北京理工大学“双一流”建设精品出版工程

OpenHarmony 操作系统

丁刚毅　吴长高　张兆生　等　著

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

北京理工大学“双一流”建设精品出版工程

OpenHarmony 操作系统

丁刚毅　吴长高　张兆生　等　著



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

内 容 提 要

本书详细介绍了 OpenHarmony 操作系统的设计理念和实现原理，并结合各子系统源代码深度地剖析了其实现过程，使读者能充分了解 OpenHarmony 操作系统的设计思想和各子系统的实现机制。

本书分为三部分：第一部分介绍了 OpenHarmony 操作系统的背景、定位、技术优势等整体情况。第二部分详细介绍了 OpenHarmony 操作系统的南向技术，包括内核子系统、驱动子系统、分布式子系统、UI 框架、Ability 框架、图形子系统、短距离通信子系统、传感器子系统，这部分内容是本书的重点。第三部分简要介绍了北向应用开发的方法和实践案例。

本书可作为高等院校计算机软件类专业高年级本科生和研究生的专业教材，也可作为从事 OpenHarmony 操作系统开发者的参考学习书籍。

版权专有　侵权必究

图书在版编目（CIP）数据

OpenHarmony 操作系统 / 丁刚毅等著. --北京：北京理工大学出版社，2022.11

ISBN 978-7-5763-1896-8

Ⅰ.①O… Ⅱ.①丁… Ⅲ.①移动终端—应用程序—程序设计 Ⅳ.①TN929.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2022）第 230319 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）68944723（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 / 保定市中画美凯印刷有限公司
开　　本 / 787 毫米×1092 毫米　1/16
印　　张 / 21.25
彩　　插 / 2
字　　数 / 493 千字
版　　次 / 2022 年 11 月第 1 版　2022 年 11 月第 1 次印刷
定　　价 / 78.00 元

责任编辑 / 陈莉华
文案编辑 / 陈莉华
责任校对 / 刘亚男
责任印制 / 李志强

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

创作团队

主　创：丁刚毅　吴长高　张兆生

成　员：巴延兴　蒋卫峰　黄天羽　马　锐　蔡岩彬

序一

FOREWORD

软件是信息技术之魂、网络安全之盾、经济转型之擎、数字社会之基，而操作系统等基础软件更是重中之重。我国近年来虽然信息技术发展迅速，但在操作系统等基础软件领域还很薄弱。习近平主席指出，核心技术是国之重器，要下定决心加速推动信息领域核心技术突破。信息技术领域的自主可控，解决“卡脖子”问题，已经上升到国家战略。操作系统等基础软件领域高层次人才培养是建设信息强国和网络强国的必然要求。

OpenHarmony 是一款面向万物互联时代的分布式操作系统，打破了硬件间各自独立的边界，融入了全场景智慧生态。在传统的单设备系统能力的基础上，提出了基于同一套系统能力、适配多种终端形态的分布式理念，支持各种终端设备，将人、设备、场景有机地联系在一起，创造了一个超级智能终端互联的世界。

OpenHarmony 操作系统自发布以来，已在各行各业快速推进，但在这些领域的人才十分匮乏。目前高校很多关于操作系统的教材都还是基于 WIN - TEL 体系的。本教材围绕 OpenHarmony 开源操作系统基础、原理及应用进行系统性的介绍，填补了高校教材体系这方面的空白。

《OpenHarmony 操作系统》教材由北京理工大学计算机学院、信息技术创新学院携手中软国际有限公司、深圳开鸿数字产业发展有限公司联合编著，由高校教授学者和企业技术专家联手打造，体现了产学研用紧密结合、产教紧密融合、产业链和创新链紧密聚合的特色化软件人才培养的特点。相信通过本教材的普及，将会大大促进国产操作系统领域的高端人才培养，构建人才生态，支撑实现信息强国和网络强国的伟大目标！

