



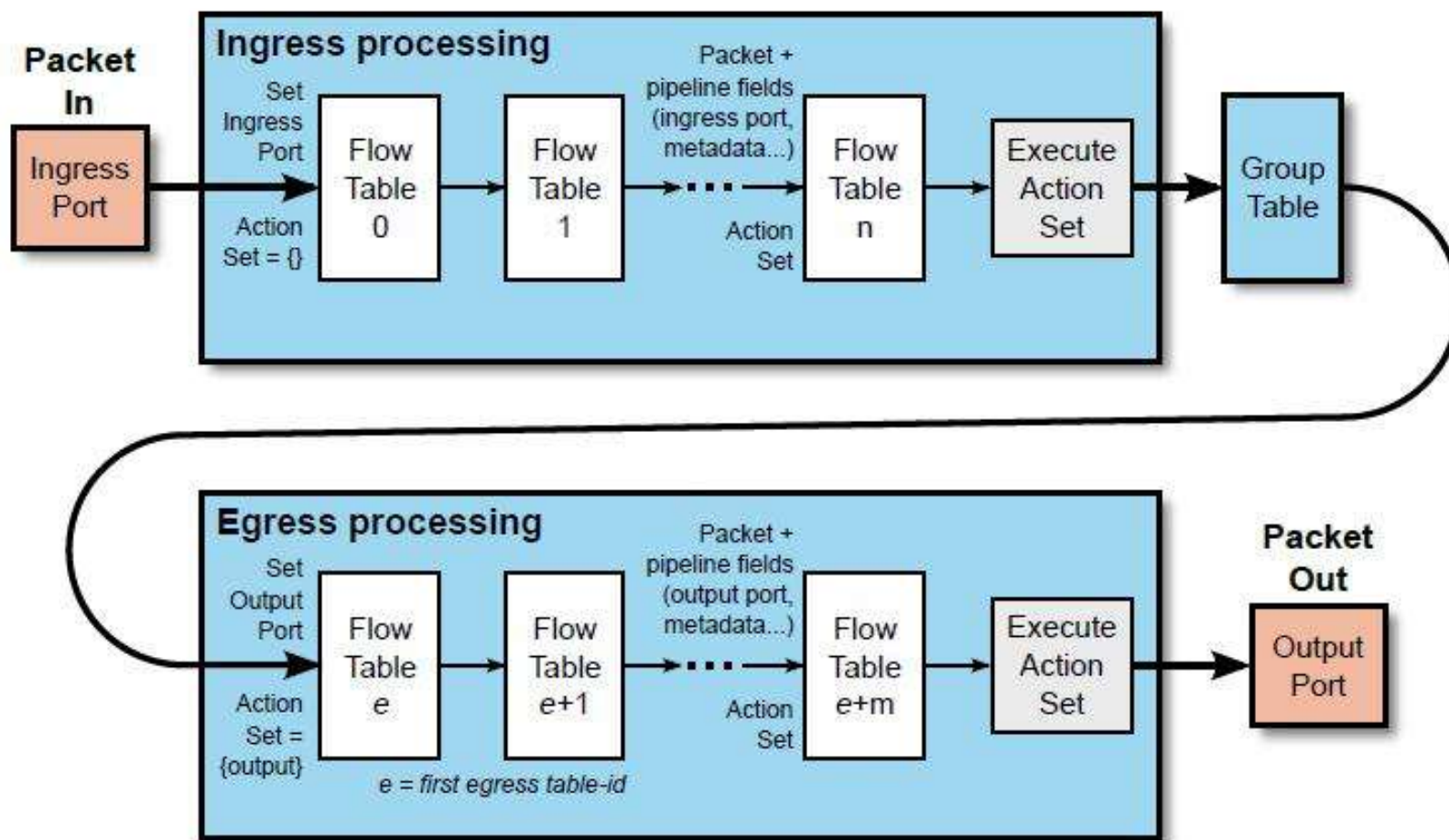
Softvérovo definované siete (*OpenFlow prepínač*)

