



清华大学

Tsinghua University

网络原理真机实验

路由器实验团队

2021年11月



Contents

- 实验目标

- 实验内容

- 实验平台

- 实验文档



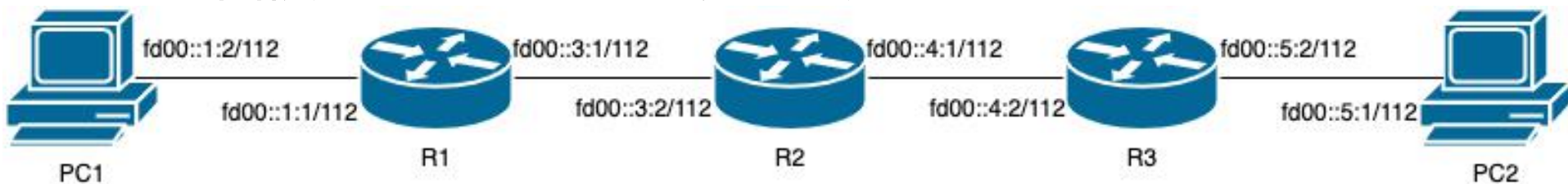
实验目标

- 本阶段需要实现一个在真实网络环境下工作的支持 RIPng 协议的路由器
- 此外，要求实验者掌握如下能力
 - 网络系统调试方法
 - 阅读、理解并实现 RFC 文档的能力
 - Linux 等操作系统的网络配置
- 学术道德
 - 参考网上代码请注明出处
 - 横向（同学代码）+纵向（往届代码）查重
 - **严禁抄袭！抄袭被认定后实验计零分！**



实验内容

- 真机评测（个人+组队各 40% 分数）
 - 个人：第十周到第十二周 12.5
 - 团队：第十三周到第十四周 12.19
 - 截止日期都是当周周日北京时间晚上 10 点整
 - 在云端**真实硬件**上运行和测试
 - 个人：学生路由器位于中间（R2）、两侧为标准实现
 - 团队：三个同学的实现各对应一个路由器 R1-R3





实验内容

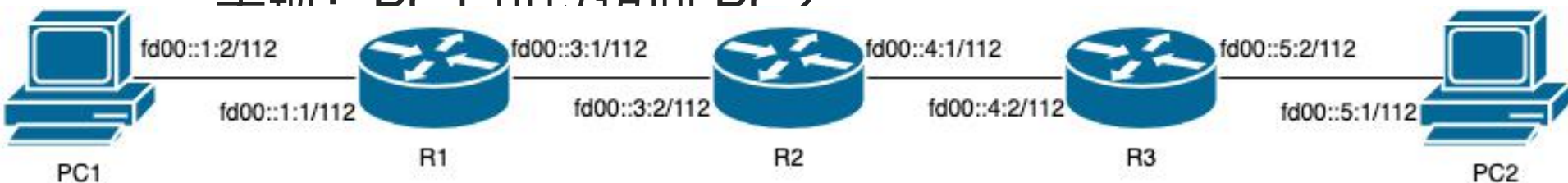
- Linux 网络接口（interface）的概念
 - 可能对应一个物理接口（USB 网卡、主板上的网口）
 - 可能是虚拟的（br 以太网网桥、veth 虚拟以太网）
 - 可能用于特殊用途（lo 本地环回）
 - 用 `ip a / ip l` 命令查看各个接口的信息
 - 指定正确的网络接口很重要
- 转发的时候什么会变
 - 源 MAC 地址、目的 MAC 地址（注意二层和三层的关
系）
 - Hop Limit 减一



实验内容

- 实现 RIPng 协议 RFC2080
 - 初始时, R1、R2 和 R3 都只有自身的直连路由
 - 如 R1 有 fd00::1:0/112 dev r1pc1 路由
 - 表示目标 IP 地址可达
 - 目标: R1 获得到 PC2 的路由、R3 获得到 PC1 的路由
 - 比如 R1 学习到 fd00::5:0/112 via fd00::3:2 dev r1r2

