

# RIP 和 OSPF 路由协议在 Click 软件 路由器中的实现

姚 苏, 张宏科, 周华春

(北京交通大学 下一代互联网互联设备国家工程实验室, 北京 100044)

**摘 要:** Click 是一种模块化的软件路由器体系结构, 基于该体系结构用户可以根据自己的需求搭建不同功能的路由器。针对 Click 软件路由器支持静态路由协议的局限性, 引入模块化路由器软件协议栈 XORP (eXtensible Open Router Platform), 实现了动态路由协议在 Click 软件路由器上的扩展。通过搭建实验网络拓扑环境, 验证了基于 Click 转发平台的两种不同的动态路由协议 RIP 和 OSPF, 并进行了相关测试和性能分析。实验结果表明, Click 软件路由器的转发性能与 Linux 内核基本一致, 但相比较而言, Click 软件路由器具有灵活、可扩展、模块化等不可比拟的优势。

**关键词:** Click; XORP; 模块化

**中图分类号:** TP311.5

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2010)12-0017-04

## Implementation of RIP and OSPF Routing Protocols Using Click Software Router

YAO Su, ZHANG Hong-ke, ZHOU Hua-chun

(National Engineering Laboratory for Next Generation Internet Interconnection Device,  
Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract:** Click is a modular software router architecture. Based on this architecture can build different functions of routers to meet our needs. As the Click router can only support static routing protocol, introduces a modular Internet protocol routing software suite XORP. Using XORP, the Click router also can support dynamic routing protocols. In this paper first set up an experimental topology network environment, and then test two different dynamic routing protocols RIP and OSPF using the Click forwarding platform, last analyze its performance. Our performance analysis shows Click software router is comparable with good forwarding performance for Linux kernel. However, compared to other forwarding platform, the Click software router has unparalleled advantages due to its flexibility, extensibility and modular.

**Key words:** Click; XORP; modular

## 0 引 言

Click 软件路由系统的设计主要是针对路由器转发层面的不灵活性, 提出了模块化、可重构的路由体系结构, 使路由器转发层面更加易于配置。基于该体系结构, Click 将路由器的各功能模块抽象成相互独立的构件元素。用户可以根据自己的需求确定路由器工作的功能模块, 从 Click 提供的构件库中选取实现所需功

能的构件元素。通过配置文件将各个构件连接成一个完整的功能模块, 从而构造出来符合用户需求的软件路由器。

然而 Click 软件路由系统的设计仅仅局限于对静态路由协议的配置, 当采用动态路由协议时, 路由器控制层面则需要完成对路由协议的管理以及与底层转发接口的通信。文中引入模块化路由协议栈 XORP, 其中 RIB(路由信息管理平台)完成对动态路由协议的管理, FEA(转发控制平台)与底层 Click 构件的通信实现对底层转发层面的控制。

基于对路由器上层控制层面和底层转发层面的模块化设计思想, 实验验证了两种动态路由协议 RIP 和 OSPF, 并对两种不同的路由协议进行了相关测试和性能比较。

收稿日期: 2010-03-24; 修回日期: 2010-06-17

基金项目: 国家 863 高技术研究发展计划(2008AA01A326)

作者简介: 姚 苏(1986-), 男, 安徽舒城人, 硕士研究生, 研究方向为网络安全、路由协议; 张宏科, 教授, 博士生导师, 研究方向为下一代互联网理论与技术; 周华春, 教授, 博士生导师, 研究方向为网络安全、移动互联网。

## 1 相关研究

### 1.1 Click 软件路由器

Click<sup>[1]</sup>是美国麻省理工学院提出的一种模块化软件路由器的体系结构,基于该软件体系结构可以实现路由器的对数据包的转发,如简单的 IPv4/IPv6 路由器。目前 Click 路由器已经发布 1.8.0 版本<sup>[2]</sup>。

