

BUILDING A SMART ROUTER WITH OPENWRT 智能路由器

开发指南

张永智 李章明 著

智能路由器开发的首选指南

- + 针对当前最热门的智能路由器系统 **OpenWrt** 进行讲解
- + 深入剖析 **OpenWrt** 的每一个重要功能，揭示其成功的奥秘
- + 大量案例帮助读者快速掌握 **OpenWrt** 的开发技巧



BUILDING A SMART ROUTER WITH OPENWRT

B智能路由器

开发指南

张永智 李章明 著

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

智能路由器开发指南 / 张永智, 李章明著. -- 北京:
人民邮电出版社, 2016. 10
ISBN 978-7-115-43085-4

I. ①智… II. ①张… ②李… III. ①路由器 IV.
①TN915.05

中国版本图书馆CIP数据核字 (2016) 第182687号

内 容 提 要

OpenWrt 是在实现路由器功能方面最受欢迎的开源软件之一。本书基于 OpenWrt, 详细介绍了智能路由器的开发。

本书共计 15 章, 按照认识路由器的顺序进行编写, 介绍了智能路由器、开发环境及编译分析、OpenWrt 包管理系统、OpenWrt 配置、软件开发、GDB 调试、网络基础知识、路由器基础软件模块、常用软件模块、IP 路由、DNS 与 DHCP、iptables 防火墙、UCI 防火墙、UPnP、网络测试及分析工具等。丰富的理论知识和代码示例可以帮助读者深入认识和理解 OpenWrt 技术, 并能够提升开发水平和开发效率。

本书适合软件架构师、软件开发工程师、软件测试工程师以及计算机相关专业的学生阅读。读者通过阅读本书, 不仅可以掌握 OpenWrt 技术, 还能进一步提升自己的软件开发水平。

-
- ◆ 著 张永智 李章明
责任编辑 胡俊英
责任印制 焦志炜
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 19
字数: 356 千字
印数: 1—2 000 册
-

定价: 59.00 元

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316
反盗版热线: (010)81055315

前言

OpenWrt 成功的秘密

可以实现路由器功能的开源软件很多，为什么只有 OpenWrt 成功了？OpenWrt 软件成功的关键在于 3 个方面：领导者、基础设施以及实现软件的技术。通常领导者是最重要的，因为领导者决定着社区的规则和技术方向，但是每个人都是独特的而且是无法复制的，因此通常无法借鉴。基础设施和实现软件的技术则是可以借鉴的。

OpenWrt 社区采用六大基础设施工具支撑整个社区的运转，这六大基础设施工具分别是代码管理工具 Git、邮件列表、自动构建工具 buildbot、文档管理工具 WiKi、Trac 和技术论坛。

代码管理工具 Git 可以跟踪文件和目录的历史信息，包含 4 个 W (Who、When、Why 和 What)，即谁做了修改，什么时间做了修改，为什么修改以及修改的内容是什么。此外，Git 还支持分布式代码仓库，适合开源软件项目的跨地域开发，这个工具可以让每个人看到代码的变化过程。OpenWrt 经过了 12 年的发展，代码仓库还保留了最初的提交记录。

邮件列表是代码审查及代码提交集成的地方，开发人员将修改代码生成补丁发送给所有的邮件订阅者，每个人都可以进行代码评审，核心开发人员看到后会代码集成到代码仓库中。邮件内容可以永久保存到邮件列表中。邮件列表和普通邮件的主要区别在于订阅机制和存档机制，每个人都可以自由订阅并查看历史邮件。

自动构建工具 buildbot 的核心是一个作业调度系统，它会将任务排队，当提供了任务所需的资源时，执行任务并报告结果。buildbot 不仅仅支持持续集成及自动化测试，还支持应用程序的自动化部署和软件发布的管理。同时在多个平台开发时，通常最后的编译验证都是重复的，编译机器人 (buildbot) 将这一部分接管过来，每日自动下载代码进行编译验证，并将安装包上传到文件服务器上，如果编译失败则用邮件通知感兴趣的人。

