Gestión de dispositivos IoT con acceso a la red mediante 802.11ax y SDN en el edge para orquestar los flujos de datos

Sergio Baza Alonso
UOC
Curso 2020/2021

Índice

1 INTRODUCCIÓN

1. Introducción

REDES DEFINIDAS POR SOFTWARE (SDN)

- Cambio de paradigma en el entorno de redes de comunicaciones.
- Red controlada por aplicaciones/programación (software).
- Beneficios a nivel de negocio, de operación y tecnológico.

ACCESO DE RED INALÁMBRICO (WiFi)

- Proporciona comodidad en el acceso a la red.
- Evolución del estándar hasta proporcionar rendimiento similar al del cableado tradicional.
- Reducción de costes en la capa de acceso a la red.

VIRTUALIZACIÓN DE FUNCIONES DE RED (NFV)

- Cambio de equipos físicos por equipos virtuales con la misma función.
- Incremento agilidad/flexibilidad en la red.
- Reducción de complicidad al implementar nuevos servicios.

DISPOSITIVOS IoT

- Cada vez mayor número de dispositivos necesitan conexión a internet.
- Gran variedad de entornos en los que encontrar estos dispositivos.
- Se busca la comunicación M2M.

2 OBJETIVOS

2. Objetivos

1. Aplicación de SDN en un entorno empresarial de carácter industrial con un gran número de dispositivos IoT conectados a la red.

    a. Realización de un estudio de la situación tecnológica de la aplicación de SDN sobre una infraestructura de red inalámbrica (SD-WLAN).

    b. Aplicación de NFV para sustituir los servicios que oferta una red inalámbrica tradicional por funciones de red virtualizadas.

2. Realización de un estudio del nuevo estándar inalámbrico IEEE 802.11ax

    a. Comprobación de las ventajas que proporciona a dispositivos IoT.

    b. Integrar el acceso mediante WiFi en una red SDN de la manera más adecuada.

2. Objetivos

3. Diseño de una arquitectura de red que permite orquestar los flujos de datos provenientes de una red de acceso inalámbrica.

4. Evaluación de la solución propuesta mediante una maqueta de red.

3 DESARROLLO DEL PROYECTO

3. Desarrollo del proyecto

Arquitectura de red WiFi empresarial tradicional

En una red WiFi tradicional existen los siguientes elementos de red:

- Equipo controlador WiFi (WLC)
    - Aprovisiona puntos de acceso con configuración
    - Autentica usuarios para permitir el acceso a la red
    - Gestiona las comunicaciones entre los clientes conectados a la red WiFi
    - Gestiona la movilidad de los clientes de un AP a otro

- Puntos de acceso (APs)
    - Se conectan con la controladora WiFi
    - Reenvían el tráfico de los clientes a la controladora para su gestión

3. Desarrollo del proyecto

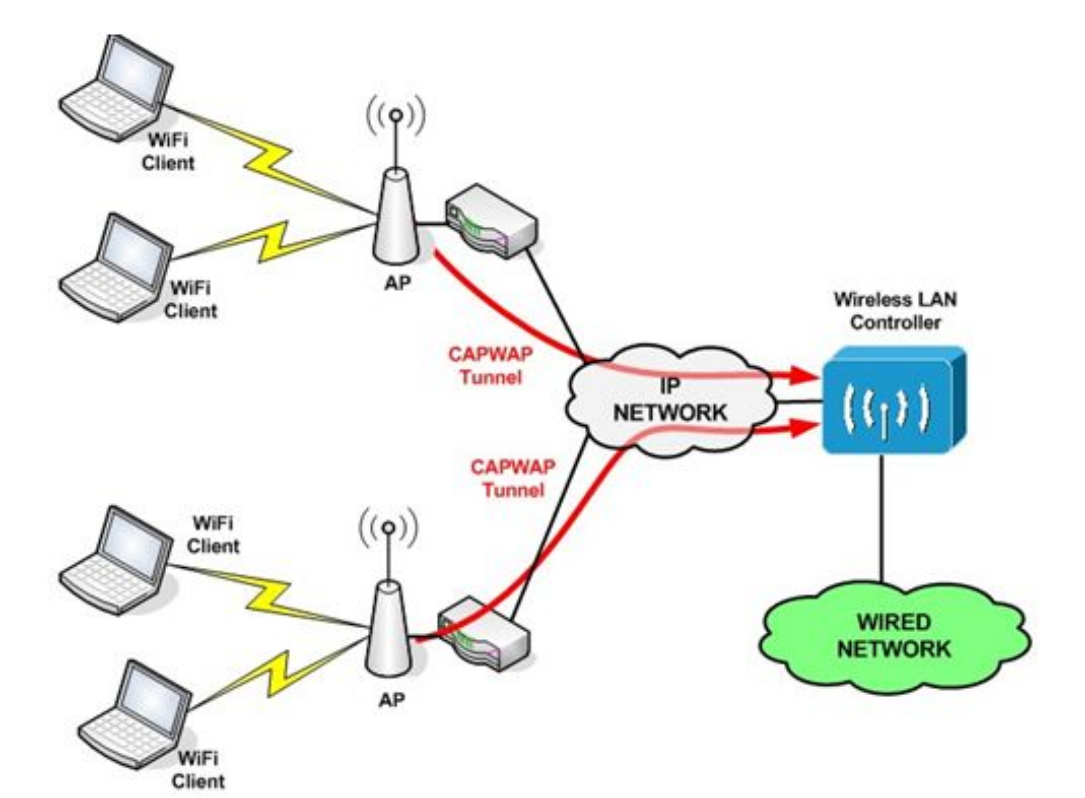
Arquitectura de red WiFi empresarial tradicional

