

TRANSICIÓN DE PROTOCOLO IPV4 A PROTOCOLO IPV6 PARA LA RED INALÁMBRICA EDUROAM DENTRO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Autores – Jefferson Joselo GARRIDO CARRERA, Ing. Carlos Alberto VÁSQUEZ AYALA

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, Avenida 17 de Julio 5-21 y José María Córdova, Ibarra, Imbabura

jjgarridoc@utn.edu.ec, cavasquez@utn.edu.ec

Resumen. El presente proyecto presenta la transición de protocolo IPv4 a IPv6, en la Red Inalámbrica EDUROAM de la Universidad Técnica del Norte, como solución a un problema de agotamiento de direcciones IPv4 a nivel mundial.

El servicio EDUROAM se encuentra implementado sobre la plataforma CentOS7, en la cual se realizan las configuraciones necesarias para permitir la coexistencia de protocolos IPv4 e IPv6, para ello se configura, el switch de core, el LAN controller, las interfaces del Servidor EDUROAM en lo que respecta a la parte física, y los servicios como, firewalld, OpenLDAP, FreeRadius, PhpLdapAdmin, y varios ficheros de configuración en lo que respecta a la parte lógica.

Una vez hechas las configuraciones, se realizaron las pruebas de funcionamiento y conectividad con usuarios locales, de otras instituciones educativas nacionales, regionales e internacionales, corroborando así la factibilidad del trabajo, además se realiza un estudio costo beneficio en el cual se detallan aspectos importantes del servicio EDUROAM.

Palabras Claves

EDUROAM, IPv4, IPv6, OpenLDAP, CentOS7, LAN controller, FreeRadius, PhpLdapAdmin.

Abstract. This project presents the transition from the IPv4 protocol to IPv6, in the EDUROAM Wireless Network of the Universidad Técnica del Norte, as a solution to a problem of IPv4 address exhaustion worldwide.

The EDUROAM service is implemented on the CentOS7 platform, in which the necessary configurations are made to allow the coexistence of IPv4 and IPv6 protocols, for which it is configured, the core switch, the LAN controller, the EDUROAM Server interfaces in the Regarding the physical part, and the services like, Firewalld, OpenLDAP,

FreeRadius, PhpLdapAdmin, and several configuration files in regards to the logical part.

Once the configurations were made, the operation and connectivity tests were carried out with local users of other national, regional and international educational institutions, corroborating the feasibility of the work, and a cost-benefit study was carried out in which important aspects of the EDUROAM service.

Keywords

EDUROAM, IPv4, IPv6, OpenLDAP, CentOS7, LAN controller, FreeRadius, PhpLdapAdmin.

1. Introducción

En la actualidad con el aumento de dispositivos electrónicos (teléfonos, computadoras, tablets, etc.) aumenta la necesidad de que más equipos de comunicación dispongan de una dirección IP propia, pero por el agotamiento de direcciones IPv4 a nivel mundial tanto como para Latinoamérica y Ecuador, se ha visto factible la transición de estos servicios a IPv6 para que los usuarios tengan un acceso de alta velocidad y la red tenga una visión de crecimiento.

A nivel mundial desde el año 2010 la Agencia Internacional de asignación de números de internet (IANA) entregó su último bloque de direcciones disponibles, por esta razón ahora el cambio de IPv4 a IPv6 es inminente, lo que implica que redes internacionales y redes nacionales como CEDIA y la Universidad Técnica del Norte deben empezar el proceso de cambio en sus servicios.

El incremento de usuarios en la red inalámbrica Education Roaming (Eduroam) de la Universidad Técnica del Norte desemboca en la dificultad de conectividad, debido a que el protocolo IPv4 es limitado a un cierto

número de direcciones. Haciendo que menos usuarios ingresen a la red provocando inconformidad en ellos al querer acceder a la red; por lo que se presenta la necesidad de realizar la transición de este protocolo en versión 4 a IPv6.

2. PROTOCOLOS DE INTERNET

Protocolo de Internet (Internet Protocol) o ip, es un protocolo no orientado a conexión de capa de red tomando como referencia al modelo OSI y de capa internet tomando como referencia al modelo TCP/IP, el cual es usado para la comunicación de datos dentro de una red, desde un punto origen hacia un punto destino. [1]

2.1 IPv4

Características

El protocolo de internet en versión 4 (IPv4), está formado por cuatro octetos de 8 bits cada uno, separados por un punto, es decir consta de 32 bits, esto nos da un limitante de direcciones de 2 elevado a la 32 ($4^{294.967.296}$ direcciones), estas direcciones se dividen en dos porciones, una para host y otra para red. [2]

La porción de red nos permite identificar a los dispositivos que están trabajando en una misma red, es decir los que comparten servicios en común, en cambio la porción de host es para poder designar un nombre lógico a los dispositivos en particular. [3]

Cada dirección ip va acompañada con una máscara, la cual identifica subred pertenecen los dispositivos finales dentro de una red, la estructura de esta dirección es similar a la dirección ip normal, está formada por 32 bits separados en cuatro octetos, con la diferencia de que esta máscara muestra en valor 1 las porciones de red y en valor 0 a las porciones de host. [4]

Limitaciones de IPv4

El protocolo de internet versión cuatro, cuenta con una cantidad limitada de direcciones, las cuales están alrededor de 4000 millones, que por el aumento de dispositivos que requieren una IP habilitada, el incremento de conexiones permanentes, el crecimiento de países y regiones no tan avanzadas, han creado la necesidad de buscar otros medios para que cada vez más usuarios puedan acceder a la Internet. [5]

IPv4 es un protocolo que consume muchos recursos en cada uno de los routers en una red, mientras más nodos existan, estos verifican sus tablas de enrutamiento en busca de un mejor camino para llevar la información a su destino deseado, dichas rutas hacen que se llene la capacidad de memoria en cada uno de los dispositivos presentes en la dicha red, haciendo más lento el procesamiento de los datos.

Este protocolo utiliza un sistema para traducir direcciones privadas a públicas llamado NAT, esta

tecnología hace que muchos dispositivos puedan utilizar una misma dirección pública al salir de sus redes, pero hace que las IP locales o internas se escondan, provocando un problema para las tecnologías que requieran una conexión extremo a extremo. [5]

2.2 IPv6

El protocolo de internet versión 6 (IPv6), es un protocolo creado principalmente para mejorar algunas de las características de la anterior versión (IPv4), no solo tiene un mayor direccionamiento, sino que es más eficiente al interactuar con nuevas tecnologías como son el Internet de las cosas, el crecimiento de la telefonía móvil, entre otros.

