



Tendencias en Gestión de Red

Gestión de Redes

La gestión de red: un problema aún en estudio

2

La gestión de red no es una tarea fácil...

- Diversas dimensiones del problema
- Redes cada vez mayores y más heterogéneas
- Continuamente aparecen nuevos desafíos
 - Redes inalámbricas, IoT, Industry 4.0, cloud computing, redes 5G...

Inconvenientes principales

- La mayor parte de la gestión de red es manual
- El hardware de red suele ser dedicado y con interfaces concretas

¿Cómo solucionarlo?

- Automatización del procesamiento
 - Procesamiento de datos (BigData) → inteligencia artificial
 - Sobre todo en gestión de alarmas
- Homogeneización del hardware e interfaces de gestión
 - Nuevos paradigmas de red: SDN y NFV
 - SDN: Software-Defined Networking
 - NFV: Network Function Virtualization

Tendencias en gestión de red

3



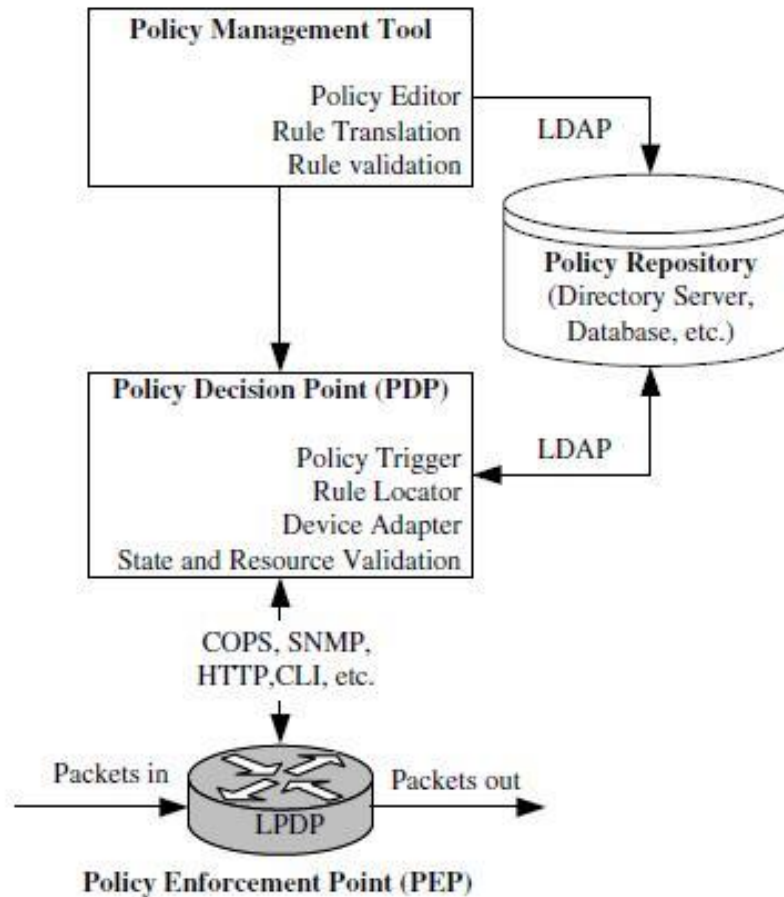
Ejemplo base → Gestión de Alarmas

4

- Las redes se pueden ver afectadas por fallos muy diversos
 - ▣ Hardware (desgaste de equipos, rotura de cables...)
 - ▣ Software (diseño incorrecto, bugs...)
- La gestión de alarmas requiere
 - ▣ Recopilación de las alarmas producidas
 - ▣ Diagnóstico de fallos
 - ▣ Restauración y reparación
- Problema: número excesivo de alarmas
- Solución
 - ▣ Filtrado inteligente
 - Eliminación de redundancia y alarmas irrelevantes
 - Priorización de alarmas
 - ▣ Correlación de alarmas: nuevos significados para alarmas derivadas

- Políticas: definiciones de alto nivel sobre el comportamiento de un sistema
 - ▣ Condiciones de aplicación y acciones asociadas
 - ▣ Análogas a las políticas de seguridad
- ¿Cómo articular la gestión basada en políticas?
 - ▣ Transformar especificaciones “humanas” de objetivos de gestión a reglas verificables por máquinas
 - ▣ Trasladar dichas reglas a configuraciones específicas de dispositivos
 - ▣ Distribuir y garantizar el cumplimiento de esas configuraciones
- Diversas formas de implementación
 - ▣ IETF Policy-based Management Architecture

□ IETF Policy-based Management Architecture



□ Ventajas

- Simplifica la gestión desde el punto de vista del gestor de red
 - Políticas de alto nivel (“human-readable”)
 - Independientes de los dispositivos concretos
- Permite adaptarse rápidamente a los cambios en los objetivos de gestión
 - Añadiendo/modificando políticas

□ Inconvenientes

- Rigidez funcional: pueden alterarse las políticas, pero no los servicios de gestión de bajo nivel que aseguran su cumplimiento (enforcement)