中软国际有限公司董事局主席、CEO
深圳开鸿数字产业发展有限公司董事长
陈宇红

序二

FOREWORD II

鸿蒙 OS 是面向万物智联时代的统一端侧操作系统。鸿蒙 OS 不是另一个 Android 或 iOS，它具有三个关键特征：一是一套 OS 系统，可弹性部署在大大小小各种硬件设备上；二是搭载了鸿蒙 OS 的各种硬件设备，可以通过软总线连接起来，融合成为一台超级终端；三是系统级原子化服务可分可合，服务随人走。鸿蒙 OS 创新的全栈模块化解耦设计、创新的软总线设计及原子化分布式编程框架，让鸿蒙 OS 最有可能成为万物智联时代的统一端侧操作系统，将会极大加快万物智联时代到来的步伐。

一个新的操作系统的成功，关键在生态构建上。只有开放才可能构建起繁荣的生态。2019 年 6 月，华为将鸿蒙 OS 通用基础部分全部捐赠给了开放原子开源基金会，在开源社区创建了 OpenHarmony 项目。这次捐赠注定成为中国系统软件研发和生态构建史上的一个极其重要的里程碑。开源社区秉承公平、公正、共商、共建、共享的理念，才会调动起广大生态参与者的积极性。大家在开源平台上，集思广益、持续创新，才能构建起生态成功的技术基础和环境基础。

生态的建设与发展，需要大量的人才。北京理工大学、中软国际有限公司、深圳开鸿数字产业发展有限公司一起，集合了知名教授和研发一线核心专家，历时近一年的时间，编写了这本《OpenHarmony 操作系统》教材，是产、学、研、用紧密结合的一次极佳实践。作者将实际研发经验进行了细致的总结提炼，结合计算机体系结构和组成原理，对 OpenHarmony OS 全栈进行了全面、细致的技术讲解，结合经典的研发案例，将对学习者全面理解和掌握 OpenHarmony OS 起到极大的作用。希望通过这套教材，培养出 OpenHarmony OS 生态人才的第一批种子。

从全球产业发展视角来看，整个人类社会加快向数字化、智慧化转型的趋势已非常明确。技术进步的脚步越来越快，万物智联将成为人类社会数字化、智慧化转型的基础设施。中国无疑是引领万物智联发展的最佳区域，万物智联全产业链最全、最完整的区域是中国，我们完全有可能匹配这个大的发展趋势，做出中国自己的万物智联时代统一的端侧操作系统，并快速构建起繁荣的生态，把万物智联的技术之根、生态之根深扎在中国的土地上。

深圳开鸿数字产业发展有限公司 CEO

王成录

PREFACE

前言

在信息化智能化时代，软件是灵魂，操作系统是“根”。过去的操作系统主要是支撑计算机单一设备，而面向未来万物互联智能世界的新一代操作系统，需要跨越不同设备之间的边界，实现跨设备协同。OpenHarmony 正是一款面向未来万物互联时代的全场景分布式操作系统，打破了硬件间各自独立的边界，提出了基于同一套系统能力、适配多种终端形态的分布式理念，支持各种终端设备，将人、设备、场景有机地联系在一起，构建一个超级终端智能互联的世界。

作为北京理工大学“十四五”规划教材，本书详细介绍了 OpenHarmony 操作系统的底层原理、系统架构、应用开发等内容，帮助广大在校学生和开发者学习掌握新一代操作系统的理论基础和开发技能。

本书由北京理工大学计算机学院和信息技术创新学院携手中软国际有限公司、深圳开鸿数字产业发展有限公司联合编著。由高校教授学者和企业技术专家联手开发教材，体现了产学研用紧密结合、产教紧密融合、产业链和创新链紧密聚合的特色化软件人才培养的特点。

本书整体结构

本书主要分三部分：第一部分（第 1 章）介绍了 OpenHarmony 操作系统的背景、定位、技术优势等整体情况。第二部分（第 2 章至第 10 章）详细介绍了 OpenHarmony 操作系统的南向技术，包括内核子系统、驱动子系统、分布式子系统、UI 框架、Ability 框架、图形子系统、短距离通信子系统、传感器子系统，这部分内容是本书的重点。第三部分（第 11 章）简要介绍了北向应用开发的方法和实践案例。

OpenHarmony 版本快速迭代，主线版本代码更新日新月异。本书基于 OpenHarmony 3.0 版本，着重介绍了 OpenHarmony 开源操作系统的理论基础和技术本质。