En una red WiFi tradicional existen los siguientes elementos de red:

- Switches
    - Interconectan a nivel de red los APs con la WLC
- Clientes
    - Equipos que se conectan a la red a través de los APs

3. Desarrollo del proyecto

Arquitectura de red WiFi empresarial tradicional



3. Desarrollo del proyecto

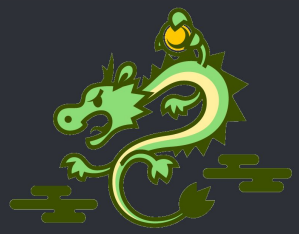
Arquitectura de red WiFi empresarial tradicional → Arquitectura de red (SDN + NFV + WiFi)

1. Red IP tradicional → Red SDN
    - Instalación de un equipo controlador SDN.
2. Despliegue de VNFs
    - Equipo controlador WiFi
    - Servidor Radius
3. Instalación de infraestructura de virtualización donde desplegar las VNFs
4. Switches tradicionales → Switches integrables en red SDN
    - Comunicación con el controlador a través de Openflow
5. APs tradicionales → APs compatibles con Openflow
6. Aplicaciones para gestionar la red SDN

3. Desarrollo del proyecto

Arquitectura de red (SDN + NFV + WiFi)

- Red IP tradicional → Red SDN
  - Instalación de un controlador SDN (Ryu)
  - Se ejecuta como una aplicación de Python
  - Soporte de múltiples protocolos en sus interfaces:
    - Norte: REST
    - Sur: Openflow, Netconf, Netflow
  - Desarrollo de aplicaciones en Python
    - API bien definida



3. Desarrollo del proyecto

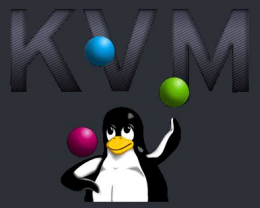
Arquitectura de red (SDN + NFV + WiFi)

- Despliegue de VNFs
  - Equipo controlador WiFi - Mikrotik
    - Equipo de bajo coste
    - Permite múltiples opciones de configuración
    - Compatible con Openflow
  - Servidor Radius - Freeradius
    - Implementación opensource del servidor Radius
    - Compatibilidad con múltiples métodos de autenticación en una red inalámbrica

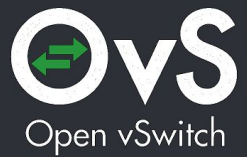
3. Desarrollo del proyecto

Arquitectura de red (SDN + NFV + WiFi)

- Instalación de infraestructura de virtualización donde desplegar las VNFs
  - Software opensource - Linux KVM



- Switches tradicionales → Switches integrables en red SDN
  - Software opensource - Open vSwitch
  - Compatible con openflow



- APs tradicionales → APs compatibles con Openflow
  - Equipos físicos Mikrotik

3. Desarrollo del proyecto

Arquitectura de red (SDN + NFV + WiFi)

