

移动智能终端 技术与测试

张睿 落红卫 李波 张沛 马群洲◎编著

本书是几位长期从事智能终端标准和测试技术研究的
工程师实践工作的总结

本书在以智能手机为代表的传统移动智能终端基础上，还对
广义上的移动智能终端如智能硬件、可穿戴设备、车载终端
等的特点和应用进行了介绍，对智能手机相关新技术的发展
如VR/AR技术、5G技术和5G终端的发展进行了展望

MOBILE
INTELLIGENT
TERMINAL
TECHNOLOGY
AND
TESTING



清华大学出版社

移动智能终端 技术与测试

张睿 落红卫 李波 张沛 马群洲◎编著

MOBILE
INTELLIGENT
TERMINAL
TECHNOLOGY AND
TESTING



清华大学出版社
北京

内 容 提 要

本书是几位长期从事智能终端标准和测试技术研究的工程师实践工作的总结。本书的内容包括了移动智能终端的发展过程、现状和趋势;对智能手机的关键技术,如软硬件技术、架构、芯片技术、人机交互技术、机卡接口技术、无线接口技术、天线技术、信息安全技术等进行了分析讲解。本书还介绍了国内外监管机构和运营商对移动智能终端的认证测试要求与流程,并对移动智能终端相关的测试标准和测试技术,如射频测试、协议测试、电磁兼容测试、音视频测试、用户体验测试、安规测试、信息安全测试等进行了介绍。

本书不仅涉及智能终端相关的传统技术,而且还对广义上的智能终端如融合型终端、智能硬件、可穿戴设备等特点和应用进行了介绍,对智能手机相关新技术的发展,如 VR/AR 技术、5G 技术和 5G 终端的发展进行了展望。

本书适合希望全面了解智能手机、智能终端技术和测试的工程师、学生阅读,适合智能手机企业和测试实验室工作的科研、测试、认证工程师学习,也适合从事相关科研工作的工程师参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

移动智能终端技术与测试/张睿等编著. —北京:清华大学出版社,2017

ISBN 978-7-302-45948-4

I. ①移… II. ①张… III. ①移动终端—智能终端—研究 IV. ①TN929.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 009920 号

责任编辑:刘 洋

封面设计:李召霞

责任校对:宋玉莲

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:32

字 数:735 千字

版 次:2017 年 2 月第 1 版

印 次:2017 年 2 月第 1 次印刷

定 价:128.00 元

产品编号:071569-01

本书编委会

(按姓氏笔画排序)

郑海霞 曹景新 周晓宇 李 光 刘宝殿

齐殿元 邸志军 金 舰 廉长亮 韩傲雪

赵 澎 刘志勇 刘 臻 王亚军 徐永太

齐殿元 周 峰

前言

智能手机已经是人们生活中不可或缺的工具,飞速发展的移动互联网通过智能手机,为我们提供了广泛的、种类丰富的应用。

以智能手机为代表的移动智能终端也成为了当前信息技术的重点创新领域和增长的驱动力,虽然自 2015 年以来,智能手机的增幅趋缓,但知名市场研究公司 Strategy Analytics 发布的报告显示,2015 年全年智能手机出货量达到 14 亿台,相比 2014 年的 12 亿,仍然增长了 12%。智能手机、平板、智能硬件、可穿戴设备、车载信息服务终端等形成了移动通信和 ICT 领域的一个又一个热点,并且随着可穿戴设备等智能终端向物联网领域延伸,智能终端行业将会迎来一个持续的黄金发展期。我国在全球智能终端领域表现抢眼,全球 80% 的智能终端在中国生产,从整个产业发展来看,我国已经具备相当大的影响力。

典型移动智能终端的代表是智能手机。智能手机将多种技术集中在一台设备中,相比于早期的功能机,智能手机具备了电话、互联网应用、音视频、娱乐、运动健康管理等功能,涉及的技术门类也非常繁杂,如射频技术、协议技术、人机交互技术、显示技术、音频技术、天线技术、EMC 技术、信息安全技术、电池技术等,智能手机的技术复杂程度甚至超过了一台尺寸大得多的电脑。