Características

A diferencia de IPv4 que constaba de 32 bit, el protocolo de versión 6 presenta 128 bits que soportan un mayor número de jerarquías de direccionamiento, dichos bits representan a 340 cuatrillones de direcciones, por lo que con esto se espera que muchos más dispositivos de red puedan conectarse a la Internet. [6]

Algunos campos del formato de encabezado de IPv6 se tornan en opcionales, pese a un gran tamaño en su estructura, su procesamiento es mucho más rápido que en IPv4, esto se debe a que ocupa un menor ancho de banda y la manera como codifica cada uno de los campos de su cabecera permiten un reenvío de información más eficaz, seguro y flexible. [4]

Una de las mejoras que presenta IPv6 es la autenticación de paquetes que permite también la integridad de la información, además, este nuevo protocolo presenta una seguridad de extremo a extremo, asegurando así las comunicaciones de los paquetes ip, utilizando claves de cifrado para el envío y arribo de la información.

Una de las características principales de IPv6 y de las redes de nueva generación es el IP Mobile, el cual es un estándar creado por el IETF, permitiendo a los dispositivos conectarse de una red a otra manteniendo direcciones permanentes, esta movilidad funciona para redes homogéneas y heterogéneas. [6]

3. MECANISMOS DE TRANSICIÓN

Con el agotamiento de direcciones IPv4 y la llegada del nuevo protocolo de internet IPng o IPv6, se ha comenzado a ver varios mecanismos para la transición de estos, pero el cambio depende de un proceso progresivo por lo que estas dos versiones deberán funcionar juntas durante algún tiempo. [7]

No se puede saber con exactitud cuándo terminará el proceso de migrar IPv4 a IPv6, debido a que los costos para realizar estos cambios son muy elevados, los equipos deben ser muy robustos para enfrentar las nuevas tecnologías y por ende las empresas e instituciones tendrán que cambiar sus

infraestructuras actuales ya que existen muchos nodos IPv4 lo que desmotiva el cambio de este protocolo. [8]

3.1 Dual Stack

Este mecanismo de transición definido en el RFC 4213 se basa en la implementación completa de los dos protocolos tanto como IPv4 e IPv6 en una sola infraestructura de red, todas las peticiones y aplicaciones del protocolo de versión 4 utilizarán la pila IPv4 y de la misma manera lo hará los entornos que utilicen el nuevo protocolo IPv6. [7]

Este método de transición es el más básico, establece conexiones de acuerdo al tipo de paquetes recibidos, el proceso de verificación de estos se encuentra en las capas inferiores, el cual verifica la versión y da paso a la información a capas superiores, desplegando las dos versiones en una misma red. [9]

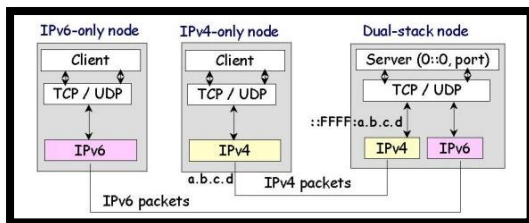


Figura 1. Dual Stack o Doble Pila

Fuente. EvaCastro. (2013). *Porting applications to IPv6 HowTo*
Obtenido de: <http://bit.ly/2eTt6k5>

3.2 Tunneling

Este mecanismo de transición llamado también como túnel es utilizado para el envío de paquetes IPv6 encapsulados dentro de los encabezados (headers) de IPv4 de un nodo a otro nodo en redes con infraestructura completa en IPv4. [7]

Una de las complicaciones que tiene este mecanismo de transición es el retardo existente en el envío de la información, el cual es producido por el encapsulamiento y desencapsulamiento de los paquetes IPv6 dentro de los paquetes IPv4, además de la disminución del espacio en los datos de la cabecera IPv4.

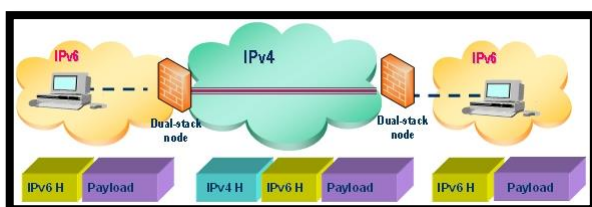


Figura 2. Tunneling

Fuente. SonicWall. (2015). *Configuring IPv6*
Obtenido de: <http://bit.ly/2eLZJ6J>

3.3 Traducción

Este método es conocido también como Address Family Translation (AFT), el cual permite el envío de la información entre nodos IPv6 nativos a nodos IPv4, esta técnica facilita la transición de estos protocolos y se basa en dos tecnologías como son el NAT-PT (Network Address Translation – Protocol Translation) y NAT64 (Network Address Translation IPv6 to IPv4). [10]

4. CEDIA

El Consorcio Ecuatoriano para el Desarrollo de Internet Avanzado (CEDIA), es la Red Nacional de Investigación y Educación Ecuatoriana (RNIE), esta red propone un modelo de Redes Avanzadas creadas para la estimulación, y coordinación del desarrollo tecnológico e innovador del modelo educativo en el Ecuador. [11]

Este consorcio impulsa a docentes, alumnos e investigadores de las Instituciones Educativas a mejorar y facilitar sus mecanismos de enseñanza – aprendizaje, mediante varios servicios que esta presenta, entre los principales están la conectividad a internet, capacitaciones, eventos, financiamiento a proyectos de investigación entre otros.



Figura 3. Red CEDIA

Fuente. CEDIA. (2016). *Red Nacional de Investigación y Educación del Ecuador*.

Obtenido de: <https://www.cedia.org.ec/>

IPv6 CEDIA

El protocolo de nueva generación o IPv6 es una versión que se ha diseñado y se ha estructurado para en un futuro reemplazar a IPv4 que actualmente se encuentra funcionando en la mayoría de redes a nivel mundial. [12]

IPv6 está sujeto a normas para sustituir a su predecesora versión que tenía limitaciones en direcciones que limita el crecimiento del internet, actualmente se trabaja en el mejoramiento de las redes en forma global y la transición de protocolos es fundamental, a nivel mundial el protocolo de nueva generación tiene una adopción del 50.32%, CEDIA se encuentra en el puesto número 37 y primero en el Ecuador con sus trabajos continuos en esta actualización. [12]

IPv6 Universidad Técnica del Norte

Actualmente La Universidad Técnica del Norte a través del Consorcio Ecuatoriano para el Desarrollo de Internet Avanzado (CEDIA), tiene asignado un pool de direcciones en IPv6, además cuenta con un mecanismo de traducción IPv4 a IPv6, el cual garantiza la coexistencia de estos protocolos de internet, mediante este mecanismo se pueden utilizar varias aplicaciones y recursos para poder acceder a los beneficios que CEDIA nos brinda como son, publicaciones, investigaciones, libros, capacitaciones, cursos, talleres, entre otros no solo nacionales sino también en el ámbito internacional. [13]

