

移动通信前沿技术丛书

基于TDD的 第四代移动通信技术

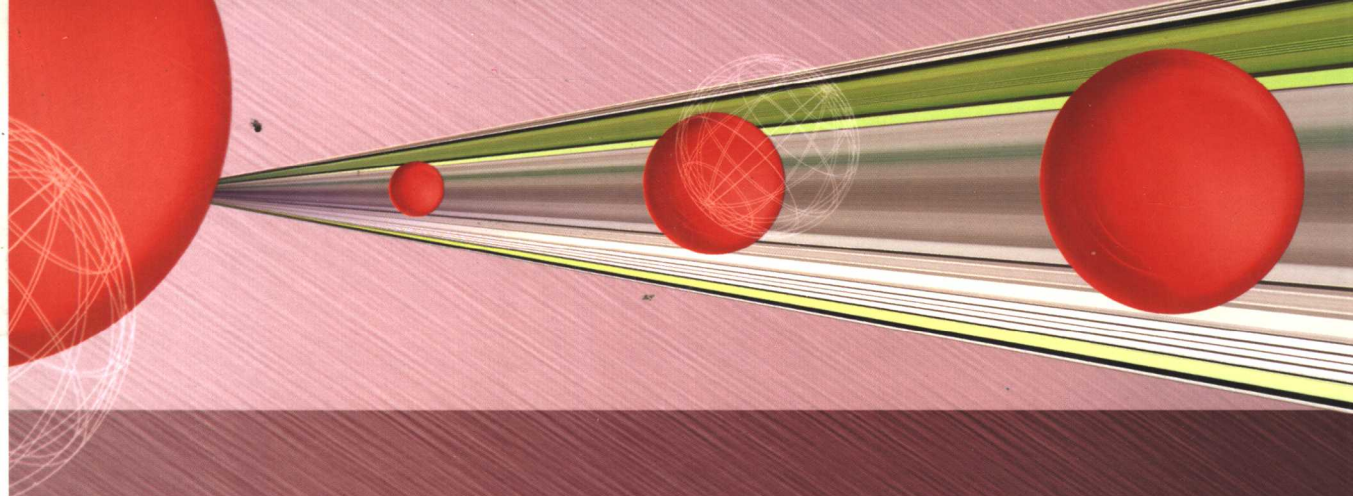
谢显中 等编著



电子工业出版社

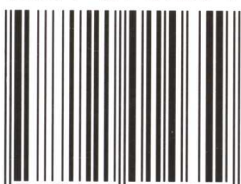
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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



谢显中，男，1966年出生，博士，现为重庆邮电学院教授、移动通信学术带头人、信息产业部/重庆市移动通信重点实验室主任，目前主要从事移动通信技术方面的科研与教学工作。近5年负责或作为主研人员参加TD-SCDMA方面的863项目、教育部/信产部项目、重庆市攻关项目等10余项。1999年3月至8月在德国西门子公司从事3G TDD模式技术与系统设计合作研究。在国内外学术刊物发表论文30余篇，出版专著《TD-SCDMA 第三代移动通信系统技术与实现》并与人合作信道编码专著一部。

ISBN 7-121-01465-3



9 787121 014659 >



责任编辑：竺南直

责任美编：许明韬

本书贴有激光防伪标志，凡没有防伪标志者，属盗版图书。

ISBN 7-121-01465-3

定 价：38.00 元

移动通信前沿技术丛书

基于 TDD 的第四代移动通信技术

李祥明 唐 宏 周 围
谢显中 夏绪玖 林 云 田增山 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书主要探讨 B3G/4G 移动通信系统的无线传输技术 (RTT), 特别强调中国具有自主知识产权和雄厚基础的 LAS 技术、TDD 技术和 VENQ 技术, 并侧重与 TDD 模式相关的物理层技术, 主要包括: TDD 模式及相关的 Pre-RAKE 和 JT 技术、OFDM 技术、智能天线 (SA)、空时处理 (STP)、MIMO 技术、AMC 技术、HARQ 技术、无线资源管理、LAS-CDMA、定位技术等部分。本书系统性强, 注重理论与实际应用的结合, 不仅包括最新的理论原理, 还有具体的性能分析和仿真结果。

本书适用对象为无线通信及相关专业的研究生、教师和科研人员, 也可作为无线通信工程师了解和学习移动通信新技术的参考读物, 还可选为研究生一学期的教学用书。

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

基于 TDD 的第四代移动通信技术/谢显中等编著. —北京: 电子工业出版社, 2005.7

(移动通信前沿技术丛书)

ISBN 7-121-01465-3

I. 基… II. 谢… III. 移动通信—通信技术 IV. TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 068359 号

责任编辑: 竺南直 特约编辑: 熊小芸

印 刷: 北京四季青印刷厂

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: 787×1092 1/16 印张: 25.75 字数: 660 千字

