

Key Technology and System Design for LTE Multimode Terminal

LTE多模终端 的 关键技术与系统设计

李海强 著

北京理工大学出版社
INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

Key Technology and System Design for LTE Multimode Terminal

LTE多模终端 的 关键技术与系统设计

李海强 著



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

LTE 多模终端的关键技术及系统设计 / 李海强著. —北京: 北京理工大学出版社, 2016. 11

ISBN 978 - 7 - 5682 - 3379 - 8

I. ①L… II. ①李… III. ①无线电通信 - 移动网 - 多模 - 终端 - 研究 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 270677 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 18.25

字 数 / 305 千字

版 次 / 2016 年 11 月第 1 版 2016 年 11 月第 1 次印刷

定 价 / 86.00 元

责任编辑 / 钟 博

文案编辑 / 钟 博

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换



前 言

随着电子技术、通信技术及计算机技术的飞速发展,以用户需求、科技创新为动力,以手机为终端的产业得到了全面的发展,尤其随着近年 3G 和 4G 通信技术的出现,当今的手机功能日益强大,手机不再是传统的打电话工具。移动智能终端是指具有操作系统,使用宽带无线移动通信技术实现互联网接入,能够通过下载、安装应用程序和数字内容为用户提供服务的移动终端产品。其通常具备四大特征:一是具备高速接入网络的能力;二是具备开放的、可扩展的操作系统平台;三是具备较强的处理能力;四是拥有丰富的人机交互方式。

频谱离散、频段不统一是当今 LTE 多模终端设计的最大障碍,全球 2G、3G 和 4G LTE 网络频段的多样性对移动终端开发构成了挑战。全球 2G 和 3G 技术各采用 4~5 个不同的频段,加上 4G LTE,网络频段的总量将近 40 个。

本书结合 LTE 引入后的多模多频段需求,深入分析了多模多频段终端在产品实现上所面临的问题,对 LTE 多模终端的关键技术及系统设计进行了详细的阐述,主要包括 LTE 的发展概述、语音承载、国际漫游、防干扰、结构堆叠、软硬件系统设计和检测技术,希望可以在 LTE 多模终端的设计上给予广大读者一定的帮助。



目 录

第1篇 LTE 的无线关键技术

第1章 LTE 发展概述	3
1.1 LTE 简介	3
1.2 3GPP 的工作模式	4
1.2.1 3GPP 的组织结构	4
1.2.2 3GPP 的工作模式	6
1.2.3 3GPP 与 3GPP2	6
1.3 LTE 的启动背景	8
1.4 LTE 标准化进程	10
1.5 LTE 的技术特点	11
1.5.1 LTE 的技术要求	11
1.5.2 LTE 的技术特征	12
1.6 LTE 的频谱划分	12
1.7 LTE 的系统架构	14
1.7.1 3GPP 定义 LTE 系统架构的基本原则	14
1.7.2 LTE 的系统架构	14
第2章 LTE 的关键技术	17
2.1 OFDM 系统原理及特点	17
2.1.1 OFDM 的基本原理	17
2.1.2 OFDM 的特点	19
2.2 LTE 的双工方式	20
2.2.1 FDD 与 TDD	21
2.2.2 H-FDD	21
2.3 LTE 的多址技术	22
2.3.1 下行多址技术	22

2.3.2 上行多址技术	23
2.4 多天线 MIMO 技术	25
2.4.1 MIMO 技术理论	26
2.4.2 MIMO 信道容量	27
2.4.3 LTE 中的 MIMO	28
2.5 LTE 的信道结构	31
2.6 LTE 的物理层过程	33
2.6.1 小区搜索过程	33
2.6.2 随机接入过程	34
2.6.3 功率控制过程	36
2.6.4 共享信道物理过程	36
2.7 LTE 的干扰协调技术	38
2.7.1 小区间的干扰协调技术	38
2.7.2 LTE 中的干扰协调技术	39
2.8 多媒体广播多播业务	39