- Aplicaciones para gestionar la red SDN
    - Aplicaciones desarrolladas en Python que interactúan con el controlador SDN
        - Aplicación de gestión de equipos como switches
            - Permite interactuar con la tabla de MACs del equipo
        - Aplicación de gestión de equipos como firewalls
            - Permite interactuar con un switch como si se tratase de un firewall
                - Habilitar/Deshabilitar el firewall
                - Listar/introducir/eliminar reglas

4 ESCENARIO DE PRUEBAS

4. Escenario de pruebas

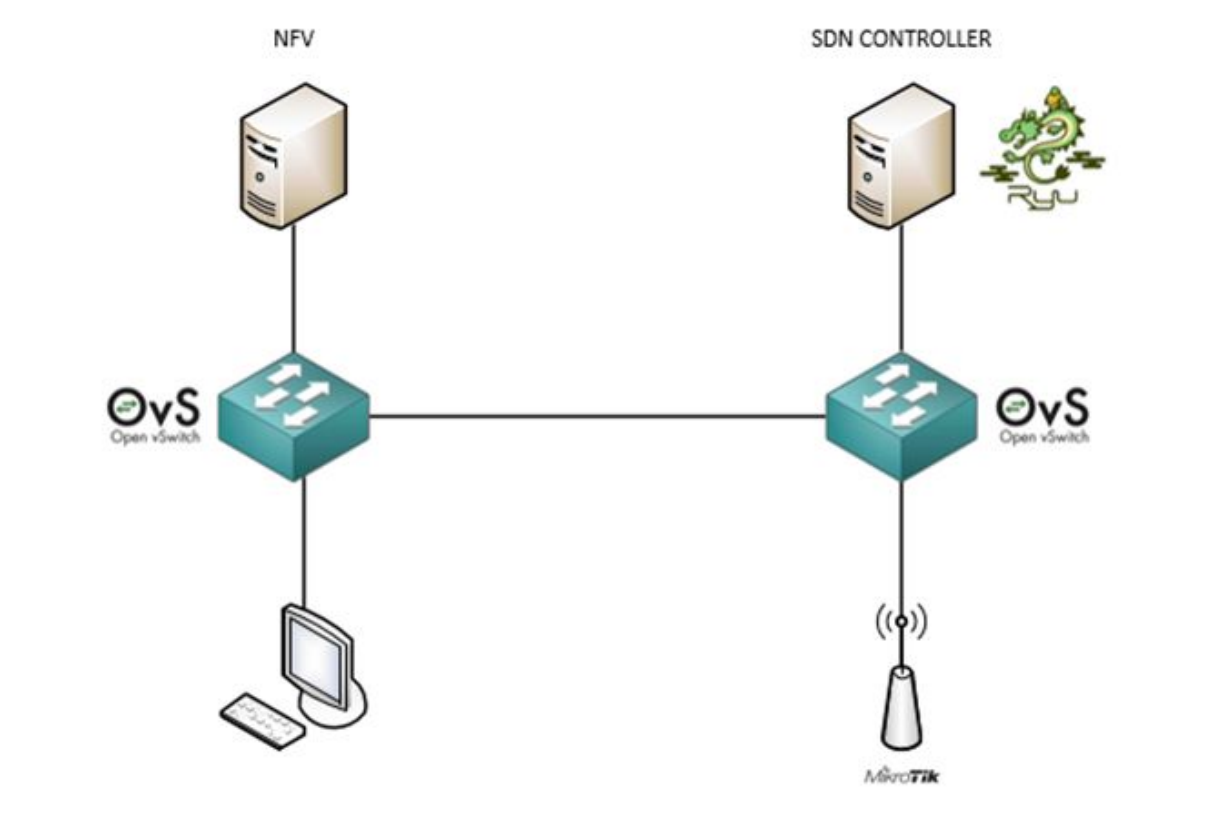
Arquitectura de red propuesta

La arquitectura de red propuesta está compuesta por:

- 1 servidor controlador SDN
- 1 servidor de virtualización de infraestructura
- 2 switches Open vSwitch
- 1 equipo virtual conectado por cable
- 1 AP físico

4. Escenario de pruebas

Arquitectura de red propuesta



4. Escenario de pruebas

Pruebas y métricas

- Se han definido 3 escenarios de pruebas:
    - Realizar el conexionado de dos dispositivos IoT por WiFi y comprobar la conectividad entre ambos mediante ICMP.
    - Realizar el conexionado de un dispositivo IoT por WiFi y comprobar la conectividad con el dispositivo conectado por cable mediante ICMP.
    - Realizar el conexionado de un dispositivo IoT por WiFi y uso del firewall para impedir la comunicación con el dispositivo conectado por cable. La comprobación de la conectividad se hace mediante ICMP.