主机: PC1 可以访问 PC2



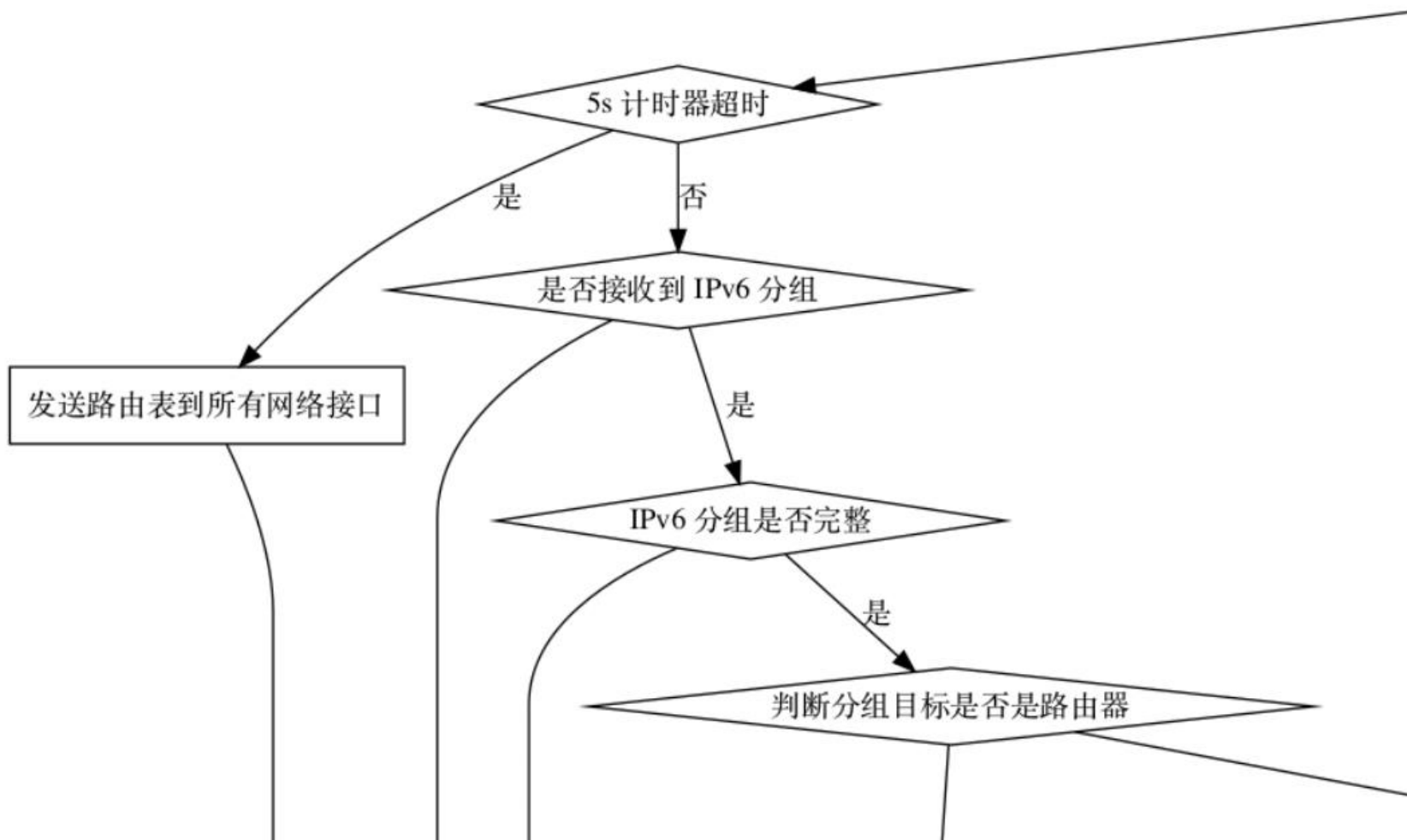


实验内容

- 路由器的工作流程：
 - 1. 初始化路由表，加入直连路由
 - 2. 进入路由器主循环
 - 3. 如果距离上一次发送已经超过了 5 秒，就发送完整的路由表到所有的接口
 - 4. 接收 IPv6 分组，如果没有收到就跳到第 2 步
 - 5. 检查 IPv6 分组的完整性和正确性
 - 6. 判断 IPv6 分组需要转发还是进入 RIPng/ICMPv6 协议处理