第2篇 LTE 多模终端的关键技术

第3章 LTE 多模终端概述	45
3.1 LTE 多模终端的概念及分类	45
3.2 LTE 多模终端的基本架构	46
3.3 LTE 多模终端所面临的挑战	48
第4章 LTE 多模终端的语音承载设计技术	51
4.1 概述	51
4.2 CS 语音承载技术	52
4.2.1 2G 终端的语音承载技术	53
4.2.2 3G 终端的语音承载技术	60
4.2.3 基于 1xSVLTE 的 LTE 多模终端语音承载技术	72
4.2.4 基于 CSFB 的 LTE 多模终端语音承载技术	78
4.3 IMS 语音承载技术	85
4.3.1 基于 SRVCC 的 LTE 多模终端语音承载技术	85
4.3.2 基于 VoLTE 的 LTE 多模终端语音承载技术	92
第5章 LTE 多模终端的国际漫游设计技术	100

5.1 概述	100
5.2 LTE 的无线频谱现状分析	100
5.2.1 国际 LTE 无线频谱规划	101
5.2.2 LTE 无线频谱规划对国际漫游的影响	105
5.3 世界各国移动运营商的 LTE 网络演进对国际漫游的影响	109
5.4 LTE 多模终端的国际漫游设计	111
5.4.1 多模多频段的需求设计原则	111
5.4.2 LTE 终端的多模多频段设计技术	113
5.4.3 LTE 多模终端的双卡设计技术	115
第 6 章 LTE 多模终端的防干扰设计技术	119
6.1 概述	119
6.2 移动终端的防干扰设计现状	120
6.2.1 移动终端的 EMI 和 RFI 防干扰设计现状	120
6.2.2 移动终端的 ESD 防干扰设计现状	128
6.2.3 移动终端的天线防干扰设计现状	131
6.3 LTE 多模终端的防干扰设计	133
6.3.1 LTE 多模终端的 EMI 和 RFI 防干扰设计技术	133
6.3.2 LTE 多模终端的 ESD 防干扰设计技术	140
6.3.3 LTE 多模终端的天线防干扰设计技术	144
第 7 章 LTE 多模终端的结构堆叠设计技术	148
7.1 概述	148
7.2 移动终端的结构堆叠设计技术	150
7.2.1 PCB 的堆叠设计技术	150
7.2.2 元器件的堆叠设计技术	153
7.3 LTE 多模终端的结构堆叠设计技术	168
7.3.1 LTE 多模终端的前端堆叠设计技术	168
7.3.2 LTE 多模终端 PCB 堆叠设计技术	177
7.3.3 LTE 多模终端的元器件堆叠设计技术	179

第 3 篇 LTE 多模终端的系统设计

第 8 章 LTE 多模终端的软/硬件系统设计	185
8.1 概述	185

8.2	LTE 多模终端的软件系统设计	187
8.2.1	LTE 多模终端的软件架构分析	187
8.2.2	LTE 多模终端的操作系统	192
8.2.3	LTE 多模终端的设备驱动软件	203
8.2.4	LTE 多模终端的多媒体软件	209
8.2.5	LTE 多模终端的应用软件及适配	215
8.3	LTE 多模终端的硬件系统设计	219
8.3.1	LTE 多模终端的硬件架构设计	219
8.3.2	LTE 多模终端的射频前端电路系统设计	220
8.3.3	LTE 多模终端无线芯片的融合方案设计	226
8.3.4	LTE 多模终端的天线设计	227
8.3.5	LTE 多模终端的外围元器件	240
第9章	LTE 多模终端的检测技术	243
9.1	概述	243
9.2	LTE 多模终端射频性能要求	244
9.2.1	发射机指标	246
9.2.2	接收机指标	248
9.2.3	性能要求指标	250
9.2.4	信道状态信息上报	250
9.3	LTE 多模终端电磁辐射暴露	251
9.3.1	比吸收率	251
9.3.2	SAR 测量方法	251
9.4	LTE 多模终端电磁兼容性	252
9.4.1	移动终端的 EMC 测试标准	252
9.4.2	移动终端的 EMC 试验仪器	255
9.4.3	移动终端的 EMC 测试方法	256
9.5	LTE 多模终端大容量电池指标检测	258
9.5.1	电池性能测试	259
9.5.2	电池安全测试	260
9.6	LTE 多模终端安全性能检测	263
9.6.1	电击危险	264
9.6.2	能量危险	264
9.6.3	火灾	265