5. EDUROAM

EDUROAM (Education-Roaming), es un servicio que permite la movilidad segura, desarrollado para fines académicos y de investigación, permite conectarse a Internet a través de una Red Avanzada en cualquier campus académico a nivel nacional e internacional. [14]

Education-Roaming es una red federada que se encuentra disponible en más de 74 países y en más de 15000 instituciones a nivel mundial, los servidores y access point poseen una configuración que permite que cualquier persona perteneciente a alguna institución en la que esté activo el servicio de EDUROAM, mediante un dispositivo móvil o computadora portátil pueda conectarse en otras instituciones a través de un túnel de autenticación. [14]



Figura 4. Eduroam

Fuente. CEDIA. (2017). *Education Roaming*

Obtenido de:

http://www.uma.es/media/tinyimages/img/image_681.gif

Actualmente en Ecuador el servicio de EDUROAM se encuentra funcionando en la mayoría de instituciones pertenecientes a la red CEDIA, permitiendo a investigadores, docentes y estudiantes poder hacer uso de Internet con su usuario y contraseña perteneciente a su propia institución en cualquier otra con el servicio activo. [11]

6. EDUROAM UTN

En la actualidad en la Universidad Técnica del Norte se encuentra habilitado y en funcionamiento el servicio federado EDUROAM, este permite la conectividad de los usuarios internos como son personal administrativo, personal docente y estudiantes, así como la conexión para usuarios externos siempre y cuando pertenezcan a

Instituciones Educativas dentro de la red CEDIA en el Ecuador u otros organismos en el exterior con el mismo servicio.

6.1 Plataforma

El Servicio Federado EDUROAM en la Universidad Técnica del Norte, se encuentra desplegado sobre una distribución “CentOS 7”, compatible con el WLC de la Universidad.

Esta distribución o sistema operativo, es libre y muy utilizado a nivel empresarial, CentOS posee una gran estabilidad operacional comparado con otros sistemas que también son parte de la misma distribución, reduce el riesgo de bloqueos o pérdidas de datos o información.

Además, CentOS tiene una operatividad mucho mayor a otros sistemas Linux porque en su entorno se ejecutan operaciones básicas e importantes de software, haciendo que el procesador analice menos datos con mayor velocidad.

6.2 Migración

El Departamento de Desarrollo y Tecnologías de Información de la Universidad Técnica del Norte, ha solicitado que la presente implementación del servidor para la red EDUROAM se realice sobre la distribución de Centos 7 de acuerdo con los siguientes parámetros:

- CentOS 7, es una distribución creada para trabajar con muchos servidores en entornos profesionales, gracias a la robustez de sus funciones y su gran interacción con los usuarios finales.
- CentOS 7, en sus repositorios tiene la versión de FreeRadius más actual.
- El personal Técnico y de TI de la red CEDIA, ha solicitado que la red EDUROAM este instalada sobre una distribución de Centos, de preferencia Centos 7.

Configuración Inicial

El primer paso es la instalación de esta distribución Linux, luego se precede la descarga del repositorio EPEL el cual es indispensable para la descarga de algunos paquetes necesarios en el proceso de EDUROAM.

Con los repositorios actualizados se procede a la instalación de los paquetes necesarios para el desarrollo de EDUROAM, se instala el firewall para Centos 7, el cual ayuda a la protección de los servicios trabajando por niveles de seguridad llamadas zonas, freeradius, openldap y PhpLdapAdmin.

Configuración Firewall

CentOS 7, posee un manejo diferente en el modelo de seguridad, las versiones anteriores manejaban comandos de configuración y reglas basadas en iptables, la nueva versión utiliza una seguridad distribuida en zonas para los diferentes tipos de servicios que se desee brindar.

Configuración Básica freeradius

Para la configuración de freeradius se debe modificar los archivos clients.conf y proxy.conf, en ellos se cambian y agregan varios parámetros incluyendo clientes como CEDIA, localhost, Wirelles Lan Controler así como también el proxy para dichos clientes.

Configuración servidor OpenLDAP

Permite poder administrar contraseñas en las bases de datos de los usuarios, crear dominios DNS en el directorio LDAP, identificar la organización a la que pertenecen dichos usuarios y así poder definir una estructura jerárquica de estos.

Configuración Phpldapadmin

Phpldapadmin es una herramienta que brinda una interfaz web basada en código PHP que facilita la administración del servidor OpenLDAP, en este se podrá visualizar la jerarquía de los usuarios del directorio creado en el punto anterior.

6.3 Disponibilidad Eduroam

El servicio de EDUROAM UTN se encuentra disponible dentro del campus universitario, está distribuido en todos los puntos de acceso tanto internos como externos en todos los edificios.

6.4 Conexión con el servidor

EDUROAM UTN se encuentra conectado al servidor principal de CEDIA mediante una red virtual o VPN punto a punto permitiendo que el servicio de la universidad pueda acceder al servicio principal.

6.5 Seguridad

Para garantizar un alto nivel de seguridad en el servicio EDUROAM se emplean certificados digitales los mismos que poseen las credenciales necesarias para la autenticación de los usuarios de cada institución.

La red CEDIA emite estos certificados a cada una de las instituciones pertenecientes a esta red, estos tienen dos formatos, el uno es un “.crt” y otro “.key”, los cuales garantizan la seguridad de los usuarios conectados.

6.6 Base de Datos

El departamento de Desarrollo en Tecnologías de las Información (DDTI) de la Universidad Técnica del Norte tiene generado una base de datos en la cual se muestra toda la información como nombres, facultades a la que pertenecen, carrera o profesión en la que desarrollan, correos electrónicos de estudiantes, docentes y personal administrativo.

Esta base de datos fue modificada y se adaptó en ella las autenticaciones necesarias para la utilización del servidor FreeRadius en el servicio de EDUROAM, con esto al cargar esta información al servidor se ha dado un mayor orden para poder administrar dicha información.

7. CONFIGURACIÓN IPV6 EN LOS EQUIPOS DE RED

Telconet ha asignado a la Universidad Técnica del Norte un pool de direcciones ipv6 /48 para el cual el departamento de desarrollo de tecnologías de la información (DDTI), ha realizado un plan de direccionamiento acorde a las necesidades en las redes y equipos de trabajo.

Una vez realizado el plan de direccionamiento se utilizará la red IPv6 perteneciente a la red de EQUIPOS-ACTIVOS de la Universidad para configurar las interfaces de cada uno de los equipos de red.

La Figura 5 muestra la asignación los equipos de red que se encuentran en el datacenter principal de la Universidad los cuales disponen de una dirección IPv6.

