

# Proyecto de grado: Routers Reconfigurables de Altas Prestaciones

Rodrigo Amaro, Emiliano Viotti

Instituto de Computación  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de la República

Tutores: Dr. Eduardo Grampín, MSc. Martín Giachino

16 de agosto de 2015

# Agenda

- 1 Motivación
- 2 Definición del problema
- 3 Conceptos preliminares
- 4 Arquitectura propuesta
- 5 Implementación
- 6 Experimentación
- 7 Conclusiones
- 8 Trabajo a futuro

# Motivación

## Redes académicas

Internet no parece apropiada para su utilización en el contexto académico en el desarrollo de nuevos protocolos y servicios, investigación y la innovación en el área.



# Motivación

## Red Académica Uruguaya (RAU)

A nivel local, la RAU es un emprendimiento de la Universidad de la República administrado por el SeCIU con los objetivos de unir a las instituciones académicas nacionales en una red de alcance nacional y a través de ella conectarlas a Latinoamérica.

## RAU2

Remplazo de la actual red académica, es una red avanzada de altas prestaciones que estaría dotada de funciones de virtualización de redes flexibles en su definición y uso.



## Hardware comercial

Los equipos de red de backbone comerciales como HP, CISCO, Juniper son costos y generalmente de naturaleza cerrada. Las funcionalidades del hardware se restringen a las funcionalidades expuesta por una API propietaria.



## Definición del Problema

Construir un prototipo para la RAU2 utilizando como plataforma PCs con placas de red aceleradas en hardware reconfigurable NetFPGA y el enfoque de las Redes Definidas por Software (SDN).

# Definición del problema

## Definición del Problema

Construir un prototipo para la RAU2 utilizando como plataforma PCs con placas de red aceleradas en hardware reconfigurable NetFPGA y el enfoque de las Redes Definidas por Software (SDN).

## Resultados esperados

- Estado del arte en Redes Definidas por Software y hardware NetFPGA

# Definición del problema

## Definición del Problema

Construir un prototipo para la RAU2 utilizando como plataforma PCs con placas de red aceleradas en hardware reconfigurable NetFPGA y el enfoque de las Redes Definidas por Software (SDN).

## Resultados esperados

- Estado del arte en Redes Definidas por Software y hardware NetFPGA
- Prototipo de aplicación de gestión de red utilizando SDN y el hardware NetFPGA enfocado en los requerimientos recabados sobre la RAU2

# Definición del problema

## Definición del Problema

Construir un prototipo para la RAU2 utilizando como plataforma PCs con placas de red aceleradas en hardware reconfigurable NetFPGA y el enfoque de las Redes Definidas por Software (SDN).

## Resultados esperados

- Estado del arte en Redes Definidas por Software y hardware NetFPGA
- Prototipo de aplicación de gestión de red utilizando SDN y el hardware NetFPGA enfocado en los requerimientos recabados sobre la RAU2
- Diseño e implementación de pruebas de verificación para el prototipo construido

# Definición del problema

Que características se esperan del prototipo, ¿cuales son los requerimientos?

# Definición del problema

Que características se esperan del prototipo, ¿cuales son los requerimientos?

R: Veamos cuales son los posibles requerimientos de la RAU2

# Definición del problema

Que características se esperan del prototipo, ¿cuales son los requerimientos?

R: Veamos cuales son los posibles requerimientos de la RAU2

## Requerimientos

- ① Clasificación y separación de tráfico según categorías

# Definición del problema

Que características se esperan del prototipo, ¿cuales son los requerimientos?

R: Veamos cuales son los posibles requerimientos de la RAU2

## Requerimientos

- ① Clasificación y separación de tráfico según categorías
- ② Manejo de grandes volúmenes de datos

# Definición del problema

Que características se esperan del prototipo, ¿cuales son los requerimientos?