9.6.4 机械危险	265
9.6.5 热危险	265
9.6.6 辐射危险	266
9.6.7 化学危险	266
9.7 有害物质检测	267
第10章 未来发展趋势及展望	268
附 录 常用英语缩略语与含义	273
参考文献	276

第1篇 LTE 的无线关键技术

第 1 章

LTE 发展概述

1.1 LTE 简介

LTE (Long Term Evolution, 长期演进) 项目是第 3 代移动通信 (3G) 系统的演进, 始于 2004 年第 3 代合作伙伴计划 (3rd Generation Partnership Project, 3GPP) 在加拿大多伦多举办的会议, 其被通俗地称为 3.9G。LTE 并非人们普遍误解的 4G 技术, 而是 3G 与 4G 技术之间的一个过渡, 视为从 3G 向 4G 演进的主流技术, 它改进并增强了 3G 的空中接入技术, 采用正交频分复用技术 (OFDM) 和多输入多输出 (MIMO) 作为其无线网络演进的唯一标准, 提高了上、下行峰值速率, 改善了小区边缘用户的性能, 提高了小区容量并降低了系统延迟。

LTE 的研究, 包含了一些人们普遍认为很重要的部分, 如等待时间的缩短、更高的用户数据传输速率、系统容量和覆盖的改善以及运营成本的降低。

3GPP 长期演进项目是近两年来 3GPP 启动的最大的新技术研发项目, 这种以 OFDM/FDMA 频分多址为核心的技术可以看作“准 4G”技术。3GPP 长期演进项目的主要性能目标包括: 将现有的 5 MHz 最大系统带宽提升到 20 MHz, 在 20 MHz 的系统带宽下提供下行 100 Mb/s、上行 50 Mb/s 的峰值速率; 改善小区边缘用户的性能; 提高小区容量; 降低系统延迟, 使用户平面内部单向传输时延低于 5 ms, 控制平面从睡眠状态到激活状态迁移时间小于 50 ms, 从驻留状态到激活状态的迁移时间小于 100 ms; 支持 100 km 半径的小区覆盖; 为 350 km/h 高速移动用户提供大于 100 kb/s 的接入服务; 支持成对或非成对频谱, 并可灵活配置 1.25 ~ 20 MHz 的多种带宽。在整体系统架构方面, 系统框架演进 (System Architecture Evolution, SAE) 项目则退出了全新的演进型分组系统 (Evolved Packet System, EPS) 架构。向 LTE/SAE 的演进, 使系统丧失了大部分与 3G 系统的向后兼容性, 即从网络侧和终端侧都要作大规模的更新换代。

自 2004 年 11 月 LTE 项目启动以来, 3GPP 全力推进 LTE 的研究工作: 于

2005年年中完成了需求的制定；在2006年9月完成了研究阶段的工作；在2008年年底基本完成工作阶段标准项目的制定；于2009年12月推出了基于LTE的R9版技术标准；2011年LTE全面走向商用。

1.2 3GPP的工作模式

1.2.1 3GPP的组织结构

3GPP是领先的3G技术规范机构，是由欧洲电信标准研究所（ETSI）、日本无线工业及商贸联合会（ARIB）和电信技术委员会（TTC）、韩国电信技术协会（TTA）以及美国电信标准委员会（TIA）在1998年年底发起成立的，旨在研究制定并推广基于演进的全球移动通信系统（GSM）核心网的3G标准，即WCDMA、TD-SCDMA和EDGE等。中国无线通信标准研究组（CWTS）于1999年加入3GPP。

3GPP的会员包括3类，即组织伙伴、市场代表伙伴和个体会员。3GPP的组织伙伴包括欧洲的ETSI、日本的ARIB、日本的TTC、韩国的TTA、美国的TIA和中国通信标准化协会6个标准化组织。3GPP的市场代表伙伴不是官方的标准化组织，它们是向3GPP提供市场建议和统一意见的机构组织，其中包括GSM协会、UMTS论坛、IPv6论坛、3G美国（3G Americas）、全球移动通信供应商协会（The Global Mobile Suppliers Association）和中国TD-SCDMA技术论坛。