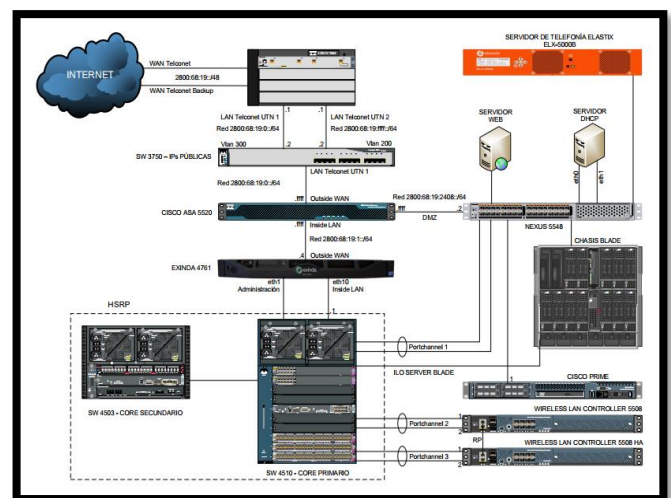


Figura 5. Direccionamiento IPv6 en Equipos UTN
Fuente: Universidad Técnica del Norte (2017)
Obtenido: DDTI

8. CONFIGURACIÓN EDUROAM EN IPV6

Para la configuración de EDUROAM en IPv6 se debe configurar los equipos de red y el servidor principal de este servicio.

8.1 Configuración de Equipos de Red

Habilitación IPv6 en SW-Core

El servicio EDUROAM en el plan de direccionamiento IPv6 de la Universidad Técnica del Norte se encuentra en la Vlan 128, por esta razón se debe habilitar la propagación de direcciones IPv6 en esta red.

Configuración IPv6 en el WLC

Para lograr la conectividad del servidor EDUROAM con el Wireless LAN Controller (WLC), se debe configurar en este la interfaz en IPv6.

8.2 Configuración Servidor EDUROAM en IPv6

Interfaces

En el Servidor EDUROAM se configura una dirección IPv6 que esté dentro del rango de direcciones disponibles en la DMZ de la Universidad Técnica del Norte, con el afán de brindar una mayor seguridad a la hora de trabajar en este servicio.

Configuración de Archivos

Una vez hecha la configuración de las Interfaces en el Servidor EDUROAM, se procede a realizar la configuración en dos archivos los cuales se explican a continuación:

- **Clients.conf.** Este archivo contiene la información de los clientes alojados dentro del servidor EDUROAM para su conexión, en este se encuentran configurados el Servidor Federado, cliente local y el cliente WLC.
A parte de dichos clientes se debe configurar un nuevo cliente local y un cliente WLC para su trabajo y conexión en IPv6
- **Default.** En este archivo se debe realizar la activación de los protocolos IP en los cuales va a trabajar el servidor EDUROAM, para esto, ingresar al archivo en la dirección `/etc/raddb/sites-enabled/default` y habilitar los protocolos IP.

Enrutamiento

Una vez realizada la configuración de las interfaces y de algunos archivos específicos en IPv6, se debe permitir el enrutamiento entre interfaces para el nuevo protocolo.

8.3 Autenticación en IPv6

Una vez configurado el servidor EDUROAM, se debe habilitar la autenticación IPv6 en el WLC de la Universidad Técnica del Norte, en este se configura la dirección del servidor radius como también sus credenciales, puerto de emparejamiento entre otras.

9. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

A continuación, se detallan las pruebas realizadas para garantizar el funcionamiento del presente trabajo de titulación, su conectividad en la red local, externa nacional, externa regional y su conexión con servicios IPv6.

9.1 Prueba de Autenticación en IPv6

Para realizar las pruebas de Autenticación de los usuarios en la red EDUROAM en IPv6, se realizó un análisis de la estructura de los paquetes recibidos mediante wireshark en el cual se puede observar como un usuario realiza la petición al servidor Radius (EDUROAM), para obtener la autorización del acceso y poder conectarse a esta red.

9.2 Conectividad Usuario Local

Para realizar las pruebas de conectividad de un usuario local se utilizó el modo Debug o modo de trabajo a tiempo real en el servidor y mediante la conexión del usuario, se puede observar como autoriza el acceso del usuario a la red

9.3 Conectividad Usuario Externo

Para esta prueba se realizó una conexión con un usuario externo vía radtest con las credenciales de un usuario perteneciente a CEDIA.

9.4 Conectividad Usuario Regional

Para esta prueba se realizó una conexión con un usuario de la Universidad Politécnica de Madrid.

9.5 Conectividad con Servicios IPv6

Se verifico que se asigne una direccion IPv4 e IPv6 en un dispositivo inalámbrico conectado a la Red EDUROAM de la Universidad.

Al existir coexistencia entre ambos protocolos se puede tener una conexión hacia internet o a un servicio en específico por cualquiera de dichos protocolos, pero se da preferencia la conectividad con el protocolo IPv6.

10. CONCLUSIONES

Se realizó la implementación de la transición de protocolo IPv4 a protocolo IPv6 en la red inalámbrica Eduroam dentro de la Universidad Técnica del Norte a través del desarrollo de ciertos parámetros de software y configuraciones físicas de equipos que permiten la factibilidad y disponibilidad del nuevo servicio.

Dual Stack fue la metodología utilizada en el desarrollo de la transición de protocolo IPv4 a Ipv6 en la red

EDUROAM de la Universidad Técnica del Norte, permitiendo la coexistencia de dichos protocolos sin afectación de su uso con ambiguas y nuevas tecnologías.

La Universidad Técnica del Norte cuenta con la tecnología necesaria para tener coexistencia de ambos protocolos de internet en cuanto a equipos físicos y aplicativos, los cuales en su gran mayoría se encuentran trabajando con el protocolo de internet versión 4 (IPv4) y con el protocolo de nueva generación (IPv6), en conjunto.

Con la migración del protocolo IPv4 a IPv6 en el servicio EDUROAM brindado por CEDIA, se garantiza la conexión de más dispositivos a la red de manera segura con usuarios locales y de otras instituciones pertenecientes a dicho organismo de desarrollo tecnológico dentro del campus Universitario, los archivos de configuración FreeRadius, Open Ldap y Phpldapadmin, permiten sin problemas el despliegue de protocolos, los cuales hacen factibles el desarrollo y actualización de dicho servicio.

En las pruebas de funcionamiento se observó cómo se realiza las peticiones para la autenticación y asignación de dirección IP a los usuarios que realizan su conexión en IPv6 al servidor de EDUROAM.

La conexión e interacción del usuario final con los protocolos al navegar por internet y conectarse con varios servicios brindados por CEDIA es de manera transparente, garantizando la facilidad y vialidad de este servicio dentro y fuera de la institución.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica del Norte y a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, a sus docentes, por brindarme sus conocimientos y experiencias para poder enfrentarme a la vida profesional con ética y humildad.

Al Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informático por haber depositado en mí la confianza de utilizar las herramientas necesarias para lograr la implementación de mi trabajo de titulación.