作为一种具有通信功能的消费类电子产品,智能终端需要的测试也比常见的电气产品复杂得多,各国的监管机构和运营商,对智能手机的准人和入网有着相当多的测试要求,欧盟、北美、日本各地区和 FCC、GCF、PTCRB 等组织对智能手机也有着不同的认证要求。

本书的作者是几位在中国信息通信研究院泰尔终端实验室工作多年的智能终端科研和测试专家,智能终端的关键技术、重要的测试领域和测试项目有哪些?测试依据什么标准?智能终端申请认证的方式和流程?智能终端的未来发展趋势是什么?这些都是作者在平时工作中思考和遇到的问题。本书是这些思考过程中的学习和总结。

智能终端涉及的技术领域非常广泛,由于作者水平所限和时间的仓促,本书必然存在许多不完善的地方,欢迎读者来信批评指正:zhangrui@caict.ac.cn。

最后,由衷感谢刘彤浩、李锦仪、王黎佳、雷思良、宋波、胡键伟、贾向东、王鑫、郭伟祥、吕松栋、李巍、聂蔚青、杨鹏、解谦等同事和朋友在书稿编写过程中提供的帮助。

本书作者

2016 年 9 月

目 录

前言	I	2.3 3G 通信技术	40
第一章 移动智能终端概述	1	2.4 4G 通信技术	45
1.1 移动智能终端的概念	2	2.5 4G+和 4.5G 通信技术	46
1.2 移动终端的发展过程	3	2.6 各代通信技术的比较	47
1.2.1 从模拟手机到数字手机	3	2.7 多模多频到“全网通”手机	50
1.2.2 移动智能终端的雏形	4	参考文献	51
1.2.3 iOS、Android 等操作系统的崛起	6	第三章 移动智能终端硬件架构	52
1.2.4 智能终端时代的到来	8	3.1 射频模块	54
1.3 移动智能终端的现状	9	3.1.1 收发器(Tranceiver)	54
1.3.1 移动智能终端市场现状	9	3.1.2 混频器	56
1.3.2 移动智能终端技术现状	11	3.1.3 锁相环部分	56
1.4 移动智能终端新技术趋势	20	3.1.4 功率控制环路	57
1.4.1 电池技术	22	3.1.5 天线	58
1.4.2 无线充电技术	22	3.2 基带模块	58
1.4.3 人机交互技术	25	3.3 外围模块	61
1.4.4 传感器	28	参考文献	67
1.4.5 虚拟现实和增强现实技术(VR 和 AR)	30	第四章 移动智能终端关键技术	68
参考文献	35	4.1 智能终端的软件技术	68
第二章 移动智能终端的通信制式	37	4.1.1 操作系统	68
2.1 模拟通信技术	37	4.1.2 应用软件	74
2.2 2G 通信技术	38	4.1.3 开发生态	77
		4.2 智能终端芯片技术	85
		4.2.1 基带芯片(Baseband Chip)	86

4.2.2	射频芯片(Radio Frequency Chip)	87	4.6	外围无线接口技术	161
4.2.3	应用处理器(Application Processor)	88	4.6.1	Wi-Fi	161
4.2.4	连接芯片(Connectivity Chip)	89	4.6.2	蓝牙	169
4.2.5	电源管理芯片(Power Management IC)	89	4.6.3	NFC	177
4.2.6	微机电系统(MEMS)	89	4.7	导航定位	186
4.2.7	低功耗管理技术	93	4.7.1	导航定位简介	186
4.2.8	芯片工艺	93	4.7.2	基于 GSM 网获取用户位置信息的技术	188
4.2.9	智能终端的芯片市场现状	94	4.7.3	基于 CDMA 网络的定位技术	189
4.3	人机交互技术	96	4.7.4	3G 中的移动定位技术	190
4.3.1	人机交互技术简介	96	4.7.5	基于 LTE 网络的定位技术	191
4.3.2	传统终端人机交互技术	96	4.7.6	室内定位技术	203
4.3.3	智能终端人机交互技术	97	4.8	VoLTE/RCS	206
4.3.4	人机交互技术的发展和应用	113	4.8.1	4G 网络语音方案	207
4.4	机卡接口技术	116	4.8.2	RCS	217
4.4.1	定义及简介	116	4.9	快速充电技术	224
4.4.2	通用集成电路卡(UICC)	116	4.9.1	快速充电技术原理	224
4.4.3	机卡接口电气特性	127	4.9.2	主流的快充技术	226
4.4.4	初始通信建立	130	4.9.3	快充的标准	228
4.4.5	传输协议	131	4.10	外设接口	229
4.5	天线技术	133	4.10.1	USB 接口	229
4.5.1	终端天线的历史及发展趋势	133	4.10.2	Mini USB 接口	229
4.5.2	终端天线的类型及设计	136	4.10.3	Micro USB	229
4.5.3	匹配电路的设计	147	4.10.4	USB3.0 数据线接口	230
4.5.4	Tunable 天线	152	4.10.5	苹果 Docking 接口	230
4.5.5	其他天线	158	4.10.6	苹果 Lightning 数据线接口	231
4.5.6	终端上其他部分对天线性能的影响	159	4.10.7	USB Type C 接口	231
			4.11	机身材质	232
			4.11.1	塑料材质	233
			4.11.2	玻璃材料	233
			4.11.3	金属材料	234
			4.12	摄像头技术	235
			4.12.1	摄像头成像原理	235