R: Veamos cuales son los posibles requerimientos de la RAU2

## Requerimientos

- ① Clasificación y separación de tráfico según categorías
- ② Manejo de grandes volúmenes de datos
- ③ Escalabilidad

# Definición del problema

Que características se esperan del prototipo, ¿cuales son los requerimientos?

R: Veamos cuales son los posibles requerimientos de la RAU2

## Requerimientos

- ① Clasificación y separación de tráfico según categorías
- ② Manejo de grandes volúmenes de datos
- ③ Escalabilidad
- ④ Red de entrega de contenidos

# Definición del problema

Que características se esperan del prototipo, ¿cuales son los requerimientos?

R: Veamos cuales son los posibles requerimientos de la RAU2

## Requerimientos

- ① Clasificación y separación de tráfico según categorías
- ② Manejo de grandes volúmenes de datos
- ③ Escalabilidad
- ④ Red de entrega de contenidos

# Definición del problema

Que características se esperan del prototipo, ¿cuales son los requerimientos?

R: Veamos cuales son los posibles requerimientos de la RAU2

## Requerimientos

- ① Clasificación y separación de tráfico según categorías
- ② Manejo de grandes volúmenes de datos
- ③ Escalabilidad
- ④ Red de entrega de contenidos

Problema demasiado grande!

(Ver como hacer para que al final dejar todo en gris y remarcar solo el requerimiento 1)

# SDN-Enfoque tradicional

SDN Es un enfoque arquitectónico alternativo al enfoque tradicional de redes.

Enfoque tradicional:

PHOTO

## Enfoque tradicional

La inteligencia y estado de la red se encuentra distribuida en los mismos dispositivos que reenvian la información

# SDN-Plano de control y plano de datos

## Plano de control

El plano de control donde reside la inteligencia de la red... robar de CRA

ejemplos son: algoritmos de ruteo tradicionales, OSPF, RIP, Firewalls

## Plano de datos

Definicion: Y mostrar imagen enfoque tradicional vs sdn

Solucion basada en el enfoque SDN

# OpenFlow

1 Transicion) Controlador o sistema operativo de red.(Plano de control) /\*  
Llamado el sistema operativo de la red, \*/ Software que ejecuta en  
hardware x86 (PC, Servidor) Ofrece una api de alto nivel a los  
programadores (NorthBound) para controlar la red. Cada operacion  
ofrecida por la api es traducida a reglas openflow y comunicadas por el  
canal openflow (SouthBound) hacia el dispositivo.

2 Transicion) Canal Openflow Entre el controlador y los dispositivos  
Protocolo OpenFlow Capa de aplicacion, corre sobre TCP  
Define mensajes - Controlador a dispositivo. - Asincronicos - Simetricos  
(keepalives,echos)

# OpenFlow

Dispositivo:

Dispositivo openflow-capable(Canal openflow, tablas)

Canal openflow

Tabla en un dispositivo: /\* Cabe destacar que mediante firmware.... uno de los porque del exito de openflow.. \*/

(Match field, mostrar imagen famosa) (Contador, estadisticas por flujo)

Instrucciones(Que hacer? reenviar ,modificar y reenviar, broadcast, multicast, normal).

# VPN

MPLS (Multilabel Protocol Switching) es la solución de facto para la implementación de servicios de VPN L2 y L3. Permite transportar tráfico mediante la conmutación de etiquetas.

Arquitectura:

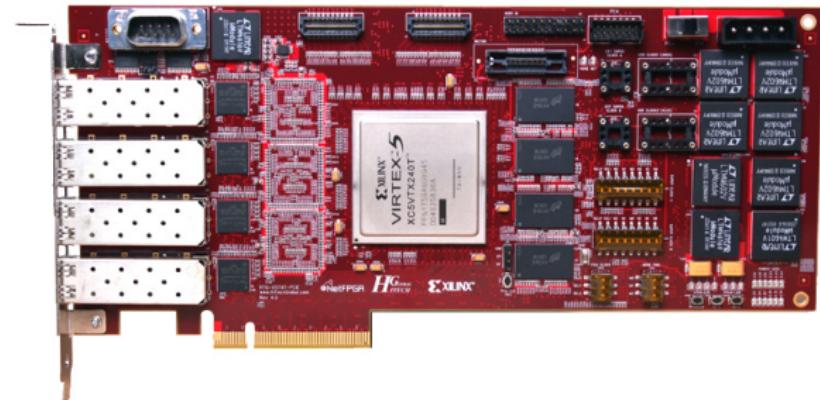
- Label: Etiqueta MPLS (20bits)
- Acción: Pop, Push y Swap
- LSP: Camino de conmutación de etiquetas
- FEC: Clase de equivalencia de tráfico
- LDP: Protocolo de distribución de etiquetas