A mi director, Ing. Carlos Vásquez, que, con sus conocimientos, su apoyo y su amistad, ha despertado en mí destrezas y habilidades para el desarrollo del presente trabajo de titulación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] EcuRed, «Protocolo_IP,» 8 Abril 216. [En línea]. Available: http://www.ecured.cu/Protocolo_IP.

- [2] G. L. A. Sánchez, «Desarrollo de un esquema de traducción IPv6-IPv4-IPv6,» 2010. [En línea]. Available: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lis/ahuatzin_s_gl/capitulo2.pdf.
- [3] E. Alvarez, «Introducción a IP versión 4,» 2009. [En línea]. Available: <http://www-2.dc.uba.ar/materias/tc/downloads/apuntes/ipv4.pdf>.
- [4] J. C. P. NAVA, «TECNOLOGÍAS Y MECANISMOS DE TRANSICIÓN DE IPV4 A IPV6,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2807/Tesis.pdf?sequence=1>.
- [5] Ecovi, «Protocolo de capa de red,» 13 Agosto 2016. [En línea]. Available: <http://ecovi.uagro.mx/ccna1/course/module6/6.1.4.1/6.1.4.1.html>.
- [6] J. R. GUARNIZO, «Plan de implementación para la migración a IPv6 en la red de la Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad de Guayaquil,» Guayaquil, 2015.
- [7] D. Landy, «Propuesta de un Plan de Implementación para la migración a IPv6 en la red de la Universidad Salesiana Sede-Cuenca,» Cuenca, 2013.
- [8] J. Coellar, «Propuesta para la Transición de IPv4 a IPv6 en el Ecuador a través de la Supertel,» Guayaquil, 2013.
- [9] PortaliPv6, «Dual Stack o Doble Pila,» 2012. [En línea]. Available: <http://portaliipv6.lacnic.net/dual-stack-o-pila-doble/>.
- [10] O. Gerometta, «Traducción de direcciones IPv4 a IPv6,» 4 Enero 2015. [En línea]. Available: <http://librosnetworking.blogspot.com/2015/01/traduccion-de-direcciones-ipv6-ipv4.html>.
- [11] CEDIA, «Red Nacional de Investigación y educación del Ecuador,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.cedia.org.ec/inicio/cedia>.
- [12] Ticec, «CEDIA-IPv6,» 15 Julio 2014. [En línea]. Available: <https://ticec2016.cedia.org.ec/servicio-de-la-nube/9-sin-categoria/250-noticia-ipv6>.
- [13] F. Obando, «Transición de servicios web y ftp de IPv4 a IPv6 mediante el uso de DS-LITE para la red de la Universidad Técnica del Norte,» Ibarra, 2016.
- [14] REDCEDIA, «EDUROAM,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.cedia.org.ec/conectividad/eduroam>.

SOBRE LOS AUTORES



Jefferson J. GARRIDO C. Nació en Tulcán-Ecuador el 13 de Diciembre de 1991. Realizó sus estudios primarios en la Escuela “Sucre N1”. Los estudios secundarios en el Instituto Tecnológico Superior Bolívar, obteniendo el Título de Físico Matemático. Actualmente es Analista de Redes en la empresa CAN&T de la ciudad de Quito y

realiza sus estudios en la Universidad Técnica del Norte, Ibarra – Ecuador, en la carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación.



Carlos A. VÁSQUEZ A. Nació en Quito - Ecuador el 19 de Septiembre de 1981. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Escuela Politécnica Nacional en 2008. Actualmente es docente de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación en la Universidad

Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador, posee además una Maestría en Redes de Comunicación, de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito- Ecuador.

TRANSITION TO PROTOCOL IPV4 IPV6 PROTOCOL FOR WIRELESS NETWORK EDUROAM TECHNICAL COLLEGE WITHIN THE NORTH

Authors - Jefferson Joselo GARRIDO CARRERA, Mr. Carlos Alberto VASQUEZ AYALA.

Faculty of Engineering of Applied Science, Technical University of North 17th Avenue from July 5 to 21, and José María Córdova, Ibarra, Imbabura

jjgarridoc@utn.edu.ec, cavasquez@utn.edu.ec

Summary. *This project presents the transition from IPv4 to IPv6 protocol in the wireless network eduroam Technical University of the North, as a solution to a problem of depletion of IPv4 addresses globally.*

The EDUROAM service is implemented on CentOS7 platform, in which the necessary settings are made to allow the coexistence of IPv4 and IPv6 protocols, for it is set, the switch core, the LAN controller, interfaces EDUROAM Server in regarding the physical part, and services as firewalld, OpenLDAP, FreeRadius, phpLDAPadmin, and several configuration files with respect to the logic part.

Once made configurations, performance testing and connectivity to local users, other national, regional and international educational institutions, thus corroborating the feasibility of the work performed, plus a cost benefit study in which important aspects are detailed the performed EDUROAM service.

Keywords

EDUROAM, IPv4, IPv6, OpenLDAP, CentOS7, LAN controller, FreeRadius, phpLDAPadmin.

Resumen. El presente proyecto presenta la transición de protocolo IPv4 a IPv6, en la Red Inalámbrica EDUROAM de la Universidad Técnica del Norte, como solución a un problema de agotamiento de direcciones IPv4 a nivel mundial.

El servicio EDUROAM se encuentra implementado sobre la plataforma CentOS7, en la cual se realizan las configuraciones necesarias para permitir la coexistencia de protocolos IPv4 e IPv6, para ello se configura, el switch de core, el LAN controller, las interfaces del Servidor EDUROAM en lo que respecta a la parte física, y los servicios como, firewalld, OpenLDAP, FreeRadius, PhpLdapAdmin, y varios ficheros de configuración en lo que respecta a la parte lógica.

Una vez hechas las configuraciones, se realizaron las pruebas de funcionamiento y conectividad con usuarios locales, de otras instituciones educativas nacionales, regionales e internacionales, corroborando así la factibilidad

del trabajo, además se realiza un estudio costo beneficio en el cual se detallan aspectos importantes del servicio EDUROAM.

Palabras Claves

EDUROAM, IPv4, IPv6, OpenLDAP, CentOS7, LAN controller, FreeRadius, PhpLdapAdmin.

11. Introduction

Currently with increasing electronic devices (phones, computers, tablets, etc.) increases the need for more communication devices have an own IP address, but by the depletion of IPv4 addresses globally as well as Latin America and Ecuador, has been possible transition of these services to IPv6 so that users have a high-speed network and has a vision of growth.

Globally since 2010 the International Agency Allocation Numbers (IANA) delivered his last boque of addresses available, for this reason now the change from IPv4 to IPv6 is imminent, implying that international networks and national networks as CEDIA and the Technical University of the North must begin the process of change in their services.

