



BÁO CÁO THỰC HÀNH

Bài thực hành số 02: Tìm hiểu về Openvswitch

Môn học: Công nghệ mạng khả lập trình

Lớp: NT541.P21.2

THÀNH VIÊN THỰC HIỆN (Nhóm xx):

STT	Họ và tên	MSSV
1	Phạm Thiều Gia Khang	21520967

Điểm tự đánh
giá

10/10

ĐÁNH GIÁ KHÁC:

Tổng thời gian thực hiện	1 tuần
Phân chia công việc	
Ý kiến (nếu có) + Khó khăn + Đề xuất, kiến nghị	

Phần bên dưới của báo cáo này là báo cáo chi tiết của nhóm thực hiện

MỤC LỤC

A. BÁO CÁO CHI TIẾT	3
1. Nội dung 1	3
a. Cài đặt SDN/OpenFlow controller (remote controller). Dùng Ryu controller (python): 3	
b. Tạo mạng OpenFlow bằng Mininet, kết nối với Ryu controller:	3
c. Dùng Wireshark tiến hành bắt các gói tin OpenFlow (v.1.3):	5
- OFP Hello	5
- OFP Features Request, OFP Features Reply	5
- OFP Echo Request, OFP Echo Reply	5
- OFP PacketIn	5
- OFP FlowMod	5
d. Liệt kê, mô tả các trường thông tin chính trong mỗi loại thông điệp ở bước 3 :	8
2. Nội dung 2:	12
1. Tiến hành cài đặt một loại OpenFlow virtual Switch:	12
2. Kết nối switch đã cài đặt với một Ryu controller và một số Host (≥ 2 Host)	13
3. Cài Wireshark và tiến hành các bước bắt gói tin trong yêu cầu I.2 :	13
4. Test performance của mạng đã tạo ra (vd: dùng Iperf, hoặc một công cụ khác).	17
B. TÀI LIỆU THAM KHẢO	18

A. BÁO CÁO CHI TIẾT

1. Nội dung 1

a. Cài đặt SDN/OpenFlow controller (remote controller). Dùng Ryu controller (python):

Clone source code của Ryu Controller từ Github:

```
(base) khang@khang-computer:~/week_1$ git clone https://github.com/osrg/ryu.git
Cloning into 'ryu'...
remote: Enumerating objects: 26506, done.
remote: Counting objects: 100% (7/7), done.
remote: Compressing objects: 100% (5/5), done.
remote: Total 26506 (delta 1), reused 4 (delta 1), pack-reused 26499 (from 1)
Receiving objects: 100% (26506/26506), 13.95 MiB | 7.18 MiB/s, done.
Resolving deltas: 100% (19160/19160), done.
```

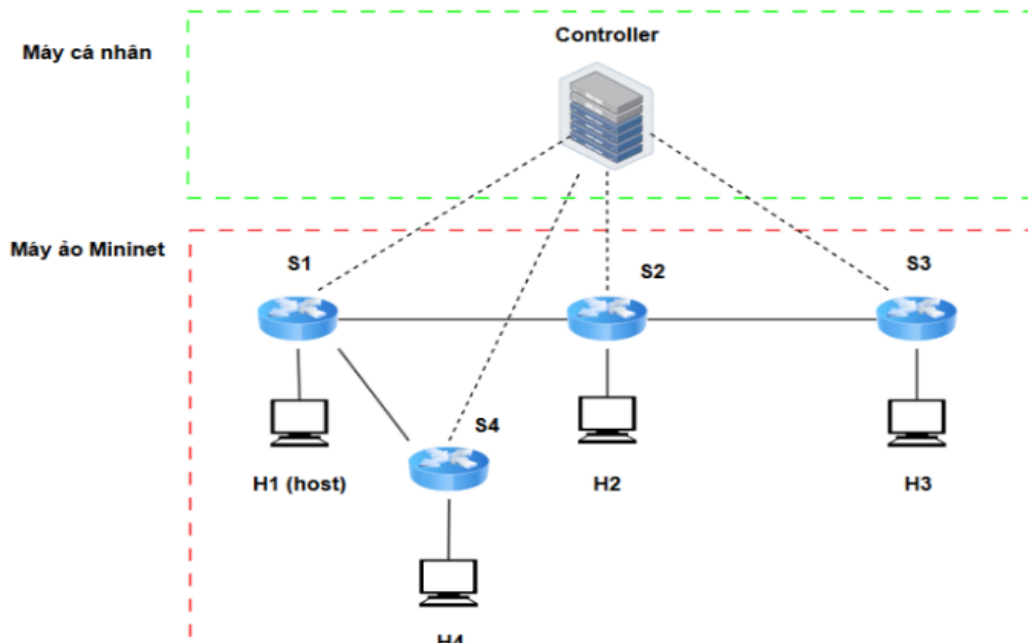
Cài đặt:

```
$ pip3 install setuptools==57.5.0
$ python3 ./setup.py install
```

```
byte-compiling /home/khang/miniconda3/envs/ryuNet/lib/python3.9/site-packages/ryu/contrib/__init__.py to __init__.cpython-39.pyc
running install_data
creating /home/khang/miniconda3/envs/ryuNet/etc/ryu
copying etc/ryu/ryu.conf -> /home/khang/miniconda3/envs/ryuNet/etc/ryu
running install_egg_info
Copying ryu.egg-info to /home/khang/miniconda3/envs/ryuNet/lib/python3.9/site-packages/ryu-4.34-py3.9.egg-info
running install_scripts
/home/khang/miniconda3/envs/ryuNet/lib/python3.9/site-packages/setuptools/command/easy_install.py:2085: EasyInstallDeprecationWarning: Use get_args
warnings.warn("Use get_args", EasyInstallDeprecationWarning)
/home/khang/miniconda3/envs/ryuNet/lib/python3.9/site-packages/setuptools/command/easy_install.py:2087: EasyInstallDeprecationWarning: Use get_header
header = cls.get_script_header("", executable, wininst)
Installing ryu script to /home/khang/miniconda3/envs/ryuNet/bin
Installing ryu-manager script to /home/khang/miniconda3/envs/ryuNet/bin
```

b. Tạo mạng OpenFlow bằng Mininet, kết nối với Ryu controller:

Sử dụng lại Topology của Lab 1:



Code:

```
from mininet.net import Mininet
from mininet.node import RemoteController
from mininet.cli import CLI
from mininet.log import setLogLevel
from mininet.topo import Topo

class Lab1_Topo( Topo ):
    def build( self ):
        # Add hosts
        h1 = self.addHost( 'h1' )
        h2 = self.addHost( 'h2' )
        h3 = self.addHost( 'h3' )
        h4 = self.addHost( 'h4' )
        #Add switch
        s1 = self.addSwitch( 's1' )
        s2 = self.addSwitch( 's2' )
        s3 = self.addSwitch( 's3' )
        s4 = self.addSwitch( 's4' )
        # Add links switch with switch
        self.addLink( s1, s2 )
        self.addLink( s2, s3 )
        self.addLink( s1, s4 )
        #Add link switch with host
        self.addLink( s1, h1 )
        self.addLink( s2, h2 )
        self.addLink( s3, h3 )
        self.addLink( s4, h4 )
    def run():
        topo = Lab1_Topo()
        net = Mininet(topo=topo, controller=None)
        c0 = net.addController('c0', controller=RemoteController,
ip="127.0.0.1", port=6633)
        net.start()
        CLI(net)
        net.stop()
if __name__ == '__main__':
    setLogLevel('info')
    run()
```

Trong đó:

- Sử dụng hàm addHost() để thêm 1 host vào mạng
- Sử dụng hàm addSwitch() để thêm 1 switch vào mạng
- Sử dụng hàm addLink() để liên kết các thành phần với nhau, ở đây là host và switch.
- Sử dụng hàm addController() để thêm controller vào mạng với ip là 127.0.0.1 (loalhost) và port 6633.

Tạo mạng SDN theo topology trên:

Khởi động ryu controller, thực hiện lắng nghe từ mininet:

```
$ ryu-manager ryu.app.simple_switch
```

```
(ryuNet) (base) khang@khang-computer:~/week_1$ ryu-manager ryu.app.simple_switch
loading app ryu.app.simple_switch
loading app ryu.controller.ofp_handler
instantiating app ryu.app.simple_switch of SimpleSwitch
instantiating app ryu.controller.ofp_handler of OFPHandler
packet in 3 5a:78:9f:6f:5b:74 33:33:ff:6f:5b:74 2
packet in 2 5a:78:9f:6f:5b:74 33:33:ff:6f:5b:74 2
packet in 1 5a:78:9f:6f:5b:74 33:33:ff:6f:5b:74 1
packet in 4 5a:78:9f:6f:5b:74 33:33:ff:6f:5b:74 1
packet in 1 92:49:87:c4:e5:ba 33:33:ff:c4:e5:ba 2
packet in 2 92:49:87:c4:e5:ba 33:33:ff:c4:e5:ba 1
packet in 3 92:49:87:c4:e5:ba 33:33:ff:c4:e5:ba 1
packet in 2 7a:1c:c7:89:05:6b 33:33:00:00:00:16 3
packet in 1 7a:1c:c7:89:05:6b 33:33:00:00:00:16 1
packet in 3 7a:1c:c7:89:05:6b 33:33:00:00:00:16 1
packet in 4 7a:1c:c7:89:05:6b 33:33:00:00:00:16 1
packet in 2 7a:1c:c7:89:05:6b 33:33:ff:89:05:6b 3
packet in 1 7a:1c:c7:89:05:6b 33:33:ff:89:05:6b 1
packet in 3 7a:1c:c7:89:05:6b 33:33:ff:89:05:6b 1
packet in 4 7a:1c:c7:89:05:6b 33:33:ff:89:05:6b 1
packet in 1 5a:c4:9f:97:32:47 33:33:00:00:00:16 1
```

Khởi động mininet theo file custom_1.py đã tạo từ trước:

```
(ryuNet) (base) khang@khang-computer:~/week_1$ sudo /home/khang/miniconda3/envs/ryuNet/bin/python /home/khang/week_1/mininet/custom/custom_1.py
[sudo] password for khang:
*** Creating network
*** Adding hosts:
h1 h2 h3 h4
*** Adding switches:
s1 s2 s3 s4
*** Adding links:
(s1, h1) (s1, s2) (s1, s4) (s2, h2) (s2, s3) (s3, h3) (s4, h4)
*** Configuring hosts
h1 h2 h3 h4
*** Starting controller
c0
*** Starting 4 switches
s1 s2 s3 s4 ...
*** Starting CLI:
mininet> 
```

c. Dùng Wireshark tiến hành bắt các gói tin OpenFlow (v.1.3):

- OFP Hello
- OFP Features Request, OFP Features Reply
- OFP Echo Request, OFP Echo Reply
- OFP PacketIn
- OFP FlowMod

Khởi động Wireshark lắng nghe trên loopback:lo:

```
$ sudo wireshark
```

```
(ryuNet) khang@khang-computer:~$ sudo wireshark
[sudo] password for khang:
** (wireshark:13140) 21:02:52.581322 [GUI WARNING] -- QStandardPaths: XDG_RUNTIME_DIR not set, defaulting to '/tmp/runtime-root'
** (wireshark:13140) 21:02:53.691252 [Epan WARNING] ./epan/color_filters.c:657 -- read_filters_file(): Could not compile "of" in colorfilters file "/root/.wireshark/colorfilters".
"of" is neither a field nor a protocol name.
** (wireshark:13140) 21:02:53.691296 [Epan WARNING] ./epan/color_filters.c:657 -- read_filters_file(): Could not compile "Checksum Errors" in colorfilters file "/root/.wireshark/colorfilters".
Neither "cdp.checksum_bad" nor "1" are field or protocol names.
** (wireshark:13140) 21:02:57.588914 [Capture MESSAGE] -- Capture Start ...
** (wireshark:13140) 21:02:57.615347 [Capture MESSAGE] -- Capture started
** (wireshark:13140) 21:02:57.615379 [Capture MESSAGE] -- File: "/tmp/wireshark_loHQ6U32.pcapng"
** (wireshark:13140) 21:04:21.511257 [Capture MESSAGE] -- Capture Stop ...
** (wireshark:13140) 21:04:21.539591 [Capture MESSAGE] -- Capture stopped.
```