实验内容



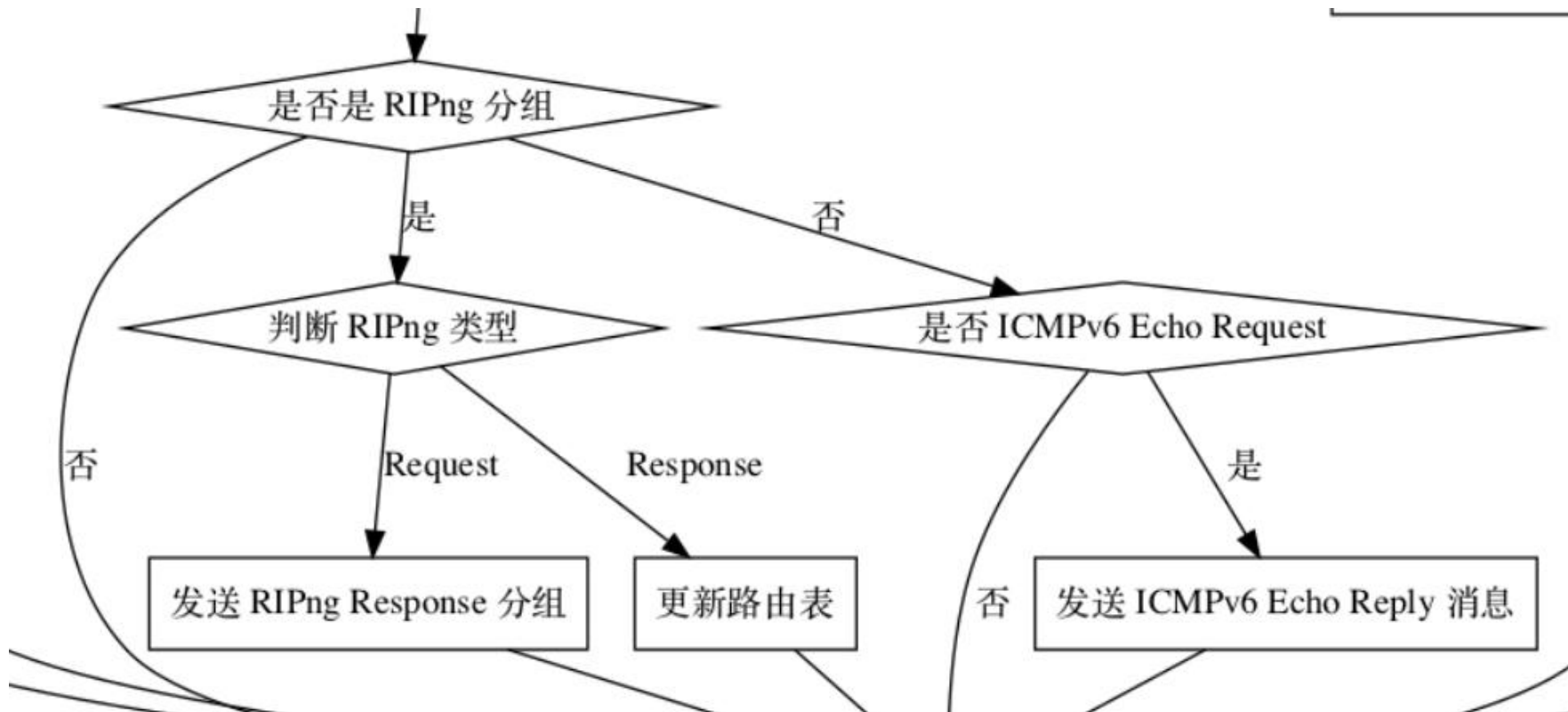


实验内容

- 路由器的工作流程（续）
 - 7. 如果是 RIPng 分组，如果是 Request，就构造对应的 Response；如果是 Response，按照条目更新路由表
 - 8. 如果是 ICMPv6 分组，如果是 Echo Request，就回复 Echo Reply
 - 9. 如果这个分组要转发，判断 Hop Limit，如果小于或等于 1，就回复 ICMP Time Exceeded
 - 10. 如果 Hop Limit 正常，查询路由表，如果找到了，就转发给下一跳