4. Escenario de pruebas

Escenario de ejemplo - Firewall

Configuración de red para los dos dispositivos involucrados

```
PC1> show ip IP 192.168.58.196/24

NAME        : PC1[1]
IP/MASK     : 192.168.58.196/24
GATEWAY     : 0.0.0.0
DNS         :
DHCP SERVER : 192.168.58.250
DHCP LEASE  : 595, 600/300/525
MAC         : 00:50:79:66:68:00
LPORT       : 10027
RHOST:PORT  : 127.0.0.1:10028
MTU:        : 1500
```

Cableado

```
pi@raspberrypi: ~
wlan0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>  mtu 1500
        inet 192.168.58.197  netmask 255.255.255.0  broadcast 192.168.58.255
        inet6 fe80::c915:ccd3:2344:e640  prefixlen 64  scopeid 0x20<link>
        ether b8:27:eb:a9:31:f1  txqueuelen 1000  (Ethernet)
        RX packets 383  bytes 74489 (72.7 KiB)
        RX errors 0  dropped 0  overruns 0  frame 0
        TX packets 137  bytes 21309 (20.8 KiB)
        TX errors 0  dropped 0 overruns 0  carrier 0  collisions 0
```

WiFi

4. Escenario de pruebas

Escenario de ejemplo - Firewall

Ejecutar el controlador con la aplicación de firewall

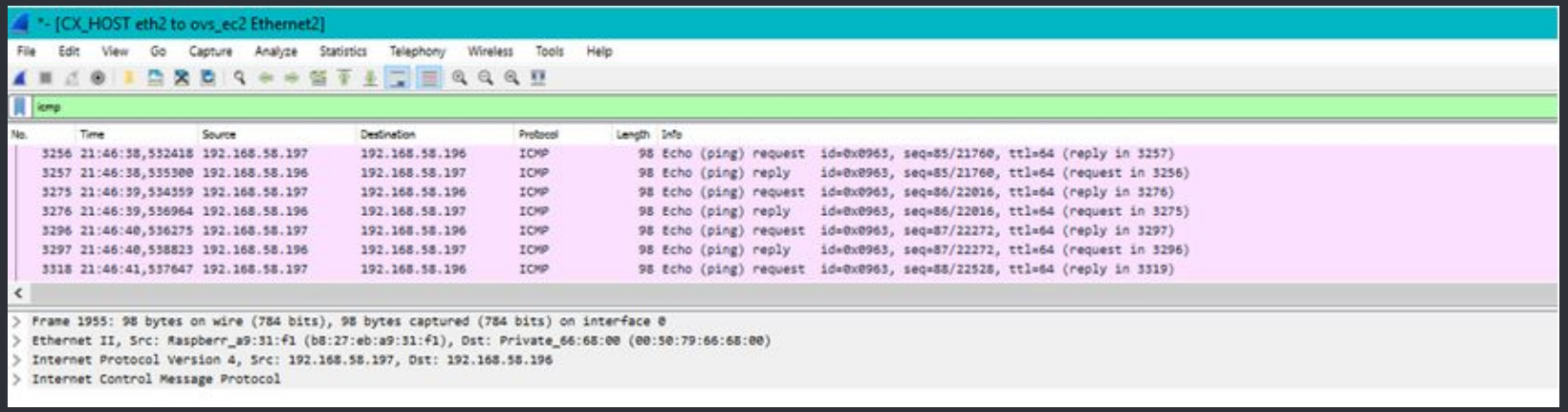
```
root@SDN:/usr/local/lib/python3.6/dist-packages/ryu/app# ryu run rest_firewall.py
loading app rest_firewall.py
loading app ryu.controller.ofp_handler
instantiating app None of DPSet
creating context dpset
creating context wsgi
instantiating app rest_firewall.py of RestFirewallAPI
instantiating app ryu.controller.ofp_handler of OFPHandler
(1497) wsgi starting up on http://0.0.0.0:8080
[FW][INFO] dpid=000008002700055dd: Join as firewall.
[FW][INFO] dpid=00000800270b6287: Join as firewall.
```