4.12.2 摄像头相关技术	
参数	237
4.12.3 摄像头技术发展	
趋势	237
参考文献	239

第五章 智能终端的

信息安全

5.1 操作系统	241
5.1.1 应用沙箱	241
5.1.2 权限管理	242
5.1.3 加密机制	242
5.1.4 应用签名	242
5.1.5 管理安全	243
5.2 应用软件	243
5.2.1 安全威胁	243
5.2.2 保护技术	245
5.2.3 检测技术	248
5.3 用户数据	252
5.3.1 数据类型	252
5.3.2 安全威胁	253
5.3.3 移动智能终端个人	
信息保护措施	254
5.4 可信计算	256
5.4.1 需求分析	256
5.4.2 可信技术	257
5.4.3 可信标准	258
5.5 生物识别	260
5.5.1 需求分析	260
5.5.2 特征分析	260
5.5.3 安全风险	260
5.5.4 安全措施	262
5.6 安全意识	263
参考文献	264

第六章 移动智能终端

测试技术

6.1 射频和无线资源管理	
一致性测试	265

6.1.1 射频 RF	265
6.1.2 无线资源管理	278
6.2 协议一致性测试	289
6.2.1 协议一致性测试	
系统	290
6.2.2 协议一致性测试	
内容	293
6.2.3 协议一致性测试	
标准	300
6.2.4 协议一致性测试	
平台	302
6.3 机卡接口一致性测试	304
6.3.1 环境要求	304
6.3.2 测试内容	305
6.3.3 测试标准	308
6.3.4 测试平台	311
6.4 移动智能终端业务和	
功能测试	313
6.4.1 移动智能终端支持的	
业务和功能分类	313
6.4.2 移动智能终端支持的	
主要业务和功能	313
6.4.3 智能终端主要业务和	
功能的测试	323
6.5 用户体验测试	326
6.5.1 用户体验简介	327
6.5.2 智能终端的用户体验	
评测方法	331
6.5.3 基于评测软件的	
Benchmark 测试	343
6.6 电磁兼容测试	360
6.6.1 电磁兼容测试依据的	
标准	360
6.6.2 电磁兼容测试项目	364
6.6.3 电磁兼容测试方法	
简介	364
6.7 电磁辐射测试(SAR)	370

