

DISEÑO DE UNA RED MULTISERVICIOS ORIENTADA A OPTIMIZAR EL FUNCIONAMIENTO DE LAS
ACTUALES REDES DE TRANSPORTE DE LAS OPERADORAS TELEFÓNICAS

Díaz Palacios Diego Paúl
dpdp87_15@hotmail.com

Ing. Sáenz Fabián
Ing. Romero Carlos

Departamento de Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica del Ejército.
Campus Sangolquí, Av. El progreso s/n.

RESUMEN

Este artículo trata sobre el diseño de una red Multiservicios que permita a las actuales operadoras telefónicas mejorar la administración y aprovechar de mejor manera la infraestructura de la actual red de transporte que poseen. Tecnologías como ATM o Ethernet, aún poseen un tiempo prolongado de vida útil, en el presente veremos la forma de integrarlos a una red IP/MPLS que presenta mejores alternativas para la resolución de problemas. Se observará cómo los Equipos Alcatel – Lucent presentan las mejores características para implementar esta tecnología, tanto Concentradores, Distribuidores y Agregadores, mismos que se complementan perfectamente para desarrollar tecnologías como LTE.

INTRODUCCIÓN

Si bien es cierto los sistemas ATM e IP fueron la solución a muchos problemas, en la actualidad sus características son insuficientemente óptimas como para poder presentar nuevos servicios, mismos que requieren que el concepto tradicional de disponer redes separadas para soportar los distintos tipos de comunicación desaparezca.

Las redes multiservicios están basadas en *troncales* capaces de transportar cualquier tipo de servicio sobre cualquier infraestructura, haciendo posible la verdadera convergencia de los distintos servicios que por separado han dominado hasta hoy las comunicaciones.

Los equipos Alcatel – Lucent, presentan características de confiabilidad, redundancia, soporta enrutamiento y conmutación en base a etiquetas (Servicios MPLS), además son lo suficientemente robustos para soportar una red multiservicios.

1.MPLS Y REDES MULTISERVICIOS

MPLS es una tecnología de conmutación de etiquetas la capacidad de Ingeniería de Tráfico de ATM con la flexibilidad y escalabilidad de IP. MPLS provee la habilidad de establecer caminos orientados a la conexión sobre redes IP no orientadas a la conexión, y facilita un mecanismo para administrar ingeniería de tráfico independientemente de las tablas de enrutamiento. La tecnología MPLS ofrece muchos servicios como las VPNs de Capa 3, Ingeniería de Tráfico, protección de tráfico y VPNs de Capa 2 [1].

Se lo define como Multiprotocolo debido a que es capaz de trabajar con IP ATM, Frame Relay (entre otros).

Por características como estas, MPLS permite, a los proveedores de servicio, construir redes altamente confiables, además de ofrecer a los clientes IP servicios diferenciados en función de la calidad de servicio.

MPLS logra integrarse perfectamente al modelo OSI trabajando, en la mitad de la capa dos y tres, es decir se coloca entre la capa de enlace y de red tal como se muestra en la Figura 1:

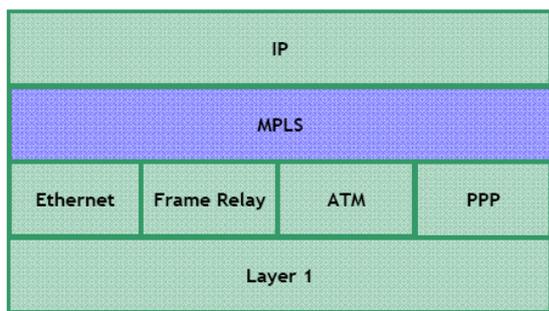


Figura. 1 Integración de MPLS en el Modelo OSI

Una etiqueta es un identificador pequeño, de tamaño fijo y localmente significativo que es aplicado a cada paquete de transmisión. Es usado para identificar el FEC (“*Forwarding Equivalente Class*”) al cual cada paquete es asignado. Típicamente la FEC a la cual es asignada cada paquete, se basa en la dirección IP de destino.

Se puede definir a un **paquete etiquetado** como un paquete en el cual una etiqueta MPLS ha sido insertada; para esto se usan dos técnicas:

- **Frame Mode.-** La cabecera de MPLS es adicionada a la trama conteniendo la etiqueta MPLS y otra información. Los valores de MPLS son transportados en un encabezado MPLS específico, como se muestra en la Figura 2.

