

Hálózatok építése és üzemeltetése

OpenFlow / POX gyakorlat

BME Cloud (smallville, cloud.bme.hu)

HaEpUz 2021 - Ubuntu 20.04 + xfce4 v8 cloud-
40288.vm.smallville.cloud.bme.hu ☆



▶ **RUNNING**

Connection details

Protocol SSH
Host vm.smallville.cloud.bme.hu:4588
Host (IPv6) cloud-
40288.vm.smallville.cloud.bme.hu:22
Username cloud
Password

Command

✓ The virtual machine successfully started, you can connect now.

Interfaces

VM-NET

IPv4 address: 10.9.0.4
IPv6 address: 2001:738:2001:2209:9:0:4:0
DNS name: cloud-40288.vm.smallville.cloud.bme.hu
Groups: -

Port access

Port access	Protocol
vm.smallville.cloud.bme.hu:4588 → 22/tcp	✓
vm.smallville.cloud.bme.hu:20629 → 3389/tcp	✗

haepuz-1 (unmanaged)

Belépés: rdp

- ▶ rdp kliens

- ▶ pl.: kdrac, remmina, MS...

- ▶ Connect to: rdp://cloud@vm.smallville.cloud.bme.hu:*port*

- ▶ Távoli gépen

- ▶ xfce4 desktop

- ▶ mininet

- ▶ pox

▶ **Előző gyakorlat:**

- ▶ OSPF (routing protokoll)
- ▶ elosztott működés
- ▶ több-több (many-to-many) kommunikáció
- ▶ bonyolult!

▶ **Most:**

- ▶ más koncepció, SDN
- ▶ (bonyolult??)

1. feladat:

térképezzük fel az emulált topológiát

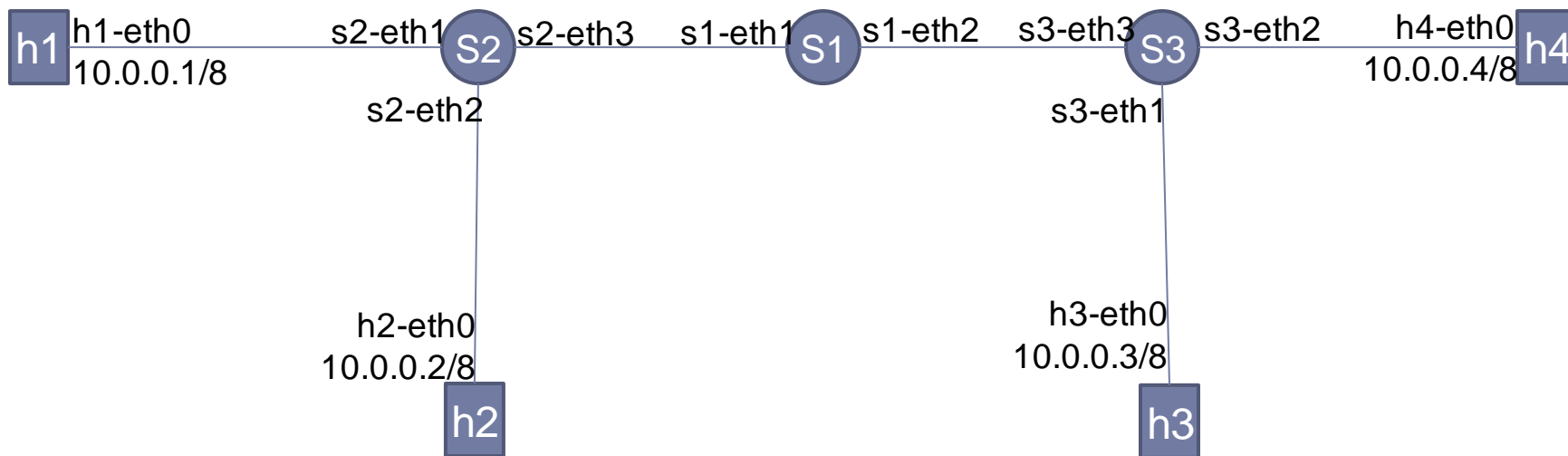
- ▶ `$ sudo -E mn --topo tree,depth=2 --controller=remote,port=6633`
- ▶ **Használható parancsok:**
 - ▶ `mininet> net`
 - ▶ `mininet> dump`
 - ▶ `mininet> h1 ifconfig`
 - ▶ `mininet> ...`