Martin Medvecký

martin.medvecky@adlerka.sk



Prechod paketu OpenFlow prepínačom



- OpenFlow prepínač musí mať min. jednu ingress flow table



Flow Table

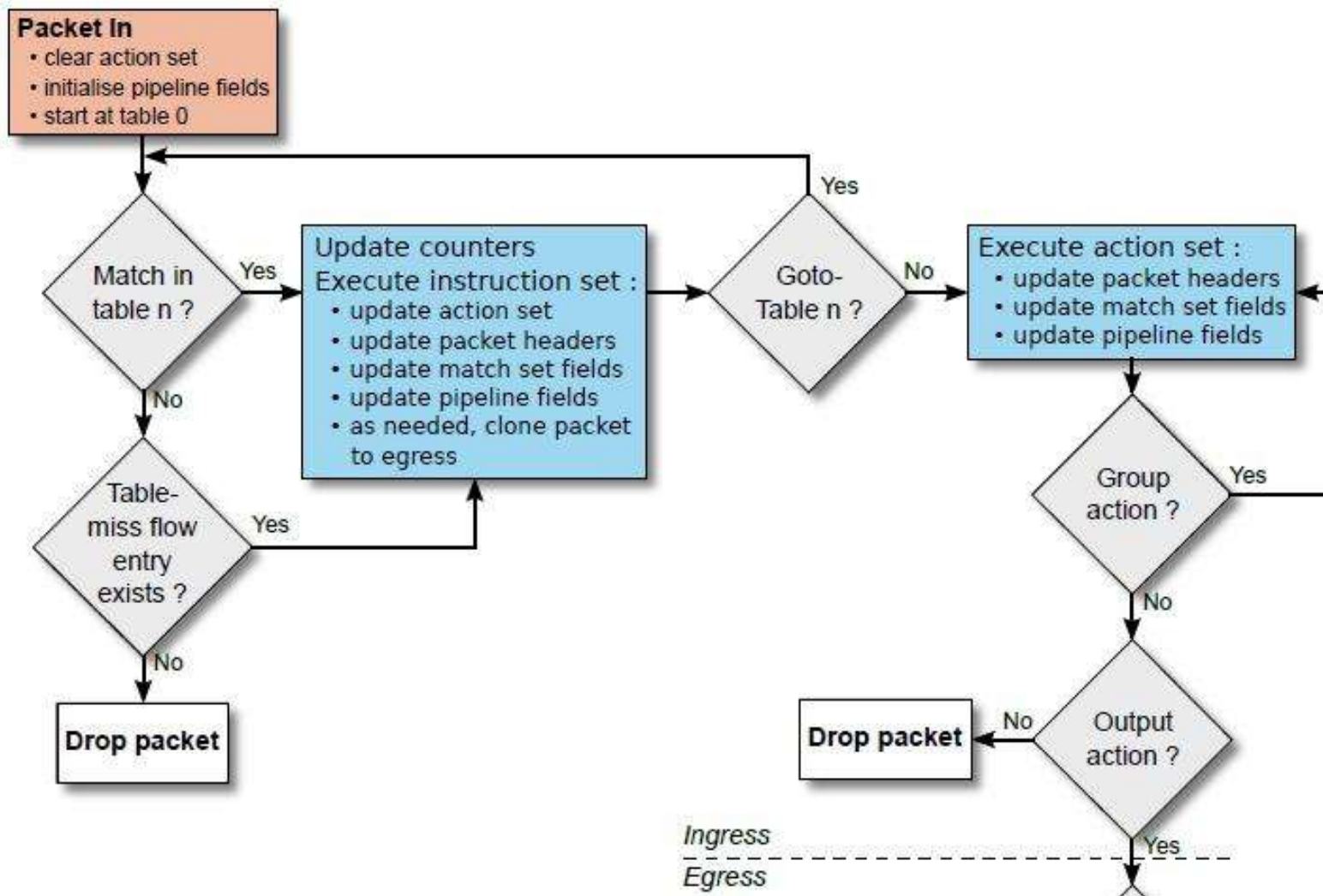
Tabuľka tokov obsahuje nasledovné záznamy

Match Fields	Priority	Counters	Instructions	Timeouts	Cookie	Flags
--------------	----------	----------	--------------	----------	--------	-------

- **Match fields** - polia porovnávané na zhodu (vstupný port, hlavičky paketu)
- **Priority** - priorita záznamu *flow entry*.
- **Counters** - počítadlá aktualizované pri nájdení zhody
- **Instructions** - definuje operácie, ktoré sa majú vykonať
- **Timeouts** - doba expirácie záznamu pre tok na prepínači
- **Cookie** - údaje pre kontrolér (*sú využívané kontrolérom, nepoužívajú sa pri spracovaní paketu prepínačom*)
- **Flags** - flagy ovplyvňujúce spracovanie záznamu o toku.