本书读者对象

本书可作为高等院校计算机软件类专业高年级本科生和研究生的专业教材，也可作为广大程序开发人员的自学参考书。

致谢

本书由北京理工大学计算机学院党委书记、软件学院院长丁刚毅，北京理工大学信息技术创新学院院长吴长高，深圳开鸿数字产业发展有限公司 CTO 张兆生联合编著，主要作者包括巴延兴、蒋卫峰、黄天羽、马锐、蔡岩彬。另外赵军霞、张新星、张亮亮、李祥志、姜怀修、唐礼伟、王蓉、王清、王石、张兴君、杜晨阳、焦以焜、黄昊、缪嘉男、陈寒冰、徐礼文、刘锦怡、王皓也参与了部分内容的编写和修订工作，在此一并表示感谢。

衷心感谢北京理工大学出版社的大力支持。

信息技术的变化日新月异。本书的编著历时近一年，经过多次修改和完善。尽管我们做了不懈的努力，由于水平有限，书中难免有不少错误和疏漏，恳请广大读者不吝赐教。

作　者

目 录
CONTENTS

第 1 章 OpenHarmony 系统概述 …… 001

1.1 新一代操作系统的现状和发展趋势 …… 001
1.2 OpenHarmony 初识 …… 002
1.2.1 OpenHarmony 的背景 …… 002
1.2.2 OpenHarmony 的定位和优势 …… 002
1.2.3 OpenHarmony 的整体介绍 …… 003
1.3 思考和练习 …… 008
拓展材料——开源模式和开源组织 …… 009

第 2 章 内核子系统 …… 012

2.1 内核子系统概述 …… 012
2.1.1 内核子系统简介 …… 012
2.1.2 轻量级内核简介 …… 014
2.2 轻量级系统内核功能概述 …… 016
2.2.1 基础内核 …… 016
2.2.2 内核扩展模块 …… 040
2.2.3 KAL 内核抽象层 …… 043
2.3 思考和练习 …… 043

第 3 章 驱动子系统 …… 044

3.1 驱动子系统概述 …… 044
3.1.1 驱动概述 …… 044
3.1.2 HDF 驱动框架 …… 045
3.1.3 HDF 驱动开发流程 …… 045
3.2 总线驱动概述 …… 049

3.2.1 ADC 概述 …… 049
3.2.2 GPIO 概述 …… 049
3.2.3 I^2C 概述 …… 050
3.2.4 UART 概述 …… 051
3.2.5 SPI 概述 …… 052
3.2.6 RTC 概述 …… 053
3.2.7 WatchDog 概述 …… 053
3.2.8 PWM 概述 …… 054
3.2.9 SDIO 概述 …… 054
3.3 思考和练习 …… 055

第 4 章 分布式子系统 …… 056

4.1 分布式软总线 …… 060
4.1.1 概述 …… 060
4.1.2 基本概念 …… 060
4.1.3 基本原理和实现 …… 061
4.1.4 应用场景 …… 066
4.2 分布式设备管理 …… 067
4.2.1 概述 …… 067
4.2.2 基本概念 …… 067
4.2.3 基本原理和实现 …… 067
4.2.4 应用场景 …… 070
4.3 分布式数据管理 …… 070
4.3.1 概述 …… 070
4.3.2 基本概念 …… 071
4.3.3 基本原理和实现 …… 072
4.3.4 应用场景 …… 078
4.4 分布式任务调度 …… 079
4.4.1 概述 …… 079
4.4.2 基本概念 …… 079
4.4.3 基本原理和实现 …… 080
4.4.4 应用场景 …… 084
4.5 思考和练习 …… 085

第 5 章 UI 框架 …… 086

5.1 UI 框架概述 …… 086
5.1.1 UI 框架的定义 …… 086
5.1.2 UI 框架的分类与发展趋势 …… 086
5.2 基本原理和实现 …… 088

5.2.1　总体架构 …… 088
5.2.2　基本原理 …… 089
5.2.3　整体流程 …… 090
5.3　UI 组件定制 …… 095
5.3.1　UI 组件的注册 …… 095
5.3.2　UI 组件的实现 …… 095
5.3.3　UI 组件定制实例 …… 096
5.4　思考和练习 …… 107

