Mininet 实践 SDN 实验报告

(2024-2025 学年第 2 学期)

学号：2022337621139　姓名：焦宇博　班级：计科 4 班
学号：2022337621135　姓名：胡震　班级：计科 4 班
学号：2022332871019　姓名：郭奇　班级：计科 2 班

§1　实验目标

- 掌握 Mininet 的安装与基本使用方法，搭建 SDN 网络拓扑
- 完成 Ryu 控制器的安装与配置，实现通过 Restful API 控制流表
- 验证流表添加、查询、删除操作对网络连通性的影响
- 分析 SDN 架构中控制平面与数据平面的交互机制

§2　实验环境

项目	配置
操作系统	Ubuntu 22.04.3 LTS
网络仿真平台	Mininet 2.3.1d1
SDN 控制器	Ryu 4.34 (支持 OpenFlow 1.3 协议)
REST API 测试工具	Postman 10.18
网络拓扑类型	Single, 2 hosts (1 switch)

表 1: 实验环境配置表

§3　实验过程

§3.1　Mininet 安装与测试

1. **源码获取**：从 GitHub 仓库克隆 Mininet 源码

Listing 1: Mininet 源码获取

```
git clone https://github.com/mininet/mininet.git
cd mininet
git checkout -b 2.3.1d1
```