- **Cell Mode.-** En el caso de ATM o Frame Relay, la construcción de la etiqueta se basa en la asignación del ID de circuito en la cabecera de la capa de enlace de datos existente.

El encabezado MPLS, se ubica en la trama entre los encabezados de capa 2 (por ejemplo Ethernet) y capa 3 (por ejemplo IP).

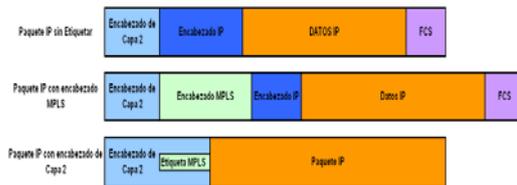


Figura. 2 Implementación de Etiquetas MPLS.

1.1 LSP “*Label Switched Path*”

Un **LSP** define un camino a través de la red que todos los paquetes asignados a un FEC específico lo siguen.

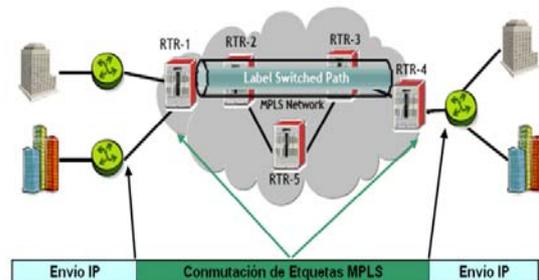


Figura. 3 Envío de un paquete a través de un LSP.

En el camino *end – to – end* entre dos sistemas, parte de la red puede pertenecer a una red IP tradicional y otra parte a un dominio MPLS. Lógicamente, donde no se encuentre soportado MPLS, los métodos de envío IP son utilizados.

Hay que tener en cuenta que cada **LSP es unidireccional**, se requiere la creación de dos

LSPs para que la comunicación bidireccional sea operativa.

1.2 LDP “Label Distribution Protocol”

LDP es un protocolo para la distribución de etiquetas. Los enrutadores configurados para el Protocolo LDP establecerán sesiones LDP y se convertirán en *compañeros (peers)*. Las sesiones LDP permiten el intercambio de la información de etiquetas y los FEC vinculantes a cada paquete [2].

1.3 RSVP “RESOURCE RESERVATION PROTOCOL” Y RSVP – TE “RSVP FOR TRAFFIC ENGINEERING”

Originalmente RSVP (Protocolo de Reservación de Recursos) fue desarrollado como un protocolo de control para ser usado por un host para solicitar calidades de servicio específicas de la red para una aplicación en particular. Además, RSVP fue definido para ser usado por routers para entregar QoS a todos los nodos que lo requieran a través de las rutas. Estas solicitudes RSVP generalmente resultan en salvaguardar los recursos de cada nodo a lo largo de la ruta de datos. Cuando se utiliza con MPLS, RSVP aprovecha este mecanismo para establecer Ingeniería de tráfico con los LSPs [1].

1.3.1 RSVP – TE (Ingeniería de Tráfico)

La especificación RSVP – TE soluciona un problema de gran escala con el protocolo RSVP, por ejemplo la gran cantidad de recursos de sistema que serían requeridos para administrar las reservaciones y mantener estable el sistema para miles e incluso millones de sesiones RSVP.

Estas extensiones que adhiere RSVP – TE adhiere soporte para la asignación de las etiquetas MPLS especificando caminos específicos para rutas *loose* y *strict.*, esto se

logra proveyendo un campo para la Solicitud de Etiquetas y otro para Objetos explícitos de enrutamiento en el mensaje *PATH*. RSVP – TE opera en DoD (*Downstream on Demand*) con control ordenado de LSPs.

1.4 Beneficios de MPLS con otras Tecnologías de Transporte

Los **beneficios que MPLS** presenta sobre los **protocolos de enrutamiento IP**, son varios, se enlistará los siguientes:

- La asignación de la FEC es realizada una sola vez al ingreso de la red, en lugar de hacerlo en cada salto.
- La información no contenida en las cabeceras de los paquetes puede ser usada para la determinación de la FEC.
- MPLS ofrece una mejor resistencia y recuperación de la red.
- MPLS es capaz de habilitar Ingeniería de tráfico para que los paquetes sigan ciertos caminos.