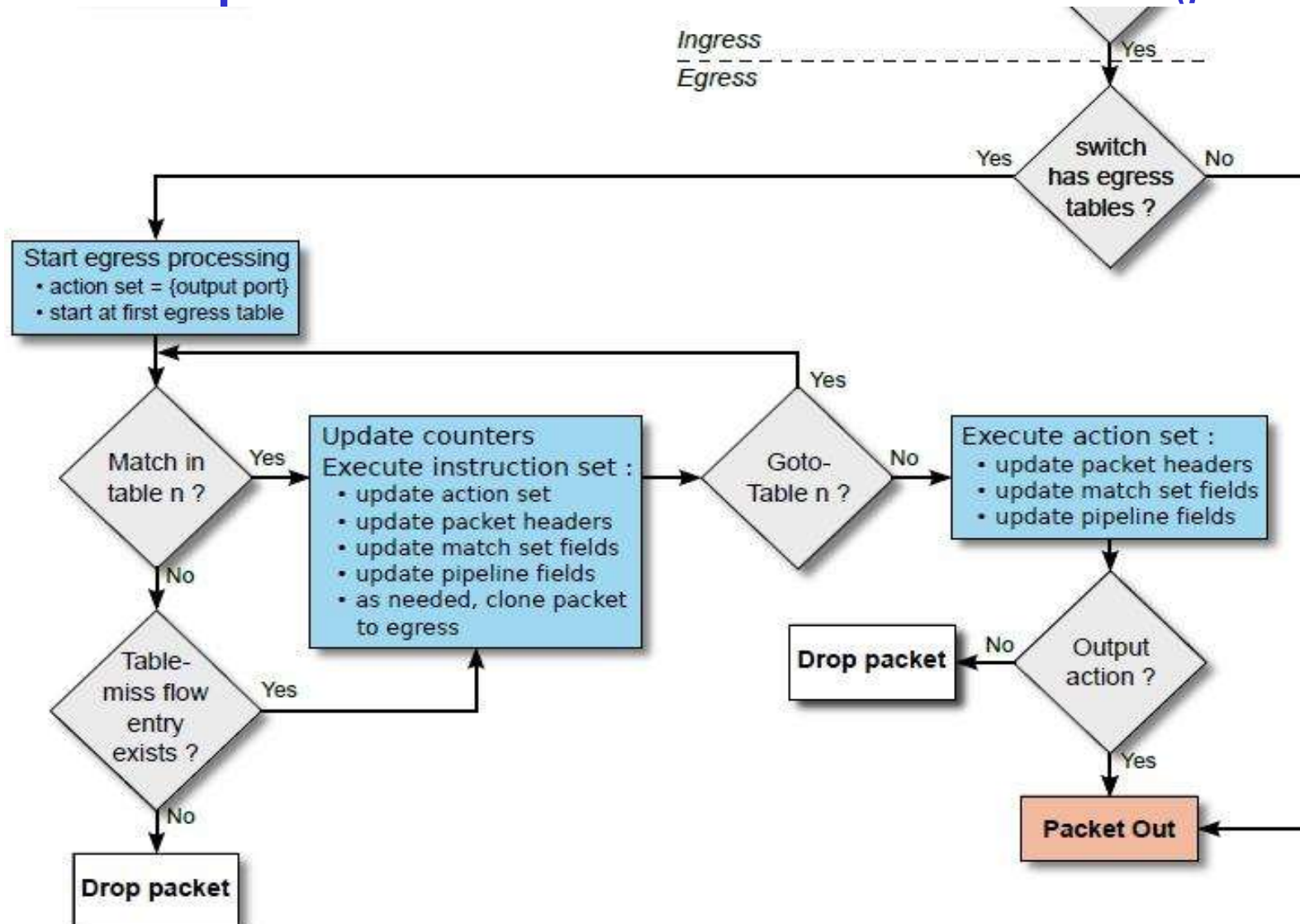


Postup hľadania záznamu o toku





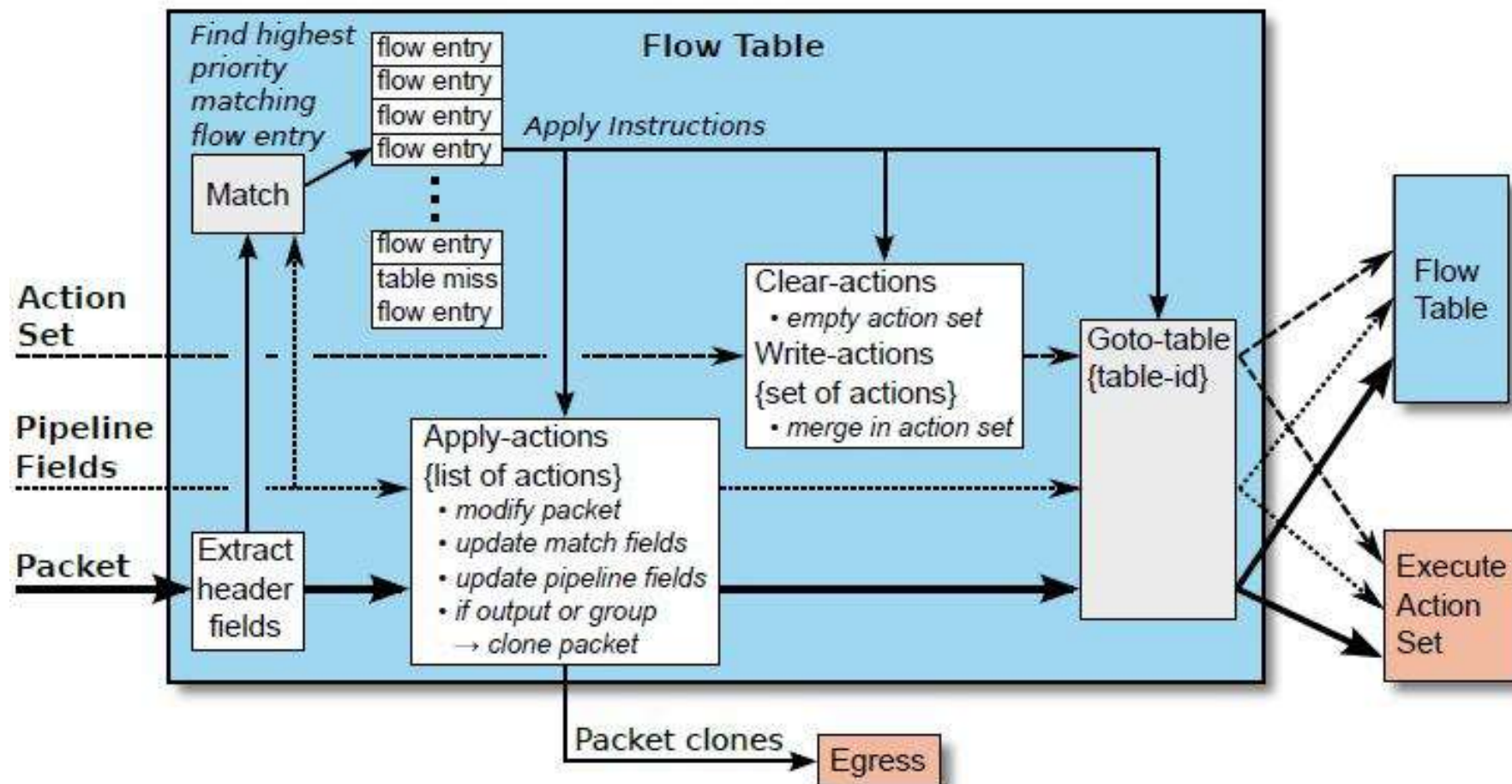
Postup hľadania záznamu o toku (pokr.)





