

Propuesta de optimización de la red IP/MPLS para la integración de servicios con alta disponibilidad

Optimization proposal of the IP/MPLS network for the integration of services with high availability

Ing. Beatriz García Ávila^{1*}, Ing. Ricardo Reyes Fábregas²

Recibido: 11/2017 | Aceptado: 02/2018

PALABRAS CLAVE

Backbone IP/MPLS
tecnología WiFi
red IPTN
alta disponibilidad

RESUMEN

El desarrollo de las telecomunicaciones en Cuba ha posibilitado diversificar los servicios e incrementar su número de forma progresiva. Actualmente, se presta especial atención a los servicios de acceso a Internet, que comenzaron a expandirse con la apertura de salas de navegación, seguido de la tecnología *Wireless Fidelity* y recientemente, con la introducción de la 3G y 4G de telefonía móvil. Debido a esto, la cantidad de usuarios se ha incrementado aceleradamente en pocos años, asumiendo la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba, el compromiso y la responsabilidad de ofrecer el mejor servicio posible. Para lograrlo, se requiere optimizar sistemáticamente la red nacional de datos. El presente trabajo se centra en el backbone Internet Protocol/Multiprotocol Label Switching y el mejoramiento de la conectividad de los servicios de acceso a Internet vía *Wireless Fidelity* y de telefonía móvil en función de elevar la disponibilidad. Se analizaron los escenarios reales en cada caso y las ventajas e inconvenientes de implementar distintos mecanismos seleccionados para mejorar la disponibilidad. El resultado alcanzado se basa en la combinación de diferentes protocolos que aceleran la detección de fallos y garantizan la protección de extremo a extremo de los servicios en cuestión ante interrupciones de equipos o enlaces, minimizando la pérdida de paquetes y constituyendo una solución económicamente factible.

KEYWORDS

IP/MPLS backbone
WiFi technology
IPTN network
high availability

ABSTRACT

The development of telecommunications in Cuba has made it possible to diversify services and increase their number progressively. Today special attention is paid to Internet access services, which began to expand with the opening of navigation rooms, then through wireless fidelity technology and, recently, with the introduction of the third and fourth generation of mobile telephony. The number of users has increased rapidly in a few years and the Telecommunications Company of Cuba has the commitment and responsibility to offer the best possible service. to achieve this, it is necessary to systematically optimize the national data network. The present

1* Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A. La Habana, Cuba. beatriz.garcia@etecsa.cu

2 Centro Nacional de Investigaciones Científicas. La Habana, Cuba. ricardo.reyes@cnic.edu.cu

work focuses on the Internet Protocol / Multiprotocol Label Switching backbone and the improvement of the connectivity of Internet access services via Wireless Fidelity and mobile telephony in order to increase availability. We analyzed the real scenarios in each case and the advantages and disadvantages of implementing different mechanisms selected to improve availability. The result achieved is based on the combination of different protocols that accelerate the detection of failures and guarantee the end-to-end protection of the services in question when equipment or links are interrupted, minimizing the loss of packages and constituting an economically feasible solution.

Introducción

La red *Internet Protocol/Multiprotocol Label Switching* (IP/MPLS) de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA) está compuesta por enrutadores de borde y de núcleo del fabricante Huawei. La estructura de la red garantiza que cada enrutador de borde esté conectado a dos enrutadores de núcleo, ubicados en dos planos de tráfico diferentes. Por el *backbone* transitan varios tipos de servicios como: el acceso a Internet, tanto dedicado como conmutado, desde salas de navegación, puntos de acceso *Wireless Fidelity* (WiFi) y *Asymmetric Digital Subscriber Line* (ADSL) y otros como: *Voice over IP* (VoIP) y de *Virtual Private Networks* (VPN).

Este trabajo se enfoca en la solución a dos problemas fundamentales:

El primero está asociado al servicio de acceso a Internet vía WiFi, el cual no se concibió para aplicaciones en tiempo real, como IMO, WhatsApp y WeChat, por eso no posee redundancia en sus conexiones. Debido a la masividad de usuarios que optan comunicarse por estos medios, se requiere garantizar la disponibilidad de este servicio.

El segundo está relacionado con la introducción en el territorio nacional de nuevos servicios de telefonía móvil, los cuales aumentarán tanto el volumen de tráfico como los requerimientos de anchos de banda. La red móvil de transporte IP, llamada *Internet Protocol Transport Network* (IPTN) no se encuentra en condiciones de asumir estos cambios, razón que motivó la migración del tráfico móvil hacia el *backbone* IP/MPLS. Debido a la importancia de este servicio se requiere garantizar su protección.

Para enfrentar estos crecimientos, en ambos casos, se requiere de cambios en la topología lógica de la red actual, así como en las configuraciones del equipamiento.

El objetivo de este trabajo es optimizar la red IP/MPLS para garantizar el crecimiento de servicios con alta disponibilidad.

