

► 21世纪通信网络技术丛书

App
li
cation

网络通信与工程应用系列

第三代移动通信

——WCDMA 技术、应用及演进

张传福 卢辉斌 彭 灿 张 迪 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

21 世纪通信网络技术丛书
——网络通信与工程应用系列

第三代移动通信

——WCDMA 技术、应用及演进

张传福 卢辉斌 彭 灿 张 迪 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书全面、系统地介绍了第三代移动通信——WCDMA 技术、应用及演进。内容包括第三移动通信系统概述, WCDMA 移动通信系统的网络结构、无线接入网接口与协议、无线接口与协议、物理层技术及物理层过程、HSDPA 技术、HSUPA 技术、IMS、WCDMA 系统提供的业务与应用、WCDMA 技术的演进。

本书内容丰富、结构清晰、图文并茂, 适合通信网络维护人员、移动通信工程技术人员, 以及相关应用开发人员和管理人员阅读; 可作为 WCDMA 技术培训的教材, 也可作为高等院校相关专业或从事相关课题研究的高年级本科生、研究生的参考书。

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

第三代移动通信——WCDMA 技术、应用及演进 / 张传福等编著. —北京: 电子工业出版社, 2009.6

(21 世纪通信网络技术丛书. 网络通信与工程应用系列)

ISBN 978-7-121-08732-5

I. 第… II. 张… III. 码分多址—宽带通信系统 IV. TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 065535 号

责任编辑: 王春宁 特约编辑: 牛雪峰

印 刷: 北京智力达印刷有限公司

装 订: 北京中新伟业印刷有限公司

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

开 本: 787×1092 1/16 印张: 24.25 字数: 620 千字

印 次: 2009 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 59.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

出版说明

通信网络技术是当今发展最快、应用最广和最前沿的通信领域之一。通信技术发展到今天,已经不是传统意义上的充满神秘色彩的深奥技术了,它已经与日常的应用密不可分。可以说,网络的出现,使通信技术得以有了广阔的用武之地。正是由于有了固定电话网、移动通信网和 Internet,使通信技术的应用在这些平台上有了用武之地,渗透到了我们日常生活的方方面面。

为了促进和推动我国通信产业的发展,电子工业出版社通信分社特策划了一套《21 世纪通信网络技术丛书》。这套丛书根据不同的层面,又细分为三个系列:《移动通信前沿技术系列》、《3GPP LTE 无线通信新技术系列》和《网络通信与工程应用系列》。

《移动通信前沿技术系列》是从移动通信技术(3G 技术)的应用现状与发展情况出发,全面介绍当今移动通信领域涉及的关键技术与热点技术,例如软件无线电;移动 IP 技术;移动数据通信;WCDMA;TD-SCDMA;cdma2000 移动通信系统网络规划与优化;智能天线技术;认知无线电技术;WiMAX、WiFi、ZigBee 宽带无线接入技术;UWB 技术;UMTS 技术;Ad Hoc 技术等。

《3GPP LTE 无线通信新技术系列》是以 3GPP 中 LTE 标准的关键技术在无线、宽带、高速、资源的有效管理和利用,以及在 B3G/4G 无线通信领域中的应用为主。LTE 作为 3G 技术的一个重要的长期演进计划,代表了国际无线通信领域的最新发展需求和解决方案,例如基于 OFDM 的上、下行(HSxPA)的多址接入技术、随机接入技术、多天线 MIMO 技术、多链路自适应技术、多播技术、功率控制技术、宽带无线网络的安全性、可移动性、可管理性;高效信源与信道编码和调制 MQAM 技术等。

《网络通信与工程应用系列》是以技术为先导,以构建网络的体系结构、标准、协议为目标所开展的现代无线、移动、宽带通信网络的规划与优化,以及结合工程应用的方向所提出来的。例如无线网状网、WLAN、无线传感器网络、B3G/4G 通信网工程设计与优化、卫星移动通信网、三网融合技术、网络新安全技术与策略、RFID 应用网络、下一代基于 SIP 的统一通信、光网络与光通信等。

本套丛书依托各高等院校在通信领域从事科研、教学、工程、管理的具有丰富的理论与实践经验的专家、教授;各科研院所的研究员;国内有一定规模和研发实力的科技公司的研发人员,以及国外知名研究实验室的专家、学者等组成编写和翻译队伍,力求实现内容的先进性、实用性和系统性;力求内容组织循序渐进、深入浅出、理论阐述概念清晰、层次分明、经典实例源于实践;力求很强的可读性和可操作性。