Flow Table - Inštrukcie

- Postup hľadania záznamu a vykonania zadefinovaného príkazu





Flow Table – Action Set

- Súbor akcií (*Action Set*) je asociovaný s každým paketom.
- Predvolene je prázdny
- Pri zhode (*match*) sa modifikuje inštrukciami *Write-Action* alebo *Clear-Action* podľa záznamu pre daný tok (*flow entry*)
- Súbor akcií sa prenáša do ďalšej tabuľky.
- Ak záznam pre daný tok neobsahuje inštrukciu *Goto-Table*, pipeline procesing sa zastaví a vykonajú sa všetky operácie zapísané v súbore akcií
- Súbor akcií môže obsahovať určitú akciu maximálne 1x.



Flow Table – Action Set

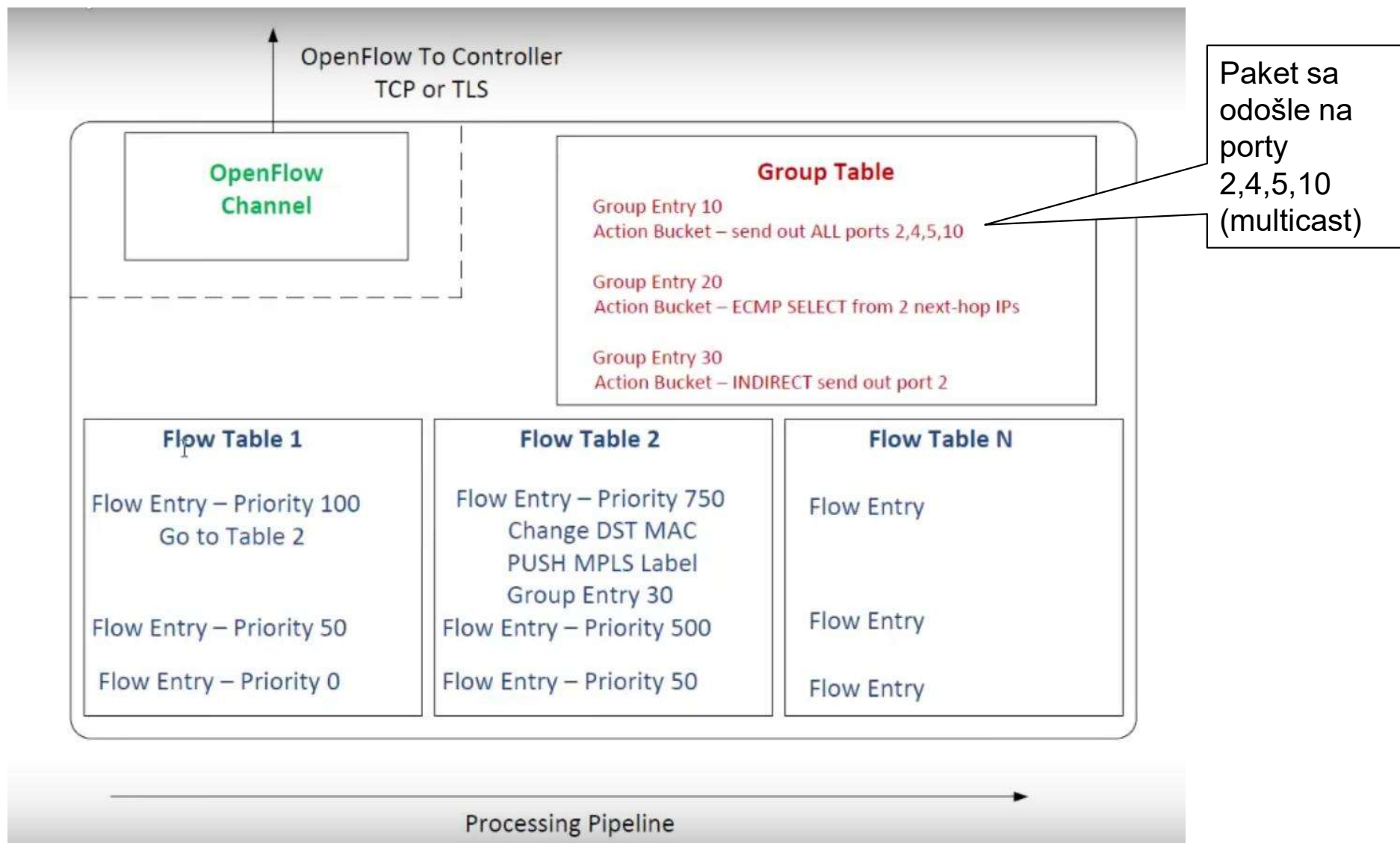
■ Poradie aplikovania akcií

1. copy TTL inwards
2. Pop
3. push-MPLS
4. push-PBB
5. push-VLAN
6. copy TTL outwards
7. decrement TTL
8. set - aplikujú sa všetky „set-field“ operácie
9. qos – aplikujú sa všetky QoS operácie
10. group – ak je špecifikované, aplikujú sa všetky operácie špecifikované v skupinovom zozname (group bucket) podľa tu uvedenej priority a operácia output sa nevykoná
11. output - ak nie sú definované operácie v skupine group

