

Android

系统原理及开发要点详解

韩超 梁泉 著



- ◎ 第一本全面介绍开放的移动电话平台Android系统的书；
- ◎ 清晰的框架，深入浅出地介绍整个Android系统的开发，重点抓核心内容和开发细节；
- ◎ 讲述各个部分时均列出相关代码的路径，帮助读者快速对应学习。



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>



Android

系统原理及开发要点详解

韩超 梁泉 著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京•BEIJING

内 容 简 介

本书全面介绍开放的移动电话平台 Android 系统,包括 Android 系统中的 Linux 驱动、本地框架、Java 框架和 Java 应用 4 个层次。本书内容以知识性内容为纲,重点关注开发要点,各个部分内容注重相互呼应,按照清晰的思路向读者介绍整个 Android 系统的原理和开发方法。

本书按照 Android 系统的框架和各个子系统的主线,重点介绍开发 Android 应用程序和构建硬件抽象层。其内容涵盖了 Android 应用程序开发和 Android 系统移植构建手机系统两大方面。

本书既适合从事 Android 各个层次开发的工程师阅读,也适合通用嵌入式 Linux 系统的学习者使用。

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

Android 系统原理及开发要点详解 / 韩超, 梁泉著. —北京: 电子工业出版社, 2010.1

ISBN 978-7-121-10138-0

I. A… II. ①韩… ②梁… III. 移动通信—携带电话机—应用程序—程序设计 IV. TN929.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 237663 号

责任编辑: 李 冰

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

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: 787×980 1/16 印张: 25.75 字数: 503 千字

印 次: 2010 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 58.00 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 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

Android 是 Google 历经数年和投资数亿美元开发出来的智能手机系统, Google 也发起了围绕 Android 的组织——开放手机联盟, 其英文全称为“Open Handset Alliance”。

随着各大移动终端生产商大力开发和生产基于 Android 的移动智能设备, Android 迅速得到业界和社会的认可, 并成为整个产业的热点, 基于 Android 平台的各类人才逐渐成为各大企业竞相争夺的焦点。

Android 系统是一个开放的系统, 任何公司、个人开发者、爱好者都可以参与其中。对于技术工作者, Android 不仅是一个智能手机的系统, 也可以作为学习嵌入式 Linux 系统的较完整的软件平台。

Android 是一个较新的系统和技术, 因此介绍 Android 的资料和书籍还比较少, 尤其简体中文的书籍, 相对更少。本书《Android 系统原理及开发要点详解》是一本综合介绍 Android 系统的书, 集合了 Androidin 社区多位专家作者的经验, 精心编写而成。

Android 作为一个庞大的系统, 包括了 Linux 操作系统、各种本地程序、虚拟机和运行环境、Java 框架和 Java 应用程序多方面的内容。这对于初学者是一个非常大的挑战, 因此对于学习、研究进而开发 Android 系统来说, 掌握系统的脉络和使用恰当的学习方法是非常重要的, 这也是本书的组织主旨。

本书特点

为了适应 Android 系统的情况, 本书在内容的编排和组织上具有以下一些重要特点。

- 保持完整性和层次性

本书紧紧把握 Android 系统的 4 个层次, 分章节介绍, 并且有重点地介绍了 Android 整个系统的代码结构、编译系统、相关工具、各部分组织等全局性内容。这将让读者即使只花费较短的时间, 也可以获得对 Android 系统大致的感性理解。

- 提供清晰的框架

Android 是一个有数百兆大小的较大系统, 各部分之间是有机联系的, 这就要求 Android 的学习和开发者需要具有一些软件架构方面的知识。本书为 Android 整体和重点模块绘制了大量的框图, 这样非常有利于帮助读者直观地理解系统。本书在讲述每一个部分时, 均列出相关代码的路径, 帮助读者对应着进行快速、高效地学习。

● 抓核心内容

Android 系统已经发布了若干个版本：1.0、1.5 (cupcake)、1.6 (donut) 和 2.0 (eclair)，从开发的角度，各个版本在同时使用，这对于学习者是一个较大的挑战。因此本书作者通过把握 Android 演进中脉络，尽量总结出共性的内容展示给读者。在某些部分，在讲解代码的同时，突出概念性的内容。本书力求通过一本教材，给读者一个长期的、稳定的学习方法和思路。