本套丛书的主要读者对象是广大从事通信网络技术工作的各科研院所和公司的广大工程技术人员;各高等院校的专业教师和研究生;刚走上工作岗位的大学毕业生,以及与此相关的其他学科的技术人员,供他们阅读和参考。

本套丛书从 2008 年上半年开始将陆续推出,希望广大读者能关注它,多对本套丛书提出宝贵意见与建议,欢迎通过电子邮箱 wchn@phei.com.cn 进行探讨、交流和指正,以便今后为广大读者奉献更多、更好的优秀通信技术类图书。

前 言

第三代移动通信系统具有提供更大的系统容量和更灵活的高速率、多速率数据传输的能力,除了语音和数据传输外,还能传送高达 2 Mb/s 的高质量的活动图像,真正实现“任何人,在任何地点,任何时间,与任何人”都能便利通信这个目标。

CDMA 通信系统使用扩频通信技术,扩频通信技术在军用通信中已有半个多世纪的历史,主要用于两个目的:对抗外来强干扰和保密。因此,CDMA 通信技术具有许多技术上的优点:抗多径衰减、软容量、软切换、其系统容量比 GSM 系统大,采用语音激活、分集接收和智能天线技术可以进一步提高系统容量。

由于 CDMA 通信技术有上述的技术优势,第三代移动通信系统主要采用宽带 CDMA 技术。现在第三代移动通信系统的无线传输技术主要有四种:欧洲和日本提出的 WCDMA 技术、北美提出的基于 IS-95 CDMA 系统的 cdma2000 技术、我国提出的具有自己知识产权的 TD-SCDMA 系统以及后来加入的 WiMAX 技术。

我国运营商重组已经完成,3G 牌照业已发放,中国联通将获得 WCDMA 牌照。

本书对第三代移动通信——WCDMA 技术、应用及其演进进行了全面、深入、细致地阐述,全书共分 11 章。

第 1 章对移动通信发展历程、第三代移动通信标准化组织和标准进行了简要介绍。

第 2 章重点介绍了 WCDMA 的网络结构,包括网络结构的演化、UMTS 的网络结构、UTRAN 的网络结构、WCDMA 因特网的网络结构。

第 3 章介绍了 WCDMA 无线接入网的接口与协议,包括接口的通用协议模型, Iu、Iub、Iur 接口及协议,无线接入网的接口的改进和演化。

第 4 章介绍了 WCDMA 无线接口协议,包括无线接口协议结构,各层的功能,MAC 层、RLC 层、PDCP 层、BMC 层和 RRC 层。

第 5 章主要介绍了 WCDMA 的物理层技术,包括信道及信道间的映射,物理层处理模型,信源编码、信道编码、交织与复用、扩频与调制。

第 6 章主要介绍了 WCDMA 的物理层过程,包括同步、随机接入、寻呼、功率控制、发射分集、测量等物理层过程。

第 7 章介绍了高速下行分组接入(HSDPA)技术,包括 HSDPA 的概念、物理层、协议结构、关键技术,引入 HSDPA 对 WCDMA 网络的影响,HSDPA 规划设计以及组网策略。

第 8 章介绍了高速上行分组接入(HSUPA)技术,包括 HSUPA 的概念、物理层、协议结构、关键技术、引入 HSUPA 对 WCDMA 网络的影响,HSUPA 组网策略。

