

MEI Motorola Engineering Institute
摩托罗拉工程学院

MCNE 认证指定参考用书

UMTS 网络技术

摩托罗拉工程学院 主编

刘宝玲 王莹 陶小峰 编著

孙豫瑾 审校



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

MCNE 认证指定参考用书

UMTS 网络技术

摩托罗拉工程学院 主编

刘宝玲 王莹 陶小峰 编著

孙豫瑾 审校

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

UMTS (通用移动通信系统) 是 ITU 的 IMT-2000 第三代移动通信系统 (3G) 的重要组成部分, 它能为用户带来高达 2 Mb/s (理论值) 的数据传输速率, 通过有效地利用带宽, 可顺畅地处理声音、图像数据和快速地与互联网连接, 还可以与 MPEG-4 技术结合起来处理动态图像。本书以 WCDMA 系统为例, 详细论述 UMTS 系统的技术及应用。全书分为 6 章, 具体内容包括: GSM 通信系统, GPRS 通信系统, UMTS 网络概述, UMTS 协议体系结构, UMTS 空中接口, 以及 UMTS 核心网。

本书是针对 MCNE (摩托罗拉认证网络工程师) 认证的系列教材之一, 适合作为工程培训教材以及电信领域工程技术人员和网管人员的普及读物。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

UMTS 网络技术 / 摩托罗拉工程学院主编. —北京: 电子工业出版社, 2005. 6

MCNE 认证指定参考用书

ISBN 7-121-01200-6

I. U… II. ①摩… III. 移动通信—通信网 IV. TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 045868 号

责任编辑: 张来盛

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×980 1/16 印张: 15.75 字数: 352 千字

印 次: 2005 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 28.00 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。联系电话: (010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

《MCNE 认证指定参考用书》 编审指导委员会

主任：吴达光（Ng Tat Kwong）

委员：（按姓氏笔画排列）

文宏武 王文博 李建东 张忠平

罗方述 邵京一（Jane Shao） 陈芳烈

郑宝玉 聂 能 彭启琮

出版说明

随着信息/通信技术（ICT）的飞速发展和广泛应用，移动通信网络技术已成为经济发展的强大动力。移动通信的广泛普及性，使得移动通信网络对人们越来越重要。移动通信网络的系统规划、优化、管理、维护等工作职务成为当今社会最热门的职业之一，移动通信网络知识与技能已成为人们进入移动通信行业的通行证。

十多年来，**MOTOROLA** 作为中国移动通信最早的、最主要的移动网络系统供应商之一，为中国移动网络运营商建立了包括 GSM、GPRS、CDMA 在内的网络系统，并积极倡导与推动互联网和无线网络向 IP 技术的融合，为运营商、信息服务提供商、企业用户及消费者提供无线互联网应用的解决方案，在移动应用、新产品研发、专业服务等核心技术上始终保持着世界领先地位。

MEI（摩托罗拉工程学院）是与中国的移动通信事业同期成长起来的通信专业工程技术与管理人才及复合型人才的培养基地，拥有一大批移动通信领域资深培训教师，已经为中国培养了大批通信专业技术人才，受到业界的广泛赞誉。为迎接中国 3G 业务的到来，摩托罗拉工程学院已为中国通信行业 3G 工程技术、工程管理等专业型人才的培养与储备提供了可行的方案及标准。

MOTOROLA 公司于 2003 年 10 月面向社会发布了“摩托罗拉认证网络工程师（MCNE）”的无线通信行业职业人才培养与认证方案。

MCNE 方案第一大特点是行业性。MCNE 培训认证方案是全行业通用的服务项目，与 **MOTOROLA** 的网络设备无关；MCNE 方案为通信行业培育基础人才及专业人才，为无线通信行业提供了一个权威的衡量职业人员水平的标准。

MCNE 方案第二大特点是完整性。**MOTOROLA** 拥有全面的移动通信网络解决方案，从欧洲体系的 GSM、GPRS、UMTS 到北美体系的 CDMA95、CDMA2000，再到 WLAN、集群网络等。MCNE 方案依托 **MOTOROLA** 深厚的通信实力，实现了“完整的体系概念”、“广泛的网络知识”和“关键的无线技术”以及“完善的管理体系”的完美结合，为培育无线人才提供了系统、科学、先进的教学与认证体系。