● 开发细节

Android 包含众多的软件、程序和工具，涉及软件开发各个方面。在实际的开发过程中，很多内容并不需要开发者去改动。本书从工程的角度出发，偏重开发中常用的内容，对于开发中较少涉及的部分，仅做精炼的大致介绍。本书重点介绍显示机制、输入机制、音频/视频系统的移植层、多媒体系统的构建、电话系统的构建、连接系统的构建、传感器的移植、应用开发中最常涉及的部分，在每段讲解中，穿插了开发中可以使用的一些技巧。

本书内容

本书的各个章节及其组织方式如下所示。

第 1 章“Android 系统概述”，概述 Android 系统方面的内容，包括智能手机平台的发展历程、Android 系统的特点、Android 的 3 种开发工作，以及 Android 的 2 种不同的开发方式。

第 2 章“Android 系统开发综述”，介绍 Android 系统开发的综述性内容，包括工具使用、获得代码、编译系统、仿真器运行、SDK 使用等。

第 3 章“Android 的 Linux 内核与驱动程序”，介绍 Android 内核的特点、Android 中使用的专用驱动程序、Android 系统可能使用的标准设备驱动。

第 4 章“Android 的底层库和程序”，介绍 Android 系统的基础程序，以本地程序为主。

第 5 章“Android 的 Java 虚拟机和 Java 环境”，这是介于本地和 Java 层之间的相关内容，主要介绍 Android 的 Java 虚拟机 Dalvik 的基本概念、Android Java 程序的环境、JNI 的使用方法，以及 Java 框架的启动流程等。

第 6 章“Android 的 GUI 系统”，包括 Android GUI 系统架构、底层的 pixelflinger 和 libui 库、Surface 系统、Skia 和 2D 图形系统、Android 的 OpenGL 和 3D 图形系统等内容。

第 7 章“Android 的 Audio 系统”，主要是音频的输入输出环节，音频系统从驱动程序、本地框架到 Java 框架都具有内容。

第 8 章“Android 的 Video 输入输出系统”，介绍 Android 的 Video 输入输出系统，包括 Overlay 系统和 Camera 系统两个部分，前者只有本地的内容，后者各个层次均有内容。

第 9 章“Android 的多媒体系统”，介绍 Android 的多媒体系统的核心部分，包括 Android

中多媒体系统的业务、结构、多媒体系统的核心框架、OpenCore 系统结构和使用等内容。

第 10 章“Android 的电话部分”，介绍 Android 系统在电话方面的功能，Android 是智能手机系统，电话是其核心部分。

第 11 章“Android 的连接部分”，主要包括 WiFi、蓝牙及定位系统等，这些 Android 的连接部分也具有从驱动层到 Java 应用层的结构。

第 12 章“Android 的传感器系统”，传感器系统涉及 Android 的各个层次，具有完整的结构，相比其他系统，传感器系统的各个层次都比较简单。

第 6~12 章分模块介绍 Android 的几个核心系统，主要是本地框架和 Java 框架方面的内容，兼顾应用程序和驱动层，这是本书的重点。

第 13 章“Android 应用程序概述及框架”，介绍 Android 应用程序层的基本概念和应用程序框架，这部分内容是 Android 自下而上的第 4 个层次，可以基于源代码或者 SDK 开发，它们之间的差别非常小。

第 14 章“Android 应用程序的主要方面”，介绍 Android 应用程序层开发的各个方面，基本上是横向内容，包括应用程序的基本控制、各种 UI 元素的使用、图形 API 使用 3 个方面的内容。

第 15 章“Android 应用程序的设计思想”，本章的内容是基于通用的应用程序和 GUI 程序的通用设计思想，结合 Android 系统自身的特点，提出一些值得注意的问题和设计方法。