第 9 章讨论了 IP 多媒体子系统(IMS),包括 IMS 的网络结构、基本功能和基本流程、

协议体系、业务能力、与其他网络的互通、IMS 的引入策略以及基于 IMS 的固定网络与移动网络的融合。

第 10 章介绍了 WCDMA 系统提供的业务与应用，包括业务特征与业务分类，各种特色业务，产业链分析，业务平台架构及业务支撑技术。

第 11 章介绍了 WCDMA 技术的演进，包括 HSPA+、LTE、IMT-Advanced、4G 等。

本书由张传福博士、卢辉斌、彭灿、张迪编著。由于编者的水平有限，时间仓促，以及通信技术的迅猛发展，书中难免有疏漏甚至不当之处，恳请读者批评和指正。

作 者

2009 年 6 月

目 录

第 1 章 第三代移动通信系统概述	(1)
1.1 移动通信技术发展概述	(1)
1.1.1 移动通信技术的发展历程	(1)
1.1.2 IMT-2000 的目标	(6)
1.2 第三代移动通信标准化组织	(8)
1.2.1 ITU	(8)
1.2.2 3GPP	(9)
1.2.3 3GPP2	(10)
1.2.4 IEEE	(10)
1.2.5 CCSA (CWTS)	(11)
1.3 第三代移动通信标准	(12)
1.3.1 WCDMA	(13)
1.3.2 cdma2000	(14)
1.3.3 TD-SCDMA	(15)
1.3.4 WiMAX 标准	(16)
1.4 小结	(17)
第 2 章 WCDMA 系统的网络结构	(18)
2.1 UMTS 网络结构	(18)
2.1.1 UMTS 的一般结构	(18)
2.1.2 UMTS 系统结构	(21)
2.2 UTRAN 的结构	(22)
2.2.1 UTRAN 网络结构	(22)
2.2.2 UTRAN 的功能实体	(23)
2.3 WCDMA 核心网络结构	(24)
2.3.1 WCDMA R99 网络结构	(24)
2.3.2 WCDMA R4 网络结构	(28)
2.3.3 WCDMA R5 网络体系结构	(31)
2.3.4 WCDMA 的后续版本	(32)
2.4 小结	(35)
第 3 章 WCDMA 无线接入网 (UTRAN) 接口及协议	(36)
3.1 UTRAN 的接口和协议模型	(36)
3.1.1 UTRAN 的接口	(36)
3.1.2 接口的通用协议模型	(36)
3.2 Iu 接口及协议	(37)

3.2.1	Iu 接口能力	(37)
3.2.2	Iu 接口的协议结构	(39)
3.2.3	Iu 接口协议	(41)
3.3	Iub 接口及协议	(44)
3.3.1	Iub 接口协议结构	(44)
3.3.2	Iub 接口功能	(45)
3.4	Iur 接口及协议	(45)
3.4.1	Iur 接口协议结构	(45)
3.4.2	无线网络子系统应用协议 (RNSAP)	(47)
3.5	UTRAN 接口的改进和演化	(47)
3.5.1	Iu 接口的发展——Iu-flex	(47)
3.5.2	Iupc 和 Iur-g 接口	(49)
3.5.3	全 IP 无线接入网	(51)
3.6	小结	(51)
第 4 章	WCDMA 无线接口及协议	(52)
4.1	WCDMA 无线接口概述	(52)
4.1.1	WCDMA 无线接口协议结构	(52)
4.1.2	物理层功能	(54)
4.1.3	MAC 层功能	(54)
4.1.4	RLC 层功能	(56)
4.1.5	PDPCP 层和 BMC 层功能	(57)
4.1.6	RRC 层功能	(57)
4.2	媒体接入控制 (MAC) 协议	(59)
4.2.1	MAC 层逻辑结构	(59)
4.2.2	MAC 层实体	(61)
4.3	无线链路控制 (RLC) 协议	(65)
4.3.1	RLC 层逻辑结构	(65)
4.3.2	RLC 实体	(65)
4.4	分组数据汇聚协议 (PDPCP)	(68)
4.5	广播/多播控制 (BMC) 协议	(69)
4.6	无线资源控制 (RRC) 协议	(70)
4.6.1	概述	(70)
4.6.2	RRC 协议结构	(71)
4.6.3	RRC 协议状态	(72)
4.7	小结	(74)
第 5 章	WCDMA 物理层技术	(75)
5.1	WCDMA 的信道	(75)
5.1.1	逻辑信道	(75)
5.1.2	传输信道	(75)