印 次: 2005 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 38.00 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。

前 言

移动通信已成为当代通信领域内发展潜力最大、市场前景最广的热点技术。到目前为止，移动通信的发展经历了三代，第一代移动通信（1G）为模拟通信，给人们开辟了移动通信的崭新天地；第二代移动通信（2G）为数字通信，让普通人享受到移动通信的方便和益处；第三代移动通信（3G）为准宽带移动通信，能提供基本的数据和多媒体业务。可以说，移动通信已深刻地影响了人们的生活和工作方式，为社会进步、经济发展做出了贡献。

但移动通信的现状与人们的需求还有很大的差距，从用户角度看，移动通信业务应更丰富多彩和个性化；从应用角度看，移动通信与互联网正在紧密结合，有线互联网的所有应用都希望在移动通信中实现；从网络角度看，2G 与 3G 蜂窝系统、WMAN、WLAN、WPAN 等各自为政，需要融合到一个 IP 核心网上，并且在网络之间能够实现互操作和无缝连接。解决这些问题需要发展新一代移动通信系统，即超三代（B3G）或第四代（4G）移动通信系统。第四代移动通信系统将是 IP 为基础的、多功能集成的、各种网络融合的宽带移动通信系统，可以提供的数据传输速率达 100Mbps 甚至更高。

21 世纪中国移动通信还有一个巨大的发展空间，这为中国移动通信的发展提供了前所未有的机遇，同时也带来了严峻的挑战。为此，中国有必要在大力开发第三代移动通信技术的同时，提前做好准备，积极参与 ITU 关于第四代移动通信标准建议的研究，掌握世界移动通信技术的研究动向和最新成果，加强国际合作，关注并进行第四代移动通信技术的研究与开发工作，把第四代移动通信的研发与建立中国移动通信产业结合起来，加快中国移动通信产业的发展，使中国由移动通信大国发展成为移动通信强国。

本书主要探讨 B3G/4G 移动通信系统的无线传输技术（RTT），特别强调中国具有自主知识产权和雄厚基础的 LAS 技术、TDD 技术、VENO 技术，并侧重与 TDD 模式相关的物理层技术，主要包括：TDD 模式及相关的 Pre-RAKE 和 JT 技术、OFDM 技术、智能天线（SA）、空时处理（STP）、MIMO 技术、AMC 技术、HARQ 技术、无线资源管理、LAS-CDMA、定位技术等部分。基于这些技术，再加上相应的系统设计，可以形成 TDD+OFDM+MIMO/SA/STP+LAS+AMC+HARQ 的 B3G/4G 移动通信物理层标准方案版本，希望这种思路能够起到抛砖引玉的作用，为中国的 B3G/4G 移动通信标准和研发提供参考。

本书是作者近年来承担 B3G/4G 移动通信技术相关项目和开展该方面研究工作的阶段性总结，也是作者所在的依托于重庆邮电学院的移动通信技术信息产业部/重庆市重点实验室的集体智慧。其中，第 1 章、第 2 章、第 10 章和第 7 章中的 AMC 部分由谢显中博士撰写，第 3 章和第 7 章的 LDPC 部分由李祥明博士撰写，第 4 章由周围博士撰写，第 5 章由夏绪玖博士撰写，第 6 章由林云博士撰写，第 8 章和第 9 章由唐宏博士撰写，第 11 章由田增山博士撰写，最后全书由谢显中博士统稿。

在此，首先要感谢重庆邮电学院院长聂能教授和科技处处长唐红教授对作者从事 B3G/4G 移动通信技术研发工作的支持和帮助，他们对本书的撰写和出版也做出了很大的贡献。还要感谢新加坡南洋理工大学的 Franklin C. P. Fu 教授、美国 Stanford 大学的 Willie W. Lu

教授、美国 Michigan 大学的 W. D. Xiang 教授、北京邮电大学的罗涛博士等在 B3G/4G 移动通信技术相关项目的合作和技术问题的探讨。最后感谢移动通信技术信息产业部/重庆市重点实验室的全体老师和研究生在 B3G/4G 移动通信技术研发工作中的共同努力和贡献。