1. feladat:

térképezzük fel az emulált topológiát

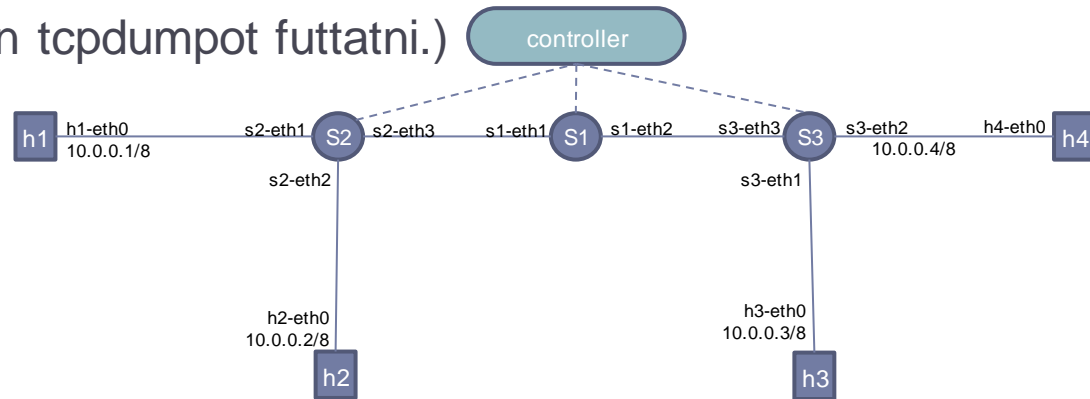


► \$ sudo -E mn --topo tree,depth=2 --controller=remote



2. feladat: forgalom megfigyelése

- ▶ `mininet> xterm h1`
- ▶ `h1: ~# ping -c 1 10.0.0.4`
- ▶ Figyeljük meg az `s?-eth?` interfészeket. Meddig jutnak el az ARP kérések?
 - ▶ (érdeemes külön ablakokban `tcpdump`ot futtatni.)
 - ▶ vizsgálandó linkek:
 - ▶ `h1-s2`, `s1-s2`, `s2-h2`



2. feladat: forgalom megfigyelése

- ▶ h1: ~# ping -c 1 10.0.0.4
- ▶ Figyeljük meg az s?-eth? interfészt. Meddig jutnak el az ARP kérések?
 - ▶ ALT-F2 xterm, majd: ~\$ sudo wireshark &
 - ▶ .
- ▶ Hallgassunk bele a lo interfészbe is!
 - ▶ (itt a wiresharkot érdemes használni, de az installált verzió *már* nem támogatja megfelelően a OF1.0-ás csomagokat)