一个完整的 Click 路由器系统的组成部分主要包括构件元素、数据报结构和连接方式三部分<sup>[3]</sup>。其中构件元素是 Click 最基本的组成单位,每一种构件元素都可以实现路由器处理单元的功能,例如:路由表的查询、数据包排队、数据包计数,这些功能都可以由单个构件元素完成。在 Click 路由器里,每一个构件元素都是一个 C++ 对象<sup>[4]</sup>,这些构件元素通过特定的连接方式实现路由器的功能。同时基于 Click 的模块化思想,用户易于添加具有新功能的 Click 构件元素。数据包结构是指 Click 路由器接收网络数据报后,按照网络数据报的报头类型进行分类,此策略简化了路由器对数据报的操作,从而提高了路由器的工作效率。Click 支持的构件元素间连接方式包括上拉(pull)、下推(push)和不定方式(agnostic)三种<sup>[5]</sup>。其中不定方式是由该构件元素所连接的构件决定的,与上拉构件连接时为上拉类型,与下推构件连接时为下推类型。

例如一个简单的路由器配置基本可以由 FromDevice(eth0)、Couter、Discard 三个构件元素按照顺序连接而成,数据包按照构件元素的连接方向进行传递。按照所述配置,路由器首先从网络设备 eth0 读入数据包,接着对数据包进行计数,最后丢弃数据包,从而实现路由器构件元素对数据包的简单操作。

### 1.2 模块化路由协议栈 XORP

XORP(eXtensible Open Router Platform)<sup>[6]</sup>针对动态路由协议的管理提供了统一的模块化控制平台,这种模块化设计易于灵活配置。XORP 中各个功能模块相互独立,并且在 UNIX 操作系统中作为不同的进程实现通信。总体上 XORP 可以被划分成两个子系统,上层子系统即用户层面的子系统包括路由协议和资源管理机制;下层子系统即内核层面的子系统,该子系统根据路由协议产生的转发表实现对数据包的正确转发以及通过套接口完成与上层子系统的通信。

用户层面的 XORP 子系统是基于多进程的体系结构,每一种路由协议都作为由操作系统中的单个进程,系统调用不同的进程完成对路由协议的控制。子系统内部的进程间通信则是由 XORP 特有的通信机制 XRL(资源管理器)实现。由于 XRL 的资源管理机制不仅仅局限于对单台主机的路由协议的管理,同时也可以支持分布式的主机间的通信,所以对路由协议

控制和数据包转发功能的实现可以分别在不同的计算机完成。基于 XORP 系统的分布式特点,系统可以在一台计算机上实现数据包的转发功能,与此同时在另一台不同的处理器控制系统实现路由协议以及转发表的更新。内核层面的 XORP 子系统可以选择 UNIX 内核、Click 模块化路由器或者 Windows 内核转发平台。

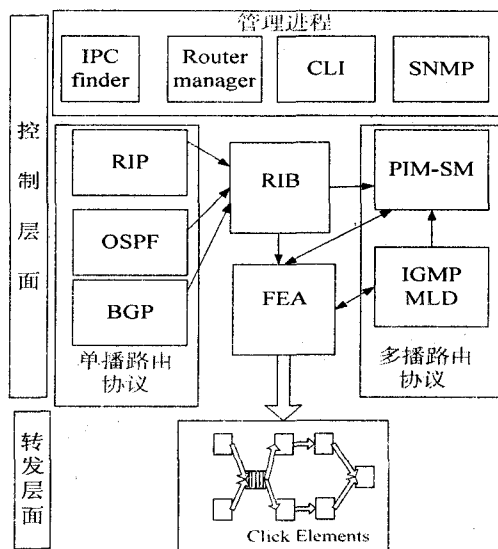


图1 基于Click转发平台的XORP系统

图1所示的是基于Click模块化路由器转发平台的XORP系统各个功能模块以及它们之间交互过程。XORP系统的管理进程是由IPC finder(内部进程通信探测器)、Routers manager(路由器管理器)、CLI(命令行接口)、SNMP(简单网络管理协议)四部分组成。管理进程实现对内部进程通信的管理以及提供给用户的可操作的管理平台。控制层面的路由协议包括单播路由协议<sup>[7]</sup>(RIP、OSPF、BGP)和多播路由协议(PIM-SM、IGMP/MLD)。

文中验证的是RIP<sup>[8]</sup>和OSPF<sup>[9]</sup>路由协议。如图所示RIB(路由信息管理平台)根据路由协议获取的路由信息实时更新路由和转发表,并将更新的路由信息加以储存传递给FEA(转发控制平台)。这样,转发层面的Click构件通过与FEA提供的统一通信接口完成路由信息的查询和交互,最终根据获取的路由信息实现数据包的正确转发。