# NetFPGA

Plataforma de hardware de red reconfigurable y software OpenSource.

Hardware: Placa PCI-E que cuenta con:

- ① Chip programable FPGA
- ② 15 GB RAM
- ③ 4 Puertos 10-Gigabit Ethernet



## Software

Proyectos de software OpenSource que permiten programar comportamientos de la placa

- ① Router IP
- ② Switch Ethernet
- ③ Placa de red convencional
- ④ Switch OpenFlow 1.0

# Arquitectura propuesta

- ¿Cómo implementamos clasificación de tráfico y separamos en categorías?

# Arquitectura propuesta

- ¿Cómo implementamos clasificación de tráfico y separamos en categorías?

R: Construyendo Redes Privadas Virtuales (VPNs)

# Arquitectura propuesta

- ¿Cómo implementamos clasificación de tráfico y separamos en categorías?

R: Construyendo Redes Privadas Virtuales (VPNs)

- ¿Cómo implementamos Redes Privadas Virtuales?

# Arquitectura propuesta

- ¿Cómo implementamos clasificación de tráfico y separamos en categorías?

R: Construyendo Redes Privadas Virtuales (VPNs)

- ¿Cómo implementamos Redes Privadas Virtuales?

R: Utilizando MPLS (Multilabel Protocol Switch)

# Arquitectura propuesta

- ¿Cómo implementamos clasificación de tráfico y separamos en categorías?

R: Construyendo Redes Privadas Virtuales (VPNs)

- ¿Cómo implementamos Redes Privadas Virtuales?

R: Utilizando MPLS (Multilabel Protocol Switch)

- ¿VPNs con MPLS en SDN?

# Arquitectura propuesta

- ¿Cómo implementamos clasificación de tráfico y separamos en categorías?

R: Construyendo Redes Privadas Virtuales (VPNs)

- ¿Cómo implementamos Redes Privadas Virtuales?

R: Utilizando MPLS (Multilabel Protocol Switch)

- ¿VPNs con MPLS en SDN?

R: OpenFlow!

# Arquitectura propuesta

Utilizamos OpenFlow porque:

- ① Es una implementación estándar y estable del enfoque SDN

# Arquitectura propuesta

Utilizamos OpenFlow porque:

- ① Es una implementación estándar y estable del enfoque SDN
- ② Adopción de fabricantes de hardware de red

Utilizamos OpenFlow porque:

- ① Es una implementación estándar y estable del enfoque SDN
- ② Adopción de fabricantes de hardware de red
- ③ Gran variedad de software compatible

Utilizamos OpenFlow porque:

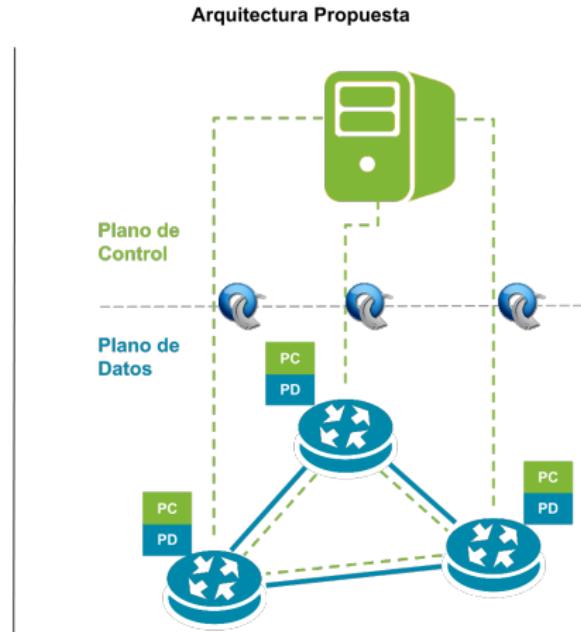
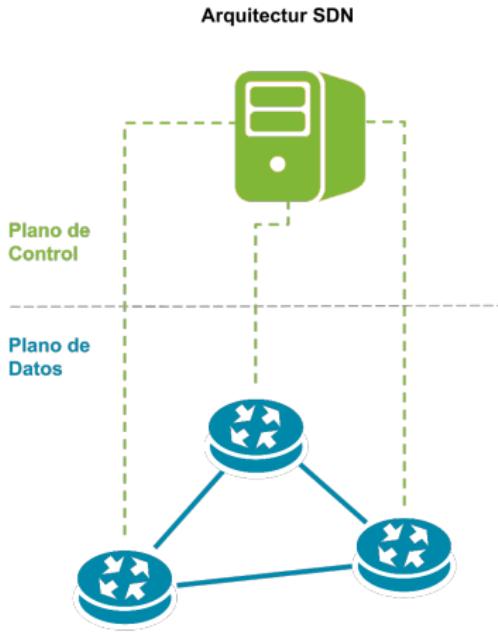
- ① Es una implementación estándar y estable del enfoque SDN
- ② Adopción de fabricantes de hardware de red
- ③ Gran variedad de software compatible
- ④ Esta implementada bajo la filosofía Open Source

Utilizamos OpenFlow porque:

- ① Es una implementación estándar y estable del enfoque SDN
- ② Adopción de fabricantes de hardware de red
- ③ Gran variedad de software compatible
- ④ Esta implementada bajo la filosofía Open Source
- ⑤ OpenFlow incorpora soporte para MPLS desde la versión 1.3.1 del protocolo

# Arquitectura propuesta

Se propone una arquitectura híbrida que combina el enfoque SDN con tecnologías actuales, basándose en la implementación de OpenFlow.



## Construir un switch OpenFlow

Se identifican dos alternativas utilizando hardware NetFPGA:

## Construir un switch OpenFlow

Se identifican dos alternativas utilizando hardware NetFPGA:

- ① Proyecto OpenFlow

## Construir un switch OpenFlow

Se identifican dos alternativas utilizando hardware NetFPGA:

- ① Proyecto OpenFlow
- ② Proyecto ReferenceNIC más implementación OF en software (Open vSwitch)

## Construir un switch OpenFlow

Se identifican dos alternativas utilizando hardware NetFPGA:

- ① Proyecto OpenFlow
- ② Proyecto ReferenceNIC más implementación OF en software (Open vSwitch)

(1) OpenFlow	(2) ReferenceNIC y OvS
Velocidad de procesamiento	Prototipación agil
Utilización del hardware	Tiempo libre para investigación
Conocimiento específico	No hay que utilizar HDLs
Licencias full	Licencias económicas

## Construir un switch OpenFlow

Se identifican dos alternativas utilizando hardware NetFPGA:

- ① Proyecto OpenFlow
- ② Proyecto ReferenceNIC más implementación OF en software (Open vSwitch)

(1) OpenFlow	(2) ReferenceNIC y OvS
Velocidad de procesamiento	Prototipación agil
Utilización del hardware	Tiempo libre para investigación
Conocimiento específico	No hay que utilizar HDLs
Licencias full	Licencias económicas