(Paket, ktorý nemá definované žiadne operácie sa zahodí)



Príklad





OpenFlow správy

- Sú definované tri typy správ:
 - z kontroléra na prepínač - posiela kontrolér
 - asynchrónne - posiela prepínač
 - synchrónne - posiela prepínač alebo kontrolér



OpenFlow správy

Správy posielané z kontroléra na prepínač (1):

- **Features** – požiadavka na zaslanie funkcií podporovaných prepínačom
- **Configuration** - kontrolér môže nastavovať konfiguračné parametre v prepínači a žiadať o ne. (*Prepínač môže iba odpovedať na žiadosti o konfiguráciu prijaté od kontroléra.*)
- **Modify-State** – modifikovanie stavu, (*primárne slúži na pridanie, odstránenie alebo modifikovanie záznamov vo flow/group tabuľkách a pridanie/odstránenie súboru operácií /action bucket/ v skupinovej tabuľke*)
- **Read-State** – umožňuje získanie rôznych informácií z prepínača (*aktuálnu konfiguráciu, štatistiky a pod*).



OpenFlow správy

Správy posielané z kontroléra na prepínač (1):

- **Features** – požiadavka na zaslanie funkcií podporovaných prepínačom
- **Configuration** - kontrolér môže nastavovať konfiguračné parametre v prepínači a žiadať o ne. (*Prepínač môže iba odpovedať na žiadosti o konfiguráciu prijaté od kontroléra.*)
- **Modify-State** – modifikovanie stavu, (*primárne slúži na pridanie, odstránenie alebo modifikovanie záznamov vo flow/group tabuľkách a pridanie/odstránenie súboru operácií /action bucket/ v skupinovej tabuľke*)
- **Read-State** – umožňuje získanie rôznych informácií z prepínača (*aktuálnu konfiguráciu, štatistiky a pod*).



OpenFlow správy

Asynchrónne správy (1):

- **Packet-in** – slúži na poslanie paketu z prepínača do kontroléra. Prepínač si môže uchovávať pakety, v takom prípade sa do kontroléra posielajú iba hlavička paketu a ID bufera, kde je paket uložený. Ak si prepínač pakety neuchováva, alebo sa pamäť určená na ukladanie paketov zaplní, posielajú kontroléru celý paket.
- **Flow-Removed** – slúži na informovanie kontroléra, že zápis o toku bol z tabuľky tokov vymazaný (*napr. na základe príkazu z kontroléra alebo po vypršaní času stanoveného pre záznam*).
- **Port-status** – informuje kontrolér o zmene konfigurácie alebo stavu portu (*napr. po deaktivácii portu*)



OpenFlow správy

Asynchrónne správy (2):

- **Role-status** – informuje kontrolér o zmene jeho role (*napr. z master na slave*)
- **Controller-Status** - informuje kontrolér o zmene stavu OpenFlow kanála. Posiela sa všetkým kontrolérom (*uľahčuje riešenie problému pri strate možnosti vzájomnej komunikácie.*)
- **Flow-monitor** – informuje kontrolér o zmene v tabuľke tokov. Kontrolér môže definovať súbor ukazovateľov na sledovanie zmien v tabuľkách tokov.



