



# 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

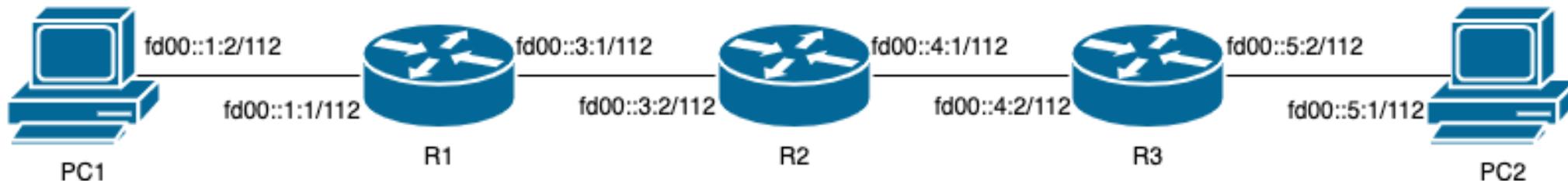
- 本阶段需要实现一个在真实网络环境下工作的支持 RIPng 协议的路由器
- 此外，要求实验者掌握如下能力
  - 网络系统调试方法
  - 阅读、理解并实现 RFC 文档的能力
  - Linux 等操作系统的网络配置
- 学术道德
  - 参考网上代码请注明出处
  - 横向（同学代码）+纵向（往届代码）查重
  - **严禁抄袭！抄袭被认定后实验计零分！**



