

现代移动通信技术丛书

GSM 交换网络维护与优化

张 威 汤炳富 李忠明 杨国珍 编著
刘松涛 罗 越 李佳玲

人 民 邮 电 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

GSM 交换网络维护与优化/张威等编著. —北京:人民邮电出版社, 2005.2

(现代移动通信技术丛书)

ISBN 7-115-12930-4

I. G... II. 张... III. ①时分多址—移动通信—通信网—维护②时分多址—移动通信—通信网—最佳化 IV. TN929.532

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 000409 号

内 容 提 要

本书主要介绍 GSM 网络交换系统的维护与优化。主要内容包括: GSM 交换网络的基础知识, No.7 信令基础知识, GSM 网络的各种通信事件信令流程, GSM 交换系统中的局数据及各种参数, 交换机紧急故障处理, 如何利用各种程序进行交换系统的维护与优化操作, 如何利用统计进行数据收集和交换系统的维护与优化, 如何利用网管的 OPS 进行交换系统的维护与优化。书中列举了许多 GSM 交换系统的维护实例, 力求从理论到实践两方面论述 GSM 交换网络的维护与优化。

本书的主要读者对象为从事 GSM 网络交换系统维护与优化的技术人员, 以及移动通信技术管理人员, 也可供相关专业在校师生参考。

GSM 交换网络维护与优化

◆ 编 著 张 威 汤炳富 李忠明 杨国珍

刘松涛 罗 越 李佳玲

责任编辑 梁 凝

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

读者热线 010-67129258

北京密云春雷印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 44.25

字数: 1081 千字 2005 年 2 月第 1 版

印数: 1-3 500 册 2005 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-12930-4/TN · 2397

定价: 73.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

前 言

全世界第 10 亿个 GSM 用户在 2004 年 2 月诞生, 中国的 GSM 用户数在 2004 年 4 月突破了 2.5 亿大关。2003 年, 中国 GSM 用户创下了令人震惊的 5854 亿分钟通话量, 发送了 1312 亿条短信息, 中国移动通信产业收入的 93% 来自 GSM 网络。

GSM 网络的核心是交换网络, 交换网络维护水平的高低, 直接影响到整个 GSM 网络的通信质量, 但目前国内讲述 GSM 交换网络的专业书籍还比较少, 因此需要一本系统介绍 GSM 交换网络的专业书籍。为了加强我国 GSM 交换网络技术人员间的交流, 做到信息、经验共享, 共同提高 GSM 交换网络维护与优化技术水平, 作者根据 GSM 规范和相关资料, 结合自身多年在移动通信系统、设计、维护和优化方面的工作经验编写了此书, 本书将以爱立信机型为例和广大读者和同行共同探讨一下 GSM 交换网络的维护与优化。

书中简要介绍了 GSM 的交换系统原理、结构和 No.7 信令基础, 详细描述了 GSM 各种通信事件信令流程, 交换机紧急故障处理, 以及各种交换维护实例, 力求从理论到实践两方面论述 GSM 交换网络的维护与优化。

全书共分 11 章: 第 1 章讲述了 GSM 网络结构; 第 2 章简单介绍了 GSM 交换网络的基础知识; 第 3 章主要介绍了交换维护与优化的基础知识; 第 4 章详细讲述和分析了 GSM 系统中的各种通信事件和通信流程; 第 5 章介绍了 GSM 交换系统中的局数据及各种参数, 这些局数据和参数是影响 GSM 通信最核心的软件内容; 第 6 章介绍了移动智能网的结构和流程; 第 7 章介绍了 AXE10 交换机的紧急故障处理原理、方法和流程; 第 8 章介绍了如何利用各种程序进行交换维护与优化操作; 第 9 章介绍了如何利用统计进行数据收集和交换维护优化; 第 10 章介绍了如何利用网管的 OPS 进行交换维护与优化; 第 11 章是对全书内容的综合, 讲述实际交换网络维护中如何解决各种实际问题。本书还有四个附录: 附录 A 是 GSM 规范建议表; 附录 B 是某局的交换机周分析报告; 附录 C 是交换机健康检查; 附录 D 是常用的交换机术语表。

本书主要为从事 GSM 交换维护和优化技术人员以及通信技术管理人员编写的, 也可供在校师生参考。作者衷心希望本书会给我我国每个 GSM 交换网络维护人员有益的帮助和启示, 并能起到抛砖引玉的作用, 让更多的技术人员参与到经验交流与技术探讨的活动中。

全书由张威主编, 其中, 张威编写了第 1 章, 范文锋编写了第 2 章, 汤炳富编写了第 5 章、第 11 章, 李忠明、张威编写了第 8 章、第 10 章, 杨国珍编写了第 7 章, 李佳玲编写了第 3 章、第 9 章, 罗越、张威编写了第 4 章, 刘松涛编写了第 6 章, 余杰、张大江两位同志也参与了部分章节的编写。

由于作者水平有限以及时间仓促, 书中错误和不当之处在所难免, 敬请读者和同行专家批评指正。

作者
于 2004 年 10 月

第 1 章 GSM 系统结构

1.1 GSM 发展历史和技术规范

1.1.1 GSM 系统发展历史

GSM 数字移动通信系统是由欧洲主要电信运营者和制造厂家组成的标准化委员会提出来的，它是在蜂窝系统的基础上发展而成。

蜂窝系统的概念和理论在 20 世纪 60 年代就由美国贝尔实验室等单位提了出来，但其控制系统复杂，尤其是实现移动台的控制当时的技术条件下难于实现。70 年代，半导体技术的成熟、大规模集成电路器件和微处理器技术的发展以及表面贴装工艺的广泛应用为蜂窝移动通信的实现提供了技术基础。1979 年美国在芝加哥开通了第一个 AMPS（先进的移动电话业务）模拟蜂窝系统，而北欧的瑞典也于 1981 年 9 月开通了 NMT（北欧移动电话）系统，接着欧洲的英国开通了 TACS 系统（全接入通信系统），德国开通了 C-450 系统。

蜂窝移动通信的出现可以说是移动通信的一次革命。其采用的频率再用技术大大提高了频率利用率并增大了系统容量，其智能化的网络实现了越区切换和漫游功能，扩大了客户服务范围，但上述模拟系统有四大缺点：

