

Diseño e implementación de un sistema de red basado en políticas, para el proveedor de servicio de internet inalámbrico TELYDATA CÍA. LTDA.

Alejandro Andrade M., Carlos Egas A.

Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica Nacional, Quito - Ecuador

Resumen- Existen diferentes formas y mecanismos para que los administradores de red que trabajan para una empresa proveedora de servicios de Telecomunicaciones cumplan el gran reto de tener sus recursos críticos en un adecuado funcionamiento.

En ese contexto, el presente trabajo realiza el diseño e implementación de un sistema de gestión basado en políticas para el departamento técnico del proveedor de servicios de internet inalámbrico Telydata Cía. Ltda. El sistema tiene como características: gestionar usuarios, almacenar datos técnicos de la configuración del enlace inalámbrico y la capacidad de acceso al canal, por cliente. En el diseño se consideran definiciones del RFC 3198, el uso del protocolo LDAP, el modelo de información PCELS (Policy Core Extensión LDAP Schema), y servicios diferenciados bajo la plataforma Linux.

Palabras Clave – ÁRBOL DE INFORMACIÓN DE DIRECTORIO, GESTIÓN, MODELOS DE INFORMACIÓN, POLÍTICAS, SERVICIOS DIFERENCIADOS.

I. INTRODUCCIÓN

La gestión de redes basada en políticas ofrece un conjunto de mecanismos para gestionar los recursos de red, los mismos que obedecen a directrices denominadas *políticas* establecidas por el administrador de la red en un lenguaje de alto nivel, para que posteriormente sean traducidas a un lenguaje de bajo nivel. Para ello, se consideran modelos y repositorios de información y su interacción con mecanismos de calidad de servicio, tales como DiffServ o IntServ en alguna plataforma específica. El departamento técnico puede beneficiarse de este tipo

de gestión al tener controlado los recursos, tener almacenado los perfiles de usuarios y toda la información crítica, tal que pueda estar disponible y adecuadamente distribuida.

II. TECNOLOGÍA RELACIONADA A LA GESTIÓN DE RED BASADA EN POLÍTICAS, SEGÚN EL RFC 3198

El RFC 3198 define áreas de uso, protocolos y recomendaciones relacionados con la gestión de redes basada en políticas. Se consideran los modelos de información PCIM (Policy Core Information Model) y PCELS. Se aborda el concepto de Servicios Diferenciados para implementar o mejorar la calidad de servicio.

A. Modelos de información

1) *PCIM* [1]: Es un modelo de información cuya visión general es relacionar las políticas y variables que define un administrador de red desde un lenguaje de alto nivel al lenguaje lógico en los dispositivos de la infraestructura tecnológica; para llegar a cumplir los objetivos del negocio planteados por una empresa. En este modelo se pueden definir un conjunto de clases y relaciones para almacenar la información. Por ejemplo, una aplicación importante para este modelo es el control de aplicaciones por departamentos de una empresa.

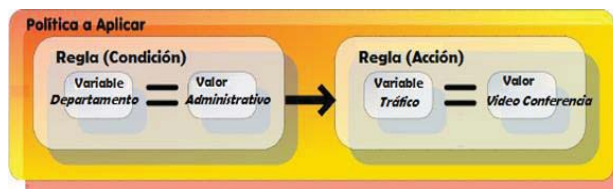


Figura 1. Ejemplo de aplicación de políticas

La política consiste en una regla compuesta de una condición y una acción. En el ejemplo de la Figura 1, la condición es: si el departamento de una empresa es administrativo, entonces la acción es: asignar prioridad a aquel tráfico relacionado a videoconferencia.

2) *PCELS* [1] : Es un modelo que sigue las definiciones de PCIM con una visión aplicada al protocolo LDAP, el cual puede almacenar en esquemas no solamente información de políticas sino también de variables de red según lo necesite el administrador de infraestructura. Por ejemplo, si se refiere a dispositivos quienes tienen una dirección MAC, se puede representarlos con la clase `pcesMACAddrValueAuxClass`, como se indica en la Figura 2.

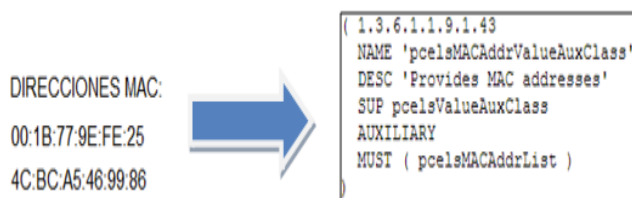


Figura 2. Ejemplo para representación de variables de Red a un esquema PCELS

B. Servicios diferenciados en Linux

El kernel de Linux reúne un conjunto de mecanismos destinados a implementar servicios diferenciados y calidad de servicio en redes [2][3]. Entre los más conocidos se tiene: encolado, clasificación y filtrado de paquetes.

