虚拟路由
项目报告
模拟网络层路由

学院：数据科学与计算机学院
专业：计算机科学与技术
年级：**2016** 级
组长（学号）：王锡淮（**16337236**）
组员（学号）：杨陈泽（**16337271**）
组员（学号）：肖遥（**16337258**）

目录

1 项目介绍

模拟网络层路由项目包含三个部分：

1. 基本 RIP 协议
2. 基本 OSPF 协议
3. 基本中心化路由协议实现

在其中的每一个部分中，都实现了基本的路由功能以及对于基本算法缺点和不足的改进，比如，在基本 RIP 协议中，使用 split-horizon、poison-inverse，holddown 方法和 triggered update 方法缓解了无穷计数问题；在基本 OSPF 协议中，实现了多条等费用路径的路由选择，并且解决了路由循环问题和改善了路由震荡问题；在中心化路由协议中使用 Twisted 异步编程框架以减轻服务器进程的资源消耗；等等。项目中 3 个部分使用的都是 UDP 协议以传输路由信息，使用 UDP 也节约了网络资源。

项目主页见https://github.com/Leo-xh/Virtual-Routing。

2 基本 RIP 协议

2.1 协议概述

本项目中实现的 RIP 协议采用了 RIPv1 和 RIPv2 的协议规定的一部分，是一个基于 DV 算法的网络层路由协议。其主要算法是 Bellman-Ford 算法，路由费用以路由跳数作为度量，运行该协议的每个路由器能够计算出到其余路由器的下一跳路由以及路由费用。定义了请求报文和响应报文两种报文格式。为了缓解无穷计数问题，使用 split-horizon、poison-inverse，holddown 方法和 triggered update 方法。同时使用了 flush 计时器进一步缓解无穷计数问题。在协议的扩展中，实现了该协议下适用的 traceRoute 功能。

2.2 算法

2.3 协议特性

2.4 报文格式

本实验中使用的普通报文普通数据报文、request 报文、response 报文、TraceRoute 报文、Echo 报文如下：

普通报文：

Command
source address
destination address
payload

request 报文：

Command	Version	Routing domain
Source address		
Address family	Route tag	
address		
Next hop		
metric		

Response 报文：

Command	Version	Routing domain
Source address		
Address family	Route tag	
address		
Next hop		
metric		
repeat of last 17 bytes		
. . .		

TraceRoute 报文：

Command
source address
destination address
count

Echo 报文：

Command
source address
destination address
local address

报文项解释：

1. Command（1 Byte）：指明这条报文的类型。

   0：普通报文。

   1：请求报文。

   2：响应（包含路由表）报文。

   3：TraceRoute 报文。

   4：Echo 报文。

2. Version（1 Byte）：RIP 协议的版本。
3. Routing domain（2 Bytes）：指明这是 RIP 中的哪一步。
4. Source address（6 Bytes）：指明发送方的源地址和监听端口。
5. Address family（2 Bytes）：使用什么作为地址，使用 IP 该项为 2。
6. Route tag（2 Bytes）：本项目中不用。
7. address（6 Bytes）：ip 和端口号。
8. Next hop（6 Bytes）：下一跳路由的 ip 和端口。
9. matric（1 Bytes）：代价度量（跳数）。
10. Local address（6 Bytes）：指明 Echo 报文发送者的源地址和监听端口。
11. Count(1 Bytes)：路由跳数。

2.5 协议扩展

2.6 协议实现

2.7 结果

2.8 总结

3 基本 OSPF 协议

3.1 协议概述

本项目中实现的 OSPF 协议是一个基于链路状态的路由协议，运行该协议的每个路由器能够根据收到的所有链路信息计算出一个最短路径树，构造对应的转发表。其链路的权重的赋值

取决于带宽，算法使用的是 Dijkstra 算法和 RPF 广播算法，定义了 Hello 和 LS（link-state）两种报文格式。实现了多条等费用路径的路由选择，并且解决了路由循环问题和改善了路由震荡问题。在协议的扩展中，实现了该协议下适用的 traceRoute 功能。

3.2 算法

3.2.1 路由计算算法

3.2.2 广播算法

使用了 RPF（Reverse Path First）算法，收到一个广播数据包的路由器会向来路以外的路由器转发该广播数据包当且仅当来路位于广播源和当前路有器的任一条最短路径上。