- 各系统间没有公共接口；
- 很难开展数据承载业务；
- 频谱利用率低，无法适应大容量的需求；
- 安全保密性差，易被窃听，易做“假机”。

尤其是在欧洲，各系统间没有公共接口，手机只能国内使用，不可能在国外使用，相互之间不能漫游，给客户造成很大的不便。

为了方便全欧洲统一使用移动电话，需要一种公共的系统。1982 年北欧国家向 CEPT（Conference Europe of Post and Telecommunications）提交了一份建议书，要求制定 900MHz 频段的公共欧洲电信业务规范。在这次大会上就成立了一个在欧洲电信标准学会（ETSI）技术委员会下的“移动特别小组（Group Special Mobile）”，简称“GSM”，由该小组来制定有关的标准和建议书。

1986 年在巴黎，该小组对欧洲各国及各公司经大量研究和实验后所提出的 8 个建议系统进行了现场实验。

1987 年 5 月 GSM 成员国就数字系统采用窄带时分多址 TDMA、规则脉冲激励线性预测 RPE-LTP 话音编码和高斯滤波最小移频键控 GMSK 调制方式达成一致意见。同年，欧洲 17 个国家的运营者和管理者签署了谅解备忘录（MoU），相互达成履行规范的协议。与此同时还成立了 MoU 组织，致力于 GSM 标准的发展。

1990 年完成了 GSM900 的规范制定，共产生大约 130 项的全面建议书，不同建议书经分组而成为一套 12 系列的 ETSI GSM 标准建议书。

1991 年在欧洲开通了第一个系统，同时 MoU 组织为该系统设计和注册了市场商标，将 GSM 更名为“全球移动通信系统”(Global System for Mobile communications)。从此移动通信跨入了第二代的数字移动通信系统时代。同年，移动特别小组根据英国的建议，完成了制定 1800MHz 频段的公共欧洲电信业务的规范，名为 DCS1800 系统。该系统与 GSM900 具有同样的基本功能特性，因而该规范只占 GSM 建议的很小一部分，仅将 GSM900 和 DCS1800 之间的差别加以描述，二者绝大部分是通用的，GSM900 和 DCS1800 这两个系统都属于 GSM 系统。

1992 年大多数欧洲 GSM 运营者开始商用业务。

1993 年欧洲第一个 DCS1800 系统投入运营。

此后 GSM 系统迅速发展，全球绝大多数移动运营商都采用了 GSM 制式。到 2003 年 3 月 GSM 网络已经覆盖近 200 个国家，有 450 家运营商经营 GSM 网络，总用户数已超过 8 亿。GSM 网络也成为最成熟的第二代移动通信系统，随着 GPRS 的开通和大力发展，GSM 网络已经平滑过渡到 2.5G 移动通信系统，目前有 85% 的移动通信运营商选择 GSM—GPRS—3G 的发展之路。根据欧洲的计划，GSM 将进一步过渡到 WCDMA，这是目前最成熟，也是今后主流的第三代移动通信系统。

2002 年我国 GSM 用户数突破 2 亿，中国移动通信公司也成为世界上用户数最多、网络规模最大的移动通信运营商。

1.1.2 GSM 系统技术规范

GSM 系统技术规范中只对功能和接口制定了详细规范，未对硬件做出规定。这样做的目的是尽可能减少对设计者的限制，又使各运营者有可能购买不同厂家的设备。

GSM 系统技术规范共分 12 个系列，表 1-1 列出了各系列的内容。

表 1-1 GSM 系统技术规范

系 列	内 容	系 列	内 容
01	概述	07	MS 终端适配器
02	业务方面	08	BS-MSC 接口协议
03	网络方面	09	网络互通
04	MS-BS 接口与协议	10	业务互通
05	无线路径上的物理层	11	设备和型号认可规范
06	话音编码规范	12	操作和维护

这些系列规范都是由 ETSI 组建的不同工作组和专家组编写而成的。1988 年春天完成第一阶段标准的第一个版本，以支撑当时的投标活动。后来修改过几次，1990 年以后除了传真方面的规范外，其他很少作改动，1992 年底基本冻结。第二阶段标准到 1993 年底也基本完成了主要部分，并与 1994 年底冻结，为了提高系统的性能，从 1994 年 6 月又开始考虑第 2 + 阶段的有关标准的定义，后并入第二阶段标准，并宣布还会有第三阶段的标准。但后来由于第三代移动通信系统（3G）的提出，GSM 第三阶段标准就中止了。

其中 04 系列 MS-BS 接口与协议和 08 系列 BS-MSC 接口协议，对网络优化非常有帮助，特别是第 4 章，详细描述了 Um 空中接口上的协议。

1.2 GSM 系统结构

移动通信网主要分交换传输部分和无线部分，交换传输部分与 PSTN 很类似，而无线网络是特有的，无线比有线存在很多不确定因素，而移动无线通信比固定无线通信由于其移动性和传播条件的恶劣就更复杂。无线网络的优劣常常成为决定移动通信网络好坏的决定因素之一，也是网络优化的重点。

一套完整的蜂窝移动通信系统主要是由交换网络子系统（SS）、无线基站子系统（BSS）、移动台（MS）及操作维护子系统（OMC）四大子系统设备组成。

GSM 规范是由北欧一些运营公司制定出的规范，为了照顾各运营公司的利益，规范对系统的各个接口都有明确的规定。也就是说，各接口都是开放式接口。

GSM 系统结构如图 1-1 所示，SS 包括移动业务交换中心（MSC）、访问位置寄存器（VLR）、归属位置寄存器（HLR）、鉴权中心（AUC）和移动设备识别寄存器（EIR）；BSS 包括基站控制器（BSC）和基站收发信台（BTS）。

为了让各个厂家所生产的设备可以通用，上述各组成部分的连接都必须严格地符合规定的接口标准。GSM 系统遵循原 CCITT 建议的公用陆地移动通信网（PLMN）接口标准，采用 No.7 信令支持 PLMN 接口进行所需的数据传输。