2. feladat: forgalom megfigyelése



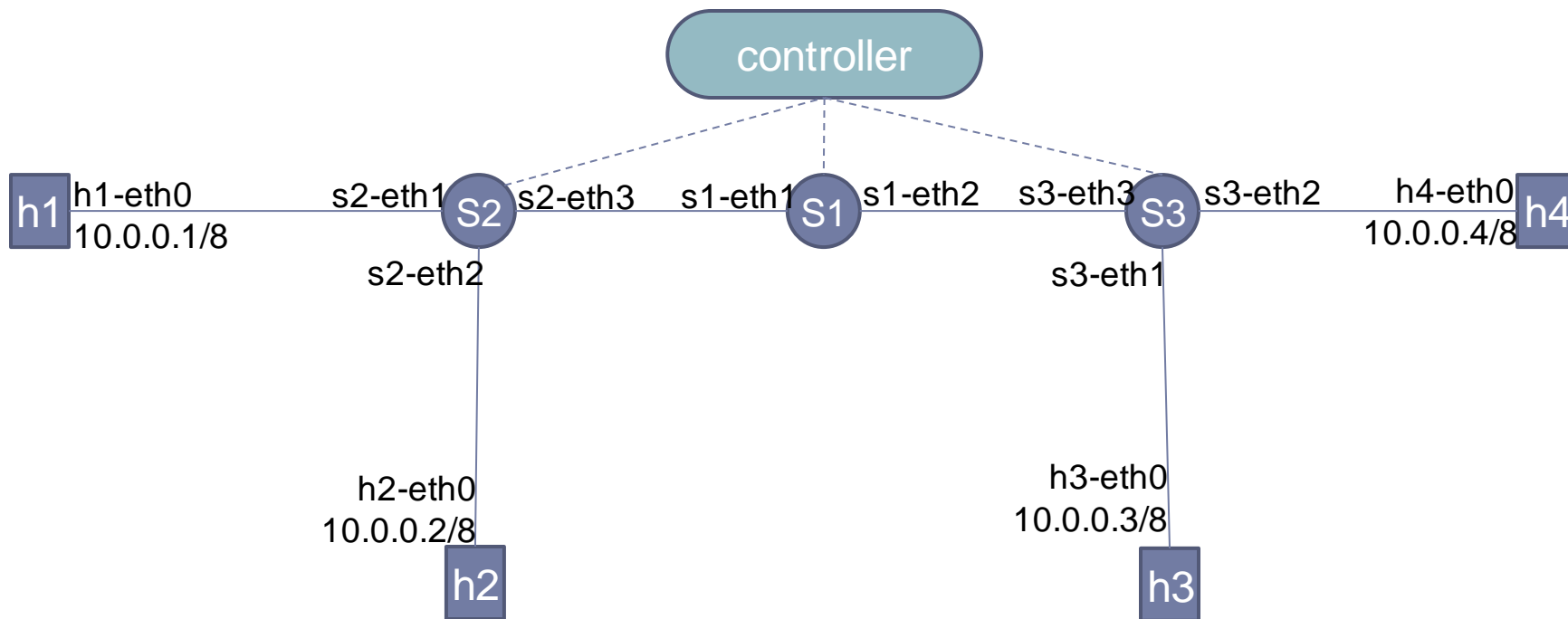
- ▶ h1: ~# ping -c 1 10.0.0.4
- ▶ Figyeljük meg az s?-eth? interfészt. Meddig jutnak el az ARP kérések?
 - ▶ ALT-F2 xterm, majd: ~\$ sudo wireshark &
 - ▶ Mindössze három ARP csomag lesz a h1-s2 linken.
- ▶ Hallgassunk bele a lo interfészbe is!
 - ▶ (itt a wiresharkot érdemes használni, de az installált verzió *már* nem támogatja megfelelően a OF1.0-ás csomagokat)

2. feladat: forgalom megfigyelése



- ▶ h1: ~# ping -c 1 10.0.0.4
- ▶ Figyeljük meg az s?-eth? interfészt. Meddig jutnak el az ARP kérések?
 - ▶ ALT-F2 xterm, majd: ~\$ sudo wireshark &
 - ▶ Mindössze három ARP csomag lesz a h1-s2 linken.
- ▶ Hallgassunk bele a lo interfészbe is!
 - ▶ A switchek próbálnak kapcsolódni a kontrollerhez.

1. feladat: térképezzük fel az emulált topológiát



POX: OpenFlow controller-keretrendszer

- ▶ Elavult: csak OpenFlow 1.0-t támogat
 - ▶ Konkurensok: OF 1.4+, OF-config, netconf, snmp
- ▶ Fejlesztése gyakorlatilag leállt
 - ▶ Hibajavítások kivételével
- ▶ Ipari igényeket nem elégít ki

- ▶ Minimális függőségi lista (python 2.7)
- ▶ Könnyen installálható
- ▶ Szkript nyelvet használ:
 - ▶ gyors edit/(compile)/debug ciklus
 - ▶ gyors prototípus implementálás
- ▶ Rendkívül elegáns eseménykezelő keretrendszer
- ▶ Single threaded: így is gyors, de nehezebb hibázni
- ▶ Keretrendszer, amiben alkalmazások írhatók



<http://www.noxrepo.org>

<http://github.com/noxrepo/pox/>

<https://noxrepo.github.io/pox-doc/html/>

POX installálása, frissítése

A kiadott VM-en nincs rá szükség

```
git clone http://github.com/noxrepo/pox
```