实验内容



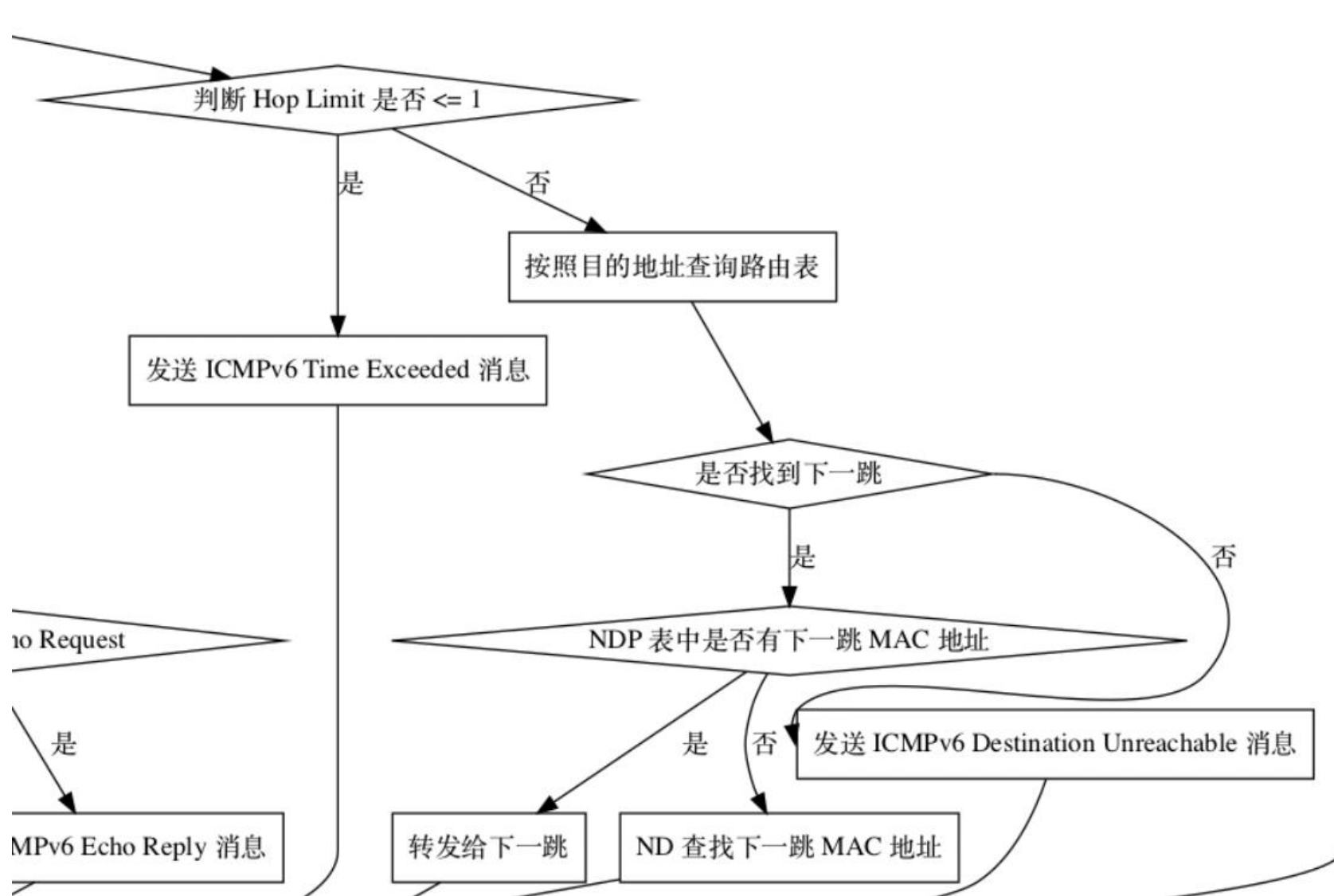


实验内容

- 路由器的工作流程（续）
 - 11. 如果不在路由表中，就回复 ICMP Destination Unreachable
 - 12. 跳到第 2 步进入下一次循环处理