MCNE 方案第三大特点是实用性。MCNE 所有培训课程的开发理念取自于第一现场对于人才的真实需求，旨在完全弥补理论与实际应用脱节的基础教育，建立职业型人才培养的标准方式，为每一个立志于通信事业的人提供有前景的职业发展路径。

MCNE 方案第四大特点是先进性。MCNE 培训的需求来自企业的需求，紧跟最实际的新技术，为可预见未来的新职业做准备。追溯历史，把握现在，跟踪未来，把握行业脉搏。

MCNE 培训指定参考用书是 MCNE 培训的辅助教材。MCNE 培训指定参考用书秉承了 MCNE 培训与认证的核心思想，是一套内容丰富、体系完整、进度科学的移动通信网络技术职业培训的参考丛书，内容系统全面，涵盖了各种移动通信网络技术。

无线通信行业是当前技术发展的一大热点，各种新技术、新产品层出不穷，本丛书的内容将起到导引读者入门的作用，各位读者如在无线移动技术上有问题或见解，欢迎登录摩托罗拉工程学院的网站 www.meiclub.com，我们的无线通信专家和广大会员非常乐于和您共同探讨新技术的话题。

MEI Motorola Engineering Institute
摩托罗拉工程学院

2005 年 5 月

前 言

迄今为止,电信业已经经历了从模拟到数字,从低速到高速,从窄带到宽带,从语音到数据、多媒体的变化,人们享受到了前所未有的高质量服务。**MMS** (多媒体短消息) 业务使用户能够用个性化的彩色语言和图片传送问候。**WAP** 业务使外出旅游的人们可以用手机即时拍摄一张照片发送给他(她)的朋友;热心于股票的人士可以在手机上及时看到关于股市清晰的文字和图形描述;追求时尚的人士可以随时下载最新的手机屏保或聆听音乐。现在,全球移动通信用户已达 13 亿户。中国移动(集团)的彩信用户已经超过 5 万户,**WAP** 用户已突破 100 万户。回首电信业的发展历程,我们可以看到,20 世纪 80 年代初的第一代蜂窝通信系统已经难觅踪迹了;第二代数字蜂窝系统只能提供话音和低速数据业务的服务,远远不能满足未来用户的业务需求。信息产业已成为国民经济的主导产业,而通信领域成为信息产业中发展最快、潜力最大的行业。随着用户数的迅猛增加,新一代的移动通信系统——第三代移动通信系统的研究和发展成为电信领域的一个新的热点。

欧洲把第三代移动通信系统称为 **UMTS** (Universal Mobile Telecommunication System, 通用移动通信系统)。**UMTS** 系统能为用户带来最高 2 Mb/s 的数据传输速率,**UMTS** 通过有效地利用带宽,能顺畅地处理声音和图像数据,与互联网快速连接。此外,**UMTS** 和 **MPEG-4** 技术结合起来还可以处理动态图像。人们之间的沟通更加便捷、真实、形象化了。**WCDMA** (Wideband Code Division Multiple Access, 宽带码分多址) 是全球主要的第三代移动通信空中接口方案之一。本书将以 **WCDMA** 系统为例,详细论述 **UMTS** 系统的技术及应用。

本书是针对 **MCNE** (Motorola Certified Network Engineer, 摩托罗拉认证网络工程师) 认证的系列教材之一。其写作目的是要帮助网络开发人员及通信领域人员(如:运营商,网络和终端设备制造商,业务提供商等)更深入地掌握 **UMTS** 网络技术,为提高自身和企业的竞争力做好准备。同时,本书也适用于那些对网络技术有浓厚兴趣的人,如高校学生和自学人员。读者只需具有对网络系统的基本了解,而不需要掌握复杂的数据通信理论。

我们试图把这本书写得详细、易懂。全书共分为 6 章,第 1 章和第 2 章分别介绍 **GSM** 通信系统和 **GPRS** 通信系统,第 3 章介绍 **UMTS** 网络概述,第 4 至 6 章对 **UMTS** (**WCDMA** 系统) 的协议体系结构、空中接口和核心网分别进行详细的论述。本书从 **UMTS** 系统的起源入手,覆盖了所有 **UMTS** 涉及的主要技术内容。本书的最大特点就是与工程实际紧密结合,书中所列的例子都是来自 **Motorola** 公司的工程实例,使读者对 **UMTS** 通信系统有一个感性的认识,易学易用。因此,本书特别适合于作为工程培训类教材。