La implementación del protocolo MPLS ofrece varios beneficios y soluciones a los problemas que ATM presenta, y a los que a continuación se describe:

- Reduce el costo usando IPs existentes y tecnologías Ethernet.
- Ofrece mejores capacidades de enrutamiento soportando algo más que sólo el envío de paquetes basado sólo en el destino.
- Es una tecnología basada en estándares, lo que promueve la interoperabilidad de proveedores.

- La flexibilidad para evolucionar la funcionalidad de control sin cambiar el mecanismo de transmisión.
- El proceso de intercambio de etiquetas MPLS es el mismo, sin tomar en cuenta cómo las etiquetas son asignadas y distribuidas.



Figura. 5 Equipo 7750 SR – c12

La principal ventaja del Alcatel – Lucent 7750 SR – 12 es la migración rentable de una red basada en T1/E1, a una red más económica y flexible como IP/MPLS, aprovechando las características Ethernet sobre un amplio rango de servicios de primera milla.

Entre las Características físicas y técnicas de los equipos 7750 SRx – 12:

2.EQUIPOS ALCATEL – LUCENT

2.1 7750 SR – 12 “Service Router”

Su plataforma, especialmente diseñada, provee un software de alta disponibilidad y una arquitectura de hardware que permite a los operadores brindar la capacidad exacta a los servicios que se presenten en su infraestructura. El SR – 7750 provee la capacidad de servicios integrados necesaria y el espacio para el procesamiento de paquetes para permitir a los proveedores de servicio incrementar cuentas de suscriptores y ancho de banda sin incurrir en gastos de capital exponencial o de funcionamiento (CAPEX u OPEX) [3].

Tabla 1. Características Físicas y Técnicas de los Equipos 7750 SR - x12

ESPECIFICACIONES	7750 SR-c 12	7750 SR - 12
Rendimiento del Sistema	Hasta 90 Gbps (half duplex)	Hasta 2 Tbps (half duplex) Capacidad por slot: hasta 100 Gbps (full duplex)
Redundancia en Equipamiento	CFM - XP, PEMs, ventiladores	SF/CPM, PEMs, ventiladores
Módulos extraíbles en caliente	CFM-XP, PEMs, MDAs, CMAs	SF/CPM, PEMs, ventiladores, IOMs,
Dimensiones	Alto: 22.2 cm Ancho: 44.4 cm Profundidad: 60.0 cm	Alto: 62.2 cm Ancho: 44.4 cm Profundidad: 76.5 cm
Peso	Vacío: 16.4 kg Cargado: 45.4 kg	Vacío: 33.1 kg Cargado: 136.0 kg
Energización	- 40 V DC a - 72 V DC nominal 220 V AC a 240 V AC	- 40 V DC a - 72 V DC nominal Varias opciones AC disponibles
Enfriamiento	Aire forzado horizontalmente	Flujo del aire de adelante hacia atrás



Figura. 4 Equipo 7750 SR – 12

2.2 7705 SAR – 8

El equipo 7705 SAR – 8 de Alcatel – Lucent, diseñado para ser una solución en redes IP / MPLS, posee una arquitectura con pruebas para expansión a futuro, que permiten al proveedor de servicios disponer de una evolución constante en requerimientos de agregación. Fue construido para entregar servicios superiores a través de un aprovisionamiento efectivo, administración de tráfico, recuperación de fallos y facturación [4].



Figura. 6 Vista del chasis del 7705 – SAR 8

Entre las principales Características Físicas y técnicas de los equipos Agregadores, tenemos:

Tabla 2. Características Físicas y Técnicas de los Equipos 7705 SAR – 8

7705 SAR - 8	
Parámetros	Descripción
Dimensiones	(8.9 x 44.4 x 25.0 cm) (Alto x Ancho x Profundidad)
Peso (Sin Equipar)	3.8 kg
Peso (Equipado con Ventilador, 2 CSM, 2 Tarjetas Ethernet, 4 Tarjetas ASAP)	7.3 kg
Slots para tarjetas	6
Slot para Ventiladores	1
Slots para CSM	2
Montaje	Se recomienda se lo haga en un Rack de 19.0 pulgadas.