## 2 支持RIP和OSPF路由协议的Click软件路由器的实现

进入XORP命令行界面xorpsh(XORP command shell),实现对XORP路由器的配置和操作。‘xorpsh’提供给用户两种模式操作模式(Operational Mode)和编辑模式(Configuration Mode)。在编辑模式下可以浏览配置文件,编写和修改配置文件并保存,在操作模式可

以完成对配置文件的编译、调试和运行,以及查看当前路由器的运行状态。

### 2.1 RIP 路由协议的实现

RIP 路由协议是最早的路由协议之一,它是使用距离矢量算法来计算路由的,最大优点是使用简单。其主要特点有:每隔固定的时间交互全部路由表的信息;仅和相邻的路由器交换路由表信息。

进入 XORP 编辑模式,编辑其配置文件(rip-click.boot)。对 XORP 路由器的配置可以分为对路由器网络接口的描述,路由策略的选择,动态路由协议的配置,底层转发平台 Click 参数的配置四个方面。

(1)XORP 路由器网络接口的定义和相关参数的配置,其中参数 interface 是对路由器的物理网卡的定义;vif 是对路由器的虚拟网卡的定义;address 配置网卡 IP 地址;prefix-length 配置 IP 地址的前缀长度。

(2)XORP 路由器路由策略的选择,路由策略是根据不同路由协议来仲裁路由。其中参数 policy-statement 为路由器的策略选择方式,可以选择内部连接方式或者外部连接方式。由于是根据路由协议仲裁路由,故路由器的路由策略选择为外部连接方式。

(3)XORP 路由器路由协议的配置,此处选择的是 RIP 路由协议。其中参数 export 表示该路由协议为外部连接方式;request-delay 配置路由信息请求的时延间隔;update-delay 配置路由表向邻居路由器发送更新路由信息的时延间隔。

(4)XORP 路由器底层转发平台 Click 的参数配置,其中参数 unicast-forwarding4 是 Linux 内核转发功能,此处需要关闭此功能以实现 Click 路由器的转发;command-file 选择加载启动 Click 路由器的路径;control-address 设置 XORP 与底层 Click 转发平台的套接口通信的地址;control-socket-port 设置 XORP 与底层 Click 转发平台的套接口通信的端口号;user-click 选择用户层面的 Click 转发模式;user-click-config-generator-file 设置生成 Click 配置的脚本文件路径。

### 2.2 OSPF 路由协议的实现

OSPF 路由协议即开放最短路径优先协议,是一种基于链路状态的路由选择协议<sup>[10]</sup>。不同于 RIP 内部网关协议,OSPF 路由协议主要依靠呼叫协议和可靠泛洪来完成路由表的动态维护。

当路由协议为 OSPF 路由协议时,需要对路由协议部分的相关参数进行修改。其中参数 router-id 设置自治域中 OSPF 路由器的 ID 号;参数 area-type 选择自治域的类型;参数 hello-interval 设置路由协议中

hello 通告数据包发送的时延间隔。

### 2.3 XORP 中路由信息的交互过程

XORP 路由系统中上层控制层面的路由协议和底层转发层面 Click 构件的交互过程如图 2 所示。

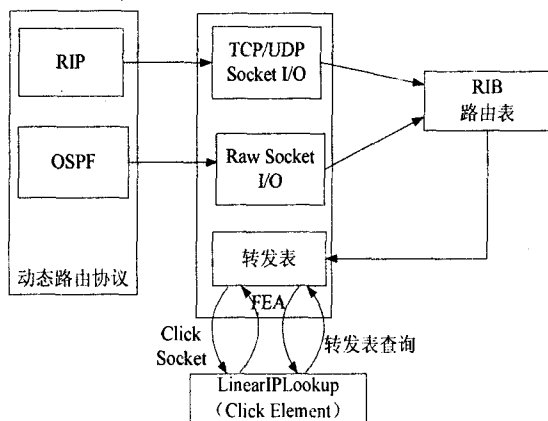


图 2 XORP 路由系统中路由信息的交互过程

其中控制层面的 RIB 中路由信息处理进程通过与动态路由协议的建立的套接口连接获取路由信息,并加以储存,以及决定最佳路由。图中 RIP 路由协议通过 FEA 中的原始套接口建立连接,OSPF 路由协议则是通过 FEA 中的 TCP/UDP 套接口建立与路由处理进程的连接。RIB 根据不同路由处理进程决定最佳的路由信息,并将路由处理结果传递给 FEA 中的转发表接口。FEA 接收插入或者删除路由的请求,并对转发表进行必要的改变。这样,FEA 可以接收到路由的更新通知从而对转发表实时更新。