GSM 系统各功能实体之间的接口定义明确，同样 GSM 规范对各接口所使用的分层协议也作了详细的定义，协议是各功能实体之间共同的“语言”，通过各个接口互相传递有关的消息，为完成 GSM 系统的全部通信和管理功能建立起有效的信息传送通道。不同的接口可能采用不同形式的物理链路，完成各自特定的功能，传递各自特定的消息，这些都由相应的信令协议来实现。GSM 系统各接口采用的分层协议结构是符合开放系统互连 OSI 参考模型的。分层的目的是允许隔离各组信令协议功能，按连续的独立层描述协议，每层协议在明确的服务接入点对上层协议提供它自己特定的通信服务。

其中 BSC 与 MSC 之间的接口为“ A ”接口；移动交换中心与访问位置寄存器之间的接口为“ B ”接口；移动交换中心与归属位置寄存器之间的接口为“ C ”接口；归属位置寄存器与访问位置寄存器之间的接口为“ D ”接口；移动交换中心之间的接口为“ E ”接口；移动交换中心与设备标志寄存器之间的接口为“ F ”接口；访问位置寄存器之间的接口为“ G ”接口；

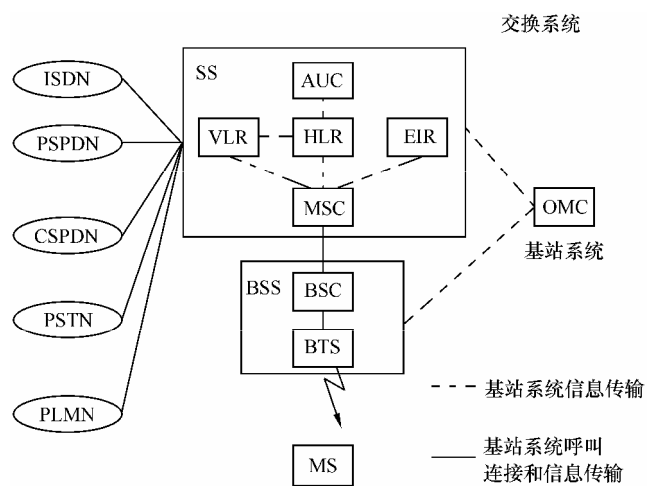


图 1-1 GSM 系统结构

BSS 与 MS 之间的接口为‘Um’接口；基站收发台与基站控制器之间的接口为“Abis”接口。系统中各接口参考图 1-2。

在模拟移动通信系统中，TACS 规范只对 Um 接口进行了规定，而未对 A 接口做任何的限制。因此，各设备生产厂家对 A 接口都采用各自的接口协议，对 Um 接口则遵循 TACS 规范。也就是说，SS 系统和 BSS 系统只能采用一个厂家的设备，而 MS 可用不同厂家的设备。

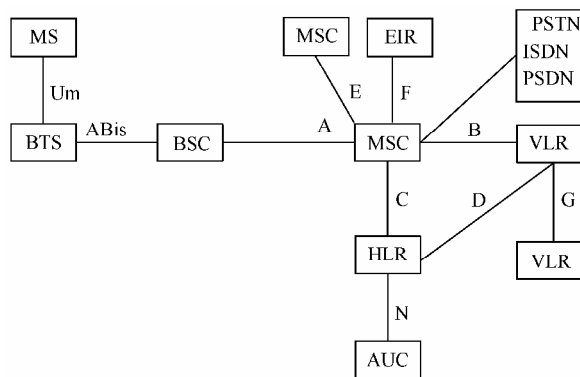


图 1-2 GSM 系统中的不同接口

1.2.1 交换网络子系统

交换网络子系统（SS）主要完成交换功能和客户数据与移动性管理、安全性管理所需的数据库功能。SS 由一系列功能实体所构成。

1. MSC 移动交换中心

它是 GSM 网络系统的核心部分，是对位于它所覆盖区域中的移动台进行控制和完成话路交换的功能实体，也是移动通信系统与其他公用通信网之间的接口。MSC 提供交换功能，完成移动用户寻呼接入、信道分配、呼叫接续、话务量控制、计费、基站管理等功能，还可完成 BSS、MSC 之间的切换和辅助性的无线资源管理、移动性管理等，并提供面向系统其他功能实体和面向固定网（PSTN、ISDN 等）的接口功能。作为网络的核心，MSC 与网络其他部件协同工作，完成移动用户位置登记、越区切换和自动漫游、合法性检验及频道转接等功能。

MSC 处理用户呼叫所需的数据和后面介绍的三个数据库有关，它们是 HLR、VLR 和 AUC，MSC 根据用户当前位置和状态信息更新新数据库。

2. HLR 归属位置寄存器

HLR 是一个静态数据库，用来存储本地用户数据信息。一个 HLR 能够控制若干个移动交换区域或整个移动通信网，所有用户重要的静态数据都存储在 HLR 中，在 GSM 通信网中，通常设置若干个 HLR，每个用户都必须在某个 HLR（相当于该用户的原籍）中登记。登记的内容分为两类：一种是永久性的参数，如用户号码、移动设备号码、接入的优先等级、预定的业务类型以及保密参数等；另一种是暂时性的需要随时更新的参数，即用户当前所处位置的有关参数，即使用户漫游到 HLR 所服务的区域外，HLR 也要登记由该区传送来的位置信息。这样做的目的是保证当呼叫任一个不知处于哪一个地区的移动用户时，均可由该移动用户的原地位置寄存器获知它当时处于哪一个地区，进而建立起通信链路。

HLR 储存两类数据：一是用户的参数，包括 MSISDN、IMSI、用户类别、Ki，补充业务等参数。二是用户的位置信息，即该 MS 目前处于哪个 MSC/VLR 中的 MSC/VLR 地址。

3. VLR 访问位置寄存器

VLR 是一种用于存储来访用户位置信息的数据库。一个 VLR 通常为一个 MSC 控制区服

务，也可为几个相邻 MSC 控制区服务。当移动用户漫游到新的 MSC 控制区时，它必须向该地区的 VLR 申请登记。VLR 要从该用户的 HLR 查询有关的参数，要给该用户分配一个新的漫游号码 (MSRN)，并通知其 HLR 修改该用户的位置信息，准备为其他用户呼叫此移动用户时提供路由信息。如果移动用户由一个 VLR 服务区移动到另一个 VLR 服务区时，HLR 在修改该用户的位置信息后，还要通知原来的 VLR，删除此移动用户的位置信息。因此 VLR 可看作一个动态的数据库。