4. Escenario de pruebas

Escenario de ejemplo - Firewall

Comprobación de conectividad entre los dos dispositivos

```
root@raspberrypi:/home/pi# ping 192.168.58.196
PING 192.168.58.196 (192.168.58.196) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.58.196: icmp_seq=1 ttl=64 time=9.53 ms
64 bytes from 192.168.58.196: icmp_seq=2 ttl=64 time=3.99 ms
64 bytes from 192.168.58.196: icmp_seq=3 ttl=64 time=4.30 ms
64 bytes from 192.168.58.196: icmp_seq=4 ttl=64 time=4.75 ms
64 bytes from 192.168.58.196: icmp_seq=5 ttl=64 time=4.33 ms
```



4. Escenario de pruebas

Escenario de ejemplo - Firewall

Introducción y comprobación de reglas en los equipos mediante la aplicación

```
root@SDN: /home/sergio
Gestion del firewall
        1 - Ver estado del Firewall en los switches
        2 - Habilitar Firewall en switch
        3 - Deshabilitar Firewall en switch
        4 - Obtener las reglas de un switch
        5 - Introducir una nueva regla en un switch
        6 - Borrar una regla de un switch
        7 - Configurar IP del controlador
        8 - Salir

Elige una opcion: 5
Introduce el id del switch: 00000800270b6287
Introduce la red origen: 192.168.58.197/32
Introduce la red destino: 192.168.58.196/32
Introduce el protocolo: ICMP
Introduce la accion: DENY
Introduce la prioridad: 30
Pulsar enter para continuar
```

```
root@SDN: /home/sergio
Gestion del firewall
        1 - Ver estado del Firewall en los switches
        2 - Habilitar Firewall en switch
        3 - Deshabilitar Firewall en switch
        4 - Obtener las reglas de un switch
        5 - Introducir una nueva regla en un switch
        6 - Borrar una regla de un switch
        7 - Configurar IP del controlador
        8 - Salir

Elige una opcion: 5
Introduce el id del switch: 00000800270b6287
Introduce la red origen: 192.168.58.196/32
Introduce la red destino: 192.168.58.197/32
Introduce el protocolo: ICMP
Introduce la accion: DENY
Introduce la prioridad: 30
Pulsar enter para continuar
```