5.1.3	物理信道	(77)
5.1.4	信道之间的映射	(89)
5.2	WCDMA 物理层处理	(91)
5.2.1	WCDMA 物理层处理模型	(91)
5.2.2	信源编码	(91)
5.2.3	编码、交织与复用	(93)
5.3	扩频与调制	(97)
5.3.1	信道化码序列	(97)
5.3.2	扰码	(98)
5.3.3	同步码	(99)
5.3.4	上行链路的扩频与调制	(99)
5.3.5	下行链路的扩频与调制	(101)
5.4	小结	(102)
第 6 章	WCDMA 物理层过程	(103)
6.1	同步过程	(103)
6.1.1	小区搜索进程	(103)
6.1.2	公共物理信道同步	(104)
6.1.3	专用物理信道同步	(104)
6.2	随机接入过程	(106)
6.2.1	概述	(106)
6.2.2	RACH 过程	(106)
6.2.3	CPCH 过程	(107)
6.3	寻呼过程	(109)
6.4	功率控制过程	(109)
6.4.1	概述	(109)
6.4.2	快速闭环功率控制过程	(110)
6.4.3	开环功率控制	(111)
6.4.4	外环功率控制	(111)
6.5	发射分集过程	(112)
6.5.1	开环发射分集	(112)
6.5.2	闭环发射分集	(113)
6.6	测量过程	(115)
6.6.1	概述	(115)
6.6.2	切换测量过程	(116)
6.6.3	压缩模式的测量过程	(118)
6.6.4	其他测量	(121)
6.7	小结	(121)
第 7 章	高速下行链路分组数据接入 (HSDPA) 技术	(122)
7.1	高速下行链路分组接入 (HSDPA) 概述	(122)

7.1.1	HSDPA 的概念	(122)
7.1.2	HSDPA 技术演进	(123)
7.2	HSDPA 物理层	(125)
7.2.1	高速下行链路共享信道 (HS-DSCH)	(125)
7.2.2	高速共享控制信道 (HS-SCCH)	(129)
7.2.3	上行链路高速专用物理控制信道 (HS-DPCCH)	(130)
7.2.4	HSDPA 物理层工作过程	(130)
7.3	HSDPA 的协议结构	(132)
7.3.1	HS-DSCH 协议体系	(132)
7.3.2	HSDPA 的 MAC 层	(133)
7.4	HSDPA 的关键技术	(137)
7.4.1	自适应编码调制 (AMC)	(137)
7.4.2	混合自动重传请求 (HARQ)	(139)
7.4.3	快速分组调度算法	(143)
7.4.4	快速链路调整技术	(144)
7.4.5	快速蜂窝选择	(145)
7.4.6	MIMO 技术	(145)
7.5	引入 HSDPA 对 WCDMA 网络的影响	(146)
7.5.1	HSDPA 与 WCDMA 的差异	(146)
7.5.2	HSDPA 的引入对网络结构的影响	(147)
7.5.3	HSDPA 的引入对网络性能的影响	(149)
7.6	HSDPA 的基站部署及组网策略	(152)
7.6.1	在 WCDMA 网络中引入 HSDPA 需要考虑的问题	(152)
7.6.2	HSDPA 覆盖策略	(153)
7.6.3	HSDPA 组网策略	(154)
7.6.4	HSDPA 引入策略	(158)
7.6.5	不同环境下的部署策略	(159)
7.6.6	HSDPA 网络的演进	(160)
7.7	小结	(161)
第 8 章	高速上行链路分组数据接入 (HSUPA) 技术	(162)
8.1	高速上行链路分组数据接入 (HSUPA) 概述	(162)
8.1.1	HSUPA 的概念	(162)
8.1.2	HSUPA 的标准化	(163)
8.2	HSUPA 的物理层	(164)
8.2.1	传输信道和物理信道	(164)
8.2.2	物理层成帧过程	(172)
8.2.3	扩频与调制	(174)
8.2.4	HSUPA 终端能力	(175)
8.3	HSUPA MAC 层	(176)

8.3.1	HSUPA 协议结构	(176)
8.3.2	HSUPA MAC 层结构	(177)
8.4	HSUPA 的关键技术	(184)
8.4.1	混合自动重传请求 (HARQ)	(184)
8.4.2	宏分集合并	(186)
8.4.3	更短的传输间隔	(187)
8.4.4	基于 Node B 的快速调度	(187)
8.5	HSUPA 组网策略	(189)
8.5.1	引入 HSUPA 对 WCDMA 网络的影响	(189)
8.5.2	HSUPA 组网策略	(193)
8.6	小结	(199)
第 9 章	IP 多媒体子系统 (IMS)	(200)
9.1	IMS 概述	(200)
9.1.1	IMS 产生的背景	(200)
9.1.2	IMS 的特点	(201)
9.1.3	IMS 和软交换的区别	(203)
9.1.4	制定 IMS 标准的组织	(204)
9.2	IMS 网络结构	(208)
9.2.1	IMS 系统的网络架构	(208)
9.2.2	IMS 网络的接口和协议	(209)
9.2.3	IMS 网络实体	(215)
9.3	IMS 的基本功能和基本流程	(224)
9.3.1	注册	(224)
9.3.2	鉴权和授权	(227)
9.3.3	接入 IMS	(227)
9.3.4	为用户指配 S-CSCF	(228)
9.3.5	支持漫游	(228)
9.3.6	信令路由	(230)
9.3.7	标识	(231)
9.3.8	会话和会话过程	(234)
9.4	IMS 业务能力	(235)
9.4.1	IMS 提供业务的类别	(235)
9.4.2	IMS 业务网络架构	(239)
9.4.3	IMS 业务提供架构	(241)
9.4.4	业务触发原理	(244)
9.5	IMS 与其他网络的互通	(246)
9.5.1	互通的概念	(246)
9.5.2	IMS 与 CS 网络的互通	(246)
9.5.3	IMS 的网间互通	(251)