文档管理工具 WiKi 的特点是具有开放性，可以让任何参与人员非常方便地进行编辑、访问和搜索。大多数软件公司的软件文档均保存为二进制格式，在经过一段时间和人员流动之后，这些文档就会成为固定的资料，因为它会被遗落在某个角落而无法找到，而 OpenWrt 社区的软件开发文档和使用手册均保存到 WiKi 上。WiKi 是一个协同写作和分享平台，允许所有人修改页面。WiKi 使用简化的语法来代替复杂的 HTML 语言，降低了内容维护的门槛。

Trac 是一个集成 Wiki 和问题跟踪管理系统的项目管理平台，可以帮助开发人员更好地管理软件开发过程，从而开发出高质量的软件。任何人都可以使用该系统来提交 Bug 并查询当前的进展。Trac 采用面向进度的项目管理模型，采用里程碑的方式来组织开发。里程碑是以 ticket（问题）来组织的，所有的问题都解决了，就到达了里程碑。但社区并不完全遵从这个标准，因为其开发人员全部是志愿者，通常到了一定时间会发布一个版本。

技术论坛是一个技术讨论的平台，每个注册用户均可发帖参与讨论。在开发过程中，每个新版本的说明通过该平台发布。

社区的运转是通过以上所述的六大基础设施工具来实现的，我们通过这些工具可以理解到，开源软件 and 社区的精髓在于其开放性，任何人员均可以通过网络自由地获取其信息并参与其中，这样可以激励每个人贡献出自己的力量，开发人员同时也从社区获得回报。开源社区的工具有大多都是相同的，掌握这些工具可以帮助你深入了解开源社区和 OpenWrt。

OpenWrt 技术上成功的秘诀在于：统一编译框架、统一配置接口(Unified Configuration Interface, UCI)、开放的软件包管理系统及其读写分区系统、系统总线 ubus 和进程管理模块 procd。

- 统一编译框架使得数千个软件以相同的方式进行编译，并且可以在几十个平台编译。每个软件模块按照相同的步骤进行代码下载、解压缩、打补丁、配置、编译及生成安装包。

- 统一配置接口使得数千个软件在几十个平台上以相同的方式来存取配置数据，配置以统一格式的文本文件进行管理。

- 开放的软件包管理系统和读写分区系统使得软件管理非常方便，并且能够方便地处理软件包的依赖关系。读写分区系统可以自由地安装软件，而不像大多数专有系统需要全部重新编译才能安装新的软件。

- 系统总线 ubus。每个进程均可以注册到系统总线上进行消息传递，并且提供命令行工具来访问系统总线。

- 进程管理模块 procd。每一个进程交给 procd 来启动，并在意外退出之后再次调用。

所有的这些功能并不是一次性设计出来的，而是随着时间的推进，根据用户和开发进展逐步发展起来的，每一种技术都有其独特的价值。

写作本书的目的

我从写下第一行 C 语言代码到现在已经有近 20 年了，实际从事嵌入式软件开发也有

12 年的时间了。由于在工作中经常会分析一些开源软件，因此在接触 OpenWrt 的过程中，我发现它的设计和实现思路非常好。但是在实际工作中往往会受到时间进度、项目研发人员的水平以及研发人员的更迭等因素的影响，导致软件架构存在种种不足或者过度设计的问题，但并没有很好的解决方法，开发进度一再延迟，因此有了写出本书的想法。

本书可以帮助各种嵌入式设备开发工程师对 OpenWrt 技术有一个清晰的认识，并能够帮助他们对开源的 OpenWrt 进行借鉴，提高软件开发水平。

OpenWrt 始终在发展，本书中所提到的系统使用 OpenWrt 12.09 和 OpenWrt 15.05.1 来介绍，大部分不区分版本，如有区分，我会特别说明。

希望大家通过学习本书能够掌握 OpenWrt 各种技术的应用，同时在一定程度上可以参考 OpenWrt 的技术框架，使自己的职业技能有一个质的提高，从而加快企业产品项目的开发，提高开发效率。