Danh sách filter các loại gói tin OFP trên wireshark:

Loại gói	Bộ lọc Wireshark
OFP Hello (Bắt tay ban đầu)	openflow_v6.type == 0
OFP Features Request (Controller yêu cầu thông tin switch)	openflow_1_0.type == 5
OFP Features Reply (Switch phản hồi thông tin)	openflow_1_0.type == 6
OFP Echo Request (Kiểm tra kết nối)	openflow_1_0.type == 2
OFP Echo Reply (Phản hồi kiểm tra kết nối)	openflow_1_0.type == 3
OFP PacketIn (Switch gửi gói tin lên Controller)	openflow_1_0.type == 10
OFP FlowMod (Controller gửi cấu hình Flow Table đến switch)	openflow_1_0.type == 14

Tiến hành bắt từng loại gói tin:

OFP Hello (Bắt tay ban đầu):

openflow_v6						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
125	44.925331309	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFl...	74	Type: OFPT_HELLO
136	44.937686607	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFl...	74	Type: OFPT_HELLO
138	44.937843471	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFl...	74	Type: OFPT_HELLO
140	44.937959547	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFl...	74	Type: OFPT_HELLO

▶ Frame 125: 74 bytes on wire (592 bits), 74 bytes captured (592 bits) on interface lo, id 0
 ▶ Ethernet II, Src: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00), Dst: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
 ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 127.0.0.1, Dst: 127.0.0.1
 ▶ Transmission Control Protocol, Src Port: 33558, Dst Port: 6633, Seq: 1, Ack: 9, Len: 8
 ▶ OpenFlow 1.5
 Version: 1.5 (0x06)
 Type: OFPT_HELLO (0)
 Length: 8
 Transaction ID: 1

OFP Features Request (Controller yêu cầu thông tin switch):

openflow_1_0.type == 5						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
129	44.926486137	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFl...	74	Type: OFPT_FEATURES_RE
142	44.938085890	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFl...	74	Type: OFPT_FEATURES_RE
143	44.938340602	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFl...	74	Type: OFPT_FEATURES_RE
144	44.938376780	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFl...	74	Type: OFPT_FEATURES_RE

▶ Frame 129: 74 bytes on wire (592 bits), 74 bytes captured (592 bits) on interface lo, id 0
 ▶ Ethernet II, Src: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00), Dst: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
 ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 127.0.0.1, Dst: 127.0.0.1
 ▶ Transmission Control Protocol, Src Port: 6633, Dst Port: 33558, Seq: 9, Ack: 9, Len: 8
 ▶ OpenFlow 1.0
 .000 0001 = Version: 1.0 (0x01)
 Type: OFPT_FEATURES_REQUEST (5)
 Length: 8
 Transaction ID: 3335486800

OFP Features Reply (Switch phản hồi thông tin):

openflow_1_0.type == 6						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
152	44.941318501	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFl...	242	Type: OFPT_FEATURES_RE
155	44.941686146	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFl...	290	Type: OFPT_FEATURES_RE
158	44.941962160	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFl...	242	Type: OFPT_FEATURES_RE
161	44.942273722	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFl...	290	Type: OFPT_FEATURES_RE

▶ Frame 152: 242 bytes on wire (1936 bits), 242 bytes captured (1936 bits) on interface lo, id 0
 ▶ Ethernet II, Src: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00), Dst: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
 ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 127.0.0.1, Dst: 127.0.0.1
 ▶ Transmission Control Protocol, Src Port: 33558, Dst Port: 6633, Seq: 73, Ack: 17, Len: 176
 ▶ OpenFlow 1.0
 .000 0001 = Version: 1.0 (0x01)
 Type: OFPT_FEATURES_REPLY (6)
 Length: 176
 Transaction ID: 3335486800
 ▶ Datapath unique ID: 0x0000000000000004
 n_buffers: 0

OFPT Echo Request (Kiểm tra kết nối):

openflow_1_0.type == 2						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1530	66.554015080	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REQUEST
1533	66.556226679	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REQUEST
1536	66.619003229	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REQUEST
1539	66.809948789	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REQUEST
1552	71.556052125	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REQUEST

▶ Frame 1530: 74 bytes on wire (592 bits), 74 bytes captured (592 bits) on interface lo, id 0
 ▶ Ethernet II, Src: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00), Dst: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
 ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 127.0.0.1, Dst: 127.0.0.1
 ▶ Transmission Control Protocol, Src Port: 33580, Dst Port: 6633, Seq: 13124, Ack: 13360, Len: 8
 ▶ OpenFlow 1.0
 .000 0001 = Version: 1.0 (0x01)
 Type: OFPT_ECHO_REQUEST (2)
 Length: 8
 Transaction ID: 0

OFPT Echo Reply (Phản hồi kiểm tra kết nối):

openflow_1_0.type == 3						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1531	66.554636319	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REPLY
1534	66.556432431	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REPLY
1537	66.619251375	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REPLY
1540	66.810517019	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REPLY
1553	71.556747327	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REPLY

▶ Frame 1531: 74 bytes on wire (592 bits), 74 bytes captured (592 bits) on interface lo, id 0
 ▶ Ethernet II, Src: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00), Dst: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
 ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 127.0.0.1, Dst: 127.0.0.1
 ▶ Transmission Control Protocol, Src Port: 6633, Dst Port: 33580, Seq: 13360, Ack: 13132, Len: 8
 ▶ OpenFlow 1.0
 .000 0001 = Version: 1.0 (0x01)
 Type: OFPT_ECHO_REPLY (3)
 Length: 8
 Transaction ID: 0