9.5.4	与其他 SIP 网络的互通	(252)
9.5.5	WLAN 接入 IMS	(253)
9.5.6	与不同 IP 版本的 IMS 系统间的互通	(259)
9.5.7	WiMAX 与 IMS 的互通	(260)
9.6	IMS 引入及组网策略	(261)
9.6.1	IMS 引入时机	(261)
9.6.2	IMS 引入方式	(262)
9.6.3	IMS 组网方案	(263)
9.6.4	IMS 网元建设方案	(265)
9.6.5	IMS 发展阶段	(266)
9.7	基于 IMS 的固定网络与移动网络的融合	(266)
9.7.1	固定网络与移动网络融合概述	(266)
9.7.2	FMC 的需求和网络架构	(272)
9.7.3	基于 IMS 的固定网络和移动网络的融合	(280)
9.8	小结	(292)
第 10 章	WCDMA 系统提供的业务	(293)
10.1	电信业务概述	(293)
10.1.1	电信业务的分类	(293)
10.1.2	3G 业务的特征	(296)
10.1.3	3G 业务的分类	(298)
10.2	3G 特色移动业务	(301)
10.2.1	移动多媒体消息 (MMS)	(301)
10.2.2	定位业务	(307)
10.2.3	集群类业务 (PTT/PoC)	(315)
10.2.4	其他特色业务	(317)
10.3	3G 产业链分析	(329)
10.3.1	产业链的概念	(329)
10.3.2	3G 产业链	(329)
10.3.3	产业链中各环节的作用	(331)
10.3.4	3G 产业链的特点	(334)
10.4	3G 业务平台架构	(336)
10.4.1	3G 环境下的业务特点	(336)
10.4.2	3G 业务平台的需求	(338)
10.4.3	3G 业务平台架构	(338)
10.4.4	业务平台的演进趋势	(345)
10.4.5	3G 业务平台的支撑技术	(346)
10.5	小结	(353)
第 11 章	WCDMA 技术的演进	(354)
11.1	HSPA/HSPA+/HSOPA	(354)

11.1.1	HSPA/HSPA+	(354)
11.1.2	HSOPA	(354)
11.2	LTE	(357)
11.2.1	LTE 的提出.....	(357)
11.2.2	LTE 的需求指标.....	(358)
11.2.3	LTE 无线接入多址方式.....	(359)
11.2.4	LTE 的网络架构.....	(360)
11.3	IMT-Advanced 标准	(362)
11.3.1	IMT-Advanced 标准概述	(362)
11.3.2	IMT-Advanced 最小技术要求	(365)
11.3.3	IMT-Advanced 空中接口核心技术	(366)
11.4	4G	(370)
11.5	小结.....	(371)
参考文献		(372)

第 1 章 第三代移动通信系统概述

1.1 移动通信技术发展概述

1.1.1 移动通信技术的发展历程

通信是衡量一个国家或地区经济文化发展水平的重要标志,对推动社会进步和人类文明的发展有着重大的影响。随着社会经济的发展,人类交往活动范围的不断扩大,人们迫切需要交往中的各种信息。这就需要移动通信系统来提供这种服务。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其他移动载体上的对象进行通信联系的要求,使其成为 20 世纪 70 年代以来发展最快的通信领域之一。目前,我国无论是从网络规模还是从用户总数上来说,都已跃居世界首位。