The increase of users in the Education Roaming (eduroam) wireless network of the Technical University of North leads to the difficulty of connectivity, because IPv4 is limited to a certain number of addresses. Causing fewer users enter the network causing dissatisfaction in them wanting to access the network; therefore arises the need for the transition of this protocol version 4 IPv6.

12. INTERNET PROTOCOLS

Internet Protocol (Internet Protocol) or IP is a connectionless network layer protocol with reference to the OSI model and the Internet Layer with reference to the TCP

/ IP model, which is used for data communication within a network, from an origin point to a destination point. [1]

12.1 IPv4

characteristics

The Internet Protocol version 4 (IPv4), consists of four bytes of 8 bits each, separated by a dot, that is consists of 32 bits, this gives us a limiting address 2 to the 32 (4' 294 967 296 addresses), these addresses are divided into two portions, one for host and one for network.[2]

The network portion allows us to identify devices that are working on the same network, ie those who share common services, however the host portion is to designate a logical name to particular devices. [3]

Each IP address is accompanied with a mask, which identifies subnet belong end devices within a network, the structure of this address is similar to the normal IP address consists of 32 bits divided into four bytes, with the difference that this mask value shown in one network portion and value 0 to portions host.[4]

Limitations of IPv4

Internet Protocol Version Four, has a limited number of addresses, which are about 4000 million, the increase in devices that require an IP-enabled, increasing permanent connections, the growth of countries and regions as nonadvanced they have created the need to seek other means that more users can sign in to the Internet.[5]

IPv4 is a protocol that consumes many resources in each of the routers on a network, the more nodes exist, they check their routing tables in search of a better way to bring information to your desired destination, these routes make it fill memory capacity in each of the devices in the network, slowing the data processing.

This protocol uses a system to translate private addresses to public called NAT, this technology makes many devices can use the same public address when leaving their networks, but it makes local or internal IP hide, causing a problem for technologies require end to end connection. [5]

12.2 IPv6

Internet Protocol version 6 (IPv6) is a protocol created primarily to improve some of the features of the previous version (IPv4), not only has a major address, but it is more efficient to interact with new technologies such as the Internet of things, the growth of mobile telephony, among others.

Characteristics

Unlike IPv4 consisting of 32 bits, the protocol version 6 has 128 bits that support a greater number of hierarchies addressing, said bits representing 340 quadrillion directions,

so that it is expected that many more network devices they can connect to the Internet. [6]

Some fields format IPv6 header become in optional, despite a large size in structure, processing in much faster than in IPv4, this is because it occupies a smaller bandwidth and how each encoding fields allow his header forwarding more efficient, secure and flexible information. [4]

One improvement that has IPv6 is authentication packet also allows the integrity of information, also this new protocol has a up end to end, ensuring communication of IP packets using encryption keys for sent and arrival information.

One of the main features of IPv6 and next generation networks is the IP Mobile, which is a standard created by the IETF, allowing devices to connect from one network to another while maintaining permanent addresses, this mobility works for homogeneous networks and heterogeneous. [6]

13. TRANSITION MECHANISMS

With the exhaustion of IPv4 addresses and the arrival of the new internet protocol IPng or IPv6, it has begun to see several mechanisms for the transition of these, but the change depends on an ongoing process so that these two versions will work together for a weather.[7]

You can not know exactly when it will finish the process of migrating IPv4 to IPv6, because the costs for these changes are very high, teams must be very robust to deal with new technologies and thus companies and institutions will have to change their existing infrastructures as there are many IPv4 nodes which discourages changing this protocol. [8]

13.1 dual Stack

This transition mechanism defined in RFC 4213 is based on the full implementation of both protocols as well as IPv4 and IPv6 in a single network infrastructure, all requests and applications protocol version 4 will use the IPv4 stack and in the same manner environments will use the new IPv6 protocol.[7]

This transition method is the most basic, establishes connections according to the type of packets received, the verification process of these is in the lower layers, which verifies the version and gives way to the information to higher layers, displaying the two versions on the same network.[9]

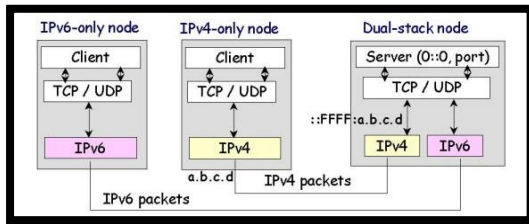


Figure 6. Dual Stack or Dual Stack Source. I evacastro. (2013).
Porting applications to IPv6 HowTo Retrieved from:
<http://bit.ly/2eTt6k5>

13.2 tunneling

This mechanism also called as transition tunnel is used for packets he sent IPv6 encapsulated within headers (headers) IPv4 one node to another node in networks with complete infrastructure in IPv4.[7]

One complication that has this transition mechanism is the existing delay in sending the information, which is produced by encapsulation and decapsulation of IPv6 packets in IPv4 packets, as well as decreased space in the data the IPv4 header.

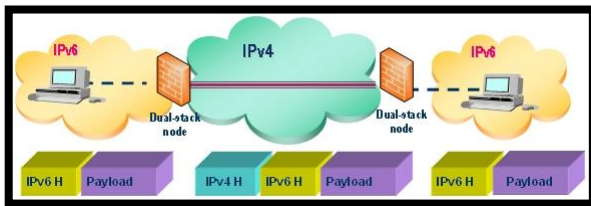


Figure 7.Tunneling Source. SonicWall. (2015).*Configuring IPv6*
Retrieved from: <http://bit.ly/2eLZJ6J>

13.3 Translation

This method is also known as Address Family Translation (AFT), which allows transmission of information between nodes native IPv6 to IPv4 nodes, this technique facilitates the transition of these protocols and is based on two technologies such as NAT-PT (Network Address Translation - Protocol Translation) and NAT64 (Network Address Translation IPv6 to IPv4).[10]

14. CEDIA

The Ecuadorian Consortium for the Development of Advanced Internet (CEDIA) is the National Research Network and Ecuadorian Education (NREN), this network proposes a model of Advanced Networks created for stimulation and coordination of innovative educational model technological development and in the equator.[eleven]

This consortium encourages teachers, students and researchers from the Education to improve and facilitate

mechanisms of education institutions - learning through various services that this presents, among the main ones are Internet connectivity, training, events, funding research projects between others.