3.SERVICIOS EN UNA RED IP/MPLS

En el pasado, en los sitios remotos, geográficamente hablando, las facilidades de las telecomunicaciones eran interconectadas vía TDM, Frame Relay o redes ATM, hoy por hoy, estos lugares requieren de mayor ancho de banda, facilidades de redes dinámicas y escalabilidad para proveer a los usuarios servicios de calidad. La convergencia de varias tecnologías, como Ethernet y MPLS ha dado lugar al surgimiento de una nueva infraestructura de red el cual es efectivo en su costo como en la provisión de ancho de banda lo cual provee tanta escalabilidad como resistencia, aún más, usando estándares aceptados por la industria global.

3.1 Parámetros a considerar

Estos servicios, como lo mencionamos anteriormente, pueden proveer servicios de conmutación en capa 2, o de conectividad enrutada por IPs de capa 3. Hay que tener en cuenta que un servicio puede ser, tanto global como local. Un servicio local VPWS (“*Virtual Private Wire Service*”, Servicios punto – punto) envuelven a varios SAPs (“*Service Access Points*”) en el mismo enrutador, por otro lado, un servicio de VPRN o VPLS local envuelven dos o más SAPs en el mismo enrutador. Un servicio distribuido se extiende a más allá de un solo enrutador, estos usan SDPs. A continuación se define lo que es un SAP y un SDP [5].

3.2 Servicios Punto a Punto

Conocidos como Servicios de Cables Virtuales Privados, VPWS por sus siglas en inglés, son servicios de Capa 2. Para el punto de vista del cliente, las conexiones son una especie de enlaces arrendados entre dos locaciones. Además de ser transparentes para los datos de los clientes y los protocolos, los proveedores de servicio pueden aplicar facturación al ingreso o egreso de datos, así como políticas de calidad de servicio. Soportan tecnologías como Ethernet, ATM, Frame Relay o TDM [5].

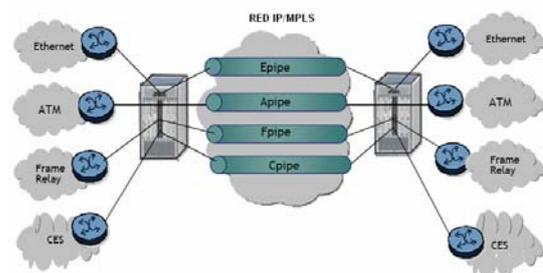


Figura. 7 Servicios VPWS en una red IP/MPLS.

3.3 Servicios Multipunto – Multipunto

Estos tipos de servicios pueden ser diferenciados como VPNs de capa 2 para VPLS,

y VPNs de capa 3 para VPRN. A manera de una breve introducción, podemos decir que una VPLS es una clase de VPN (Capa 2) que permite la conexión de múltiples sitios en un dominio **conmutado** sobre una red IP/MPLS administrada por un proveedor de servicios; mientras que una VPRN es otro tipo de VPN (Capa 3) que permite la conexión de múltiples sitios dominio **enrutado** sobre una red IP/MPLS administrada por un proveedor de servicios.

VPLS es un servicio multipunto a nivel de capa 2 que permite la interconexión de varios nodos en un solo entorno conmutado que se encuentra dentro de una red IP/MPLS. Los sitios de los clientes el VPLS aparentar estar dentro de la misma LAN, incluso cuando éstos nodos se encuentran geográficamente dispersos [7].

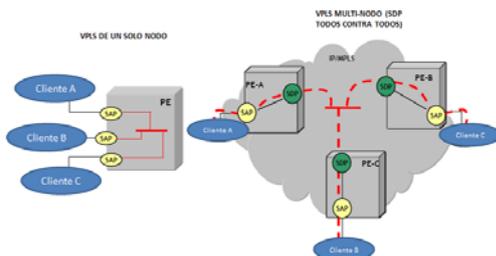


Figura. 8 Descripción De VPLS local y distribuida.

VPRN es un tipo de VPN que permite la conexión de múltiples sitios sobre un dominio enrutado sobre una red IP/MPLS administrada por un proveedor. La perspectiva que el cliente tiene de esta red, es que los nodos están conectados a una red privada enrutada, mientras que el proveedor de servicios puede realizar una reutilización de la red IP/MPLS para ofrecer nuevos servicios [6].

