(4)无线接入节点(R)。它是容纳移动台实际所在无线区域的节点,可以设置或解除无线线路。

对于移动通信网来说,智能化是非常重要的。所谓智能网,是目前计算机与通信结合最成功的信息技术应用领域。它是将网络的业务控制功能、网络管理功能和信令转换功能独立出来,使其与交换和传输功能分开。这样,在今后更新业务或增加功能时,只要对相应的计算机及数据库中进行软件修改即可,不必更换过多的硬件设备。因此,智能网应变能力强,能经济快速地提供各种通信业务。

智能网结构包括 5 个单元:业务交换点(SSP),它允许交换系统在呼叫接通之前识别出哪些是需要专门处理的呼叫;业务控制点(SCP),SCP 是一个以事务处理机为基础的系统,提供信令网接口、业务逻辑及数据库来承办各种业务;业务管理点(SMP),是一个操作、维护、管理与监视系统,允许用户管理自己的数据、生成报表、收集网络管理信息,并执行一些业务逻辑的测试功能;智能外围(IP),IP 是一个可提供一种或多种电信能力的网络元件,允许将新技术引用到网络中来,并允许网络取得高度专门化的、不经常用的那些能力,不需要在交换系统中做大量的工作;7 号信令系统,是网络各元件间的信息传递和信令控制的实现者,是智能网的神经中枢。

智能网分智能层与传输层。传输层主要由业务交换点及传输链路组成,不具备什么“智能”,只简单地提供业务执行所需的硬件,并为各种业务要求提供接入环境。智能层主要是业务和设备的控制及网络管理,其中最重要的网络实体是 SCP 和 SMP。

对照智能网的模型,移动通信网中的 G 节点就相当 IN 模型中的 SCP。它是确保移动性的必要节点,是网内数据库。当移动通信网的服务业务高度发展时,它必须从提供常规通信的服务者变成相当 SMP 的节点,而这时 G、V 和 R 节点就相当 SSP,G、V 和 H 之间为 7 号信令系统。

2)GSM 系统的构成

根据移动通信网的构成及完成的功能,GSM 系统由下述分系统构成:交换分系统(MSS);基站分系统(BSS);移动台(MS)和操作与维护分系统(OMS)。实际上,它包括了从固定用户到移动用户(或相反)所经过的全部设备,如图 1-1 所示。