参与本书编写工作的同志有：刘宝玲、王莹、陶小峰、崔鸿雁、郭志恒、刘光毅、王小亮、原毅、周明宇、胡海宁、白洁、温蕾、刘现涛、田文广、方舒、张月霞、李霜、蔡鹏、徐璿、印海莹、苏苓、周云、何学奇、邹婷、谢怀瑶、黄平、梁争和秦婷等。李立华、田辉老师为本书的编写提出了宝贵的意见。在此，向所有为本书出版作出贡献的人们致以衷心的感谢。

鉴于作者的水平有限，书中难免有不当之处，请读者批评指正。

衷心希望所有阅读这本书的读者能从中受益。

北京邮电大学无线新技术研究室

2004年9月

目 录

第 1 章 GSM 通信系统	(1)
1.1 引言	(2)
1.2 GSM 系统的历史	(3)
1.3 GSM 网络构成	(4)
1.3.1 移动台	(4)
1.3.2 基站系统	(6)
1.3.3 网络交换系统	(8)
1.3.4 操作与维护系统	(12)
1.4 GSM 网络接口	(12)
1.4.1 MS 与 BSS 之间的接口	(13)
1.4.2 BSS 内部组件的接口	(13)
1.4.3 BSS 与 MSC 之间的接口	(14)
1.4.4 NSS 内部组件之间的接口	(14)
1.5 GSM 空中接口	(14)
1.6 GSM 呼叫流程	(15)
1.6.1 移动台主叫	(15)
1.6.2 移动台被叫	(16)
习题	(17)
第 2 章 GPRS 通信系统	(19)
2.1 引言	(20)
2.2 GPRS 的新业务及技术优势	(21)
2.2.1 新业务的实现	(21)
2.2.2 GPRS 的技术优势	(25)
2.3 GPRS 网络总体结构	(26)
2.3.1 GPRS 逻辑体系结构	(27)
2.3.2 GPRS 网络主要实体	(29)
2.4 GPRS 的主要接口	(32)
2.4.1 GPRS 的无线接口 Um	(32)

2.4.2 Gb 接口	(40)
2.4.3 Abis 接口	(41)
习题	(42)
第 3 章 UMTS 网络概述	(43)
3.1 引言	(44)
3.2 UMTS 系统的社会需求	(44)
3.3 UMTS 的发展及特点	(46)
3.4 UMTS 网络结构	(51)
3.4.1 概述	(51)
3.4.2 全 IP 网络结构	(53)
3.4.3 蜂窝小区结构	(53)
3.5 UMTS 网络组件功能	(54)
3.5.1 用户设备 (UE)	(54)
3.5.2 UMTS 陆地无线接入网 (UTRAN)	(55)
3.5.3 核心网 (CN)	(56)
3.5.4 计费中心	(58)
3.5.5 操作与维护系统 (OMS)	(59)
3.6 UMTS 网络接口	(59)
3.7 UMTS 系统主要协议	(64)
3.7.1 UTRA 系统的协议平台	(64)
3.7.2 核心网络信令协议	(64)
习题	(65)
第 4 章 UMTS 协议体系结构	(67)
4.1 引言	(68)
4.1.1 UMTS 网络结构	(69)
4.1.2 UMTS 协议结构	(71)
4.1.3 通用协议模型	(72)
4.1.4 核心网协议	(74)
4.2 UTRAN 相关接口协议	(77)
4.2.1 Iu 接口协议模型	(77)
4.3 UMTS 无线接口	(82)
4.3.1 无线接口 Uu 协议模型	(83)