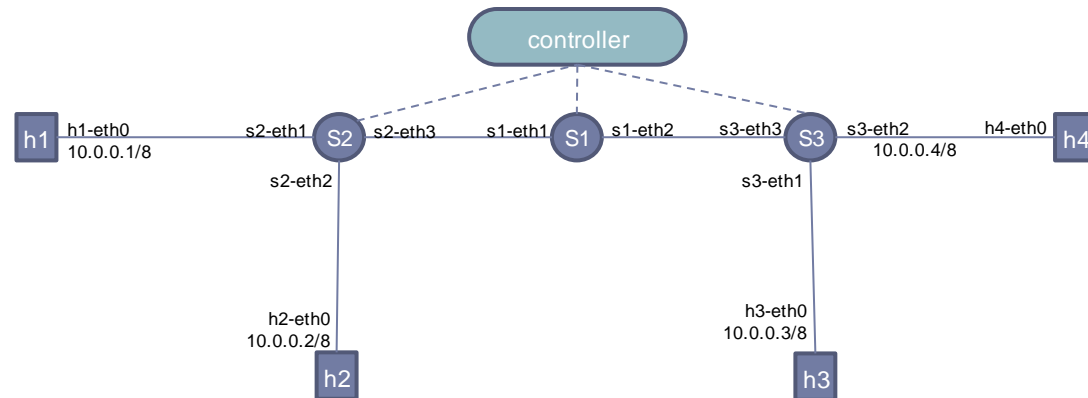
```
cd ~/pox
```

```
git pull
```

```
git checkout eel
```

Egyszerű kontrolleralkalmazás

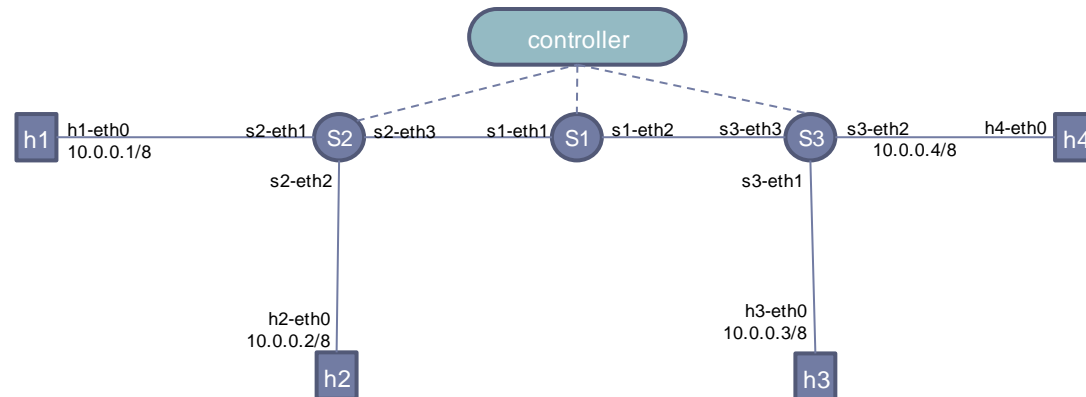
- ▶ `~/pox$./pox.py forwarding.hub`
- ▶ Most sikeres lesz az előző ping parancs, de hol lesz most adatforgalom?
 - ▶ (érdeemes külön ablakokban tcpdumpot futtatni.)
 - ▶ vizsgálandó linkek:
 - ▶ h1-s2, s1-s3, s2-h2
 - ▶ és interfész:
 - ▶ lo



Egyszerű kontrolleralkalmazás



- ▶ `~/pox$./pox.py forwarding.hub`
- ▶ Most sikeres lesz az előző ping parancs, de hol lesz most adatforgalom?
 - ▶ minden linken
 - ▶ hub:
 - ▶ L1-es működés
 - ▶ buta csomagmásolás



Mi történik a kontrollerrel?

- ▶ Vizsgáljuk meg a **lo** forgalmát a kontroller indításakor?
 - ▶ Értelmezzük az üzeneteket!

Mi történik a kontrollerrel?