3.3 协议特性

3.3.1 协议流程

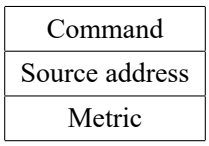
本项目中实现的 OSPF 协议主要包含的流程如下：

- 路由器在进入区域时，向所有邻居发送 hello 报文（该报文用于向邻居声明自己的存在），再向该区域内的路由器广播自己的链路信息。
- 该路由器会定时地发送 hello 报文和广播链路信息。
- 收到一个 hello 报文意味着要维持该邻居的状态；而如果在一段时间内没有收到某个邻居路由器的 hello 报文，则认为该路由器故障或离开该区域。
- 当自身的链路信息发生改变时，广播链路信息；当收到其它路由器的链路信息时，根据该信息更新自己的关于该区域的链路信息数据库。

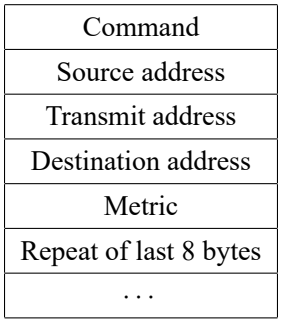
3.4 报文格式

该协议中包含的 Hello 报文、LS 报文、traceRoute 报文、Echo 报文、普通数据报文格式如下：

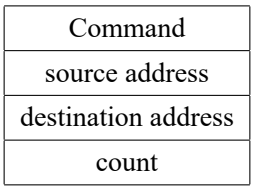
Hello 报文。



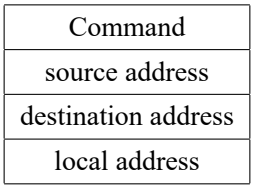
LSU 报文（广播报文）。



TraceRoute 报文



Echo 报文



普通报文的格式与在 RIP 中的格式相同。报文项解释：

(1) Command（1 Byte）：指明这条报文的类型。

0: 普通报文

1: hello

2: LSU（Link State Update）

3: traceRoute

4: Echo

(2) Source address（6 Bytes）：指明发送方的源地址和监听端口。

(3) Destination address（6 Bytes）：指明目的地的源地址和监听端口。

(4) Transmit address（6 Bytes）：指明广播中转发者的源地址和监听端口。

(5) Local address（6 Bytes）：指明 Echo 报文发送者的源地址和监听端口。

(6) Metric（2 Bytes）：代价度量。

(7) Count(1 Bytes)：路由跳数。

3.5 协议扩展

1. 路由循环
2. 路由震荡为了避免路由震荡，设置路由器广播其链路信息的时间随机化。
3. TraceRoute

3.6 协议实现

本基本 OSPF 协议由 Python 实现，主要利用的是 socket 进行套接字编程、struct 库进行数据的打包和解包、threading 库管理线程和计时器。