鉴于时间仓促、作者水平有限，加之移动通信技术的发展日新月异，书中难免有疏漏甚至不当之处，恳请读者批评指正。

编著者

2005 年 1 月于重庆邮电学院

目 录

第 1 章 4G 概述	(1)
1.1 移动通信的发展	(1)
1.2 4G 的概念和特点	(6)
1.3 4G 的业务预测	(9)
1.3.1 用户对 4G 业务的要求	(9)
1.3.2 从应用环境看 4G 业务	(10)
1.3.3 从应用领域看 4G 业务	(11)
1.3.4 从通信主体看 4G 业务	(12)
1.4 4G 的网络结构	(13)
1.4.1 无线通信网络结构现状	(13)
1.4.2 4G 网络结构分析	(14)
1.5 4G 的研发现状和发展趋势	(17)
1.5.1 欧洲的情况	(17)
1.5.2 日本的情况	(18)
1.5.3 韩国的情况	(20)
1.5.4 美国的情况	(21)
1.5.5 中国的情况	(22)
1.6 本书内容安排与结构	(23)
本章小结	(25)
参考文献	(25)
第 2 章 TDD 模式与传输预处理技术	(27)
2.1 TDD 模式原理	(27)
2.2 TDD 模式优点与问题	(28)
2.2.1 TDD 模式的优点	(28)
2.2.2 TDD 模式的问题	(30)
2.3 TDD 干扰分析	(32)
2.3.1 小区间的干扰	(32)
2.3.2 TDD 与 FDD 之间的干扰	(39)
2.4 预 RAKE 技术	(43)
2.4.1 预 RAKE 技术原理	(43)
2.4.2 预 RAKE 技术性能分析	(45)
2.4.3 仿真结果与讨论	(48)
2.5 联合传输技术	(50)
2.5.1 概述	(50)

2.5.2 联合传输技术原理	(51)
2.5.3 联合传输技术的简化算法	(61)
2.5.4 TD-SCDMA 系统中的应用	(67)
本章小结	(72)
参考文献	(73)
第 3 章 OFDM 技术	(75)
3.1 OFDM 的基本原理与系统模型	(76)
3.1.1 无线移动多径信道的频域模型	(76)
3.1.2 OFDM 基本原理和频域模型	(77)
3.2 OFDM 的关键技术	(78)
3.2.1 峰值平均功率比的抑制	(78)
3.2.2 OFDM 的定时同步	(84)
3.2.3 OFDM 的信道估计	(102)
3.2.4 OFDM 自适应功率和速率分配	(109)
3.3 OFDM 在无线通信系统中的应用	(109)
3.3.1 数字音频和视频广播系统	(109)
3.3.2 IEEE 802.11 无线局域网标准	(113)
本章小结	(116)
参考文献	(116)
第 4 章 智能天线技术	(119)
4.1 智能天线概述	(119)
4.1.1 智能天线的概念	(119)
4.1.2 智能天线的发展历史	(120)
4.2 智能天线的结构及工作原理	(121)
4.2.1 天线的基本概念及阵列天线结构	(121)
4.2.2 阵列信号模型	(123)
4.2.3 均匀直线阵波束形成 (Beam Forming)	(125)
4.2.4 智能天线的两种工作方式	(127)
4.3 智能天线的波束形成	(130)
4.3.1 波束形成的常用最优准则 (最佳波束形成器)	(130)
4.3.2 波束形成算法	(134)
4.4 波达方向 (DOA) 估计算法	(145)
4.4.1 传统法	(145)
4.4.2 MUSIC 算法	(147)
4.4.3 ESPRIT 算法	(150)
4.5 智能天线在移动通信系统中的应用	(152)
4.5.1 采用智能天线后移动通信系统的性能分析	(152)
4.5.2 智能天线对移动通信系统的影响	(157)
本章小结	(160)

参考文献	(161)
第 5 章 空时信道与时空接收机	(163)
5.1 空时信道模型	(163)
5.1.1 SIMO 矢量信道模型	(165)
5.1.2 基于 (散射体) 几何分布的单反射椭圆模型 (GBSBEM)	(168)
5.2 空时信道估计	(173)
5.2.1 数据模型	(174)
5.2.2 联合角度-时延估计	(175)
5.2.3 时延和空间特征估计	(178)
5.3 空时信号接收	(184)
5.3.1 离散空时信号模型	(185)
5.3.2 最佳空时接收机设计准则	(186)
5.3.3 TDMA 信号的空时接收	(188)
5.3.4 CDMA 信号的空时接收	(191)
本章小结	(202)
参考文献	(202)
第 6 章 MIMO 技术	(204)
6.1 MIMO 系统的模型	(204)
6.2 单用户 MIMO 系统容量	(205)
6.2.1 独立衰落下单用户 MIMO 系统容量	(206)
6.2.2 相关衰落下单用户 MIMO 系统容量	(210)
6.3 多用户 MIMO 系统容量分析	(215)
6.3.1 发射机能估计信道信息, 接收机能估计信道 BC 信道容量分析	(216)
6.3.2 发射机不能估计信道信息, 接收机能估计信道 BC 信道容量分析	(218)
6.4 MIMO 系统的锁孔效应	(219)
6.5 空时编码的设计准则	(221)
6.5.1 空时编码系统	(221)
6.5.2 空时编码的性能分析	(222)
6.5.3 空时编码设计准则	(228)
6.6 空时编码	(229)
6.6.1 空时分组码	(229)
6.6.2 空时网格码	(234)
6.6.3 分层空时编码	(235)
本章小结	(236)
参考文献	(236)
第 7 章 自适应调制编码技术	(240)
7.1 概述	(240)
7.2 AMC 技术原理	(241)
7.3 AMC 的发送和接收处理	(243)