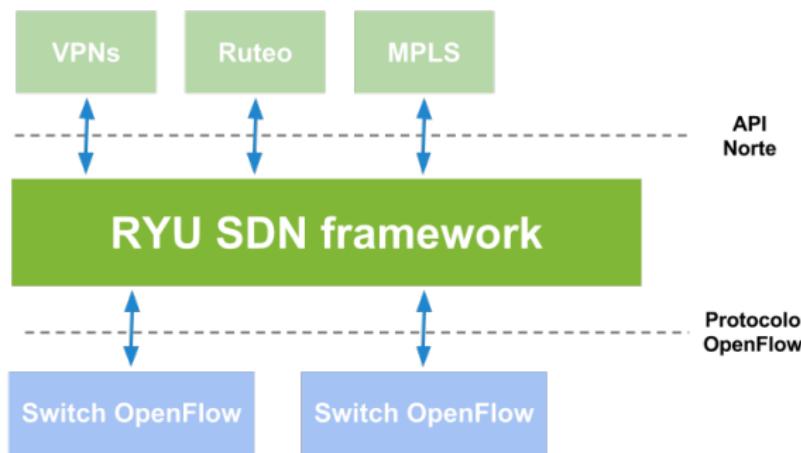
## (2) ReferenceNIC y OvS!

# Arquitectura de la solución

## Controlador

Utilizamos Ryu como software de control SDN

- Compatible con OF hasta v1.4
- Académico, sencillo, liviano
- Libre y Open Source



## Algoritmo de ruteo

- Calculo de rutas en base a IP
- Utilizamos OSPF para la construcción de una base de datos topológica (LSDB)
- Cada nodo en la red incluyendo el controlador ejecutan un demonio OSPF de la herramienta Quagga
- Algoritmo de ruteo como App SDN en el controlador, toma información de la LSDB

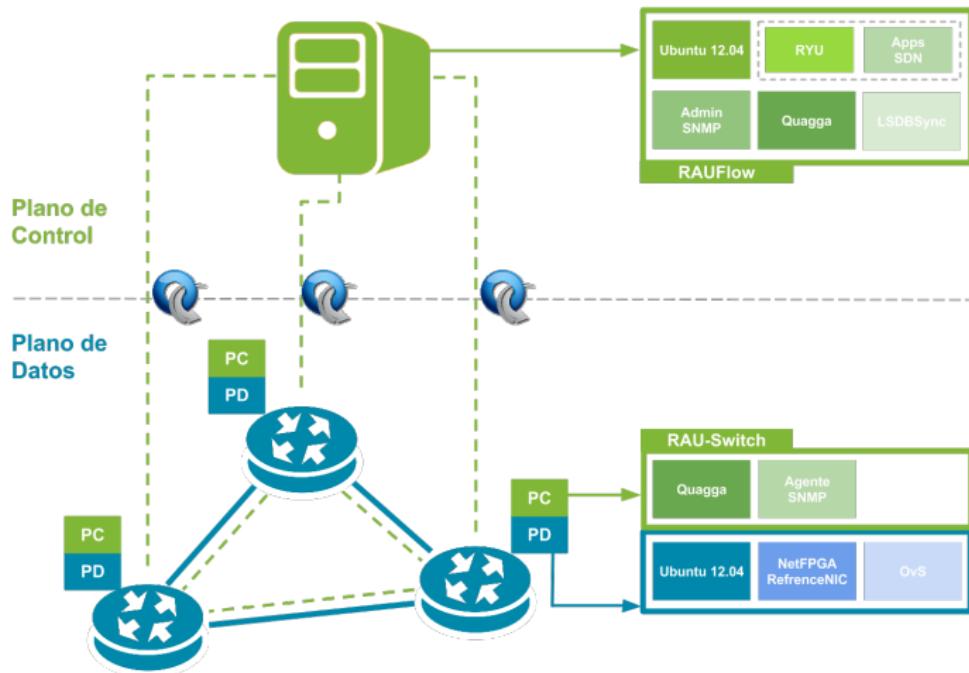
## Agente SNMP

OpenFlow no prevé un mecanismo para informar al plano de control direccionamiento IP de un puerto en un dispositivo.