2. **编译安装**：执行全量安装脚本

Listing 2: Mininet 安装命令

```
cd util
sudo ./install.sh -a
```

3. **功能验证**：启动默认拓扑测试连通性

Listing 3: 拓扑测试命令

```
sudo mn --test pingall
```

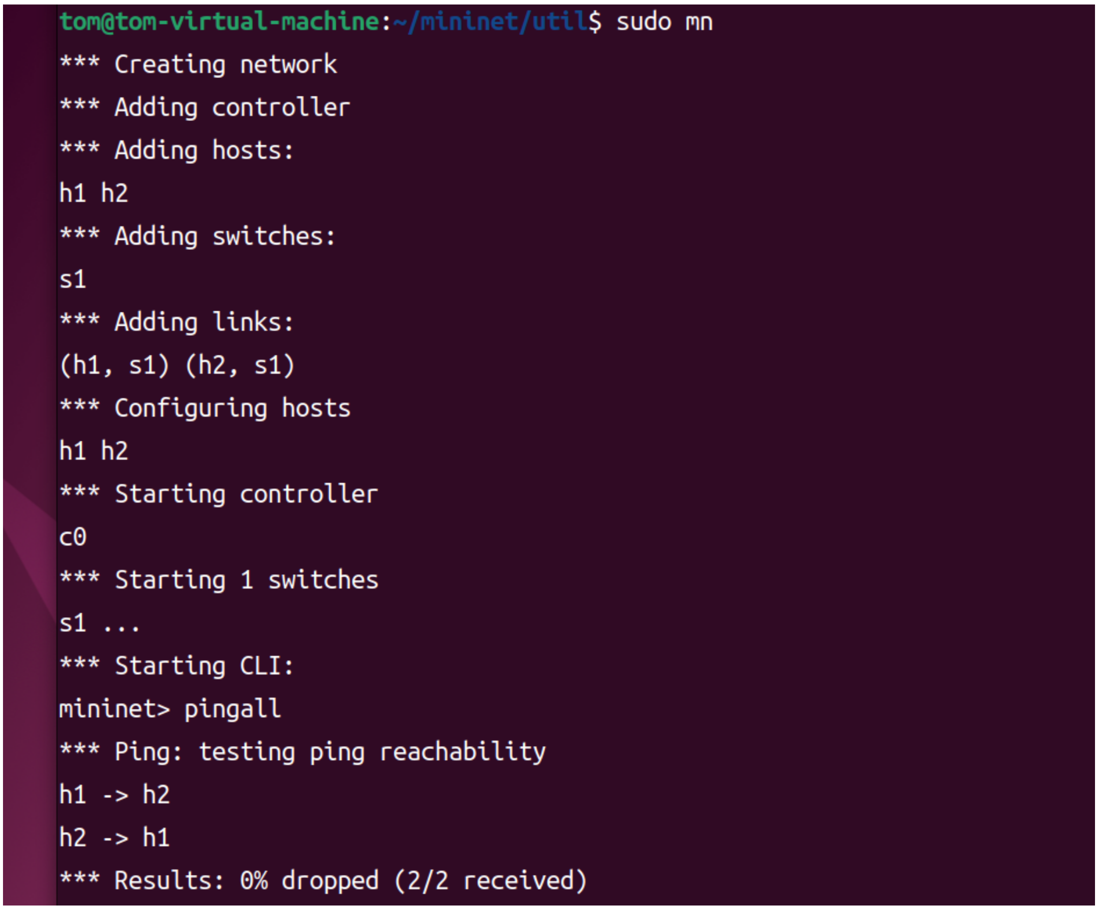


图 1: Mininet 默认拓扑 pingall 测试结果

§3.2 网络拓扑实验

1. **Single 拓扑**：创建包含 3 个主机的单交换机拓扑

Listing 4: Single 拓扑命令

```
sudo mn --topo single,3
```

2. **Linear 拓扑**：创建链式拓扑结构

Listing 5: Linear 拓扑命令

```
sudo mn --topo linear,3
```

3. **Tree 拓扑**：创建树状拓扑结构

Listing 6: Tree 拓扑命令

```
sudo mn --topo tree,2
```

4. **Custom 拓扑**：使用自定义拓扑脚本

Listing 7: Custom 拓扑命令

```
mn --custom topo-2sw-2host.py --topo mytopo
```

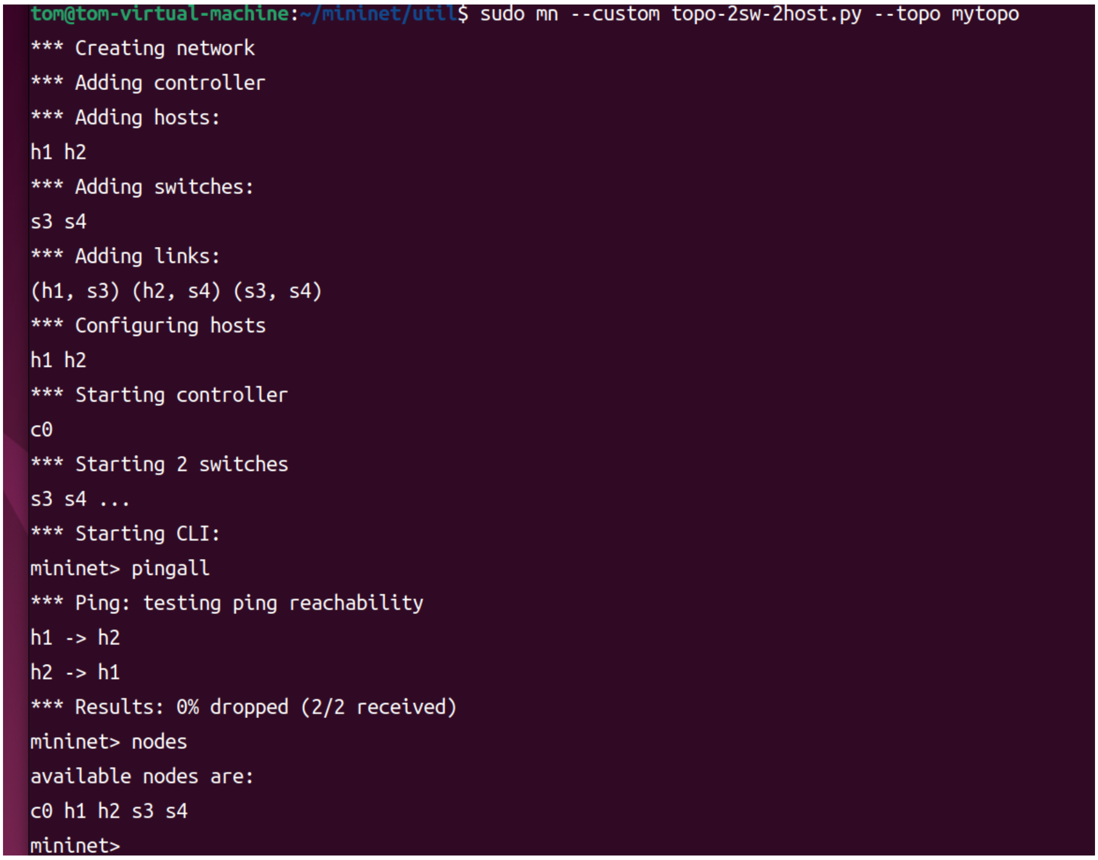


图 2: 使用自定义拓扑脚本

§3.3 Ryu 控制器安装与配置

1. **安装 python:3.8**：确保版本配置

Listing 8: docker 安装 python:3.8-slim