OFPT PacketIn (Switch gửi gói tin lên Controller):

openflow_1_0.type == 10						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1514	61.555784113	fe80::9032:9aff:fe0...	ff02::fb	OpenFL...	287	Type: OFPT_PACKET_IN
1517	61.617353523	fe80::58c4:9fff:fe9...	ff02::fb	OpenFL...	287	Type: OFPT_PACKET_IN
1520	61.618809787	fe80::58c4:9fff:fe9...	ff02::fb	OpenFL...	287	Type: OFPT_PACKET_IN
1523	61.809309620	fe80::14a8:fff:fe59...	ff02::fb	OpenFL...	287	Type: OFPT_PACKET_IN
1564	72.753138978	fe80::d44b:5ff:fedc...	ff02::2	OpenFL...	154	Type: OFPT_PACKET_IN
▶ Frame 1514: 287 bytes on wire (2296 bits), 287 bytes captured (2296 bits) on interface lo, id 0 ▶ Ethernet II, Src: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00), Dst: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00) ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 127.0.0.1, Dst: 127.0.0.1 ▶ Transmission Control Protocol, Src Port: 33558, Dst Port: 6633, Seq: 12305, Ack: 12565, Len: 221 ▶ OpenFlow 1.0 .000 0001 = Version: 1.0 (0x01) Type: OFPT_PACKET_IN (10) Length: 221 Transaction ID: 0 Buffer Id: 0xffffffff Total length: 203 In port: 1 Reason: No matching flow (table-miss flow entry) (0) Pad: 00 ▶ Ethernet II, Src: 92:32:9a:02:2b:f2 (92:32:9a:02:2b:f2), Dst: IPv6mcast_fb (33:33:00:00:00:fb) ▶ Internet Protocol Version 6, Src: fe80::9032:9aff:fe02:2bf2, Dst: ff02::fb ▶ User Datagram Protocol, Src Port: 5353, Dst Port: 5353 ▶ Multicast Domain Name System (query)						

OFF FlowMod (Controller gửi cấu hình Flow Table đến switch)

openflow_1_0.type == 14						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1518	15.317651969	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFL...	146	Type: OFPT_FLOW_MOD
1522	15.319641961	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFL...	146	Type: OFPT_FLOW_MOD
1526	15.321049336	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFL...	146	Type: OFPT_FLOW_MOD
1530	15.322367802	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFL...	146	Type: OFPT_FLOW_MOD
1542	15.333430126	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFL...	146	Type: OFPT_FLOW_MOD
1546	15.336268971	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFL...	146	Type: OFPT_FLOW_MOD
1550	15.337520180	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFL...	146	Type: OFPT_FLOW_MOD
1554	15.338681503	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFL...	146	Type: OFPT_FLOW_MOD
1558	15.340061221	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFL...	146	Type: OFPT_FLOW_MOD
▶ Ethernet II, Src: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00), Dst: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00) ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 127.0.0.1, Dst: 127.0.0.1 ▶ Transmission Control Protocol, Src Port: 6633, Dst Port: 57516, Seq: 8927, Ack: 8925, Len: 80 ▶ OpenFlow 1.0 .000 0001 = Version: 1.0 (0x01) Type: OFPT_FLOW_MOD (14) Length: 80 Transaction ID: 1251283641 Wildcards: 4194290 In port: 3 Ethernet source address: 1a:8a:e7:68:24:79 (1a:8a:e7:68:24:79) Ethernet destination address: 16:27:2c:6d:2f:14 (16:27:2c:6d:2f:14)						

d. Liệt kê, mô tả các trường thông tin chính trong mỗi loại thông điệp ở bước 3 :

OFF Hello: Được sử dụng để thiết lập kết nối giữa Controller và Switch OpenFlow.

Các trường thông tin chính:

OpenFlow 1.5	
Version:	1.5 (0x06)
Type:	OFPT_HELLO (0)
Length:	8
Transaction ID:	5

- **Version:** Phiên bản OpenFlow (0x06 cho OpenFlow 1.5).
- **Type:** Loại thông điệp (0 = Hello).
- **Length:** Độ dài tổng thể của thông điệp.
- **XID (Transaction ID):** ID giao dịch giúp nhận diện phản hồi.

OFPT Features Request: Controller gửi đến Switch để yêu cầu thông tin phần cứng và khả năng hỗ trợ.

Các trường thông tin chính:

```

- OpenFlow 1.0
  .000 0001 = Version: 1.0 (0x01)
  Type: OFPT_FEATURES_REQUEST (5)
  Length: 8
  Transaction ID: 3340766288
    
```

- **Version:** Phiên bản OpenFlow.
- **Type:** Loại thông điệp (5 = Features Request).
- **Length:** Độ dài của thông điệp.
- **XID (Transaction ID):** ID giao dịch để nhận diện phản hồi.

OFPT Features Reply: Switch phản hồi thông tin về khả năng phần cứng, cấu trúc cổng, và các tính năng hỗ trợ.

Các trường thông tin chính:

```

- OpenFlow 1.0
  .000 0001 = Version: 1.0 (0x01)
  Type: OFPT_FEATURES_REPLY (6)
  Length: 176
  Transaction ID: 3340766288
  ▶ Datapath unique ID: 0x0000000000000004
  n_buffers: 0
  n_tables: 254
  Pad: 000000
  ▶ capabilities: 0x000000c7
  ▶ actions: 0x00000fff
  - Port data 1
    Port number: 65534
    HW Address: 2e:e6:d7:36:5a:4d (2e:e6:d7:36:5a:4d)
    Port Name: s4
    ▶ Config flags: 0x00000001
    ▶ State flags: 0x00000001
    ▶ Current features: 0x00000000
    Advertised features: 0x00000000
    Features supported: 0x00000000
    Features advertised by peer: 0x00000000
  ▶ Port data 2
  ▶ Port data 3
    
```

- **Version:** Phiên bản OpenFlow.
- **Type:** Loại thông điệp (6 = Features Reply).
- **Length:** Độ dài tổng thể của thông điệp.
- **XID (Transaction ID):** ID giao dịch giúp nhận diện phản hồi.
- **Datapath ID (DPID):** Định danh duy nhất của switch.
- **Auxiliary ID:** ID của kênh điều khiển phụ (nếu có).
- **Capabilities:** Bitmap thể hiện các tính năng mà switch hỗ trợ.
- **n_buffers:** Số lượng bộ đệm gói tin mà switch hỗ trợ.
- **n_tables:** Số lượng bảng flow switch hỗ trợ.
- **Port data:** Thông tin về các cổng của switch chứa:
 - Thông tin cơ bản của cổng

- Config flags: trạng thái cấu hình
- State flags: trạng thái hiện tại
- Current features: khả năng của cổng
- Advertised features: thông tin quảng bá

OFPT Echo Request: Kiểm tra kết nối giữa Controller và Switch còn hoạt động hay không.