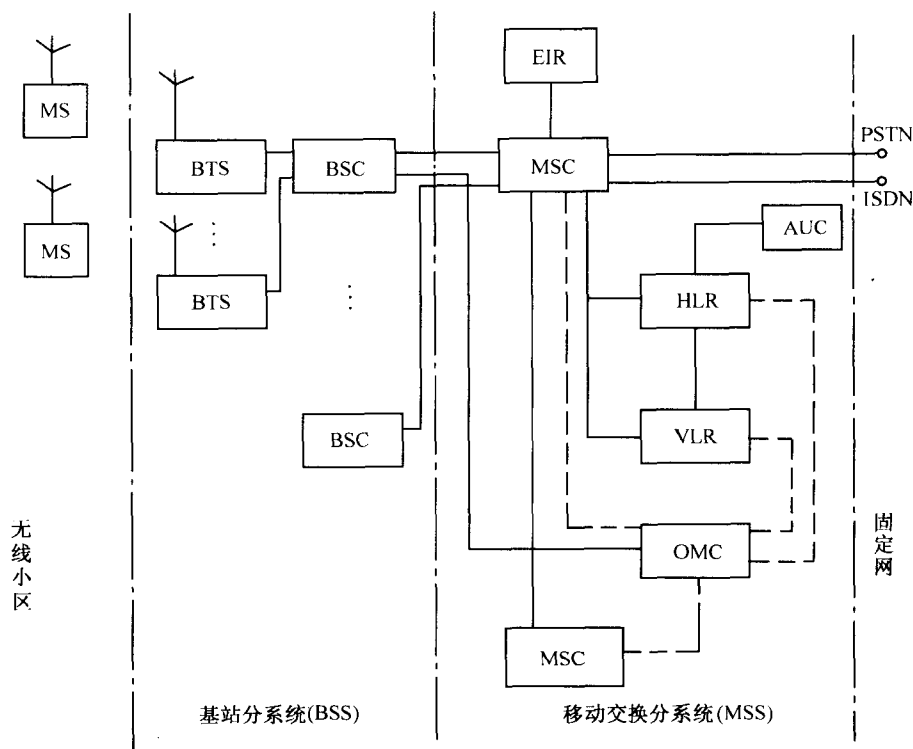


图 1-1 数字蜂窝移动网组成

(1) 交换分系统(MSS): 它包括移动交换中心(MSC——Mobile Service Switching Center)和存储用户数据及移动管理信息的数据库,即归属位置寄存器(HLR——Home Locate Register)、拜访位置寄存器(VLR——Visitor Location Register)、认证(鉴权)中心(AUC——Authentication Center)、设备标志寄存器(EIR——Eguipment Identificatin Register)。

①移动交换中心(MSC)。它主要处理和协调 GSM 系统内部用户的通信接续。MSC 对位于其服务区内的移动台(MS)进行交换与控制,同时提供移动网与固定公众电信网的接口。作为交换设备,MSC 具有完成呼叫接续与控制的功能,同时还具有无线资源管理和移动性管理等功能,例如移动台位置登记与更新,MS 的越区转接控制等。

移动用户没有固定位置,在不明路径情况下,要为网内用户建立通信时,路由都先接到一个关口交换局(GMSC——Gateway MSC),即由固定网接到 GMSC。GMSC 的作用是查询用户的位置信息,并把路由转到移动用户当时所拜访的移动交换局(VMSC)。GMSC 首先根据移动用户的电话号码找到该用户所属的 HLR,然后从 HLR 中查询到该用户目前的 VMSC。GMSC 一般都与某个 MSC 合在一起,只要使 MSC 具有关口功能就可实现,所以构成图中没见到 GMSC 标志。

MSC 通常是一个大的程控数字交换机,能控制若干个基站控制器(BSC)。目前,一个典型的移动交换中心有 8 到 12 个机架,大约可满足一个百万人口城市的需要,使其移动通信的普及率达到中等水平。

GMSC 要与固定网相接,而固定网有公众电话网 PSTN、综合业务数字网 ISDN、分组

交换公众数据网 PSPDN 或电路交换公众数据网 CSPDN。MSC 与固定网互连需要通过一定的适配才能符合对方网络对传输的要求,称其为适配功能(IWF——Inter Working Function)。IWF 功能可以在 MSC 内部实现,也可以是独立的设备,无论哪种方式都必须具备适配功能,所以 IWF 也应该属于网络实体。

②归属位置寄存器(HLR)。HLR 是管理移动用户的数据库,作为物理设备,它是一台独立的计算机。每个移动用户必须在某个 HLR 中登记注册。在数字蜂窝网中,应包括一个或多个 HLR。HLR 所存储的信息分两类:一类是有关用户参数的信息,例如用户类别、所提供的服务、用户的各种号码、识别码,以及用户的保密参数等;另一类是用户当前的位置信息,例如移动台漫游号码、VLR 地址等,用于建立至移动台的呼叫路由。HLR 不受 MSC 的直接控制。

③认证(鉴权)中心(AUC)。它直接与 HLR 相连,是认证移动用户身份及产生相应认证参数的功能实体。认证参数包括随机号码 RAND、信号响应 SREC 和密匙 KC。认证中心对移动用户的身份进行认证,将用户的信息与认证中心的随机号码等进行核对,合法用户才能接入网络,并得到网络的服务,不合法的用户不允许接入网络。

④拜访位置寄存器(VLR)。VLR 是存储用户位置信息的动态数据库,当漫游用户进入某个 MSC 区域时,必须在 MSC 相关的 VLR 中进行登记,VLR 分配给移动用户一个漫游号(MSRN)。在 VLR 中建立用户的有关信息,其中包括移动用户识别码(MSI)、移动台漫游号(MSRN)、移动用户所在位置区的标志及向用户提供服务等参数,而这些信息是从相关的 HLR 中传递过来的。MSC 在处理入网和出网呼叫时需要查访 VLR 中的有关信息。一个 VLR 可以负责一个或多个 MSC 区域。一般情况下,MSC 与 VLR 的设备合在一起,因为它们之间交换信息相当多。