VLR 用于寄存所有进入本交换机服务区域用户的信息。VLR 看成是分布的 HLR，由于每次呼叫，它们之间有大量的信令传递，若分开，信令链路负荷大，所以在爱立信系统中，VLR 和 MSC 配对合置于一个物理实体中，将 MSC 与 VLR 之间的接口做成 AXE 的内部接口。

VLR 中也寄存两类信息：一是本交换区用户参数，该参数是从 HLR 中获得的。二是本交换区 MS 的 LAI。

4. AUC 鉴权中心

AUC 属于 HLR 的一个功能单元部分，专用于 GSM 系统的安全性管理。它产生为确定移动客户的身份和对呼叫保密所需鉴权、加密的三参数 (随机号码 RAND、符合响应 SRES、密钥 Kc) 的功能实体，用户的鉴权和加密都需通过系统提供的用户三参数组参与来完成。

三参数组：RANDom number (RAND)、Signed RESponse (SRES)、Ciphering Key (Kc)。

AUC 存储着鉴权信息与加密密钥，用来进行用户鉴权及对无线接口上的话音、数据、信令信号进行加密，防止无权用户接入和保证移动用户通信安全。

每个用户在注册登记时，就被分配一个用户号码和用户识别码 (IMSI)。IMSI 通过 SIM 写卡机写入 SIM 卡中，同时在写卡机中又产生一个对应此 IMSI 的唯一的用户密钥 Ki，它被分别存储在 SIM 卡和 AUC 中。

AUC 中有个伪随机码发生器，用户产生一个不可预测的伪随机数 (RAND)。RAND 和 Ki 经 AUC 的 A8 算法 (也叫加密算法) 产生一个 Kc，经 A3 算法 (鉴权算法) 产生一个响应数 (SRES)。由 RAND、SRES、Kc 一起组成该用户的一个三参数组，AUC 中每次对每个用户产生 7~10 组三参数组，传送给 HLR，存储在该用户的用户资料库中。

VLR 一次向 HLR 要 5 组三参数组，每鉴权一次用 1 组，当只剩下 2 组 (该数值可在交换机中设置) 时，再向 HLR 要 5 组，如此反复。

空中接口是移动通信中最重要的通道。保护在它上面所传送的用户信息和信令不被无权者获知，是 PLMN 网提供的一种重要功能，即用户安全功能。

所谓空中接口的安全是指：空中所传送的话音及数据不被窃听；网络不为无权者提供服务；使用接口的用户不能被识别或跟踪。

针对用户安全问题，GSM 提供下列用户安全功能。

(1) 鉴权 (AUTHENTICATION)

鉴权是为了保护合法用户，防止假冒合法用户的“入侵”。当用户请求接入时，MSC/VLR 通过控制信道将 RAND 传送给用户，SIM 卡收到后，用此 RAND 与 SIM 卡中的 Ki 经同样的 A3 算法得到响应数 SRES，传送给 MSC/VLR。MSC/VLR 将收到的 SRES 与三参数组中的 SRES 进行比较，若相同就允许接入，若不同则拒绝此次呼叫。鉴权过程参见图 1-3。

(2) 加密 (CIPHERING)

加密就是对用户在空中所传送的用户数据（包括话音及数据）和信令数据进行加密，以保护话务和信令通道中的用户信息的隐私。

加密是指无线信道上的加密，是为了防止在 BTS 和 MS 之间交换用户信息和用户参数时被非法个人或团体监听或窃取。MS 侧以 A8 算法得到 K_c （参见图 1-4）。根据 MSC/VLR 发送出的加密命令，BTS 侧和 MS 侧同时使用 K_c 。在 MS 侧，由 K_c 、TDMA 帧号和加密命令一起经 A5 算法，对用户信息数据流进行加密（也叫扰码），在无线路径上传送。在 BTS 侧，把收到的数据流、TDMA 帧号和 K_c 再经 A5 算法解密后传送给 BSC 和 MSC。

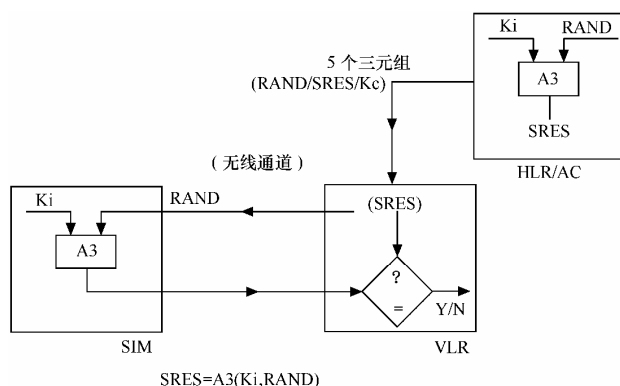


图 1-3 鉴权过程

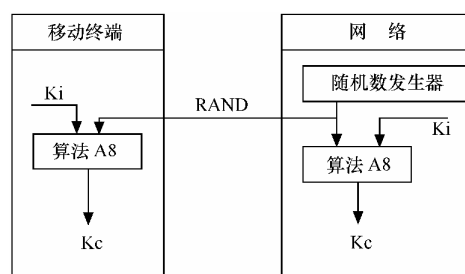


图 1-4 K_c 的产生

5. EIR 设备识别寄存器

EIR 也是一个数据库，存储有关移动台设备参数。主要完成对移动设备的识别、监视、闭锁等功能，以防止非法移动台的使用。

EIR 存储着移动设备的国际移动设备识别号 (IMEI)，通过核查白色清单、黑色清单、灰色清单这三种表格，分别列出准许使用、出现故障需监视、失窃不准使用的移动设备识别号 (IMEI)。运营部门可据此确定被盗移动台的位置并将其阻断，对故障移动台能采取及时的防范措施。

在我国，基本上没有采用 EIR 进行设备识别。

1.2.2 无线基站子系统

BSS 系统是在一定的无线覆盖区中由 MSC 控制，与 MS 进行通信的系统设备，它主要负责完成无线发送接收和无线资源管理等功能。功能实体可分为基站控制器 (BSC) 和基站收发信台 (BTS)。

