



**PROYECTO INTERNO PII-15-14**

**"Utilización de una SDN para la implementación de la solución al problema shared bottleneck del protocolo MP-TCP (MultiPath - TCP)"**

En la ciudad de Quito D.M., a los veinte y cuatro días del mes de noviembre del año dos mil diecisiete, comparecen a la celebración de la presente Acta de Finalización del Proyecto Interno **PII-15-14 "Utilización de una SDN para la implementación de la solución al problema shared bottleneck del protocolo MP-TCP (MultiPath - TCP)"**, por una parte el **Dr. Alberto Celi Apolo** en calidad de **Vicerrector de Investigación y Proyección Social** de la Escuela Politécnica Nacional, y por otra el **Dr. Iván Bernal** en calidad de Director del Proyecto Interno, al tenor de lo siguiente:

**1. ANTECEDENTES:**

- a) El 4 de mayo de 2015, al amparo de lo dispuesto por el Consejo de Investigación y Proyección Social (CIPS), mediante Resolución Nro. 34, se aprueba el cronograma para la convocatoria de proyectos de investigación 2015.
- b) Una vez realizado el proceso de evaluación de los proyectos de investigación de la convocatoria 2015, en sesión ordinaria del 21 de septiembre de 2015 y al amparo de lo dispuesto por el CIPS, mediante Resolución Nro. 53, se resuelve aprobar el informe final de los proyectos de investigación propuestos de la convocatoria 2015, entre ellos el denominado: "Utilización de una SDN para la implementación de la solución al problema shared bottleneck del protocolo MP-TCP (MultiPath - TCP)" presentado por el Dr. Iván Marcelo Bernal Carrillo.

**2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO INTERNO PII-15-14:**

<b>Código de Proyecto</b>	<i>PII-15-14</i>
<b>Nombre del Proyecto</b>	<i>Utilización de una SDN para la implementación de la solución al problema shared bottleneck del protocolo MP-TCP (MultiPath - TCP)</i>
<b>Director del Proyecto</b>	<i>Dr. Iván Marcelo Bernal Carrillo</i>
<b>Departamento</b>	<i>Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información (DETRI)</i>
<b>Línea de Investigación</b>	<i>Software de Comunicación de Datos</i>
<b>Objetivo</b>	<i>Emplear los principios de las SDN para implementar un analizador de MP-TCP y un módulo para abordar el problema de shared bottleneck.</i>
<b>Duración del Proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inicio: 4 de noviembre del 2015.</li><li>• Fin: 3 de noviembre del 2016.</li><li>• Prórroga: 2 meses, del 4 de noviembre del 2016 al 3 de enero del 2017.</li><li>• Duración total: 14 meses.</li></ul>
<b>Entrega del Informe Final</b>	<i>2 de agosto del 2017, (7 meses)</i>
<b>Presupuesto asignado</b>	<i>\$00,00 USD</i>





### 3. INFORME FINAL:

Mediante Memorando No. EPN-PII-15-14-2017-0003-M del 02 de agosto del 2017, el Director del Proyecto, Dr. Iván Marcelo Bernal Carrillo presenta para aprobación el Informe Final del proyecto Interno PII-15-14. La Dirección de Investigación y Proyección Social de la Escuela Politécnica Nacional procedió a la revisión del informe final presentado, y emitió un informe de observaciones, el cual fue notificado mediante Memorando Nro. EPN-DIPS-2017-0161-M.