⑤设备标志寄存器(EIR)。EIR 是存储有关移动台设备参数的数据库,用来实现对移动设备的识别、监视、闭锁等功能。EIR 只允许合法的设备使用,对非法设备禁止接入网络。它与 MSC 相连接。

(2)基站分系统(BSS) BSS 包含 GSM 数字移动通信系统中无线通信部分的所有地面基础设施,通过无线接口直接与移动台实现通信连接。BSS 具有控制功能与无线传输功能,完成无线信道的发送、接收和管理。它由基站控制器和基站收发信台两部分组成。

①基站控制器(BSC——Base Station Controller)。BSC 的一侧与移动交换分系统相连接,另一侧与基站收发信台(BTS——Base Transceiver Station)相连。一个基站分系统只有一个 BSC,而有多套 BTS。它的功能是负责控制和管理,BSC 通过对 BTS 和 MS 的指令来管理无线接口,主要进行无线信道分配、释放以及越区信道的切换管理。

②基站收发信台(BTS)。BTS 负责无线传输,每个 BTS 有多部收发信机(TRX),即占用多个频率点,而每个频率点又分成 8 个时隙,这些时隙就构成了信道。BTS 是覆盖一个小区的无线电收发信设备。

BTS 还有一个重要的部件称为码型转换器(Transcoder)和速率适配器(Rate Adaptor),简称 TRAU。它的作用是将 GSM 系统中话音编译码信号与标准 64kbit/sPCM 相配合,例如移动台(MS)发话,它首先进行话音编码,变为 13kbit/s 的数字流,信号经 BTS 收发信机的接收,其输出仍为 13kbit/s 信号,需经 TRAU 后变为 64kbit/sPCM 信号,才能在有线信道上传输。同时,要传送较低速率数据信号时,也需经过 TRAU 变成标准信号。此

外,BTS 还有与无线接口有关的信号处理电路。在数字移动通信系统中,用信号处理电路来实现多址复用所需的帧和时隙的形成与管理,它还应具有信道编译码和加密解密功能,以便改善无线信道的传输质量。

(3)移动台(MS) MS 是用户设备,它有两种形式:一种为车载式;另一种为便携式。后者使用得更多,它已小型化,且功能全。移动台包括移动终端 MTO——Mobile Termination,它实际上是无线收发信机和人机接口(送、受话器,键盘和显示屏等)设备;它还包括终端设备 TE——Terminal Equipment,例如三类传真机或个人计算机;第三部分为终端适配器 TA——Terminal Adapter,它是连接 MT 和 TE 不可缺少的部分,已有专用适配器供使用。根据功能分,移动台有 3 种:第一种是只具备某种业务功能,例如只能通话的手持机;第二种移动台带有适配器,可连接特定的终端设备;第三种移动台可提供 ISDN 接口,再通过 ISDN 终端提供各类业务。

移动台是用户直接操作的设备,要涉及到用户的注册和管理。移动台靠无线接入进行通信,线路不固定,因此它必须具备用户的识别号码。GSM 系统是采用用户识别模块 SIM——Subscriber Identity Module 方式,将模块做成信用卡的形式。SIM 卡中存有用户身份认证所需的信息,并能执行一些与安全保密有关的信息,以防非法用户进入网内。同时,它还存储与网络和用户有关的管理数据,移动设备只有插入 SIM 卡后才能进网使用。

SIM 卡有两种结构:一种是卡片式(也称大卡),用户将卡插入移动设备中就可以使用;另一种是嵌入式,也称“小卡”;是以半永久性方式装入手机中。

SIM 卡有两个用户必须知道的密码,用此密码,用户方可使用手机,而盗窃者却无法使用。

(4)操作与维护分系统(OMS) 对于 GSM 这样一个复杂的系统,操作与维护是必不可少的。由于操作与维护并非是 GSM 网专有的性能,所以 GSM 数字移动通信技术规范没有对它作详细说明。

