INFRAESTRUCTURA DE UN ISP

Andoni Pérez de Lema Sáenz de Viguera

Resumen: *En este trabajo se describen los componentes principales de la infraestructura de un proveedor de servicios de Internet (ISP) y las directrices para el diseño de una arquitectura que satisfaga las necesidades de los usuarios.*

1. INTRODUCCIÓN

La necesidad creciente de conectividad con Internet está imponiendo fuertes exigencias a los proveedores de servicios Internet, tanto en el número de conexiones de acceso de los usuarios como en los servicios que los usuarios requieren en cada conexión. La tasa de crecimiento del tráfico de Internet está en torno al 100 % anual, y hay una demanda creciente de aplicaciones que necesitan capacidades superiores a las de los servicios "best effort", exigiendo una mayor predecibilidad en la red. Entre estas aplicaciones podemos citar : Redes Privadas Virtuales de Nivel 3, Intranets, Extranets, Voz sobre IP, alquiler de aplicaciones, etc.

La calidad de servicio, incluyendo una rápida conectividad, es esencial en la prestación de servicios IP, de ahí que el diseño de las infraestructuras de los proveedores de Internet se caracterice actualmente por una elevada redundancia en todos los elementos - de alta escalabilidad y fiabilidad -, y por la presencia de múltiples enlaces de alta capacidad.

En el presente documento consideraremos el escenario más completo, es decir, el caso de un proveedor que disponga de infraestructura propia en los diferentes niveles de la red.

Describiremos los componentes de la infraestructura y los principios típicos de diseño, así como algunas posibles evoluciones a medida que crezca la red, si bien es necesario indicar que en la práctica existen tantos diseños diferentes como ISP.

La estructura de red que expondremos sigue un modelo de red jerárquico que permite diseñar las redes por capas. La utilización de modelos jerárquicos presenta la ventaja de que la modularidad en el diseño permite crear elementos de diseño que se pueden replicar a medida que la red crece.

La estructura modular de la red también facilita el aislamiento de fallos y en consecuencia la operación de la red.

2. DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA.

Físicamente, Internet está compuesto por routers interconectados por enlaces de comunicación. Las redes IP más simples están formadas por unos pocos routers de propósito general interconectados por enlaces propios o alquilados.

A medida que las redes se vuelven más complejas, con un número mayor de elementos, se requiere más estructura. Los elementos se especializan en sus aplicaciones, la gestión y la seguridad adquieren mayor importancia, la localización física es un factor a tener en cuenta, y la capacidad de manejar altas densidades de clientes es crítica.

Como los routers trabajan con direcciones de nivel 3, que tienen una estructura, al imponer una estructura jerárquica a una red los routers pueden usar caminos redundantes y determinar rutas óptimas incluso en una red que cambia dinámicamente. Las estructuras de red jerárquicas también facilitan la separación de dominios de difusión.

Por otro lado, el mecanismo de enrutamiento del protocolo IP es el enrutamiento salto-a-salto *(hop-by-hop)* sin estado basado en el destino, que tiende intrínsecamente a agregar tráfico en las principales rutas troncales, lo que justifica la implantación de una estructura jerárquica.

Un modo de imponer una estructura a una red compleja consiste en asignar tareas específicas a routers particulares. Una solución muy frecuente en las redes de ISP es realizar la siguiente división de routers :

- **Routers de concentración**, que proporcionan acceso a la red a los clientes individuales. Estos equipos tienden a centrarse en soportar números elevados de puertos de relativa baja velocidad conectados a los clientes.

- **Routers de backbone**, que proporcionan transporte óptimo entre nodos de la red, enviando paquetes a gran velocidad de un dominio a otro o de un proveedor de servicios a otro. El énfasis se pone en alcanzar las mayores tasas de transmisión o *forwarding rates* sobre los interfaces más rápidos disponibles.

Así pues, la infraestructura de red necesaria para proveer los servicios IP se puede descomponer a alto nivel en 4 partes :

- Red de acceso.
- Red de concentración.
- Backbone o red troncal, que incluye la interconexión con otros proveedores y salida a Internet.
- Red de gestión, DNS, Radius/Autenticación. Estas aplicaciones críticas para un ISP se centralizan en un CPD o Centro de Proceso de Datos.

La mayor parte de los ISP también imponen una estructura física a sus redes organizándolas en Puntos de Presencia (POP). Un POP es una ubicación física donde se dispone, como veremos en los apartados siguientes, de una serie de equipos :

- Nodos de acceso o RAS.
- Routers concentradores de RAS.
- Routers concentradores de clientes con líneas dedicadas.
- Routers de backbone.

La interconexión de los usuarios con la red de datos del proveedor se realiza en estos POP. Actualmente, de acuerdo con esta estructura de red, en la mayor parte de las redes de los ISP se perfilan tres niveles jerárquicos de interconexión, como se muestra en la figura 1 :

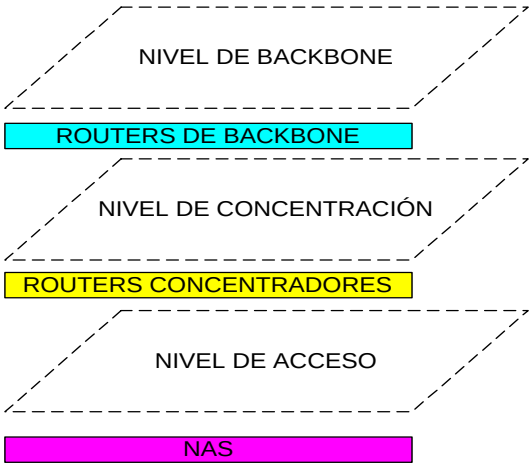

Figura 1

A medida que se incrementen la capacidad de procesamiento y las funcionalidades de los routers, se tenderán a equiparar las funcionalidades de los routers de concentración y backbone. No obstante, consideramos que se mantendrá en el futuro la diferenciación entre los niveles de concentración y backbone, porque la eliminación de los routers troncales implicaría que los routers restantes tuvieran que comunicarse en una red mallada, sobrecargando el plano de control IP y limitando el crecimiento de la red.

3. RED DE ACCESO .

Los clientes pueden acceder por :

- **Líneas conmutadas** o *dial-up* , que representan actualmente más del 90 % de los clientes. Este tráfico (sobre enlaces portadores + enlace señalización número 7) llega al Punto de Interconexión del operador de acceso, que está conectado con nuestra central de conmutación. La central toma como argumento el número de destino y saca en interfaces primarios (ISDN PRI) el tráfico de Internet. Estos primarios se suministran a los equipos RAS (*Remote Access Server*) situados en los POP de la Red de Datos.
  El usuario final dispone de un equipo de cliente (modem o router) que establece una sesión PPP con el RAS. El RAS es un dispositivo de acceso remoto que dispone de un pool de modems y que realiza funciones de cliente RADIUS, autentificando al usuario y terminando la sesión PPP. RADIUS es un estándar de Internet adoptado de manera generalizada en las situaciones en las que un dispositivo de acceso remoto necesita autenticar a un usuario de acceso conmutado frente a un servicio de directorio.