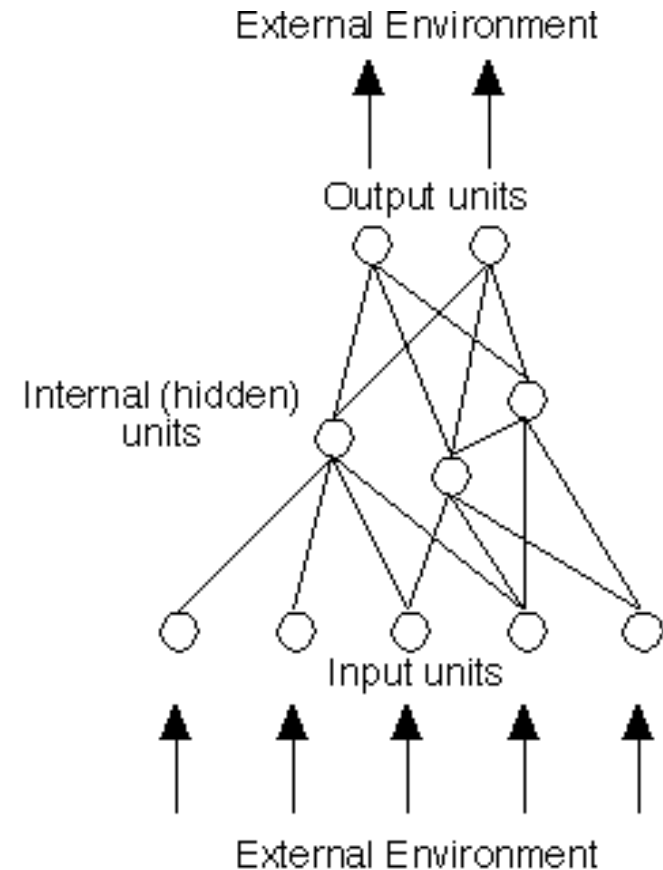


AI/ML/BigData

Redes neuronales

9

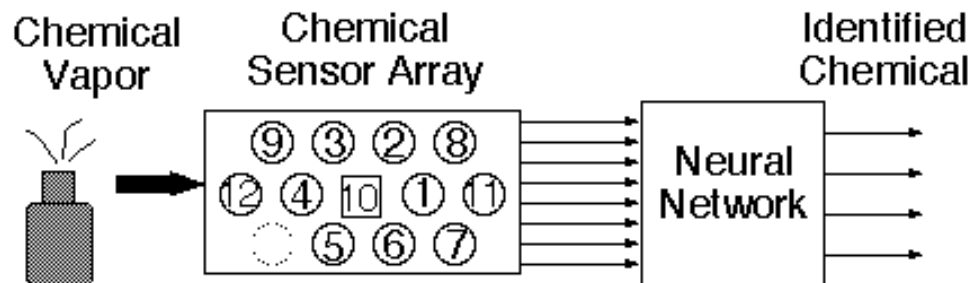
- Inspiradas por las neuronas “reales”
 - ▣ Unidades de entrada, de salida y “ocultas”
 - ▣ Los enlaces entre unidades transforman la señal
 - Típicamente, mediante un peso y un signo
- Capacidad de aprendizaje (e.g. supervisado)
 - ▣ Presentarles patrones
 - ▣ Calcular salidas
 - ▣ Ajustar pesos



- NETtalk: <https://youtu.be/WAnefPisPFI>
 - ▣ Red neuronal para aprender a leer (pronunciar palabras en inglés)
 - 7x29 unidades de entrada, 26 unidades de salida, 80 unidades ocultas
 - ▣ Entrenada con 1000 palabras, lee cualquier texto con precisión de 95%

- Artificial nose

- ▣ Detección de explosivos, calidad de la comida



- ¿En gestión de red?
 - ▣ Predicción de uso de recursos para garantizar QoS
(Cómo no) Gestión de Alarmas

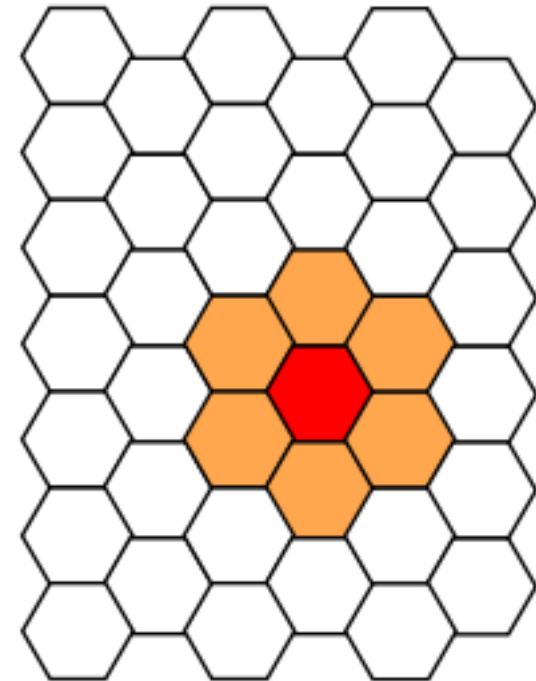
- Técnicas para que las máquinas puedan aprender
 - ▣ En general, a partir de conjuntos masivos de datos
- Diversos tipos
 - ▣ Aprendizaje supervisado
 - Se entrena al sistema conociendo el resultado correcto de la tarea
 - ▣ Aprendizaje no supervisado (e.g. *clustering*)
 - ▣ Aprendizaje por refuerzo
 - Las acciones tienen un impacto en el entorno, y el sistema es “sensible” a la respuesta del entorno

<https://youtu.be/5SkQuT3kZOc>

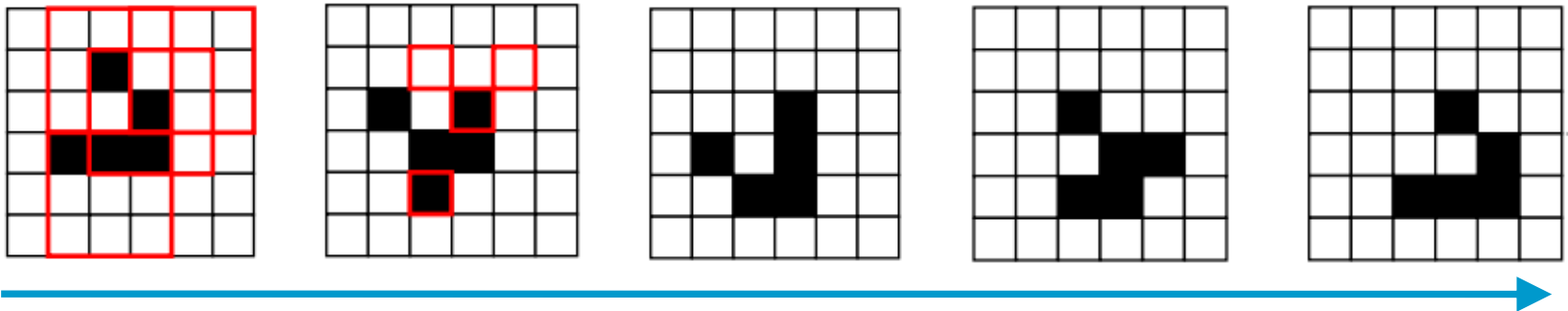
- Diferentes objetivos
 - ▣ Clasificación y regresión (e.g. *ham vs spam*)
 - ▣ Planificación y actuación
 - ▣ Para la interpretación y entendimiento (creación de modelos)

- **Detección de anomalías y diagnóstico de errores**
 - ▣ Agregación de datos en busca de comportamientos anómalos
 - Algo está fallando
 - Evitar falsos positivos
 - ▣ Aislamiento de alarmas
 - Algo está fallando aquí
 - Determinar la causa del problema
- **Detección de intrusiones**
 - ▣ Monitorización del estado “normal” del sistema
 - ▣ Detección de desviaciones
- **Configuración y optimización de la red**
 - ▣ Selección de parámetros (con o sin restricciones)
 - ▣ Configuración topológica
 - ▣ Selección de componentes

- Se basan en mallas n-dimensionales de células
 - ▣ Cada célula tiene un *estado* y un conjunto de *vecinos*
 - ▣ El estado de cada célula depende de su propio estado y del de sus vecinos



- Uno de los más populares: Life (Conway, 1970)
 - ▣ Dos estados: vida y muerte
 - ▣ Tres reglas de transición sencilla
 - Nacimiento: si hay exactamente 3 vecinos vivos
 - Supervivencia: si 2 ó 3 vecinos viven
 - Muerte en caso contrario