操作与维护管理的目的是使网络运行者能监视和控制整个系统,把需要监视的内容从被监视的设备传到网络管理中心,显示给管理人员;同时,应该使管理人员在网络管理中心还应该能修改设备的配置和功能。为此,操作维护网络的一侧接到电信设备,例如 MSC、BSC 和 HLR 等,不包括 BTS,对它的操作维护是通过 BSC 来实现的。网络另一侧接到计算机工作站作为人机接口。GSM 技术规范明确指出,操作维护设备与基站分系统和交换分系统的设备直接连接,用于操作维护设备的地点叫操作维护中心(OMC)。它又分成管理无线设备的 OMC-R,管理交换设备的 OMC-S。

爱立信公司的 CME20 技术可提供一种操作支援系统(OSS),其作用是向电信部门提供一个集中的、方便的控制平台。在 CME20 系统中,OSS 属于爱立信电信管理和操作系统(TMOS)的一项应用。

电信业务不断地增长和发展,网络单元越来越多,结构越来越复杂,因此越来越需要 TMOS 这样的系统。TMOS 能与现有网络节点对接起来,提供新的网络支持功能,实际上它是一个多计算机系统的应用平台。TMOS 是分层设计的,由公共应用平台(CAP)、电信应用平台(TAP)和特殊应用部分构成的。

操作支援系统(OSS)是 TMOS 的一个应用系统,它的主要功能如下:

①配置管理,包括目标操作功能,即在 OSS 与网络间建立链路,而且还包括文件管理功能,用在 OSS 与移动交换机间传递文件;

②故障管理,用来监视移动网中的网络单元,如 MSC、BSC、AUC 和 EIR 等;

③性能管理,收集网络单元提供的各类性能信息,统计测量各种资料,负责进行无线网络测量记录,为调整小区参数提供依据;

④用户和网络管理,包括蜂窝网络管理和移动签约管理。

用 OSS 来构成 OMC 实现操作与维护功能,这是一种方案,当然也可用其它方案来实现操作与维护分系统的功能。

GSM 系统中有一项称为短消息业务。要完成这一功能,在网管中心应设置短消息业务中心(SMS)。

1.2 蜂窝小区

1. 概述

移动通信中的移动用户遍布在整个地理位置区,一般数量很多,而分配给移动通信的无线频率 W 带宽都是有限的,当用户很多时就满足不了通信要求。为此,设法将地理区域分成若干个小小区,在一个小区中使用频带为 B 的频率,相隔一定距离外的另一个小区仍使用 B 带宽,即采用频率复用(frequency reuse)技术,这样有限的无线频率资源便可为更多的移动用户服务。将给定的频带宽度 B 分成若干个频率组(cluster),每一组供一个小区(cell)使用,多个小区应该覆盖全部服务区,才能实现有效通信。

对于面状服务区(一般城市移动通信都属于这种情况),无论采用定向天线或全向天线,小区间都存在交叠。为使交叠少一些,采用圆内接正六边形较好,其形状像“蜂窝”,故称蜂窝小区,相应的移动通信系统亦称为蜂窝移动通信系统。一个区群(cluster)的结构如图 1-2 所示。

在 GSM 系统中,多采用 120° 扇面定向天线,在三个小区的项点上设置基站收发信站 BTS。这样设置可减少站址建设,所以被广泛采用。

2. 蜂窝小区系统的特点

1) 同频复用空间保护距离

蜂窝系统的基本出发点是频率复用。在相距一定距离的两个地区若使用同一组频率,彼此间要产生干扰,但彼此相距 D 就可使这种干扰在允许范围内, D 称为复用空间保护距离。使用同一组频率的小区称为共道小区,它们间产生的干扰叫共道干扰。一个区群中的小区数愈少,则相邻区群的地理位置愈靠近,干扰就会愈强。设小区的半径为 R ,两个相邻共道小区之间的距离为 D ,则称 D/R 称为共道干扰抑制因子。

根据系统所选用的调制方式和带宽,可以确定载波干扰比 C/I 。为满足这一需求,同时考虑到多径衰落等因素,可先确定同频复用保护距离,即将 D/R 与 C/I 联系起来。蜂窝网络每个区群共有 7 个小区,基站收发信台采用全向无线,只考虑到第一层共道小区的干扰,如图 1-3 所示。