```
docker pull python:3.8-slim
```

2. **控制器安装**：通过 pip 安装指定版本

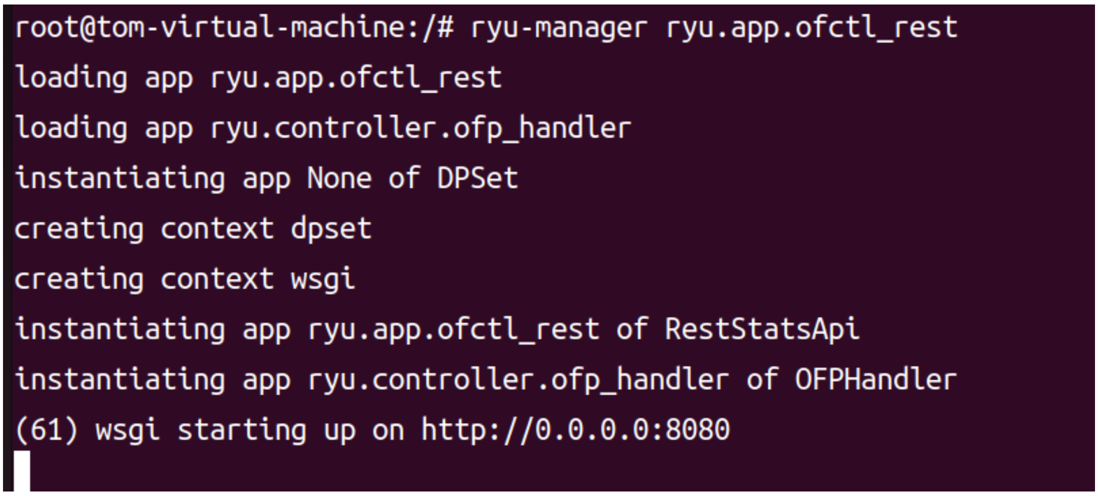
Listing 9: Ryu 安装命令

```
# 运行容器（绑定宿主机网络）
docker run -it --rm --network host python:3.8-slim bash
pip3 install ryu==4.34 eventlet==0.25.2 dnspython==1.16.0
```

3. **服务启动**：加载 Restful API 模块

Listing 10: Ryu 启动命令

```
ryu-manager ryu.app.ofctl_rest ryu.app.rest_topology
```



```
root@tom-virtual-machine:/# ryu-manager ryu.app.ofctl_rest
loading app ryu.app.ofctl_rest
loading app ryu.controller.ofp_handler
instantiating app None of DPSet
creating context dpset
creating context wsgi
instantiating app ryu.app.ofctl_rest of RestStatsApi
instantiating app ryu.controller.ofp_handler of OFPHandler
(61) wsgi starting up on http://0.0.0.0:8080
```