第 6 章　Ability 框架 …… 108

6.1　Ability 框架概述 …… 108
6.1.1　Ability 框架的定义 …… 108
6.1.2　Ability 框架的基本概念 …… 108
6.2　基本原理与实现 …… 109
6.2.1　Ability 框架总体架构 …… 109
6.2.2　Ability 框架功能简介 …… 111
6.2.3　Ability 框架启动流程 …… 116
6.2.4　Ability 框架工具模块 …… 130
6.3　思考和练习 …… 132

第 7 章　图形子系统 …… 133

7.1　图形子系统概述 …… 133
7.1.1　图形子系统定义 …… 133
7.1.2　图形子系统基本概念 …… 134
7.2　基本原理与实现 …… 134
7.2.1　图形子系统总体架构 …… 134
7.2.2　图形子系统的功能 …… 136
7.2.3　开机动画启动流程 …… 155
7.3　Wayland 和 Weston 概述 …… 161
7.3.1　Wayland 概述 …… 161
7.3.2　Weston 概述 …… 162
7.4　思考和练习 …… 168

第 8 章　短距离通信子系统——蓝牙 …… 169

8.1　蓝牙子系统概述 …… 169
8.1.1　蓝牙子系统的定义 …… 169
8.1.2　蓝牙子系统的基本概念 …… 169
8.2　基本原理和实现 …… 171
8.2.1　蓝牙子系统总体架构 …… 171

8.2.2 蓝牙子系统的功能 …… 172
8.2.3 本地蓝牙使能流程 …… 186
8.3 部分应用场景 …… 199
8.3.1 Host 管理 …… 199
8.3.2 BLE 扫描和广播 …… 201
8.3.3 GATT 管理 …… 205
8.4 思考和练习 …… 212

第 9 章 短距离通信子系统——WiFi …… 213

9.1 WiFi 子系统概述 …… 213
9.1.1 WiFi 子系统的定义 …… 213
9.1.2 WiFi 子系统的基本概念 …… 213
9.1.3 WiFi 网络安全技术 …… 217
9.2 基本原理和实现 …… 217
9.2.1 WiFi 子系统总体架构 …… 217
9.2.2 WiFi 子系统的功能 …… 219
9.3 工作模式 …… 235
9.3.1 STATION 模式 …… 235
9.3.2 AP 模式 …… 243
9.3.3 P2P 模式 …… 244
9.4 思考和练习 …… 248

第 10 章 传感器子系统 …… 249

10.1 传感器系统概述 …… 249
10.1.1 传感器系统的定义 …… 249
10.1.2 传感器系统的基本概念 …… 250
10.2 基本原理和实现 …… 254
10.2.1 传感器系统总体架构 …… 254
10.2.2 传感器系统的功能 …… 255
10.2.3 传感器订阅与回传流程介绍 …… 263
10.3 应用场景 …… 282
10.4 思考和练习 …… 284

第 11 章 应用开发实战 …… 285

11.1 北向应用开发环境 IDE …… 285
11.1.1 北向应用开发环境 IDE 概述 …… 285
11.1.2 北向应用开发环境搭建 …… 285
11.2 北向应用“你好世界”示例 …… 296
11.3 南向应用“蜜雪冰城”示例 …… 311

11.3.1　基础知识 …… 311
11.3.2　代码编写 …… 315
11.4　思考和练习 …… 320

参考文献 …… 321

第 1 章

OpenHarmony 系统概述

1.1 新一代操作系统的现状和发展趋势

操作系统是整个计算机的核心系统软件，主要负责管理计算机硬件与软件资源，并提供必需的人机交互机制，在数字化体系中处于底座地位。目前操作系统按照应用场景可以划分为桌面操作系统、移动操作系统、服务器操作系统、嵌入式及物联网操作系统。在桌面领域有 Windows 和 MacOS，在服务端领域有 Linux，在移动端有 Android 和 iOS，在嵌入式领域有 LiteOS、VxWorks 和 FreeRTOS 等。

纵观世界信息时代发展，自第一台微型计算机诞生，经过半个世纪发展，应用软件及硬件设备发生了翻天覆地的变化，操作系统的发展已经经历了三个完整的时代更替，目前已站在新时代更替的起点。主机计算时代的 IBM OS/360、DEC VMS 和 UNIX，个人计算时代的微软 Windows 和开源 Linux，以及移动计算时代的谷歌 Android 和苹果 iOS，它们都是各自时代的代表性操作系统，并引领了各自领域的操作系统生态[1]。

