

Diseño y estudio de dispositivos IoT integrados en entornos SDN

David Carrascal Acebrón

Departamento de Automática

16 de Julio del 2020

Índice

1. Introducción

- Tipos de integración
- Tecnologías para la definición del datapath

2. Objetivos

3. Análisis y diseño

- Funcionalidades básicas
- Plataformas de pruebas alámbricas
- Plataformas de pruebas inalámbricas

4. Desarrollo

- Medios Cableados
- Medios Inalámbricos

5. Conclusiones

6. Trabajo Futuro

- Integración de interfaces en modo monitor con los casos de uso
- Emulación de redes de baja capacidad - mac802154_hwsim

7. ¿Preguntas?

Introducción

Dos tecnologías...

El Internet de las Cosas y las Redes Definidas por Software, son tecnologías emergentes que desde hace unos años están revolucionando los paradigmas sobre los modelos de redes comunicaciones establecidos en el pasado.

Las redes SDN \Rightarrow extraer el plano de control de los dispositivos intermedios de procesamiento de la red, unificándolo en **controladores**.

- La administración de red una tarea más **centralizada** y **flexible**.

El IoT \Rightarrow interconectar billones de objetos entre sí a través de Internet.

Introducción

Tipos de integración

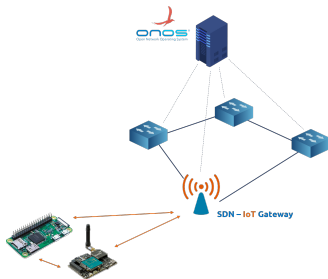


Figura 1: Integración parcial de dispositivos IoT en el core SDN

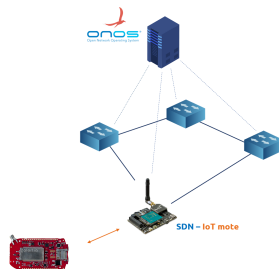
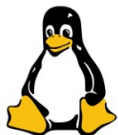


Figura 2: Integración total de dispositivos IoT en el core SDN.

Introducción

Tecnologías para la definición del datapath

- El lenguaje **P4** permite definir el procesamiento de los paquetes para un conjunto de arquitecturas que tienen su propia especificación, para conseguir que los programas P4 sean **independientes del hardware** donde se ejecute.
- **XDP** es un framework programable y de **alto rendimiento** para el procesamiento de paquetes en el Kernel de Linux. Se lleva a cabo en el punto más bajo de la pila de red de Linux.



XDP



Objetivos

Una meta

El objetivo de este proyecto es realizar un estudio y análisis de las tecnologías P4 y XDP para la **integración** de dispositivos IoT en entornos SDN.

Los dispositivos IoT se beneficiarán de la integración con las redes SDN \Rightarrow la **flexibilidad** y **programabilidad** \Rightarrow correcta gestión y administración de la red.

Para alcanzar dicho objetivo, se plantearon los siguientes puntos:

- Documentación y estudio
- Planteamiento de casos de uso típicos y elección de escenarios
- Desarrollo de los casos de uso
- Evaluación y comprobación de funcionamiento

Análisis y diseño

Funcionalidades básicas

Funcionalidad básica	Descripción
Case01 - Drop	En este caso de uso se quiere ver si es posible descartar paquetes.
Case02 - Pass	Se quiere comprobar si es posible dejar pasar los paquetes, sin afectarles el datapath programado con la tecnología.
Case03 - Echo server	Se desarrollará un servidor el cual contestará todos los ECHO-Request que le lleguen.
Case04 - Layer 3 forwarding	Con este caso de uso se comprobará qué tan sencillo es reenviar paquetes desde una interfaz a otra del dispositivo.
Case05 - Broadcast	Con este caso de uso se quería abordar cómo se puede conseguir la difusión de un hipotético paquete.