基站子系统 BSS 在 GSM 网络的固定部分和无线部分之间提供中继，一方面 BSS 通过无线接口直接与移动台实现通信连接，另一方面 BSS 又连接到网络端的移动交换机。

1. BSC 基站控制器

基站控制器 (BSC) 是基站收发台和移动交换中心之间的连接点，也为基站收发台和操作维护中心之间交换信息提供接口。一个基站控制器通常控制多个基站收发台，其主要功能是进行无线信道管理、实施呼叫和通信链路的建立和拆除，并为本控制区内移动台的过区切

换进行控制，控制完成移动台的定位、切换及寻呼等，是个很强的业务控制点。

2. BTS 基站收发台

基站收发台 (BTS) 包括无线传输所需要的各种硬件和软件，如发射机、接收机、支持各种小区结构 (如全向、扇形、星状和链状) 所需要的天线，连接基站控制器的接口电路以及收发台本身所需要的检测和控制装置等。BTS 完全由 BSC 控制，主要负责无线传输，完成无线与有线的转换、无线分集、无线信道加密、跳频等功能。

BTS 包括无线收发信机和天线，此外还有与无线接口相关的信号处理电路。信号处理电路将实现多址复用所需的帧和时隙的形成和管理，以及为改善无线传输所需的信道编、解码和加密、解密，速率适配等功能。

1.2.3 移动台 (MS)

移动台就是常说的“手机”，它是 GSM 系统的移动客户设备部分，它由两部分组成，移动台 (MS) 和客户识别卡 (SIM)。MS 可完成话音编码、信道编码、信息加密、信息的调制和解调、信息发射和接收。

SIM 卡就是“身份卡”，它类似于现在所用的 IC 卡，因此也称作智能卡，存有认证客户身份所需的所有信息，并能执行一些与安全保密有关的重要信息，以防止非法客户进入网络。SIM 卡还存储与网络和客户有关的管理数据，只有插入 SIM 卡后移动终端才能接入网络进行正常通信。

1.2.4 操作维护子系统

GSM 系统还有个操作维护子系统 (OMC)，它主要是对整个 GSM 网络进行管理和监控。通过它实现对 GSM 网内各种部件功能的监视、系统的自检、报警与备用设备的激活、系统的故障诊断与处理、话务量的统计和计费数据的记录与传递，以及各种资料的收集、分析与显示等功能。

1.3 GSM 网络区域组成

ITU-T 对移动通信系统的区域组成基本定义如下 (参见图 1-5)。

GSM 服务区：由一个或几个服务区组成，这些服务区具有完全一致的 MS-BS 接口。

PLMN：是指由一家公司负责经营的移动通信业务区域，一般由若干个业务区 (移动本地网) 组成 (此服务区是逻辑上的区域)，对于网内存在的若干个 MSC，也采用编号方式进行识别和管理。GSM 数字移动通信的一个重要特点是其全球性的组网和连网功能。

MSC/VLR 业务区：MSC 所覆盖的服务区域，凡在该区的移动台均在该区的访问位置寄存器 (VLR) 登记。一个移动业务交换中心 (MSC) 所覆盖的网络部分，可由 N 个位置区组成。MSC 亦由编号方法来识别管理，通常一个或几个 MSC 对应一个 HLR。