# 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

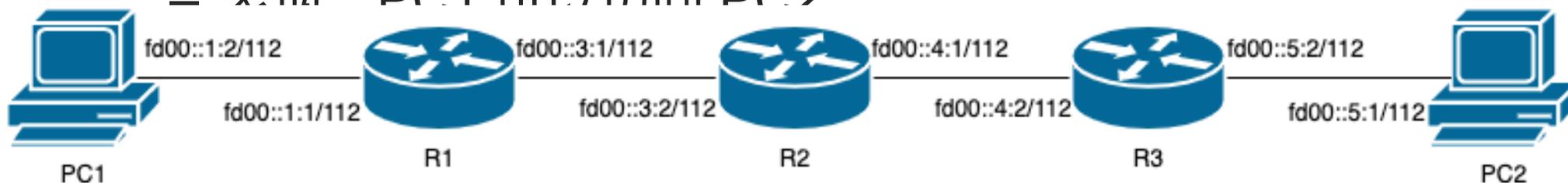
---

- 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
  - 表现: PC1 可以访问 PC2



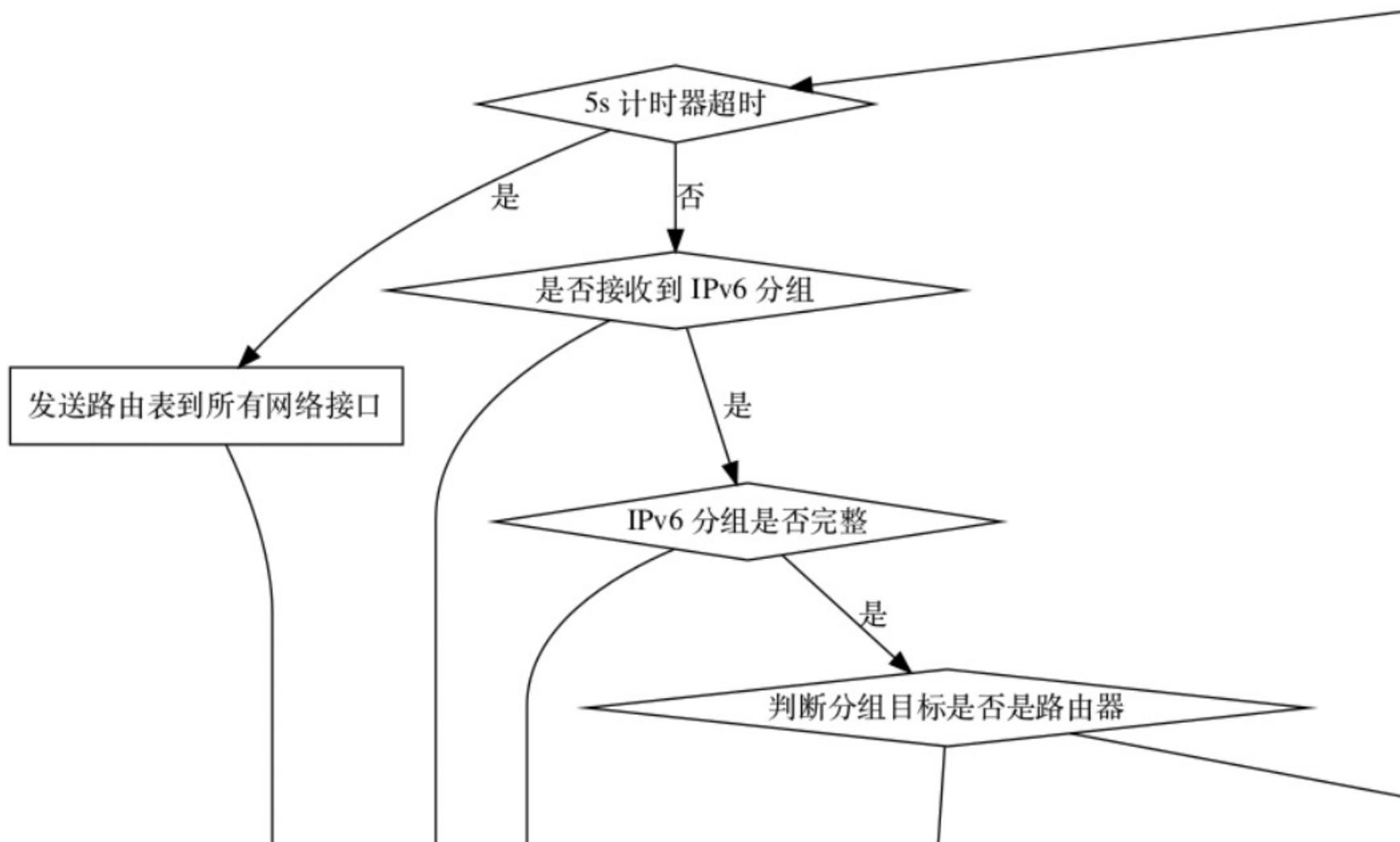


# 实验内容

- 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



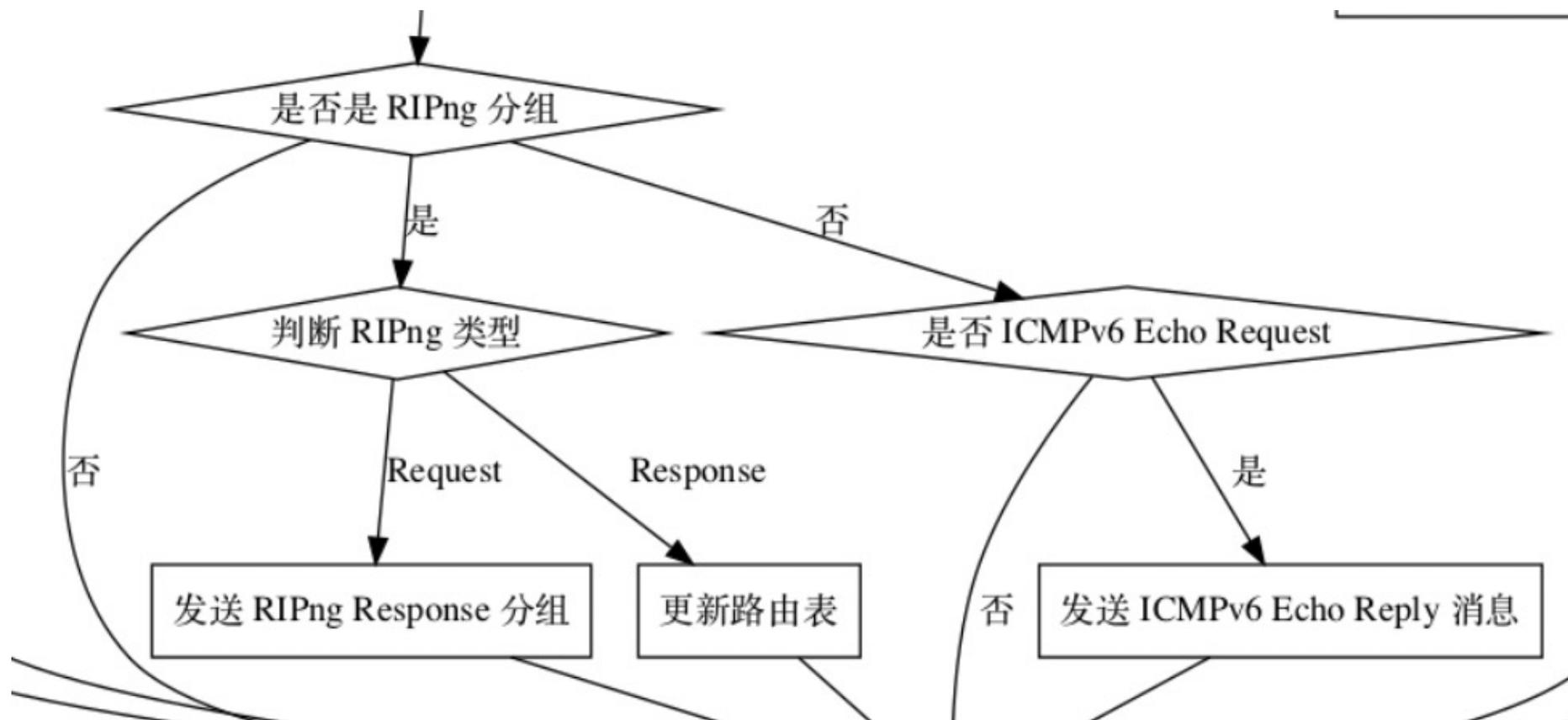


# 实验内容

- 