La disciplina de colas, gestiona el proceso de ordenamiento de paquetes. Son categorizados como: disciplina de colas con clase, o sin clase. Las disciplinas de colas sin clase aceptan paquetes y se limitan a reordenarlos, retrasarlos o descartarlos. Soportan los modos: `pfifo_fast`, `token bucket filter (TBF)`, entre otros. Las disciplinas de colas con clase son usadas para dar tratamiento separado a diferentes tipos de tráfico para saber que comportamiento dar a cada paquete, se debe examinar a los filtros. Soportan principalmente las disciplinas `CBQ (Class-Based Queuing)` y `HTB (Hierarchical Token Bucket)`. Ambas disciplinas cumplen en términos generales con la misma funcionalidad, sin embargo `HTB` ofrece relativamente mayor facilidad de configuración. El paquete de utilidades `iproute2` incluido en el sistema operativo Linux

brinda funcionalidades para el control y gestión de tráfico a través de un conjunto de herramientas denominadas como `TC (Traffic Control)` para clasificación y filtrado; y la herramienta `iptables` para el manejo de tablas de traducción de direcciones (`Nat`) y marcado de paquetes (`Mangle`).

III. ANÁLISIS DE LA SITUACION ACTUAL DE LA RED DE TELYDATA CÍA. LTDA.

Telydata Cía. Ltda., brinda servicios de internet en Quito, a las zonas de perímetro rural del sector del Condado (al norte), y al sector del Camal Metropolitano (al sur). Se usa la tecnología propietaria Ubiquiti Networks, la cual opera con el estándar `IEEE 802.11 g`, `IEEE 802.11 n` y tecnología `WiFi`. El acceso de última milla consta principalmente de una radio base ubicada en el sector de Iñaquito y un Ruteador Cisco 3745. Ver Figura 3.

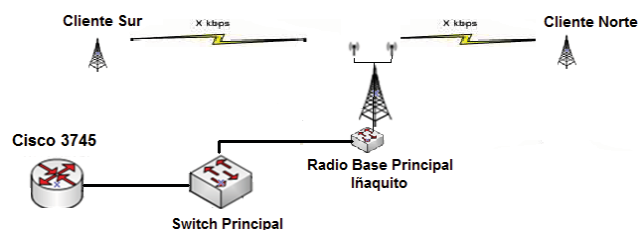


Figura 3. Red de Acceso a clientes Inalámbricos

Cada una de las antenas del backbone inalámbrico funciona con la tecnología `Airmax`, la cual está básicamente desarrollada por un protocolo propietario `TDMA` y tecnología `MIMO 2x2`.

A. Requerimientos del departamento técnico para la operatividad de la red

Los requerimientos específicos incluyen:

- Repositorio de información donde se tengan los datos generales de cada usuario y los datos técnicos de su enlace respectivo. Dicha base de datos es necesaria para que facilite el trabajo de los técnicos frente a incidencias.
- Un control de la capacidad de acceso para cada cliente a nivel del core de la red, y el manejo de tráfico con prioridad en navegación web para cada uno de los clientes.
- Se requiere también de un reinicio programado de antenas, al menos una vez por semana, ya que esto es recomendado por el fabricante y

actualmente los técnicos realizan esto de forma manual.

B. Análisis de tráfico

En la medición de la capacidad de la red, se observa que el tráfico de entrada (downgrade) es por lo menos cuatro veces mayor que el de salida (upgrade), los valores se detallan en la Tabla 1. Este comportamiento es similar en la red inalámbrica norte como en la red inalámbrica sur. La red inalámbrica norte siempre permanece operativa, aun durante la madrugada.