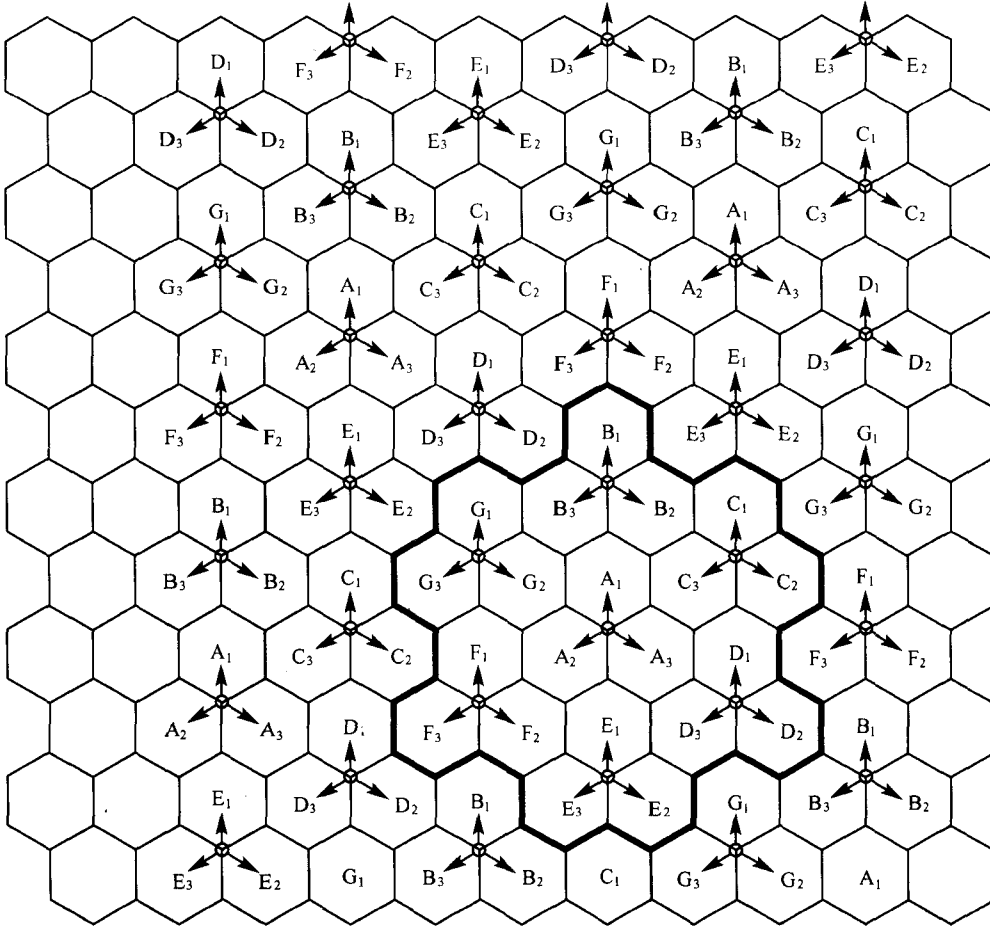


图 1-2 7/21 小区方式

此时的载波干扰比 C/I 计算如下:

$$C/I = \frac{C}{\sum_{i=1}^6 I_i + n}$$

式中, I_i 为第 i 层共道小区的干扰电平, 共有 6 个, n 为环境噪声功率, 可忽略。考虑到电波传播损耗为 4 次幂规律, 则接收到的信号功率和干扰功率分别为

$$C = AR^{-4}$$

$$I_1 = AD^{-4}$$

式中, A 为常数。考虑到上述情况, 而且 D_1 都相同, 则有

$$C/I = \frac{R^{-4}}{\sum_{i=1}^6 D_i^{-4}} = \frac{1}{6} \left(\frac{R}{D} \right)^{-4}$$