  La salida del RAS se enlaza con un router concentrador de acceso mediante VLAN. Para incrementar el nivel de servicio se realiza un diseño redundante (ver figura 4), en el que cada RAS tiene dos salidas - una Fast Ethernet y otra Ethernet- y se conecta a dos VLAN. Cada una de las VLAN tiene conexión con dos routers concentradores de acceso diferentes.

  Los RAS tendrán dos rutas por defecto. La ruta por defecto a través de la interfaz Ethernet tendrá una métrica superior a la ruta a través de la interfaz Fast Ethernet.

  En los últimos años han surgido los gateways SS7. Estos equipos realizan las funciones de un RAS pero se pueden conectar directamente

con señalización SS7 al punto de Interconexión, eliminando la necesidad de puertos de conmutación y de interfaces primarios. Además estos equipos permiten reducir la congestión de red y aumentar las tasas de conexión. La figura 2 representa el escenario de un proveedor con un Gateway SS7 :

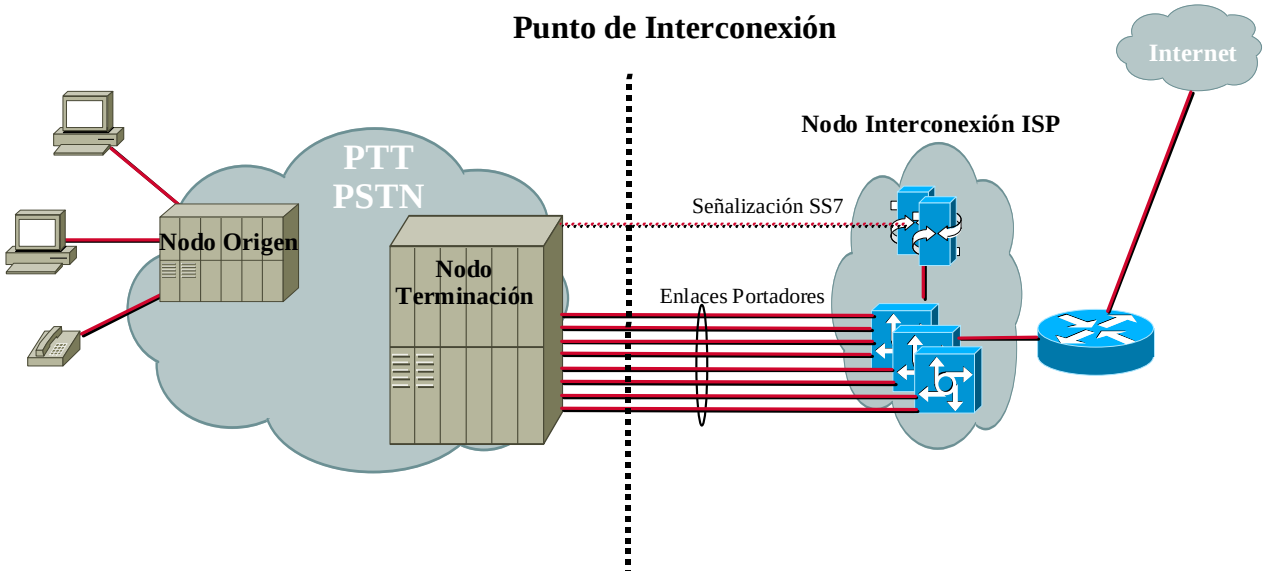

FIgura 2

Para incrementar el nivel de servicio es conveniente considerar una doble conexión física entre el Gateway SS7 y el router.

- **Líneas dedicadas** : uno de los componentes de más rápido crecimiento del acceso a Internet es la conectividad entre negocios mediante líneas alquiladas. El tráfico de líneas alquiladas se define como DSO, N*64, E1, E3 ó STM-1.
  En este caso los clientes disponen de un router que se enlaza directamente mediante una línea dedicada con un router concentrador de acceso, por el que entra a la red de datos del proveedor. El router concentrador de acceso realiza la agregación del tráfico procedente de líneas alquiladas.
  El enlace entre el router de cliente y el router concentrador se soporta actualmente sobre anillos de fibra óptica de área metropolitana. Los POPs diseñados antes de la generalización de los interfaces SDH en los routers requerían una multitud de bastidores de DSU (data service units) para terminar E1 sobre pares de cobre tradicionales. Los routers concentradores de acceso actuales proporcionan una alta densidad de terminaciones para conexiones DS1 y DS3, de modo que una sola tarjeta de línea puede terminar cientos de circuitos DS1 transportados sobre una sola fibra.

- **Líneas ADSL**, que permiten a los clientes disponer de acceso permanente de banda ancha sobre una línea telefónica convencional. El usuario es provisto de un equipo de cliente que incluye un módem ADSL. Este equipo se conecta al punto de terminación telefónica en el domicilio del usuario. En el otro extremo del par de cobre se localiza el DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer), encargado de terminar las conexiones ADSL de nivel físico de múltiples usuarios y de conmutar las celdas ATM transportándolas hacia la red de acceso.
  El ISP de Internet se conecta mediante un enlace ATM
  al Punto de Acceso Indirecto (PAI) del operador de acceso, que establece un PVC (circuito virtual permanente) de ATM entre el usuario y el PAI.

  Para soportar el acceso por líneas ADSL es necesario introducir en la red de datos un nuevo elemento denominado BAS o *Broadband Access Server* (ver figura 3). Este equipo concentra el tráfico y actúa como frontera entre los niveles 2 y 3, teniendo funcionalidades de enrutamiento, autenticación y control de tráfico.