Materiales y métodos

Para la realización de este trabajo se efectuó un estudio descriptivo sobre el estado de los servicios de acceso a Internet vía WiFi y de telefonía móvil. Se evaluaron diferentes opciones para proteger el tráfico WiFi, así como la incorporación segura de tráfico al *backbone* IP/MPLS procedente de la red de telefonía móvil. El análisis se enfocó en las principales ventajas y desventajas de cada método, con el fin de encontrar el mecanismo que representa la solución adecuada para cada caso. Mediante la simulación con el software eNSP de los escenarios analizados, se verificó que los fundamentos teóricos de los protocolos de alta disponibilidad empleados corresponden con el funcionamiento obtenido en la práctica.

Se utilizó el método teórico, el cual se pone de manifiesto en la revisión bibliográfica realizada sobre el tema. Los métodos sistémico e inductivo se emplearon en la identificación y síntesis de los problemas asociados al *backbone* IP/MPLS, así como en la propuesta de solución. El método empírico permitió el desarrollo de simulaciones y análisis de los resultados.

Resultados y discusión

Agregación del tráfico WiFi al *backbone* IP/MPLS

En América Latina, a pesar de que el tiempo promedio de disponibilidad de la redes 3rd Generation (3G) y 4th Generation (4G) es bastante elevado, WiFi

es la forma de conexión a Internet más empleada (TeleSemana, 2016).

Más de media docena de países latinoamericanos han implementado zonas dotadas con WiFi en lugares públicos, tal es el caso de Cuba donde el servicio se encuentra dispuesto de la siguiente forma:

En las áreas públicas se distribuyen los puntos de acceso, los cuales son agrupados en el conmutador S9306 de agregación de la provincia. Este equipo no solo reúne el tráfico WiFi sino también el tráfico de otros servicios en el territorio. Este conmutador se conecta mediante enlaces que viajan por las redes de transmisión al conmutador S9306 del punto de presencia más cercano, donde se agrupan los servicios de esa zona. A su vez, el S9306 del punto de presencia se conecta al ME60, enrutador de borde de la red IP/MPLS que posee funciones de traducción de direcciones a gran escala y de servidor de acceso remoto de banda ancha en el servicio WiFi (Cruz, 2016). Figura 1

En esta conexión, figura 1, si se produce un fallo en cualquiera de los enlaces, el servicio queda indisponible.

Escenario modificado para soluciones dual-homed

Para solucionar esta problemática, se analizaron varios mecanismos de alta disponibilidad, aplicables en escenarios dual-homed. Para esto se necesitó realizar un cambio en la topología, quedando de la siguiente manera:

Conectando el S9306 de la provincia al S9306 de otro punto de presencia, se obtiene la topología para

evaluar las diferentes soluciones. De esta forma existirían dos caminos hacia el mismo destino, la red IP/MPLS.

El primer protocolo que se consideró aplicar fue *Enhanced- Virtual Router Redundancy Protocol* (E-VRRP), que es la combinación de VRRP con *Bidirectional Forwarding Detection* (BFD), para acelerar el tiempo de convergencia del protocolo VRRP. Este mecanismo se configura en los enrutadores, de forma tal que sean vistos lógicamente como uno solo por el terminal de usuario, pero físicamente el tráfico se encamina hacia el enrutador seleccionado como máster. (Huawei Technologies Co., 2012) Figura 2

El protocolo E-VRRP en este escenario tiene como inconveniente que cuando se interrumpe el enlace entre los conmutadores en el camino principal, no es capaz de funcionar correctamente, pues los enrutadores no actualizan sus estados de master y backup.

Esta situación es resuelta por el protocolo Monitor-Link, que configurado en el enrutador S9306 del camino primario vigila el enlace que ocasiona la dificultad y reproduce el estado de indisponibilidad en la otra interfaz, siendo conmutado luego hacia el camino de respaldo todo el tráfico provincial, tanto WiFi como de otros servicios. (Huawei Technologies Co., 2012)

Este procedimiento afecta además todo el tráfico que concentra el conmutador del punto de presencia del trayecto principal ya que, si se declara como indisponible el enlace entre este y el enrutador ME60, todo el tráfico de este territorio se pierde. Por estos inconvenientes se descartó este protocolo como solución a este problema.