- Si queréis jugar con ello
 - ▣ <http://www.ibiblio.org/lifepatterns/>

- Inspirados en la evolución natural
 - ▣ “Supervivencia de los más adaptados”
- Sin embargo, la evolución artificial es diferente
 - ▣ La evolución natural es “abierta”
 - La adaptación se define como la capacidad de reproducirse
 - ▣ La evolución artificial es “dirigida”
 - La reproducibilidad se establece con una función externa (*fitness*)
- Forma “poco elegante” de resolver problemas
 - ▣ Aleatoriedad, falta de pruebas...
 - ▣ Se usa normalmente cuando el resto de cosas fallan
 - ▣ Pero a veces da resultados sorprendentes

Enjambres (Swarm Intelligence)

16

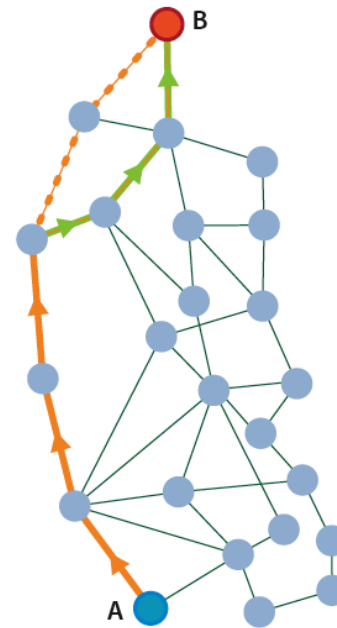
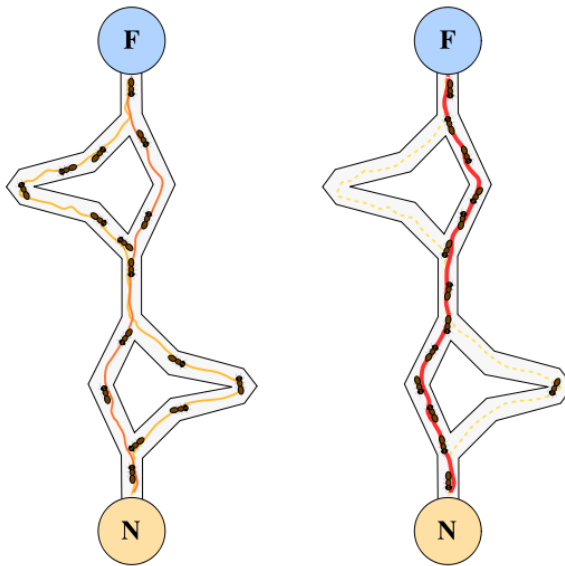
- Inteligencia colectiva que emerge a partir de grupos de individuos simples
 - ▣ Pueden resolver problemas más allá de las capacidades de los individuos
 - ▣ Se pueden perder (o equivocar) individuos en el sistema sin que esto afecte al rendimiento
 - ▣ Los individuos tienen información local, no global



Enjambres (Swarm Intelligence)

17

- Ejemplo: optimización de colonia de hormigas
 - ▣ Aplicación al encaminamiento en redes



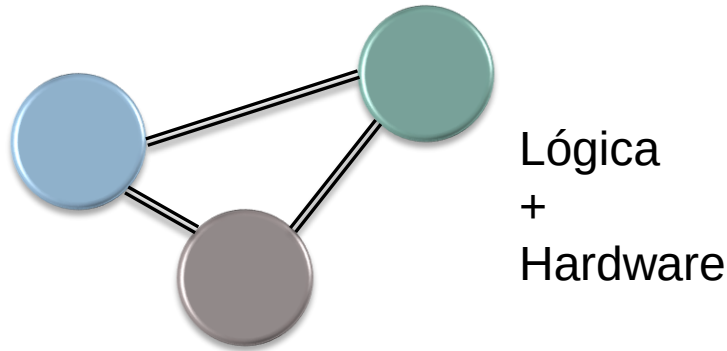


SDN/NFV

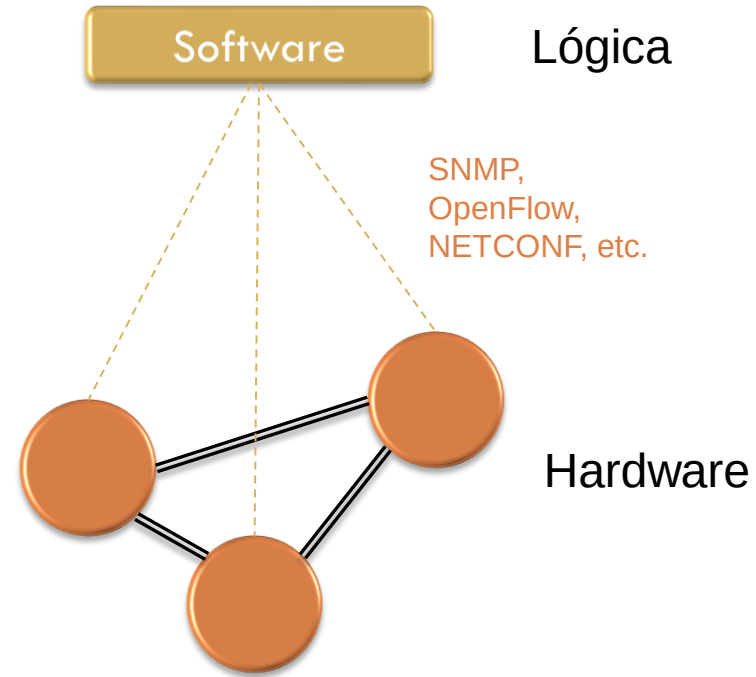
¿Por qué SDN y NFV?

19

- Antes de explicar qué son, veamos brevemente por qué existen 😊
- Dos tendencias:
 - ▣ La (cada vez más) delgada línea entre computación y comunicaciones, mostrando que de igual forma **el software puede ser independiente del dispositivo de red hardware**
→ SDN
 - ▣ La reducción del margen de beneficio de proveedores de servicios de comunicaciones tradicionales, mientras que aumenta el de los proveedores de cloud y servicios over-the-top (OTT)
→ NFV
- Hoy en día SDN y NFV están fuertemente entrelazados...



Interfaces **heterogéneas**
(definidas por fabricante)



Interfaces **homogéneas**
(definidas por protocolo
utilizado en SDN: OpenFlow, etc.)

The SDN Architecture is:

DIRECTLY PROGRAMMABLE

Network control is directly programmable because it is decoupled from forwarding functions.

AGILE

Abstracting control from forwarding lets administrators dynamically adjust network-wide traffic flow to meet changing needs.