**Solución:** Utilizamos un agente SNMP en cada nodo de la red para obtener mapeo entre puertos OF y direcciones IP

# Arquitectura de la solución

## Arquitectura propuesta

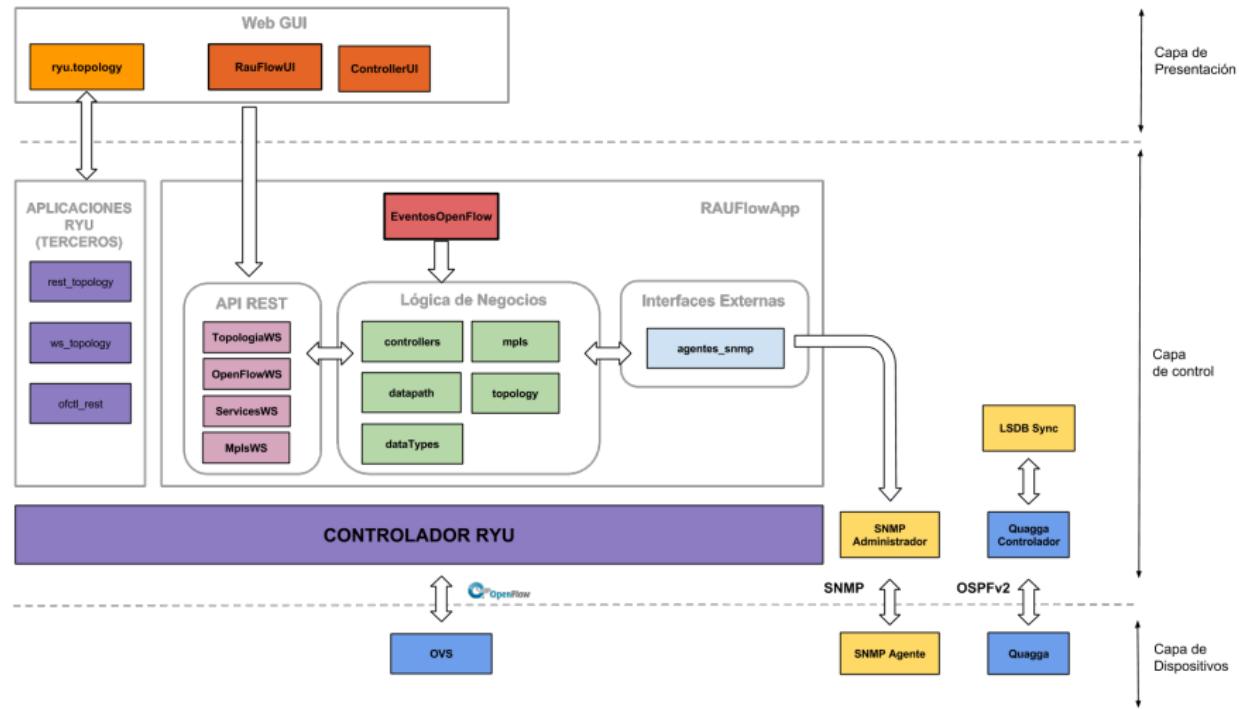


# Implementación

Se implementaron dos componentes:

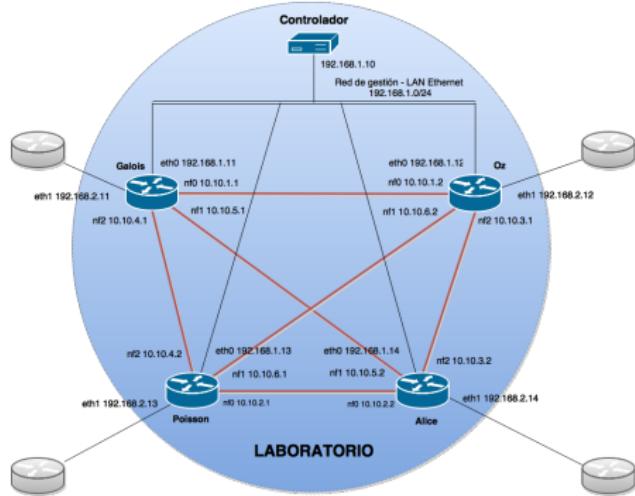
- ① RAU-Switch: Dispositivo de red compatible con el protocolo OpenFlow
- ② RAUFlow: Conjunto de aplicaciones de gestión de redes, implementan plano de control en el prototipo