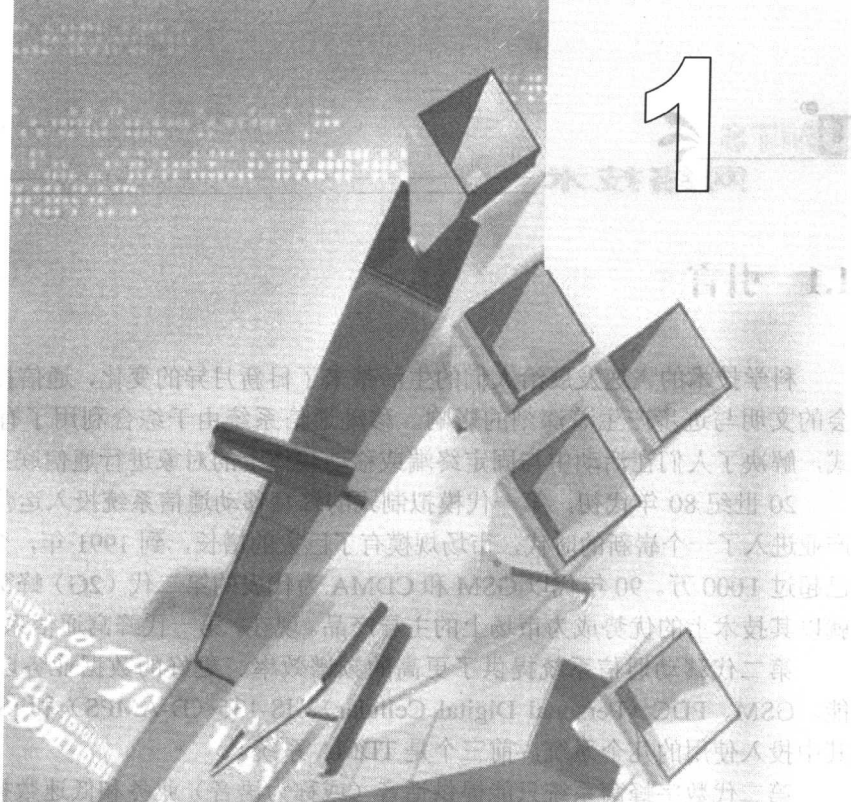
4.3.2	数据链路层	(85)
4.3.3	网络层	(90)
4.4	协议栈的流程分析	(96)
4.4.1	用户平面的协议栈(专用信道的 CS 域)	(96)
4.4.2	控制平面的协议栈(UE-CN 的信令, 共享信道, CS 域)	(100)
4.4.3	用户平面的协议栈(专用信道的 PS 域)	(103)
4.4.4	控制平面的协议栈(UE-CN 的信令, 共享信道, PS 域)	(106)
习题		(107)
第 5 章	UMTS 空中接口	(109)
5.1	引言	(110)
5.2	多址技术	(110)
5.2.1	频分多址	(110)
5.2.2	时分多址	(111)
5.2.3	码分多址	(112)
5.2.4	三种多址方式的区别	(114)
5.3	UMTS 系统中的基本信道编码方式	(114)
5.3.1	信道编码技术在移动通信中的应用	(114)
5.3.2	卷积码基本原理及相关技术应用	(116)
5.3.3	Turbo 码的基本原理	(116)
5.3.4	速率适配	(118)
5.3.5	信道编码方案的选择	(118)
5.4	调制概念	(119)
5.4.1	调制的基本概念	(119)
5.4.2	WCDMA 系统下行链路调制	(120)
5.4.3	WCDMA 系统上行链路调制	(122)
5.5	扩谱概念	(124)
5.5.1	扩展频谱通信的基本概念	(124)
5.5.2	直接序列扩展频谱系统(DS-SS)	(126)
5.5.3	扩展频谱通信的主要优点	(128)
5.6	用于信道区分/扩谱/扰码的编码方式	(129)
5.6.1	扩谱和扰码	(129)
5.6.2	物理信道的扩频与加扰过程	(130)

5.6.3	OVSF 码	(130)
5.6.4	GOLD 码	(134)
5.7	UMTS 的通信方式和工作频段	(141)
5.8	上行物理信道种类和功能	(145)
5.8.1	上行物理信道的结构和功能	(145)
5.9	下行物理信道的种类和功能	(150)
5.9.1	下行物理信道的分类	(150)
5.9.2	下行物理信道所用的扰码	(151)
5.9.3	专用下行物理信道 (DL-DPCH)	(151)
5.9.4	同步信道 (SCH, Synchronization Channel)	(153)
5.9.5	公共导频信道	(154)
5.9.6	公共控制物理信道 (CCPCH)	(156)
5.9.7	物理下行共享信道 (PDSCH)	(158)
5.9.8	捕获指示信道 (AICH)	(159)
5.9.9	接入前导捕获指示信道 (AP-AICH)	(161)
5.9.10	碰撞检测/信道分配指示信道 (CD/CA-ICH)	(161)
5.9.11	寻呼指示信道 (PICH)	(163)
5.9.12	CPCH 状态指示信道 (CSICH)	(164)
5.10	信道接入基本流程	(164)
5.10.1	小区搜索	(165)
5.10.2	手机注册/位置更新	(166)
5.10.3	手机的主叫和被叫	(167)
5.11	功率控制	(169)
5.11.1	上行功率控制方式	(170)
5.11.2	下行功率控制方式	(173)
5.11.3	多小区的功率控制	(174)
习题		(176)
第 6 章 UMTS 核心网		(177)
6.1	ATM 技术	(178)
6.1.1	ATM 的产生	(178)
6.1.2	ATM 网的特点	(179)
6.1.3	ATM、电路交换和分组交换的比较	(180)