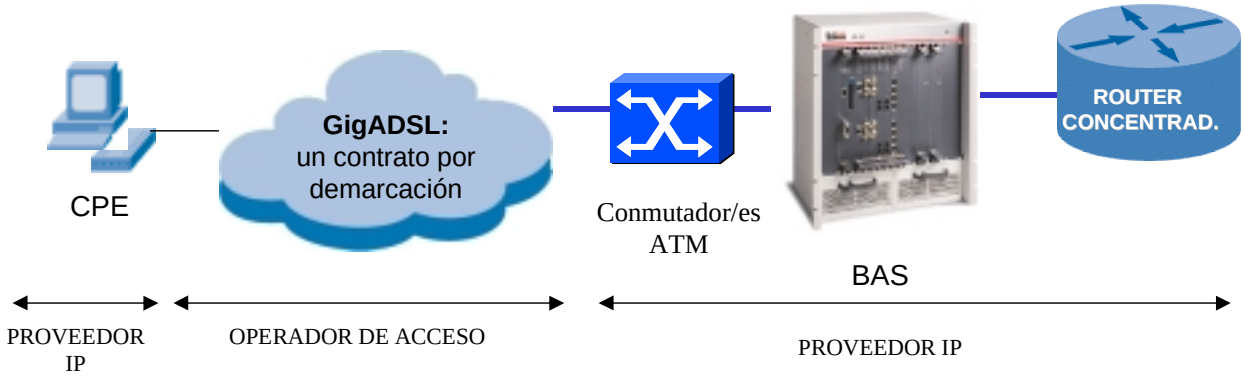

Figura 3

En las redes de ISP se tiende actualmente a desplegar ATM únicamente en el borde de la red, con la misión de agregar tráfico ADSL de los DSLAM, así como servicios de Frame Relay, en switches ATM. La mayor parte de ISP ya no despliegan ATM en la red troncal, que está basada íntegramente en IP.

La demanda de servicios de ADSL exige que los conmutadores ATM tengan capacidad para soportar un número elevado de VC (circuitos virtuales). Los conmutadores ATM no estaban diseñados inicialmente para

soportar múltiples DSLAM, que pueden tener cientos de circuitos virtuales por cada circuito DSLAM-conmutador.

4. RED DE CONCENTRACIÓN

La misión de esta red, situada en el borde de la red de datos, es agregar las conexiones de los clientes en los puntos de presencia del proveedor. Dentro del POP, en el nivel de concentración tenemos dos tipos de routers de concentración, unos dedicados a la concentración de clientes conmutados y otros dedicados a la concentración de clientes dedicados.

Las características clave de los routers concentradores de acceso son :

- Escalabilidad y alto ancho de banda para satisfacer la demanda creciente de transmisión de datos, voz y video.
- Alta densidad de puertos para satisfacer el crecimiento continuado del número de clientes.
- Procesador optimizado para gestionar agregaciones de tráfico de gran volumen y nuevas funcionalidades software.
- Prestaciones de valor añadido adicionales al enrutamiento de paquetes de alta velocidad : redes privadas virtuales, seguridad con listas de acceso extendidas y firewalls, diferenciación de calidad de servicio, soporte multicast, etc.
- Mecanismos para flexibilizar las velocidades de acceso permitidas, como Multilink PPP. Este estándar de Internet (IETF RFC 1990) usa cabeceras de paquetes y procedimientos especiales para distribuir un único flujo de paquetes sobre varios enlaces en paralelo y recomponerlo en el extremo receptor. Esto permite a los clientes cuyas necesidades han sobrepasado una línea E1 (2Mb/s), utilizar varias líneas E1 en vez de pasar a una línea E3 (34 Mb/s), lo cual supone un salto excesivo. Este protocolo también se emplea para permitir que un cliente pueda conectarse a Internet utilizando a la vez los 2 canales B de un acceso básico RDSI.

Si tomamos el caso de los clientes dial-up, los routers concentradores disponen en ambos extremos de interfaces Fast Ethernet o Gigabit Ethermet con redundancia física, conectándose en un extremo a las VLAN de los RAS y en el otro extremo a las VLAN de los routers de backbone (ver figura 4).

La siguiente figura representa la estructura y conexiones lógicas de un POP :

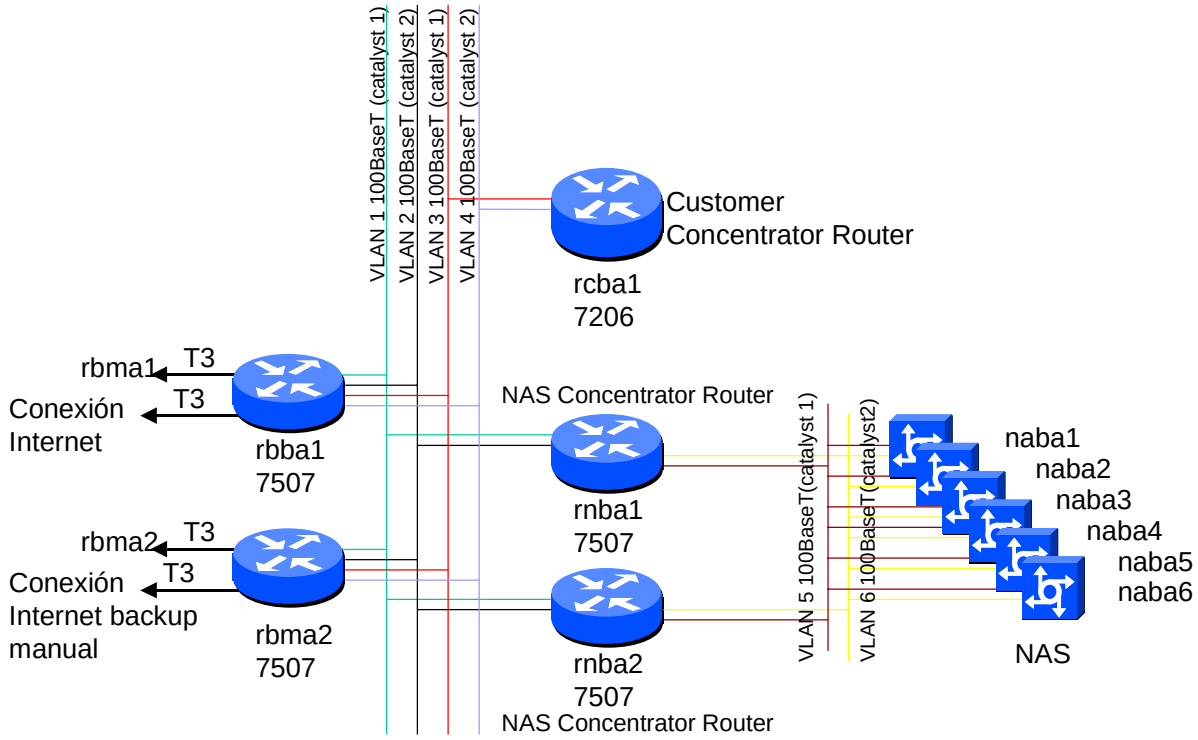

Figura 4

Como vemos, en este escenario se emplea el switching Ethernet (tecnología IP/Ethernet) tanto en la interconexión entre el nivel de acceso y el de concentración como entre el nivel de concentración y el troncal.