读者对象

本书的读者对象如下：

- 软件架构师；
- 软件开发工程师；
- 软件测试工程师；
- 计算机相关专业的学生。

如何阅读本书

本书的结构是按照通常对路由器的认识顺序来编写的，全书内容共分为 15 章。

第 1 章对路由器进行了概述，主要介绍了 OpenWrt 的发展历史，OpenWrt 的主要功能和几种开源路由器操作系统的对比。

第 2 章介绍了开发环境的搭建以及如何编译代码，并对常用编译脚本和编译选项进行了分析，也讲述了 VirtualBox 虚拟网络环境的设置。

第 3 章介绍了 OPKG 软件包管理系统。OPKG 用于管理软件包的下载、安装、升级、卸载和查询等，并处理软件包的依赖关系。

第 4 章介绍了统一配置接口，OpenWrt 数千个软件均采用该配置接口，它包含 3 个部分：配置文件、访问 API 和命令行工具。

第 5 章介绍了如何在 OpenWrt 中新增一个软件包，提供了一个简易模块供参考，还介绍了 OpenWrt 的软件启动机制和补丁文件的格式以及补丁工具的使用。

第 6 章介绍了 GDB 的使用。首先介绍了如何使用 GDB 启动程序调试，然后介绍了在 GDB 中如何设置断点以及查看程序的运行状态，最后介绍了使用 GDB 对运行中程序的执行流程进行修改，这样能以最快的速度定位问题所在。

第 7 章介绍了 TCP/IP 网络模型，从下到上依次讲述了数据链路层、IP 层和传输层协议，并以一个综合案例来讲述报文的网络处理流程。

第 8 章介绍了 OpenWrt 路由器最近几年新增的核心模块，包括系统总线 ubus、网络设备和接口管理模块 netifd、进程管理模块 procd 等。

第 9 章介绍了在各种领域内的常用软件模块，例如 CWMP 用于远程网络管理，SSH 用于用户登录，QoS 用于保障服务质量，uHTTPd 用于提供 Web 服务，SMTP 用于发送邮件，NTP 用于网络时间协议，PPPoE 用于网络拨号服务等。

第 10 章介绍了路由功能，包括普通的路由及源地址路由和组播路由。

第 11 章介绍了域名系统和动态主机服务，并讲述了动态域名更新系统。

第 12 章和第 13 章讲述防火墙。首先介绍了 iptables，它是用来设置、维护和检查 Linux 内核的防火墙 IP 报文过滤规则和网络地址转换规则。Netfilter 是在内核中依据规则对报文进行处理。UCI 防火墙设置了一个易用的防火墙模型来对防火墙进行管理。

第 14 章介绍了 UPnP 标准框架和 UPnP 工作流程，并以增加端口映射为例讲述了 Internet 网关如何实现广域网访问局域网提供的服务。

第 15 章首先介绍了网络调试和诊断的“瑞士军刀”NetCat，它可以用来进行传输文件，扫描端口等；其次介绍网络流量分析工具 TcpDump，它可以输出网卡接口上的网络报文，也可以根据选项将报文保存为文件。

大家可以根据自己的需求选择阅读的侧重点，不过我还是建议你首先通读前 8 章，再根据自己的需求来阅读其他章节，这样可以对 OpenWrt 架构上有一个清晰的认识，还可以对架构中的技术有一个简单的对比。

致谢

感谢本书的第二作者李章明，他负责 UPnP 一章和 Wi-Fi 一节的编写。另外，还要感谢程晶对本书的贡献。

感谢本书编辑胡俊英对本书的仔细审读，她耐心地帮助修改了很多文字错误，使本书的写作质量有了很大的提高。

感谢 OpenWrt 开发社区，没有迈克·贝克和格里·罗泽马创立的 OpenWrt 社区，这本书就不能完成。本书的很多资料都参考了社区邮件列表、WiKi 以及代码，感谢 OpenWrt 社区所有人员的贡献。同时，本书有一些素材来自 Linux 社区，也感谢林纳斯和他所创建的 Linux。

最后感谢在工作和生活中曾经帮助过我的所有人，感谢你们，正是因为有了你们，才有了本书的面世。

关于勘误

虽然花了很多时间和精力去核对书中的文字、代码和图片，但因为时间仓促和水平有限，书中仍难免会有一些错误和纰漏，如果大家发现什么问题，恳请反馈给我，相关信息可发到我的邮箱 zyz323@163.com。由于时间和技术水平有限，可能不能及时回答大家的所有问题，但我会定期将问题整理并放在网上。