3GPP的最初目标是制定基于GSM核心网和频分双工/时分双工（FDD/TDD）UTRA技术的可用于第3代移动通信的技术规范和技术报告。一方面3GPP开展GSM技术规范和技术报告的维护工作，研发了多种GSM的改进技术，以实现从2G到3G的平稳过渡；另一方面，3GPP不遗余力地推进UTRA技术的增强和演进，以保持3GPP标准的长期竞争力。

3GPP的基本组织结构如图1-1所示，其主要分为4个技术规范组（Technical Specification Group, TSG）。

（1）TSG GERAN（GSM/EDGE无线接入网络）：负责GSM/EDGE无线接入网技术规范的制定。

（2）TSG RAN（无线接入网络）：负责3GPP除GERAN之外的无线接入网技术规范的制定。

（3）TSG SA（业务与系统方面）：负责3GPP业务与系统方面的技术规范的制定。

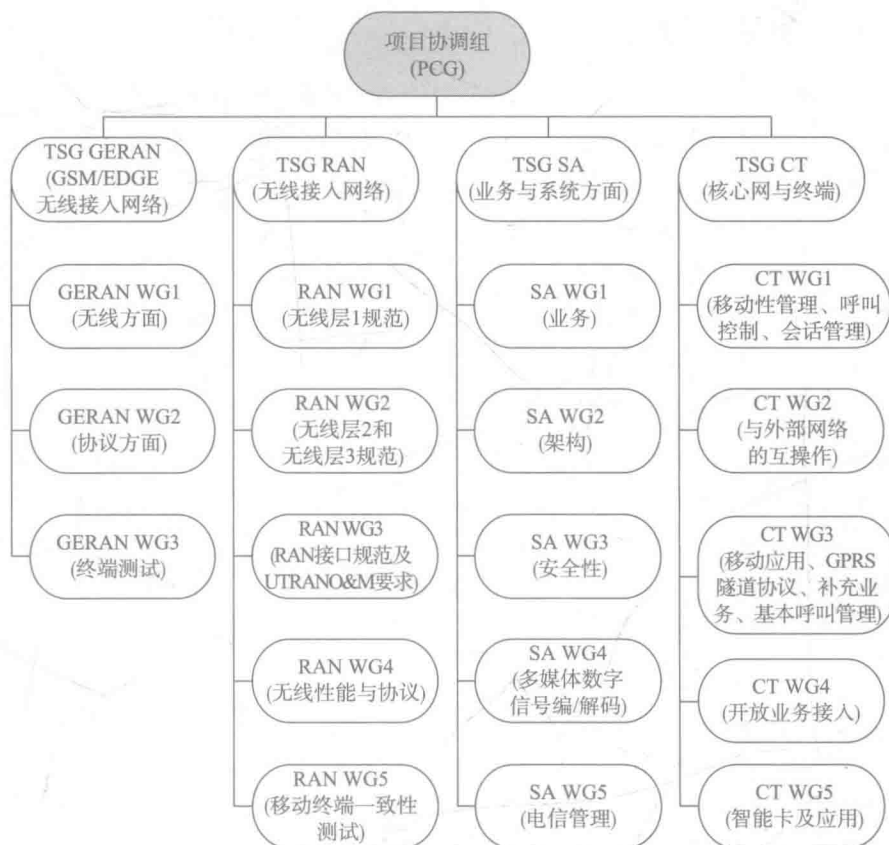


图 1-1 3GPP 的基本组织结构

(4) TSG CT (核心网与终端): 负责 3GPP 核心网及终端方面的技术规范的制定。

在这 4 个 TSG 之上, 设立一个项目协调组 (PCG), 作为 TSG 的工作进行管理和协调。在每个 TSG 下面, 又包括 3~5 个工作组 (WG), 负责该 TSG 各个方面的工作。每个 TSG 每年一般召开 4 次会议, 每个工作组在正常情况下下一年也召开 4 次会议。TSG 的会议称为“全会” (plenary), TSG 全会有设立研究项目和标准化项目的权力, 研究项目又称为研究阶段 (Study Item, SI)。标准化项目又称为工作阶段 (Work Item, WI)。SI 只输出研究报告 (TR), WI 则输出技术规范 (TS), 一个重要的课题通常会先经过 SI 的研究, 然后再进入 WI 的标准化制定工作。在设立 SI 或 WI 后, TSG 会把工作交给 WG 去完成, 每一阶段听取 WG 的进展情况汇报, 以便对这些 SI/WI 进行项目管理。