Tabla 1. MEDICIÓN DE ANCHO DE ANCHO DE BANDA DE LA RED INALÁMBRICA DE TELYDATA (RIT)

CANAL	RIT NORTE		RIT SUR	
	Vtx Medido	Vtx Teórico	Vtx Medido	Vtx Teórico
Downgrade	7 Mbps	26 Mbps	7.6 Mbps	26Mbps
Upgrade	1.07 Mbps	26 Mbps	0.9 Mbps	26 Mbps

La medición se realiza durante cuatro semanas en donde los días lunes, miércoles y viernes se tiene el mayor consumo. Las columnas *Vtx Medido* de la Tabla 1, indican los valores picos alcanzados en dos periodos: en la mañana hasta las 12h00 y durante la tarde desde las 14h00 hasta las 22h00. El tráfico de datos usa en su mayoría el protocolo HTTP con el 91.7 % del canal, HTTPS con el 7%, y el resto del trafico usa protocolos como MSNP, RTP con el 1.3%. Los dominios que más sobresalen son: akamaitechnologies.com, 1e100.net, facebook.com, ecutel.com, con sus respectivas direcciones IP designadas por IANA. Estos datos son válidos para realizar la priorización de tráfico. Por otra parte, durante el monitoreo de la capacidad de acceso por usuario se verifica que al no existir un control adecuado, algunos de ellos ocupan más capacidad de acceso que otros, incluso sin corresponder a lo contratado.

IV. DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN

Se plantea el diagrama de la Figura 4. Se define un módulo gestor que cumple con la funcionalidad de almacenar información de usuarios, localizaciones físicas, datos técnicos de dispositivos inalámbricos, referencias temporales del reinicio de antenas y topologías de los enlaces. Además, se define un módulo ejecutor que cumple con la funcionalidad de controlar la capacidad de acceso de cada cliente y ejecución de un reinicio programado de las antenas pertenecientes al backbone de la red inalámbrica.

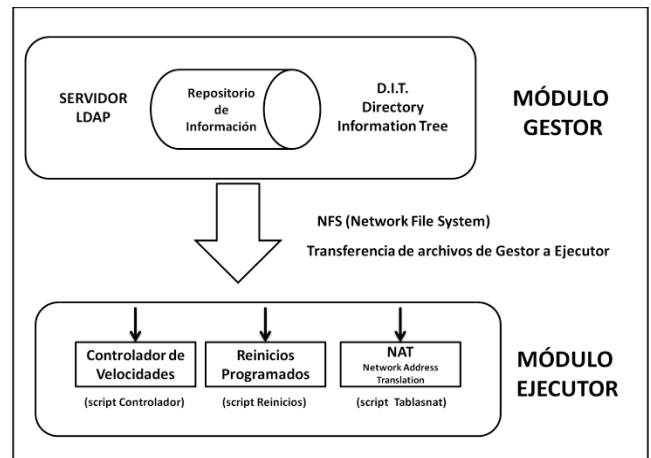


Figura 4. Diagrama de gestión propuesto

Para dichas funcionalidades se proponen cuatro scripts: *datosClientes*, *controlador*, *tablasnat*, y *reinicios*.

A. Definición del modelo en el entorno PCELS.

El modelo de información en el entorno PCELS para el diseño propuesto se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2. REPRESENTACIÓN DEL MODELO DE INFORMACIÓN EN EL MODELO PCELS

ATRIBUTO	CLASE	ESQUEMA
Cn	Person	core.schema inetOrgPerson.schema
streetAddress telephoneNumber	OrganizationalPerson	Core.schema
Mail	inetOrgPerson	inetOrgPerson.schema
L	Locality	core.schema
pcelsIPv4 AddrList	pcelsIPv4AddrValue AuxClass	telydatapcels.schema
pcelsIntegerValue AuxClass	Locality	core.schema
pcelsIntegerList	pcelsDestination PortVariableAuxClass	Telydatapcels.schema
pcelsIPv4AddrList	pcelsIPv4AddrValue AuxClass	telydatapcels.schema
pcimTCPDayOf WeekMask	pcimTPCAuxClass	Telydatapcim.schema
Hostname	AirmaxParameters	Parameters.schema
Ssid		
Frecuency		
Signalstrength		
Ccq		
ipHostNumber	ipHost	nis.schema
macAddress	ieee802Device	nis.schema

El modelo de información está compuesto de las variables necesarias, que requieren ser almacenadas. Para ello se definen las siguientes entidades:

a) *Usuarios*: todo aquello relacionado a datos generales como nombre, dirección, teléfono para cada uno de los tres enlaces.

b) *Localizaciones*: hace referencia las ubicaciones físicas y direcciones de red de los enlaces inalámbricos en la ciudad de Quito. También en esta entidad se debería almacenar las topologías.

c) *Entorno Aplicacional*: almacena números de puertos y rangos de direcciones IP que los clientes usan con más frecuencia.

d) *Referencia Temporal*: Hace referencia al día y a la hora en que se ejecutará el reinicio de las antenas del backbone inalámbrico.

e) *Variables Técnicas de dispositivos inalámbricos*: especificaciones de parámetros técnicos que se tienen del enlace de cada usuario, como por ejemplo direcciones IP, Niveles de Señal, Calidad del enlace (CCQ), Frecuencia.