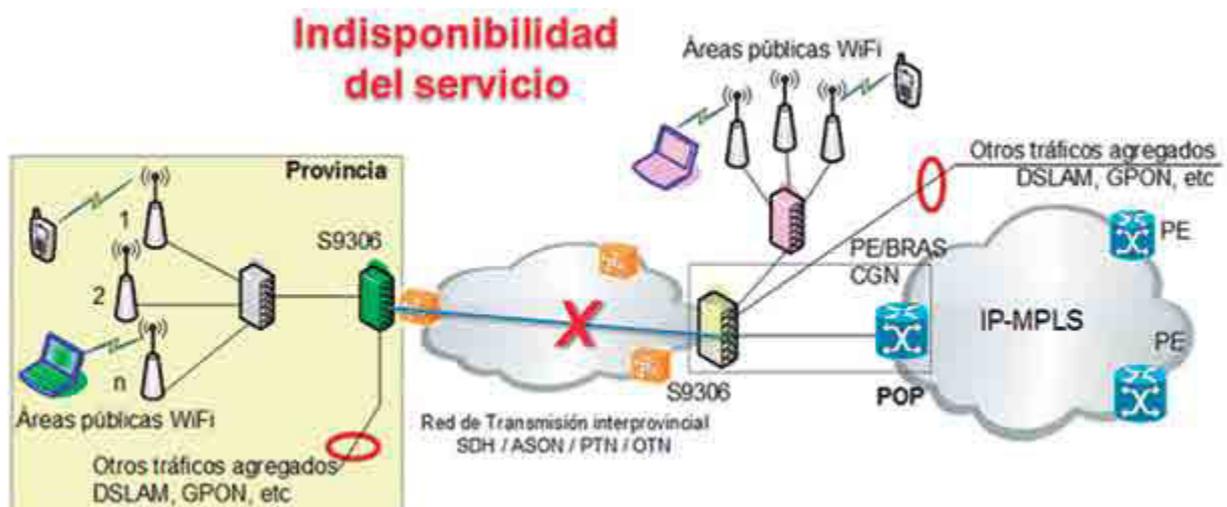


Figura 1. Agregación del tráfico WiFi al backbone IP/MPLS.

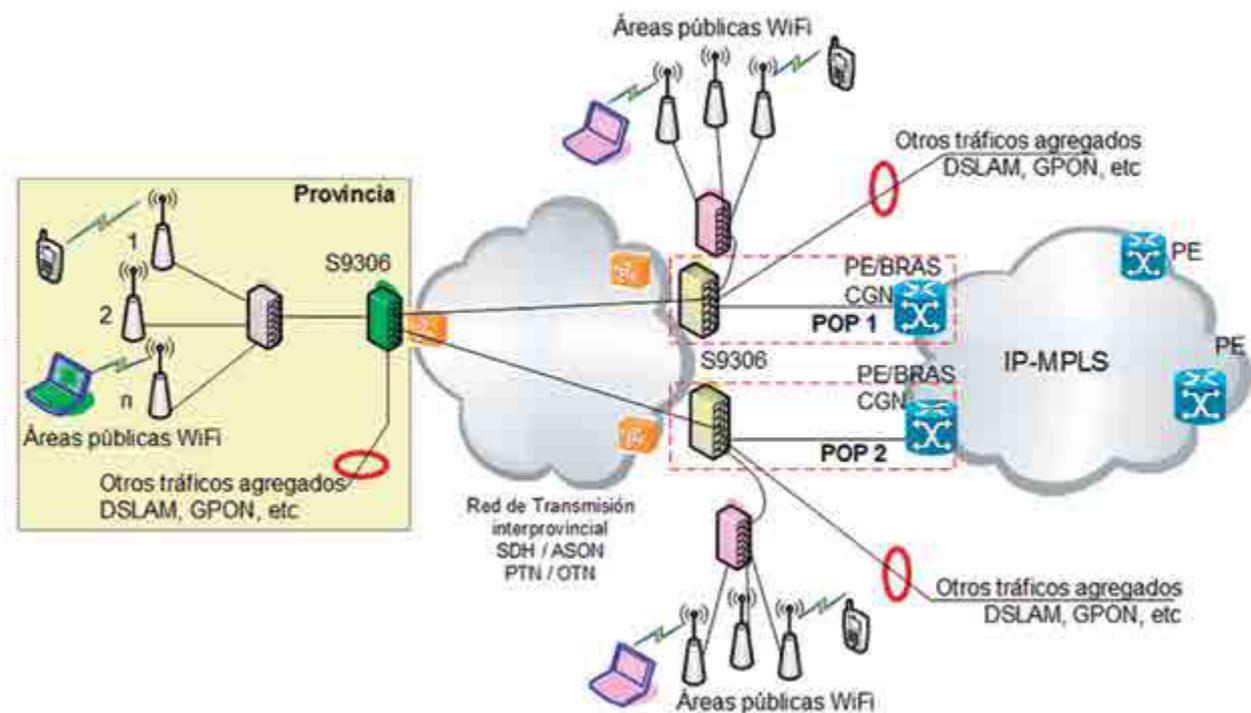


Figura 2. Escenario modificado para soluciones *dual-homed*.

Se analizó también el mecanismo E-Trunk, el cual consiste en establecer un enlace lógico a partir de enlaces físicos hacia dos caminos diferentes. Este protocolo no se ajusta a la situación porque fue concebido para operar en VPLS, que son VPN de capa 2, y en este caso el tráfico WiFi se direcciona a una VPN de capa 3 en la red IP/MPLS.

Por esto también se descartó E-Trunk como una posible solución.

Otra variante es emplear el protocolo Smart Link en el conmutador de la provincia, seleccionando una interfaz para transmitir los datos y reservando otra en caso de indisponibilidad del trayecto primario, en morado se pueden observar las interfaces que se configuran, figura 2.

Si ocurre una interrupción en el enlace entre el conmutador del punto de presencia y el enrutador, este protocolo no puede conmutar el tráfico hacia el camino de respaldo, por lo que se emplea conjuntamente con el Monitor Link para resolver esta dificultad. Esto tiene como inconveniente: que todo el tráfico provincial es conmutado, afectando a los servicios ajenos al de WiFi.