本书读者

本书适应广大的读者群，力求在 Android 的系统移植、应用程序开发、系统框架改进方面给读者全面的支持。不同的读者在学习本书时，应该使用不同的方法。

- **Android 初级开发者：**在本书指引下阅读代码，搭建系统开发环境，对于 Android 应用程序的开发者，重点关注后 3 章的内容。
- **Android 中、高级开发者：**通过本书的引导，学习系统架构，关注开发要点，并尽量使用手机系统的通用设计思想、软件工程思想、系统工程思想来指导 Android 系统学习。
- **嵌入式 Linux 系统学习者：**将 Android 作为一个集 Linux 核心和应用层程序于一体的系统进行学习，并可以利用 Android 的仿真环境运行和调试程序。

读者在学习本书的过程中，应尽量对照本书的框图和手头的 Android 源代码，这样可以达到事半功倍的效果。本书在重点代码中加上大量的注释，帮助读者阅读，对于非重点的代码，不占用本书的篇幅，读者可以参考开放的源代码。可以采用顺序读和重点读相结合的方式学习本书，顺序读关注系统框架，重点读关注开发要点。

本书作者

本书在编写过程中提炼和综合 Android 早期开发者的经验、中国大陆 Androidin 社区的开发成果，以及各位专家的经验和技术，这是本书出版的知识源泉。本书主要由 Androidin 社区的两名核心技术专家韩超和梁泉领衔规划和编著，韩超统稿。总部设在南加州、专注于 Android 平台并提供其移动应用开发及解决方案的迈奔无线（mAPPn Inc.）也投入技术和人力参与了本书的工作。

参与本书编写的还有于仕林、张宇、张超等人，赵家维、黄亮、沈桢、徐威特、杨钰等参与了审校工作。

由于时间仓促，可能依然存在一些错误和问题，请读者见谅，欢迎读者讨论和指点。

目 录

第 1 章 Android 系统概述	1
1.1 基础知识	1
1.1.1 Android 开发系统的由来	1
1.1.2 移动电话系统开发模式	2
1.1.3 未来移动电话的功能及 Android 的优势	4
1.2 Android 的开发工作	6
1.2.1 Android 移植开发	6
1.2.2 Android 应用开发	8
1.2.3 Android 系统开发	9
1.3 Android 的 SDK 与源代码	10
1.3.1 基于 SDK 的 Android 开发	10
1.3.2 基于源代码 SDK Android 开发	11
第 2 章 Android 系统开发综述	13
2.1 Android 的系统架构	13
2.1.1 软件结构	13
2.1.2 Android 的工具	16
2.2 Android 源代码的开发环境	18
2.2.1 Android 源代码的获取和提交	18
2.2.2 Android 源代码结构	21
2.2.3 编译	24
2.2.4 系统的运行	25
2.3 Android SDK 的开发环境	32
2.3.1 SDK 的结构	32
2.3.2 Windows 环境 SDK 开发	33
2.3.3 Linux 环境 SDK 开发	42

第 3 章	Android 的 Linux 内核与驱动程序	44
3.1	Linux 核心与驱动	44
3.2	Android 专用驱动	45
3.2.1	Ashmem	45
3.2.2	Binder	45
3.2.3	Logger	46
3.3	Android 使用的设备驱动	46
3.3.1	Framebuffer 显示驱动	46
3.3.2	Event 输入设备驱动	48
3.3.3	v4l2 摄像头——视频驱动	50
3.3.4	OSS 音频驱动	53
3.3.5	ALSA 音频驱动	54
3.3.6	MTD 驱动	56
3.3.7	蓝牙驱动	57
3.3.8	Wlan 驱动	58
第 4 章	Android 的底层库和程序	60
4.1	底层库和程序的结构	60
4.1.1	本地实现的基本结构	60
4.1.2	增加本地程序和库的方法	61
4.2	标准 C/C++ 库 bionic	64
4.3	C 语言工具库 libcutils	65
4.4	init 可执行程序	66
4.5	Shell 工具	72
4.6	C++ 工具库 libutils	75
4.6.1	libutils 的基本内容	75
4.6.2	Binder	76
4.6.3	libutils 中的其他内容	82
4.7	Android 的系统进程	85
4.7.1	servicemanager	85
4.7.2	zygote	87