位置区 (LA)：移动台可在其中自由移动而不需要进行位置登记的区域，一个位置区可包含若干小区，在 MSC 中采用位置区域识别码 (LAI) 对其进行管理。

基站区：由一个基站提供服务的所有小区所覆盖的区域。

小区：一个基站区划分为若干小区，它是网络中一个基本的无线覆盖的区域。一个基

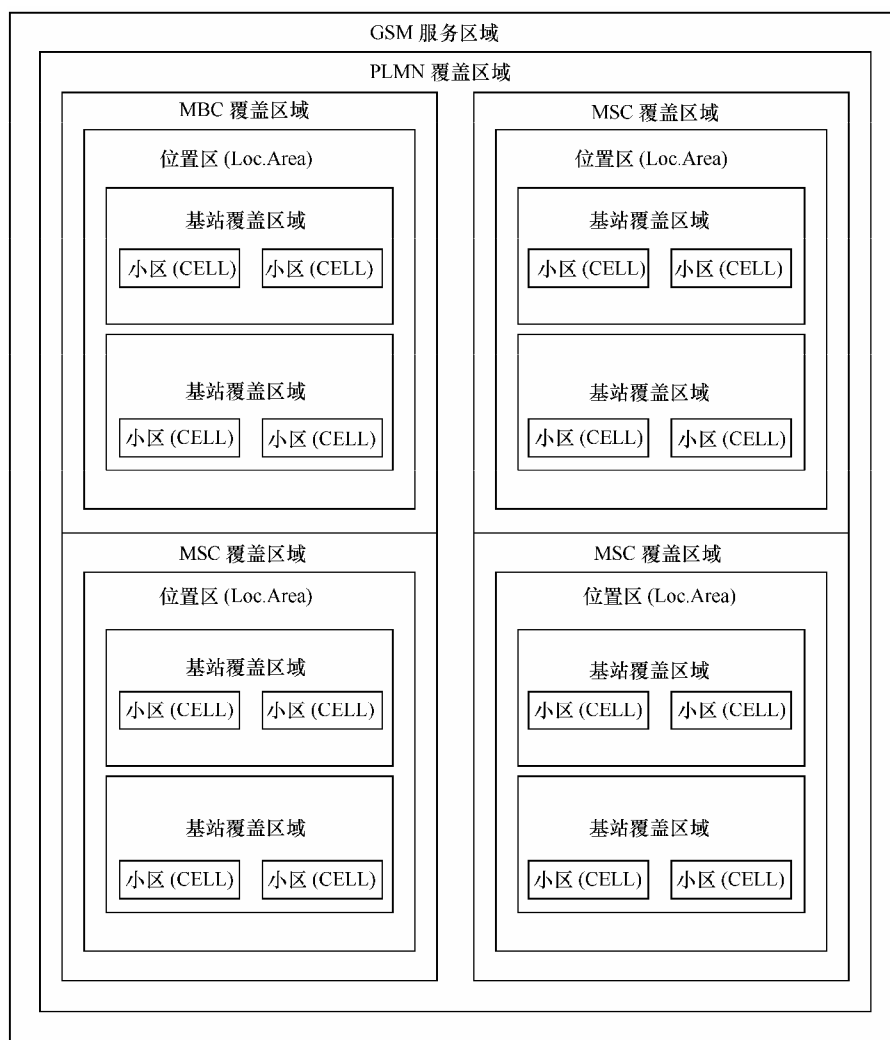


图 1-5 GSM 服务区域组成

站（全向形天线）或一个基站子系统（扇形天线）覆盖的区域，由小区全球识别码（CGI）识别位置区内的小区。

目前的移动通信系统一般采用小区制，即将整个网络服务区域划分为若干小区，每个小区用以负责本小区移动通信的联络和控制等功能。因此移动网络的覆盖区可以看成是由若干正六边形的无线小区相互邻接而构成的面状服务区。由于这种服务区的形状很像蜂窝，便将这种系统称之为蜂窝式移动通信系统，与之相对应的网络称之为蜂窝式网络。

宏蜂窝小区：每小区的覆盖半径大多为 $1\text{km}\sim 25\text{km}$ ，发射功率较强，一般在 10W 以上，是 GSM 小区的主要组成部分。

微蜂窝小区：是在宏蜂窝基站基础上发展起来的一种小型化基站。它的覆盖半径大约为 $30\text{m}\sim 300\text{m}$ ，发射功率较小，一般在 1W 以下，用于解决 GSM 系统中的盲点和热点。

微微蜂窝：实质就是微蜂窝的一种，只是它的覆盖半径更小，一般只有 $10\text{m}\sim 30\text{m}$ ；基

站发射功率更小，大约在几十毫瓦左右，它主要解决城内的室内覆盖。

蜂窝小区系统有以下三个主要特点。

无线频率资源再用：由系统所选用的调制方式、带宽确定载干比，在满足这个载干比要求的前提下考虑到多径衰落等因素确定同频再用保护距离。

越区自动切换：当一个移动用户从某小区移动到另一个小区时，为使通话不被中断需要自动切换信道，用户不会察觉到这个过程。

漫游：漫游是 GSM 的一大优点。所谓漫游功能，是指使 PLMN 网始终能够跟踪移动用户的实际位置，从而可以方便地将呼叫终接至该用户。移动用户可自由地漫游在允许范围内。这个范围不仅仅是在一个 PLMN 内，还可以在网间漫游。用户从一地漫游至另一地，只要开机，就可收发呼叫，而不需作任何事先登记。另外，用户自由地漫游也意味着当它跨越位置区边界时，进行中的呼叫不被中断。一个用户的漫游可引起位置更新，或者是切换。GSM 入局呼叫的建立方案也和它密切相关。

1.4 GSM 网络编号计划

1.4.1 GSM 系统中的各种号码

GSM 网络是十分复杂的，它包括交换系统，基站子系统和移动台。移动用户可以与市话网用户、综合业务数字网用户和其他移动用户进行接续呼叫，因此必须具有多种识别号码。

移动网的号码或标识码较为复杂，一个移动用户可能同时拥有多个号码，有的号码是固定的，有的是临时的，下面对移动用户的号码作个介绍。

1. 移动台的国际身份号码 ISDN (MSISDN)

是在公用交换电话网编号计划中唯一地识别移动电话的签约号码，采用 E.164 编码。CCITT 建议结构为（参见图 1-6）。

$$\text{MSISDN} = \text{CC} + \text{NDC} + \text{SN}$$

CC 是国家码，即在国际长途电话通信网中的号码，中国为 86。

NDC 是移动服务访问码，移动为 134~139，联通为 130、133。

SN 是用户号码，其中 H1H2H3 是 HLR 标识码，表明用户所属的 HLR。

MSISDN 的前面部分 CC + NDC + H0H1H2H3

其实就是用户所属 HLR 的 GT 地址，这样在 GMSC 查询 HLR 时可直接利用 MSISDN 进行 SCCP 的寻址。

如一个 GSM 移动手机号码 8613981080001，86 是国家码 CC；139 便是 NDC，用于识别网号；81080001 是用户号码 SN，8108 用于识别归属区。

2. 国际移动用户识别码 (IMSI)

IMSI 唯一地标识了一个 GSM 移动网的用户，并且能指出用户所属的国家号，PLMN 网号和 HLR 号码。

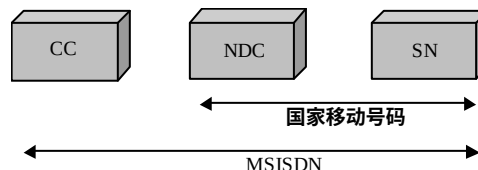


图 1-6 MSISDN 组成

IMSI 分别储存在用户的身份识别卡 SIM 卡上, 和 HLR 内, 及用户目前访问的 VLR 内。在无线接口及 MAP 接口上传送。

IMSI 在所有的用户漫游位置都有效, 移动网用它来识别用户, 和对用户进行安全鉴别, 以判定其是否有权建立呼叫或作位置更新。

IMSI 也是 15 位长, 但采用 E.212 编码, 它的组成如下 (参见图 1-7)。

$$\text{IMSI} = \text{MCC} + \text{MNC} + \text{MSIN}$$

MCC (Mobile Country Code) 是移动用户的国家号, 中国是 460。

MNC (Mobile Network Code) 是移动用户的所属 PLMN 网号。中国移动为 00, 联通为 01。

MSIN (Mobile Subscriber Identification Number) 是移动用户标识。在某一 PLMN 内 MS 唯一的识别码编码格式为 H1H2H3SXXXXX。

NMSI (National Mobile Subscriber Identification) 是在某一国家内 MS 唯一的识别码。

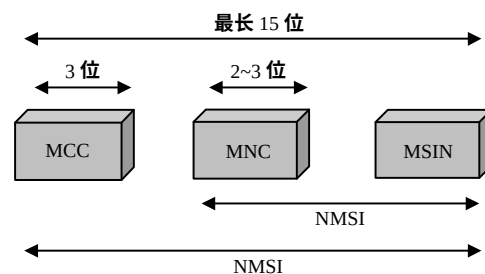


图 1-7 IMSI 组成

3. 移动台漫游号码 (MSRN)