Se puede optimizar este escenario reemplazando el switching Ethernet por enlaces punto a punto (tecnología PACKET OVER SONET) en la interconexión entre el nivel de concentración y el troncal. En este caso sería necesario disponer de GigaRouters en el nivel troncal con capacidad para concentrar un gran número de interfaces de fibra. Este nuevo escenario presentaría los siguientes beneficios :

1. Reducir el retardo de los paquetes en el POP, por la supresión del proceso de tramas (SWITCH LEVEL 2) entre la capa de concentración y la capa troncal.
2. Reducir puntos de fallo en la interconexión entre la capa de concentración y backbone.
3. Optimizar las interconexiones mediante un entorno VLAN conmutado entre la capa de acceso y concentración.

Volviendo a las características de los routers de concentración, estos deben disponer de funcionalidades de routing OSPF y BGP, y políticas de control de tráfico.
En los bordes de la red la política de control de tráfico más empleada es CAR (*Committed Access Rate*), que limita la tasa máxima de tráfico transmitido o recibido, y también puede marcar la Precedencia IP de los paquetes. Los dispositivos del interior de la red pueden usar la precedencia IP para determinar cómo se trata el tráfico para entregar la calidad de servicio requerida, usando algoritmos de planificación como WFQ (*Weighted Fair Queing*).

DWRED (*Distributed Weighted Random Early Discard*) es un algoritmo inteligente de gestión de colas para tráfico TCP que establece en función de la precedencia IP la probabilidad de que un paquete sea descartado, evitando congestiones de los enlaces y mejorando su utilización. No es propiamente un mecanismo de control de congestión, sino más bien un mecanismo para prevención de congestiones, que evita la sincronización entre sesiones de transporte y las oscilaciones.

Sin embargo, la activación de estos mecanismos incrementa la carga en los procesadores de los routers, y limita por tanto el ancho de banda de los enlaces que son capaces de gestionar. Se pueden instalar en los routers módulos con procesadores adicionales para ejecutar estos algoritmos en modo distribuido, con lo que se podrían gestionar anchos de banda más elevados (45 Mb/s o incluso 155 Mb/s).

Si se desea implementar un control de tráfico más refinado en la red, se requieren mecanismos de diferenciación de servicios como *Diffserv*, o MPLS.

En cuanto a las políticas de Routing en la red de datos, los RAS implementan generalmente rutas estáticas y usan RIPv2 para la publicación de las direcciones de las sessiones PPP. Los routers concentradores de clientes "sumarizan" las direcciones que reciben por RIPv2 y las publican vía OSPF a los demás routers de la red.

Los routers de backbone no necesitan conocer cada red individual en el nivel de acceso. Por eso los routers concentradores, en lugar de anunciar al backbone una gran cantidad de información detallada sobre destinos individuales, "sumarizan" o concentran grupos de destinos del nivel de acceso en prefijos de ruta únicos más cortos, y anuncian estas rutas "sumarizadas" al backbone. Asimismo, esta técnica (*address summarization*) permite que cada vez que se produzcan cambios

topológicos la información no tenga que ser transmitida por toda la red, sino sólo por la región de concentración local, y hace que las tablas de enrutamiento se reduzcan de modo significativo.

5. RED TRONCAL

La red troncal se encarga de :

- Agregar el tráfico procedente de las redes de acceso y concentración.
- Interconexión con el resto de POP de la Red.
- Interconexión a otras Redes, proveedores de tránsito y puntos neutros.
- En uno de los POP se efectuará también la interconexión con el entorno del Centro de Proceso de Datos.

En la tabla 1 contrastamos las principales diferencias entre los routers de concentración y los routers de backbone :

VARIABLE	ROUTER BACKBONE	ROUTER CONCENT.
Throughput en paquetes/seg	Extemadamente alto	Alto
Conjunto de funcionalidades de procesamiento de paquetes	Mínimo, centrado en el reenvío rápido	Funcionalidades de alto valor añadido
Tipos de interfaces	Número modesto de interfaces de muy alta velocidad	Número elevado de interfaces de relativamente baja velocidad
Patrones de tráfico	Cualquier interfaz a cualquier interfaz	Predominantemente cliente-troncal y troncal-cliente

Tabla 1

Las diferencias listadas en esta tabla no son absolutas, y frecuentemente un router concreto puede desempeñar ambos papeles. No obstante, a medida que el tráfico de Internet siga creciendo la exigencia de que los routers de concentración tengan una mayor densidad y los routers troncales manejen throughputs más elevados se irá acentuando. Otra cuestión importante es que la existencia de un número de elevado de interfaces, es decir la densidad, en los routers de concentración mejora el rendimiento estadístico

de la red. Ello es debido a que las redes de paquetes están diseñadas para aprovechar la multiplexación estadística, basándose en el hecho de que todos los enlaces no están activos al mismo tiempo. El tener más enlaces disponibles reduce la probabilidad de que un pico de tráfico simultáneo de varias fuentes cause una congestión de red temporal.

Otros beneficios de la densidad son :

- El coste del metro cuadrado en un POP es elevadísimo. El gasto en alquiler de locales se rebaja al disminuir el número de bastidores necesarios para conectar un número elevado de clientes.

- La gestión de red se simplifica al desplegar un número menor de routers de mayor potencia. Disponer de menos routers individuales que configurar, gestionar y monitorizar produce una operación más eficiente.

6. EVOLUCION DE LOS ROUTERS E IMPLANTACION DE MPLS

Los routers están constantemente evolucionando y adquiriendo nuevas prestaciones. Las últimas tendencias de los principales fabricantes de routers, que denominan en la actualidad a a estos equipos *NextGen Routers* o routers de nueva generación, son las siguientes :

- Routers de concentración : se está integrando MPLS en los routers, para establecer en los bordes de la red la calidad de servicio. Los routers del backbone deberán soportarla. MPLS también permite ofrecer servicios customizados para Ethernet (por ejemplo, mapeo de VLAN a MPLS). Algunos fabricantes hablan de nuevos servicios de emulación de circuitos sobre IP, otros soportan funcionalidades de billing sofisticadas basadas en identidades de grupos de trabajo, aplicaciones o zonas geográficas.

- Routers de backbone : sus funcionalidades de gestión de tráfico evolucionan con la inclusión de MPLS, y sus capacidades se incrementan con la adopción de interfaces STM-64.