Figure 8.Red CEDIA Source. CEDIA. (2016).*National Research and Education Network of Ecuador.* Obtained from:
<https://www.cedia.org.ec/>

IPv6 CEDIA

The new generation protocol or IPv6 is a version that is designed and structured in the future to replace IPv4 which is currently operating in most networks worldwide.[12]

IPv6 is subject to rules to replace its predecessor version had limitations in directions that limits the growth of the internet, currently working on improving networks globally and protocol transition is critical, globally protocol new generation has an adoption of 50.32%, CEDIA is at No. 37 and first in Ecuador with its ongoing work in this update. [12]

IPv6 Technical University North

Currently the technique of North University through the Ecuadorian Consortium for the Development of Advanced Internet (CEDIA) has assigned a pool of addresses in IPv6, also it has a mechanism for IPv4 translation to IPv6, which guarantees the coexistence of these protocols internet, through this mechanism can be used multiple applications and resources to access the benefits CEDIA provides us as they are, publications, research, books, training courses, workshops, etc. not only national but also at international level.[13]

15. EDUROAM

EDUROAM (Education-Roaming) is a service that allows secure mobility developed for academic and research purposes, can connect to the Internet through a Web Advanced in any academic campuses nationally and internationally. [14]

Education-Roaming is a federated network that is available in more than 74 countries and more than 15,000 institutions worldwide, servers and access point have a configuration that allows anyone belonging to any institution where the service is active eduroam, using a mobile device or laptop you can connect to other institutions through a tunnel authentication.[14]



Figure 9. Eduroam Source. CEDIA. (2017). *Education Roaming*
Retrieved from:
http://www.uma.es/media/tinyimages/img/image_681.gif

Currently in Ecuador service EDUROAM is operating in most institutions belonging to the CEDIA network, allowing researchers, teachers and students to use the Internet with your username and password belonging to his own institution in any other with the active service .[eleven]

16. EDUROAM UTN

Today at the Technical University of North is enabled and running the federated service EDUROAM, this enables connectivity of internal users are administrative staff, faculty and students, as well as connection to external always users they belong to Educational institutions within the CEDIA network in Ecuador or other agencies abroad with the same service.

16.1 Platform

EDUROAM Land Service at the Technical University of the North, is deployed on a distribution "CentOS 7" compatible with the WLC University.

This distribution or operating system is free and widely used at the enterprise level, CentOS has great operational stability compared to other systems that are part of the same distribution, reduces the risk of blockages or loss of data or information.

In addition, CentOS has a much larger operation because other Linux systems in your environment and important basic software operations are executed, causing the processor to analyze less data faster.

16.2 Migration

The Department of Development and Information Technology of the Technical University of the North, has requested that this server implementation for network EDUROAM is made on the distribution of Centos 7 according to the following parameters:

- CentOS 7 is a distribution created to work with many servers in professional environments, thanks to the robustness of its functions and great interaction with end users.
- CentOS 7 in their repositories have the most current version of FreeRadius.

- Technical staff and IT CEDIA network, it has requested that the EDUROAM network is installed on Centos distribution, preferably Centos 7.

Initial setup

The first step is the installation of this distribution Linux, then downloading repository EPEL which is required for downloading some packages required in the process is preceded EDUROAM.

With the updated repositories proceeds to install the packages needed for development of EDUROAM, the firewall for Centos 7, which helps protect services working for security levels called zones, freeradius, openldap and phpLDAPadmin is installed.

Firewall configuration

CentOS 7 has a different management in the security model, earlier versions handled and configuration commands based on iptables rules, the new version uses a distributed security zones for different types of services you want to provide.

Basic configuration freeradius

For setting freeradius must modify clients.conf and proxy.conf files in them change and add various parameters including customers such as CEDIA, localhost, Wirelles Lan Controler well as the proxy for these customers.

OpenLDAP server configuration

It allows to manage passwords in the databases of users create DNS domains in the LDAP directory, identify the organization they belong to such users and thus to define a hierarchical structure of these.

configuration phpLDAPadmin

Phpldapadmin is a tool that provides a web based interface PHP code that facilitates the administration of the OpenLDAP server, this can be displayed in the hierarchy of users of directory created in the previous section.

16.3 availability Eduroam

UTN EDUROAM service is available within the university campus, is distributed across all access points both internal and external in all buildings.

16.4 Server connection

EDUROAM UTN is connected to the main server CEDIA through a virtual network or point to point VPN service allowing the university can access the main service.

16.5 Security

To ensure a high level of safety in the service EDUROAM digital certificates used them possessing the

necessary for user authentication credentials of each institution.

The CEDIA network issues these certificates to each of the institutions belonging to the network, they have two forms, one is a ".crt" and a ".key", which guarantee the safety of users online.

16.6 Database

Development department Technologies of Information (DDTI) of the Technical University of the North has generated a database in which all information is displayed as names, powers to which they belong, career or profession in developing, e mails from students, faculty and staff.

This database was modified and adapted it necessary authentications to use the server FreeRadius EDUROAM service, with this loading this information to the server has been greater order to manage that information.

17. IPV6 SETTINGS IN NETWORK EQUIPMENT

Telconet he assigned to the Technical University of North a pool of ipv6 / 48 addresses for which the development department of information technology (DDTI), has made an addressing plan according to the needs in networks and teams.

Once the addressing plan made the belonging to the network of computers-ACTIVE University IPv6 network will be used to configure interfaces for each network equipment.

Figure 5 shows the allocation of network equipment found in the main data center of the University which have an IPv6 address.

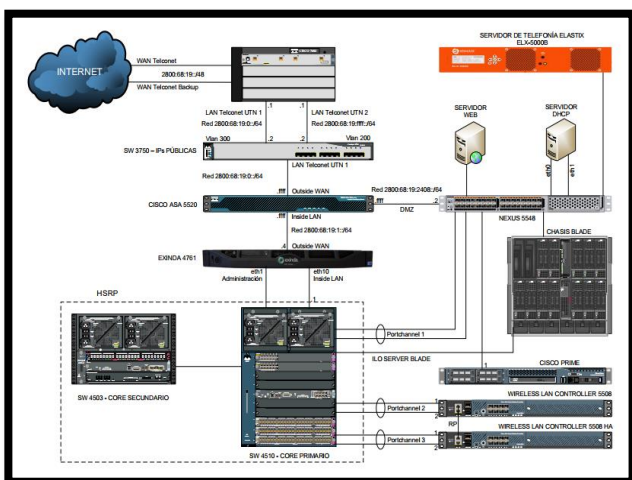


Figure 10. IPv6 Addressing Computers UTN Source: Technical University of the North (2017) Found: DDTI

18. EDUROAM SETTING IN IPV6

EDUROAM for configuring IPv6 must configure the network equipment and the primary server for this service.

18.1 Network Equipment Configuration

IPv6 enablement SW-Core

The EDUROAM service in the IPv6 addressing scheme of the Technical University of North is in the Vlan 128, for this reason you should enable propagation of IPv6 addresses on this network.

IPv6 configuration on the WLC

To achieve EDUROAM server connectivity with Wireless LAN Controller (WLC) you must be configured on this interface in IPv6.

18.2 EDUROAM Server Configuration in IPv6 interfaces

interfaces

EDUROAM Server in an IPv6 address that is within the range of addresses available in the DMZ from the Technical University of the North, in an effort to provide greater security when working in this service is configured.