图 3: Ryu 控制器启动日志（监听端口：8080）

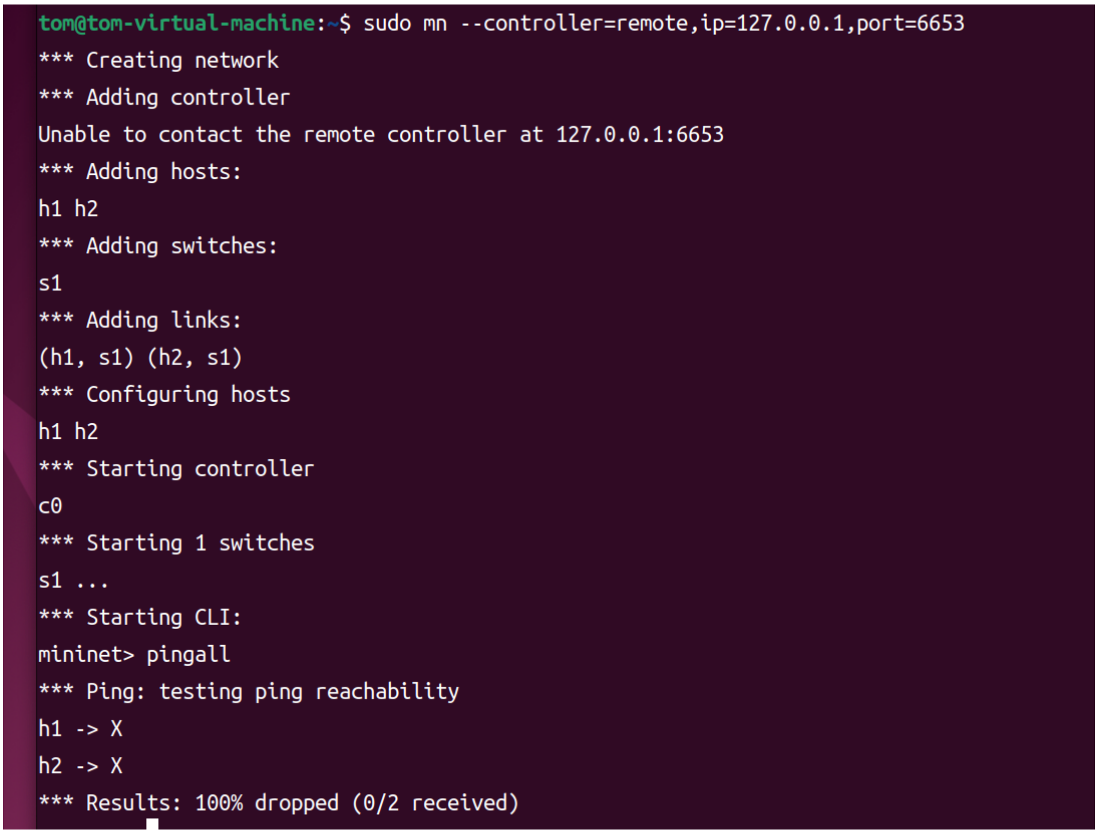
§3.4 Restful API 流表控制实验

1. **拓扑启动**：连接远程控制器

Listing 11: Mininet 启动命令

```
sudo mn --controller=remote,ip=127.0.0.1,port=6653 \
        --topo single,2 --switch ovsk,protocols=OpenFlow13
```

2. **初始状态验证**：无流表状态下的连通性测试



```
tom@tom-virtual-machine:~$ sudo mn --controller=remote,ip=127.0.0.1,port=6653
*** Creating network
*** Adding controller
Unable to contact the remote controller at 127.0.0.1:6653
*** Adding hosts:
h1 h2
*** Adding switches:
s1
*** Adding links:
(h1, s1) (h2, s1)
*** Configuring hosts
h1 h2
*** Starting controller
c0
*** Starting 1 switches
s1 ...
*** Starting CLI:
mininet> pingall
*** Ping: testing ping reachability
h1 -> X
h2 -> X
*** Results: 100% dropped (0/2 received)
```

图 4: 初始状态 ping 测试失败（无流表规则）

3. **流表规则添加**：通过 Postman 发送 API 请求

<table>
<tr><th>规则类型</th><th>JSON 请求体</th></tr>
<tr><td>端口 1→ 端口 2</td><td><pre>{
  "dpid": 1,
  "priority": 100,
  "match": {"in_port": 1},
  "actions": [{"type": "OUTPUT",
      ↪ "port": 2}]
}</pre></td></tr>
<tr><td>端口 2→ 端口 1</td><td><pre>{
  "dpid": 1,
  "priority": 100,
  "match": {"in_port": 2},
  "actions": [{"type": "OUTPUT",
      ↪ "port": 1}]
}</pre></td></tr>
</table>