第 5 章	Android 的 Java 虚拟机和 Java 环境	88
5.1	Dalvik 虚拟机和核心库	88
5.1.1	dex 工具库和虚拟机的实现	89
5.1.2	核心库	90
5.1.3	nativehelper 库	91
5.2	Android 的 Java 程序环境	91
5.2.1	Java 类的层次结构	91
5.2.2	Android Java 类的代码	92
5.2.3	Android 系统 API	92
5.3	JNI 的使用	96
5.3.1	JNI 的架构和实现方式	97
5.3.2	JNI 的实现方式	97
5.3.3	在应用程序中使用 JNI	99
5.4	系统服务的 Java 部分	101
5.4.1	Binder	102
5.4.2	ServiceManager	103
5.4.3	系统进程	103
第 6 章	Android 的 GUI 系统	106
6.1	Android GUI 系统综述	106
6.2	pixelflinger 和 libui 库	108
6.2.1	pixelflinger	108
6.2.2	libui	108
6.2.3	输出/输入与硬件的接口	109
6.3	Surface 系统	113
6.3.1	Surface 系统本地接口	113
6.3.2	SurfaceFlinger 本地代码	115
6.3.3	Surface 的 Java 和 JNI 代码	119
6.4	Skia 和 2D 图形系统	121
6.4.1	Skia 底层库	121
6.4.2	Android 图形系统的 JNI 接口	124
6.4.3	Android 的图形包 (graphics)	125
6.5	Android 的 OpenGL 系统与 3D 图形系统	125

6.5.1	OpenGL 的本地代码	125
6.5.2	OpenGL 的 JNI 代码	130
6.5.3	OpenGL 的 Java 类	130
第 7 章	Android 的 Audio 系统	132
7.1	Audio 系统综述	132
7.2	Audio 系统和上层接口	134
7.2.1	Audio 系统的各个层次	134
7.2.2	media 库中的 Audio 框架部分	135
7.2.3	AudioFlinger 本地代码	138
7.2.4	Audio 系统的 JNI 代码	140
7.2.5	Audio 系统的 Java 代码	142
7.3	Audio 的硬件抽象层	142
7.3.1	Audio 硬件抽象层的接口定义	142
7.3.2	AudioFlinger 中自带 Audio 硬件抽象层实现	144
7.3.3	Audio 硬件抽象层的真正实现	150
第 8 章	Android 的 Video 输入输出系统	151
8.1	Video 输入输出系统综述	151
8.1.1	Android 的 Overlay 系统结构	152
8.1.2	Android 的 Camera 系统结构	153
8.2	Overlay 系统	155
8.2.1	Overlay 系统的框架部分定义	156
8.2.2	SurfaceFlinger 系统的 Overlay 部分	158
8.3	Overlay 的硬件抽象层	161
8.3.1	Overlay 系统硬件抽象层的接口	161
8.3.2	Overlay 系统硬件实现框架	164
8.3.3	Overlay 系统硬件实现的注意事项	166
8.4	Camera 系统与上层接口	169
8.4.1	Camera 本地代码框架	169
8.4.2	CameraService	176
8.4.3	Camera 的 JNI 代码	179
8.4.4	Camera 的 Java 代码	182

8.5	Camera 的硬件抽象层	182
8.5.1	Camera 硬件抽象层的接口定义	182
8.5.2	Camera 硬件抽象层的桩实现	184
8.5.3	Camera 硬件抽象层的硬件实现	188
第 9 章	Android 的多媒体系统	190
9.1	Android 多媒体系统的结构和业务	190
9.1.1	多媒体系统的宏观结构	190
9.1.2	多媒体的各种业务	192
9.2	多媒体系统的各个层次	199
9.2.1	libmedia 的框架部分	199
9.2.2	多媒体服务	208
9.2.3	多媒体部分的 JNI 代码	213
9.2.4	多媒体部分的 Java 框架代码	215
9.2.5	android.widget.VideoView 类	216
9.3	多媒体实现的核心部分 OpenCore	216
9.3.1	OpenCore 概述	216
9.3.2	OpenCore 的层次结构	217
9.3.3	OpenCore 的 OSCL 部分	219
9.3.4	OpenCore 的文件格式和编解码部分	221
9.3.5	OpenCore 的 Node	222
9.3.6	OpenCore 的功能扩展	223
9.3.7	OpenCore 的 Player	226
9.3.8	OpenCore 的 Author	236
第 10 章	Android 的电话部分	243
10.1	Android 电话部分综述	243
10.2	Modem 驱动	243
10.3	本地的 RIL 代码	245
10.3.1	简介	245
10.3.2	RILD 守护进程	246
10.3.3	libril 库	247
10.3.4	RIL 的实现库 Reference RIL	247