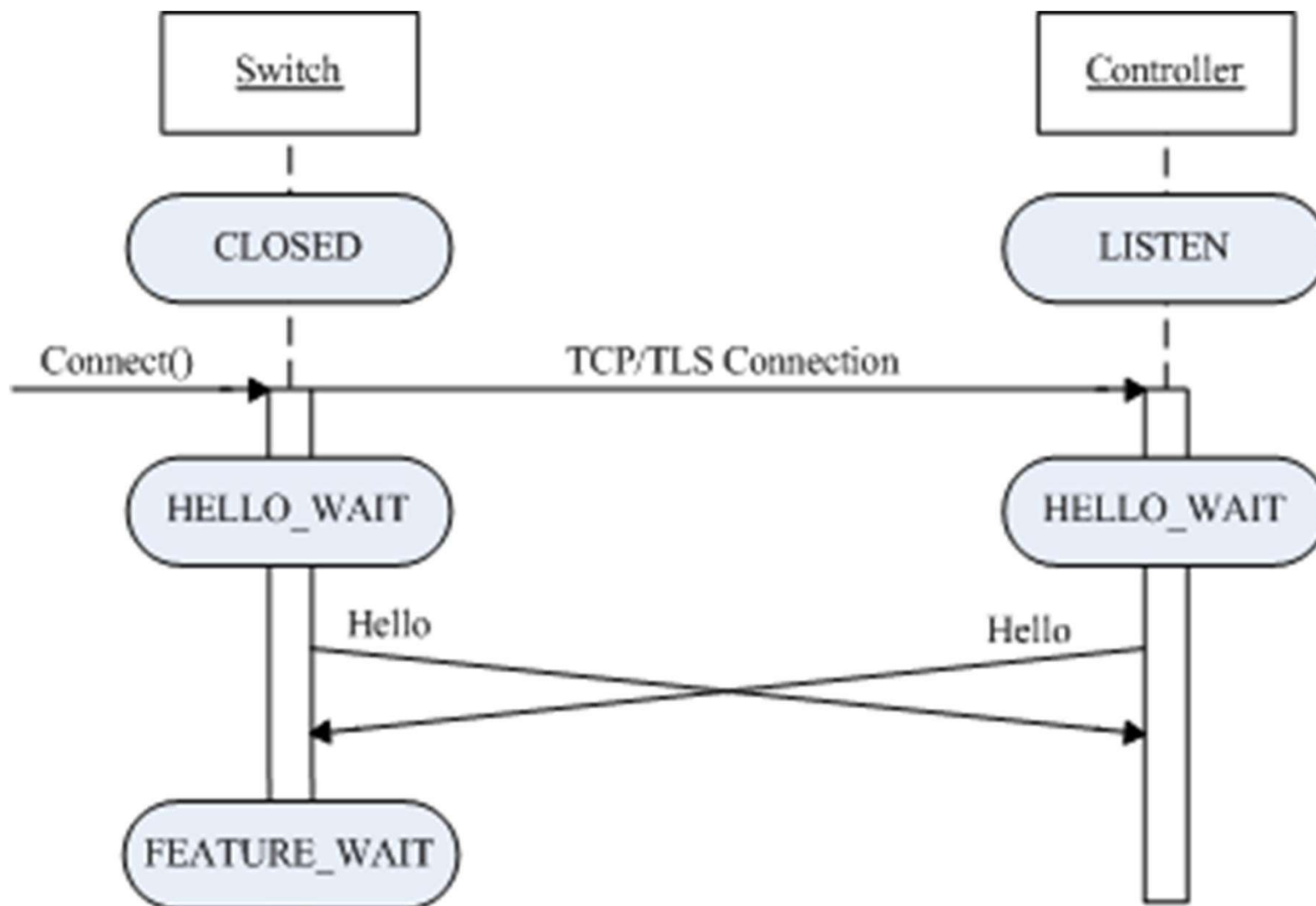
OpenFlow správy

Symetrické správy:

- **Hello** - Hello správy vymieňané medzi prepínačom a kontrolérom.
- **Echo** – správy medzi prepínačom a kontrolérom používané na overenie funkčnosti spojenia, prípadne na meranie oneskorenia a prenosového pásma (*prijímacia strana musí vždy poslať potvrdenie*)
- **Error** – informujú o probléme na strane odosielateľa správy. Zvyčajne ju posiela prepínač, ak nemohol vykonať príkaz zaslaný kontrolérom.
- **Experimenter** - určené na experimentálne účely, resp. implementovanie nových funkcionalít.