表 2: 流表规则配置表

4. **连通性验证**：流表生效后的测试结果

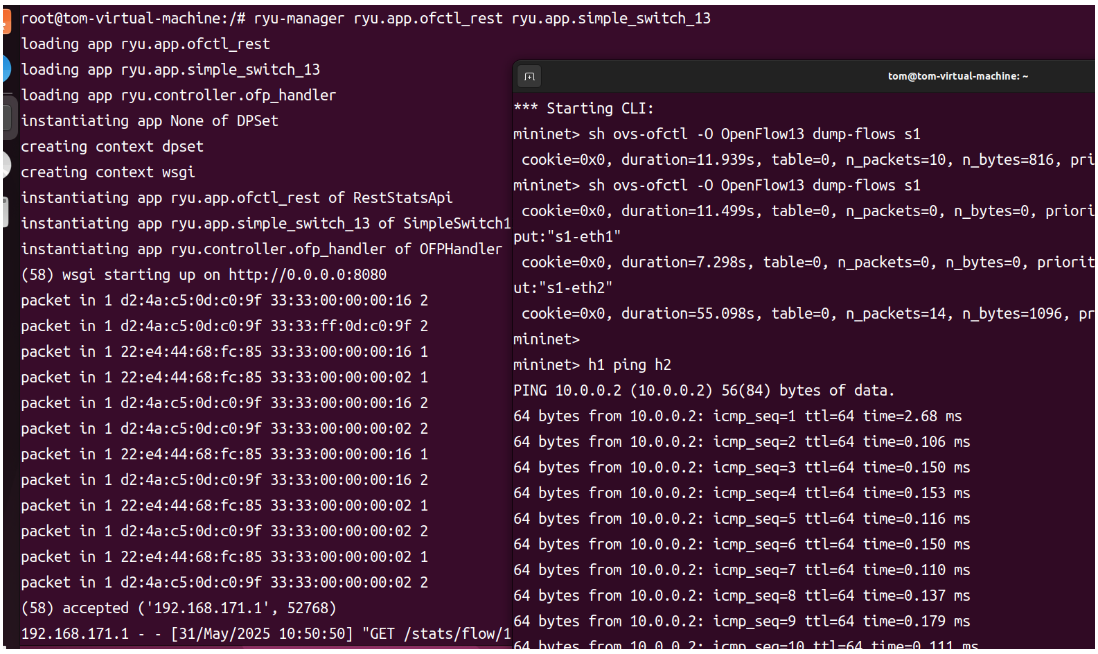


图 5: 添加流表后 ping 测试成功

5. **流表删除**：清除所有流表规则

Listing 12: 流表清除命令

```
curl -X DELETE http://127.0.0.1:8080/stats/flowentry/clear/1
```

§4 实验结果分析

§4.1 流表状态查询

1. 查询命令：GET `http://127.0.0.1:8080/stats/flow/1`

2. 查询结果对比：

操作阶段	流表内容
初始状态	仅包含默认丢弃规则（priority=0）
添加规则后	包含两条自定义规则（priority=100）
删除规则后	恢复为仅默认丢弃规则