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





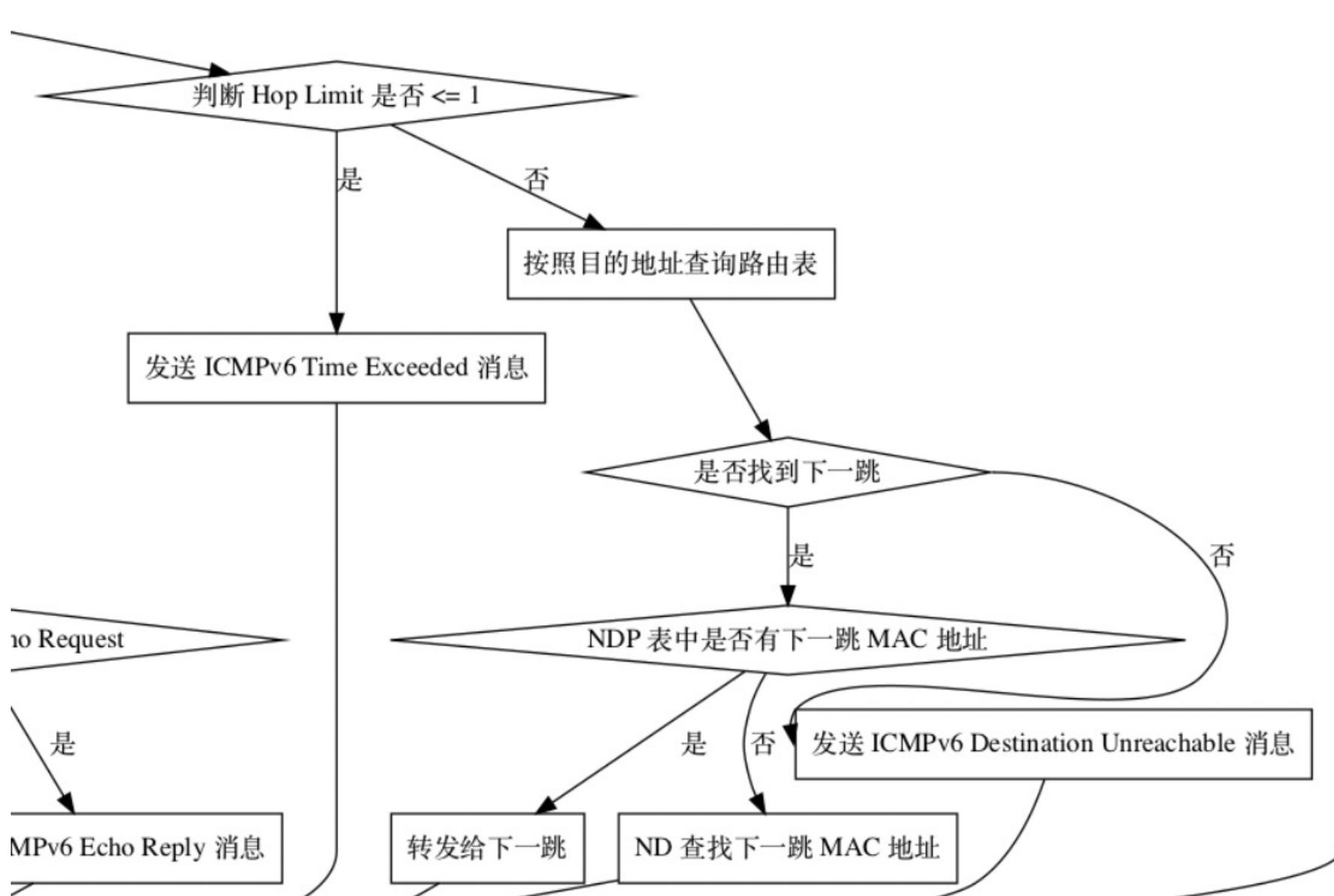
# 实验内容

---

- 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



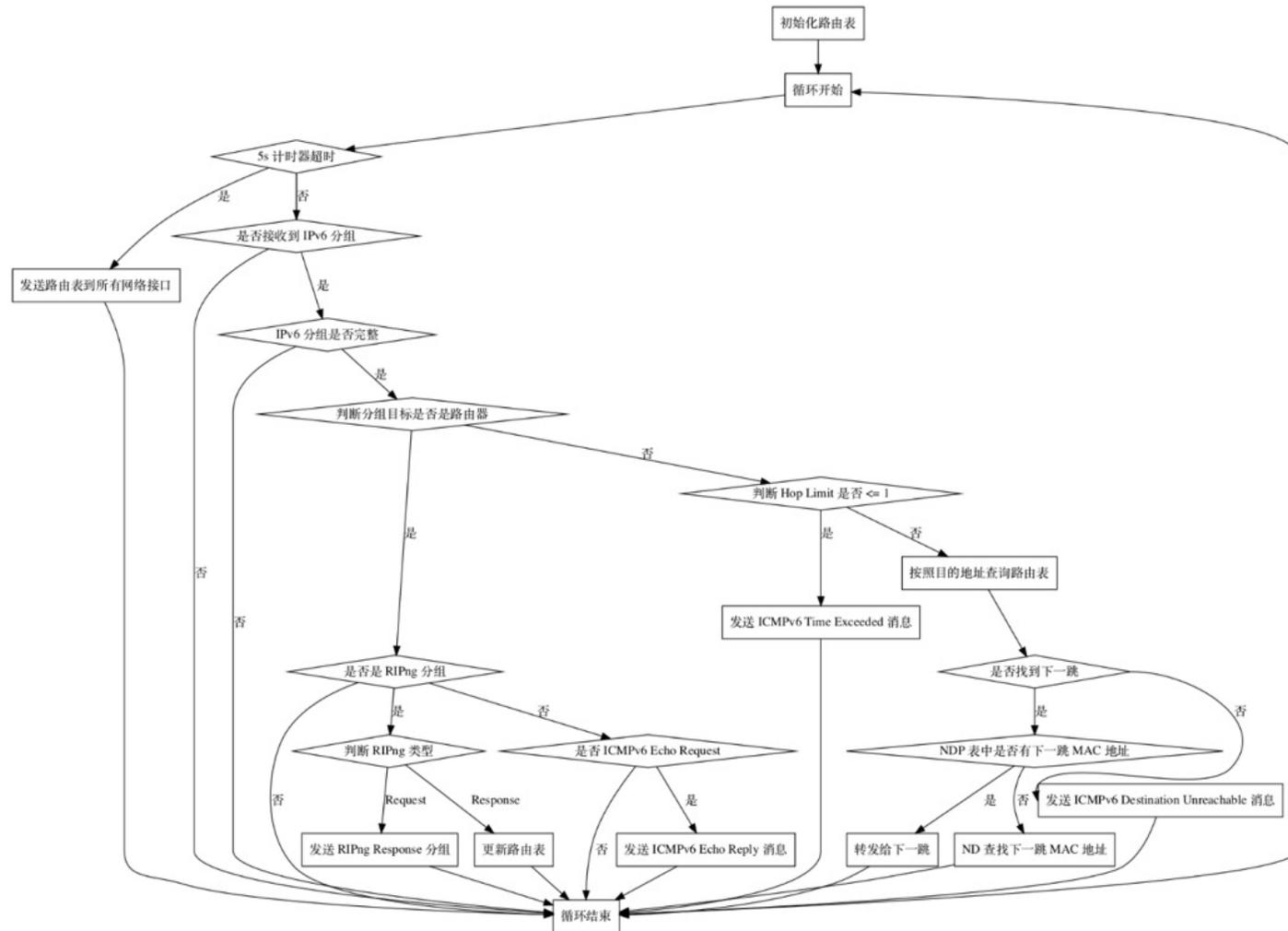