Úspešné nadviazanie spojenia





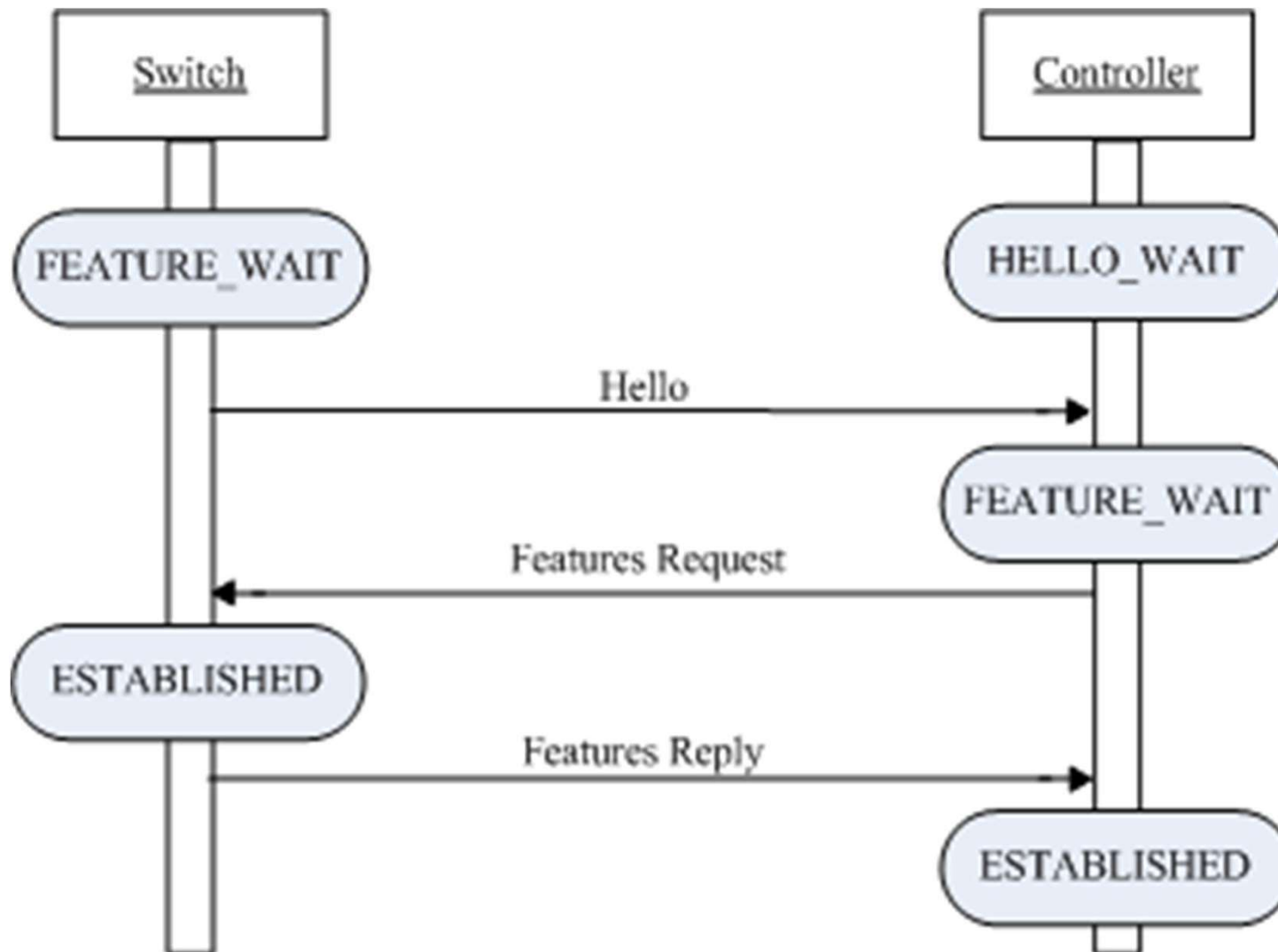
Úspešné nadviazanie spojenia

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
21677	5.815636394	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFlow	76	Type: OFPT_HELLO
21730	5.834322093	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFlow	76	Type: OFPT_FEATURES_REQUEST
21732	5.834831086	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFlow	340	Type: OFPT_FEATURES_REPLY
21828	5.883288477	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFlow	76	Type: OFPT_HELLO
21862	5.900512444	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFlow	76	Type: OFPT_FEATURES_REQUEST
21871	5.904534424	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFlow	292	Type: OFPT_FEATURES_REPLY
21965	5.945596311	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFlow	96	Type: OFPT_GET_CONFIG_REQUEST
21966	5.945706101	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFlow	96	Type: OFPT_GET_CONFIG_REQUEST
21967	5.945761300	127.0.0.1	127.0.0.1	OpenFlow	76	Type: OFPT_BARRIER_REPLY

- ▶ Frame 21677: 76 bytes on wire (608 bits), 76 bytes captured (608 bits) on interface 0
- ▶ Linux cooked capture
- ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 127.0.0.1, Dst: 127.0.0.1
- ▶ Transmission Control Protocol, Src Port: 33432, Dst Port: 6653, Seq: 1, Ack: 1, Len: 8
- ▼ OpenFlow 1.0
 - .000 0001 = Version: 1.0 (0x01)
 - Type: OFPT_HELLO (0)
 - Length: 8
 - Transaction ID: 9



Zisťovanie podporovaných funkcií





Zisťovanie podporovaných funkcií OpenFlow 1.0

22...	5.8181291...	127.0.0.1	127.0.0.1	Type: OFPT_HELLO
22...	5.8211955...	127.0.0.1	127.0.0.1	Type: OFPT_FEATURES_REQUEST
22...	5.8330429...	127.0.0.1	127.0.0.1	Type: OFPT_FEATURES_REPLY
22...	5.8343256...	127.0.0.1	127.0.0.1	Type: OFPT_GET_CONFIG_REQUEST
22...	5.8349007...	127.0.0.1	127.0.0.1	Type: OFPT_BARRIER_REPLY
22...	5.8349341...	127.0.0.1	127.0.0.1	Type: OFPT_GET_CONFIG_REPLY

- Frame 22065: 244 bytes on wire (1952 bits), 244 bytes captured (1952 bits) on interface 0
- Linux cooked capture
- Internet Protocol Version 4, Src: 127.0.0.1, Dst: 127.0.0.1
- Transmission Control Protocol, Src Port: 36744, Dst Port: 6653, Seq: 9, Ack: 25, Len: 176
- **OpenFlow 1.0**
 - .000 0001 = Version: 1.0 (0x01)
 - Type: OFPT_FEATURES_REPLY (6)
 - Length: 176
 - Transaction ID: 4294967294
 - Datapath unique ID: 0x0000000000000002
 - n_buffers: 0
 - n_tables: 254
 - Pad: 000000
 - capabilities: 0x000000c7
 - actions: 0x00000fff
 - Port data 1
 - Port number: 65534
 - HW Address: 12:4b:16:43:be:4d (12:4b:16:43:be:4d)
 - Port Name: Switch2
 - 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