无线通信的发展历史可以追溯到 19 世纪 80 年代赫兹(Heinrich Hertz)所做的基础性实验,以及马可尼(Guglielmo Marconi)所做的研究工作。移动通信的始祖马可尼首先证明了在海上轮船之间进行通信的可行性。自从 1897 年马可尼实验室证明了运动中无线通信的可应用性以来,人类就开始了移动通信的兴趣和追求。也正是 20 世纪 20 年代末,奈奎斯特(Harry Nyquist)提出了著名的采样定理,成为我们迈向数字化时代的金钥匙。

移动通信是指通信双方或至少有一方处于运动中,在运动中进行信息交换的通信方式。移动通信的主要应用系统有无绳电话、无线寻呼、陆地蜂窝移动通信、卫星移动通信、海事卫星移动通信等。陆地蜂窝移动通信是当今移动通信发展的主流和热点。

现代移动通信技术始于 20 世纪 20 年代,发展到现在,大约经历了六个发展阶段。

第一阶段的标志是早期专用移动通信系统的应用,从 20 世纪 20 年代到 40 年代,是移动通信的早期发展阶段。

第二阶段是从 20 世纪 40 年代中期到 60 年代初期,早期的公用移动通信系统开始应用。这个阶段移动通信技术逐渐应用到大众通信,系统采用人工接续方式,网络容量较小。

第三阶段是从 20 世纪 60 年代中期到 70 年代中期。在此期间,美国推出了改进型移动电话系统(IMTS),德国推出了 B 网。这个阶段的系统采用大区制,容量有较大的提高。

第四阶段是从 20 世纪 70 年代中期到 80 年代中期,这个阶段小区制的蜂窝移动通信系统得到了大规模应用,采用的是模拟技术,代表是美国的 AMPS 系统和欧洲的 TACS 系统。

第五阶段是从 20 世纪 80 年代中期到 21 世纪初,这个阶段的特点是数字移动通信系统得到了大规模应用,代表技术是欧洲的 GSM 和美国的 CDMA,也就是通常所说的第二代移动通信技术(2G)。数字蜂窝网络相对模拟蜂窝网,频谱利用率和系统容量得到了很大的提高。这个阶段的移动通信系统已经可以提供数据业务,业务类型大大丰富。

第六个阶段是从 20 世纪 90 年代末开始,标志是第三代移动通信通信技术的发展和應用。1999 年 11 月 5 日在芬兰赫尔辛基召开的 ITU TG8/1 第 18 次会议上,最终确定了 3 类(TDMA、

CDMA-FDD、CDMA-TDD)共5种技术作为第三代移动通信的基础,其中 WCDMA、cdma2000 和 TD-SCDMA 是 3G 的 3 个主流标准。这个阶段的特征是系统容量和载频利用率得到了较大的提高。第三代移动通信系统可以提供高速数据业务,承载的业务类型得到了极大的丰富。

1. 第一代(1G)移动通信系统

D.H.Ring 在 1947 年提出蜂窝通信的概念,在 20 世纪 60 年代对此进行了系统的实验。60 年代末、70 年代初开始出现了第一个蜂窝(Cellular)电话系统,蜂窝的意思是将一个大区域划分为几个小区(Cell),相邻的蜂窝区域使用不同的频率进行传输,以免产生相互干扰。

随着大规模集成电路技术和计算机技术的迅猛发展,解决了困扰移动通信的终端小型化和系统设计等关键问题,移动通信系统进入了蓬勃发展阶段。随着用户数量的急剧增加,传统的大区制移动通信系统很快就达到饱和状态,无法满足服务要求。针对这种情况,贝尔实验室提出了小区制的蜂窝式移动通信系统的解决方案,1978 年开发了 AMPS(Advance Mobile Phone Service)系统,这是第一个真正意义上的具有随时随地通信的大容量的蜂窝移动通信系统。它结合频率复用技术,可以在整个服务覆盖区域内实现自动接入公用电话网络,与以前的系统相比具有更大的容量和更好的语音质量。因此,蜂窝化的系统设计方案解决了公用移动通信系统的大容量要求和频谱资源受限的矛盾。欧洲也推出了可向用户提供商业服务的通信系统 TACS(Total Access Communication System)。其他的通信系统还有法国的 450 系统,北欧国家的 NMT-450(Nordic Mobile Telephone-450)系统。这些系统都是双工的 FDMA 模拟制式系统,称为第一代蜂窝移动通信系统。这些系统提供相当好的质量和容量,在某些地区,它们取得了非常大的成功。