Các trường thông tin chính:

```

- OpenFlow 1.0
  .000 0001 = Version: 1.0 (0x01)
  Type: OFPT_ECHO_REQUEST (2)
  Length: 8
  Transaction ID: 0
    
```

- **Version:** Phiên bản OpenFlow.
- **Type:** Loại thông điệp (2 = Echo Request).
- **Length:** Độ dài tổng thể của thông điệp.
- **XID (Transaction ID):** ID giao dịch giúp nhận diện phản hồi.
- **Data (Có thể):** Dữ liệu tùy chọn do sender gửi đi (có thể dùng để đo độ trễ).

OFPT Echo Reply: Switch hoặc Controller phản hồi lại Echo Request để xác nhận kết nối vẫn ổn định.

Các trường thông tin chính:

```

- OpenFlow 1.0
  .000 0001 = Version: 1.0 (0x01)
  Type: OFPT_ECHO_REPLY (3)
  Length: 8
  Transaction ID: 0
    
```

- **Version:** Phiên bản OpenFlow.
- **Type:** Loại thông điệp (3 = Echo Reply).
- **Length:** Độ dài tổng thể của thông điệp.
- **XID (Transaction ID):** ID giao dịch giúp nhận diện phản hồi.
- **Data (Có thể):** Dữ liệu phản hồi từ Echo Request.

OFPT PacketIn: Khi switch không có rule phù hợp cho một gói tin, nó gửi thông điệp này lên Controller để xử lý.

Các trường thông tin chính:

```

OpenFlow 1.0
.000 0001 = Version: 1.0 (0x01)
Type: OFPT_PACKET_IN (10)
Length: 108
Transaction ID: 0
Buffer Id: 0xffffffff
Total length: 90
In port: 2
Reason: No matching flow (table-miss flow entry) (0)
Pad: 00
Ethernet II, Src: 0a:1a:11:92:57:c5 (0a:1a:11:92:57:c5), Dst: IPv6mcast_16 (33:33:00:00:00:16)
  Destination: IPv6mcast_16 (33:33:00:00:00:16)
  Source: 0a:1a:11:92:57:c5 (0a:1a:11:92:57:c5)
  Type: IPv6 (0x86dd)
  Internet Protocol Version 6, Src: ::, Dst: ff02::16
  Internet Control Message Protocol v6
  
```

- **Version:** Phiên bản OpenFlow.
- **Type:** Loại thông điệp (10 = PacketIn).
- **Length:** Độ dài tổng thể của thông điệp
- **XID (Transaction ID):** ID giao dịch giúp nhận diện phản hồi.
- **Buffer ID:** ID của buffer chứa gói tin (hoặc -1 nếu không có buffer).
- **Total Length:** Kích thước gói tin gốc.
- **Reason:** Lý do PacketIn được gửi lên (ví dụ: không có rule khớp, gói tin đến cổng giám sát, v.v.).
- **Table ID:** ID của bảng flow xử lý gói tin.
- **Match:** Cấu trúc chứa thông tin header của gói tin.
- **Data:** Gói tin được gửi lên Controller.

OFPT FlowMod: Controller gửi rule mới xuống Switch để thêm, sửa, hoặc xóa Flow Entry.

Các trường thông tin chính:

```

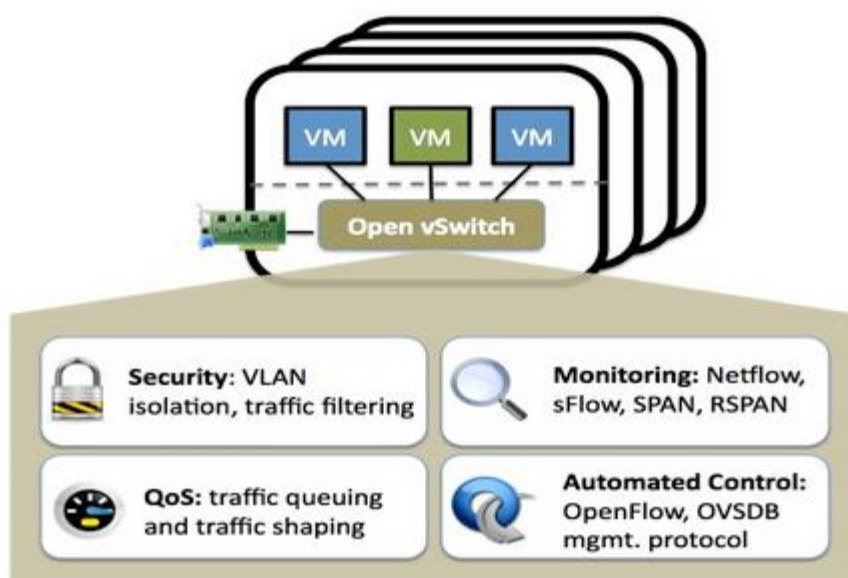
OpenFlow 1.0
.000 0001 = Version: 1.0 (0x01)
Type: OFPT_FLOW_MOD (14)
Length: 80
Transaction ID: 1251283641
Wildcards: 4194290
In port: 3
Ethernet source address: 1a:8a:e7:68:24:79 (1a:8a:e7:68:24:79)
Ethernet destination address: 16:37:2c:6d:3f:14 (16:37:2c:6d:3f:14)
Input VLAN id: 0
Input VLAN priority: 0
Pad: 00
DL type: 0
IP ToS: 0
IP protocol: 0
Pad: 0000
Source Address: 0.0.0.0
Destination Address: 0.0.0.0
Source Port: 0
Destination Port: 0
Cookie: 0x0000000000000000
Command: New flow (0)
Idle time-out: 0
hard time-out: 0
Priority: 32768
Buffer Id: 0xffffffff
Out port: 65535
Flags: 1
  
```

- **Version:** Phiên bản OpenFlow.