Configuration Files

Once the interface configuration in the EDUROAM Server, it proceeds to perform the configuration into two files which are explained below:

- Clients.conf. This file contains the information of clients staying within the EDUROAM server for connection, in this are configured federated server, WLC local client and customer. Apart from these customers must set up a new local client and a client for WLC work and IPv6 connection
- Default. This file must perform activation of IP protocols which will work the EDUROAM server for this, enter the file at / etc / raddb / sites-enabled / default and enable IP protocols.

routing

Once the configuration of interfaces and some specific files on IPv6, you must enable routing between interfaces for the new protocol.

18.3 Authentication in IPv6

Once the EDUROAM server configured, you must enable IPv6 authentication on the WLC from the Technical

University of the North, in the direction of the RADIUS server as their credentials, among other port pairing is configured.

19. FUNCIONALITY TEST

Then tests to ensure the functioning of this work degree, their connectivity to the local network, external national, regional external and its connection to IPv6 services are detailed.

19.1 IPv6 Authentication Test

For testing Authentication of users in the EDUROAM network IPv6, an analysis of the structure of the packets received by Wireshark in which can be seen as a user makes a request to the Radius server (EDUROAM) was performed to obtain access authorization and can connect to this network.

19.2 Local connectivity User

Debug mode or real-time work was used on the server and by connecting the user, you can be seen as authorizing user access to the network for testing connectivity of a local user

19.3 Connectivity External User

For this test a connection to an external user via radtest with the credentials of a user belonging to CEDIA was performed.

19.4 Regional connectivity User

For this test a connection to a user of the Polytechnic University of Madrid was held.

19.5 IPv6 Connectivity Services

It was verified that an IPv4 and IPv6 address into a wireless device connected to the network EDUROAM University assigned.

As there coexistence between both protocols can have a connection to Internet or a specific service by any such protocols, but preference is given connectivity with IPv6.

20. CONCLUSIONES

the implementation of the transition from IPv4 to IPv6 protocol was performed in the Eduroam wireless network within the Technical University of North through the development of certain physical parameters of software and hardware configurations that allow the feasibility and availability of the new service.

Dual Stack was the methodology used in developing the transition from IPv4 to IPv6 in the network EDUROAM the Technical University of the North, allowing the coexistence of these protocols without affecting use with ambiguous and new technologies.

Technical University of the North has the necessary technology to have coexistence of both Internet protocols regarding hardware and applications, which mostly are working with the Internet Protocol version 4 (IPv4) and protocol generation (IPv6) together.

With the migration from IPv4 to IPv6 in the EDUROAM service provided by CEDIA, connecting more devices to the network securely with local users and other institutions belonging to that body of technological development within the university campus is guaranteed, files FreeRADIUS configuration, phpLDAPadmin Open LDAP and enable smooth deployment of protocols, which make feasible the development and updating of the service.

In performance tests observed how requests for authentication and IP address assignment to users who perform their IPv6 connection EDUROAM server is performed.

I connect end-user interaction protocols to surf the Internet and connect to various services provided by CEDIA is transparent, ensuring ease and viability of this service inside and outside the institution.

GRATITUDES

A North Technical University Faculty of Engineering and Applied Science, their teachers, for giving their knowledge and experience to face the ethical and professional life with humility.

Department of Computer Technology and Development for placing my confidence to use appropriate measures to ensure the implementation of titling my work tools.

To my director, Ing. Carlos Vasquez, who, with their knowledge, their support and friendship, has awakened in my skills and abilities for the development of this work degree.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- [1] EcuRed, "Protocolo_IP," April 8 216. [Online]. Available: http://www.ecured.cu/Protocolo_IP.
- [2] GLA Sanchez, "Development of a translation scheme IPv6-IPv4-IPv6," 2010. [Online]. Available: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lis/ahuatzin_s_g1/capitulo2.pdf.

- [3] E. Alvarez, "Introduction to IP version 4," 2009. [Online]. Available: <http://www-2.dc.uba.ar/materias/tc/downloads/apuntes/ipv4.pdf>.
- [4] JCP NAVA, "TECHNOLOGIES AND TRANSITION MECHANISMS TO IPV6 IPV4," 2011. [Online]. Available: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2807/Tesis.pdf?sequence=1>.
- [5] Ecovi, "Network Layer Protocol," 13 August 2016. [Online]. Available: <http://ecovi.uagro.mx/ccna1/course/module6/6.1.4.1/6.1.4.1.html>.
- [6] JR GUARNIZO, "Implementation Plan for migration to IPv6 in the network of the Faculty of Administrative Sciences at the University of Guayaquil," Guayaquil, 2015.
- [7] D. Landy, "Proposed Implementation Plan for migration to IPv6 in the network of the Salesian University Headquarters-Cuenca» Cuenca, 2013.
- [8] J. Coellar, "Proposal for the transition from IPv4 to IPv6 in Ecuador through Supertel," Guayaquil, 2013.
- [9] PortaliPv6, "Dual Stack or Dual Stack," 2012. [Online]. Available: <http://portalipv6.lacnic.net/dual-stack-o-pila-doble/>.
- [10] O. Gerometta "Traducción IPv4 to IPv6 addresses," January 4 2015. [Online]. Available: <http://librosnetworking.blogspot.com/2015/01/traduccion-de-direcciones-ipv6-ipv4.html>.
- [11] CEDIA, "National Research and Education Network of Ecuador," 2016. [Online]. Available: <https://www.cedia.org.ec/inicio/cedia>.
- [12] Ticec, "CEDIA-IPv6," 15 July 2014. [Online]. Available: <https://ticec2016.cedia.org.ec/servicio-de-la-nube/9-sin-categoria/250-noticia-ipv6>.
- [13] F. Obando, "Transition Web and FTP services from IPv4 to IPv6 using DS-LITE for the network of the Technical University of the North," Ibarra, 2016.
- [14] RedCEDIA, "EDUROAM," 2014. [Online]. Available: <https://www.cedia.org.ec/conectividad/eduroam>.

ABOUT THE AUTHORS



Jefferson J. GARRIDO C. Born in Tulcán-Ecuador on 13 December 1991. He completed his primary studies in the "Sucre N1" School. Highschool at the Instituto Tecnológico Superior Bolívar, obtaining the title mathematical physicist. He is currently in the Network Analyst & T company CAN Quito and studied at the Technical University of the North,

Ibarra - Ecuador, in the race of Engineering in Electronics and Communication Networks.



Carlos A. VASQUEZ A. Born Quito - Ecuador on September 19, 1981. Engineer in Electronics and Telecommunications, National Polytechnic School in 2008. He is currently a professor at the Engineering in Electronics and Communication Networks at the Technical University of the North, Ibarra-Ecuador, also has a Masters

in Communication Networks, the Pontifical Catholic University of Ecuador, Quito, Ecuador.