另一方面,底层 Click 构件组成的转发层面通过建立的 Click 套接口实现对转发表的查询,图中 Click 路由器中的核心构件 LinearIPLookup 完成对 FEA 中的转发表项信息查询,从而转发层面可以根据查询得到的转发表来实现对数据包的正确转发处理。

## 3 实验与性能分析

### 3.1 实验环境

搭建如图 3 所示的实验网络拓扑环境,由两台主机和两台路由器组成。主机以及路由器均使用的是 IBM x3500 服务器。

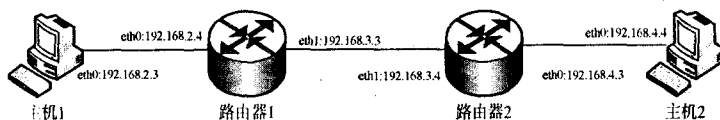


图 3 实验网络拓扑环境

主机和路由器的硬件配置相同,均为英特尔双核,CPU 主频均为 2.0GHz,内存容量为 2G,硬盘空间大小为 80G,网络控制器为集成双千兆以太网接口。主机和路由器的操作系统均选用 CentOS 5.2 操作系统,

内核版本为 2.6.24.7。路由器上安装的 Click 软件包的版本号为 1.7.0, XORP 路由软件的版本号为 1.6.0。

### 3.2 实验结果

进入 XORP 的操作模式,运行 RIP 和 OSPF 的配置文件,使用 ping 命令在主机 1 上向主机 2 发送 icmp 数据包,通过抓包软件 wireshark,捕获路由器 1 上的数据包,可以看出 RIP 路由器和 OSPF 路由器之间的路由信息交互过程。

其中图 4 为 RIP 路由器上的数据包,图 5 为 OSPF 路由器上的数据包。

```

192.168.3.3 224.0.0.22 IGMP V3 Membership Report /
192.168.3.3 224.0.0.9 RIPv2 Request
192.168.3.3 224.0.0.22 IGMP V3 Membership Report /
192.168.3.3 224.0.0.9 RIPv2 Response
192.168.3.4 224.0.0.22 IGMP V3 Membership Report /
192.168.3.4 224.0.0.9 RIPv2 Request
192.168.3.3 224.0.0.9 RIPv2 Response
192.168.3.4 224.0.0.22 IGMP V3 Membership Report /
192.168.3.4 224.0.0.9 RIPv2 Response
192.168.3.3 224.0.0.9 RIPv2 Response
Ibm_b0:b6:b0 Broadcast ARP who has 192.168.3.4? T
Ibm_b0:b4:22 Ibm_b0:b6:b0 ARP 192.168.3.4 is at 00:1a
192.168.2.3 192.168.4.4 ICMP Echo (ping) request
Ibm_b0:b4:22 Ibm_b0:b6:b0 ARP 192.168.3.4 is at 00:1a
Ibm_b0:b4:22 Broadcast ARP who has 192.168.3.3? T
Ibm_b0:b6:b0 Ibm_b0:b4:22 ARP 192.168.3.3 is at 00:1a
Ibm_b0:b6:b0 Ibm_b0:b4:22 ARP 192.168.3.3 is at 00:1a
192.168.4.4 192.168.2.3 ICMP Echo (ping) reply
192.168.2.3 192.168.4.4 ICMP Echo (ping) request
192.168.4.4 192.168.2.3 ICMP Echo (ping) reply