Esto condujo a la determinación de que en vez de emplear este escenario para brindar una solución de disponibilidad, se refuerce el enlace más vulnerable a interrupciones sin necesidad de realizar cambios en el escenario original.

Eth-Trunk entre conmutadores S9306

Todos los escenarios que son mostrados a continuación fueron tomados de las simulaciones realizadas en el Simulador eNSP, versión 1.2.00.500, de Huawei (Huawei. eNSP Help).

Con la agregación de enlaces Ethernet en el segmento de la transmisión, garantizando que los enlaces pertenecientes al tronco se encuentran en caminos físicos diferentes, se disminuye la probabilidad de interrupción del servicio (Huawei, 2015). Esta solución es sencilla de configurar, aumenta el ancho de banda del enlace y satisface la necesidad de proteger la conexión. Para implementar esta solución se requiere disponer de interfaces físicas, tanto en los equipos de transmisión como en los conmutadores y del cableado para realizar las conexiones entre los conmutadores S9306. Figura 3

Solución de conectividad empleando E-VRRP

Otra solución al problema sería implementar el protocolo E-VRRP pero realizando los siguientes cambios: se deben dedicar enlaces al tráfico del servicio de acceso a Internet vía WiFi y las conexiones desde el conmutador provincial hacia los enrutadores deben ser directas. De esta forma no se comprometen otros tráficos cuando se produce la conmuta-

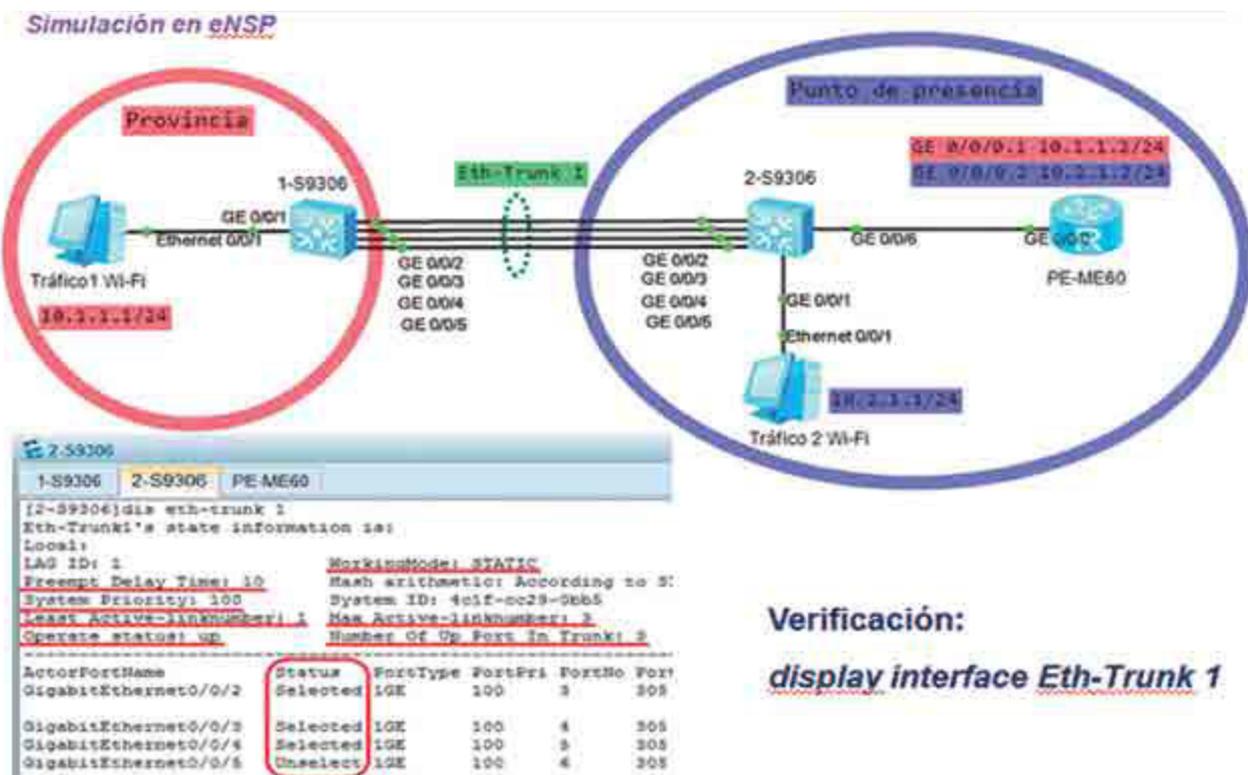


Figura 3. Eth-Trunk entre conmutadores S9306.

ción hacia el camino de respaldo y se evita el empleo del protocolo Monitor Link en los conmutadores del punto de presencia, respondiendo a los objetivos iniciales de proteger este servicio. Figura 4

Actualmente se produce la renovación de los enrutadores de la red IP/MPLS, proceso que facilitará la implementación de la propuesta, pues en el caso de que no existan las interfaces suficientes para realizar las conexiones directas hacia los enrutadores ME60, los nuevos PE modelo NE40E-X8 del fabricante

Huawei, que se ubicarán en los puntos de presencia también poseen la funcionalidad de *Carrier Grade Network Address Translation (CGN)* y se podrían conectar los enlaces directo a estos equipos.