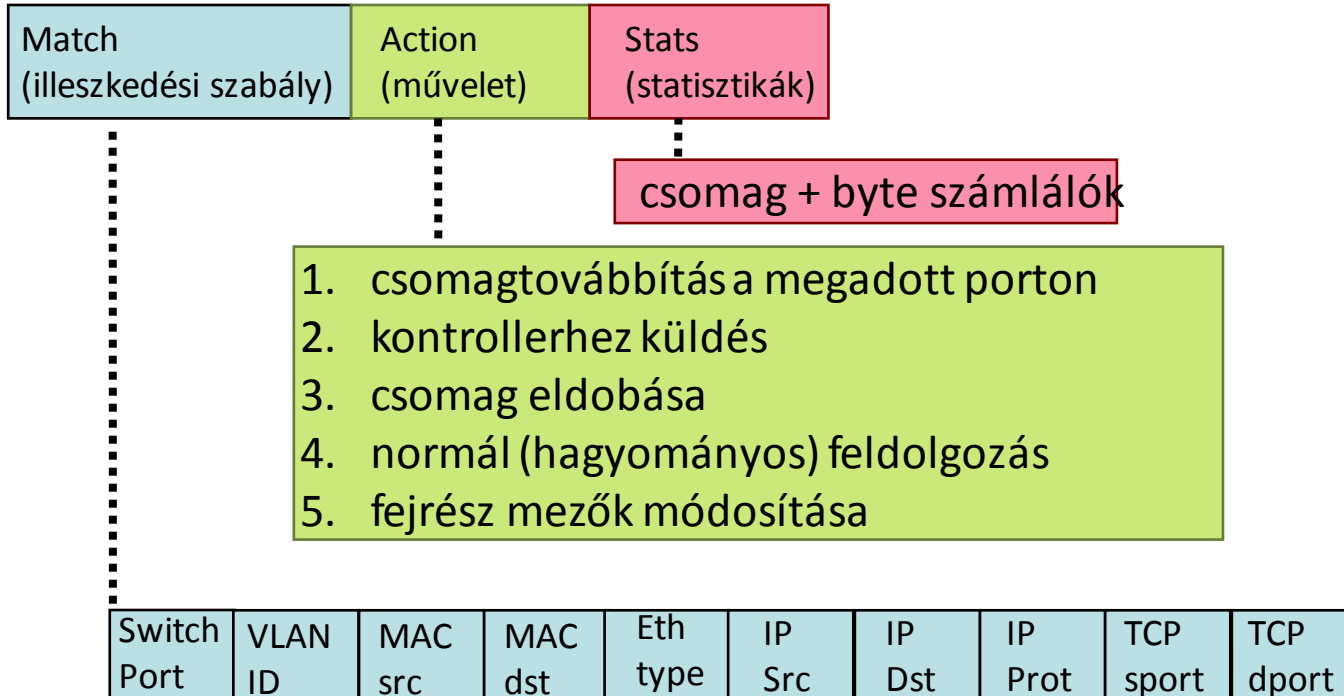


- ▶ Vizsgáljuk meg a **lo** forgalmát a kontroller indításakor?
 - ▶ kapcsolatfelépítés
 - ▶ FlowMod: szabályok installálása a switch-ekbe

Mi történik a kontrollerrel?

- ▶ Hogy nézhetnek ki a folyamatáblák a switch-ekben?
- ▶ Nézzük meg a folyamatáblákat!
 - ▶ `$ sudo ovs-ofctl show s2`
 - ▶ `$ sudo ovs-ofctl dump-flows s2`
 - ▶ `mininet> dpctl dump-flows`
 - ▶ `$ dpctl dump-flows tcp:localhost:6654 (vagy 55, 56)`

Folyam tábla-bejegyzés



+ a nem szükséges mezők maszkolhatók (wildcard)

Egyszerű kontrolleralkalmazás 2.

- ▶ `~/pox$./pox.py log.level --DEBUG forwarding.hub --reactive`
- ▶ Most sikeres is lesz az előző ping parancs, de hogyan alakul most a **kontroll**forgalom?
- ▶ Mi lesz a folyamatáblákban? Miért?
 - ▶ .

Egyszerű kontrolleralkalmazás 2.



- ▶ `~/pox$./pox.py log.level --DEBUG forwarding.hub --reactive`
- ▶ Most sikeres is lesz az előző ping parancs, de hogyan alakul most a **kontrollforgalom**?
- ▶ Mi lesz a folyamatáblákban? Miért?
 - ▶ Semmi, mert a switch-ek minden csomagot felküldenek a kontrollernek, ami nem installál folyamatábla-bejegyzéseket, hanem minden egyes csomagra megmondja, hogy merre kell továbbítania a switch-nek.