如果大家对本书有任何疑问或想与我探讨 OpenWrt 和防火墙相关的技术，可以访问我的个人网站，网址为 <http://openwrt.bjbook.net>。大家在编译的过程中如果遇到下载软件包失败，可以在我的镜像地址进行下载，网址为 <http://openwrt.bjbook.net/download>。另外，我还提供了 OpenWrt 代码搜索引擎，网址为 <http://openwrt.bjbook.net/source>，大家可以在学习过程中在该地址浏览并搜索代码。

目录

第 1 章 智能路由器概述	1	2.5.2 桥接网络模式	40
1.1 OpenWrt 简介	1	2.5.3 内部网络模式	41
1.2 整体功能组件	3	2.5.4 仅主机网络模式	41
1.2.1 整体架构	3	2.5.5 网络模式比较	42
1.2.2 网络功能	5	2.5.6 组建路由器实验环境	42
1.2.3 系统管理	5	2.6 参考资料	43
1.2.4 状态监控	6	第 3 章 OpenWrt 包管理系统	44
1.3 开源嵌入式操作系统比较	7	3.1 工作原理	44
1.3.1 和 Android 比较	9	3.2 OPKG 命令	45
1.3.2 和其他 WRT 比较	10	3.2.1 命令用法	45
1.4 参考资料	12	3.2.2 软件包的管理	46
第 2 章 开发环境及编译分析	13	3.2.3 查询信息	48
2.1 安装编译环境	13	3.2.4 选项	49
2.1.1 Ubuntu 安装	13	3.3 OPKG 配置	50
2.1.2 安装编译工具	15	3.3.1 调整软件仓库地址	50
2.1.3 下载代码	17	3.3.2 调整安装目录	51
2.1.4 配置及编译	19	3.3.3 代理设置	51
2.2 编译脚本分析	27	3.4 使用举例	52
2.2.1 顶层目录概述	27	3.4.1 安装软件包	52
2.2.2 编译脚本	29	3.4.2 查询已安装的 OPKG 软件包文件列表	53
2.2.3 下载工具	29	3.4.3 自定义安装目录	53
2.2.4 patch-kernel.sh 脚本	30	3.5 OPKG 包结构	55
2.2.5 编译扩展机制 feeds	31	3.6 参考资料	57
2.3 使用 VirtualBox 部署	34	第 4 章 OpenWrt 配置	58
2.4 编译部署出现问题的解决 方法	37	4.1 UCI 简介	58
2.5 VirtualBox 虚拟机网络设置	38	4.1.1 文件语法	58
2.5.1 网络地址转换模式	39	4.1.2 统一配置原理	60

4.1.3	UCI 工具	61	5.4.3	patch 工具	102
4.1.4	配置脚本	66	5.5	参考资料	104
4.2	UCI API 编程接口	68	第 6 章	GDB 调试	105
4.2.1	Libubox	69	6.1	什么是 GDB	105
4.2.2	UCI	69	6.2	如何启动程序调试	106
4.2.3	UCI API 接口	70	6.2.1	使用 GDB 启动 程序	106
4.3	系统内核设置	71	6.2.2	环境变量设置	107
4.3.1	sysctl.conf	71	6.2.3	设置日志文件	108
4.3.2	sysctl	72	6.2.4	获取帮助	108
4.4	系统配置	73	6.2.5	命令总结	109
4.4.1	/etc/rc.local	74	6.3	断点管理	110
4.4.2	/etc/profile	74	6.3.1	指令断点管理	110
4.4.3	/etc/shells	75	6.3.2	观察点管理	112
4.4.4	/etc/fstab	75	6.3.3	捕获点管理	113
4.4.5	/etc/services	76	6.3.4	单步调试	113
4.4.6	/etc/protocols	77	6.3.5	命令总结	114
4.5	名词解释	78	6.4	查看程序运行状态	115
4.6	参考资料	78	6.4.1	查看栈帧信息	115
第 5 章	软件开发	79	6.4.2	查看运行中的源程序 信息	117
5.1	编译构建系统	79	6.4.3	查看运行时数据	117
5.1.1	概述	79	6.4.4	命令总结	119
5.1.2	变量定义	85	6.5	动态改变——改变程序的 执行	120
5.1.3	软件包定义	87	6.6	名词解释	121
5.1.4	构建	88	6.7	参考资料	121
5.2	HelloWorld	89	第 7 章	网络基础知识	122
5.2.1	目录结构	91	7.1	概述	122
5.2.2	Makefile	92	7.1.1	网络设备	123
5.2.3	编译	94	7.1.2	计算机网络分类	124
5.3	软件启动机制	95	7.2	数据链路层	124
5.4	补丁生成及应用工具	99			
5.4.1	补丁	99			
5.4.2	diff 工具	100			