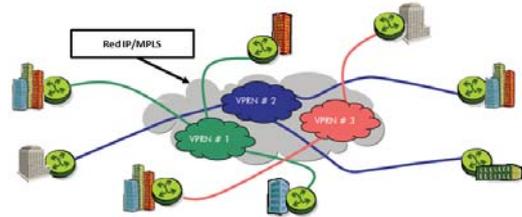


Figura 9.- VPRNs sobre una red IP/MPLS.

4 DISEÑO DE UNA RED MULTISERVICIOS

4.1 Red Carrier Class

Una característica única de una red con disponibilidad *carrier – class* es la conmutación continua inteligente, que proporciona un funcionamiento continuo en caso de fallo. Con la conmutación continua inteligente las rutas aprendidas o configuradas se distribuyen pese a que la controladora principal falle, es decir, la controladora B está lista en todo momento, en caso de posibles fallas de la principal [9].

4.2 Configuración Bajo una sola área de OSPF

Existe un parámetro fundamental, que nos exige la configuración de todos los equipos participantes bajo una sola área de OSPF, en Ingeniería de Tráfico necesitamos que los LSPs sean de extremo a extremo, de esta manera reducimos el posible impacto en tiempo de recuperación ante un fallo en la red, y en redes multiárea, no es posible poseer LSPs de extremo a extremos, esto lo muestra la tabla 3.

Tabla 3. Comparación entre redes OSPF de una sola y multi área.

Criterio de Comparación	Despliegue de una sola área	Despliegue de multi - área
Jerarquía (Sumarización)	No	Si
Configuración/Resolución de problemas	Fácil	Poco complicado
LSPs Extremo a Extremo	Si	No
LSPs con TE Extremo a Extremo	Si	No
Escalabilidad	Medio (255)	Alto

4.3 Servicios que brinda una Operadora

Para satisfacer la creciente demanda de banda ancha móvil y nuevos servicios móviles, los operadores se enfrentan a dos opciones principales para la arquitectura del backhaul de sus redes para poder manejar las crecientes necesidades que se presentan:

- Continuar con el crecimiento de la infraestructura de la red tradicional (por ejemplo TDM, y la agregación de ATM)
- Transformar la infraestructura de la red tradicional de transporte de paquetes en red de próxima generación.

Es que es fundamental, tomar en consideración el costo/Mbps que puede involucrar realizar estos cambios en una operadora, esto es fundamental en las redes actuales, ya que el margen de beneficio por Mbps se ha reducido considerablemente con la introducción de las tecnologías de banda ancha, como HSDPA, y tendrá aún más importancia con el despliegue de tecnologías como LTE.

Una vez que la decisión de tener una red basada en paquetes se ha tomado, un proceso de diseño detallado es el más adecuado. Una de las mayores preocupaciones que los operadores tienen, es desplegar su red con L2VPNs (VPNs de capa 2) o L3VPNs (VPNs de capa 3). Esto se lo repasará a continuación.

4.4 Grupo de Agregación de Enlaces

Un grupo de enlaces agregados (LAG) incrementa el ancho de banda disponible entre dos nodos mediante el agrupamiento de hasta ocho puertos en un enlace lógico. La agregación de múltiples enlaces físicos permite la distribución de carga y ofrece redundancia continua [10].

4.5 Diagrama de una Red Multiservicios

En la figura 10 podemos apreciar la Red que se está diseñando, misma que cuenta con 5 equipos Agregadores (7705 SAR – 8), 3 Distribuidores (7750 SR – c12) y 2 Concentradores (7750 SR – 12).

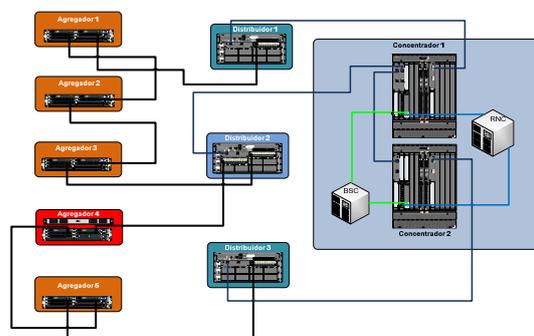


Figura 10. Diagrama de una Red Multiservicios

Se puede apreciar de forma física, los puertos a los cuales se va a realizar las conexiones físicas.