La orientación a conexión de MPLS, a diferencia de IP, y la conmutación basada en etiquetas posibilitan las siguientes oportunidades :

- **Ingeniería de tráfico**: el enrutamiento salto a salto ("hop-by-hop") de IP no tiene por qué ser el más eficiente o adecuado, sobre todo teniendo en cuenta los requisitos actuales de calidad de servicio en Internet. Una

de las principales ventajas que aporta la implantación de MPLS en la red de datos es la ingeniería de tráfico para optimizar la utilización de los enlaces entre los routers. En ausencia de ingeniería de tráfico, el tráfico IP sigue el camino más corto, ignorando rutas alternativas a través de la red. Esto conduce a cuellos de botella en enlaces fuertemente cargados ("hipergagregación"), mientras que otros enlaces permanecen infrautilizados. La utilización del enrutamiento basado en restricciones de red y caminos conmutados conduce a una red cargada de forma más uniforme y permite realizar un control de congestión. Una red con ingeniería de tráfico basada en MPLS tendrá los enlaces igualmente cargados, dando como resultado una red con mayor robustez contra los picos de tráfico y unas mayores prestaciones globales.

- **Servicios de conectividad VPN multitecnología**. Los caminos conmutados de MPLS o LSP (Label Switched Path) permiten provisionar servicios de interconexión corporativos de forma segura, puesto que los paquetes son conmutados mirando sólo las etiquetas, sin entrar en el contenido IP ni de nivel superior. Esto es, MPLS permite transportar de forma transparente y conmutada cualquier tipo de información entre dos puntos. MPLS va a permitir, por consiguiente, proporcionar múltiples servicios de transporte de modo muy similar a como se pueden proporcionar mediante una red ATM.
- **Calidad de servicio**: por medio de los LSP's, se podrán proporcionar calidades de servicio diferenciadas, de modo similar a como se hace en ATM. Sin embargo, en la actualidad ATM tiene definidas calidades de servicio cuantitativas en los estándares, que son implementadas en "hard" e interoperables con los diferentes fabricantes, mientras que de momento MPLS sólo ofrece la promesa de proporcionar al tráfico IP un cierto nivel de calidad de servicio "soft". Esta se implementará inicialmente como un grado de priorización alta o baja en base a una clase de servicio (CoS) cualitativa, mediante una combinación de MPLS con el modelo de Servicios Diferenciados del IETF.
- **Posibilidad de ofrecer servicios orientados a conexión en entornos LAN/MAN**. MPLS permite ofrecer Redes Privadas Virtuales de Nivel 2 (también denominadas TLS o *Transparent LAN Services*), en las que el que el camino MPLS a través de la red del ISP es un circuito virtual entre dos ubicaciones de cliente. Los circuitos virtuales de nivel 2 son una red superpuesta (*overlay*) MPLS sobre la red troncal del proveedor.

En la terminología de las Redes Privadas Virtuales MPLS existen 3 tipos de routers :

- Router de cliente o **CPE**. La utilización de MPLS es completamente transparente a estos equipos. Los CPE intercambian rutas con la red en RIP (también pueden tener rutas estáticas) de manera transparente a MPLS.
- **Provider Edge** (PE) router, ubicados en el borde de la red MPLS. Son los routers que tienen conocimiento de la Red Privada Virtual. Tienen conexión directa con los routers de los clientes e implementan una tabla de enrutamiento virtual (VRF, Virtual Routing and forwarding). Cuando el CPE envía un paquete al PE, el PE consulta la VRF para saber el PE al que enviará al paquete, y a continuación encapsula el paquete dentro de un LSP hacia este PE.

  Para mantener el nivel de seguridad necesario en una red privada virtual el ISP establece túneles L2TP entre el NAS y el PE.

- **P** (Provider) router, que forman el núcleo de la red MPLS. Sólo conocen los LSP. Los *P* conmutan los paquetes recibidos a través de la etiqueta más exterior que los encapsula, por lo que no tienen conocimiento de las Redes Privadas Virtuales. Su única función es conmutar los paquetes de cada LSP que los atraviesa.

Con la introducción de MPLS en la red de datos del ISP, los Routers Concentradores de acceso pasarán a actuar como *PE* y los Routers de Backbone harán funciones de *P*, como se refleja en la figura 5 :

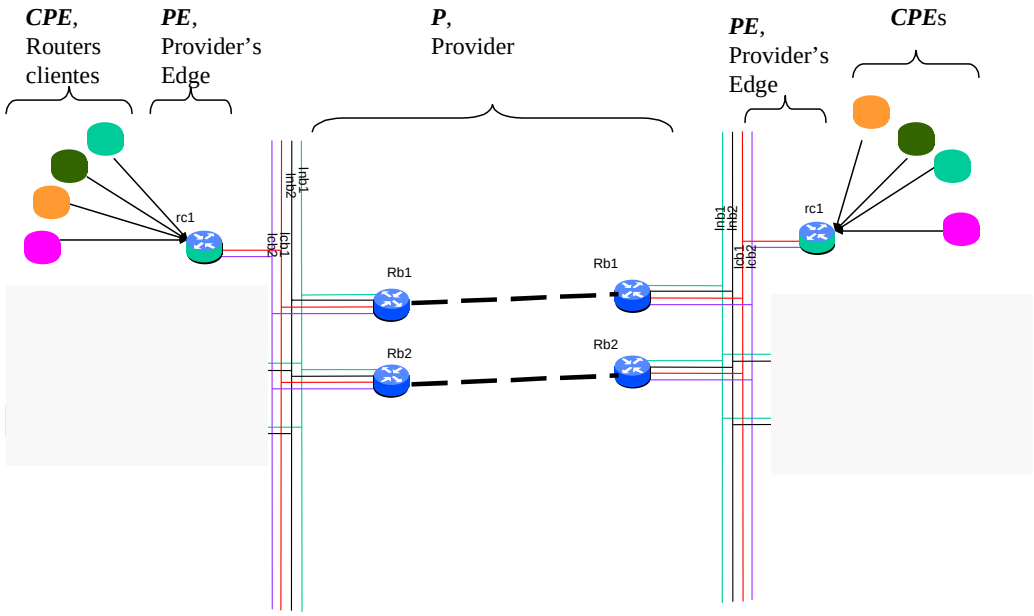

Figura 5

7. CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO

Para favorecer una alta calidad de acceso a Internet, la topología interna de la red de datos de un ISP se diseña de manera que el número máximo de saltos en toda la red es reducido (idealmente, 3). Asimismo, se utilizan equipos de altas prestaciones y se establecen políticas de routing que favorecen el reparto de carga entre todos los enlaces.

Se han realizado distintos modelos teóricos para optimizar el diseño de una red de paquetes en base a la reducción del retardo medio de tránsito. Este parámetro es crucial para las aplicaciones en tiempo real, multimedia y streaming. Las variables que se pueden ajustar en el diseño son la capacidad de los enlaces y la topología, y se considera como condición de contorno adicional el coste de la red.