当下，随着技术的继续演进和设备形态的不断变化，物联网的设备连接量已突破百亿级，悄然成为联网设备终端中最主要的组成部分。云计算、大数据、人工智能等新型应用场景也在不断涌现，异构多核、GPU、NPU 等新型硬件的增加和互联网与物联网正在深度融合发展，一个万物互联的人类社会、信息系统、物理空间（人机物）融合泛在计算（ubiquitous computing）的时代正在开启[2]，这无疑给下一代操作系统带来新需求、新蓝海。

从 PC 的出现到移动设备的崛起直至如今物联网时代的到来，科技的进步带来操作系统的不断变革。2021 年 Windows 11 正式发布，它采用了全新的界面，但底层逻辑与功能并未发生变化。在服务器领域，Linux 除增加了对硬件的兼容和稳定性的维护外，也是没有本质上的变化。在移动端方面，Android 与 iOS 发布近 15 年来，在界面、自带应用方面有着较多变化，但在底层技术方面依然延续着初始架构。Android 是基于 Linux 内核开发而来，iOS 是基于 UNIX，目前已经逐步走向稳定维护阶段。随着设备数量的增多、应用场景的不断丰富，不同功能的物联网操作系统逐步涌现。

人、机、物融合泛在计算模式的新特征对新型操作系统带来的挑战是全方位的：既需要面临海量异构资源尤其是各种泛在化资源的有效管理，也需要进行各种多样化新型应用的共性凝练[3]。OpenHarmony 作为中国自主可控的、面向万物智联时代的操作系统，正是万物智联时代新形态操作系统的一次伟大尝试。OpenHarmony 通过软件定义硬件的方式、利用“软总线”等技术，使其拥有一次开发多端部署等天然优势，实现人、机、物更加自然的交互。从操作系统发展周期来看，进入新时代的条件已然具备，OpenHarmony 也有能力成为下一代

操作系统的领跑者。

当前我国信息技术发展正走在快车道上，但国产软件行业大而不强，应用丰富而根基薄弱。实现信息技术领域的自主可控，已经上升到国家战略层面。在根技术受制于人的背景下，OpenHarmony 的问世，对国产软件的全面崛起具有战略性带动作用。OpenHarmony 是我国自主研发的面向未来万物互联时代的基础操作系统，目前正在各行各业快速推进。作为时代科技前沿的创新产物，它代表中国高科技必须开展的一次战略突围，将成为新一代操作系统领军者。

1.2 OpenHarmony 初识

1.2.1 OpenHarmony 的背景

华为于 2019 年正式推出了鸿蒙操作系统商用版本，并于 2020 年 9 月将鸿蒙操作系统的基础能力全部捐献给开放原子开源基金会，由开源基金会整合其他参与者的贡献，形成 OpenHarmony 开源项目。全球有兴趣、有需要的组织和个人都可以平等地参与该项目，实现共商、共建、共享、共赢。截至 2022 年 4 月，OpenHarmony 开源项目已获得了广大开发者的支持，吸引了 40 多家主仓代码贡献单位，聚集 160 多万社区用户，成为全球泛智能终端操作系统领域重要的新生力量。

1.2.2 OpenHarmony 的定位和优势

OpenHarmony 是一款面向万物互联的操作系统。在一个物联网系统中，操作系统是管理物联网硬件的核心程序，它进行了内存管理、系统资源配置、输入输出设备控制、网络与文件系统管理等基本业务，同时操作系统也提供了一个用户与物联网系统交互的接口，用户可以在操作系统上方便地管理与调用硬件。

纵观操作系统发展历程，每一个划时代的操作系统都带给了用户全新的交互方式。早期用户与计算机系统的交流是通过命令行的方式，后来用户与计算机系统的交流可以通过用户界面的点击与触摸，而目前阶段又有了手势动作、语音、多设备协同等新的交互方式。随着计算机和物联网技术的不断发展，智能设备已经涉足生活的方方面面，用户接触到的智能设备数量也有了极大提升。但目前的智能设备之间还是以简单的消息传输为主，并没有真正地实现设备之间的硬件资源共享，这并不利于充分发挥设备的硬件功能。传统的操作系统难以真正实现万物互联的跨设备资源共享与设备间的分布式调度。