El Director del proyecto presenta el Informe Final con los cambios sugeridos mediante Memorando Nro. EPN-PII-15-14-2017-0004-M con fecha 6 de noviembre de 2017, mismo que es revisado por el Vicerrectorado de Investigación y Proyección Social y que se anexa a la presente acta y forma parte integrante de la misma, cuyas conclusiones, recomendaciones y productos generados son:

### CONCLUSIONES:

- a) La idea fundamental empleada en el desarrollo del analizador y de la solución del problema del cuello de botella fue la de instalar reglas proactivas en los dispositivos para derivar todo tráfico TCP hacia un controlador en donde se ejecuta el código desarrollado en Java que discrimina los mensajes MP – TCP, para ya sea analizarlos o corregir el problema del cuello de botella compartido.
- b) Para el caso del Analizador del protocolo MP – TCP, se empleó a más de las reglas proactivas, un conjunto de reglas reactivas en los dispositivos para minimizar el impacto del proceso de inundación (flooding) empleado por las reglas proactivas. Además, para el Analizador, luego de procesar los mensajes MP – TCP se los presenta en una interfaz gráfica.
- c) Se dispone de un analizador para el protocolo MP – TCP que incluye una interfaz gráfica. El Analizador fue sometido a pruebas funcionales con equipos virtualizados y reales y empleando varias topologías, entre las cuales se contemplaron topologías con lazos. Se realizaron pruebas adicionales para evaluar algunos parámetros de rendimiento. Se deseaba determinar la dependencia del throughput o tasa efectiva de transferencia entre los hosts que establecen la conexión MP – TCP respecto del límite de pps (packets per second) en la interfaz entre los switches SDN y el controlador. Entre los resultados relevantes, se determinó que, con los equipos utilizados para las pruebas y para la topología lineal empleada, a medida que se incrementa el límite de los pps permitidos (entre 500 y 2000 pps) se incrementa el throughput entre los hosts (entre 3.2 y 12.7 Mbps) y disminuye el tiempo necesario para completar la tarea de transferir mediante FTP un archivo de 25 MB (entre 81 y 19 segundos). Además, se determinó que el tiempo promedio para decodificar un mensaje MP – TCP en nuestra implementación está en el orden de 145  $\mu$ s.
- d) La idea presentada en el artículo publicado por el grupo de trabajo de la Universidad Federal de San Carlos de Brasil para solucionar el problema del cuello de botella compartido (shared bottleneck) de MP – TCP e implementada con Python para el controlador POX, fue la base para el desarrollo de nuestra implementación del módulo para el controlador OpenDayLight. La implementación en OpenDayLight requirió entender la arquitectura y principios del uso de este controlador complejo y de los servicios que ofrece para determinar la estructura del módulo y su posterior codificación en el lenguaje Java. El módulo del controlador desarrollado en OpenDayLight incluye la





implementación del Algoritmo de Dijkstra; además, el algoritmo del artículo consultado fue modificado para distribuir un número de subflujos que el número de caminos disponibles y, adicionalmente, proporcionar soporte para manejar múltiples conexiones MP – TCP concurrentes.

- e) El controlador OpenDayLight es una plataforma robusta pero compleja y requirió un largo procesado de aprendizaje para entender la arquitectura, los servicios ofrecidos y el conjunto de herramientas de desarrollo (maven, pom files, Yang tolos, etc.) hasta ser capaces de crear nuevos módulos.
- f) La implementación del analizador y la solución del cuello de botella compartido con SDN del proyecto PII-15-14 ha sido fundamental para la selección de la aplicación a ser empleada como parte del despliegue de una función de red virtualizada (NFV) en el Proyecto Junior PIJ-15-23 que trata sobre SDN, NFV, virtualización de redes y nubes de cómputo.

#### **RECOMENDACIONES:**

- a) Al momento se recomienda continuar el trabajo para realizar optimizaciones del código del Analizador MP-TCP para disminuir el tiempo de procesamiento de cada paquete TCP recibido en el controlador y algunas pruebas de compatibilidad con otros módulos de OpenDayLight, tanto para el Analizador, así como para la solución al problema del cuello de botella compartido.
- b) Extender las ideas planteadas en el analizador para tener monitorización basada en SDN para múltiples protocolos.
- c) Combinando las ideas desarrolladas para los dos módulos creados para OpenDayLight, el analizador del protocolo MP-TCP y la solución al problema de botella, se puede construir un Gateway MP-TCP basado en SDN que permita a hosts usando TCP tradicional y una sola interfaz de red, aprovechar múltiples caminos en la infraestructura del proveedor de servicios para obtener incrementos de la velocidad efectiva de transmisión y mayor robustez de forma transparente al usuario final.