6.7.1	终端电磁辐射的标准 和要求.....	370
6.7.2	各国认证要求.....	372
6.7.3	SAR的概念与测试 ...	375
6.8	天线测试	381
6.8.1	终端天线性能参数.....	381
6.8.2	终端天线测试方法.....	384
6.9	信息安全测试	385
6.9.1	测试验证.....	385
6.9.2	软件开源许可.....	387
6.9.3	签名认证技术.....	391
6.9.4	软件安全认证标准.....	397
6.10	安规测试	399
6.10.1	安规概述	399
6.10.2	安规测试标准介绍 ...	402
6.10.3	测试要求及方法	402
6.11	音频一致性测试	415
6.11.1	音频一致性测试的 目的	415
6.11.2	音频一致性测试的 标准	416
6.11.3	音频一致性测试 系统	417
6.11.4	音频一致性测试 类别和流程	417
6.11.5	音频一致性测试 环境和操作要求	418
6.11.6	音频一致性测试 项目	419
6.11.7	现有音频一致性测试技 术存在的一些问题 ...	421
6.11.8	未来音频一致性测试 技术的发展与转变 ...	422
6.12	显示屏测试	422
6.12.1	分辨率	422
6.12.2	清晰度	423
6.12.3	最大亮度	423
6.12.4	对比度	423
6.12.5	亮度均匀度	423
6.12.6	色度均匀性	424
6.12.7	色域	424
6.12.8	颜色还原准确度	425
6.12.9	可视角度	425
6.12.10	响应时间.....	425
6.13	摄像头测试	426
6.13.1	摄像头测试标准 现状	426
6.13.2	测试方法概述	428
6.13.3	摄像头客观评测	430
	参考文献	433
第七章 智能终端进网及 国内外认证要求		
7.1	国内进网许可	435
7.1.1	国内进网许可简介.....	435
7.1.2	进网许可内容.....	436
7.1.3	进网许可办理流程.....	438
7.2	国内外运营商入库 测试要求	440
7.2.1	国内运营商入库 测试.....	441
7.2.2	国外运营商入库 测试.....	445
7.2.3	小结.....	450
7.3	国际认证要求	450
7.3.1	欧盟认证要求.....	450
7.3.2	美国认证要求.....	456
7.3.3	加拿大认证要求.....	462
7.3.4	日本认证要求.....	463
7.3.5	非洲认证要求.....	465
7.3.6	小结.....	467
	参考文献	468

VIII

第八章 新型移动智能

终端 470

8.1 融合型终端 470

8.2 智能可穿戴设备与 智能硬件 471

8.2.1 智能可穿戴设备 471

8.2.2 智能硬件 476

8.3 智能车载终端 479

8.3.1 车联网的概念 479

8.3.2 车载智能终端在车联网 中的应用 482

参考文献 485

第九章 智能终端 5G

技术演进 486

9.1 5G 技术的发展 486

9.1.1 5G 发展驱动力 486

9.1.2 5G 总体愿景 487

9.1.3 5G 关键能力特征 488

9.1.4 5G 关键技术 488

9.1.5 5G 技术演进路线 492

9.2 5G 终端技术的发展 492

9.2.1 5G 终端应用场景 492

9.2.2 5G 终端技术挑战 494

9.2.3 5G 终端与业务发展 趋势 495

参考文献 496

附表 497

附表一 工业和信息化部认证 设备分类表 497

附表二 申请电信设备进网 许可证需要提供的 资料 498

第一章

移动智能终端概述

移动智能终端作为移动互联网的载体，已经成为我们连接世界的工具，甚至是生活中不可或缺的部分。当前，更多的应用和社交行为从 PC 端搬到了智能手机和平板等移动智能终端上，手机上网用户已经开始超过桌面计算机用户。以微信为代表的社交网络服务已成为我国互联网的第一大应用，移动支付等各种移动应用在生活中随处可见。科技的发展使移动智能终端已不仅仅是一个通话设备，它甚至成为我们生活中与世界沟通互动的平台。全球权威 IT 研究与顾问咨询公司 Gartner 的终端研究报告中提供了 2015 年第二季度全球各类型终端(PC、手机和 Ultramobile)的出货量数据，见表 1-1，从数据可以看出：智能手机、平板等移动终端作为移动互联网的载体，出货量的增长趋势已明显超过传统的 PC 设备(其中，PC 包括桌面电脑和笔记本电脑；手机包括功能手机、中高端手机等具备通话功能的移动终端；Ultramobile 包括平板与超级本等具备计算能力且屏幕在7~13.9 英寸之间的终端设备)。