- **Type:** Loại thông điệp (14 = FlowMod).
- **Length:** Độ dài tổng thể của thông điệp.
- **XID (Transaction ID):** ID giao dịch giúp nhận diện phản hồi.
- **Cookie:** Giá trị duy nhất để nhận diện flow rule.
- **Cookie Mask:** Giá trị dùng để mask cookie.
- **Table ID:** ID của bảng chứa rule mới.
- **Command:** Loại thao tác (thêm, sửa, xóa).
- **Idle Timeout:** Thời gian rule sẽ bị xóa nếu không có gói tin khớp.
- **Hard Timeout:** Thời gian rule sẽ bị xóa bất kể có gói tin hay không.
- **Priority:** Độ ưu tiên của rule.
- **Buffer ID:** ID của buffer chứa gói tin (hoặc -1 nếu không có buffer).
- **Out Port:** Cổng đích của flow (dùng khi xóa rule).
- **Out Group:** Nhóm đích của flow (nếu có).
- **Flags:** Các cờ điều khiển (Ghi nhật ký, yêu cầu gửi lại, v.v.).
- **Match:** Điều kiện match của gói tin.
- **Instructions:** Danh sách hành động cần thực hiện khi flow khớp.

2. Nội dung 2:

1. Tiến hành cài đặt một loại OpenFlow virtual Switch:



Cài đặt OpenvSwitch và kiểm tra cài đặt:

```
$ sudo apt install openvswitch - switch
$ ovs-vsctl -version
```

```
khang@OVS:~/Desktop$ sudo ovs-vsctl --version
ovs-vsctl (Open vSwitch) 2.17.9
DB Schema 8.3.0
```

2. Kết nối switch đã cài đặt với một Ryu controller và một số Host (≥ 2 Host)

Kịch bản sẽ bao gồm 1 máy ảo chạy openvswitch, 1 máy ảo chạy ryu controller, wireshark, 1 máy ảo làm Host 1 và 1 máy thật làm Host 2 (Vì tài nguyên máy tính cá nhân hạn chế nên ko thể chạy quá nhiều máy ảo).

Tiến hành tạo 1 bridge để tiến hành giao tiếp:

```
$ sudo ovs-vsctl add-br br0
$ sudo ip link set br0 up
```

Thực hiện kết nối bridge vừa tạo với card mạng máy ảo:

```
$ sudo ovs-vsctl add-port br0 ens33
$ sudo ip link set ens33 up
```

Cấp phát lại IP cho vSwitch và kiểm tra cài đặt:

```
$ sudo dhclient
$ sudo ovs-vsctl show
```

```
khang@OVS:~/Desktop$ sudo ovs-vsctl show
1fef3da4-cf71-4689-a5f6-43925810e08f
    Bridge br0
        Controller "tcp:192.168.1.190:6633"
            is_connected: true
        Port br0
            Interface br0
                type: internal
        Port ens33
            Interface ens33
    ovs_version: "2.17.9"
```

Kết nối Bridge vừa tạo với Ryu Controller và kiểm tra:

```
$ sudo ovs-vsctl set-controller br0 tcp:192.168.1.190:6633
$ sudo ovs-vsctl get-controller br0
```

```
khang@OVS:~/Desktop$ sudo ovs-vsctl get-controller br0
tcp:192.168.1.190:6633
```

3. Cài Wireshark và tiến hành các bước bắt gói tin trong yêu cầu I.2 :

Đầu tiên khởi động wireshark ở Controller:

```
$ sudo wireshark
```

```
(base) khang@Controller:~/Desktop/ryu$ sudo wireshark
** (wireshark:48336) 00:25:15.108363 [GUI WARNING] -- QStandardPaths: XDG_RUNTIME_DIR not set, defaulting to '/tmp/runtime-root'
** (wireshark:48336) 00:25:17.910630 [Capture MESSAGE] -- Capture Start ...
** (wireshark:48336) 00:25:17.964071 [Capture MESSAGE] -- Capture started
** (wireshark:48336) 00:25:17.964131 [Capture MESSAGE] -- File: "/tmp/wireshark_ens33ARF132.pcapng"
** (wireshark:48336) 00:27:39.413737 [Capture MESSAGE] -- Capture Stop ...
** (wireshark:48336) 00:27:39.429270 [Capture MESSAGE] -- Capture stopped.
```

Tiếp sau đó khởi động Ryu controller, vSwitch sẽ tự động kết nối tới Controller:

```
(ryuNet) khang@Controller:~/Desktop/ryu$ ryu-manager ryu.app.simple_switch
loading app ryu.app.simple_switch
loading app ryu.controller.ofp_handler
instantiating app ryu.app.simple_switch of SimpleSwitch
instantiating app ryu.controller.ofp_handler of OFPHandler
packet in 52243610099 00:23:20:fe:c8:73 ff:ff:ff:ff:ff:ff 65534
packet in 52243610099 00:0c:29:cf:0d:c5 50:42:89:01:1e:08 1
packet in 52243610099 00:0c:29:cf:0d:c5 50:42:89:01:1e:08 1
packet in 52243610099 00:0c:29:cf:0d:c5 50:42:89:01:1e:08 1
packet in 52243610099 50:42:89:01:1e:08 00:0c:29:cf:0d:c5 1
packet in 52243610099 50:42:89:01:1e:08 00:0c:29:cf:0d:c5 1
packet in 52243610099 00:0c:29:cf:0d:c5 50:42:89:01:1e:08 1
packet in 52243610099 dc:2c:6e:aa:d6:e7 01:00:0c:cc:cc:cc 1
packet in 52243610099 dc:2c:6e:aa:d6:e7 ff:ff:ff:ff:ff:ff 1
packet in 52243610099 48:51:c5:9d:5b:d9 50:42:89:01:1e:08 1
packet in 52243610099 48:51:c5:9d:5b:d9 50:42:89:01:1e:08 1
packet in 52243610099 00:0c:29:cf:0d:c5 33:33:00:00:00:16 1
packet in 52243610099 00:0c:29:cf:0d:c5 33:33:00:00:00:16 1
```