移动用户的特性决定它的位置是不断变动的, 仅靠 MSISDN 还不足以在 PLMN 网内把一个呼叫送达目标用户, 它只指出了用户所属的 HLR。

MSRN 是由移动用户现访的 VLR 分配给它的一个临时 ISDN 号码, 通过 HLR 查询送给 GMSC, 使得 GMSC 可建立起一条至目标用户现访 VLR 的通路, 从而把呼叫送达, 因此 MSRN 必须是和 MSISDN 一样符合国家通信网统一编号方式, 并且带有 VLR 地址信息, 它采用 E.164 编码, 其组成如下 (参见图 1-8)。

$$\text{MSRN} = \text{CC} + \text{NDC} + \text{SN}$$

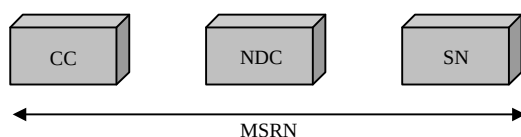


图 1-8 MSRN 组成

CC 表示国家号, 中国为 86。

NDC 表示移动服务访问码, 中国移动为 134~139, 联通为 130、133。

SN 表示用户号, 对应于用户的 IMSI 号码。

MSRN 分配过程如下: 市话用户通过公用交换电信网发 MSISDN 号至 GSMC、HLR。HLR 请求被访 MSC/VLR 分配一个临时性漫游号码, 分配后将该号码送至 HLR。HLR 一方面向 MSC 发送该移动台有关参数, 如国际移动用户识别码 (IMSI); 另一方面 HLR 向 GMSC 告知该移动台漫游号码, GMSC 即可选择路由, 完成市话用户→GMSC→MSC→移动台接续任务。

MSRN 在每次开始呼叫时分配给目标用户, 用于一次呼叫的路由选择, 呼叫完成后即释放, 由别的用户使用。

4. 切换号码 (HONR)

HONR 是用来建立切换所涉及的两 MSC 之间的话路连接的, 它是由切换目的 MSC 收到切换源 MSC 的切换请求后分配给这次切换的, 它可看作 MSRN 的一部分, 组成和 MSRN 相同。

5. 临时移动用户识别码 (TMSI)

TMSI 是为了对用户的身份保密，而在无线通道上替代 IMSI 使用的临时移动用户标识，这样可以保护用户在空中的话务及信令通道的隐私，它的 IMSI 不会暴露给无权者。它是由 VLR 分配给在其覆盖区内漫游的移动用户的标识码，和用户的 IMSI 相对应，只在本地 VLR 内有效，TMSI 可用作位置更新、切换、呼叫、寻呼等操作时的用户识别码，并且可在每次鉴权成功之后被重新分配，该号只在本 MSC 区域有效，其结构可由运营商自行选择，长度不超过 4 个字节。

6. 国际移动台设备识别码 (IMEI)

GSM 的每个用户终端都有一个唯一的标识码——IMEI，IMEI 是和移动台设备相对应的号码，和谁在使用这设备无关，移动网可在任何时候请求工作着的移动台的 IMEI，以检查该设备是否属于被窃，或它的型号是否被允许使用，若结果否定，呼叫会被拒绝，在用户不用 SIM 卡作紧急呼叫(用户按紧急呼叫键)的情况下，IMEI 可被用作用户标识号码，这也是唯一的，IMEI 用于呼叫的情况，IMEI 是唯一用来识别移动台终端设备的号码，称作系列号。

IMEI 为 15 位长，它的组成如下 (参见图 1-9)。

$$\text{IMEI} = \text{TAC} + \text{FAC} + \text{SNR} + \text{SP}$$

TAC 表示型号码，由 European Type Approval Authority 分配。

FAC 表示工厂组装码，由厂家分配，表明生产厂家及产地。

SNR 表示流水号，由厂家分配。

spare 表示备用。

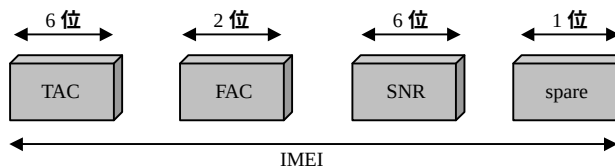


图 1-9 IMEI 组成

7. 位置区识别码 (LAI)

LAI 代表 MSC 业务区的不同位置区，用于移动用户的位置更新。LAI 的组成如图 1-10 所示。

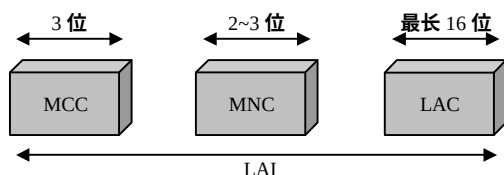


图 1-10 LAI 组成

$$\text{LAI} = \text{MCC} + \text{MNC} + \text{LAC}$$

MCC 表示移动国家号，识别一个国家。

MNC 表示移动网号，识别国内的 GSM 网。

LAC 表示位置区号码，识别一个 GSM 网中的位置区，LAC 的最大长度为 16bit，一个 GSMPLMN 中可以定义 65536 个不同的位置区。

8. 小区全球识别码 (CGI)

用于识别一个位置区内的小区。CGI 的组成如图 1-11 所示。

$$\text{CGI} = \text{MCC} + \text{MNC} + \text{LAC} + \text{CI}$$

其中：CI 表示小区识别代码。

LAI 表示位置区域识别代码。

MCC 表示为移动国家代码，

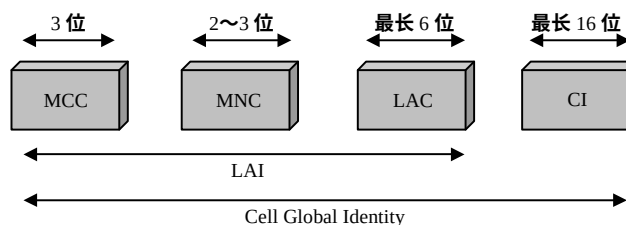


图 1-11 CGI 组成

中国为 460。

MNC 表示移动网号。

LAC 表示位置区编号（最长 16 比特，可定义 65536 个位置区）。

9. 基站识别码 (BSIC)