Zisťovanie podporovaných funkcií OpenFlow 1.3

20...	5.5932396...	127.0.0.1	127.0.0.1	Type: OFPT_HELLO
20...	5.5938218...	127.0.0.1	127.0.0.1	Type: OFPT_FEATURES_REQUEST
20...	5.5983279...	127.0.0.1	127.0.0.1	Type: OFPT_FEATURES_REPLY
20...	5.5996842...	127.0.0.1	127.0.0.1	Type: OFPT_MULTIPART_REQUEST, OFPMP_PORT_DESC
20...	5.6046657...	127.0.0.1	127.0.0.1	Type: OFPT_MULTIPART_REPLY, OFPMP_PORT_DESC
20...	5.6049107...	127.0.0.1	127.0.0.1	Type: OFPT_GET_CONFIG_REQUEST

▶	Frame 20849: 100 bytes on wire (800 bits), 100 bytes captured (800 bits) on interface 0
▶	Linux cooked capture
▶	Internet Protocol Version 4, Src: 127.0.0.1, Dst: 127.0.0.1
▶	Transmission Control Protocol, Src Port: 55278, Dst Port: 6653, Seq: 17, Ack: 25, Len: 32
▼	OpenFlow 1.3
	Version: 1.3 (0x04)
	Type: OFPT_FEATURES_REPLY (6)
	Length: 32
	Transaction ID: 4294967294
	datapath_id: 0x0000000000000002
	n_buffers: 0
	n_tables: 254
	auxiliary_id: 0
	Pad: 0
▼	capabilities: 0x0000004f
1 = OFPC_FLOW_STATS: True
1. = OFPC_TABLE_STATS: True
	...1.. = OFPC_PORT_STATS: True
1... = OFPC_GROUP_STATS: True
0. = OFPC_IP_REASM: False
1... = OFPC_QUEUE_STATS: True
0 = OFPC_PORT_BLOCKED: False
	Reserved: 0x00000000



Zisťovanie podporovaných funkcií OpenFlow 1.3

20...	5.5932396...	127.0.0.1	127.0.0.1	Type: OFPT_HELLO
20...	5.5938218...	127.0.0.1	127.0.0.1	Type: OFPT_FEATURES_REQUEST
20...	5.5983279...	127.0.0.1	127.0.0.1	Type: OFPT_FEATURES_REPLY
✓ 20...	5.5996842...	127.0.0.1	127.0.0.1	Type: OFPT_MULTIPART_REQUEST, OFPMP_PORT_DESC
20...	5.6046657...	127.0.0.1	127.0.0.1	Type: OFPT_MULTIPART_REPLY, OFPMP_PORT_DESC
20...	5.6049107...	127.0.0.1	127.0.0.1	Type: OFPT_GET_CONFIG_REQUEST

▶ Frame 20869: 276 bytes on wire (2208 bits), 276 bytes captured (2208 bits) on interface 0
▶ Linux cooked capture
▶ Internet Protocol Version 4, Src: 127.0.0.1, Dst: 127.0.0.1
▶ Transmission Control Protocol, Src Port: 55278, Dst Port: 6653, Seq: 49, Ack: 41, Len: 208
▼ OpenFlow 1.3
Version: 1.3 (0x04)
Type: OFPT_MULTIPART_REPLY (19)
Length: 208
Transaction ID: 90873
Type: OFPMP_PORT_DESC (13)
▶ Flags: 0x0000
Pad: 00000000
▶ Port
▶ Port
▶ Port

▼ Port

Port no: OFPP_LOCAL (4294967294)
Pad: 00000000
Hw addr: 86:cd:1a:ea:86:4d (86:cd:1a:ea:86:4d)
Pad: 0000
Name: Switch2
▶ Config: 0x00000001
▶ State: 0x00000001
▶ Current: 0x00000000
▶ Advertised: 0x00000000
▶ Supported: 0x00000000
▶ Peer: 0x00000000
Curr speed: 0
Max speed: 0



Zisťovanie podporovaných funkcií OpenFlow 1.3

```
▼ Port
  Port no: 1
  Pad: 00000000
  Hw addr: 4a:c3:0b:04:ae:b4 (4a:c3:0b:04:ae:b4)
  Pad: 0000
  Name: Switch2-eth1
  ▶ Config: 0x00000000
  ▼ State: 0x00000004
    ....0 = OFPPS_LINK_DOWN: False
    ...0. = OFPPS_BLOCKED: False
    ....1.. = OFPPS_LIVE: True
  ▼ Current: 0x00000840
    ....0 = OFPPF_10MB_HD: False
    ...0. = OFPPF_10MB_FD: False
    ...0.. = OFPPF_100MB_HD: False
    ...0... = OFPPF_100MB_FD: False
    ...0.... = OFPPF_1GB_HD: False
    ...0..... = OFPPF_1GB_FD: False
    ...1..... = OFPPF_10_GB_FD: True
    ...0..... = OFPPF_40GB_FD: False
    ...0..... = OFPPF_100_GB_FD: False
    ...0..... = OFPPF_1TB_FD: False
    ...0..... = OFPPF_OTHER: False
    ...1..... = OFPPF_COPPER: True
    ...0..... = OFPPF_FIBER: False
    ...0..... = OFPPF_AUTONEG: False
    ...0..... = OFPPF_PAUSE: False
    ...0..... = OFPPF_PAUSE_ASYM: False
  ▶ Advertised: 0x00000000
  ▶ Supported: 0x00000000
  ▶ Peer: 0x00000000
  Curr speed: 10000000
  Max speed: 0
```