7.2.1	以太网	124	8.4	ubox	160
7.2.2	MAC 寻址	125	8.5	procd	163
7.2.3	冲突和冲突域	125	8.5.1	reload_config	164
7.2.4	广播域	126	8.5.2	procd 进程	164
7.2.5	ARP 协议	126	8.5.3	procd.sh	167
7.3	IP 协议	127	8.5.4	rc.common	169
7.3.1	IP 报文格式	127	8.5.5	综合示例	170
7.3.2	IP 地址分类	129	8.6	参考资料	172
7.3.3	协议功能	131	第 9 章	常用软件模块	173
7.4	ICMP	132	9.1	CWMP	173
7.4.1	概述	132	9.1.1	概述	173
7.4.2	报文格式	133	9.1.2	方法和流程	174
7.4.3	差错报文	134	9.1.3	如何配置	176
7.4.4	查询报文及响应报文	135	9.2	SSH 服务器	177
7.4.5	ping	136	9.2.1	概述	177
7.4.6	TraceRoute	137	9.2.2	配置	177
7.5	传输层协议	137	9.3	QoS	178
7.6	综合	138	9.3.1	服务模型	178
7.7	名词解释	141	9.3.2	QoS 配置	180
7.8	参考资料	141	9.4	uHTTPd 服务器	181
第 8 章	路由器基础软件模块	143	9.4.1	概述	181
8.1	libubox	143	9.4.2	配置	182
8.1.1	libubox	143	9.5	SMTP	183
8.1.2	jshn	145	9.6	NTP	184
8.2	ubus	147	9.7	PPPoE	185
8.2.1	ubusd	148	9.7.1	CHAP 验证过程	186
8.2.2	ubus 命令行工具	149	9.7.2	PPPoE 配置	188
8.3	netifd	152	9.8	无线基础	188
8.3.1	概述	152	9.8.1	什么是无线	188
8.3.2	netifd 方法	154	9.8.2	优点	188
8.3.3	netifd 文件	158	9.8.3	缺点	188
8.3.4	网络配置	159	9.8.4	安全	189

9.8.5 认识 OpenWrt 无线接口	189	11.3.4 DHCP 工作流程	222
9.8.6 OpenWrt 无线配置	191	11.4 dnsmasq	223
9.9 参考资料	192	11.4.1 概述	223
第 10 章 IP 路由	194	11.4.2 配置	224
10.1 路由分类	194	11.5 动态 DNS	228
10.2 单播路由	195	11.5.1 DDNS 原理	228
10.2.1 路由表管理	195	11.5.2 DDNS 配置	229
10.2.2 静态路由配置	198	11.5.3 DNS 更新协议及 算法	230
10.3 策略路由	199	11.6 DNS 测试工具	232
10.3.1 概述	199	11.6.1 nslookup	232
10.3.2 配置策略路由	200	11.6.2 dig	232
10.3.3 典型配置举例	203	11.7 参考资料	234
10.4 组播路由	205	第 12 章 iptables 防火墙	235
10.4.1 组播原理	205	12.1 防火墙概述	235
10.4.2 IGMP 原理	207	12.2 iptables 中的表	236
10.4.3 IGMP 代理	207	12.2.1 filter (过滤表)	236
10.4.4 IGMP Proxy 管理	209	12.2.2 nat (网络地址 转换表)	237
10.4.5 验证及调试	210	12.2.3 mangle (修改表)	237
10.5 名词解释	211	12.2.4 raw (原始表)	238
10.6 参考资料	212	12.3 处理目标	238
第 11 章 DNS 与 DHCP	213	12.3.1 REJECT (拒绝)	239
11.1 主机系统	213	12.3.2 DNAT (目的网络地址 转换)	240
11.2 DNS 基础	215	12.3.3 SNAT (源网络地址 转换)	240
11.2.1 域名结构	215	12.3.4 MASQUERADE (伪装)	241
11.2.2 DNS 报文格式	216	12.3.5 LOG	241
11.2.3 域名解析器原理	217	12.3.6 REDIRECT	241
11.2.4 域名解析实例	218	12.4 报文处理流程	242
11.3 DHCP 基础	220		
11.3.1 引言	220		
11.3.2 DHCP 原理	220		
11.3.3 DHCP 报文	221		