实现方法实现了一个 OSPF 协议类，处理内部流程和为外部调用留出了收发数据、查询路由等接口。

3.7 结果

测试所用的拓扑图以及路由结果如下图1和2所示。

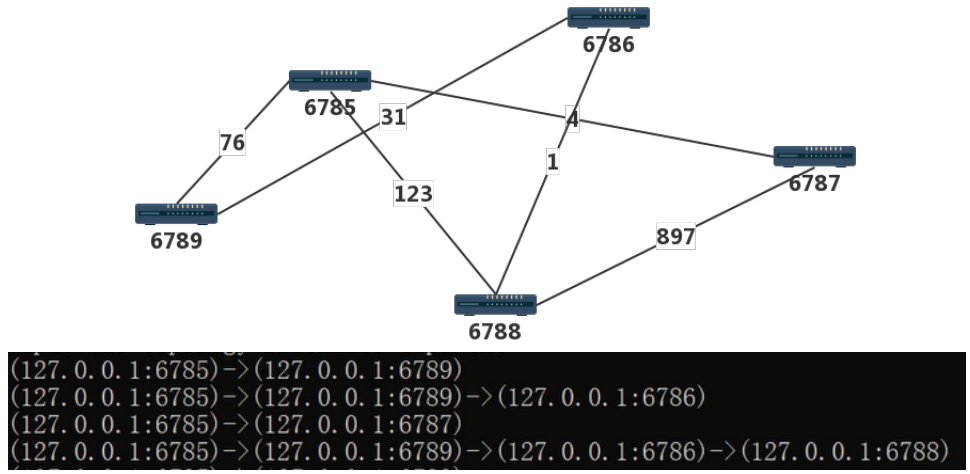


图 1: OSPF 测试样例一

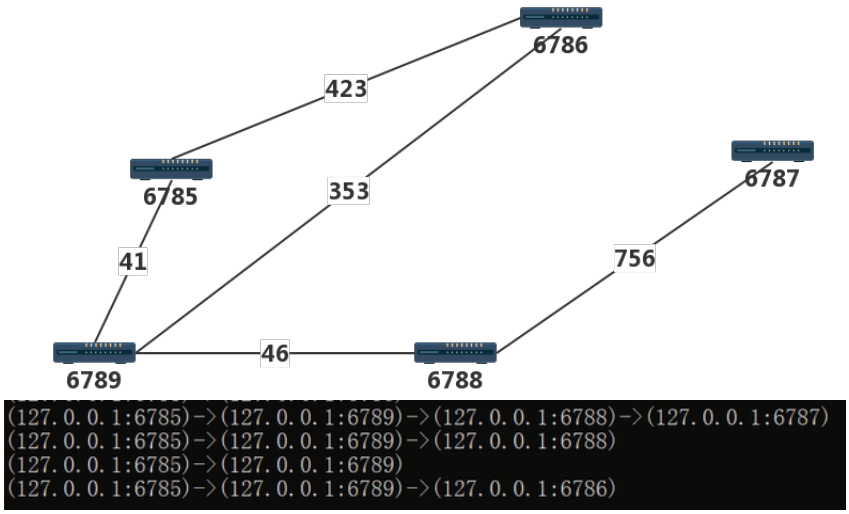


图 2: OSPF 测试样例二

成功找出了其中的最短路径。

3.8 总结

- 本项目中实现的基本 OSPF 协议淡化了其区域概念，简化了报文类型和路由器类型，同时也简化了路由器状态。
- 原生的 LS 算法会导致路由震荡和路由循环问题，而我们实现的 OSPF 协议改善甚至基本解决了这类问题。

4 基本中心化路由协议

4.1 协议概述

中心化路由协议是一个基于链路状态的网络层路由协议，使用的是 Dijkstra 算法，该协议中定义了一个服务器，负责接收区域内运行该协议的路由器的链路信息并且根据这些信息计算出整个区域内路由器的最短路径树，构造出每个路由器的转发表，并发送给对应路由器。并且在服务器中能够获取指定路由器对的最短路径。

4.2 算法

4.3 协议特性

4.3.1 协议流程

1. 路由器加入某个区域后，向邻居发送 hello 报文，并将定期发送 hello 报文。
2. 路由器定期向服务器发送 LS 报文，服务器接收后计算对应信息并定时向路由器发送转发表。
3. 服务器和路由器都有失效机制，当应当发送信息的路由器在一段时间没有发送信息后将其置为失效。

4.4 报文格式

基本 Centralized 协议中包含的报文格式有 hello 报文、LS 报文、转发表报文三种报文格式。

LS 报文：

Command
Source address
Destination address
Metric
Repeat of last 8 bytes
...

Forward Table 报文：

Command
Destination address
nextHop
Repeat of last 12 bytes
...

Hello 报文：

Command
Source address
Metric

普通报文：

Command
source address
destination address
payload

报文项解释：

1. Command（1 Byte）：指明这条报文的类型。

   0: 普通报文

   1：hello

   2：LS

   3：转发表

2. Source address（6 Bytes）：指明发送方的源地址和监听端口。
3. Destination address（6 Bytes）：指明目的地的源地址和监听端口。
4. nextHop（6 Bytes）：下一跳 IP 地址和监听端口。
5. Metric（2 Bytes）：代价度量。

4.5 协议扩展

查找路径功能。在服务器中，实现了指定路由器对查找两者之间的最短路径的功能。

4.6 协议实现

1. 客户端程序使用 python 编写，主要使用的是 socket、threading 等库。
2. 使用 Twisted 异步编程框架编写服务器端。使用 Twisted 框架编写的服务器端具有低功耗、资源利用率高的特点，同时事件驱动的内在逻辑也符合该服务器的功能特性。