7.4 LDPC 编码	(247)
7.4.1 线性分组码的生成矩阵和校验矩阵	(247)
7.4.2 二进制规则 LDPC 编码	(248)
7.4.3 二进制规则 LDPC 码的构造	(248)
7.4.4 二进制非规则 LDPC 编码	(249)
7.4.5 多进制 LDPC 编码	(249)
7.5 LDPC 码的和-积解码算法	(250)
7.5.1 树图和因子图	(250)
7.5.2 和-积译码算法	(251)
7.6 基于有限域 $GF(q)$ 的 LDPC 码及其带宽有效传输	(254)
7.6.1 基于 $GF(q)$ 的 LDPC 码与 q 进制调制直接结合的带宽有效传输	(254)
7.6.2 多进制 LDPC 码的编码设计	(255)
本章小结	(257)
参考文献	(258)
第 8 章 HARQ 技术	(260)
8.1 HARQ 概述	(260)
8.1.1 差错控制	(260)
8.1.2 ARQ 和 FEC	(260)
8.1.3 HARQ	(262)
8.2 标准 ARQ 协议	(263)
8.2.1 停止与等待 (Stop-and-wait)	(263)
8.2.2 返回 N (GO-back- N)	(267)
8.2.3 选择性重发(Selective repeat)	(267)
8.3 HARQ 的基本类型及算法实现	(268)
8.3.1 编码冗余版本的生成	(268)
8.3.2 I 型 HARQ(HARQ-I)	(270)
8.3.3 II 型 HARQ (HARQ-II)	(270)
8.3.4 III 型 HARQ(HARQ-III)	(272)
8.4 HARQ 的应用方式	(274)
8.4.1 II/III 型 HARQ 在 RLC 层上的重传	(274)
8.4.2 在 L1 层重传时 L2 层和 L3 层的 II/III 型 HARQ 操作	(280)
本章小结	(282)
参考文献	(282)
第 9 章 无线资源管理	(286)
9.1 无线资源管理概述	(286)
9.1.1 功率控制技术	(286)
9.1.2 信道分配	(287)
9.1.3 调度技术	(288)
9.1.4 切换技术	(288)

9.1.5	端到端 QoS 保障	(288)
9.2	信道分配分类	(289)
9.2.1	信道分配概念	(289)
9.2.2	动态信道分配分类	(290)
9.2.3	集中式 DCA	(291)
9.2.4	分布式 DCA	(292)
9.3	干扰自适应 DCA 和流量自适应 DCA	(292)
9.3.1	业务自适应 DCA 分析	(293)
9.3.2	干扰自适应 DCA 分析	(294)
9.4	神经网络在 DCA 中的应用	(295)
9.4.1	信道分配模型	(296)
9.4.2	信道参数	(297)
9.4.3	性能评估模型	(298)
9.5	Aggressive fuzzy Distributed DCA 算法	(300)
9.6	TD-SCDMA 系统中的 DCA	(305)
9.6.1	3G TDD 中信道分配功能分类及分配过程	(305)
9.6.2	信道优先级更新策略	(306)
9.6.3	动态信道分配策略	(306)
9.6.4	信道分配和调整	(313)
9.6.5	信道分配方案实例	(313)
9.7	切换技术	(315)
9.7.1	切换的基本过程	(315)
9.7.2	切换的控制方式	(316)
9.7.3	切换准则	(317)
9.7.4	切换分类	(320)
9.8	TD-SCDMA 中的接力切换	(321)
9.8.1	接力切换的基本概念	(321)
9.8.2	接力切换的基本过程	(321)
9.9	垂直切换	(323)
9.9.1	多层小区	(323)
9.9.2	水平切换和垂直切换	(325)
9.9.3	异构型 PCS 中的垂直切换	(326)
本章小结		(328)
参考文献		(328)
第 10 章 LAS-CDMA 技术		(331)
10.1	LAS 码概述	(331)
10.1.1	LAS 码的概念与发展情况	(331)
10.1.2	LAS 码的特点	(332)
10.1.3	LAS 码的应用	(334)