B. Árbol DIT (Directory Information Tree) propuesto

En la Figura 5 se indica el DIT planteado para Telydata Cía. Ltda., con los principales DNs (nombres distinguidos). Cabe recalcar que a través del DIT se generan cuatro archivos de texto que serán montados en el módulo ejecutor.

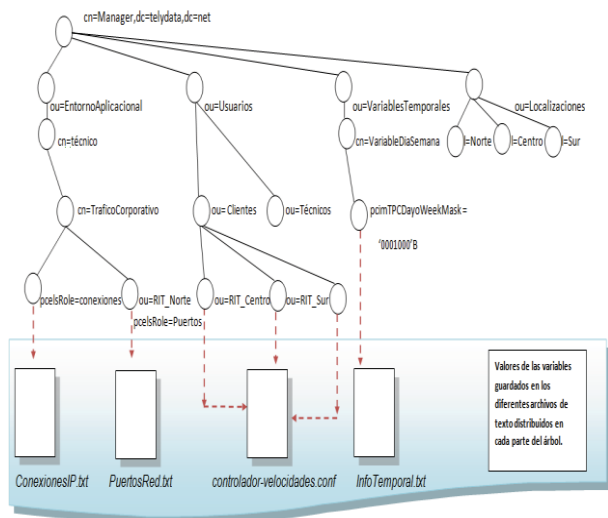


Figura 5. Árbol DIT propuesto

C. Definición de esquemas

Se definen los esquemas con los elementos básicos necesarios para la configuración del repositorio [5]:

- core.shema: definido desde el RFC 2252 al RFC 2256.
- cosine.schema: basado en el RFC 1274
- inetorgperson.schema: definido en el RFC 2798.
- nis.schema: basado en los RFC 2252 y RFC 2307.

Respecto al modelo de información basado en políticas se describen los nuevos esquemas en LDAP para el entorno de Telydata [1][5]:

- telycim.schema: basado en las especificaciones de DMTF CIM (Core Information Model).
- telydatapcim.schema: basado en el RFC 3703
- telydatapcels.schema: basado en el RFC 4104
- parameters.schema: esquema diseñado para la representación de información técnica de la infraestructura inalámbrica de Telydata.

1) Esquema Airmax Parameters

Es un esquema personalizado, específicamente para la representación de las variables técnicas de los dispositivos inalámbricos. El numero PEN (Private Enterprise Number) signado por IANA para Telydata es 40922. Por lo tanto, el OID que se establece es: 1.3.6.1.4.1.40922. Se elegirá el sufijo 1 para la red inalámbrica. La clase *Airmax Parameters* se genera de un archivo denominado *parameters.schema* y que se incluirá en la configuración del servidor. Esta clase contiene su propia estructura de esquema.

D. Especificación de valores para la capacidad de acceso al canal

Actualmente existen cuatro tipos de velocidades comercializadas en Telydata para usuarios Cyber, estas son: 950/300 kbps, 1300/300 kbps, 1800/300 kbps y 2200/300 kbps. Por lo tanto, se plantea la Tabla 7 y 8 que indicarán los valores mínimos y máximos de capacidad para los cuatro tipos de usuarios Cyber (aquellos que alquilan el servicio de internet por un tiempo determinado a sus clientes finales). Dichas tablas obedecen a políticas del Departamento Comercial. Además, se requiere dar prioridad al tráfico web, ya que es el más requerido por los clientes, específicamente,

aquellas relacionadas a las redes sociales, mensajería instantánea y flash Macromedia. Cabe recalcar también que estas especificaciones se aplican únicamente a los usuarios Cyber, con el fin de diferenciarlos de los clientes residenciales.

E. Diseño del script datosClientes

Filtra y ordena los datos obtenidos del repositorio, y genera los archivos indicados en la Figura 5. Para ello se expone el flujograma de la Figura 6, que indica la forma como se filtran los datos desde el repositorio LDAP.