12.5	报文规则匹配	245	14.1.1	起源	264
12.6	管理防火墙规则	247	14.1.2	概述	264
12.7	其他工具集	249	14.2	UPnP 架构	265
12.8	小结	250	14.2.1	UPnP 协议术语	265
12.9	参考资料	250	14.2.2	UPnP 组件	266
第 13 章	UCI 防火墙	251	14.3	UPnP 协议	267
13.1	概述	251	14.4	UPnP 工作流程	268
13.2	防火墙配置	252	14.4.1	寻址	268
13.2.1	Defaults	252	14.4.2	发现	269
13.2.2	Zones-安全域	253	14.4.3	描述	269
13.2.3	转发	253	14.4.4	控制	270
13.2.4	重定向	254	14.4.5	事件	270
13.2.5	规则	255	14.4.6	表达	272
13.2.6	include	257	14.5	UPnP 应用之 IGD	272
13.3	常见用法	258	14.5.1	IGD 框架	272
13.3.1	MAC 地址黑白 名单	258	14.5.2	端口映射在 IGD 中的 应用	274
13.3.2	家长控制	260	14.6	参考资料	277
13.4	防火墙管理及调试	261	第 15 章	网络测试及分析工具	278
13.4.1	管理防火墙	261	15.1	NetCat	278
13.4.2	测试防火墙	262	15.2	TcpDump	283
13.5	名词解释	263	15.2.1	抓取报文	283
13.6	参考资料	263	15.2.2	匹配规则	285
第 14 章	UPnP	264	15.2.3	使用举例	287
14.1	UPnP 简介	264	15.3	参考资料	288

第 1 章

智能路由器概述

近年来，智能路由器领域越来越火，但这方面的开发资料却很少，并且不成体系。因此，本书针对智能路由器领域的开发进行了详细介绍，也可以用于指导其他智能家庭设备的开发。

接入网络的家庭用户终端越来越多，路由器控制越来越复杂，因此需要一个智能网关来管理家庭的设备。另外，这个智能网关直接连在互联网上，需要隔离家庭网和互联网的连接，因此需要带有防火墙功能。智能路由器就像智能手机一样，其定义并非其字面含义所表现出的那样（可以智能地选择路由），而是其带有可扩展功能，用户自己可以安装软件进行扩充。传统的路由器仅可以升级厂商自己的操作系统版本，且未提供扩展接口。

公共场所无线接入是一个大的需求，因此无线接入市场越来越大。接入费用谁来负担？一个思路是商家提供接入费用，另外一个思路是通过广告来分担接入费用。OpenWrt 就是这样一个智能路由器操作系统，它可以提供 Web 认证等成熟的功能给这类用户进行选择。

OpenWrt 是一个针对嵌入式设备的 Linux 发行版，有非常高的可扩展性，可以非常容易地从零开始构建出全功能的智能路由或服务器设备。

1.1 OpenWrt 简介

OpenWrt 是一个嵌入式设备的 Linux 发行版，以 GPL 许可协议发行。

OpenWrt 项目始于 2004 年 1 月，其第一个版本采用了 LinkSys 的源码。在 LinkSys 的代码收费后，改为采用正式发布的 Linux 内核来集成，并将 OpenWrt 完全模块化，不断推出补丁和驱动。OpenWrt 的主要特点在于其高扩展性，并且文件系统可写，开发者无需在