Análisis y diseño (II)

Plataformas de pruebas alámbricas

Para evaluar los desarrollos de XDP y P4 en entornos cableados, se hará uso del estándar IEEE 8023 (Ethernet).

- En XDP se hará uso de las **Network Namespaces**, para definir los nodos independientes de la red, y de **Veth**, para emular los distintos enlaces.
 - La expresión más básica de emulación de redes en el Kernel de Linux.
 - La mínima incertidumbre sobre los resultados obtenidos.
- En P4 se hará uso de **Mininet**, debido a que el equipo de `p4lang` desarrolló una interfaz del BMv2 con dicha herramienta.

Análisis y diseño (II)

Plataformas de pruebas alámbricas

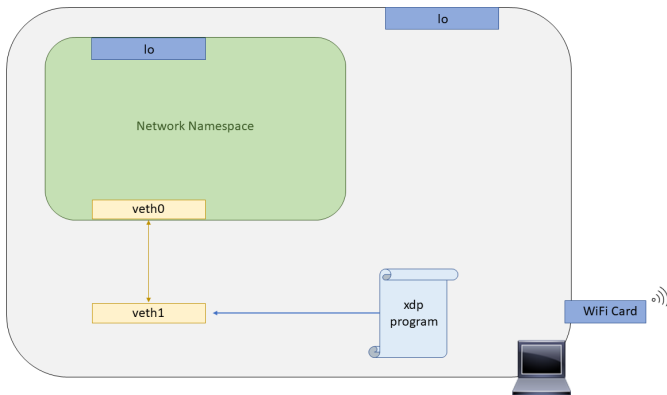


Figura 3: Escenario entorno cableado XDP.

Análisis y diseño (II)

Plataformas de pruebas alámbricas

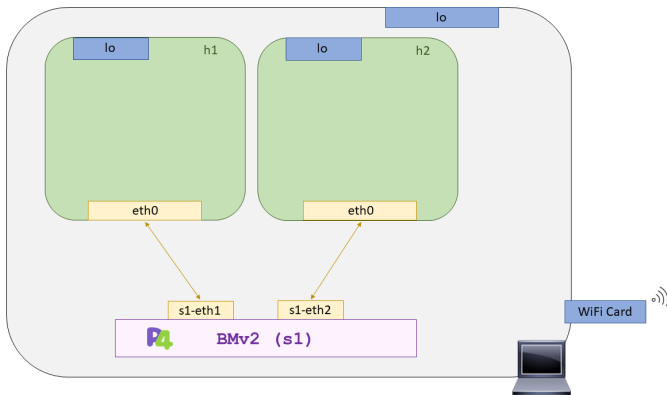


Figura 4: Escenario entorno cableado P4.

Análisis y diseño (III)

Plataformas de pruebas inalámbricas

En entornos inalámbricos se hará uso del estándar **ieee80211** (WiFi). Se ha elegido dicho estándar dado que existen más herramientas y desarrollos que para el estándar **ieee802154**.

- La plataforma que se utilizará para la evaluación de los distintos casos de uso, tanto en XDP como en P4, será la misma, **Mininet-WiFi**.
 - ✓ Posibilidad de hacer uso de las funcionalidades de Mininet-IoT
 - ✗ No es viable utilizar el simulador Cooja

Pero, se ha visto que la plataforma **no contempla** ningún tipo de nodo que de soporte **al BMv2** por lo que será necesario desarrollar previamente una integración del BMv2 en Mininet-WiFi.



Desarrollo

Medios Cableados

- **caseo1 - Drop:** Con XDP se uso de código de retorno `XDP_DROP`. Con P4, se uso la primitiva `mark_to_drop()`.
- **caseo2 - Pass:** con XDP se pudo implementar haciendo uso del código de retorno `XDP_PASS`.
 - ✗ Con P4, no se pudo implementar. Se debe definir de forma exclusiva todo el datapath.
- **caseo3 - Echo server:** Se filtraron los paquetes, y en base al tipo de paquete, se aplicaron unas acciones u otras.
 - ✓ `XDP_TX`
 - ✓ `standard_metadata.egress_spec`

Desarrollo

Medios Cableados

- **caseo4 - Layer 3 forwarding:** Con XDP se exploraron distintas formas de hacer forwarding haciendo uso de los **BPF Helpers**, desde la más sencilla y más estática, a una donde se trabajaba de forma colaborativa con el Kernel.