表 1-1 全球各类型终端设备(PC、手机和 Ultramobile)的出货量数据 单位：万台

类别	2015 年 2 季度	2015 年 1 季度	2014 年 2 季度	2015 年季度增长(%)	同比增长(%)
传统 PC	5 801.0	6 153.7	6 729.4	-5.7	-13.8
Ultramobile	5 478.2	6 062.3	5 793.4	-9.6	-5.4
手机	44 575.9	46 026.2	44 419.0	-3.2	0.4
全球合计	55 855.0	58 242.2	56 941.8	-4.1	-1.9

数据来源：Gartner。

过去几十年信息网络的发展实现了计算机与计算机、人与人、人与计算机的交互联系，未来信息网络发展的一个趋势是实现物与物、物与人、物与计算机的交互联系，将互联网拓展到物端，通过物物网络形成人、机、物三元融合的世界，进入万物互联时代。移动智能终端是实现这个过程的重要组成部分。智能手机等移动终端，作为移动互联网的载体(如图 1-1 所示)，已经成为传统经济的物理世界和互联网的虚拟世界的桥梁，Gartner 公司预言，到 2016 年 IoT(物联网)的 21%将是通过智能手机来实现。政府倡导的“互联网+”，传统行业与互联网的连接很大程度将会依赖智能终端的普及。在这个趋势下，智能终端将迎来史上最繁荣的时代。



图 1-1 移动智能终端成为了连接人与人的重要工具

移动终端和无线通信技术的飞速发展促进了移动互联网的普及，反过来，智能手机的繁荣，也是拜互联网时代所赐。在移动互联网应用的推动下，移动终端的发展从模拟到数字，从传统功能机到智能终端，从只具备通话和短信的功能机到拥有操作系统和众多应用的智能终端。智能终端性能的飞速发展，CPU 内核从单核演进到四核甚至十核，主频从 1GHz 提升至超过 3GHz，64 位也取代 32 位得到应用。2007 年 iPhone 的出现极大地推动了移动智能终端的大规模普及，它的多点触控技术和全新的用户界面带来了当时令人耳目一新的用户体验，从此触摸屏几乎成为智能终端的“标配”。之后，移动智能终端走向 Andriod 和 iOS 主导市场的格局，功能越来越丰富，用户体验越来越完善。当前，移动智能终端完全可以看作一台可以放进口袋的具有通信功能的“电脑”。

1.1 移动智能终端的概念

移动智能终端，由英文 Smart Phone 及 Smart Device 翻译而来，简称为智能终端。智能手机是当前移动智能终端最典型的形态。工业和信息化部电信研究院发布的《移动终端白皮书(2012)》中对移动智能终端的定义是：

- 具备开放的操作系统平台，支持应用程序灵活开发、安装及运行；
- 具备 PC 级处理能力，支持桌面互联网主流应用的移动化迁移；
- 具备高速数据网络接入能力；
- 具备丰富的人机交互界面，即在 3D 等未来显示技术和语音识别、图像识别等多模态交互技术的发展下，以人为核心的更智能的交互方式；
- 包括智能手机和平板电脑。

本书中所介绍的智能终端技术主要基于上述定义中的移动智能终端，即智能手机和平板电脑，其具备开放系统、性能更强、容量更大、网络更快、接口更多、功能更全等特征，如图 1-2 所示。随着信息技术、移动互联网以及物联网技术的发展，目前广义上的移动智能终端的所指更加广泛，还包括了智能硬件、可穿戴设备等新型终端，本书在第八章中予以介绍。



图 1-2 智能终端特征

移动终端涉及系统和应用软件技术、微电子机电技术、下一代显示和语音识别等人机交互技术、新型金属和高精度玻璃等原材料技术以及整机设计和制造技术等，其分支十分庞杂。其中，移动芯片技术、智能操作系统技术、人机交互技术、应用开发技术是体现移动智能终端智能化特征和热点的四大核心技术，是左右其发展的核心环节。

1.2 移动终端的发展过程

移动终端又称为移动通信终端，其移动性主要体现在移动通信能力和便携化体积。早期的移动终端通常指移动电话，或称为手机，是在移动过程中可以通过无线链路发起或者接听电话的设备。移动电话通过接入移动运营商的蜂窝网络来实现通话功能。这类传统手机通常也叫非智能手机(Feature phone)或者“功能机”，只具备基本的电话功能。在功能机的基础上，逐渐发展演变出了移动智能终端。