Crecimiento de los usuarios del servicio de telefonía móvil en Cuba

El otro problema a resolver, es la conexión de la red de los servicios móviles con el *backbone IP/MPLS* para garantizar la protección del tráfico de la red IPTN

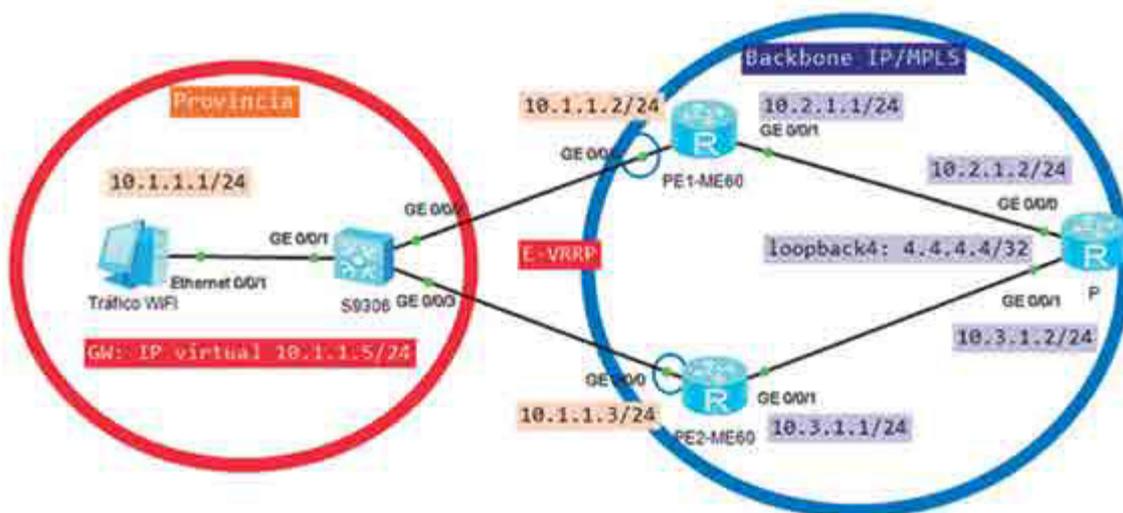


Figura 4. Solución de conectividad empleando E-VRPP.

en su migración hacia MPLS. Esta situación se ha producido por la introducción en Cuba de la 3G y 4G de tecnología celular, que unido al crecimiento exponencial de los usuarios de la telefonía móvil desde su comercialización a personas naturales en 2008, determinó que los enlaces de la red IPTN no serán capaces

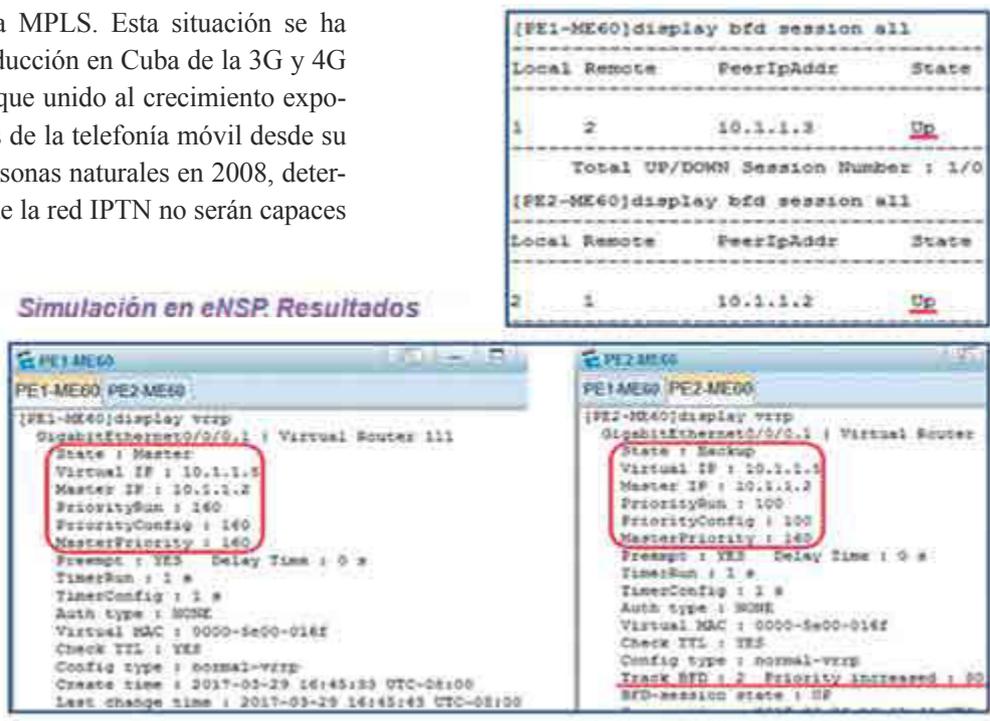


Figura 5. Verificación de configuraciones.

de asumir los futuros volúmenes de tráfico (Móviles, 2017). Figura 6

Interconexión de la red IPTN con el backbone IP/MPLS

Se propone que la conexión se realice de la forma siguiente:

Como se muestra en la figura 7, cada punto de presencia de la red de telefonía móvil se debe conectar al backbone IP/MPLS por dos vías, para garantizar redundancia de trayectos y poder aplicar un protocolo de alta disponibilidad en la agregación del

tráfico. Proteger las VPNs del servicio móvil que lo requieran, como las que transportan la voz y la señalización. La distribución de las rutas entre ambas redes puede realizarse con el protocolo *Border Gateway Protocol* (BGP), que es el adecuado para llevar a cabo esta tarea entre ambos sistemas autónomos y los operadores de la red que poseen experiencia en su implementación.