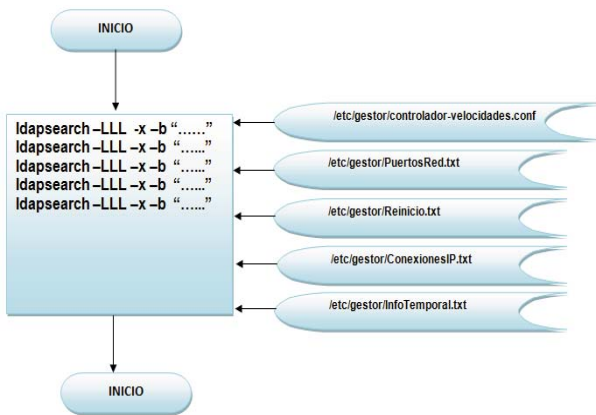
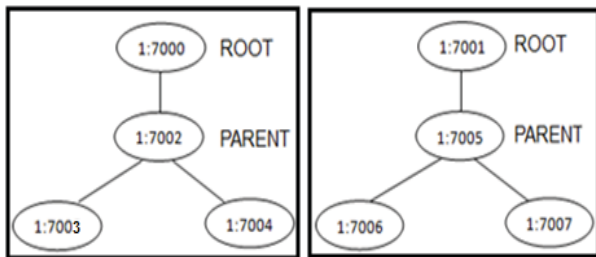


Figura 6. Flujograma del script datosClientes

F. Diseño del controlador de capacidad de acceso para los clientes.

Se plantea el uso de un servidor Linux interconectado con la RIT (Red Inalámbrica de Telydata), y usando la herramienta iproute2. La función será asignar una parte de la capacidad total de acceso de la RIT a cada cliente (representado por su dirección IP); en donde el mecanismo de control y priorización de tráfico se basa en la construcción de un árbol de clases mostrado en la Figura 7.



a. BAJADA

b. SUBIDA

Figura 7. Árbol de clases para el control de tráfico

Ambos árboles de la Figura 7, muestran la estructura de clases para un solo usuario representado por una dirección IP. Para el cuadro del literal a), la clase 1:7000 es la clase raíz, a la que se le asigne la velocidad total que soporta el enlace de la RIT. A la clase 1:7002 se le asigna únicamente la velocidad de un cliente en específico. Dicha clase tendrá dos clases hijas 1:7003 y 1:7004. La clase 1:7003 será la banda que lleva mayor prioridad (asignándole el valor de 1), por lo tanto, tendrá mayor porcentaje de velocidad de la que fue asignada al usuario, con el fin de que en ella se asignen los puertos y direcciones IP a priorizar. La banda 1:7004 será la banda de menor prioridad (asignándole el valor de 3) y la que tenga menor porcentaje de velocidad, de la que fue asignada al cliente para manejar tráfico residual o no importante. Para el grafico del literal b), la explicación es análoga a la realizada con la interfaz de subida (literal a)). Se tienen algoritmos disponibles para lograr la implementación de dicho script, como es el caso de HTB (Hierarchical Token Bucket) y SFQ (Stochastic Fairness Queuing).

G. Diseño del script controlador

El diseño del script bash se lo realiza de acuerdo al flujograma mostrado en la Figura 8, el cual indica las siguientes funciones:

- *cargar_conf()*: carga las variables generales con valores de direcciones IP y velocidades.
- *cargar_conexionIP()*: lee las direcciones IP en Internet a las que se requiere dar prioridad.
- *cargar_Puerto()*: función que lee los puertos relacionados a las aplicaciones que se requieren asignar prioridad.
- *Parámetros_tc ()*: establece los datos de todas las variables según el esquema HTB según cada una de las clases expuestas en el árbol de la Figura 7.
- *configuracion_tc ()*: se encarga de configurar las clases, filtros y disciplina de cola con la herramienta tc.
- *configuracion_iptables ()*: realiza el marcado de paquetes dirigidos específicamente hacia los puertos y direcciones IP que se requiere priorizar.

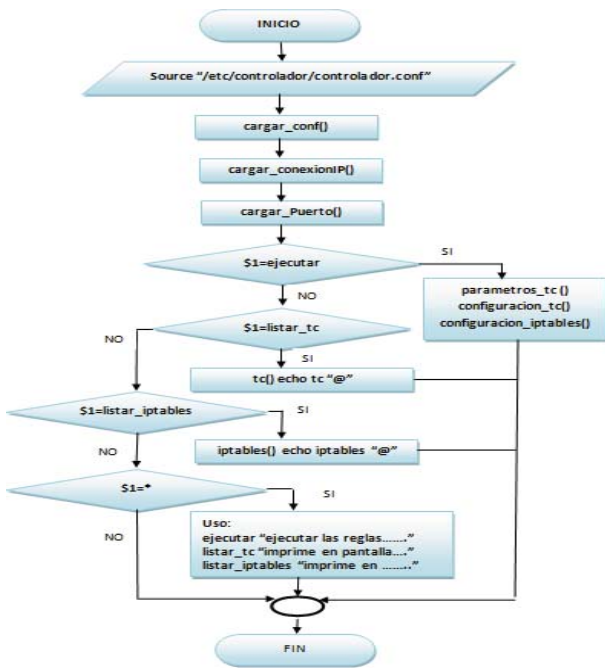


Figura 8. Flujoograma del script controlador

H. Diseño del script reinicios

Se llevarán a cabo una vez por semana de manera automática, para ello se hace uso del atributo pcim-TPCDayOfWeekMask, cuyo valor es un numero binario de siete dígitos, los cuales representan a un día de la semana, empezando desde el domingo que se le asigna en la primera posición de izquierda a derecha (MSB, Bit Más Significativo). Se indica un ejemplo a continuación:



Para realizar el reinicio de la antena se requiere de: a) La dirección IP, la cual representa al dispositivo al cual se realizará el reinicio, b) Fecha de ejecución, según el día y hora especificada, c) Usuario y contraseña de ingreso del dispositivo WiFi Ubiquiti Networks vía CLI (Command Line Interface). Se propone el uso de ssh para acceso remoto a las antenas y el comando reboot para el reinicio del dispositivo. Ver Figura 9.

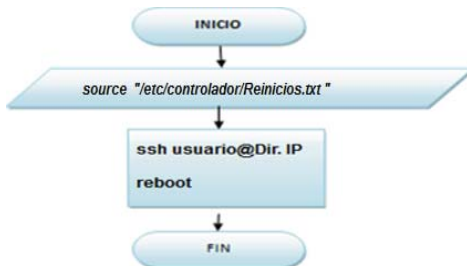


Figura 9. Flujoograma del script reinicio

I. Ejecución y administración de los distintos scripts

Tomando en cuenta que la mayoría de cambios que se realizan sobre el repositorio son al menos dos veces por día, se determina que la ejecución de los scripts datosClientes y controlador sean a las 12h00 y 22h00. También se determina que la ejecución del script reinicios sea un día por semana (recomendado por el fabricante) y en la mañana (04h00) para no causar indisponibilidad del servicio.

J. Determinación de la plataforma para el módulo Gestor

Existen dos herramientas tomadas en cuenta por ser las más conocidas y desarrolladas en nuestro entorno: OpenLDAP y Active Directory. Teniendo en cuenta criterios establecidos por el departamento técnico de la empresa Telydata se especifica la Tabla 3, la cual indica un análisis comparativo entre las dos herramientas. [7]

Tabla 3. COMPARACIÓN ENTRE OPENLDAP Y ACTIVE DIRECTORY

Criterio	OpenLdap	ActiveDirectory
Características Administrativas	Cumple	Cumple mejor
Costos	Cumple mejor	Cumple
Rendimiento	Cumple	Cumple
Integración con la Red Inalámbrica de Telydata	Cumple	No Cumple

Se determina que la herramienta openLDAP obtiene mayor ventaja respecto a ActiveDirectory, específicamente en cuanto a costos, e integración con la infraestructura inalámbrica de Telydata. Por otro lado, existen varias interfaces de administración LDAP como Softerra Ldap Browser, Jxplorer, Apache Directory Studio LDAP Browser. Entre ellos, se elige la herramienta Apache LDAP Browser como interfaz de administración y Softerra LDAP Browser porque ambos tienen un sistema avanzado de gestión de directorio y por ser herramientas de libre distribución

K. Determinación de la distribución Linux para el modulo Ejecutor

Para la elaboración de servidores existen varias distribuciones, tales como CentOS, Debian, Ubuntu, Slackware [8]. Los criterios los establece el departamento técnico de Telydata. Dado un estudio de cada distribución tomando en cuenta desde las

especificaciones del gerente técnico de la empresa Telydata, se presenta la Tabla 4.

Tabla 4. COMPARACIÓN DE LAS DISTRIBUCIONES LINUX

Criterio	Debián	Slackware	CentOS	Ubuntu
Distribución Libre	Cumple	Cumple Mejor	Cumple Mejor	Cumple
Estabilidad	Cumple	Cumple	Cumple Mejor	Cumple
Rendimiento	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Documentación y ayuda	Cumple mejor	No Cumple	Cumple Mejor	No Cumple

Según la Tabla 4, CentOS posee mayor ventaja que las otras distribuciones, sobre todo en cuanto a su estabilidad, al basarse en paquetes de software bien probado y conservado que aseguran el funcionamiento adecuado, además porque posee excelente documentación.

V. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RED BASADO EN POLÍTICAS

Se propone realizar un módulo Gestor y un módulo Ejecutor interconectados de acuerdo a la topología mostrada en la Figura 10. El módulo Gestor se encuentra resumido a continuación en los literales A y B [2][3][4]; y el modulo Ejecutor se encuentra resumido en el literal C.