Las topologías ideales que resultan son las de alta conectividad, es decir, aquellas que tienden a conectar los routers del backbone con todos los demás. El ejemplo extremo es la topología en malla, en la que el número medio de saltos en el backbone es 1.

Sin embargo, en esa topología el número de conexiones varía con el cuadrado del número de nodos. Por otro lado, una topología completamente mallada sobrecarga el protocolo de enrutamiento IGP (Interior Gateway Protocol) del ISP. Esta sobrecarga resulta del número de relaciones entre pares que es necesario mantener, del reto de procesar n-cubo actualizaciones de estado de enlace en caso de un fallo, y de la complejidad de realizar el cálculo de Dijkstra sobre una topología con un número elevado de enlaces.

En la práctica se tiende a un compromiso, empezando con una topología de red suficiente para las necesidades del momento (por ejemplo, una topología en estrella con cada nodo de conexión con proveedores de tránsito, en la que el número medio de saltos en el backbone tiende a 2), y se va mallando en función de la utilización de los enlaces y de las necesidades cambiantes de los clientes.

Asimismo, se habilitan enlaces redundantes que protejan frente a la caída o saturación de los enlaces principales, y todos los enlaces se sobredimensionan para hacer frente al crecimiento del tráfico, toda vez que en la práctica desde la solicitud de un enlace a un operador de acceso hasta su disponibilidad transcurren varias semanas.

Para la conectividad internacional se dispone de varios proveedores de tránsito. La conexión con los proveedores de tránsito internacionales o puntos neutros nacionales se efectúa por POPs distintos, consiguiendo de este modo:

- Ofrecer un mejor balanceo de carga en el interior de la red , con la consiguiente mejora de calidad de servicio a los clientes al no centralizar en un único punto de la red todo el tráfico de Internet.
- Proteger el acceso internacional frente a desastres en un único POP.

Los ISP simplifican el diseño y mantenimiento de la red usando un mismo patrón para todos sus POP. Un diseño de POP típico es el reflejado en la figura 4, que tiene las siguientes ventajas :

- Los routers de concentración y backbone están separados, por lo que la configuración de los routers de backbone puede permanecer relativamente estable en el tiempo. Los routers de backbone no se ven afectados cuando se añaden o eliminan clientes individuales de los routers de concentración, o cuando clientes individuales contratan servicios de valor añadido.

- Se emplean dos routers de backbone en cada POP para aumentar la disponibilidad de red.
- Hay redundancia en los enlaces entre los routers y entre los RAS y los routers de acceso, mejorando la disponibilidad de red.
- Se pueden añadir fácilmente routers de concentración a medida que crece el número de usuarios.

8. CENTRO DE PROCESO DE DATOS

Alberga los servidores de : gestión de red IP, gestión de equipos de cliente, DNS, Radius. Todos ellos son sistemas de elevada disponibilidad en balanceo de carga, altamente escalables, y protegidos por firewalls.

Al tratarse de sistemas críticos, encontrar las causas de posibles fallos en el menor tiempo posible se convierte en una prioridad. En consecuencia, se recomienda no instalar sistemas heterogéneos en un mismo segmento de LAN. Asimismo, es necesario realizar un diseño con el mínimo número de equipos entre la red de acceso y los servidores finales, para eliminar puntos de fallo.

En el caso de sistemas que lleven un tráfico reducido o no sean críticos (por ejemplo, sistemas de News) se puede reemplazar la instalación de un firewall por la implantación de listas de control de acceso (ACL) en los routers y la seguridad a nivel de sistema operativo.

En la figura 5 se representa un ejemplo de estructura de CPD de un ISP. Como se ve, el CPD se conecta a un router del backbone por dos líneas redundantes y está compuesto por las siguientes redes de área local :

- **LAN de gestión**, que incluye los servidores de : gestión de red IP, gestión de equipos de cliente, estadísticas y acuerdos de nivel de servicio, y máquinas de visualización. El acceso desde la red IP a esta LAN está protegido por un firewall dedicado.

- **LAN DNS/ Radius** : incluye los servidores de DNS principal, DNS caché y Radius. Debido a que esta LAN incluye los servidores más críticos, el acceso desde la red IP está protegido por dos firewalls dedicados en balanceo de carga. El balanceo de carga hace que la carga máxima posible se duplique.
  Para tener una alta disponibilidad de servicio, se recomienda instalar un servidor DNS en cada POP, o al menos un servidor DNS en cada uno de los POP de más tráfico de la red. Por ejemplo,

un ISP nacional podría instalar un DNS en Madrid y otro en Barcelona, de tal manera que parte de los usuarios del territorio nacional tendrían como DNS primario Madrid y la otra parte de los usuarios Barcelona, y como DNS secundario el DNS del otro POP.

Con esta estructura hemos conseguido separar el tráfico de gestión del resto del tráfico. Además, se puede aprovechar la presencia de dos firewalls en la subred de DNS y Radius para evolucionar posteriormente a un escenario con una LAN específica para DNS y otra para Radius, separando también estos dos tipos de tráfico.

En la figura 6 también se han representado las consolas ubicadas en dos centros remotos de operación de red, desde las que los operadores de la red realizan la operación y mantenimiento de la misma. El acceso se realiza sobre Redes Privadas Virtuales u otros enlaces encriptados, como Secure Shell (SSH).