```

图 4 RIP 路由器上的数据包

```

192.168.3.4 192.168.3.3 OSFP LS Request
192.168.3.3 224.0.0.5 OSFP LS Update
192.168.3.3 224.0.0.5 OSFP LS Acknowledge
192.168.3.3 224.0.0.5 OSFP LS Update
192.168.3.4 224.0.0.5 OSFP LS Acknowledge
192.168.3.4 224.0.0.5 OSFP LS Update
192.168.3.4 192.168.3.3 OSFP LS Acknowledge
192.168.3.3 224.0.0.5 OSFP LS Acknowledge
192.168.3.4 224.0.0.22 IGMP V3 Membership Report / Join
192.168.3.3 224.0.0.5 OSFP Hello Packet
192.168.3.4 224.0.0.5 OSFP Hello Packet
192.168.3.4 224.0.0.5 OSFP LS Update
192.168.3.3 224.0.0.5 OSFP LS Acknowledge
192.168.2.3 192.168.4.4 ICMP Echo (ping) request
192.168.4.4 192.168.2.3 ICMP Echo (ping) reply
192.168.2.3 192.168.4.4 ICMP Echo (ping) request
192.168.4.4 192.168.2.3 ICMP Echo (ping) reply
192.168.3.3 224.0.0.5 OSFP Hello Packet
192.168.2.3 192.168.4.4 ICMP Echo (ping) request
192.168.4.4 192.168.2.3 ICMP Echo (ping) reply

```

图 5 OSPF 路由器上的数据包

### 3.3 性能分析

下面将基于 Click 转发平台的动态路由协议与基于 Linux 内核转发平台的性能进行比较,采用 ping 命令对两种不同转发平台的转发性能进行测试,结果如表 1 所示。表中第一种方式为 Click 转发平台的测试数据,第二种方式为 Linux 内核转发平台的测试数据。

表 1 两种不同转发平台的路由器性能比较

路由协议	最小时间 (ms)	最大时间 (ms)	平均时间 (ms)	差值 (ms)
RIP1	0.346	0.635	0.498	0.079
RIP2	0.345	0.604	0.486	0.069
OSPF1	0.423	0.687	0.563	0.064
OSPF2	0.369	0.631	0.519	0.058

通过上述数据可以得出基于 Click 转发平台的数据包转发性能与 Linux 内核基本一致,实现了对数据包的转发处理。但相比较而言,Click 软件路由器的模块化设计使之具有更好的灵活性和可扩展性。

## 4 结束语

基于 Click 模块化软件路由器的体系结构,引入模块化路由协议栈 XORP,实现了转发层面和控制层面的路由器模块设计。通过实验验证了两种不同的动态路由协议 RIP 和 OSPF,并对路由器进行了测试和分析。Click 软件路由器的模块化设计方式,很好地满足了当前网络应用中路由器灵活性、可扩展性的要求<sup>[11]</sup>。下一步的工作需要继续研究 IPv6 动态路由协议,实现 IPv6 动态路由协议在 Click 路由器上的扩展<sup>[12]</sup>。

### 参考文献:

- [1] Kohler E. The Click Modular Router[EB/OL]. 2001-02. <http://www.pdos.lcs.mit.edu/papers/click:kohler-phd/thesis.pdf>.
- [2] Click: The Click Modular Route Project[EB/OL]. 2006-07. <http://read.cs.ucla.edu/click/>.
- [3] Kohler E, Morris R, Chen B. The click modular router[J]. ACM Transaction on Computer System, 2000, 18(3):263-297.
- [4] 张永德,王艳平,李秀艳. 一种新型软件结构 Click 的研究与应用[J]. 计算机应用, 2003(6):40-41.
- [5] 赵凯辉. NAT-PT 翻译网关在 Click 模块化软件路由器中的实现[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(3):25-27.
- [6] XORP: eXtensible Open Router Platform Project[EB/OL]. 2009-01. <http://www.xorp.org/>.
- [7] 汤秀辉,吴建平,徐明伟. 开源路由软件 XORP 的 MP-BGP 扩展方法[J]. 清华大学学报, 2009, 49(11):1901-1904.
- [8] Malkin G. RFC 2453. RIP Version 2[S]. [s.l.]:Bay Networks, 1998.
- [9] Moy J. RFC 2328. OSPF Version 2[S]. [s.l.]:Ascend Communications Inc, 1998.
- [10] 李彦华,黄华,王玉,等. EIGRP 与 OSPF 两种动态路由协议的分析比较[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(10):34-37.
- [11] 徐恪,吴建平,江勇,等. 通用路由器软件体系结构研究综述[J]. 小型微型计算机系统, 2001, 22(4):385-391.
- [12] 李向丽,穆玲玲. 基于 IPv6 的 RIPng 路由技术研究[J]. 微机发展(现更名:计算机技术与发展), 2004, 14(10):27-30.