#### **PRODUCTOS:**

1. Publicación: "Developing a Multipath - TCP Analyzer using Software Defined Networking"; Bernal Ivan, Mejía David, Cajas Carlos, Valdivieso Christian; revista LACCEI; julio 2017.
2. Publicación: "Simulación en NS3 del problema denominado cuello de botella compartido (shared bottleneck) que se presenta en el protocolo MP-TCP"; Valdivieso Pizón Christian Alexander, Cajas Guijarro Carlos David, Mejía Navarrete Raúl David, Bernal Carrillo Iván Marcelo; ISSN: 2387-0893; revista: RITI: Revista de Investigación en Tecnologías de Información; junio 2017.
3. Publicación: "On programming an MP-TCP Analyzer Plugin using OpenDayLight Beryllium as the SDN Controller"; Cajas Carlos, Valdivieso Christian, Mejía David, Bernal Iván; revista: ETCM: IEEE - Second Ecuador Technical Chapters Meeting.
4. Enviado para publicación: "Implementación de Prototipos de Red Empleando MultiPath-TCP (MP-TCP)"; Valdivieso Christian, Cajas Carlos, Mejía David, Bernal Iván; ISSN: 15480992; revista: IEEE Latin America Transactions (cuartil Q2).
5. Proyecto de titulación: "Implementación de un Analizador MP-TCP (Multipath-TCP) empleando un Red Definida por Software"; Cajas Guijarro Carlos David, Valdivieso Pinzón Christian Alexander; <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17266>; abril 2017.





6. Tesis de maestría en ejecución: "Implementación de una solución para el problema shared bottleneck del protocolo MP-TCP utilizando SDN sobre una infraestructura de computación en la nube"; Becerra Camacho Fernando Vinicio.
7. Seminario: "Seminario IB (IEE421)"; Bernal Iván; dirigido a estudiantes de grado sobre la temática de SDN y OpenDay Light, 16 horas.
8. Conferencia: "Developing a Multipath-TCP Analyzer using Software Defined Networking"; Bernal Iván; 15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology; julio 2017.
9. Conferencia: "On Programming an MP-TCP Analyzer Plugin using OpenDayLight Beryllium as the SDN Controller"; Bernal Iván; IEEE - Second Ecuador Technical Chapters Meeting, ETCM 2017, Salinas, Ecuador.
10. Propuesta de un Nueva Propuesta de Investigación: "Desarrollo de un testbed de computación en la nube para implementar prototipos de funciones nfv y aplicaciones para sdn", proyecto junior: PIJ-15-23.

#### 4. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA:

El Proyecto Interno PII-15-14 no contó con asignación presupuestaria del Vicerrectorado de Investigación y Proyección Social.

#### 5. FINALIZACIÓN:

Con la presente Acta se declara finalizado y cerrado el Proyecto Interno PII-15-14 "**Utilización de una SDN para la implementación de la solución al problema shared bottleneck del protocolo MP-TCP (MultiPath - TCP)**".

Para constancia de lo ejecutado y por estar de acuerdo con el contenido de la presente Acta, las partes libre y voluntariamente suscriben la misma, en tres ejemplares de igual contenido, tenor y valor legal.

Dado en la ciudad de Quito, D.M. a los veinte y nueve días del mes de noviembre del año dos mil diecisiete.

  
Dr. Alberto Celi  
Vicerrector de Investigación  
y Proyección Social



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
Y PROYECCIÓN SOCIAL

  
Dr. Iván Bernal C.  
Director del Proyecto  
PII-15-14

dp/cc

*Realizado el 11 Dic 2017*