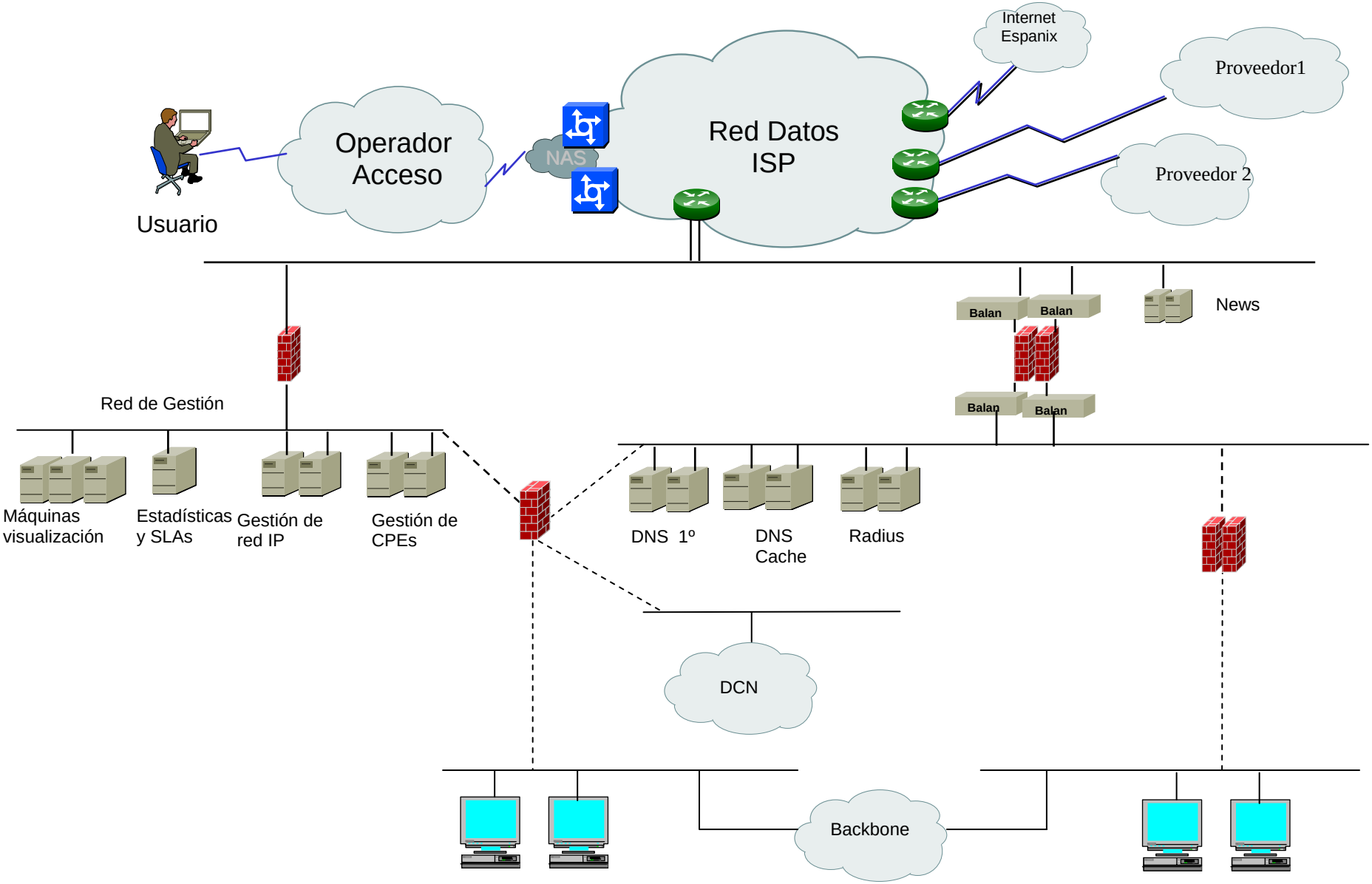
Internet
Espanix
Proveedor1
Proveedor 2
Red Datos
ISP
Operador
Acceso
NAS
Usuario
Balan
Balan
News
Balan
Balan
Red de Gestión
Máquinas
visualización
Estadísticas
y SLAs
Gestión de
red IP
Gestión de
CPEs
DNS 1º
DNS
Cache
Radius
DCN
Backbone

Figura 6

9. CONCLUSIONES : HISTORIA DE LAS REDES DE PROVEEDORES IP

A comienzos de los 90, las redes de ISP se componían de routers interconectados por líneas alquiladas -enlaces E1 (2 Mb/s) y E3 (34 Mb/s). A medida que Internet comenzó su crecimiento exponencial, los ISP respondieron a este reto provisionando más enlaces para proporcionar ancho de banda adicional. En este contexto, la ingeniería de tráfico adquirió cada vez más importancia para los ISP, a fin de poder usar eficientemente el ancho de banda agregado cuando se disponía de varios caminos paralelos o alternativos.

En las redes troncales basadas en routers, la ingeniería de tráfico se efectuaba simplemente manipulando las métricas de enrutamiento. El control de tráfico basado en métricas supuso una solución adecuada para la ingeniería de tráfico hasta 1994 ó 1995, momento en el que las redes adquirieron una dimensión tal que hacía cada vez más difícil asegurar que un ajuste de métrica en una parte de una red extensa no creaba un problema en otra parte de la red. Los routers de backbone no ofrecían los enlaces de alta velocidad ni el rendimiento determinista que los ISP requerían para el crecimiento planificado para sus redes troncales.

Además, el cálculo de rutas IGP estaba basado en la topología y en una métrica aditiva simple como el número de saltos o un valor administrativo. IGP no distribuía información como la disponibilidad de ancho de banda o las características del tráfico. Por consecuencia de esto, el tráfico no se distribuía equitativamente entre los enlaces de la red, causando un uso ineficiente de recursos costosos. Unos enlaces podían estar congestionados mientras otros seguían infrautilizados. En definitiva, la política más común entre los ISP para solventar estos problemas era sobredimensionar la capacidad de sus redes troncales, lo que no siempre era posible debido a las limitaciones de capacidad de los routers.

En 1995 el volumen del tráfico de Internet alcanzó un punto en el que los ISP necesitaban migrar sus redes para soportar enlaces troncales superiores a E3 (34 Mb/s). Afortunadamente, en ese momento aparecieron los interfaces ATM STM-1 (155 Mb/s) en conmutadores y routers. Los ISP se vieron forzados a rediseñar sus redes para poder usar las mayores velocidades soportadas por una red troncal ATM. Después de un período de un año, los enlaces entre conmutadores ATM se tuvieron que actualizar a STM-4 (622 Mb/s).

Los ISPs que migraron a redes troncales ATM comprobaron que los PVC (circuitos virtuales permanentes) de ATM proporcionaban una herramienta que permitía efectuar un control preciso del tráfico que fluía por sus redes. Los ISP confiaban en los interfaces de alta velocidad, el rendimiento determinista, y la funcionalidad de PVC de los conmutadores ATM para gestionar con éxito la operación de sus redes.

Una red troncal basada en ATM soportaba la ingeniería del tráfico, porque permitía enrutar explícitamente PVCs. Esto se efectuaba provisionando una topología virtual arbitraria por encima de una topología física de red dada, en la que los PVC se definían con el fin de distribuir precisamente el tráfico entre todos los enlaces de modo que estuvieran igualmente cargados.

Actualmente, sin embargo, las características que eran exclusivas de ATM (interfaces de alta velocidad, rendimiento determinista, ingeniería del tráfico mediante definición de PVC) se pueden encontrar también en los routers de backbone.