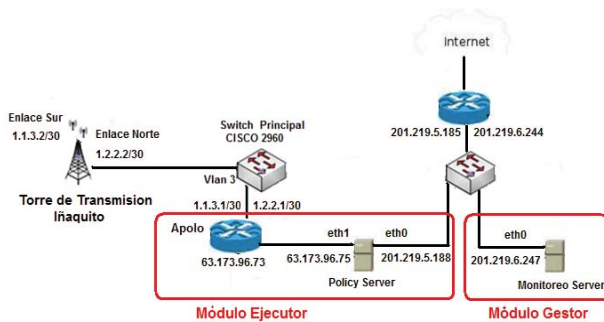


Figura 10. Topología del sistema a implementar

A. Instalación de la interfaz de administración

Se realiza la configuración de Eclipse Juno, para ello se configura Java con la instalación de los paquetes `jdk1.7.0_09` y `jre1.7.0_09`. Mediante las herramientas de Eclipse Juno se instala el componente Apache DS LDAP Browser

B. Implementación del árbol DIT

Consta de la instalación del paquete OpenLDAP y de su interfaz de administración. Mediante el archivo `slapd.conf` se configura:

- El listado de esquemas, son los que vienen incluidos por defecto en el paquete openLDAP. Se incluyen cuatro adicionales: `telycim.schema`, `parameters.schema`, `telydatapcels.schema` y `telydatapcim.schema`.
- Sufijo principal para el contexto de nombrado suffix: “`dc=telydata, dc=net`”, y rootDN: `cn=Manager, dc=telydata, dc=net`.
- Una contraseña usada por el rootDN encriptado usando hash MD5.
- El directorio de almacenamiento de base de datos (`/var/lib/ldap`).
- Asignación del índice de búsqueda `eq` para el atributo `businessCategory`, entre otros.

A partir de la entrada principal `cn=Manager, dc=telydata, dc=net`, se crea las siguientes entradas:

- Usuarios, que representa a la entidad Clientes tanto de la RIT Norte, RIT Centro, y RIT Sur, se compone de las clases `AirmaxParameters`, `ieee802Device`, `ipHost` e `inetOrgPerson` y sus respectivos atributos. También contiene los datos del personal técnico de la empresa, y se usan los atributos de la clase `organizationalPerson`.
- Entorno Aplicacional, se compone de las clases `pcelsIPv4AddrValueAuxClass`, `pcelsRoleCollection`. Con ello se declara el atributo `pcelsIPv4AddrList` para asignar las redes: `186.125.0.0/16`, `186.5.0.0/17`, etc.
- Variables Temporales, se compone de la clase `pcimTPCAuxClass`, a cuyo atributo `pcimTPCDayOfWeekMask` se define con el valor `'0001000'` B.
- Localizaciones (Para Quito Norte, Quito Centro, y Quito Sur), se compone únicamente del atributo `l` (locality).
- `ipHostNumber`: compuesto de el atributo: `l` (locality), y el atributo `jpegPhoto` para el almacenamiento de topologías.

C. Implementación de los script bash

Implementación del script *datosClientes*. Se utiliza el filtrado de datos, usa principalmente la herramienta *ldapsearch* y el filtro *grep* para obtener los archivos del DIT, según la Figura 7.

Implementación del script *controlador*. Se realiza la codificación de las funciones especificadas según la Figura 8. Se utiliza el comando *tc* con la opción *class* para clasificado de paquetes, y la opción *qdisc* para la asignación de disciplinas de colas. Para el marcado de paquetes se utiliza el comando *iptables* con la tabla *mangle*.

Implementación del script *tablasnat*: Se usa la herramienta *iptables*, se realiza un firewall básico, se habilita la propiedad de reenvío de paquetes en el servidor. Se habilita el mecanismo *source nat* para el enmascaramiento de paquetes hacia el internet.

Implementación del script *reinicios*: Se utiliza el protocolo *ssh* para acceso remoto seguro a cada una de las antenas del backbone del enlace inalámbrico. Habiendo ingresado a cada una de estas, se utiliza el comando *reboot*, para el reinicio en el día y hora programado.

Configuraciones Adicionales: se crea una lista de acceso denominada *policy-server* en el ruteador *Apolo* (Figura 10) para el envío de tráfico desde la red inalámbrica de Telydata a los servidores implementados. Además, se realiza la configuración del Protocolo NFS para el envío de la información desde el repositorio a Policy Server.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La gestión de redes basada en políticas permite la administración de entidades de red, almacenarlas en un directorio de información y aplicar políticas sobre dichas entidades de acuerdo a los requerimientos de una empresa.