El protocolo E-VRRP puede ser empleado en el segmento de agregación del tráfico acompañado de Monitor Link en los conmutadores S9306 para el co-



Figura 6. Crecimiento de los usuarios del servicio de telefonía móvil en Cuba.

recto funcionamiento de la solución. Eth-Trunk puede configurarse en el enlace de los conmutadores de la red IPTN, reforzando el camino en caso de conmutación del tráfico. Esta agregación de enlaces puede realizarse también en todas las conexiones entre ambas redes pero para simplificar la simulación no se configuró en todos los enlaces. Figura 8

Para la protección de las VPN, se propone emplear una combinación de mecanismos que aseguran el respaldo de caminos entre los enrutadores de borde de la red. TE Hot Standby realiza esta función cuando el túnel de ingeniería de tráfico primario predefinido se detecta indisponible debido a interrupciones en un

enrutador de núcleo o en cualquiera de los enlaces entre el enrutador de borde local y el remoto (Figura 10). VPN *Fast Re-Route* (FRR) es el otro mecanismo que complementa esta solución. Su función es conmutar el próximo salto BGP en caso de que el PE remoto del trayecto principal falle. De esta forma las VPN que transportan las aplicaciones en tiempo real en el servicio de telefonía móvil conmutarán inmediatamente de trayecto si ocurre la indisponibilidad en cualquier segmento del backbone IP/MPLS. Las configuraciones de estos protocolos son extensas y complejas, es por esto que se requiere que el personal se encuentre capacitado en este tema. (Hawei, 2016)

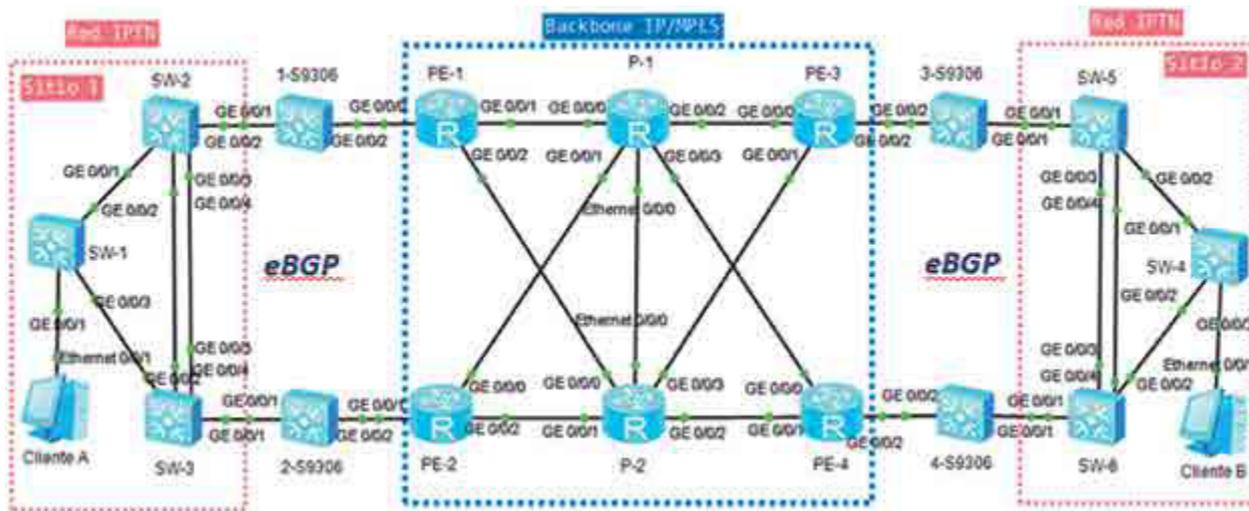


Figura 7. Interconexión de la red IPTN con el backbone IP/MPLS.