CENTRALLY MANAGED

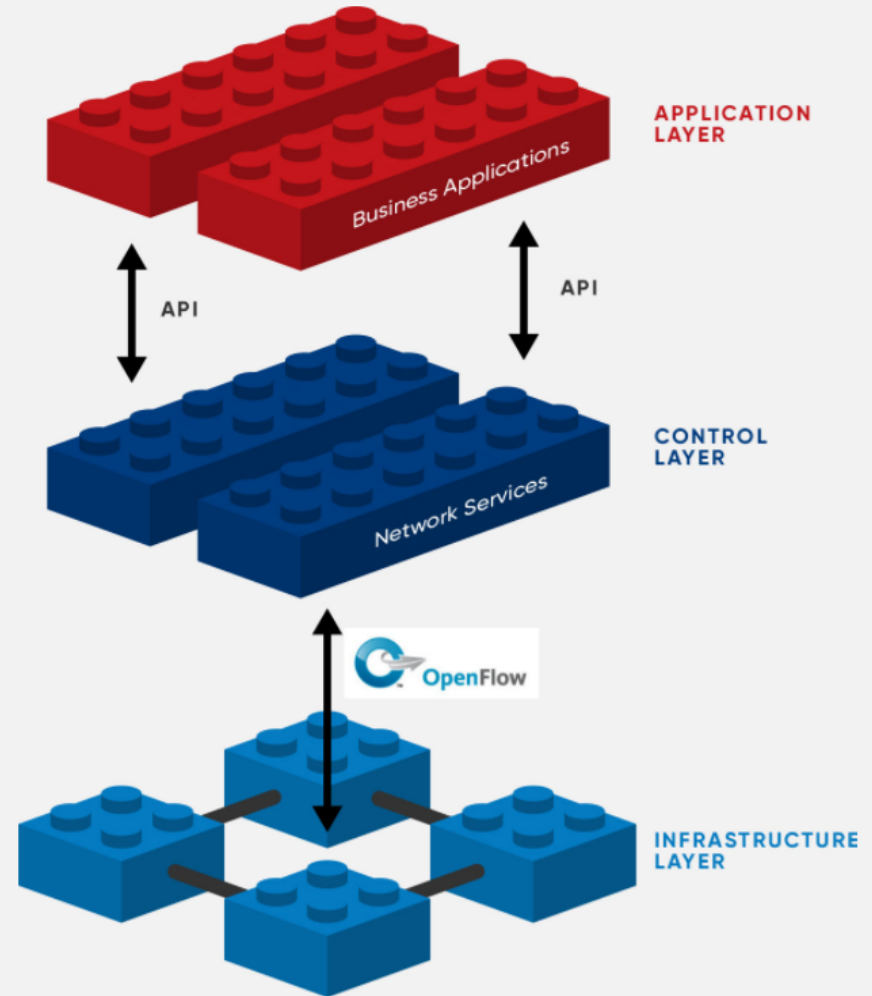
Network intelligence is (logically) centralized in software-based SDN controllers that maintain a global view of the network, which appears to applications and policy engines as a single, logical switch.

PROGRAMMATICALLY CONFIGURED

SDN lets network managers configure, manage, secure, and optimize network resources very quickly via dynamic, automated SDN programs, which they can write themselves because the programs do not depend on proprietary software.

OPEN STANDARDS-BASED AND VENDOR-NEUTRAL

When implemented through open standards, SDN simplifies network design and operation because instructions are provided by SDN controllers instead of multiple, vendor-specific devices and protocols.



- **Idea principal:** Desacoplar el equipamiento de red físico de las funciones que éste implementa
 - ▣ Un servicio puede ser descompuesto en un conjunto de funciones virtuales de red o **Virtual Network Functions (VNFs)**
 - ▣ Las VNFs puede desplegarse o moverse en diferentes lugares, sin necesidad de comprar o instalar nuevo hardware

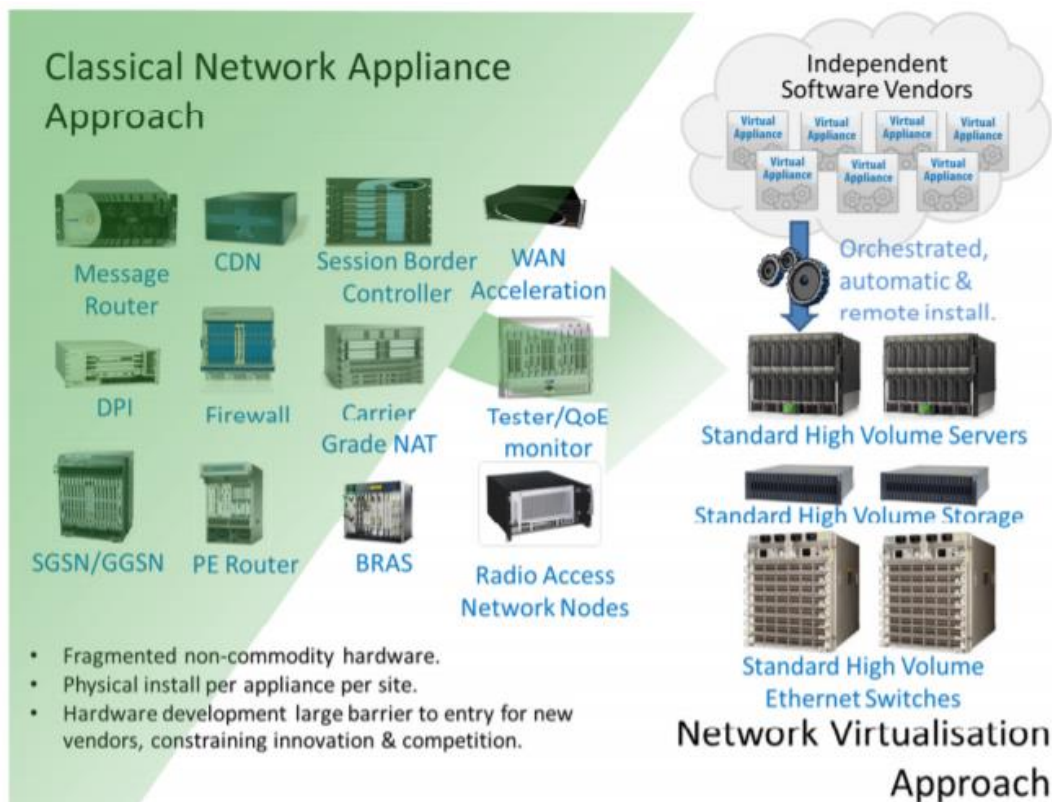


Figure 1: Vision for Network Functions Virtualisation

Relación entre SDN y NFV

23

- Software-Defined Networking (SDN)
 - ▣ SDN reemplaza protocolos de red estandarizados por **aplicaciones software** que configuran todos los dispositivos de la red
 - ▣ Ventajas:
 - Es fácil experimentar con nuevas ideas
 - Desarrollar software es mucho más rápido que estandarizar un protocolo
 - Velocidad de despliegue, actualizaciones, etc.
- Network Functions Virtualization (NFV)
 - ▣ NFV busca reemplazar los dispositivos de red hardware por software corriendo en **hosts/servidores “marca blanca”** (COTS) que pueden ser alojados en centros de datos, por ejemplo
 - ▣ Ventajas:
 - Precio y disponibilidad de los hosts/servidores
 - Funcionalidad alojada basándose en efectividad o bajo coste
 - Facilidad de combinación de funciones, despliegue, actualización, etc.