# Implementación



# Experimentación

Se construye un laboratorio de experimentación compuesto por 4 nodos RAU-Switch conectados mediante enlaces ópticos de alta velocidad en una topología full Mesh.



# Experimentación

Mediante la definición de servicios en la aplicación RAUFlow, se configuran dos tipos de redes privadas:

- ① VPN L3 multipunto
- ② VPN L2 punto a punto

## VPN L3:

Se configuran dos escenarios:

- ① Una organización con tres sucursales físicamente separadas
- ② Dos organizaciones con dos sucursales físicamente separadas cada una

Las principales características de la implementación son:

- Reducción del MTU en 64bits (2 cabezales MPLS)
- Clasificación de tráfico basada en campos del cabezal OpenFlow
- Aislamiento del espacio de direcciones IP

# Experimentación

## VPN L2:

Se configuran un único escenario: Una organización con dos sucursales físicamente separadas.

Las principales características de la implementación son:

- Reducción del MTU en 64bits (2 cabezales MPLS)
- Soporte para un conjunto de 43 ethertypes diferentes
- Se probó diferentes protocolos como ARP, IPv4 IPv6 e IP con tags de VLAN

# Conclusiones

- Se realizó una investigación en profundidad del estado del arte de las redes definidas por software (SDN) y la plataforma de hardware NetFPGA.

# Conclusiones

Se implementó un prototipo de red de backbone utilizando el hardware NetFPGA y el enfoque SDN:

- **RAUswitch** Se construyó un router de backbone IP/MPLS compatible con el protocolo OpenFlow y OSPF utilizando el hardware NetFPGA
- **RAUflow** Se implementó una aplicación de gestión de red utilizando el enfoque SDN con funcionalidades para la definición de redes privadas virtuales
  - Redefinición del concepto de FEC
  - Clasificación de tráfico mediante protocolo OpenFlow 1.3.1
  - Algoritmo de ruteo dinámico SPF centralizado

# Conclusiones

Se construyó un laboratorio de pruebas para la verificación del prototipo:

- Se ejecutaron pruebas funcionales
- Se implementaron dos casos de uso:
  - VPN L3 multipunto
  - VPN L2 punto a punto

# Conclusiones

- Se confeccionó un manual para la construcción del dispositivo RAUswitch
- Se contribuyó a la comunidad NetFPGA reportando dos BUGs
- Se escribió un artículo científico el cual fue aceptado en la conferencia Latin American Network Operations and Management Symposium (LANOMS) 2015
- Se generó un grupo de trabajo (GT SDNUY) uniendo profesionales del SeCIU, Centro de Capacitación y Desarrollo de ANTEL y del Centro Universitario de la Región Este (CURE)

# Trabajo a futuro

Se identifican las siguientes líneas de trabajo a futuro:

- Extender el proyecto OpenFlow de la plataforma NetFPGA para soportar al menos la versión 1.3.1 del protocolo OpenFlow
- Extender el algoritmo de ruteo SPF para implementar un CSPF
- Incorporar en RAUFlow la capacidad de soportar múltiples caminos para un mismo Servicio, balanceo de carga, QoS e Ingeniería de tráfico

# Trabajo a futuro

Otras posibles líneas:

- Agregar una capa de persistencia para ciertos datos
- Investigar la escalabilidad de RAUflow en topologías de red realistas
- Construir una jerarquía de controladores e investigar el impacto en el rendimiento
- Incorporar más dimensiones a la definición de un servicio (tiempo)

# ¿Preguntas?