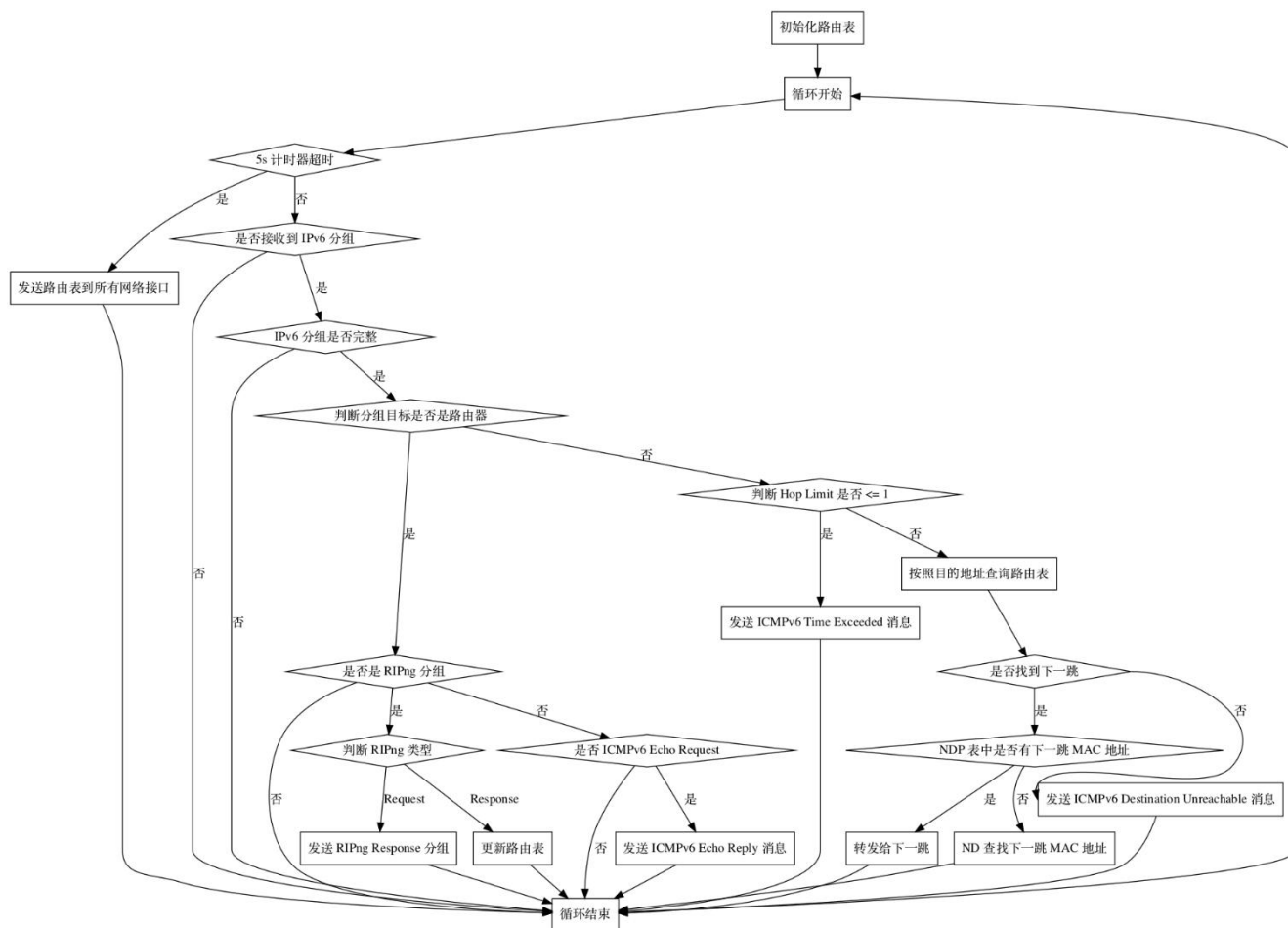
实验内容





实验内容

- 完整的流程图见实验文档-课程要求-路由器的工作流程





实验内容

- 实现 RIPng 协议的难点
 - 主要功能：交换路由信息
 - 水平分割：从哪里学来的，发回去的时候跳过
 - 毒性翻转：从哪里学来的，发回去的时候特殊处理
 - 怎么处理 Metric=16 的条目？判断来源
 - 特别注意阅读 RFC2080 的 Section 2.4 Input Processing 和 2.6 Split Horizon
 - 结合 Wireshark 检查 RIPng 是否正确
- 详细实现要求见实验文档



实验内容

- 转发
 - 把从 RIPng 协议学习到的路由信息保存下来
 - 更新路由表项使用精确匹配，转发使用最长匹配查询
- 杂项
 - ICMPv6 响应的构造：响应 Ping、Hop Limit 降为 0 的时候、目标地址匹配不到路由的时候
- 答疑
 - 周四 16:00-18:00，东主楼 9-206，助教坐班（第十周周四开始，至实验结束）
 - 可借用树莓派（可带回）进行调试



实验内容

- 调试流程
 - 目标：要调试 PC1 ping PC2 不通的问题
 - 理论：ping 是 ICMPv6 Echo Request + Echo Reply
 - 对于 Echo Request，从 PC1 开始一跳一跳地抓包
 - 一直到 PC2，找到中途哪一个路由器没抓到 Request
 - 如果都能抓到 Request，反过来从 PC2 抓包
 - 找到中途哪一个路由器没有出现 Echo Reply
 - 找到出问题的点以后，检查：Checksum、Hop Limit 和路由表
 - RIPng 协议也是类似，需要检查的地方更多