Origen e Historia – SDN

24

- Todo comenzó hace... ¿14 años?

<http://news.stanford.edu/pr/03/mckeown101.html>

NSF grant

*"As a group, we plan a 'clean slate' design," says **Nick McKeown**, an associate professor at Stanford who is charged with designing the new backbone network. "This might end up as a new network. Or it might serve as a guide for how we evolve the Internet in the future."*



- En 2008 aparece **OpenFlow** por primera vez...

<https://dl.acm.org/citation.cfm?id=1355746>

ACM SIGCOMM Computer Communication Review – Nick McKeown et al.

*"[...] OpenFlow: a way for researchers to run **experimental protocols** in the networks they use every day. OpenFlow is based on an **Ethernet switch**, with an internal flow-table, and a standardized interface to add and remove flow entries. Our goal is to encourage networking **vendors** to add OpenFlow to their switch products [...] **pragmatic compromise** [...]. We encourage you to consider deploying OpenFlow in your **university** network too*

- En 2011 se acuña el término **SDN** (y aparece la ONF)

OpenFlow

25



Nick McKeown
(Stanford)



Martin Casado
(Stanford)



Scott Shenker
(Berkeley)

Guru Parulkar,
Jennifer Rexford
+ muchos estudiantes ☺

2007
nicira



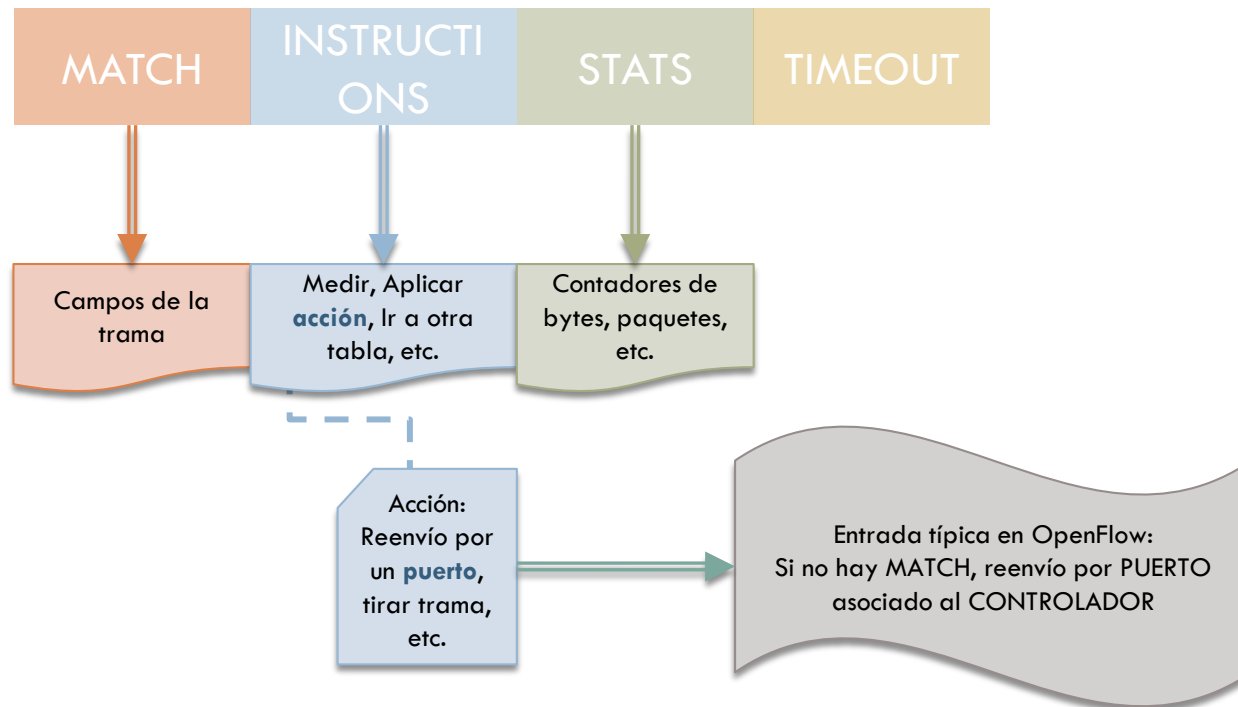
2012

vmware®

Tablas OpenFlow

26

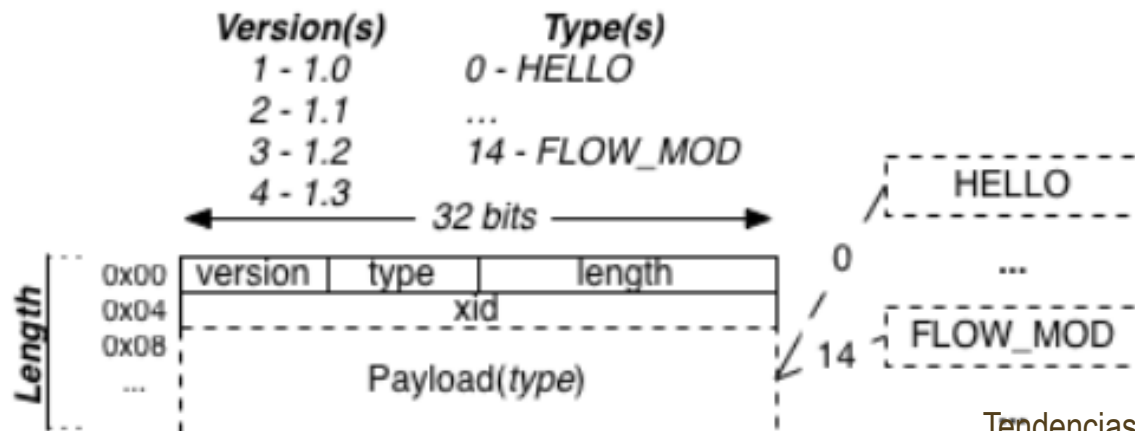
- Formato de las entradas de las tablas en switches OF



Mensajes OpenFlow

27

- Sobre TCP (SSL opcional). Puertos 6633, 6653.
- Tipos de mensajes:
 - Controlador → Switch: Desplegar tablas, Recolectar estadísticas,...
 - Switch → Controlador (asíncronos): Enviar contadores, Envío de paquetes sin match,...
 - Controlador ↔ Switch (simétricos): Hellos, Echoes, Mensajes experimentales,...