10.3.5	Request (请求) 流程	248
10.3.6	Response (响应) 流程	249
10.3.7	RIL 的移植工作	251
10.4	Java 框架及应用	251
10.4.1	基本架构	252
10.4.2	呼叫	255
10.4.3	短信	256
10.4.4	数据连接	257
10.4.5	其他框架部分及其他应用	258
第 11 章	Android 的连接部分	259
11.1	WiFi 部分	259
11.1.1	WiFi 基本架构	259
11.1.2	WiFi 本地实现	260
11.1.3	WiFi 的 Java 和 JNI	263
11.1.4	Settings 中的 WiFi 设置	265
11.1.5	WiFi 工作流程实例	265
11.2	蓝牙部分	267
11.2.1	蓝牙基本架构	268
11.2.2	蓝牙用户空间库 bluez	269
11.2.3	bluez 适配层	272
11.2.4	蓝牙的 JNI 和 Java 部分	272
11.3	GPS 和定位部分	280
11.3.1	定位系统基本架构	281
11.3.2	定位系统驱动层	281
11.3.3	GPS 本地实现	282
11.3.4	GPS JNI 实现	283
11.3.5	定位系统 Java 实现	284
第 12 章	Android 的传感器系统	286
12.1	传感器系统综述	286
12.2	传感器系统层次结构	288
12.2.1	传感器系统的各个层次	288

12.2.2	传感器系统的 JNI	288
12.2.3	传感器系统的 Java 代码	290
12.3	传感器系统的硬件抽象层	291
12.3.1	传感器系统硬件抽象层的接口定义	291
12.3.2	传感器系统硬件抽象层的示例实现	293
12.3.3	传感器系统硬件抽象层的实现要点	296
12.4	Sensor 的使用	296
第 13 章	Android 应用程序概述及框架	299
13.1	Android 应用程序的开发方式	299
13.2	Android 应用程序的内容	300
13.2.1	Android 应用程序的概念性描述	300
13.2.2	应用程序包含的各个文件	305
13.2.3	使用 am 工具启动 Android 应用程序	306
13.3	Android 应用程序示例	308
13.3.1	HelloActivity 程序	308
13.3.2	HelloActivity 的源代码结构	308
13.3.3	HelloActivity 的编译结构 (源代码开发)	312
13.3.4	HelloActivity 的编译结构 (SDK 开发)	314
13.4	Android 应用层 API 参考文档	315
第 14 章	Android 应用程序的主要方面	317
14.1	应用的基本控制	318
14.1.1	UI 元素及其控制	318
14.1.2	屏幕间的跳转	320
14.1.3	弹出对话框和菜单	324
14.1.4	样式的设置	328
14.1.5	使用服务	331
14.1.6	使用广播接收器	337
14.2	各种 UI 元素的使用	339
14.2.1	基本的 UI 元素	340
14.2.2	视图组的使用	345
14.2.3	自定义的视图	353