6.1.4	ATM 协议体系结构	(180)
6.1.5	ATM 的传输控制	(184)
6.1.6	ATM 在 UMTS 中的运用	(186)
6.2	UMTS 核心网组件	(188)
6.2.1	UMTS 核心网概述	(188)
6.2.2	UMTS 网络的版本演进	(189)
6.2.3	UMTS 的 R99 核心网	(193)
6.2.4	R4 核心网	(198)
6.2.5	R5 核心网	(202)
6.2.6	分组语音核心网	(208)
6.2.7	核心网内部组件之间的接口	(210)
6.3	核心网操作流程	(210)
6.3.1	呼叫控制流程	(213)
6.3.2	RRC 连接建立流程	(215)
6.3.3	越区切换和漫游的控制流程	(216)
6.3.4	用户位置信息的更新流程	(223)
6.3.5	鉴权流程	(224)
习题		(226)
缩略语		(227)
参考文献		(233)

第1章

GSM 通信系统



1.1 引言

科学技术的飞速发展给人们的生活带来了日新月异的变化,通信技术的进步更是对社会的文明与进步产生着深刻的影响。移动通信系统由于综合利用了有线和无线的传输方式,解决了人们在活动中与固定终端或移动载体上的对象进行通信联系的要求。

20 世纪 80 年代初,第一代模拟制式的蜂窝移动通信系统投入运营,全球的移动通信产业进入了一个崭新的时代,市场规模有了巨大的增长,到 1991 年,全球的移动通信用户已超过 1000 万。90 年代以 GSM 和 CDMA 为代表的第二代(2G)蜂窝移动通信系统很快就以其技术上的优势成为市场上的主导产品。现在,第一代蜂窝通信系统已经难觅踪迹了。

第二代移动通信系统提供了更高的频谱效率、更好的数据业务以及更先进的漫游功能。GSM、PDC(Personal Digital Cellular)、IS-136(D-AMPS)和 IS-95(CDMA)就是其中投入使用的几个系统,前三个是 TDMA 系统。

第二代数字蜂窝系统只能提供话音(或称为语音)业务和低速数据业务的服务。在信息时代,图像、话音和数据相结合的多媒体业务和高速率数据业务的业务量将会大大增加,所以人们对通信业务多样化的要求与日俱增。目前的第一代、第二代蜂窝移动通信系统不仅远远不能满足未来用户的业务需求,而且随着用户数的迅猛增加,现在的系统也远远不能满足用户容量的发展需要。

第二代移动通信系统正在向第三代(3G)系统演变,这个演变过程充分考虑了现有系统的性能,同时能够根据市场的要求进行更新。这些过渡系统被统称为 2.5G。GPRS 就是 2.5G 的一个代表。该技术是在 GSM 的基础上的一种过渡技术,它在移动用户和数据网络之间提供一种连接,给移动用户提供高速无线 IP 和 X.25 分组数据接入服务。GPRS 采用分组交换技术,它可以让多个用户共享某些固定的信道资源,最高速率能达到 171.2 kb/s。

第三代移动通信系统的开发工作始于 ITU(International Telecommunications Union, 国际电信联盟)属下的 WARC(World Administrative Radio Conference, 世界无线电管理大会)1992 年会议。在 ITU 中,第三代移动通信系统被称为 IMT-2000。在第三代移动通信进程中,最初目标是建立一个单一的、通用的、全球性的 IMT-2000 空中接口。

UMTS 是 IMT-2000 的重要组成部分。早在 20 世纪 90 年代初期,ETSI(European Telecommunications Standards Institute, 欧洲电信标准学会)就开始为 3G 标准征求技术方案,并雄心勃勃地把 3G 技术统称为 UMTS,即通用移动通信系统。