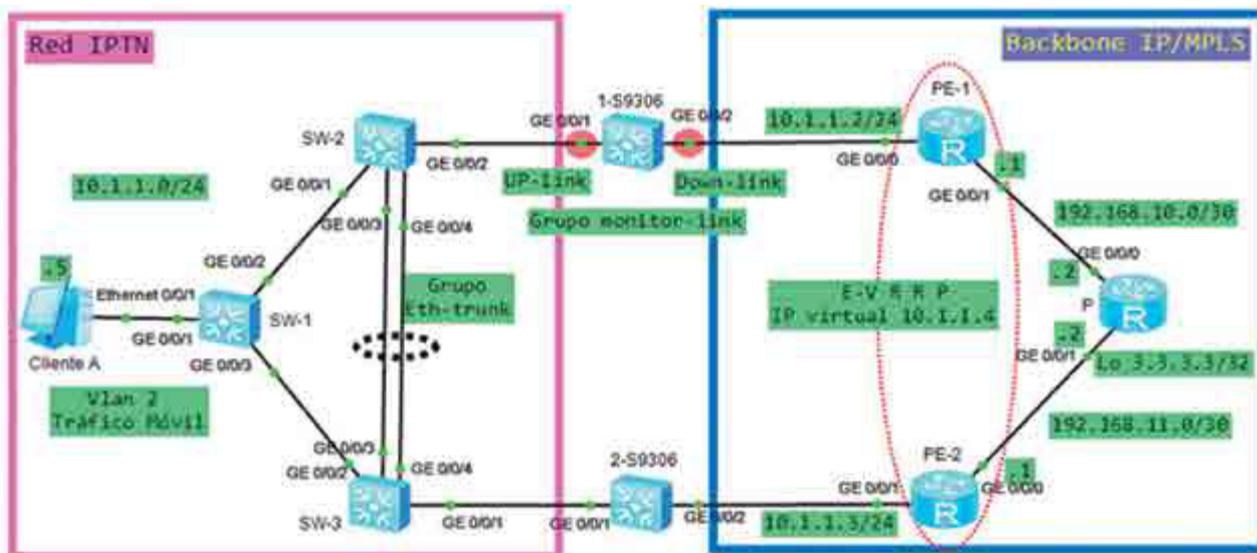


Figura 8. Segmento de agregación.

Verificación:

display interface Eth-Trunk 1 display bfs sesion all
 display monitor link group 3 display vrrp

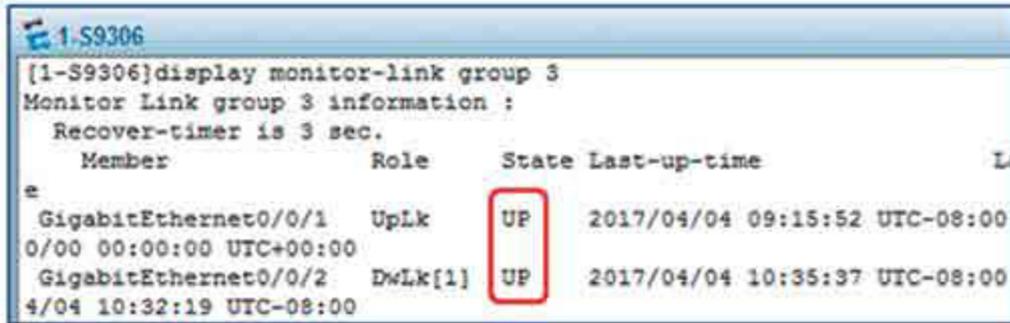


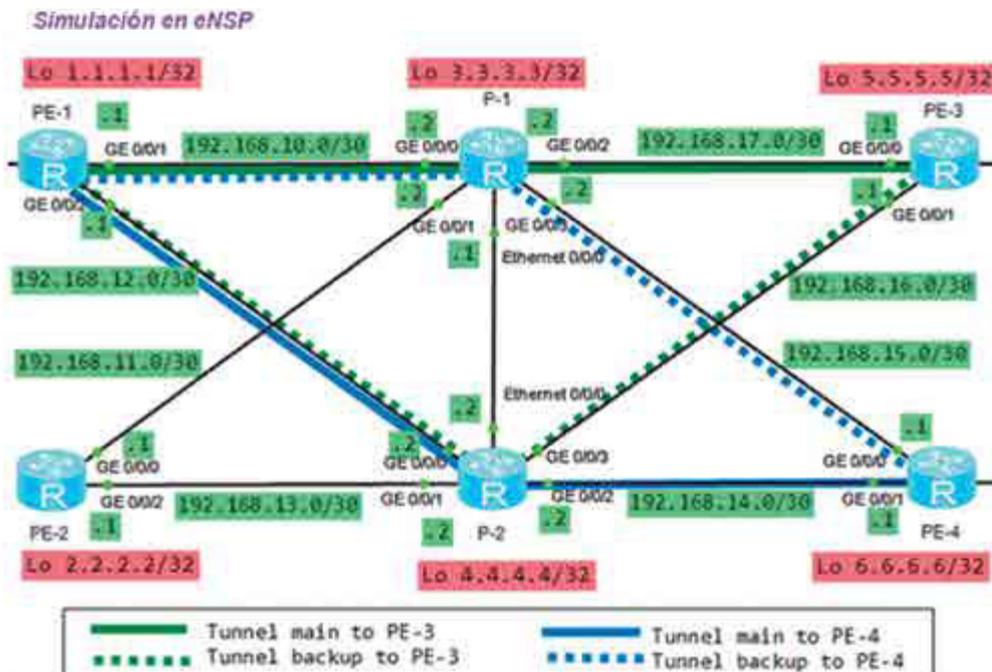
Figura 9. Verificación de configuraciones.

Conclusiones

La implementación de mecanismos para escenarios dual-homed, en el segmento de la agregación del tráfico provincial de acceso a Internet vía WiFi, compromete el tráfico de servicios ajenos.