10.2	LA 码的构造	(338)
10.2.1	LA 码的基本生成方法	(338)
10.2.2	LA 码生成方法的改进	(340)
10.3	LS 码的构造	(341)
10.3.1	LS 码的多项式构造方法	(341)
10.3.2	LS 码的矩阵描述	(344)
10.3.3	LS 码与 LA 码的结合应用	(345)
10.4	LAS-CDMA 系统	(346)
10.4.1	LAS-CDMA 体系与标准	(346)
10.4.2	LAS-2000 系统	(348)
10.4.3	LAS-CDMA 系统的频谱效率	(351)
	本章小结	(355)
	参考文献	(356)
第 11 章	移动通信定位技术	(357)
11.1	概述	(357)
11.1.1	第四代移动通信定位系统需求和发展历程	(357)
11.1.2	第四代移动通信定位系统研究现状和趋势	(359)
11.1.3	本章的安排	(359)
11.2	无线定位技术的分类	(360)
11.2.1	基于终端的定位技术	(360)
11.2.2	基于网络的定位技术	(361)
11.2.3	混合定位技术	(362)
11.2.4	定位算法的基本过程	(362)
11.3	定位参数的获取	(363)
11.3.1	群相关检测算法	(363)
11.3.2	算法中各参数的选定	(364)
11.4	TDOA 定位估计算法	(367)
11.4.1	最小二乘估计的数学方法	(367)
11.4.2	Levenberg-Marquardt 算法	(369)
11.4.3	最小二乘估计三边求解算法	(369)
11.4.4	计算 DOP	(371)
11.4.5	几何精度因子对定位精度的影响	(372)
11.5	AOA 定位估计算法	(375)
11.5.1	AOA 估计算法	(375)
11.5.2	AOA 定位算法数学模型的建立	(380)
11.6	误差分析和误差抑制算法	(382)
11.6.1	误差产生的原因	(382)
11.6.2	误差抑制方法	(389)
	本章小结	(400)
	参考文献	(400)

第1章 4G 概述

1.1 移动通信的发展

所谓“通信”就是指信息的传输、发送和接收^[1]。大家都知道“烽火戏诸侯”的故事，其实，中国古代的“烽火台”就是人类最早的通信工具。这种“烽火通信”发送的是火“光”，传输通过“无线”方式，接收是通过视觉，因此，人类早期的通信主要是借助视觉实现的，可以概括为“视觉通信”，并且使我们认识到光和无线方式可以传递信息。但是“视觉通信”传递的信息状态太少、传输的距离受限。

随着人类使用文字和符号的普及，出现了大家熟悉的“鸿雁传书”，即将要传递的信息用文字或符号写信传递给对方，信件种类很多，包括木头信、泥版信、纸草信、蜡版信、兽皮信、树皮信、绢帛信、纸信等。传递方式也丰富多彩，从人力传递、飞鸽传递、单骑传递、接力传递、“鸡毛信”（快速传递），到现在邮政的车辆传递、航空传递、航海传递等。这种通信方式可以概括为“信件通信”，它传递的状态和信息量大增，传输距离也变远，但是传递时间太长。不过今天仍然有很多人采用这种通信方式，“见信犹如见面”的通信方式还将继续影响我们的生活和工作。

人类通信史上革命性的变化是从把电波作为信息载体后发生的，利用电波做信息载体的通信方式称为“电信”，“电信”基本克服了“视觉通信”和“信件通信”的问题。当电信号在有线路中传输时，则为有线通信，当电信号在空中传输时，则为无线通信。一般有线通信成本低，但不能自由移动，无线通信可以使人们在移动中通信，成本较高，因而手机价格和通信费用都较高。

近代电信的标志是电报的诞生。1753年2月17日，在《苏格兰人》杂志上发表了一篇文章，作者提出了用电流进行通信的大胆设想。1793年，法国查佩兄弟俩在巴黎和里尔之间架设了一条230km长的接力方式传送信息的托架式线路。这是一种由16个信号塔组成的通信系统，信号机由信号员在下边通过绳子和滑轮，操纵支架的不同角度，表示相关的信息。当时，法国和奥地利正在作战，这种信号系统只用1小时就把从奥军手中夺取埃斯河畔孔代的胜利消息传到巴黎。以后，比利时、荷兰、意大利、德国及俄国等也先后建立了这样的通信系统。据说查佩两兄弟之一是第一个使用“电报”这个词的人。

1832年，俄国外交家巴伦·许希林利用电磁感应原理制作出了用电流计指针偏转来接收信息的电报机。1837年6月，英国青年威廉·库克受许希林的启发，制作出了五指针的电报机，获得了第一个电报发明专利权。不过，这种方式还不够方便实用，无法真正投入使用，历史到了这关键的时候，仿佛停顿了下来，还得等待一个专家来解决难题。1832年，美国专家莫尔斯在旅欧学习途中，开始对这种新生的技术发生了兴趣，经过3年的钻研之后，1835年，他发明的第一台实用的电报机问世。

莫尔斯成功地用电流的“通”、“断”和“长短”来代替了人类的文字进行传送，这就是鼎鼎大名的莫尔斯电码。1843年，莫尔斯建成了从华盛顿到巴尔的摩的电报线路，全长

64.4km。1844年5月24日，在座无虚席的国会大厦里，莫尔斯用他那激动得有些颤抖的双手，操纵着他倾十余年心血研制成功的电报机，向巴尔的摩发出了人类历史上的第一份电报：“上帝创造了何等奇迹！”