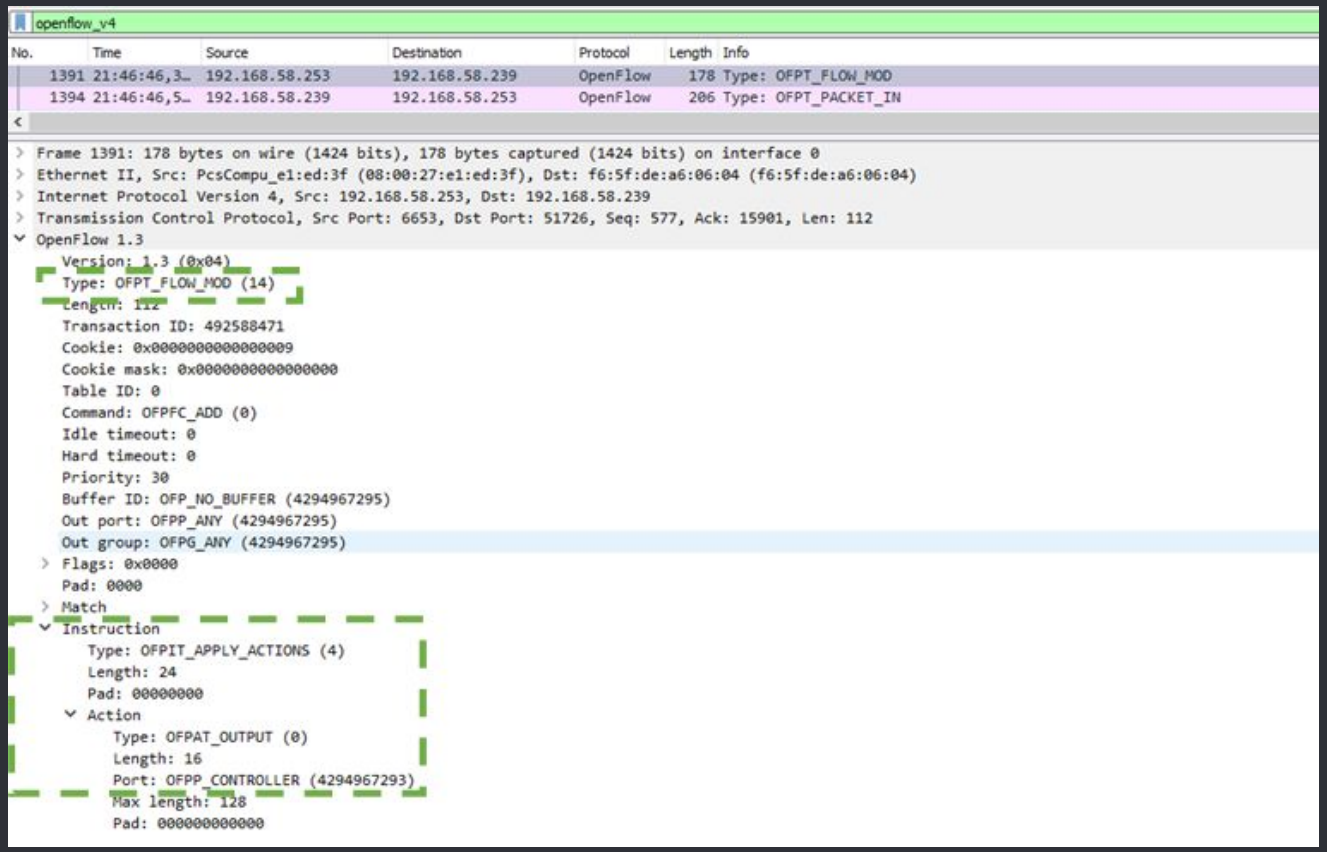
```
root@SDN: /home/sergio
        4 - Obtener las reglas de un switch
        5 - Introducir una nueva regla en un switch
        6 - Borrar una regla de un switch
        7 - Configurar IP del controlador
        8 - Salir

Elige una opcion: 4
Introduce el id del switch: 00000800270b6287
[
 {
  "switch_id": "00000800270b6287",
  "access_control_list": [
   {
    "rules": [
     {
      "rule_id": 1,
      "priority": 20,
      "dl_type": "IPv4",
      "actions": "ALLOW"
     },
     {
      "rule_id": 9,
      "priority": 30,
      "dl_type": "IPv4",
      "nw_src": "192.168.58.197",
      "nw_dst": "192.168.58.196",
      "nw_proto": "ICMP",
      "actions": "DENY"
     },
     {
      "rule_id": 10,
      "priority": 30,
      "dl_type": "IPv4",
      "nw_src": "192.168.58.196",
      "nw_dst": "192.168.58.197",
      "nw_proto": "ICMP",
      "actions": "DENY"
     }
    ]
```

4. Escenario de pruebas

Escenario de ejemplo - Firewall

Introducción y comprobación de reglas en los equipos mediante la aplicación



4. Escenario de pruebas

Escenario de ejemplo - Firewall

Comprobación de los flujos instalados en los switches:

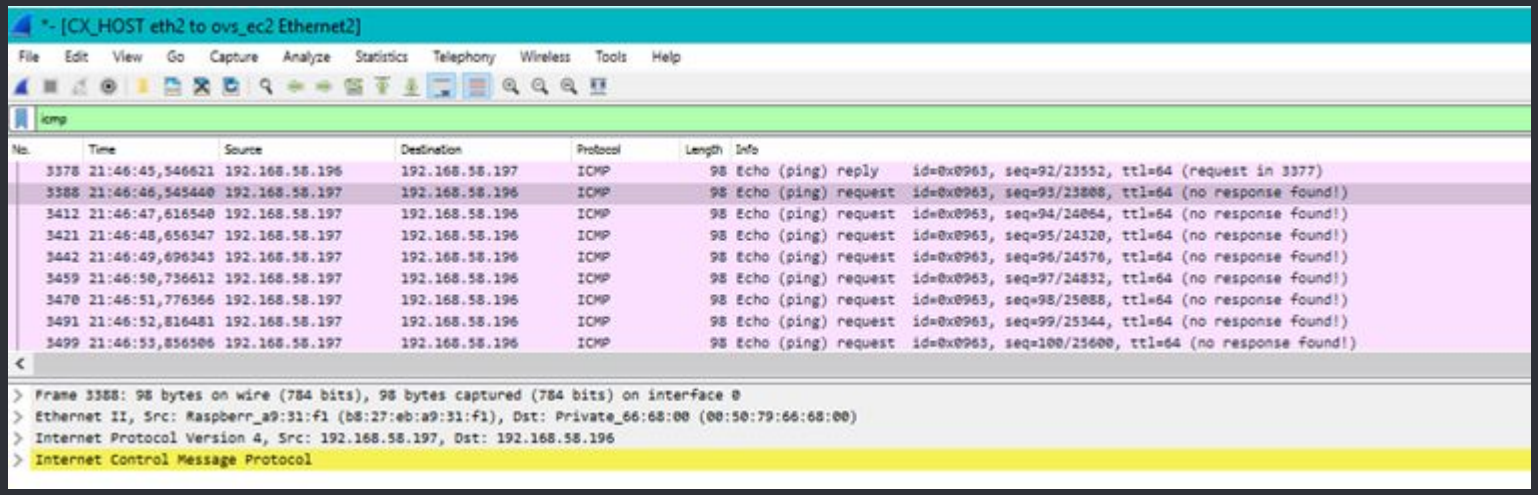
```
root@ovs_ec2:/home/sergio# ovs-ofctl dump-flows sw0
 cookie=0x0, duration=4684.313s, table=0, n_packets=1349, n_bytes=80898, priority=65534,arp actions=NORMAL
 cookie=0x1, duration=4407.681s, table=0, n_packets=52067, n_bytes=16451308, priority=20,ip actions=NORMAL
 cookie=0xb, duration=98.043s, table=0, n_packets=0, n_bytes=0, priority=30,icmp,nw_src=192.168.58.197,nw_dst=192.168.58.196 actions=CONTROLLER:128
 cookie=0xc, duration=73.690s, table=0, n_packets=0, n_bytes=0, priority=30,icmp,nw_src=192.168.58.196,nw_dst=192.168.58.197 actions=CONTROLLER:128
 cookie=0x0, duration=4684.314s, table=0, n_packets=3330, n_bytes=453180, priority=0 actions=CONTROLLER:128
```