规定系统的载干比门限为 $(C/I)_s$, 只要满足

$$C/I \geq (C/I)_s$$

就可以保证通信质量。

根据蜂窝系统的几何关系,设区群数为 k , 则有

$$D/R = \sqrt{3k}$$

式中 k 是由 $(C/I)_s$ 所确定。由前式可得出

$$\frac{1}{6} \left(\frac{R}{D} \right)^{-4} \geq (C/I)_s$$

所以

$$k \geq \sqrt{\frac{2}{3} (C/I)_s}$$

对于 7/21 复用方式,它有 7 个设立基站的地点,21 组频率,即 21 个小区,则复用保护距离 D 为

$$D = \sqrt{3k} \cdot R \approx 7.9R$$

同理,对 4/12 复用方式, $D = 6R$; 对 3/9 复用方式, $D \approx 5.2R$ 。

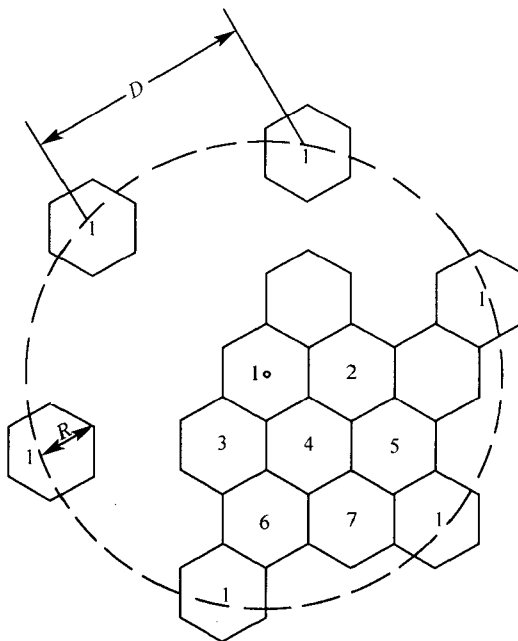


图 1-3 蜂窝网络同道小区分布

2) 越区切换(handover)

当移动用户从某个小区移动到另一个小区时,为使通话不被中断,要自动切换信道,即改变收发信的无线频率。一次通话过程中,移动台的工作频率和接续控制从其离开的小区交换到进入的小区的过程叫切换。这个过程用户是不介入的。如何成功地完成越区切换,并尽可能地减少系统中的切换次数,是小区设计的重要课题之一。越区切换是网络的功能,只要是蜂窝移动通信系统,这一功能必须要实现。

3) 信道分配与小区分裂(cell splitting)

每个小区的信道数量是不同的,要根据话务量的多少而定,目的是满足用户的话务量要求。由于在服务区中话务量分布是极不平衡的,这种信道分配也是相当复杂的。在闹市区中央和效区的话务量可能相差上百倍,因此小区的半径、每个小区分配到的信道数都不相同。随着话务量的增加,可将原有小区进一步分裂成更小的新小区,这叫小区分裂,这一任务也是蜂窝系统要完成的。

3. 蜂窝小区系统的容量

频谱是一种非常宝贵的资源,而分配给公用移动通信网络的频谱更有限,因此采用什么样的多址方式和技术才能使频谱利用率最高,即通信容量最大,这也是移动通信系统研究的重要课题之一。

对于一般点对点的通信系统,系统的通信容量可用信道效率来衡量,即在给定频段内能提供多少信道数目。对蜂窝移动通信来说,因为信道要在蜂窝中分配,要涉及频率复用和同道干扰问题,所以采用每个小区每兆赫频率下的信道数来衡量它的容量,即 $\text{ch/cell} \cdot \text{MHz}$ 。

设移动通信所给定的频段为 W , 将这个频段的载频以 B (带宽) 为间隔划分成频道, 即有 M 个, 所以

$$M = \frac{W}{B}$$

当然, 每个载频又按时分有 8 个时隙, 所以有用的信道数为 $8M$ 。若将整个频段的所有载频(区群)划分为 k 个小区, 则每个小区的信道数为 N , 即

$$N = \frac{W}{Bk}$$

而 k 又与载干比 $(C/I)_s$ 有关, 将它们代入上式, 则得到

$$N \leq \frac{M}{\sqrt{\frac{2}{3}(C/I)_s}}$$

在总频道数 M 不变的情况下, 区群小区数 k 愈小, 则 N 愈大, 即信道容量愈大。

对模拟蜂窝系统(TACS), 载干比的门限规定为 $(C/I)_s = 18\text{dB}$, 此时解调后的基带信噪比 $S/N = 38\text{dB}$, 符合话音质量要求。