Sau đó thực hiện ping giữa các máy ảo ta sẽ lấy được các gói tin OFP:

```
PS C:\Users\ACER> ping 192.168.1.197

Pinging 192.168.1.197 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.1.197: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.197: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.197: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.197: bytes=32 time<1ms TTL=64

Ping statistics for 192.168.1.197:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
PS C:\Users\ACER> ping 192.168.1.201

Pinging 192.168.1.201 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.1.201: bytes=32 time=4ms TTL=64
Reply from 192.168.1.201: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.201: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.201: bytes=32 time<1ms TTL=64

Ping statistics for 192.168.1.201:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 4ms, Average = 1ms
PS C:\Users\ACER>
```

- OFP Hello:

openflow_1_0.type == 0						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
79	19.190345291	192.168.1.190	192.168.1.201	OpenFl...	74	Type: OFPT_HELLO

▶ Frame 79: 74 bytes on wire (592 bits), 74 bytes captured (592 bits) on interface ens33, id 0
 ▶ Ethernet II, Src: VMware_cf:de:54 (00:0c:29:cf:de:54), Dst: VMware_f6:39:f3 (00:0c:29:f6:39:f3)
 ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.190, Dst: 192.168.1.201
 ▶ Transmission Control Protocol, Src Port: 6633, Dst Port: 55844, Seq: 1, Ack: 1, Len: 8
 ▶ OpenFlow 1.0
 .000 0001 = Version: 1.0 (0x01)
 Type: OFPT_HELLO (0)
 Length: 8
 Transaction ID: 4017614155

- OFP Features Request:

openflow_1_0.type == 5						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
83	19.690652478	192.168.1.190	192.168.1.201	OpenFl...	74	Type: OFPT_FEATURES_REQUEST

▶ Frame 83: 74 bytes on wire (592 bits), 74 bytes captured (592 bits) on interface ens33, id 0
 ▶ Ethernet II, Src: VMware_cf:de:54 (00:0c:29:cf:de:54), Dst: VMware_f6:39:f3 (00:0c:29:f6:39:f3)
 ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.190, Dst: 192.168.1.201
 ▶ Transmission Control Protocol, Src Port: 6633, Dst Port: 55844, Seq: 9, Ack: 9, Len: 8
 ▶ OpenFlow 1.0
 .000 0001 = Version: 1.0 (0x01)
 Type: OFPT_FEATURES_REQUEST (5)
 Length: 8
 Transaction ID: 4017614156

- OFP Features Reply:

openflow_1_0.type == 6						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
85	19.691151192	192.168.1.201	192.168.1.190	OpenFl...	194	Type: OFPT_FEATURES_REPLY

▶ Frame 85: 194 bytes on wire (1552 bits), 194 bytes captured (1552 bits) on interface ens33, id 0
 ▶ Ethernet II, Src: VMware_f6:39:f3 (00:0c:29:f6:39:f3), Dst: VMware_cf:de:54 (00:0c:29:cf:de:54)
 ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.201, Dst: 192.168.1.190
 ▶ Transmission Control Protocol, Src Port: 55844, Dst Port: 6633, Seq: 9, Ack: 17, Len: 128
 ▶ OpenFlow 1.0
 .000 0001 = Version: 1.0 (0x01)
 Type: OFPT_FEATURES_REPLY (6)
 Length: 128
 Transaction ID: 4017614156
 ▶ Datapath unique ID: 0x0000000c29f639f3
 n_buffers: 0
 n_tables: 254
 Pad: 000000
 ▶ capabilities: 0x000000c7
 ▶ actions: 0x00000fff
 ▶ Port data 1
 ▶ Port data 2

- OFP Echo Request:

openflow_1_0.type == 2						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
186	31.615103005	192.168.1.201	192.168.1.190	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REQUEST
194	36.617273663	192.168.1.201	192.168.1.190	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REQUEST
226	43.927767653	192.168.1.201	192.168.1.190	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REQUEST
258	50.263299253	192.168.1.201	192.168.1.190	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REQUEST
380	65.982682267	192.168.1.201	192.168.1.190	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REQUEST
515	75.812335189	192.168.1.201	192.168.1.190	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REQUEST
580	83.097335372	192.168.1.201	192.168.1.190	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REQUEST
▶ Frame 186: 74 bytes on wire (592 bits), 74 bytes captured (592 bits) on interface ens33, id 0 ▶ Ethernet II, Src: VMware_f6:39:f3 (00:0c:29:f6:39:f3), Dst: VMware_cf:de:54 (00:0c:29:cf:de:54) ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.201, Dst: 192.168.1.190 ▶ Transmission Control Protocol, Src Port: 55844, Dst Port: 6633, Seq: 3006, Ack: 3352, Len: 8 ▶ OpenFlow 1.0 .000 0001 = Version: 1.0 (0x01) Type: OFPT_ECHO_REQUEST (2) Length: 8 Transaction ID: 0						

- OFP Echo Reply:

openflow_1_0.type == 3						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
187	31.615662630	192.168.1.190	192.168.1.201	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REPLY
195	36.617774820	192.168.1.190	192.168.1.201	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REPLY
227	43.928197143	192.168.1.190	192.168.1.201	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REPLY
259	50.263900862	192.168.1.190	192.168.1.201	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REPLY
381	65.983229726	192.168.1.190	192.168.1.201	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REPLY
516	75.812748517	192.168.1.190	192.168.1.201	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REPLY
581	83.097749501	192.168.1.190	192.168.1.201	OpenFl...	74	Type: OFPT_ECHO_REPLY
▶ Frame 187: 74 bytes on wire (592 bits), 74 bytes captured (592 bits) on interface ens33, id 0 ▶ Ethernet II, Src: VMware_cf:de:54 (00:0c:29:f6:39:f3), Dst: VMware_f6:39:f3 (00:0c:29:f6:39:f3) ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.190, Dst: 192.168.1.201 ▶ Transmission Control Protocol, Src Port: 6633, Dst Port: 55844, Seq: 3352, Ack: 3014, Len: 8 ▶ OpenFlow 1.0 .000 0001 = Version: 1.0 (0x01) Type: OFPT_ECHO_REPLY (3) Length: 8 Transaction ID: 0						