每一次修改后完全重新编译，只要编译自己的软件包即可，这样就加快了开发的进度。另外 OpenWrt 提供了 SDK，每个运行软件均能够以 SDK 来进行编译，以软件包形式进行安装和卸载。其主要特点有如下几个。

- 代码里不含第三方开源包，只包含开源包地址链接。
- 编译时自动下载源代码、打补丁来满足指定平台要求，并编译。还可以修改 Makefile 来下载最新的软件包。
- 使用 LuCI 作为最终用户管理界面。LuCI 以 Apache 许可协议发布 Web 管理功能代码。
- UCI 通用配置管理方法。
- 通过脚本来调用 iptables 来实现防火墙功能，配置保存在 UCI 文件中。
- 开放和可扩展的 OPKG 格式安装升级包。

OpenWrt 历史

OpenWrt 在 2004 年由迈克·贝克和格里·罗泽马创立，到今天为止已经发展了 12 个年头了。OpenWrt 定期发布版本，发行版本以代码线和日期作为版本号。它的第一个正式版为 Kamikaze 7.06，第二个正式版本为 Backfire 10.03。

Backfire

2010 年 4 月 7 日，OpenWrt 发布 Backfire 10.03 正式版。相对上一个稳定版本，其内核升级为 Linux 2.6.32，使用了新的 Web 服务器 uhttpd，支持了一些新的平台硬件（如 TP-Link TL-WR1043ND 等），增加了机器可读的版本信息/etc/openwrt_release。

2011 年 12 月 21 日，OpenWrt 发布了 Backfire 10.03.1 正式版。期间，OpenWrt 发布了 6 个 RC 版本。这一版本将内核升级为 Linux 2.6.32.16，修正了很多 BUG，并增加了对 TP-Link、TL-MR3420 等的支持。

Attitude Adjustment

2013 年 4 月 25 日，OpenWrt 发布 12.09 正式版。相对于 Backfire 版本，Attitude Adjustment 将内核更新至 Linux 3.3，改进了并行编译支持；使用密文存储密码；各种防火墙功能增强；无线驱动更新及稳定性增强；新平台支持 ramips、bcm2708（树莓派）等；发布镜像文件中支持网桥防火墙。

Barrier Breaker

2014 年 7 月 31 日，OpenWrt 发布 14.07 正式版。相对于 Attitude Adjustment 版本，内核升级到 3.10，增加了原生 IPv6 支持，文件系统增强；UCI 配置增强，支持测试配置和回滚最近工作状态机制，增加配置更改按需触发服务重启机制；网络功能增强，可以支持动态防火墙规则，增加网桥的多播传输到单播传输的转换等。

Chaos Calmer

OpenWrt 于 2015 年 9 月 11 日发布 15.05 正式版。Chaos Calmer 中间发布了 3 个 RC 版本。相对于 Barrier Breaker，其内核升级到了 3.18；网络功能增强，添加了多个 3G/4G 路由器支持，改进了 IPv6 等功能增强，增加了自管理网络的支持；各种平台和驱动设备的支持，例如飞思卡尔 i.MX23/28 系列等各种品牌，增加了树莓派的支持。这个版本在 64 位平台的 VirtualBox 下运行还存在问题。

表 1-1 OpenWrt 最近历史版本

版 本	内核版本	发布日期	发布代码地址
Kamikaze 8.09.2	2.6.26	2010-01-10	svn://svn.openwrt.org/openwrt/tags/8.09.2
Backfire 10.03	2.6.32	2010-04-07	svn://svn.openwrt.org/openwrt tags/backfire_10.03
Backfire 10.03.1	2.6.32	2011-12-21	svn://svn.openwrt.org/openwrt/tags/backfire_10.03.1
Attitude Adjustment 12.09	3.3.8	2013-04-25	svn://svn.openwrt.org/openwrt/tags/attitude_adjustment_12.09
Barrier Breaker 14.07	3.10	2014-10-02	svn://svn.openwrt.org/openwrt/branches/barrier_breaker -r42625
Chaos Calmer 15.05	3.18	2015-09-11	svn://svn.openwrt.org/openwrt/branches/chaos_calmer -r46767