1.2.2 3GPP 的工作模式

WG 中的标准化工作通常通过会议讨论的方式推进,当所有的 WG 公司都同意一个技术方案时,该技术方案就会被接受,其可能被接受到正在起草的 TR/TS 中,还可能以会议记录的方式作为下一步工作的假设。当然,如果有 WG 公司反对, WG 会根据该公司提出的不同观点进行进一步研究。一般来说,随着对一个问题研究的逐渐深入,越来越多的公司会倾向于某一个更为合理的方案,持有不同观点的少数公司可能就会妥协。如果各个公司僵持不下,3GPP 会采取投票的方式决定方案的取舍。投票通常在 TSG 全会中进行。

每个 SI 和 WI 都会有一个项目管理人来负责 SI/WI 的进度,并向 TSG 全会汇报。由于会议时间有限,有时候无法在会议上完成讨论,在这种情况下, TSG 全会主席可以安排在会后继续通过电子邮件 (E-mail) 讨论。3GPP 有一个完善的电子邮件群发机制,不同的 TSG、WG,甚至 SI/WI 都可以有专门的电子邮件组,所有对该 TSG、WG、SI、WI 感兴趣的人员都可以通过订阅相应的邮件组跟踪相关的进展,并可以通过这个电子邮件组发表自己的观点和意见。

1.2.3 3GPP 与 3GPP2

第3代合作伙伴计划2 (3rd Generation Partnership Project 2, 3GPP2) 成立于1999年1月,由美国的TIA、日本的ARIB和TTC、韩国的TTA 4个标准化组织发起,中国的无线通信标准研究组(CWTS)于1999年6月在韩国正式签字加入3GPP2。

3GPP2 声称其致力于 ITU 的 IMT-2000 计划中的移动电话系统规范在全球的发展,实际上它是从 2G 的 CDMA One 或者 IS-95 发展而来的 CDMA 2000 标准体系的标准化机构,它受到拥有多项 CDMA 关键技术专利的美国高通公司的较多支持。3GPP 则致力于从 GSM 向 WCDMA (UMTS) 的过渡,因此两个机构存在一定的竞争。

3GPP2 下设 4 个技术规范工作组,即 TSG-A、TSG-C、TSG-X 和 TSG-S。这些工作组向项目指导委员会 (SC) 报告本工作组的工作进展情况。SC 负责管理项目的进展情况,并进行一些协调管理工作。3GPP2 的 4 个技术工作组每年召开 10 次会议,其中中国、日本、韩国每年至少一次,其他会议在加拿大和美国召开。

3GPP2 的 4 个技术工作组分别负责发布各自领域的标准,各个领域的标准独立编号,如图 1-2 所示。

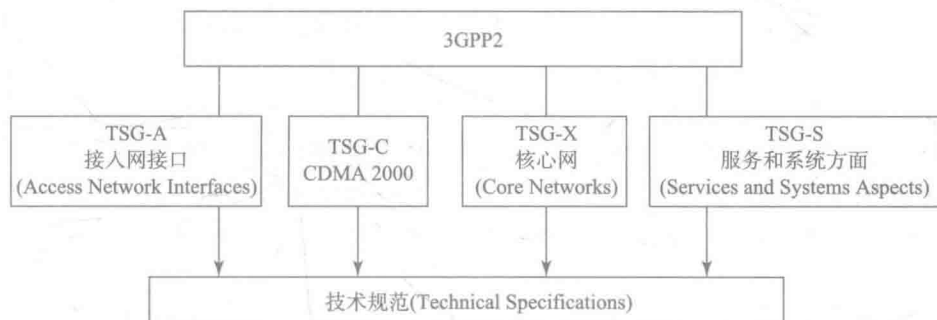


图 1-2 3GPP2 的标准组织结构

TSG-A 发布的标准有两种类型，即技术报告和技术规范。已经发布的技术报告一般会表示为“A.R××××”；已经发布的技术规范一般表示为“A.S××××”，其中“××××”为具体的数字号，这个号码没有特别的规定，一般按照顺序排列。没有发布的标准一般会分配一个项目号“A.P××××”，其中“××××”为具体的数字号，这个号码也没有特别的规定，一般按照项目顺序排列。