1.2.1 从模拟手机到数字手机

追溯手机的发展史，源于 20 世纪初。1902 年，一个叫内森·斯塔布菲尔德的美国

人在肯塔基州默里的乡下住宅内制成了第一个无线电话装置，这部可实现无线移动通信的电话是人类对“手机”技术最早的探索研究。

1938 年，美国贝尔实验室为美国军方制成了世界上第一部“移动电话”。

1973 年 4 月，美国摩托罗拉公司工程技术人员马丁·库帕发明了世界上第一部面向民用的手机，它是一个 4.4 磅(2 公斤)的大“砖头”，马丁·库帕从此也被称为现代“手机之父”。1983 年，第一个商用的移动终端出现了，它是摩托罗拉公司的 DynaTAC 8000x，重 1 公斤多，充电时间为 10 小时，但通话时间只有半小时，当时销售价格为 3 995 美元。第一台手机进入中国市场是在 1987 年，型号为摩托罗拉 3200，造型设计和摩托罗拉 DynaTAC 8000x 基本一致，是当时非常流行的“大哥大”，如图 1-3 所示。



图 1-3 第一个商用的移动终端：
DynaTAC 8000x

第一个商用的自动蜂窝网络 Nippon Telegraph and Telephone 1979 年在日本投入使用。1981 年，北欧移动电话系统(NMT)在丹麦、芬兰、挪威和瑞典同时投入使用。20 世纪 80 年代中期其他的几个国家也加入进来。以上的这些蜂窝系统都使用模拟技术，被称为第一代移动通信技术。1991 年，GSM 数字蜂窝技术在芬兰投入使用，此后的移动通信制式都采用了数字技术。十年后的 2001 年，全球第一个商用第三代移动通信技术，NTTDoCoMo 的 WCDMA 在日本投入使用。后续的蜂窝通信技术不断发展，还陆续出现了 3.5G、3G+、3G 增强技术(HSPA)、4G 等技术，手机的通话质量越来越高，数据速率越来越快，功能从模拟时代的通话扩展到短信、邮件、网页浏览等，应用也得到了极大丰富。一般来说，移动电话都有以下基本特点：

(1) 每个手机使用一个唯一的 IMEI 号来识别。

(2) 具备输入接口，人们通过输入接口来操控手机。传统的功能机使用键盘，智能机大多使用触摸屏。

(3) 具备屏幕，对用户的输入产生反应，显示文字或者图形信息，与用户交互基本的移动电话业务，使用户可以收发语音和信息。

(4) 大多数手机使用卡来识别账户，这也使一个账户可以使用在不同的手机上。所有的 GSM 手机使用 SIM 卡，一些 CDMA 手机使用 R-UIM 卡。

(5) 具有电池，为手机的工作提供电能。

1.2.2 移动智能终端的雏形

最早的移动智能终端就是智能手机。智能手机“smart phone”一词最早出现在 1995 年，AT&T BELL LAB 的 Pamela Savage 在《Designing a GUI for business telephone user》一文中称“PhoneWriter Communicator”为“smart phone”。

第一款可以认为是智能手机的蜂窝设备是 IBM 的“SIMON”(如图 1-4 所示)。“SIMON”是 IBM 于 1992 年在 COMDEX 计算机工业展会上展出的原型机，1994 年，

BELLSOUTH 开始销售其修改后的版本：Simon Personal Communicator。除了拨打和接听蜂窝电话外，SIMON 可以收发传真、E-mail，并可以通过触摸屏完成一些应用功能如地址本、日历、日程表、计算器、世界时间和记事本。SIMON 是第一款具有 PDA 特性的智能手机。



图 1-4 IBM SIMOR 和充电座(1994)

20 世纪 90 年代后期，许多移动电话的使用者都另外带着 PDA，这些 PDA 运行的操作系统有 Palm、BlackBerry、Windows CE/Pocket PC 等，这些操作系统后来也逐渐演变为移动终端操作系统。