# 实验内容





# 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

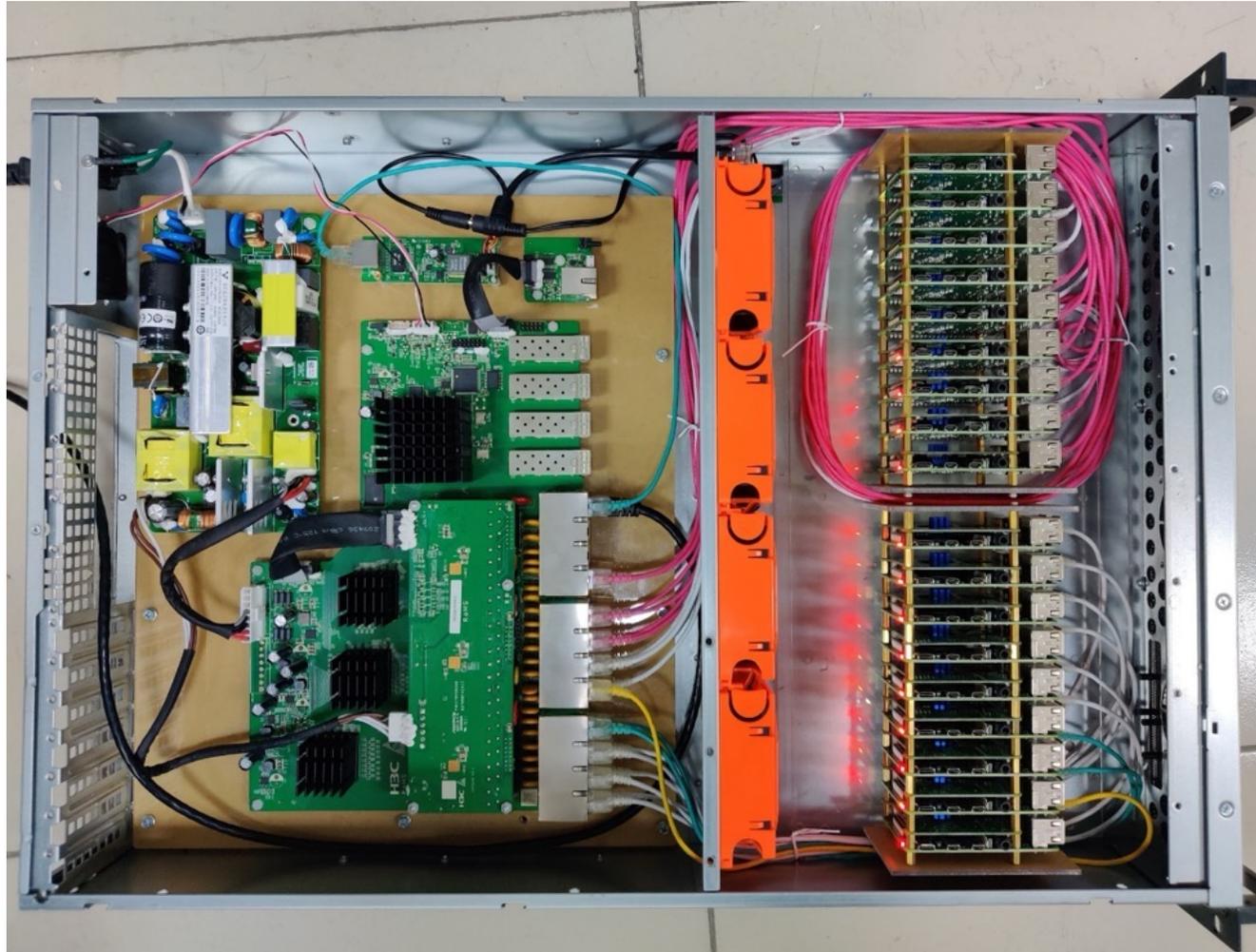
---

- 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