4.6 Direccionamiento de la Red

Para el direccionamiento IP de la Red Multiservicios se utilizarán Redes Privadas IPv4, tanto para las IPs de los enlaces punto a punto como para las Direcciones de Sistema. El diseño de la red de los Nodos B, no forma parte del Diseño de esta red, pero sin embargo se le asignó un direccionamiento para mostrar, cómo se realiza la inclusión de estos servicios en la Red.

Tabla 4. Redes IP asignadas

SUBREDES	MASCARA	OBSERVACION
172.22.216.0	255.255.255.0	Enlaces Punto a Punto
172.22.217.0	255.255.255.0	Direcciones de Sistema
172.22.220.0	255.255.255.0	Direcciones de Nodos B

4.7 Configuración de Servicios

Se mostrará la forma de configurar Servicios, MPLS y OSPF en un Equipo Alcatel – Lucent participante de la red, Agregador 5:

- OSPF

```
#-----
ospf
 traffic-engineering
 area 0.0.0.0
  interface "system"
  exit
  interface "to_SRC12-DISTR3"
  interface-type point-to-point
  bfd-enable
  exit
  interface "to_SAR8-AGREG4"
  interface-type point-to-point
  bfd-enable
  exit
exit
exit
```

- MPLS

```
#-----
mpls
 resignal-timer 30
 interface "system"
 exit
 interface "to_SRC12-DISTR3"
 exit
 interface "to_SAR8-AGREG4"
 exit
 path "p_igp"
  no shutdown
 exit
```

Es necesario crear LSPs hacia todos los equipos participantes, se muestra la configuración de uno de ellos:

```
lsp "to_SR12-CONC1"
```

```
to 172.22.217.1
 cspf
 fast-reroute facility
 exit
 primary "p_igp"
 exit
 no shutdown
 exit
exit
```

- RSVP

```
#-----
rsvp
 interface "system"
 exit
 interface "to_SRC12-DISTR3"
 exit
 interface "to_SAR8-AGREG4"
 exit
 no shutdown
 exit
```

- Servicios

En este equipo se creó un E – PIPE y una VPRN, para lo cual se tiene que crear SDPs y SAP para su correcto funcionamiento, a continuación dicha configuración:

```
#-----
service
 customer 1 create
  description "BACKHAUL"
 exit
 customer 2 create
  description "SERVICIO EPIPE"
 exit
 sdp 17 create
  description "EPIPE-DISTR1"
  far-end 172.22.217.5
  lsp "to_SRC12-DISTR1"
  path-mtu 2000
  keep-alive
  shutdown
 exit
```

```

no shutdown
exit
sdp 2001 create
  far-end 172.22.217.1
  lsp "to_SR12-CONC1"
  keep-alive
  shutdown
exit
no shutdown
exit
sdp 2002 create
  far-end 172.22.217.2
  lsp "to_SR12-CONC2"
  keep-alive
  shutdown
exit
no shutdown
exit
vprn 510001 customer 1 create
  interface "AGREG5_NODOB" create
  exit
exit
epipe 17 customer 2 create
  service-mtu 2000
  sap 1/3/6 create
  exit
  spoke-sdp 17:17 create
  exit
  no shutdown
exit
vprn 510001 customer 1 create
  route-distinguisher 65000:1
  auto-bind ldp
  vrf-target target:65000:2
  interface "AGREG5_NODOB" create
    address 172.22.220.73/29
    sap 1/3/1 create
      ingress
        qos 51001
      exit
      egress
        qos 51001

```

```

exit
exit
exit
spoke-sdp 2001 create
exit
spoke-sdp 2002 create
exit
no shutdown
exit
exit

```

4.8 Diagrama final de la Red

En la figura 11 se presenta el Diagrama final de la Red, teniendo en cuenta que en todos los equipos se crearon una VPRN, además, en cada equipo Concentrador se creó una VPLS, y un C – PIPE que concluye en el Agregador 4. En el Distribuidor 1 se creó un E – PIPE que concluye en el Agregador 5.