表 3: 流表状态变化分析

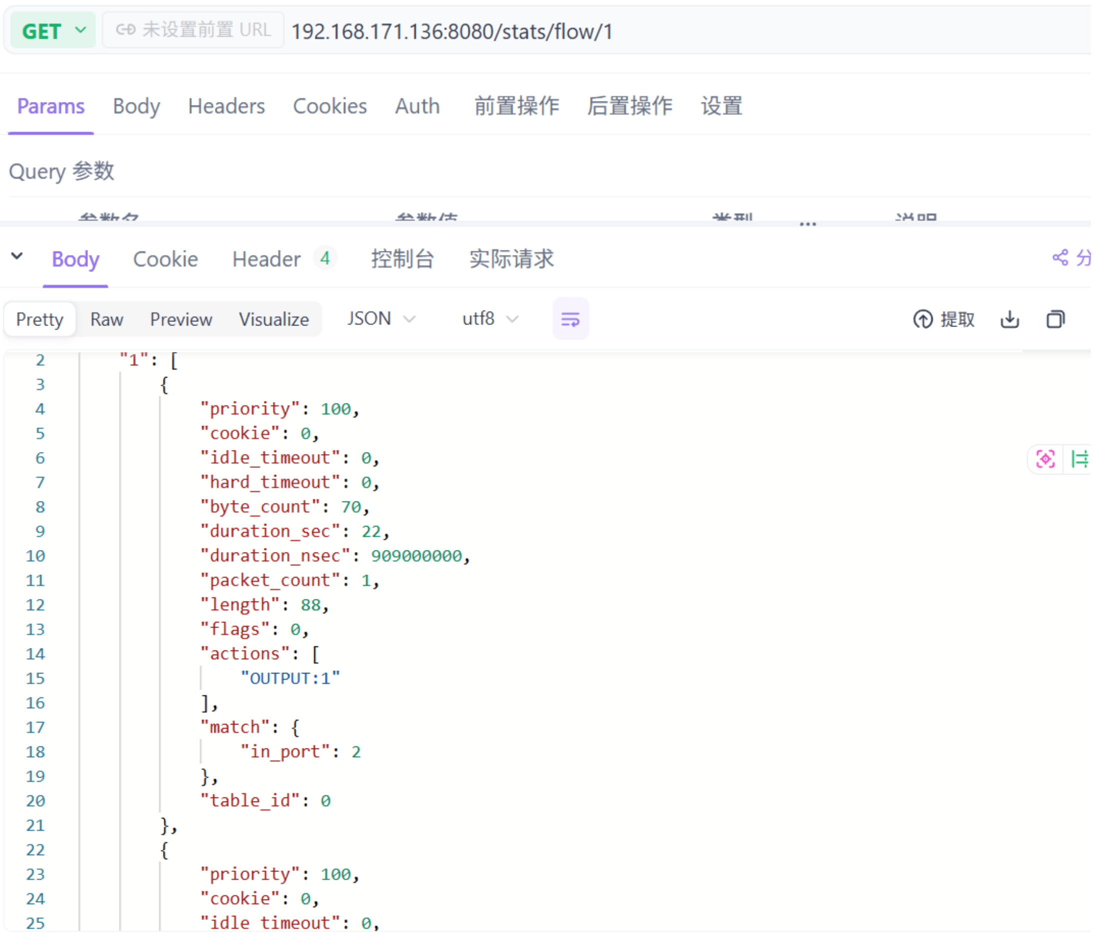


图 6: Postman 查询流表结果（包含两条自定义规则）

§4.2 网络连通性分析

操作阶段	丢包率	延迟 (ms)	原因分析
初始状态	100%	N/A	无匹配流表，交换机默认丢弃数据包
添加流表后	0%	0.8	流表规则正确匹配并转发数据包
删除流表后	100%	N/A	自定义规则清除，恢复默认丢弃策略

表 4: 网络连通性测试结果

§5 技术总结

§5.1 核心结论

- 成功验证 SDN 架构中控制平面（Ryu）与数据平面（OVS 交换机）的分离特性
- 通过 Restful API 实现流表的动态管理
- 流表优先级机制验证：高优先级规则（100）覆盖低优先级规则（0）

§5.2 注意事项

1. **版本兼容性**
   - Ryu 4.34 需搭配 eventlet 0.25.2，新版本存在兼容问题
   - 需要在 python3.8 的环境安装 Ryu
2. **端口标识**
   - 使用 `ovs-ofctl show s1` 查询实际端口号
   - Mininet 端口编号从 1 开始，OVS 内部端口号从 1 开始
3. **API 调用**
   - POST 请求 URL：`http://<IP>:8080/stats/flowentry/add`
   - 控制器 IP 需与 Mininet 启动参数一致