电报的发明，把人们想要传递的信息以300 000km/s的速度传向远方。这是人类信息史上划时代的创举。但久而久之，人们又有点不满足了。因为发一份电报，需要先拟好电报稿，然后再译成电码，交报务员发送出去；对方报务员收到报文后，得先把电码译成文字，然后投送给收报人。这不仅手续繁多，而且不能及时地进行双向信息交流；要得到对方的回电，还需要等较长的时间。人们对电报的不满，促使科学家们开始探索新的电信手段——电话。

据国际电信联盟的电话100年历史显示，在公元968年，中国人发明了一种叫“竹信”的东西，它被认为是今天“电话”的雏形。1860年，德国人赖斯最早提出远距离传送话筒——接力传送信息的建议，并用电将一段旋律传送了一段距离，虽然这种方法不太切合实际，但他为这种通话方式所取的名字——“电话”，却一直沿用至今。

19世纪30年代之后，人们开始研究用电磁现象来传送音乐和话音的方法，其中最有成就要算是亚历山大·格雷厄姆·贝尔了。有一次，当他在做电报实验时，偶然发现了一块铁片在磁铁前振动会发出微弱声音的现象，而且他还发现这种声音能通过导线传向远方。这给贝尔以很大的启发，如果对着铁片讲话，不也可以引起铁片的振动吗？这就是贝尔关于电话的最初构想。

贝尔发明电话的努力得到了当时美国著名的物理学家约瑟夫·亨利的鼓励。亨利对他说：“你有一个伟大发明的设想，干吧！”一天贝尔正在做实验，不小心把瓶内的硫酸溅到了自己的腿上，他疼痛得喊叫起来：“沃森先生，快来帮我啊！”想不到，这一句极普通的话，竟成了人类通过电话传送的第一句话音，正在另一个房间工作的贝尔先生的助手沃森，是第一个从电话里听到电话声音的人。贝尔在得知自己试验的电话已经能够传送声音时，热泪盈眶。当天晚上，他写给母亲的信中预言：“朋友们各自留在家里，不用出门也能互相交谈的日子就要到来了！”

1877年，在波士顿设的第一条电话线路开通了，沟通了查尔斯·威廉先生的各工厂和他在萨默维尔私人住宅之间的联系。也就在这一年，有人第一次用电话给《波士顿环球报》发送了新闻消息，从此开始了公众使用电话的时代。后来，大发明家爱迪生利用电磁效应，制成炭精送话器，使送话效果显著提高。爱迪生炭精话筒的原理及其器件一直沿用至今。

固定电话让相隔千山万水的人能够自由地交谈，但是人们还希望随时随地更加方便的交流，甚至在移动中也可以交流，这需要身边有可供使用的电话机才行。由于固定电话需要架设有线线路，这样不可能做到随时随地和移动中通信，能够满足这个要求的电话就是移动电话，相应的通信技术就是移动通信。

现代移动通信起源于19世纪Hertz的电磁波辐射试验，使人们认识到电磁波和电磁能量是可以控制发射的，其后Marconi的跨大西洋无线电通信证实了电波携带信息的能力，而理论基础由Maxwell的电磁波方程组奠定。但是真正的移动通信技术的发展应从20世纪20年代开始，其代表是工作于2MHz的美国底特律警察局使用的专用移动通信（车载）系统。20世纪30年代初，移动发射机出现，第二次世界大战各国武装部队采用了大量的无线电通信系统，极大地促进了移动通信的发展。

第二次世界大战结束后开始了建立公众移动通信系统阶段，到目前为止移动通信经历了

三代，从第一代模拟移动通信系统（1G），到第二代数字移动通信系统（2G），再到第三代多媒体移动通信系统（3G），正在向三代后或第四代宽带移动通信系统（B3G/4G）发展。

第一代移动通信系统是模拟系统，它的发展大致分为两个阶段。第一阶段是从 20 世纪 40 年代中期到 70 年代中期，开始主要提供公用汽车电话业务，采用大区制，可以实现人工交换与公众电话网的接续。60 年代中期进行自动交换与公众电话网的接续，并且由于频率合成器的出现，信道间隔缩小，信道数目增加。第二阶段是从 70 年代中期到 90 年代初期，主要是解决用户增加而频道有限的情况下，如何提高频谱利用率的问题，Bell 实验室提出了蜂窝系统概念，进而发展了小区制大容量系统，典型代表有：美国的 AMPS、英国的 TACS、北欧的 NMT-450/900、德国的 C-450/900、日本的 NAMTS 等。第一代移动通信系统的主要问题是：各系统间没有公共接口；频谱利用率太低；无法与固定网向数字化推进相适应；不能漫游等。