已经得到建立并提供业务服务的一些常见的第一代移动通信系统的种类见表 1-1,在世界范围内使用范围最广的第一代移动通信系统是 AMPS 系统和 TACS 系统。

表 1-1 第一代模拟蜂窝移动通信系统的特征和用户分布

系 统	投入时间 (年)	信道带宽 (kHz)	工作频率 (MHz)	信道数	系 统 特 征	用 户
NAMTS	1978	25	870~885 (前向)	600		日本、科威特
AMPS	1983	30	825~845 (反向) 870~890 (前向)	660	以城市为对象,蜂窝 较小	澳大利亚、加拿大、新西 兰、泰国
NMT-450	1981	25	453~457.5 (反向) 463~467.5 (前向)	180	低容量、好而大的覆 盖区域,适合人口较少 的区域	澳大利亚、比利时、中国、 北欧诸国、法国、东南亚、 土耳其、沙特
NMT-900	1986	12.5	890~915 (反向) 935~960 (前向)	1 999	覆盖范围小,适合城 市用户	澳大利亚、比利时、中国、 北欧诸国、法国、东南亚、 土耳其、沙特
TACS+ ETACS	1985	25	890~915 (反向) 935~960 (前向) 872~888 (反向) 917~933 (前向)	1 000 + 640	比 AMPS 的容量大 50%,但蜂窝更小	中国(包括香港)、阿拉伯 联合酋长国、英国

表中所有系统都采用 FDMA(Frequency Division Multiple Access)方式来实现无线系统接入,而采用的频谱范围以及信道带宽则各不相同。第一代系统所提供的基本业务是语音通

信业务，其中的一些系统直到目前还仍在为用户提供第一代通信服务。

2. 第二代（2G）移动通信系统

随着移动通信市场的迅速发展，对移动通信技术提出了更高的要求。由于模拟系统本身的缺陷，如频谱效率低、网络容量有限、保密性差、体制混杂、不能国际漫游、不能提供 ISDN 业务、设备成本高、手机体积大等，已使得模拟系统无法满足人们的需求。为此广大移动通信领域里的有识之士在 20 世纪 90 年代初开发出了基于数字通信的移动通信系统，即数字蜂窝移动通信系统——第二代移动通信系统（2G）。

数字技术最吸引人的优点之一是它的抗干扰能力和潜在的大容量，也就是说，它可以在环境更为恶劣、需求量更大的地区使用。数字信号处理和数字通信技术的发展，使一些新的无线应用开始出现，如移动计算、移动传真、电子邮件、金融管理、移动商务等。在一定的带宽内，数字系统良好的抗干扰能力使得第二代蜂窝系统具有比第一代蜂窝移动通信系统更大的通信容量，更高的服务质量。采用数字技术的系统具有下述特点：

- 系统灵活性：由于各种功能模块，特别是数字信号处理（DSP，Digital Signal Processing）、现场可编程门阵列（FPGA，Field Programmable Gate Array）等可编程数字单元的出现和成熟，使系统的编程控制能力和增加新功能的能力与模拟系统相比大大提高。
- 高效的数字调制技术和低功耗系统：利用数字调制技术的系统，频谱利用率和灵活性等都超过了同类的模拟系统。另一方面，数字调制技术的采用，使得系统的功率消耗降低，从而延长了电池的使用寿命。
- 系统的大容量：在配置给 AMPS 的 333 个信道中，大约有 21 个用于呼叫接通控制，而通过数字技术，用于同步、导频、传输控制、质量控制、路由等的附加比特大大降低。
- 信源和信道编码技术：相比于有线通信，无线通信的频率资源是极其有限的。新一代的信源和信道编码技术不仅实现了数字语音和数据通信的综合，降低了单用户的带宽需要，使多个用户的语音信号复用到同一个载波上，并且改善了移动环境中信号传送的可靠性。如速率为 13.2 kb/s、应用于 GSM 系统的 RPE-LTP（Regular Pulse Excited Long Term Prediction）的语音压缩技术，速率为 8 kb/s、应用于 IS-54 系统的 VSELP（Vector Sum Excited Linear Predictions）的语音压缩技术，以及目前受到广泛重视的 Turbo 信道编码技术等，它们不仅提高了频谱效率，也增强了系统的抗干扰能力。
- 抗干扰能力：数字系统不仅有更好的抗同信道干扰（CCI）和抗邻信道干扰（ACI）的能力，而且有更好的对抗外来干扰的能力。同时，采用数字技术的系统得以利用比特交织、信道编码、编码调制等技术进一步提高系统的可靠性和抗干扰能力。这也是第二代、第三代以及第四代蜂窝移动通信系统采用数字技术的重要原因之一。由于数字系统有可能在很高 CCI 和 ACI 的环境中工作，设计者可利用这个特征降低蜂窝尺寸，减少信道组的复用距离，减少复用组的数量，大大提高系统的通信容量。
- 灵活的带宽配置：由于模拟系统不允许用户改变带宽以满足对通信的特殊要求，因而对于一个预先固定了带宽的通信系统，频谱的利用率可能不是最有效的。从原理上讲，数字系统有能力比较容易灵活地配置带宽，从而提高利用率。灵活的带宽配