4. Escenario de pruebas

Escenario de ejemplo - Firewall

Comprobación de la conectividad tras haber insertado las reglas

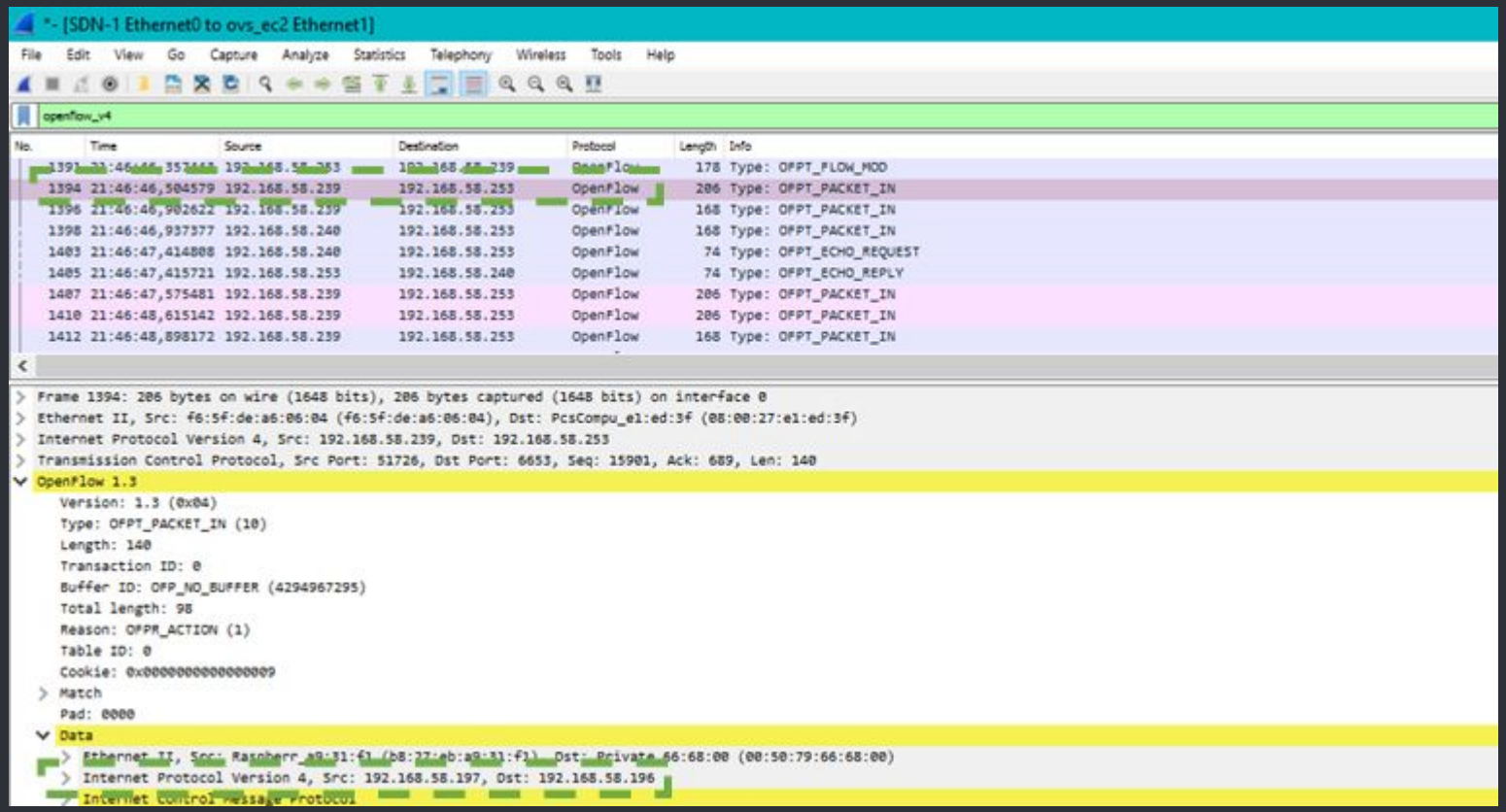
```
root@raspberrypi:/home/pi# ping 192.168.58.196
PING 192.168.58.196 (192.168.58.196) 56(84) bytes of data.
^C
--- 192.168.58.196 ping statistics ---
11 packets transmitted, 0 received, 100% packet loss, time 410ms
```



4. Escenario de pruebas

Escenario de ejemplo - Firewall

Comprobación de las acciones de los switches ante el tráfico



4. Escenario de pruebas

Escenario de ejemplo - Firewall

Comprobación de las acciones del controlador ante el tráfico

```
[FW][INFO] dpid=00000800270b6287: Blocked packet = ethernet(dst='00:50:79:66:68:00',ethertype=2048
,src='b8:27:eb:a9:31:f1'), ipv4(csum=21550,dst='192.168.58.196',flags=2,header_length=5,identifica
tion=61344,offset=0,option=None,proto=1,src='192.168.58.197',tos=0,total_length=84,ttl=64,version=
4), icmp(code=0,csum=38465,data=echo(data=b'\xc7\x06\xd5_\xc3\x8d\x0c\x00\x08\t\n\x0b\x0c\r\x0e\x0
f\x10\x11\x12\x13\x14\x15\x16\x17\x18\x19\x1a\x1b\x1c\x1d\x1e\x1f !"#$%&\'()*+,-./01234567',id=274
5,seq=14),type=8)
```

5 CONCLUSIONES

5. Conclusiones

Se ha integrado SDN y NFV en una red con tecnología de acceso inalámbrica.

Se ha profundizado en las ventajas del nuevo estándar inalámbrico IEEE 802.11ax para los dispositivos IoT

Se han realizado con éxito pruebas sobre una maqueta de red que integra SDN, NFV y acceso por WiFi para dar servicio a dispositivos IoT

Gracias por la atención

Preguntas

sbaza@uoc.edu
linkedin.com/in/sergiobazaalonso/

Gestión de dispositivos IoT con acceso a la red mediante 802.11ax y SDN en el edge para orquestar los flujos de datos

Sergio Baza Alonso
UOC
Curso 2020/2021