Mensajes OpenFlow

28

Operation	OFP 1.0	OFP 1.1	OFP 1.2	OFP 1.3	OFP 1.4
Hello	×	×	×	×	×
Error	×	×	×	×	×
EchoReq	×	×	×	×	×
EchoRes	×	×	×	×	×
FeatureReq	×	×	×	×	×
FeatureRes	×	×	×	×	×
GetConfigReq	×	×	×	×	×
GetConfigRes	×	×	×	×	×
SetConfig	×	×	×	×	×
PacketIn	×	×	×	×	×
FlowRemoved	×	×	×	×	×
PortStatus	×	×	×	×	×
PacketOut	×	×	×	×	×
FlowMod	×	×	×	×	×
PortMod	×	×	×	×	×
BarrierReq	×	×	×	×	×
BarrierRes	×	×	×	×	×

¡Y muchos más...!

Flowgrammable – Message Layer:

<http://flowgrammable.org/sdn/openflow/message-layer/>

Otros protocolos de configuración asociados

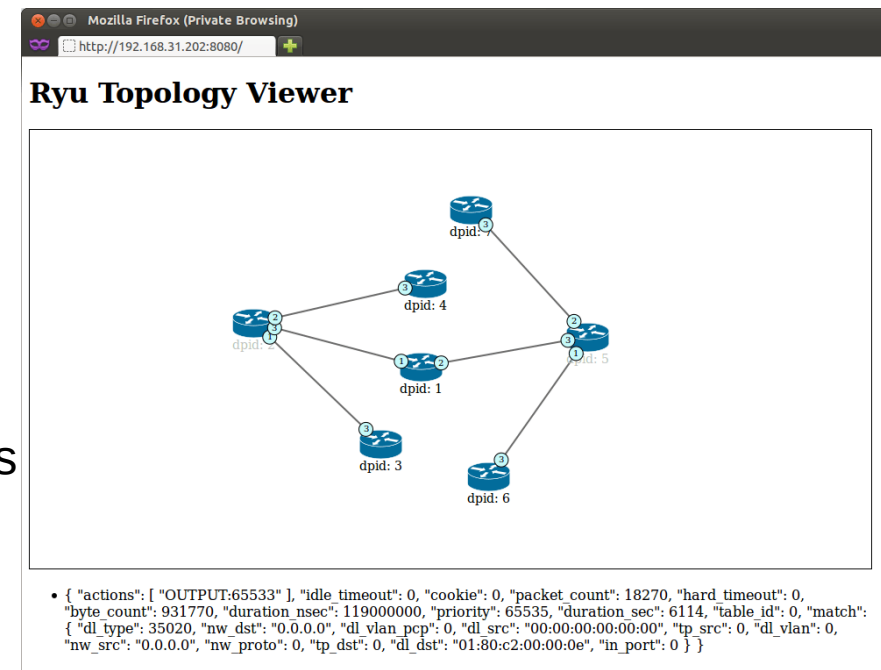
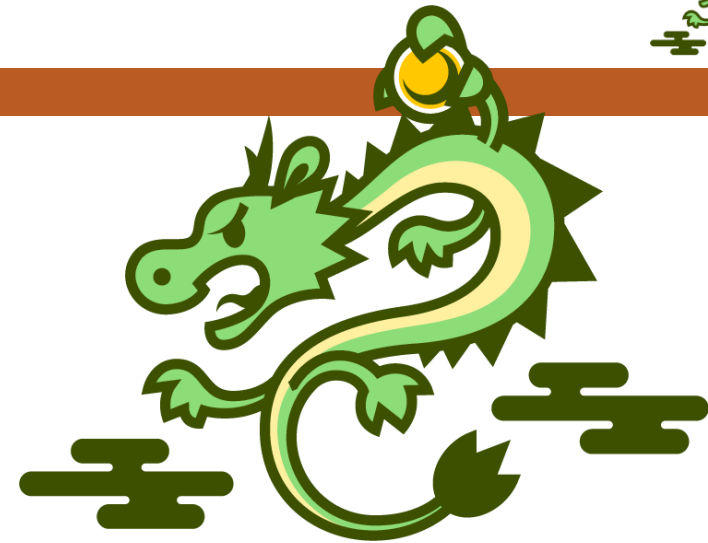
29

- OF-CONFIG
 - ▣ Configuración de switches OpenFlow
- OVSDB
 - ▣ Configuración de switches OvS (que también pueden soportar OpenFlow)
- NETCONF & YANG
 - ▣ Network Configuration Protocol (RFC6241)
- ¡Incluso SNMP! 😊

SDN se podría “ver” como una **generalización de la arquitectura SNMP** para la gestión y el control de cualquier elemento de red (y de manera *independiente* del hw)

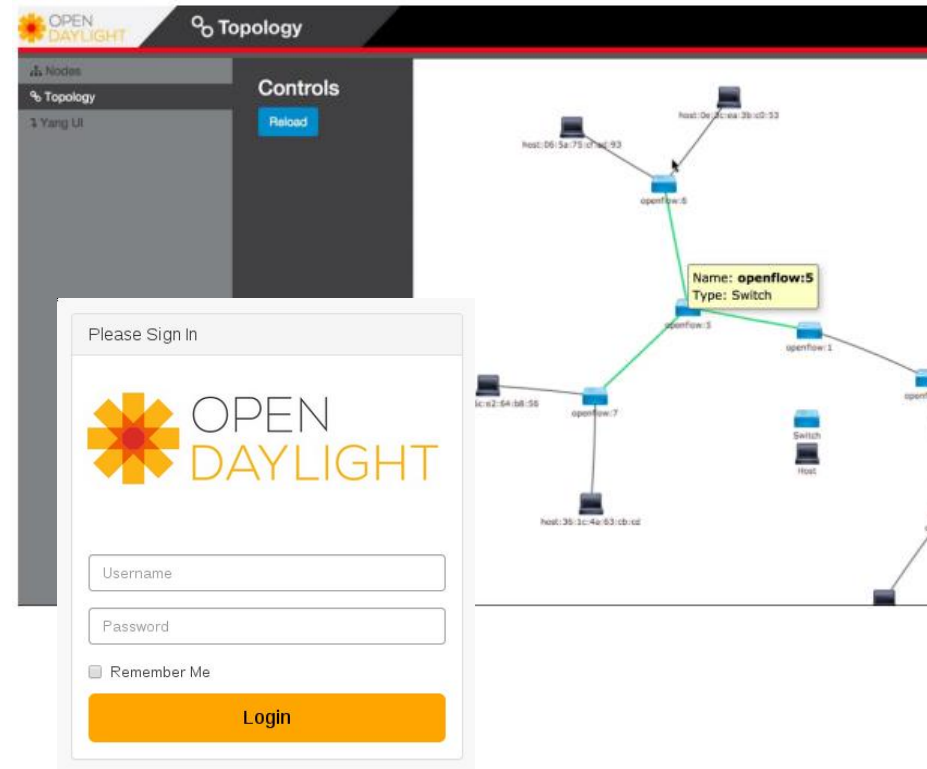


- Origen y nombre:
 - ▣ Ryu → りゅう → 流 and 竜
 - ▣ 2012 → v1.0.0
- Relevancia:
 - ▣ Fácil instalación, uso y desarrollo de aplicaciones
 - ¡Bueno para PoCs!
 - ▣ Variedad de protocolos SBI (remarcable OF)
 - ▣ Comunidad activa
 - ▣ Sin embargo...
 - Bajo rendimiento ☹
 - El desarrollo de aplicaciones es de bajo nivel de abstracción