- OFP PacketIn:

openflow_1_0.type == 10						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
114	23.054889707	fe80::1	fe80::c845:aaaf:26d...	OpenFl...	162	Type: OFPT_PACKET_IN
123	23.115313910	2402:800:639e:cdea:...	2001:67c:1562::23	OpenFl...	178	Type: OFPT_PACKET_IN
129	26.280215669	Routerbo_aa:d6:e7	CDP/VTP/DTP/PAGP/UD...	OpenFl...	210	Type: OFPT_PACKET_IN
133	26.384924827	0.0.0.0	255.255.255.255	OpenFl...	282	Type: OFPT_PACKET_IN
138	26.611285176	192.168.1.189	172.217.194.91	OpenFl...	1598	Type: OFPT_PACKET_IN
139	26.611285177	192.168.1.189	172.217.194.91	OpenFl...	403	Type: OFPT_PACKET_IN
200	37.942328745	fe80::c845:aaaf:26d...	ff02::16	OpenFl...	234	Type: OFPT_PACKET_IN
▶ Frame 139: 403 bytes on wire (3224 bits), 403 bytes captured (3224 bits) on interface ens33, id 0 ▶ Ethernet II, Src: VMware_f6:39:f3 (00:0c:29:f6:39:f3), Dst: VMware_cf:de:54 (00:0c:29:cf:de:54) ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.201, Dst: 192.168.1.190 ▶ Transmission Control Protocol, Src Port: 55844, Dst Port: 6633, Seq: 2669, Ack: 1311, Len: 337 ▶ OpenFlow 1.0 .000 0001 = Version: 1.0 (0x01) Type: OFPT_PACKET_IN (10) Length: 337 Transaction ID: 0 Buffer Id: 0xffffffff Total length: 319 In port: 1 Reason: No matching flow (table-miss flow entry) (0) Pad: 00 ▶ Ethernet II, Src: IntelCor_9d:5b:d9 (48:51:c5:9d:5b:d9), Dst: zte_01:1e:08 (50:42:89:01:1e:08) ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.189, Dst: 172.217.194.91 ▶ Transmission Control Protocol, Src Port: 52609, Dst Port: 443, Seq: 1461, Ack: 1, Len: 265						

- OFP FlowMod:

openflow_1_0.type == 14						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
116	23.055517619	192.168.1.190	192.168.1.201	OpenFl...	146	Type: OFPT_FLOW_MOD
119	23.056176570	192.168.1.190	192.168.1.201	OpenFl...	146	Type: OFPT_FLOW_MOD
124	23.116454633	192.168.1.190	192.168.1.201	OpenFl...	146	Type: OFPT_FLOW_MOD
141	26.612975429	192.168.1.190	192.168.1.201	OpenFl...	146	Type: OFPT_FLOW_MOD
144	26.613393328	192.168.1.190	192.168.1.201	OpenFl...	146	Type: OFPT_FLOW_MOD
263	53.341148285	192.168.1.190	192.168.1.201	OpenFl...	146	Type: OFPT_FLOW_MOD
269	53.568633919	192.168.1.190	192.168.1.201	OpenFl...	146	Type: OFPT_FLOW_MOD
▶ Frame 124: 146 bytes on wire (1168 bits), 146 bytes captured (1168 bits) on interface ens33, id 0 ▶ Ethernet II, Src: VMware_cf:de:54 (00:0c:29:cf:de:54), Dst: VMware_f6:39:f3 (00:0c:29:f6:39:f3) ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.190, Dst: 192.168.1.201 ▶ Transmission Control Protocol, Src Port: 6633, Dst Port: 55844, Seq: 741, Ack: 777, Len: 80 ▶ OpenFlow 1.0 .000 0001 = Version: 1.0 (0x01) Type: OFPT_FLOW_MOD (14) Length: 80 Transaction ID: 4017614165 Wildcards: 4194290 In port: 1 Ethernet source address: VMware_cf:0d:c5 (00:0c:29:cf:0d:c5) Ethernet destination address: zte_01:1e:08 (50:42:89:01:1e:08) Input VLAN id: 0 Input VLAN priority: 0 Pad: 00 DL type: 0						

4. Test performance của mạng đã tạo ra (vd: dùng Iperf, hoặc một công cụ khác).

Dùng iperf để kiểm tra mạng, mở iperf server tại host 1 để kiểm tra ping:

```
$ iperf -s -p 8080
```

```
khang@Broker:~/Desktop$ iperf -s -p 8080
-----
Server listening on TCP port 8080
TCP window size: 128 KByte (default)
-----
[ 1] local 192.168.1.197 port 8080 connected with 192.168.1.204 port 59908
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[ 1] 0.0000-10.0085 sec 2.96 GBytes 2.54 Gbits/sec
```

Ping từ vSwitch đến host 1:

```
$ iperf -c 192.168.1.197 -p 8080
```

```
khang@OVS:~/Desktop$ iperf -c 192.168.1.197 -p 8080
-----
Client connecting to 192.168.1.197, TCP port 8080
TCP window size: 85.0 KByte (default)
-----
[ 1] local 192.168.1.204 port 59908 connected with 192.168.1.197 port 8080
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[ 1] 0.0000-10.0238 sec 2.96 GBytes 2.54 Gbits/sec
khang@OVS:~/Desktop$
```

B. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Open vSwitch, "General Installation Guide," Open vSwitch Documentation, [Online]. Available: <https://docs.openvswitch.org/en/latest/intro/install/general/>. [Accessed: Mar. 31, 2025].
- [2] Ryu SDN Framework, "Getting Started," Ryu Documentation, [Online]. Available: https://ryu.readthedocs.io/en/latest/getting_started.html. [Accessed: Mar. 31, 2025].