1996 年 8 月，NOKIA 发布了 Nokia 9000 Communicator，它由基于 GEOS V3.0 操作系统的 Geoworks(PDA)和数字蜂窝电话 NOKIA2110 组成，两个设备通过类似合页连接在一起，使用翻盖设计，打开后，上部是屏幕下部是键盘，它具备收发 E-mail、日历、地址簿、计算器、记事本、基于文本的 Web 浏览、收发传真等功能。当合上设备的时候，它可以作为数字蜂窝电话使用。

1999 年 6 月，Qualcomm 公司发布了 CDMA 数字 PCS 智能手机“PDQ Smartphone”，集成了 Palm PDA，具备 Internet 功能。

1999 年，NTT DoCoMo 公司发布了一款运行在 i-Mode(一种在日本很普及的移动互联网服务)上的手机，这是第一款获得大量用户的智能手机，这款手机支持 9.6 kbit/s 的数据传输速率。与后来的无线服务不同，NTT DoCoMo 的 i-Mode 使用 CHTML，这是一种对传统的 HTML 进行了限制的语言，提高了数据速率。受限的功能性，小的屏幕使手机可以使用更低的数据速率完成相应的功能。i-Mode 业务使 NTT DoCoMo 在 2001 年底增加了约 4000 万用户，为日本第一全球第二的市场占有率，这势头直到 3G 时代的到来才衰落下去。

2000 年，Ericsson 发布了 R380，它具备 PDA 和移动电话的功能，具有使用手写输入设备的电阻触摸屏，支持有限的 Web 浏览。

2001 年，Palm 推出了 Kyocera 6035，集成 PDA 和移动电话功能，可运行于 Verizon 网络，也支持有限的 Web 浏览。

到 2005 年左右基于微软的 Windows Mobile 在美国的商业人士中有所普及。此后黑莓在美国得到了大量用户,“刷机”在 2006 年成为美国人熟悉的词,黑莓公司最早在 2003 年发布的是 GSM BlackBerry 6210、BlackBerry 6220 和 BlackBerry 6230 手机。

早期(在安卓、iOS 和黑莓之前)的智能手机大多运行 Symbian 系统,如图 1-5 所示,在 2010 年最后一个季度前,最初由 Psion 开发的 Symbian 系统是世界上使用最多的智能手机操作系统。Symbian 系统是塞班公司为手机设计的操作系统。2008 年 12 月 2 日,塞班公司被诺基亚收购。由于缺乏新技术支持,塞班的市场份额日益萎缩。截至 2012 年 2 月,塞班系统的全球市场占有率仅为 6.8%,中国市场占有率则降至 11%。2012 年 5 月 27 日,诺基亚宣布,彻底放弃继续开发塞班系统,取消塞班 Carla 的开发,最早在 2012 年年底,最迟在 2014 年彻底终止对塞班的所有支持。

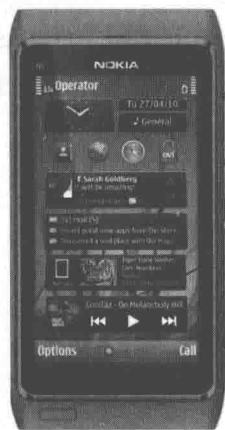


图 1-5 塞班系统代表:诺基亚 N8,全球首款采用塞班 3 操作系统,具有强大的拍照功能

1.2.3 iOS、Android 等操作系统的崛起

苹果 iOS 是由苹果公司开发的手持设备操作系统。苹果公司最早于 2007 年 1 月 9 日的 Macworld 大会上公布了这个系统,最初是设计给 iPhone 使用的,后来陆续用到 iPod touch、iPad 以及 Apple TV 等苹果产品上。系统原名为 iPhone OS,直到 2010 年 6 月 7 日 WWDC 大会上宣布改名为 iOS。

2007 年,苹果公司推出了 iPhone,它率先引入了多点触控技术和全新的用户界面,让用户用手指触摸即可控制手机,并将桌面级电子邮件、网页浏览、搜索、地图等功能有效融合,带来用户体验的极大提升。2011 年 4 月,在美国加利福尼亚州举行的 Let's talk iPhone 的新品发布会上,苹果发布运行 iOS 5 系统的新一代 iPhone 手机 iPhone 4S。iPhone 4S 在硬件和软件方面都有了较大的提升,全新 Siri 智能语音助手和 iCloud 云端服务,在硬件方面,搭载苹果 A5 双核处理器,正面配有 3.5 英寸 IPS 玻璃硬屏,分辨率为 960×640 像素,背照式镜头像素提升至 800 万。