Érdekesebb folyamatábla bejegyzések

```
$ ./pox.py log.color log.level --DEBUG forwarding.l2_learning
```

```
h2:~$ nc -l 2222
```

```
h1:~$ date|nc 10.0.0.2 2222
```

```
mininet> dpctl dump-flows
```

Érdekesebb folyamatábla bejegyzések

```
$ ./pox.py log.color log.level --DEBUG forwarding.l2_learning
```

```
h2:~$ nc -l 2222
```

```
h1:~$ date|nc 10.0.0.2 2222
```

Érdekesebb statisztikai mezők

```
cookie=0x0, duration=2.27s, table=0, n_packets=5, n_bytes=367,  
idle_timeout=10, hard_timeout=30, idle_age=2, priority=65535,  
tcp,in_port=1,vlan_tci=0x0000,dl_src=00:00:00:00:00:01,dl_dst=00:00:00:00:00:02,  
nw_src=10.0.0.1,nw_dst=10.0.0.2,nw_tos=0,tp_src=46359,tp_dst=2222  
actions=output:2
```

```
cookie=0x0, duration=2.267s, table=0, n_packets=3, n_bytes=206,  
idle_timeout=10, hard_timeout=30, idle_age=2, priority=65535,  
tcp,in_port=2,vlan_tci=0x0000,dl_src=00:00:00:00:00:02,dl_dst=00:00:00:00:00:01,  
nw_src=10.0.0.2,nw_dst=10.0.0.1,nw_tos=0,tp_src=2222,tp_dst=46359  
actions=output:1
```

Érdekesebb folyamatábla bejegyzések

```
$ ./pox.py log.color log.level --DEBUG forwarding.l2_learning
```

```
h2:~$ nc -l 2222
```

```
h1:~$ date|nc 10.0.0.2 2222
```

Érdekesebb illeszkedési mezők

```
cookie=0x0, duration=2.27s, table=0, n_packets=5, n_bytes=367,  
idle_timeout=10, hard_timeout=30, idle_age=2, priority=65535,  
tcp,in_port=1,vlan_tci=0x0000,dl_src=00:00:00:00:00:01,dl_dst=00:00:00:00:00:02,  
nw_src=10.0.0.1,nw_dst=10.0.0.2,nw_tos=0,tp_src=46359,tp_dst=2222  
actions=output:2
```

```
cookie=0x0, duration=2.267s, table=0, n_packets=3, n_bytes=206,  
idle_timeout=10, hard_timeout=30, idle_age=2, priority=65535,  
tcp,in_port=2,vlan_tci=0x0000,dl_src=00:00:00:00:00:02,dl_dst=00:00:00:00:00:01,  
nw_src=10.0.0.2,nw_dst=10.0.0.1,nw_tos=0,tp_src=2222,tp_dst=46359  
actions=output:1
```


Érdekesebb folyamatábla bejegyzések

```
$ ./pox.py log.color log.level --DEBUG forwarding.l2_learning
```

```
h2:~$ nc -l 2222
```

```
h1:~$ date|nc 10.0.0.2 2222
```

Egyszerű akciólista

```
cookie=0x0, duration=2.27s, table=0, n_packets=5, n_bytes=367,  
idle_timeout=10, hard_timeout=30, idle_age=2, priority=65535,  
tcp,in_port=1,vlan_tci=0x0000,dl_src=00:00:00:00:00:01,dl_dst=00:00:00:00:00:02,  
nw_src=10.0.0.1,nw_dst=10.0.0.2,nw_tos=0,tp_src=46359,tp_dst=2222  
actions=output:2
```

```
cookie=0x0, duration=2.267s, table=0, n_packets=3, n_bytes=206,  
idle_timeout=10, hard_timeout=30, idle_age=2, priority=65535,  
tcp,in_port=2,vlan_tci=0x0000,dl_src=00:00:00:00:00:02,dl_dst=00:00:00:00:00:01,  
nw_src=10.0.0.2,nw_dst=10.0.0.1,nw_tos=0,tp_src=2222,tp_dst=46359  
actions=output:1
```

-
- ▶ `sudo -E mn --mac --topo linear,k=5,n=1 --controller=remote,port=6633 --link=tc,delay=10ms`
 - ▶ `pox.py log.color log.level --DEBUG forwarding.l2_learning`
 - ▶ `mininet> h1 ping h5`
 - ▶ ...

- ▶ `sudo -E mn --mac --topo linear,k=5,n=1 --controller=remote,port=6633 --link=tc,delay=10ms`

- ▶ `pox.py log.color log.level --DEBUG forwarding.l2_learning`

- ▶ `mininet> h1 ping h5`

PING 10.0.0.5 (10.0.0.5) 56(84) bytes of data.