- Origen y releases:
 - ▣ 2013 → Hydrogen
- Relevancia:
 - ▣ Soporta un amplio abanico de protocolos Comunidad activa
 - ▣ Alineado con fabricantes y telcos
 - ▣ Fácil propuesta de proyectos
 - ▣ Fácil despliegue
 - ▣ Sin embargo...
 - La documentación no es muy buena ☹
 - El desarrollo de módulo requiere un conocimiento profundo de la plataforma





- Origin and releases:

- ▣ 2014 → Avocet

- Relevancia:

- ▣ Soporta un amplio abanico de protocolos SBI
 - ▣ Comunidad muy activa
 - ▣ Buena documentación
 - ▣ Alineado con fabricantes y telcos
 - ▣ Fácil desarrollo de aplicaciones y propuesta de proyectos
 - ▣ Fácil despliegue
 - ▣ Sin embargo...
 - ¿Partes en desarrollo?
 - ¿Plataforma SDN más novedosa? (3 años...)



Interrogación de dispositivos: Ejemplo ONOS (CLI y REST)

```
Welcome to Open Network Operating System (ONOS)!
```



```
Documentation: wiki.onosproject.org
Tutorials:    tutorials.onosproject.org
Mailing lists: lists.onosproject.org
```

```
Come help out! Find out how at: contribute.onosproject.org
```

```
Hit '<tab>' for a list of available commands
and '[cmd] --help' for help on a specific command.
Hit '<ctrl-d>' or type 'system:shutdown' or 'logout' to shutdown ONOS.
```

```
onos> devices
```

```
id=of:0000000000000001, available=true, role=MASTER, type=SWITCH, mfr=Nicira, Inc., hw=Open vSwitch, sw=2.0.2, serial=None, driver=ovs, channelId=127.0.0.1:33489, managementAddress=127.0.0.1, protocol=OF_10
id=of:0000000000000002, available=true, role=MASTER, type=SWITCH, mfr=Nicira, Inc., hw=Open vSwitch, sw=2.0.2, serial=None, driver=ovs, channelId=127.0.0.1:33488, managementAddress=127.0.0.1, protocol=OF_10
id=of:0000000000000003, available=true, role=MASTER, type=SWITCH, mfr=Nicira, Inc., hw=Open vSwitch, sw=2.0.2, serial=None, driver=ovs, channelId=127.0.0.1:33487, managementAddress=127.0.0.1, protocol=OF_10
```

```
GET http://127.0.0.1:8181/onos/v1/devices
```

```
Enter username for karaf at 127.0.0.1:8181: onos
```

```
Password:
```

```
{"devices":[{"id":"of:0000000000000003","type":"SWITCH","available":true,"role":"MASTER","mfr":"Nicira, Inc.,"hw":"Open vSwitch","sw":"2.0.2","serial":"None","chassisId":"3","annotations":{"managementAddress":"127.0.0.1","protocol":"OF_10","channelId":"127.0.0.1:33487"}}, {"id":"of:0000000000000001","type":"SWITCH","available":true,"role":"MASTER","mfr":"Nicira, Inc.,"hw":"Open vSwitch","sw":"2.0.2","serial":"None","chassisId":"1","annotations":{"managementAddress":"127.0.0.1","protocol":"OF_10","channelId":"127.0.0.1:33489"}}, {"id":"of:0000000000000002","type":"SWITCH","available":true,"role":"MASTER","mfr":"Nicira, Inc.,"hw":"Open vSwitch","sw":"2.0.2","serial":"None","chassisId":"2","annotations":{"managementAddress":"127.0.0.1","protocol":"OF_10","channelId":"127.0.0.1:33488"}}]}
```

Interrogación de dispositivos: Ejemplo ONOS (GUI)

The screenshot displays the ONOS GUI interface. At the top, the header bar includes the ONOS logo and the text "Open Network Operating System". On the right side of the header, there is a help icon and the text "? onos".

The main area of the GUI shows a network topology with three blue square nodes connected in a V-shape. On the left side, there is a panel for the IP address 127.0.0.1, which includes a checkmark and the text "Devices: 3".

On the right side, there is a panel titled "ONOS Summary" with the following data:

ONOS Summary	
Version :	1.8.2
Devices :	3
Links :	4
Hosts :	0
Topology SCCs :	1
Intents :	0
Tunnels :	0
Flows :	15

At the bottom left, there is a toolbar with various icons for network management, including a monitor, a list, a gear, a network diagram, a link, a globe, a cloud, a refresh, a search, a zoom in, a zoom out, a reset, a save, a delete, a help, and a settings icon.