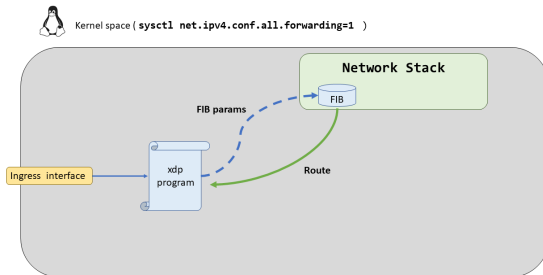


Figura 5: Forwarding Auto

Desarrollo

Medios Cableados

Forwarding en P4

```
action ipv4_forward(macAddr_t dstAddr, egressSpec_t port) {  
    standard_metadata.egress_spec = port;  
    hdr.ethernet.srcAddr = hdr.ethernet.dstAddr;  
    hdr.ethernet.dstAddr = dstAddr;  
    hdr.ipv4.ttl = hdr.ipv4.ttl - 1;  
}
```

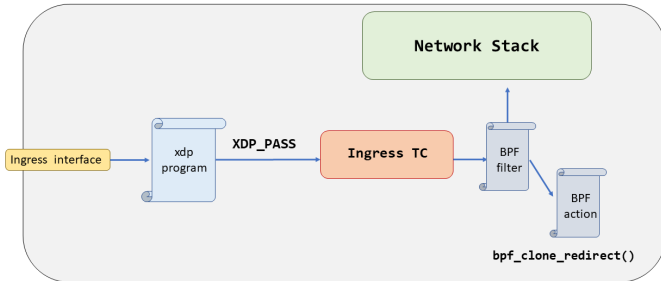
Desarrollo

Medios Cableados

- **case05 - Broadcast:** Con P4 se llevó a cabo el broadcast haciendo uso de los grupos multicast (JSON donde se definían las replicas). Con XDP no se pudo utilizar el helper BPF para la clonación del paquete ya que requería hacer uso de la estructura `sk_buff`.



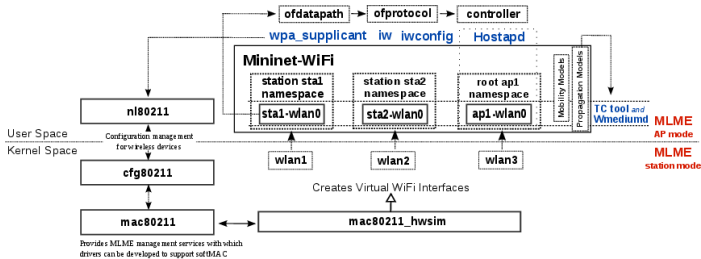
Kernel space (`sysctl net.ipv4.conf.all.forwarding=1`)



Desarrollo

Medios Inalámbricos

El primer paso en el desarrollo de los casos de uso en medios inalámbricos pasa por la integración del BMv2 en Mininet-WiFi.