El protocolo E-VRRP se podrá implementar cuando se dediquen enlaces al servicio de acceso a Internet

vía WiFi entre conmutadores de agregación y enrutadores de borde de la red IP/MPLS, y la sustitución de los enrutadores del *backbone* por otros con mayor cantidad de interfaces facilitará esta solución. El protocolo BGP es el adecuado para distribuir las rutas entre los sistemas autónomos de la red IPTN y la red IP/MPLS.



Verificación:

display mpls te tunnel-interface Tunnel 0/0/0 display explicit-path
 ping lsp te Tunnel 0/0/0 hot-standby display route-policy vpn-frr

Figura 10. Solución combinada de TE-Hot Standby con VPN FRR.

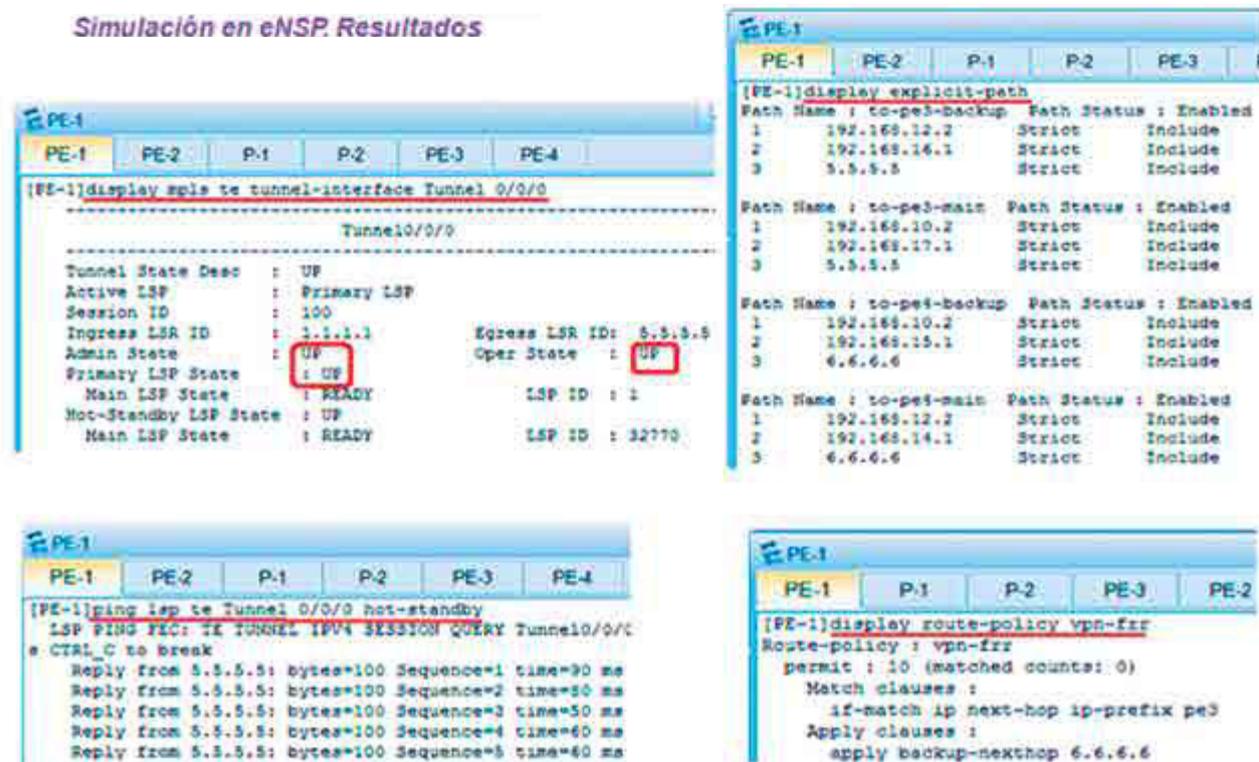


Figura 11. Verificación de configuraciones.

El empleo del protocolo E-VRRP en la agregación del tráfico móvil al *backbone* IP/MPLS garantiza la rápida conmutación de datos ante fallos en el camino principal. La combinación de los mecanismos TE Hot-Standby y VPN FRR asegura la protección de VPNs de servicios móviles entre enrutadores de borde.

Las soluciones son económicamente factibles, aplicables, se simularon satisfactoriamente y cumplen con los objetivos trazados inicialmente. La implementación de estas soluciones permite optimizar la red IP/MPLS para garantizar el crecimiento de servicios con alta disponibilidad.

Referencia

Cruz, M. P. (2016). Análisis de Rendimiento de los Sitios WLAN de la Red Pública de ETECSA. (Trabajo de diploma), Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría, La Habana.

Huawei Technologies Co., L. (2012). Smart Link & Monitor Link Technology White Paper.

Huawei Technologies Co., L. (2012). VRRP Technology White Paper. from <http://www.huawei.com>

Huawei. (2015). Eth-Trunk.

Huawei. (2016). TE Hot-Standby.

Huawei. eNSP Help.

Móviles, D. o. d. S. (2017). Datos Históricos Telefonía Móvil.