注 1：对于各种硬件平台内核版本可能不一致。因为每个平台的内核版本在独立的文件中定义（target/linux/<平台>/ Makefile: LINUX_VERSION），在 Barrier Breaker 及以后的发布版中，内核版本定义变量改为 KERNEL_PATCHVER。

注 2：最新的两个发布版本没有创建标签，需要根据 SVN 版本号来下载代码。

注 3：2016 年 3 月，OpenWrt 已经从 SVN 代码仓库切换到 Git 代码仓库了，因此不再支持 SVN。

1.2 整体功能组件

1.2.1 整体架构

路由器的典型架构划分为管理平面、控制平面和数据转发平面，如图 1-1 所示。

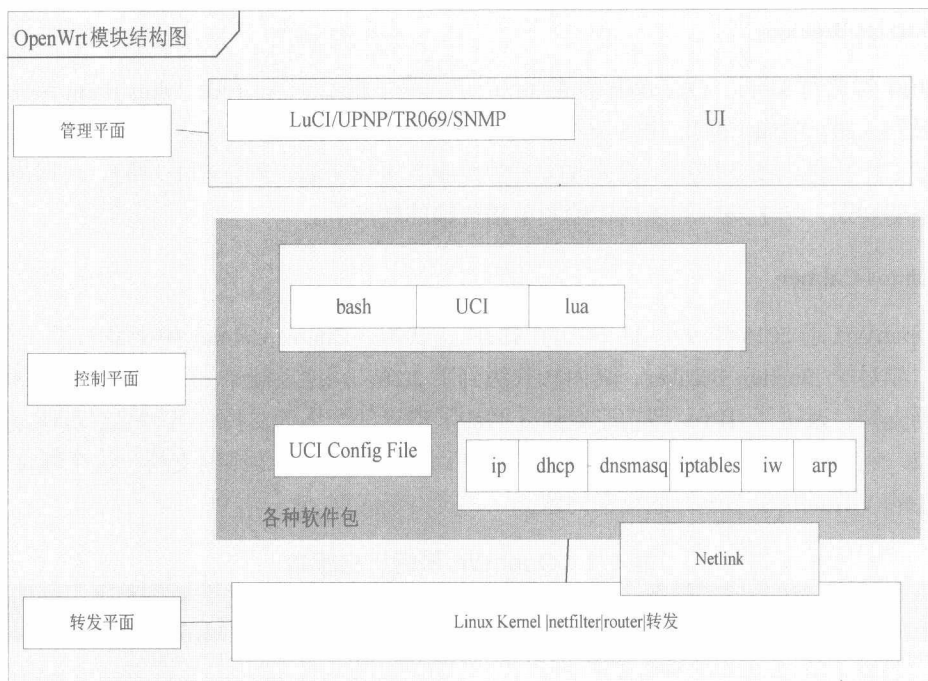


图 1-1 OpenWrt 架构

管理平面是提供网络管理人员使用 UCI、Web、SNMP 和 TR069 等方式来管理路由器，以及执行这些管理功能所需的配置命令等，管理平面提供了控制平面正常运行所需的配置参数。

控制平面用于控制和管理所有网络协议的运行，例如 ARP、DHCP、DNS 及组播协议的管理和控制。

转发平面用于处理和转发不同网络接口上各种类型的数据，例如进行网络地址转换、路由、ACL 等。典型路由器在数据转发平面占用最多的系统资源。转发平面应用控制平面提供的路由信息对数据报文的接收，进行网络地址转换，查找路由表，从出接口发出报文等工作。如果找不到路由，则发送 ICMP 不可达消息，我们可以使用 route 命令查看路由转发数据库。路由器的 3 平面划分仅是逻辑意义上的功能划分，在实际的功能模块并没有完全区分。

OpenWrt 是一个基于 Linux 的智能路由器操作系统。用户可以自定义安装各种应用软件。OpenWrt 提供各种功能插件，使用户可以自定义安装来管理路由器；默认内置了一些