Estos avances han hecho que los ISP se replanteen continuar con un modelo de red superpuesta IP / ATM, cuya principal limitación es que requiere gestionar dos redes diferentes, una infraestructura ATM y un *overlay* lógico IP. Asimismo, el enrutamiento y la ingeniería de tráfico se producen en dos tipos de sistemas diferentes - enrutamiento en los routers e ingeniería del tráfico en los conmutadores ATM -, por lo que resulta muy difícil integrar completamente el enrutamiento y la ingeniería de tráfico.

Además, ATM tiene limitaciones debido a la función SAR (ensamblado y reensamblado de segmentos), que hace que la velocidad máxima de los interfaces ATM disponibles en los routers sea inferior a la disponible en las jerarquías más elevadas de SDH. Los fabricantes raramente ofrecen interfaces ATM superiores a STM-16 (2,5 Gb/s).

Por lo demás, una red superpuesta IP / ATM con una malla completa de PVC tiene importantes problemas de escalabilidad, porque las conexiones varían con el cuadrado de los nodos, y por la sobrecarga resultante sobre IGP.

La alternativa de MPLS supone un mecanismo flexible y prometedor para soportar ingeniería de tráfico, calidad de servicio extremo y enrutamiento basado en políticas sobre las redes de ISP. MPLS provee una clara separación entre el enrutamiento y la conmutación, y permite el despliegue de un único plano de control -MPLS- que puede utilizarse para múltiples servicios y tipos de tráfico, y sobre distintas redes -incluyendo SDH,

DWDM, ATM e IP. En el futuro, a medida que los ISP necesiten desarrollar nuevos servicios, la infraestructura MPLS podrá mantenerse cambiando simplemente el modo de asignar paquetes a un LSP.

MPLS todavía no se ha desplegado masivamente en las redes de los ISP porque los routers concentradores desplegados anteriormente carecen del rendimiento, escalabilidad y capacidad de proceso por flujo necesarios para implementarlo eficazmente. En paralelo a los avances en el hardware, la próxima generación de routers concentradores inteligentes con soporte de MPLS podrán actuar como PE y examinar flujos de tráfico individuales, proporcionando las funciones de calidad de servicio y *forwarding* a la velocidad del cable que requieren los ISP para poder implantar sus servicios.

Las principales incertidumbres en torno a MPLS son la escalabilidad de las redes privadas virtuales, debido a la dimensión que adquirirían las tablas de enrutamiento en los PE con cientos o miles de clientes conectados, y la interoperabilidad entre distintos fabricantes, que es un requisito necesario para la interconexión de redes.

Por otro lado, las redes IP/MPLS no están preparadas todavía para soportar toda la gama de servicios de ATM, y aunque el tipo de tráfico que crece más rápidamente en la actualidad es IP, los servicios de ATM y Frame Relay siguen creciendo. Para aquellos proveedores que disponen de una plataforma ATM, y quieren desarrollar nuevos servicios IP manteniendo el soporte de sus servicios ATM y Frame Relay, se ha creado la funcionalidad "Ships In The Night" en los conmutadores ATM.

"Ships In The Night" permite la coexistencia de un plano de control ATM y un plano de control MPLS en el mismo equipo. Los dos planos de control son co-residentes en el mismo equipo, pero operan independientemente y simultáneamente sobre cada puerto (ver figura 7). Esto permite a los ISP introducir MPLS gradualmente en la red, dividiendo una red física ATM en dos topologías disjuntas - una mantenida por el plano de control ATM tradicional y otra por el plano de control MPLS.

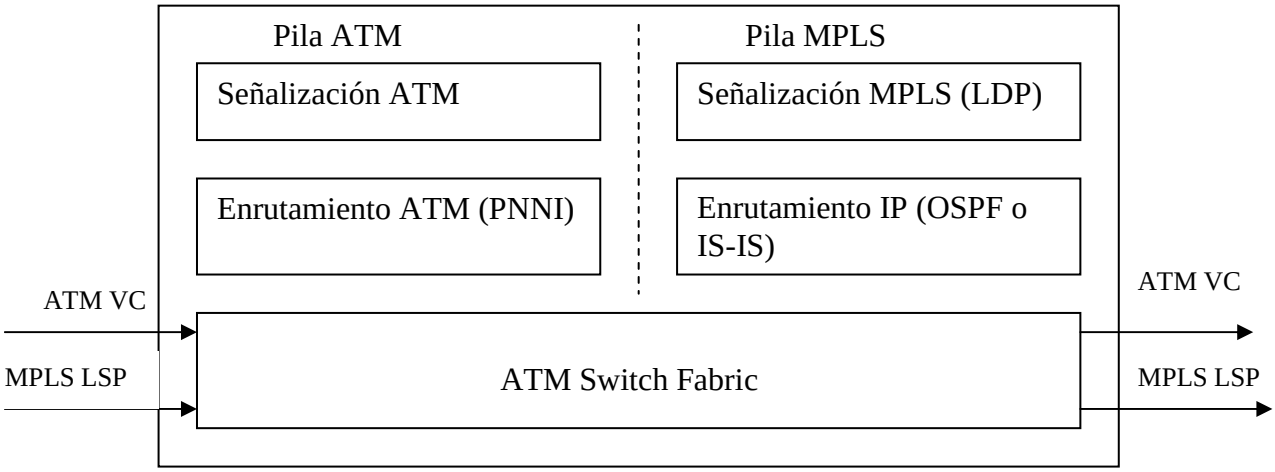

Figura 7

10. BIBLIOGRAFIA

- http:\\www.lightreading.com
- *Designing Large-Scale IP Internetworks*, http:\\www.cisco.com
- *ISP Network Structure*, http:\\www.cisco.com
- *Traffic Engineering for the new public network*, http:\\www.juniper.com
- *Migration Strategies for IP Services Growth : Cell-Switched MPLS or IP-routed MPLS*, http:\\www.juniper.com
- *Positioning and Developing a Migration Strategy to Offer Advanced IP Services Based on MPLS*, http:\\www.cisco.com
- *ISP Policy Implementation Case Study*, http:\\www.cisco.com
- *Building Scalable Service Provider Networks - Connection Oriented Networking Solutions*, http:\\www.marconi.com
- *Scaling Multiservice ATM Networks*, http:\\www.marconi.com
- *The Service Edge Router : Enabling a Streamlined Packet Service Network*, http:\\www.laurelnetworks.com
- *Metro IP Technology and Architectures*, http:\\www.cisco.com
- *MPLS - The Emperor Clothed or Not?*, Satellite Broadband, Oct 2.001

- *Parámetros de medida de la calidad de servicios en ISPs y análisis comparativo de proveedores*, Armando Ferro/Marivi Higuero, JITEL 99

- *Planificación de Redes de Datos*, Luis Zabala, E.T.S.I.I.T. Bilbao 2.000