置虽未在第二代系统中得以充分体现，但它是采用数字技术的又一大优点。

- 新的服务项目：数字系统可以实现模拟系统不能实现的新服务项目，比如鉴权、短消息、WWW 浏览、数据服务、语音和数据的保密编码以及增加综合业务（ISDN）、宽带综合业务（B-ISDN）等新业务（这些应用在第二代移动通信系统中未能全部直接实现）。
- 接入和切换的能力和效率：对于固定数量的频谱资源，蜂窝系统通信容量的增加意味着相应蜂窝尺寸的减小，这同时意味着更为频繁的切换和信令交互。基站将处理更多的接入请求和漫游注册。

由于数字系统具有上述的优点，所以第二代移动通信系统采用数字方式，因此也称为第二代数字移动通信系统。

在第一代移动通信系统中，欧洲国家使用的制式各不相同，技术上也没有很大优势，并且不能互相漫游。因此在开发第二代数字蜂窝通信系统中，欧洲联合起来研制泛欧洲的移动通信标准，提高竞争优势。为了建立一个全欧洲统一的数字蜂窝移动通信系统，1982 年欧洲有关主管部门会议（CEPT）设立了移动通信特别小组（GSM，Group Special Mobile）协调推动第二代数字蜂窝通信系统的研发。1988 年提出了主要建议和标准，1991 年 7 月双工 TDMA 制式的 GSM 数字蜂窝通信系统开始投入商用。它拥有更大的容量和良好的服务质量。美国也制定了基于 TDMA 的 DAMPS、IS-54、IS-136 标准的数字网络。

美国的 Qualcomm 公司提出了一种采用码分多址（CDMA）方式的数字蜂窝通信系统的技术方案，成为 IS-95 标准，它在技术上有许多独特之处和优势。

日本也开发了个人数字系统（PDC）和个人手持电话系统（PHS）技术。第二代移动通信系统使用数字技术，提供语音业务、低比特率数据业务以及其他补充业务。GSM 是当今世界范围内普及最广的移动无线标准。

我国第一个全数字移动电话系统（GSM）于 1993 年建成开通。现在我国主要使用的移动通信网络有 GSM 和 CDMA 两种系统。表 1-2 列出了主要的第二代移动通信系统。

表 1-2 第二代数字蜂窝移动通信系统特征

系统	信道带宽	码速（kb/s）	调制	多址技术	最少信道数	每信道用户数
IS-95	1.25 MHz	1.2288 Mb/s	O-QPSK QPSK	FDMA/CDMA	20	<63
JDC	25 kHz	42 kb/s	$\pi/4$ -DQPSK	FDMA/TDMA	1 600	3
TIA-136	—	—	$\pi/4$ -DQPSK	FDMA/TDMA	832	3
GSM	200 kHz	270.833 kb/s	GMSK	FDMA/TDMA	125	8

表中所列的第二代蜂窝移动通信系统，均采用频分双工模式（FDD），相互之间基本上是不兼容的。在市场方面，主要有三种技术标准获得较为广泛的应用，即主要应用于欧洲和世界各地的 GSM、北美的 IS-136 和日本的 JDC（Japanese Digital Cellular）或 PDC（Pacific Digital Cellular）。第二代无绳电话标准则有 CT-2 和 DECT（Digital European Cordless Telecommunications）。

3. 第三代（3G）移动通信系统

由于第二代数字移动通信系统在很多方面仍然没有实现最初的目标，比如统一的全球标