OpenHarmony 创造性地将分布式技术应用于操作系统，很好地解决了上述的问题。通过分布式技术能让更多终端设备互相连接，打破单一物理设备硬件能力的局限，实现不同硬件间能力互补和性能增强。OpenHarmony 是基于 AI 和 5G 时代的应用场景，从高起点全面规划的角度出发，规划面向多终端的下一代操作系统，具备分布式、多端部署、安全性和易于开发等技术特性。

目前 OpenHarmony 在传统的单设备系统能力的基础上，面向全场景（移动办公、运动健康、社交通信、媒体娱乐等）提出了基于同一套系统能力、适配多种终端形态的分布式理念，能够支持手机、平板、智能穿戴、智慧屏、车机等多种终端设备。OpenHarmony 作为

新一代万物互联底层操作系统，打造开放的、全球化的、创新领先的面向多智能终端、全场景的分布式操作系统，构筑可持续发展的开源生态。OpenHarmony 提供了万物互联的统一开发平台，驱动下一个十年全新数字世界的技术与商业创新热潮。

1.2.3　OpenHarmony 的整体介绍

OpenHarmony 作为一款全新的智能终端操作系统，创新性地提出了分布式软总线理念。一套系统能够适配多种终端形态，支持包括智能穿戴、智慧屏、手机、平板、车机在内的多种终端设备，让不同的设备智能地协同互联，从而带来简洁、流畅、连续、安全可靠的全场景交互体验。

一、设计概述

搭载 OpenHarmony 系统的设备在系统层面上相互融合，形成超级终端，让设备的硬件能力可以按照实际需求弹性扩展，从而实现设备之间的硬件互助、资源共享。

对最终用户来说，OpenHarmony 将各类终端进行能力整合，实现了终端设备之间的快速连接、能力互助、资源共享。

对应用开发者来说，OpenHarmony 采用了分布式技术，使得应用的开发和实现独立于不同终端设备的形态差异，降低了开发的难度和成本。这使开发人员能够专注于上层业务逻辑，方便高效地开发应用程序。