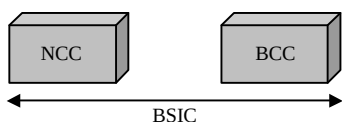


图 1-12 BSIC 组成

用于移动台识别相邻的、采用相同载频的、不同的基站收发信台 BTS，特别用于区别在不同国家的边界地区采用相同载频的相邻 BTS。BSIC 为一个 6 比特编码，组成如图 1-12 所示。

$$\text{BSIC} = \text{NCC} + \text{BCC}$$

NCC 表示国家色码，用于识别 GSM 移动网。

BCC 表示基站色码，用于识别基站。

1.4.2 GSM 系统中各种号码的应用

下例是一个固定电话用户拨打一个移动用户的呼叫接续过程，来看看其中各种识别码的应用过程。

在呼叫过程中各种号码的应用

如图 1-13 所示。

1. 主叫拨号

市话用户 A 拨打 GSM 用户 B 的 MSISDN 号码，PSTN 网络的交换机分析 MSISDN 号码，得知 B 用户为移动用户，它把呼叫转到 GSM 网络上距它最近的一个具有入口功能的移动业务交换中心 GMSC。

2. GMSC 分析被叫号码

GMSC 分析该号码为某位置寄存器 HLR 的用户后，就将 MSISDN 号码送至该 HLR，要求查询有关该被叫用户目前所在的位置信息。

3. HLR 申请漫游号码 MSRN

HLR 把 MSISDN 号码转换成 IMSI 后查出用户目前处于哪个 MSC，然后将该 IMSI 发至该 MSC，向该 MSC 申请分配一个漫游号码 MSRN。

4. 选定漫游号码 MSRN

MSC 收到 IMSI 后，临时给被叫用户 B 分配一个漫游号码，并将此号码送回 HLR，再由 HLR 返回给 GMSC 使用。

5. 连接呼叫至被叫所在的 MSC

GMSC 收到 MSRN 后，用此号码选择一条出中继路由至 MSC。MSC 将负责本次呼叫的建立和计费功能。

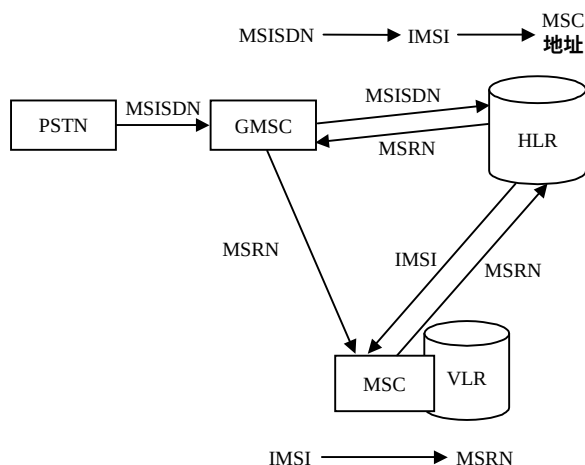


图 1-13 呼叫过程中各种号码的应用

6. MSC 寻呼被叫

MSC 发出寻呼命令到 MS 所在位置区内的所有无线基站,再由基站向被叫用户 B 发呼叫信号。

7. 基站寻呼被叫用户 B

基站收到寻呼命令后,将该寻呼消息(含有 MS 的 IMSI)通过无线控制信道发射。MS 接收到寻呼后向基站发回响应信号。

8. 呼叫连接

MS 响应信号经 BTS、BSC 送回 MSC,经鉴权、设备识别后认为合法,则令 BSC 给该 MS 分配一条 TCH,接通 MSC 至 BSC 的路由,并向主叫送回铃音,向被叫振铃。当被叫摘机应答,则系统开始计费,通话开始。

第2章 GSM 交换原理及结构

2.1 AXE10 系统结构

CME20 移动通信系统有一个重要特色,就是运用了爱立信公用网 AXE10 (可简称 AXE) 交换技术。爱立信的移动通信系统无论是模拟的还是数字的,都是 AXE 的一个应用系统,都是通过 AXE10 交换机基础上增加和减少相应的子系统、功能块来实现的。这样做的好处是移动通信系统可共享 AXE 的成熟技术。实际上若掌握了公用网 AXE 交换系统,CME20 移动通信系统就掌握了一半。因此首先了解一下爱立信的 AXE 交换系统,它是掌握 CME20 交换维护的基础。

2.1.1 AXE 系统构成

AXE10 是爱立信公司的数字程控电话交换系统。至今它已发展成为一种多用途的开放式数字交换系统。

AXE10 交换系统除用作公用电话网中交换设备外,还广泛地用于公共陆地移动通信网 (PLMN),构成 GMSC、MSC、HLR、BSC。还可以用于智能网中,作为 SSP、SCP、SSCP,以及在 No.7 信令网中用作 STP。这是由其系统高度的模块化结构所决定的。在 AXE 系统中,模块化体现在以下几个方面:功能模块化、软件模块化、硬件模块化、技术模块化。

AXE 采用了模块化结构,因为只有这样,系统才能不断地发展并实现可扩展的、面向未来的实用化系统。

这种模块化结构使系统更易操作,成本降低,同时为适应电信发展的需要,更增强了其灵活性。

AXE 的模块化结构同样能够保持其应用市场,AXE 是一个适合多种应用的系统。除灵活性外,AXE 控制系统的结构很有特点,具有集中和分布两个控制层。这就改善了可靠性和呼叫处理效率。

功能的模块化体现在系统被设计成不同功能的应用可源于同一源系统。软件的模块化体现在系统是由一组独立的功能块构成的,每个功能块完成特定任务。系统中的功能块可以被独立地增、删、改。功能块之间通过既定的信令和接口来连接。

硬件的模块化体现在机械结构由电路板、机框、机柜组成。它们在结构上相互独立,不仅有利于生产、安装,而且可被独立地移动及增删。

技术的模块化体现在 AXE 系统是一个面向未来的开放式交换平台,可允许新的技术、功能应用于系统中,以保证其能不断发展下去。目前的技术发展主要集中在研制更大容量的处理机、更宽频带的数字交换技术、应用软件新的结构以及编程技术等方面。

2.1.2 AXE 基本结构

AXE 是一种数字程控交换系统,它由交换部分 (APT) 和控制部分 (APZ) 组成,其结