由于第一代模拟移动通信系统存在的缺陷和市场对移动通信容量的巨大需求，80 年代初期，欧洲电信管理部门成立了一个被称为 GSM（移动特别小组）的专题小组研究和发展泛欧各国统一的数字移动通信系统技术规范，1988 年确定了采用以 TDMA 为多址技术的主要建议与实施计划，1990 年开始试运行，然后进行商用，到 1993 年中期已经取得相当成功，吸引了全世界的注意，现已成为世界上最大的移动通信网。美国于 1990 年确定了采用以 TDMA 为多址技术的数模兼容的数字移动通信系统 D-AMPS(IS-54/136)。1992 年美国 Qualcomm 公司发展了基于 CDMA 为多址技术的 IS-95 数字移动通信系统，该系统不仅数模兼容，而且系统容量是模拟系统的 20 倍，数字 TDMA 系统的 4 倍。日本于 1993 年发展了自成一体采用 TDMA 为多址技术的数字移动通信系统 JDC。虽然第二代数字移动通信系统较第一代模拟移动通信系统有很大的改进，但是也存在许多问题：没有统一的国际标准；频谱利用率较低；不能满足移动通信容量的巨大要求；不能经济地提供高速数据和多媒体业务；不能有效地支持 Internet 业务等。

第一代移动通信系统的作用在于给人们开辟了移动通信的崭新天地，第二代移动通信系统的贡献在于让普通人享受到移动通信的方便和益处。但是，随着人们的物质和文化生活水平的进一步提高，对移动通信业务的需求还越来越大，目前的第二代移动通信系统在容量和业务能力方面均不能满足社会的巨大需求，因此，发展第三代移动通信系统是社会需求和技术进展的必然。

第三代移动通信系统（也简称 3G）于 1985 年由 ITU（国际电信联盟）提出，当时称为未来公众陆地移动通信系统（FPLMTS）。1991 年 ITU-R 成立 TG8/1 任务组，负责 FPLMTS 标准制定工作，1992 年 ITU 召开世界无线电行政大会（WARC），对 FPLMTS 的频谱进行划分，分配了 1885~2025MHz 和 2110~2200MHz 共 230MHz 的频段给 FPLMTS。1994 年 ITU-T 和 ITU-R 正式携手研究 FPLMTS，ITU-T 负责网络方面的工作，ITU-R 负责无线接口方面的标准化工作。1996 年更名为 IMT-2000，意思是该系统使用 2000MHz 左右频段、提供业务速率高达 2Mbps、计划在 2000 年左右试运行。第三代移动通信系统与第二代移动通信系统相比有以下特点：

- 系统的国际性，提供全球无缝覆盖和漫游，世界范围设计的高度一致性；
- 业务的多样性，提供话音、数据和多媒体业务，车载通信速率为 144kbps，步行通信速率为 384kbps，室内通信速率为 2Mbps；

- 高质量业务，满足通信质量能达到与固定网相比拟的高质量业务要求；
- 高度的灵活性，按需分配带宽，支持大范围、可变速率的信息传送；
- 频谱利用率高、通信容量大；
- 袖珍、多频、多模、通用移动终端；
- 满足通信个人化的要求；
- 系统初始配置能充分利用第二代系统设备和设施，随后实现平滑升级；
- 低的费用，包括设备和服务两方面。

1997年初，ITU 要求在 1998 年 6 月 30 日前提交候选的 IMT-2000 无线接口技术方案。

为了能够在第三代移动通信标准的竞赛中取得领先地位和技术先机，以及第三代移动通信系统的数万亿元人民币的巨大市场前景，各个地区、国家、公司和标准化组织，都纷纷基于这些要求提出了自己的技术标准，到 1998 年 6 月 30 日标准征集截止日期，共收到欧洲的 UTRA 和 E-DECT；北美的 CDMA2000、UWC136 和 WIMS；日本的 WCDMA；韩国的 CDMA1 和 CDMA2；中国的 TD-SCDMA，共计 10 个公众陆地移动通信系统标准，如图 1-1 所示。