64 bytes from 10.0.0.5: icmp_seq=1 ttl=64 time=**459** ms

64 bytes from 10.0.0.5: icmp_seq=2 ttl=64 time=**167** ms

64 bytes from 10.0.0.5: icmp_seq=3 ttl=64 time=124 ms

64 bytes from 10.0.0.5: icmp_seq=4 ttl=64 time=121 ms

^C

- ▶ Mitől nagyobb az első válaszidő?

- ▶ szokásos tcpdump + wireshark + ... megfigyelések kellene



▶ sudo -E mn --mac --topo linear,k=5,n=1 --controller=remote,port=6633 --link=tc,delay=10ms

▶ pox.py log.color log.level --DEBUG forwarding.l2_learning

▶ mininet> h1 ping h5

PING 10.0.0.5 (10.0.0.5) 56(84) bytes of data.

64 bytes from 10.0.0.5: icmp_seq=1 ttl=64 time=459 ms

64 bytes from 10.0.0.5: icmp_seq=2 ttl=64 time=167 ms

64 bytes from 10.0.0.5: icmp_seq=3 ttl=64 time=124 ms

64 bytes from 10.0.0.5: icmp_seq=4 ttl=64 time=121 ms

^C

▶ Mitől nagyobb az első válaszüzenet?

▶ ARP + ping + kontrollerkommunikáció

```
pox.py log.color log.level --DEBUG forwarding.l2_learning proto.arp_responder --10.0.0.5=00:00:00:00:00:05 --  
10.0.0.1=00:00:00:00:00:01 py
```

▶ mininet> h1 ping h5

PING 10.0.0.5 (10.0.0.5) 56(84) bytes of data.

64 bytes from 10.0.0.5: icmp_seq=1 ttl=64 time=232 ms

64 bytes from 10.0.0.5: icmp_seq=2 ttl=64 time=186 ms

64 bytes from 10.0.0.5: icmp_seq=3 ttl=64 time=121 ms

^C

▶ POX> arp

▶ ...



```
pox.py log.color log.level --DEBUG forwarding.l2_learning proto.arp_responder --10.0.0.5=00:00:00:00:00:05 --  
10.0.0.1=00:00:00:00:00:01 py
```

▶ mininet> h1 ping h5

PING 10.0.0.5 (10.0.0.5) 56(84) bytes of data.

64 bytes from 10.0.0.5: icmp_seq=1 ttl=64 time=**232** ms

▶ gyorsabb az első PING, mert az első switch felküldi az ARP requestet a kontrollernek, ami rögtön megválaszolja; nem kell a csomagot 5 hopon keresztül küldeni

▶ **POX> arp**

▶ POX CLI, lekérdezi az arp modul egyik változóját: az ARP táblát.

Szorgalmi (*i*MSc) feladat: POX módosítása

- ▶ Soronként megadni az ARP táblát macerás.
Egyszerűbb is lehet az üzemeltetés, ha ismerjük a topológiát vagy algoritmikusan kikövetkeztethető a tábla.
- ▶ Jelenleg: 10.0.0.X → 00:00:00:00:00:X
- ▶ Írjuk át az arp_responder modult, hogy automatikusan válaszoljon a 10.0.0.0/24-es kérésekre!