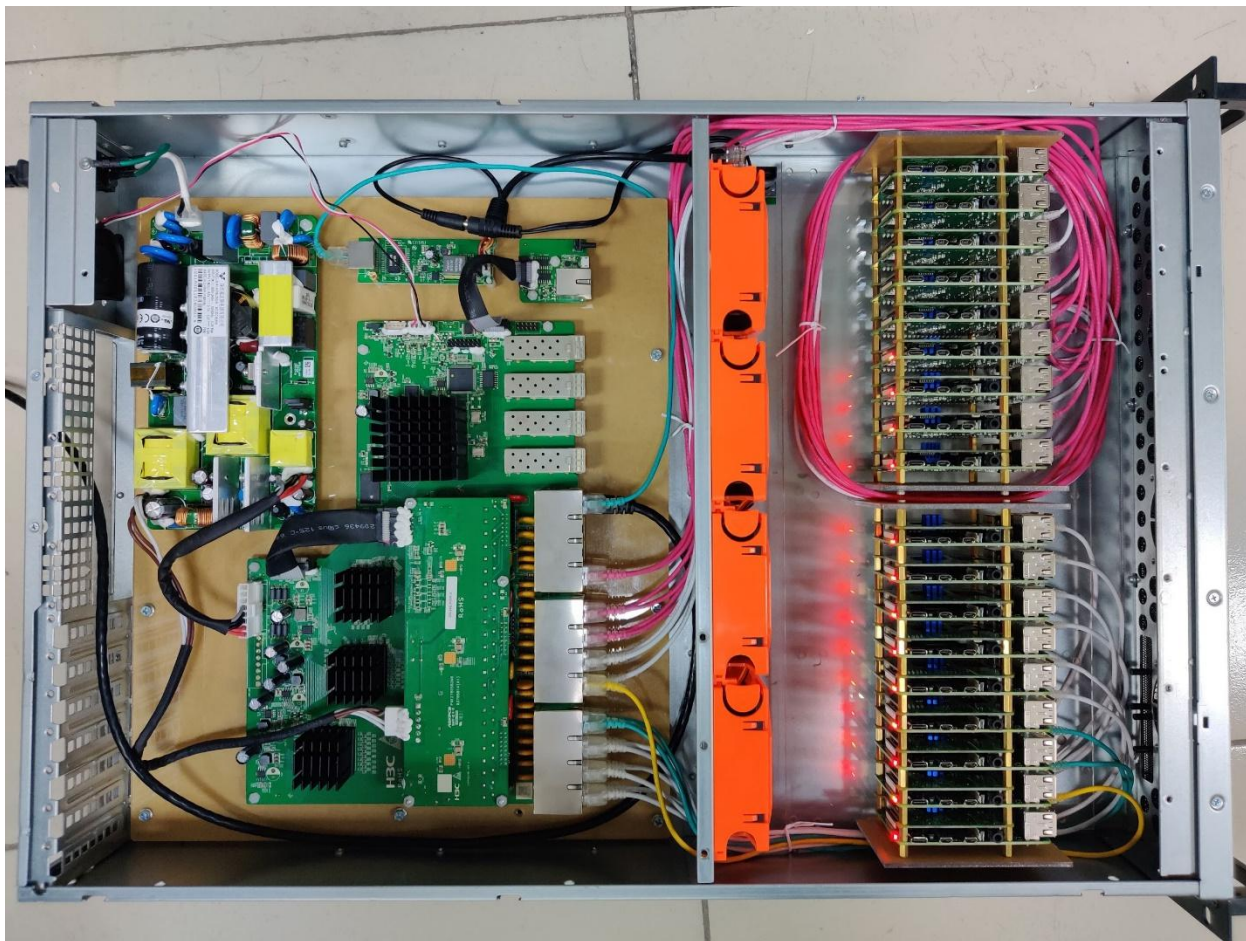
实验平台

- 清华高级网络实验平台（TANLabs）
 - <https://lab.cs.tsinghua.edu.cn/tan>
 - 在线进行个人/团队评测
 - 同样需要标记 master 分支上的最终评测
 - 每次评测的性能结果可能有 5% 左右的波动
 - 同学可以多次尝试提交最好的一次
 - 但注意评测资源也是有限的，不要交太多次
 - **重申：学术道德**



实验平台

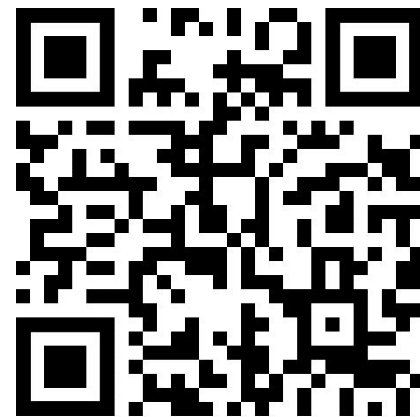
- 一个实验节点（交换机+18x树莓派）：





实验文档

- 实验文档涵盖了实验的所有信息
 - <https://lab.cs.tsinghua.edu.cn/router/doc>
 - 在线评测的各个环节
 - 如何搭建本地的评测环境
 - Linux 网络的配置方法
 - 常见的错误
 - 路由器的调试方法
- Read before you ask anything!





清华大学

Tsinghua University

谢谢