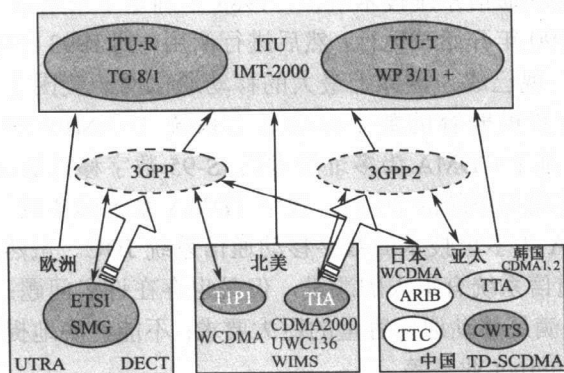


图 1-1 10 个 3G 候选标准

然后，ITU 开始了对 10 个候选标准的技术评估和融合工作。比较有影响的是下面四次会议：

- 1999 年 3 月，ITU-R TG8/1 在巴西召开会议，此次会议将 10 个陆地系统候选方案分为 CDMA 和 TDMA 两大组，初步确定了 IMT-2000 的大格局。随后爱立信与高通公司达成相互许可使用协议。
- 1999 年 5 月，在国际营运商组织（OHG）大会在多伦多会议上，针对 CDMA FDD 技术达成融合协议。
- 1999 年 10 月，ITU-R TG8/1 最后一次会议通过了 IMT-2000 无线接口技术的 5 个融合的候选方案，最终完成 IMT-2000 无线接口技术的制定工作。
- 2000 年 5 月，ITU 全会通过了 5 个正式的第三代移动通信系统（IMT-2000）无线接口标准：IMT-DS（即 WCDMA/UTRA-FDD）、IMT-MC（即 CDMA2000）和 IMT-TD（包括 UTRA-TDD 作为高码片速率选项和 TD-SCDMA 作为低码片速率选项）、IMT-SC（即 UWC-136）、IMT-FT（即 E-EDCT）。图 1-2 为 5 个 3G 正式标准。

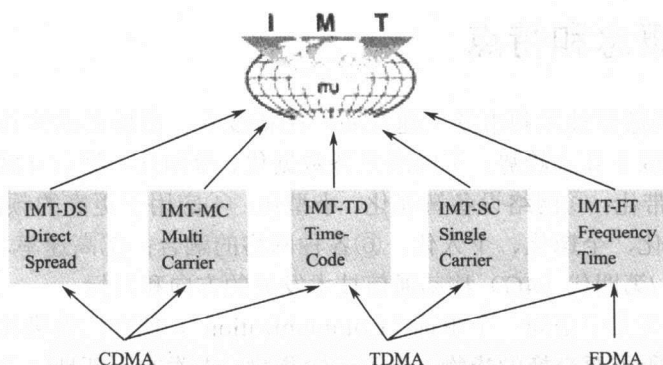


图 1-2 5 个 3G 正式标准

其中 IMT-SC (即 UWC-136)、IMT-FT (即 E-EDCT) 将只作为区域性标准, 用于 IS-136 和 DECT 系统的升级。被公认为世界各国会在商用中采用的主流标准为: WCDMA、CDMA2000 和 TD-SCDMA 等三种。三种主流标准都采用了 CDMA 技术, 但 WCDMA 和 CDMA2000 并没有本质上的差别, 基本上是 IS-95 技术的改进, 而 TD-SCDMA 则是新的, 采用了 TDD 双工方式、基于智能天线的同步 CDMA 技术。相对其他第三代移动通信标准, TD-SCDMA 具有更高的频谱利用率和更低的成本。中国在第一代和第二代移动通信系统中都是空白, 现在提出的 TD-SCDMA 系统能作为国际第三代移动通信系统的主流标准, 是中国移动通信历史上的重大突破, 标志着中国在移动通信技术领域已经进入世界先进行列。

从 1991 年 ITU-R 成立 TG8/1 任务组负责 FPLMTS 标准制定工作算起, 第三代移动通信系统的研究、标准化、产品开发和商用已经历了十余年, 目前其产业化和运营准备已成熟, 第二代移动通信系统必将在近期被第三代移动通信系统所取代。2001 年 10 月, 日本 NTT DoComomo 公司率先建立了世界上第一个 WCDMA 第三代移动通信商用网络, 2002 年 12 月, 和黄 3G 在英国、意大利和香港等开始 WCDMA 第三代移动通信业务商用, 其后, 一些公司相继建立了 WCDMA 商用网络, 目前用户数已近 2000 万户。另外, 从 2002 年 6 月足球世界杯开始, CDMA2000 第三代移动通信系统在韩国、日本和美国等也取得了良好的商用效果。

3G 系统相对于 2G 系统在通信速度和质量上都有了很大的提高, 并可以支持多媒体和 IP 类型的业务, 然而 3G 仍然存在一些这样那样的问题:

- 主流 3G 标准均采用 CDMA 技术, 由于 CDMA 的干扰、功率和频谱扩展限制, 很难达到预想的频谱效率;
- 3G 所采用的语音交换架构仍承袭了第二代 (2G) 的电路交换, 而不是纯 IP 方式, 传输效率不理想;
- 3G 的数据传输速率不够高, 多媒体 (视频) 的应用不满意;
- 3G 缺乏全球统一标准;
- 没有达到人们预先对 3G 的期望效果等。

正如 GSM 等第二代移动通信系统正式投入市场的同时, 业界就开始第三代移动通信的研究一样, 在 3G 系统还没有在全球全面铺开的现在, 4G 的研究已经开始好几年了。和当初的情况不同的是, 目前 3G 所面临的困难使人们更加关注 4G 研究的进展情况。