A la empresa Telydata se aportó con una herramienta de gestión para la red inalámbrica, y con ello realizar un control de la capacidad de acceso por cliente. La labor del departamento técnico de la empresa mejoró en gran medida desde dos puntos de vista: Organizacional y Técnico; ya que la información tanto de usuarios como de la infraestructura se encontraba debidamente organizada y disponible.

La flexibilidad que ofrece LDAP en cuanto a la administración de recursos de red se basa en la manipulación de esquemas, los cuales permiten la representación de datos que son indispensables en una empresa. En el presente proyecto se aportó con el diseño de *parameters.schema*, la cual define la estructura de las variables gestionadas.

Para asignar a cada cliente un valor de velocidad independiente de otros clientes fue primordial adoptar el algoritmo de control de tráfico HTB (*Hierarchical Token Bucket*) el cual permitió asignar a cada cliente una clase padre y una estructura de clases jerárquica para el manejo del tráfico.

Se usaron disciplinas de colas con clase sobre las interfaces de red con el fin de administrar la manera en cómo se transmiten datos, organizando y mejorando el uso de la capacidad del canal en base a los requerimientos planteados.

Es recomendable que se realice cada semana un barrido de frecuencias para cada enlace de la red inalámbrica de Telydata, utilizando herramientas de Ubiquiti Networks, como por ejemplo la herramienta denominada *Site Survey*, para lograr que el enlace se encuentre libre de interferencias.

Se recomienda realizar respaldos y copias de seguridad de la base de datos de OpenLDAP semanalmente, usando la herramienta *slapcat* y con el servicio *ldap* detenido, ya que ello disminuye el riesgo de pérdida de información.

RECONOCIMIENTOS

Un reconocimiento especial para el Ing. Diego Padilla, gerente técnico de la empresa Telydata, Cía. Ltda., por su respaldo durante la implementación del proyecto. También al equipo docente de la carrera de Ingeniería Eléctrica y Redes de Información por su labor educativa.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] TEXEIRA, G., CORDENA- “Uma Plataforma para Gestão de Redes Baseada em Políticas. Arquiteturas e mecanismos de tradução de políticas”. Universidad do Minho. Guimarães, Portugal. 2006.

- [2] Jussi Lemponen. (2001, Abril). Implementation of Differentiated Services Policy Information Based on Linux [Online]. Disponible en: <http://www.atm.tut.fi/faster/qbone/linux-pep.pdf>
- [3] CUELLAR QUIÑONEZ, Juan. “Scheduling Algorithms in packet networks”. Universidad ISECI. Cali, Colombia. Agosto, 2009.
- [4] Chuck Semeria. (2001, Diciembre). Supporting Differentiated Service Classes: QueueScheduling Disciplines [Online]. Disponible en: <http://www.terabitsystems.com/juniper-docs>
- [5] CARTER, Gerald. “LDAP System Administration”. 1era Edición. Editorial O'Reilly & Associates. California, Estados Unidos. Marzo, 2004.
- [6] Hewlett-Packard Company. A primer on Policy-based Network Management[Online]. Disponible en: http://pdf.aminer.org/000/291/591/an_analysis_of_policy_provisioning_complexity_in_accordance_with_the.pdf
- [7] ROMERO, C. “Análisis Comparativo entre productos que proveen servicio de directorio pertenecientes a tecnología propietaria y de libre acceso, aplicado en ambientes educativos”. Escuela Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.
- [8] JIMENEZ,G., PAZMIÑO, C. “Análisis, Implementación y evaluación de un prototipo router dual IPv4/IPv6 con soporte de QoS i IPsec, sobre Linux, usando AHP para la selección del hardware e IEEE 830 para la selección del software”. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador

Carlos Egas Acosta, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Realizó estudios de postgrado en la Universidad Andina Simón Bolívar. Actualmente se desempeña como docente en la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional.

VIII. BIOGRAFÍAS



Alejandro Andrade Mafla, Nació en Quito, el 4 de Diciembre de 1984. Sus estudios secundarios los realizó en el colegio técnico salesiano Don Bosco (Kennedy). Se graduó como Ingeniero en Electrónica y Redes de Información en la Escuela Politécnica Nacional en 2013. Se desempeñó como Ingeniero de Soporte en la

empresa Telydata. Actualmente, desempeña el cargo de Ingeniero en Redes e Infraestructura en la Secretaría de Movilidad del Distrito Metropolitano de Quito.