Origen e historia - NFV

35

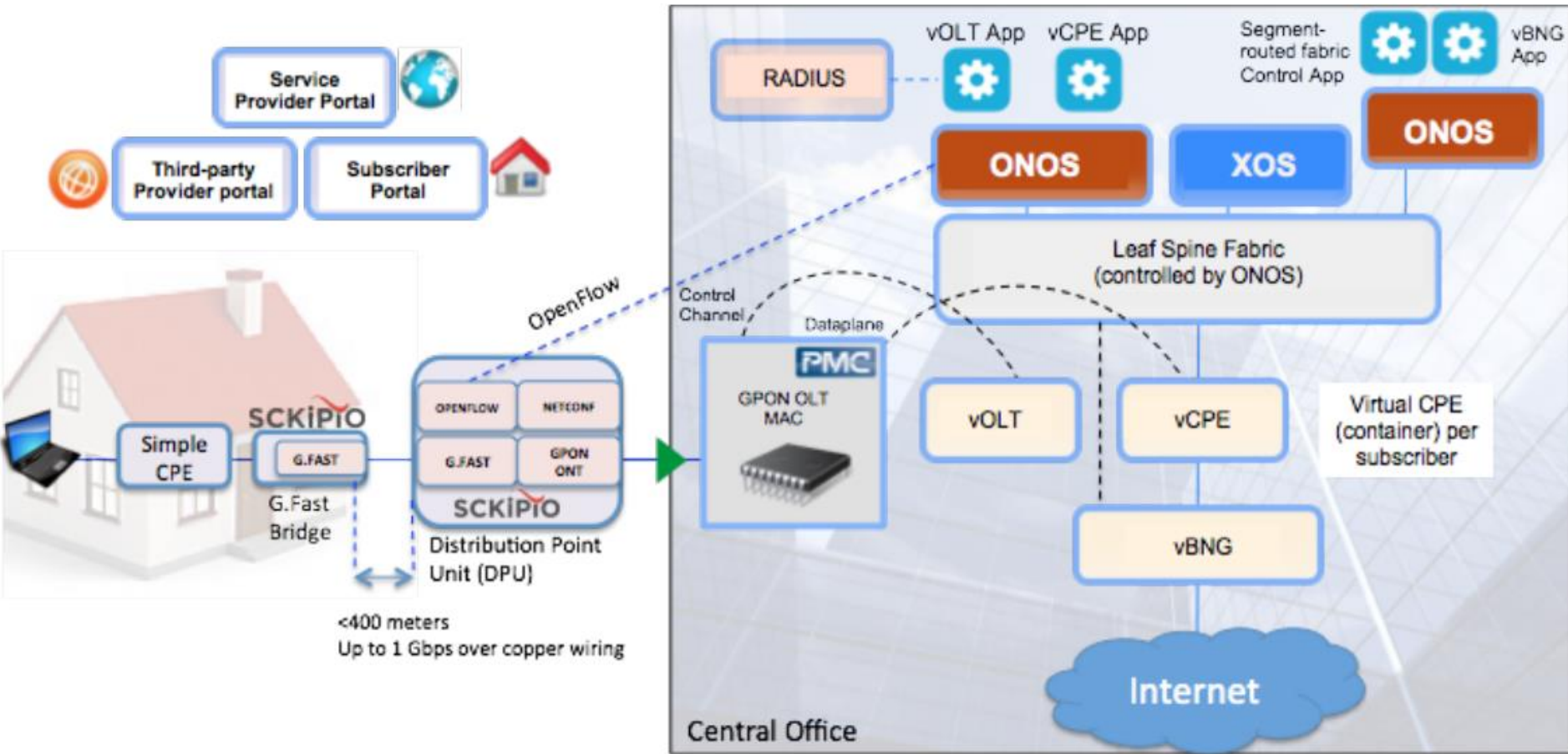
- El grupo de colaboración de NFV nació en 2012
 - ▣ White paper escrito por operadores importantes
 - Network Functions Virtualisation: An Introduction, Benefits, Enablers, Challenges & Call for Action:
https://portal.etsi.org/nfv/nfv_white_paper.pdf
- ETSI ISG NFV (ISG = Industry Specification Group)



Network Functions Virtualisation aims to address these problems by leveraging standard IT virtualisation technology to consolidate many network equipment types onto industry standard high volume servers, switches and storage, which could be located in Datacentres, Network Nodes and in the end user premises.

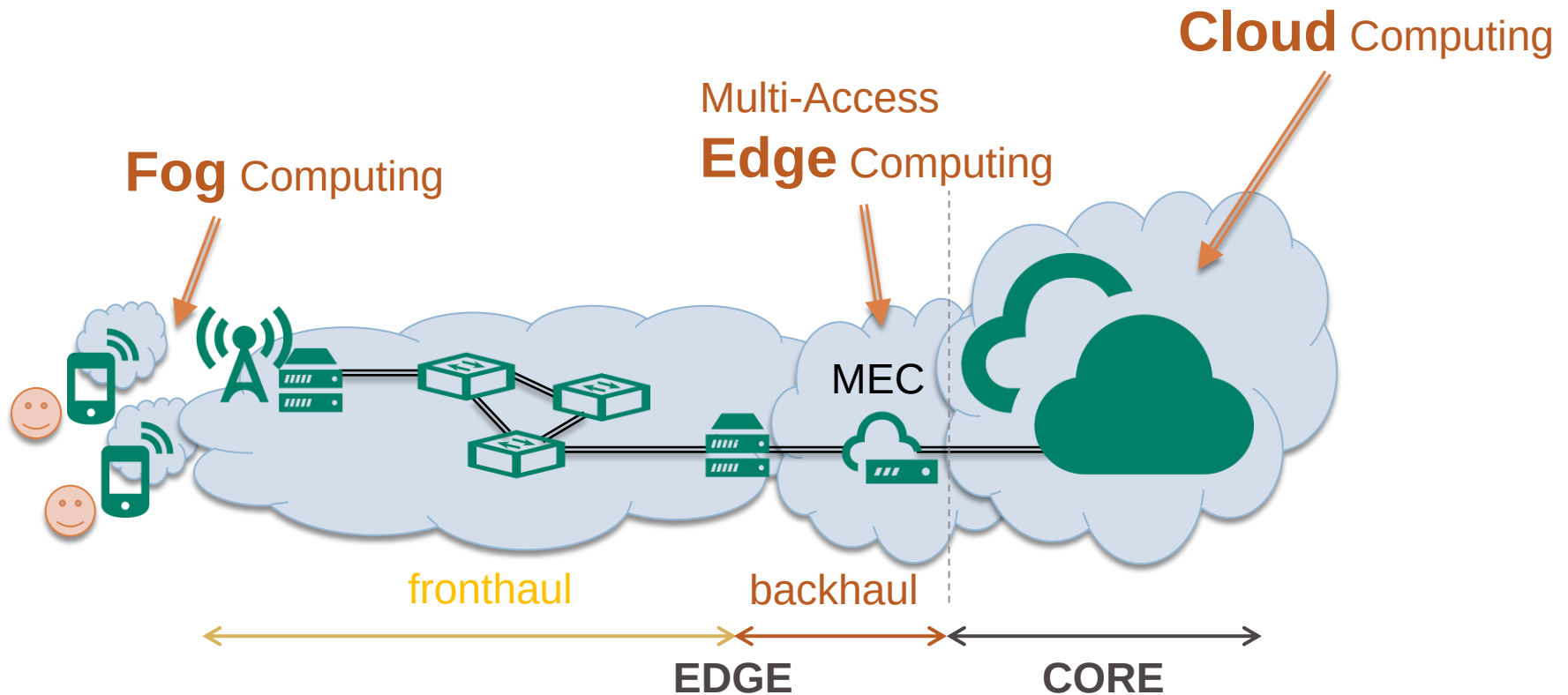
CORD – Caso de uso de SDN+NFV

36



Cloud, Edge y Fog computing

37



- La gestión de red está lejos de ser un problema resuelto
 - ▣ Escenarios de alta complejidad (tamaño de la red, dinamicidad)
 - ▣ Continuamente aparecen nuevos desafíos
- De momento, gran parte de la gestión es “humana”
 - ▣ Definición de políticas, estándares
 - ▣ La automatización se lleva a cabo
 - Cuando ya sabemos qué hacer
 - Para reducir la cantidad de información que debe procesar el humano
- Las técnicas de inteligencia artificial parecen prometedoras para llevar la automatización más lejos
- Las tecnologías SDN/NFV también facilitan dicha automatización