14.2.4	滚动视图的使用	354
14.2.5	布局 (Layout)	355
14.2.6	网格 (Grid) 视图组	359
14.2.7	列表 (List) 视图组	360
14.2.8	使用 Tab	362
14.3	图形 API 的使用	363
14.3.1	2D 图形的 API	363
14.3.2	3D 图形的 API	366
第 15 章	Android 应用程序的设计思想	369
15.1	Android 程序思想	369
15.1.1	Java 源程序思想	369
15.1.2	资源的思想	373
15.1.3	工程描述文件的思想	375
15.1.4	三位一体的思想	376
15.1.5	安全性和权限	378
15.1.6	App Widget 的使用	379
15.2	Android 应用开发实例	381
15.2.1	GUI 依赖类的程序	382
15.2.2	单独模块类程序	387
15.3	Android 的设计理念	393

第1章

Android 系统概述

本章概述 Android 系统方面的内容，包括智能手机平台的发展历程、Android 系统的特点、Android 的三种开发工作，以及 Android 的两种不同的开发方式。

在学习本章的过程中，读者应重点关注以下内容：

- 作为智能手机平台，Android 系统的特点
- 移植开发、应用开发、系统开发三种工作的适应场合
- Android 的 SDK 开发和源代码开发各自需要的知识
- Android 的相关资源（市场、开发者、源代码）

1.1 基础知识

1.1.1 Android 开发系统的由来

OHA（Open Handset Alliance，开放手机联盟）是 Google 与 33 家公司联手为 Android 移动平台系统的发展而组建的一个组织。

Android 是目前最流行的手机开发平台，依靠 Google 的强大开发和媒体资源，Android 成为众多手机厂商竞相追逐的对象。

Android 是一个包括操作系统、中间件和关键应用的移动设备软件堆。Android 系统的 Logo 是一个机器人，如图 1-1 所示。



图 1-1 Android 系统的 Logo

Android 系统的网站为: <http://www.android.com/>。基于 Android 系统的第一款移动电话 G1 如图 1-2 所示。

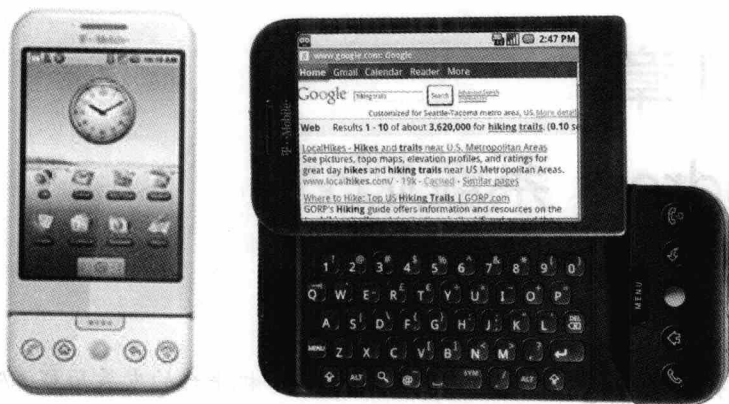


图 1-2 Android 系统移动电话

1.1.2 移动电话系统开发模式

移动电话(手机)作为一种消费类电子产品,走进普通民众的生活,已经有 20 年左右的历史了。移动电话的开发经历了以下几个模式:

- 传统移动电话的开发;
- 半开放式移动电话的开发;
- 全开放式移动电话的开发。

从移动电话开发的历史来看,传统的移动电话开发模式一直是一种主要的形式,其开发模式乃至商业模式一般只有一种,这就是:厂商制作移动电话出售。在这种开发模式中,移动电话的制造厂商制作移动电话,然后以移动电话为产品出售给消费者,这是一种比较简单、常见的商品制造和销售模式。从开发过程来看,移动电话厂商可以使用自己的研发机构,也可以依靠其他公司提供的解决方案(例如 MTK 的解决方案)来完成移动电话的开发工作。

这种传统的移动电话开发模式目前依然是移动电话开发的主流,其特点是:这样开发出来的移动电话是一个封闭的系统,和普通的产品没有太大的差别。用户只能使用移动电话厂商提供的固定功能,而不能根据需求开发和使用个性化的功能。

随着用户对移动电话系统的自定义需求的增加,移动电话系统的开发走向了开放模式。这种模式事实上是一种半开放式的移动电话开发,它把移动电话的开发过程分成了两个阶段:

- 厂商制作移动电话出售;
- 第三方开发移动电话应用。