TSG-C 发布的标准也有两种类型，即技术要求和技术规范。已经发布的技术要求一般表示为“C.R××××”；已经发布的技术规范一般表示为“C.S××××”，其中“××××”为具体的数字号，这个号码一般按照顺序排列。没有发布的标准一般会分配一个项目号“C.P××××”，其中“××××”为具体的数字号，这个号码一般按照项目顺序排列。

TSG-X 发布的标准只有一种类型，即技术规范。已经发布的技术规范一般表示为“X.S××××”，其中“××××”为具体的数字号，这个号码一般按照顺序排列。没有发布的标准一般会分配一个项目号“X.P××××”，其中“××××”为具体的数字号，这个号码一般按照项目顺序排列。

TSG-S 发布的标准也有两种类型，即技术要求和技术规范。已经发布的技术要求一般表示为“S.R××××”；已经发布的技术规范一般表示为“S.S××××”，其中“××××”为具体的数字号，这个号码一般按照顺序排列。没有发布的标准一般会分配一个项目号“S.P××××”，其中“××××”为具体的数字号，这个号码一般按照项目顺序排列。此外，3GPP2 的一些管理规程性质的文件也用“S.R××××”进行编号。

3GPP 与 3GPP2 由于演进发展的方向不同，故在频谱使用、导频信道选择、系统获取方式、信道结构、切换方式、功率控制等方面都存在差异，同时二者也通过运营者融合组（Operation Harmonization Group, OHG）来协调解决二者的融合。

1.3 LTE 的启动背景

移动通信与宽带无线接入技术的融合趋势成为 LTE 启动的大背景。宽带接入移动化、移动通信宽带化成为未来移动通信的整体发展方向,实现“无处不在的移动互联网”。无线接入技术的两种技术发展路线及关系如图 1-3 所示。

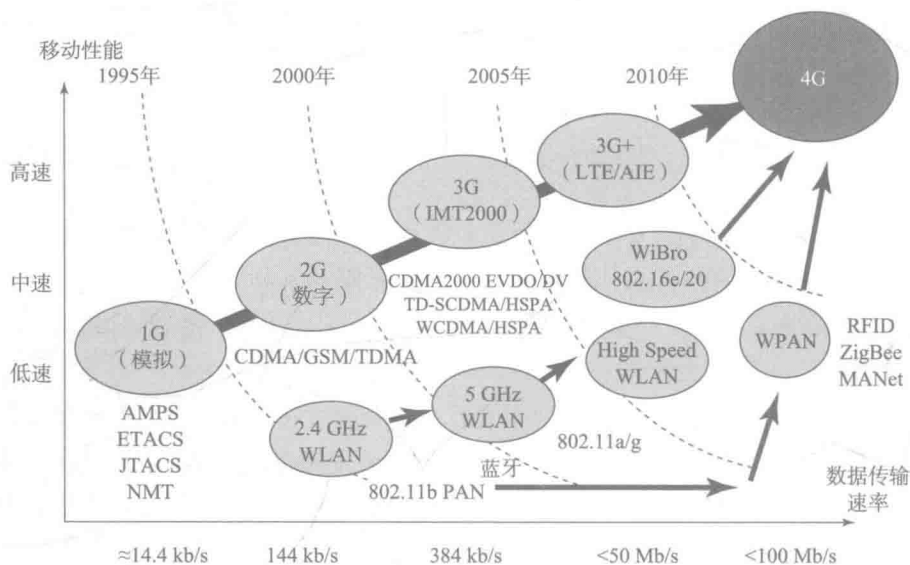


图 1-3 无线接入技术的两种技术发展路线及关系

无线接入网的网元之间使用互联网协议（IP）技术进行数据通信，即移动通信网 IP 化是移动宽带化和宽带无线化融合的网络基础，如图 1-4 所示，将 IP 网的高效性和通信网的可靠性相结合是未来移动互联网发展的趋势。



图 1-4 移动宽带化和宽带无线化的融合

在 GSM 等移动网络广泛普及的过去 20 年里，全球语音通信业务获得了巨大的成功。个人通信的迅猛发展极大地促使了个人通信设备的发展，结合多媒体消息、在线游戏、视频点播、音乐下载和移动电视等互联网数据业务的