2008 年 Android 操作系统的手机开始出现。Android 是一个开放源代码平台,由 Andy Rubin 创立,2005 年由 Google 收购注资,并组建开放手机联盟开发改良,逐渐扩展到平板电脑及其他领域上。虽然在开始的时候 Android 的市场增长缓慢,到了 2010 年,Android 的市场开始加速增长,现在 Android 已经是市场上占有统治地位的智能手机操作系统。2014 年智能手机操作系统份额,Android 占比 81.5%,iOS 占比 14.8%。

第一款 Android 手机 T-Mobile G1 代号 Dream(如图 1-6 所示),它是滑盖手机,可以触摸操控,也可以使用键盘。使用 3G 网络、内置 Chrome 浏览器、支持 YouTube 在线观看、图案解锁等。通过 Android Market 可以搜寻和下载适合自己的软件与游戏。

从这一款手机开始, Android 逐步打造了一个开放式的操作系统生态。这款手机的代工厂商 HTC 也开始了自己的梦想, 一度占据 Android 市场的最大份额, 只不过辉煌已经成为历史。

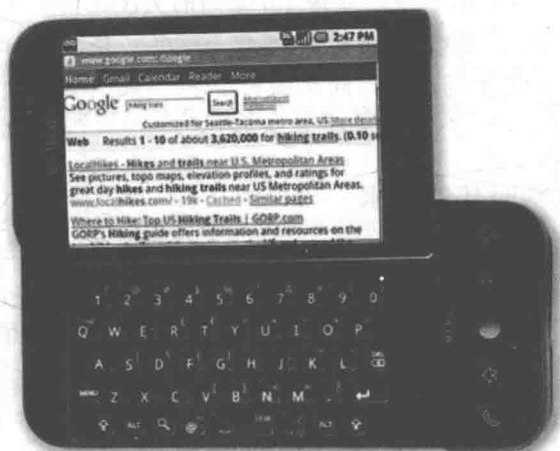


图 1-6 第一款 Android 系统手机 T-Mobile G1

Windows Phone 是微软发布的一款手机操作系统, 它将微软旗下的 Xbox Live 游戏、Zune 音乐与独特的视频体验整合至手机中。2010 年 10 月 11 日, 微软公司正式发布了智能手机操作系统 Windows Phone, 界面如图 1-7 所示, 同时将谷歌的 Android 和苹果的 iOS 列为主要竞争对手。2011 年 2 月, 诺基亚与微软达成全球战略同盟并深度合作共同研发, 双方在智能手机领域进行深度合作。

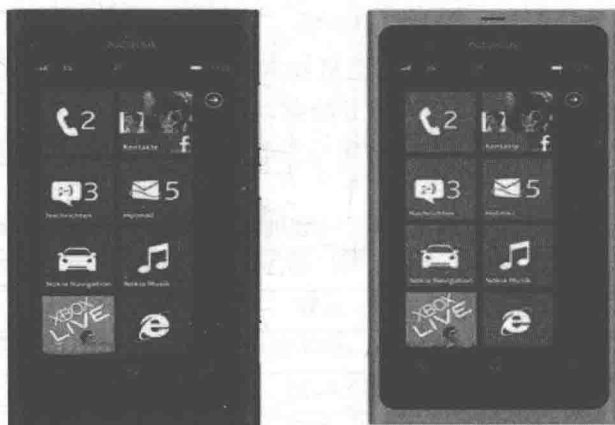


图 1-7 诺基亚首款 Windows Phone 手机 Lumia 800, 正面增加了三个 Windows Phone 按键

iOS 和 Android 的出现和迅速占领市场使以前的平台走向衰落。为了应对 iOS 和 Android, 微软用 Scratch 开发了 Windows Phone 操作系统。NOKIA 放弃了塞班操作系统, 和微软合作在智能手机上使用 Windows Phone。Windows Phone 由此成为市场占有率第三的操作系统。此外, 惠普公司收购了 Palm 的 WebOS 后又把它卖给了 LG 电