对设备开发者来说，OpenHarmony 采用了组件化的设计方案，可以根据设备的资源能力和业务特征来灵活裁剪，满足不同形态终端设备对操作系统的要求。

二、系统架构

OpenHarmony 自下而上分为 4 个层次，分别是内核层、系统服务层、框架层和应用层，如图 1 - 1 所示。

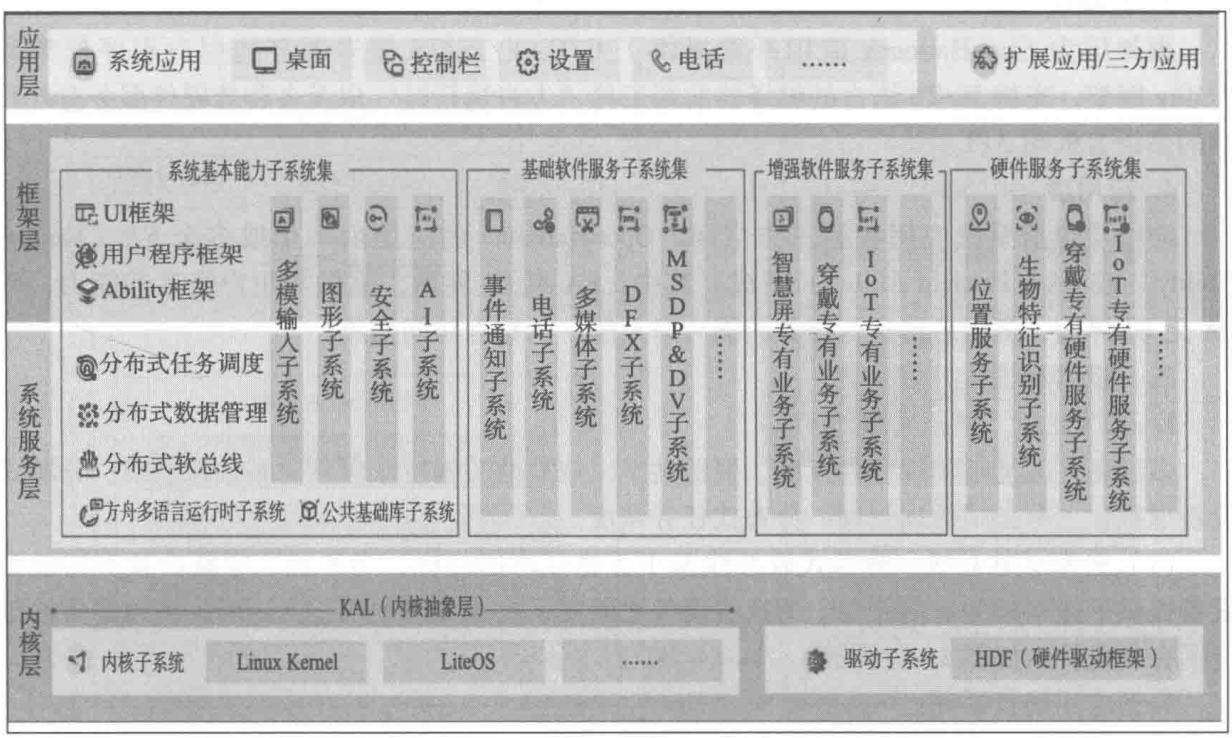


图 1 - 1　OpenHarmony 架构

1. 内核层

内核层包括内核子系统和驱动子系统。

（1）内核子系统：OpenHarmony 采用多内核设计，根据不同的设备选用适合的 OS 内核。

内核子系统提供了进程管理、内存管理、文件管理、网络功能等核心功能供驱动子系统使用，并且对驱动子系统的各模块进行管理，为上层提供更高层次的接口。

（2）驱动子系统：硬件驱动框架（HDF）是 OpenHarmony 硬件生态开放的基础，提供统一外设访问能力和驱动开发、管理机制。驱动子系统直接与各种硬件设备交互，给内核子系统提供服务。

2. 系统服务层

系统服务层是 OpenHarmony 的核心能力集合，通过框架层对应用程序提供服务。该层包含以下几个部分。

（1）系统基本能力子系统集：为分布式应用在 OpenHarmony 多设备上的运行、调度、迁移等操作提供了基础能力，由分布式软总线、分布式数据管理、分布式任务调度、方舟多语言运行时、公共基础库、多模输入、图形、安全、AI 等子系统组成。

（2）基础软件服务子系统集：为 OpenHarmony 提供公共的、通用的软件服务，由事件通知、电话、多媒体、DFX（面向产品生命周期各/某环节的设计）、MSDP&DV 等子系统组成。

（3）增强软件服务子系统集：为 OpenHarmony 提供针对不同设备的、差异化的能力增强型软件服务，由智慧屏专有业务、穿戴专有业务、IoT 专有业务等子系统组成。

（4）硬件服务子系统集：为 OpenHarmony 提供硬件服务，由位置服务、生物特征识别、穿戴专有硬件服务、IoT 专有硬件服务等子系统组成。

3. 框架层

框架层为 OpenHarmony 应用开发提供了 C/C++/JS/TS 等多语言的用户程序框架和 Ability 框架，支持 JS/TS 语言的编译器前端工具“方舟运行时”以及各种软硬件服务对外开放的多语言框架 API。

4. 应用层

应用层包括系统应用和第三方应用。OpenHarmony 的应用由一个或多个 FA（Feature Ability）或 PA（Particle Ability）组成。其中，FA 有 UI 界面，提供与用户交互的能力；而 PA 无 UI 界面，提供后台运行任务的能力以及统一的数据访问抽象。

三、技术特性

1. 硬件互助，资源共享

多设备之间能够实现硬件互助、资源共享，依靠的关键技术包括分布式软总线、分布式设备虚拟化、分布式数据管理、分布式任务调度。

（1）分布式软总线：分布式软总线基于万物互联的目标，为平板、穿戴设备等智能型设备提供了最基础的通信能力，为这些设备之间实现快速无感发现、低延时、高通量传输创造了有利条件，如图 1-2 所示。

典型应用场景举例：

不同的设备 A、B、C、D、…在处于同一个 WiFi 时，可以通过分布式软总线的软硬协