以 10MHz 带宽为标准, 用 120° 扇形小区模型计算, 可得到表 1-1 的结果。

表 1-1 蜂窝移动网不同模式下的容量

制式	$C/I/\text{dB}$	小区复用模式	10MHz 带宽的总信道数	ch/cell·MHz
TACS	18	7/21	400	1.9
GSM	12	4/12	400	3.33

由表中比较看出, GSM 比模拟系统 TACS 的容量大, 若采用半速率系统, 约是 TACS 的 3~4 倍。这主要取决于系统选址方式所需的载干比值的大小。

4. 小区覆盖

在移动通信系统的设计中, 希望小区的覆盖半径可以变动, 在高话务密度区, 希望半径愈小愈好; 而在稀话务地区, 希望覆盖半径大。两者的满足都要受到一定的限制。手机的功率有限, 因此半径不能过大; 要求半径较小时, 易受到干扰, 而且越区切换的频度高, 设备投资大。为了提高频谱效率, GSM 系统采用了如下技术:

1) 发信功率控制

根据无线路径的远近, 在移动台和基站发信台两者之间的方向上进行发射功率控制, 使传输质量在给定的门限以上即可, 由于双向发射机的发射功率不大, 这就减少了对其它通话电路的干扰电平。

2) 分集与跳频

采用跳频技术可使慢速移动体的无线传输质量得到改善; 采用相干分集接收, 可提高频谱效率。

3) 不连续发射

尽量减少发信功率和发信占用的时间, 必定会降低整个系统的干扰电平。减少发信

占用时间的办法是不连续发射,例如在 TDMA 选址方式中,对语音信号来说,采用语音激活(VAD)技术,即在无语音时不发射功率。这种技术可降低干扰电平。

4) 移动端支持越区切换

移动台在通话时可测量相邻小区的有关数据报告给基站,这将有助于越区切换判决算法,减少了由呼叫而产生的干扰。

5. 无线接口管理

在移动通信系统中,无线信道数量远小于用户总数,怎样来动态地配置和释放无线信道是必须的。只有当用户需要通信时才将无线信道安排给用户;当通信结束时,将信道释放,以便供其它用户使用。对每个用户的每一次呼叫都需这样做,这种无线接口管理程序叫无线资源管理(RR)。

在蜂窝小区系统中,用户的移动性是主要特点之一,表现为两个方面:当移动用户被呼叫时,要知道该移动用户在哪个小区;当移动用户通话中断时,必须自动进行越区切换,不能丢失信息或中断通话。为完成上述两个任务,网络必须具备移动性管理(MM)功能,要进行位置管理和越区切换。

在无线接口上还要完成呼叫接续管理控制(CM)功能,即完成电路交换的呼叫建立、维持和结束,并能支持补充业务和短消息业务。

1.3 GSM 系统的特点与业务功能

1. GSM 系统的主要特点

1) 移动台具有漫游功能

在 GSM 中引入了 SIM 卡。它的设计思想是将用户和终端设备分离,用户只需携带自己的 SIM 卡即可在不同网络之间漫游。

GSM 给移动台定义了三种识别码:一个是 DN 码,是在公用电话号码簿上可以查到的统一电话号码;第二个是移动台漫游号码(MSRN),是在呼叫漫游用户时使用的号码,由 VLR 临时指定,并根据此号码将呼叫接至漫游移动台;第三个是国际移动台识别码(IMSI),是在无线信道上使用的号码,用于用户寻呼和识别移动台。根据上述三个识别码,可以准确无误地识别某个移动台。

漫游用户必须进行位置登记。当 A 区的移动台进入 B 区后,它会自动搜索该区基站的广播信道,从中获得位置信息。当其发现接收到的区域识别码与自己的号码不同时,漫游移动台会向当地基站发出位置更新请求,B 区的被访局收到此信号后,通知本局的 VLR,VLR 即为漫游用户指定一个临时号码 MSRN,并将此号码通过 CCS7 号信令通知移动台所在业务区备案。这样,当固定用户呼叫漫游移动用户时,拨移动台的 DN 码,DN 码首先经公用交换网络接至最靠近的本地 GSM 移动业务交换中心(GSMC),GSMC 利用 DN 码访问母局位置登记器,即归属位置寄存器(HLR),从中获取漫游台的 MSRN 码,