Desarrollo

Medios Inalámbricos

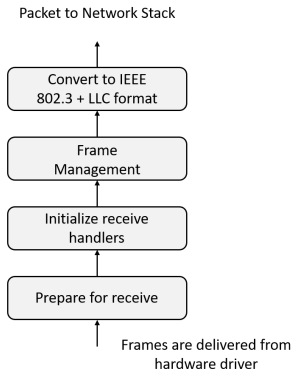


Figura 6: Flujo para la recepción con el módulo `mac80211_hwsim`

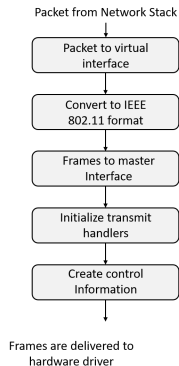


Figura 7: Flujo para la transmisión con el módulo `mac80211_hwsim`

Desarrollo

Medios Inalámbricos

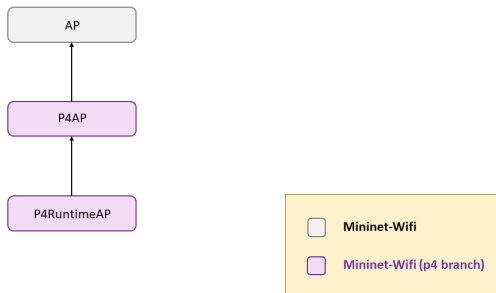


Figura 8: UML de la integración BMv2 con Mininet-WiFi

Desarrollo

Medios Inalámbricos

Limitación inducida por el propio módulo

Al trabajar de nuevo con Ethernet, la mayoría de casos de uso son operativos en medios inalámbricos. En caso de manejar las cabeceras WiFi, únicamente habría que cambiar las etapas de parsing y gestión de cabeceras.

Hay casos de uso que se benefician de este nuevo medio, como por ejemplo: **case05 - Broadcast** en XDP.

- Esto se debe a que el medio es compartido, solo hay una tarjeta wireless emulada. Por tanto, para difundir únicamente debe **modificar las cabeceras a difusión** y **retransmitir** por la misma interfaz por la cual llega el paquete, **XDP_TX**.

Conclusiones

- XDP, está mejor enfocado para escenarios de integración totales. Se beneficiará del rendimiento y la optimización de recursos que ofrece XDP.
- Tecnología P4, está más enfocada a escenarios de integración parcial. Se beneficiarán de las facilidades para realizar multicast, y de su interfaz de control.

Caso de uso	XDP	P4	P4-Wireless	XDP-Wireless
case01 - Drop	✓	✓	✓	✓
case02 - Pass	✓	✗	✗	✓
case03 - Echo server	✓	✓	✓	✓
case04 - Layer 3 forwarding	✓	✓	✓	✓
case05 - Broadcast	✗	✓	✓	✓

Cuadro 1: Resumen sobre los casos de uso desarrollados

Trabajo Futuro

Integración de interfaces en modo monitor con los casos de uso

No se ha podido gestionar de forma directa los paquetes con las cabeceras WiFi. Las interfaces creadas por este módulo operan con Ethernet, el único modo que opera con las cabeceras WiFi es en el modo **monitor**.

- Pero el modo monitor está pensado únicamente para escuchar paquetes, no para transmitir.
- Este modo puede ser llevado al límite haciendo un **packet injection**.

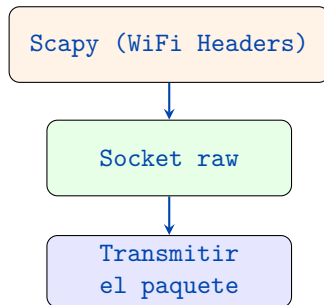


Figura 9: Flujo de inyección de paquetes.

Emulación de redes de baja capacidad - mac802154_hwsim

Un paso más en la integración...

Explorar las fortalezas y debilidades, tanto de XDP como de P4, en la definición del datapath de dispositivos de **baja capacidad**.

Estos necesitarán que la tecnología que defina su datapath sea lo más **eficiente** posible, haciendo un uso **optimizado** de los recursos de la mota IoT.



XDP



BMv2





github.com/davidcawork/TFG

XDP Wifi - Use cases



Case01: Drop

XDP - Use cases



Case01: Drop

P4 - Use cases



Case01: Drop

P4 Wifi - Use cases



Case01: Drop

¡Muchas gracias por su atención!

¿Preguntas?