POX, ethernet címek

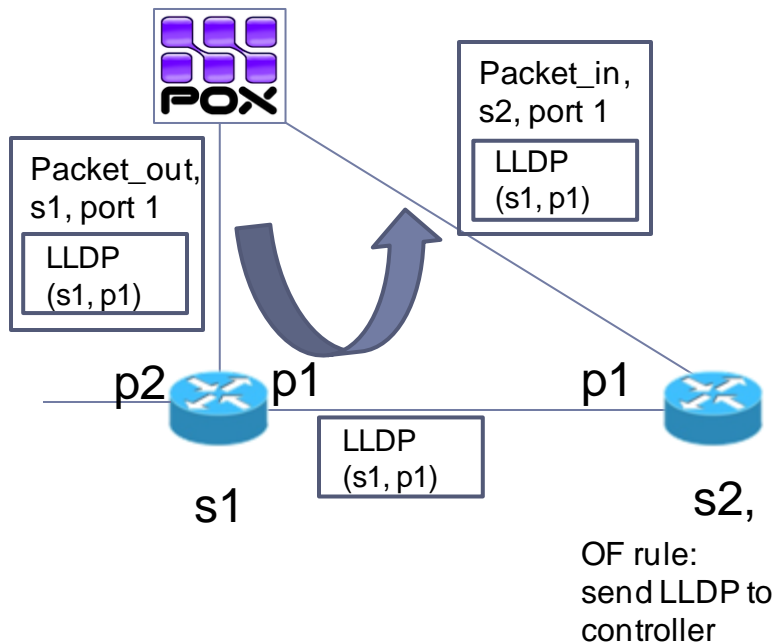
- ▶ Írjuk át az `arp_responder` modult, hogy automatikusan válaszoljon a `10.0.0.0/24`-es kérésekre!
- ▶ `from pox.lib.addresses import EthAddr`
- ▶ **String** → **EthAddr**:
`mac = EthAddr("aa:cc:dd:cc:AC:DC")`
- ▶ **EthAddr** → **string**:
`s = str(mac)`

forwarding.topo_proactive

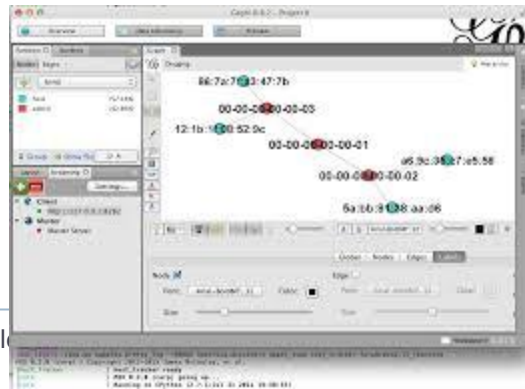
- ▶ A debuggolást megkönnyíti a mininet --mac argumentuma, de a valóságban az IP-mac cím hozzárendelés előre nem ismert.
- ▶ De ha az IP címeket a DHCP szerver szisztematikusan osztja ki, akkor azt figyelembe lehet venni a routingnál.
- ▶ címkiosztási séma: **10.switchID.portNumber.x**
- ▶ Szorgalmi (IMSC) feladat: az implementáció megértése és elmagyarázása

openflow.discovery

LLDP: Link Layer Discovery Protocol (EtherType == 0x88cc)



- ▶ A packet_in vétele után
 - ▶ a kontroller megtanulja, hogy van egy **s1.p1-s2.p1** link
 - ▶ Az openflow.discovery küld egy **LinkEvent** üzenetet.
- ▶ LinkEventet az kapja meg, aki feliratkozik rá, pl:
 - ▶ `./pox.py openflow.discovery misc.gephi_topo \`
`host_tracker forwarding.l2_learning`



forwarding.topo_proactive

- ▶ Kis segítség...
- ▶ POX indítása: kell a discovery modul is (ld. előadás)
 - ▶ `pox.py log.color log.level --DEBUG openflow.discovery forwarding.topo_proactive`
- ▶ Mininetben
 - ▶ IP címeket törölni kell a hosztokon, majd dhcp-vel kérni
 - ▶ amit a POX-on futó dhcp szerver oszt ki
 - ▶ `ip addr del 10.0.0.1/8 dev h1-eth0; dhclient -v h1-eth0`

~~▶ bug a POX használt verziójában~~

- ▶ `~/pox/pox/proto/arp_helper.py`
- ▶ egy változó nincs inicializálva
- ▶ gyors fix (ld. git diff)

```
vagrant@vagrant:~/pox/pox/proto$ git diff
diff --git a/pox/proto/arp_helper.py b/pox/proto/arp_helper.py
index 983dc64..831cf53 100644
--- a/pox/proto/arp_helper.py
+++ b/pox/proto/arp_helper.py
@@ -180,6 +180,7 @@ class ARPHelper (EventMixin):
     self.eat_packets = eat_packets
     self.default_request_src_mac = default_request_src_mac
     self.default_reply_src_mac = default_reply_src_mac
+    self.use_port_mac = False

     def send_arp_request (self, connection, ip, port = of.OFPP_FLOOD,
                           src_mac = _default_mac, src_ip = None):
vagrant@vagrant:~/pox/pox/proto$ █
```