GSM 数字移动通信系统自投入商用以来已有十多年的历史,目前全球有 206 个国家的约 9 亿人在使用 GSM。下面将就 GSM 系统的历史、网络构成、网络接口、空中接口、

呼叫流程等方面进行简单的介绍。

1.2 GSM 系统的历史

1982 年,一些欧洲国家提出在欧洲建立单一的通信系统,当时称之为 Group Special Mobile,这是 GSM 这个名称的最初由来。不过,当时未决定采用模拟系统还是数字系统,直至 1985 年才决定采用数字移动电话系统。1986 年,GSM 的无线传输技术被选定。1988 年,欧洲电信标准协会(ETSI)成立,正式接手推动 GSM 的标准化,ETSI 将电信公司及设备制造商皆纳入 GSM 标准制定的行列中来。

GSM 标准在制定之初,就针对以下五个方面设定了基本目标。

1. 服务(Service)

GSM 系统间可以提供跨系统的服务,让使用者在所有系统中都得到相同的服务。这就必须同时提供有线网络的基本服务及移动通信服务,以便使用者在快速移动时,服务品质不受影响。

2. 使用效率(Utilization)

GSM 系统要有效而平均地使用所有频带,以达到最高的通信质量,还要和原有使用相同频带的系统和平共存。

3. 通信质量及安全性(Quality of Service & Security)

GSM 不仅要提供与原有模拟通信系统相同水平的通话质量,还要提供信息加密及认证服务,且加密不可花费额外成本。

4. 网络(Networking)

利用 ITU-I 所制定的标准和国际间通行的管理系统,在不改变现有网络系统的条件下,提供交换及行动管理的服务。

5. 成本(Cost)

在设计时,要考虑到整体系统的成本,尤其是基站部分,要尽量压低其成本。

GSM 的原始目的是提供泛欧洲的漫游 (roaming)，因此用户在欧洲的任何地方使用 GSM 设备，都不必要求地区经营者做特殊的安排。GSM 系统十几年来快速成长，从欧洲推行到全世界，使全球数千万使用者可同时享受它便利的服务。虽然 GSM 为欧洲标准，但是现在已成为全球移动通信系统 (Global System for Mobile communications) 的简称。

随着 GSM 系统在全球范围内的崛起，我国也开始研究开发数字移动电话，于 1992 年在嘉兴地区引入 GSM 系统，并开始试运营。这不仅是世界技术发展形式所趋，而且也是我国民众对移动电话的要求。20 世纪 90 年代中期，当时的中国电信在全国城市开通 GSM 网络。90 年代末以来，GSM 网络已经成为我国主要的移动通信网络，我国的移动通信用户得到飞速的增长，目前已排在世界前列。

1.3 GSM 网络构成

GSM 标准定义的 GSM 网络由四部分组成：移动台 (MS, Mobile Station)、基站系统 (BSS, Base Station System)、网络交换系统 (NSS, Network Switching System) 和操作维护系统 (OMS, Operations and Maintenance System)。GSM 网络结构如图 1-1 所示。

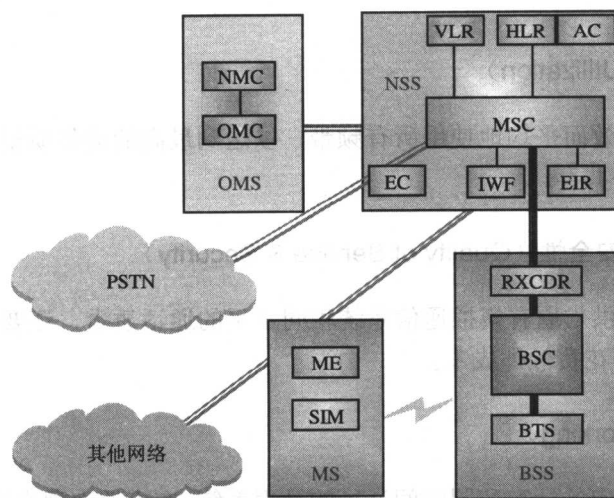


图 1-1 GSM 网络结构

1.3.1 移动台

移动台 (MS) 是用户端终止无线信道的设备，它通过空中无线接口 Um，给用户提供