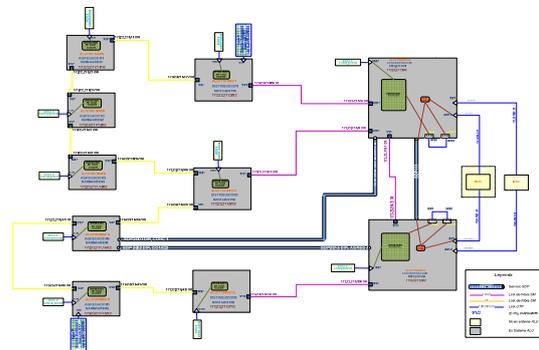


Figura 11. Diagrama Final de la Red

CONCLUSIONES

MPLS es una tecnología que trabaja en la “capa 2.5” a nivel de etiquetas, que basa su funcionamiento en protocolos de enrutamiento y aprovecha la infraestructura de tecnologías existentes y presenta una mayor disponibilidad y redundancia.

La tecnología MPLS ofrece una capacidad de enrutamiento mucho más avanzada que la tradicional, usada por los actuales protocolos de capa 3; basándose, además de la dirección destino, en parámetros como el ancho de banda o calidad de servicio, esto se logra a través de la ingeniería de tráfico.

Con la implementación de la ingeniería de tráfico sumado a “*fast reroute*” en una red multiservicio el tiempo de convergencia es menor a 50 ms, esta es una ventaja fundamental en redes de operadoras de servicios móviles, ante la pérdida de un enlace, la pérdida de paquetes, valga la redundancia, es mínima.

Los enrutadores de servicio y enrutadores de agregación de servicio que Alcatel – Lucent ofrece al mercado, poseen las características necesarias para poder implementar una red *carrier class* multiservicio, ideal para una operadora prestadora de servicios, proveyendo la suficiente robustez que las actuales circunstancias del mercado exigen.

Una operadora móvil presenta aún servicios 2G en sus redes, los equipos Alcatel – Lucent son capaces de administrar éste tráfico e integrarlos a la gestión de servicios 3G, en una sola plataforma.

La demanda por nuevas aplicaciones, exigen a las operadoras ofrecer nuevos servicios, para esto es necesario implementar una nueva red que los soporte, IP/MPLS es la solución más versátil que se puede presentar en el mercado.

Los Servicios VPWS son la solución perfecta para el transporte transparente sobre una red IP/MPLS de tecnologías como Ethernet, ATM o Frame Relay, necesarias aún en redes de operadoras telefónicas.

Las operadoras telefónicas deben implementar una red lo suficientemente robusta, misma que soporte en próximos años un mercado aún más exigente, con el despliegue de LTE, servicios como VPRN (L3VPN) y VPLS (L2VPN) son fundamentales.

El diseño de la red multiservicios que se generó a lo largo de este proyecto, cumple con los requerimientos de última generación que una operadora debe brindar para el soporte de nuevos servicios, así como para el aprovechamiento de su infraestructura, sin tener que realizar una inversión que genere en el cambio total de su actual red.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] **MPLS**

Alcatel – Lucent “Multiprotocol Label Switching” Student Guide v1-3.

[2] **LDP EN MPLS**

<http://www.isrcomputing.com/knowledge-base/39-networking-tips/142-mpls-vpn-fundamentals-quick-reference>

[3] **Equipos 7750 SR – 12**

Alcatel – Lucent 7750 SR Brochure.
Alcatel – Lucent 7750 SR Data Sheet.

[4] **Equipos 7705 SAR – 8.**

Alcatel – Lucent 7705 SAR Brochure.
Alcatel – Lucent 7705 SAR Data Sheet.

[5] **Servicios de una red IP/MPLS.**

Alcatel – Lucent “Services Architecture” Student Guide v2-0.

[6] **VPRN.**

Alcatel – Lucent “VPRN” Student Guide v1-2

[7] **VPLS**

Alcatel – Lucent “VPLS” Student Guide v1-0.

[8] **Redes Virtuales VLANs**

<http://www.textoscientificos.com/redes/redes-virtuales>

[9] **Carrier Class**

Alcatel – Lucent Omniswitch 7000.

[10] **Metro Ethernet**

<http://metroethernetforum.org/.../Panel%209%20Attributes%20Hawkins.ppt>

BIOGRAFÍA



Diego Paúl Díaz Palacios,

Nacido el 15 de marzo de 1987 en Quito – Ecuador. Sus estudios Secundarios los realiza en Quito, en el Colegio Militar “Eloy Alfaro”, donde se gradúa de Bachiller en Ciencias, siendo el Octavo Mejor Incorporado de su Promoción. Sus estudios superiores los realizó en la “Escuela Politécnica del Ejército”, donde obtuvo el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en el año 2011.