4.7 结果

测试结果如下图3和4所示：

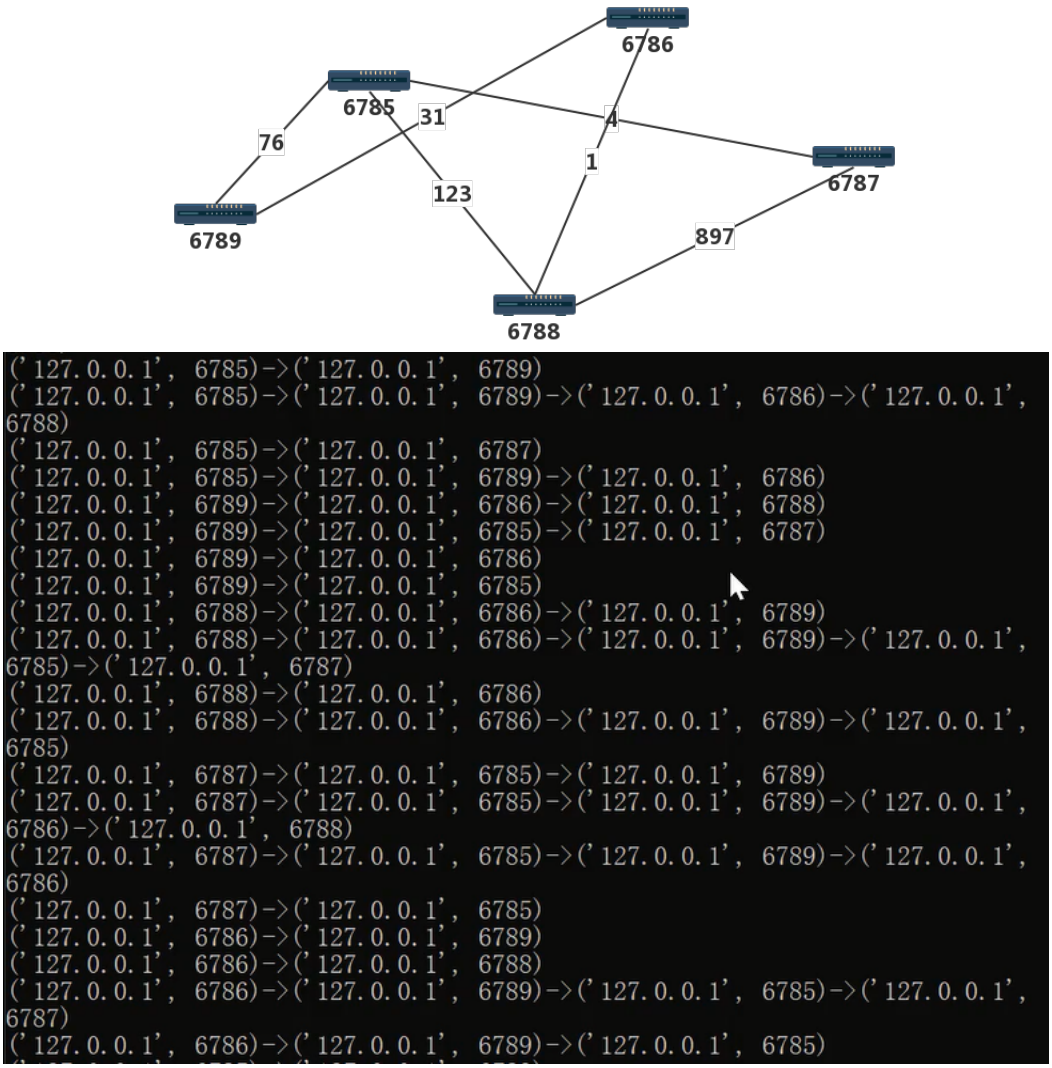


图 3: 中心化路由测试样例一

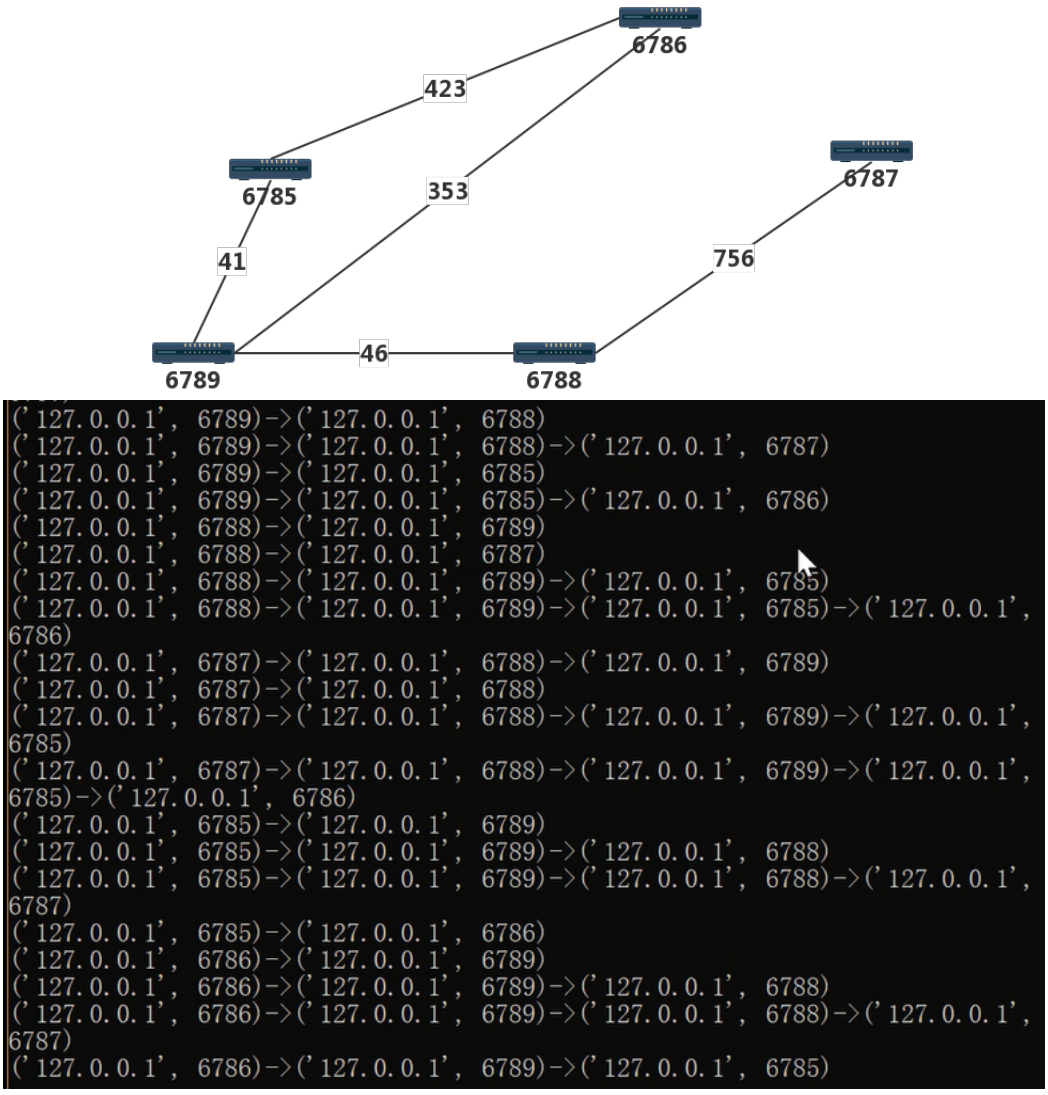


图 4: 中心化路由测试样例二

成功找出了全部最短路径。

4.8 总结

1. 由于在中心化路由协议中每个路由器的转发表都是由服务器计算并且同时几乎获得，即转发表基于同一张图结构，则不存在路由循环、路由震荡等问题。

5 安装与部署

6 项目管理记录

7 总结

7.1 关于在应用层模拟网络层

A 参考文献

1. RFC2328, Open Shorst Path First Protocol.
2. RFC2453, Route Information Protocol.
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Open_Shortest_Path_First, Wikipedia for OSPF.
4. https://en.wikipedia.org/wiki/Routing_Information_Protocol, Wikipedia for RIP.
5. http://www.clnchina.com.cn/discussion_forum/2010/0721/8402.shtml, Four Timer in RIP.