



Programa de Desarrollo Tecnológico



Ministerio de Educación y Cultura  
República Oriental del Uruguay

## SUBPROGRAMA II

oportunidad:

área de



Palacio Legislativo  
Diciembre 2004



## MEDICIÓN DE PERFORMANCE DE PUNTA A PUNTA EN SERVICIOS DE VOZ Y VIDEO SOBRE IP (S/C/OP/17/02) Pablo Belzarena (Responsable científico), Laura Aspirot, Pedro Casas, Gabriel Gómez, Víctor González Federico Larroca, Gonzalo Perera, María Simón

Facultad de Ingeniería – Universidad de la República  
belza@fing.edu.uy

### INTRODUCCIÓN

Los nuevos servicios que se proyectan ofrecer sobre Internet (particularmente voz y video de buena calidad) han generado una creciente necesidad de parte de los diferentes actores por medir la performance que ofrece Internet. La verificación del cumplimiento de los SLAs (Service Level Agreement), la medida del uso de servicios, la facturación de servicios, la ingeniería de tráfico y la gestión de recursos por parte de los ISPs (Internet Service Provider) es un tema especialmente sensible en estos momentos donde la convergencia, si bien aún distante, es un tema de fuerte discusión. El principal problema es qué y cómo medir para verificar acuerdos, para asegurar calidad de servicio o para que las aplicaciones se adapten a la calidad que puede ofrecer la red. Esto ha generado un reciente desarrollo tanto académico como del IETF (Internet Engineering Task Force) y de la ITU (International Telecommunication Union). El objetivo es establecer un marco, una metodología y una terminología común para medir la performance de Internet.

En una red de conmutación de paquetes los servicios multimedia sufren, además de las degradaciones de servicio de una red telefónica tradicional, otro tipo de problemas relacionados con la estructura de éstas: los retardos de punta a punta se ven aumentados por los retardos en las colas de los enrutadores, el jitter aumenta debido a la variedad de tráfico que circulan por la red, la pérdida de paquetes y la diversidad de codificaciones utilizadas se convierten en factores extra que pueden degradar el servicio. Se debe tener en cuenta además que el protocolo IP no fue pensado para ofrecer estos servicios. Internet se desarrolló como una red académica orientada a ofrecer servicios de email y ftp. La política “best effort” de Internet no permite asegurar calidad de servicio (QoS) para servicios como voz y video. Por este motivo se han desarrollado en los últimos años arquitecturas que habilitan a una red IP a ofrecer QoS.

Dentro de estos nuevos modelos y arquitecturas hay que resaltar el modelo de Servicios Diferenciados (DiffServ) [Bernet1998] [Blake1998] y la arquitectura MPLS (Multi Protocol Label Switching) [Rosen2001] y [Awduche1999]. En particular la arquitectura DiffServ es hoy uno de los pilares que habilitan en una red IP a ofrecer garantías de QoS a través del concepto de SLA. Si bien nuestra metodología busca independencia de la tecnología que utilice el ISP, debemos tener presente estas arquitecturas y sus características ya que ellas se presentan como los pilares sobre los que se desplegará el ofrecimiento de servicios de voz y video de los ISPs en el futuro.

En los últimos años los distintos grupos de trabajo en el campo de las telecomunicaciones han intentado establecer valores admisibles para los parámetros de mayor impacto sobre la QoS de los servicios mencionados. En la figura 1 se resume el trabajo presentado por Coverdale (integrante del grupo de trabajo 12 de la ITU-T) respecto de dicho tema.

**Figura 1.** Parámetros relevantes y valores límite para distintos servicios

Medium	Application	Degree of symmetry	Typical data rates	Key performance parameters and target values			
				One-way delay	Delay variation	Information loss**	Other
Audio	Conversational voice	Two-way	4-64 kb/s	<150 msec preferred* <400 msec limit*	< 1 msec	< 3% packet loss ratio (PLR)	
Audio	Voice messaging	Primarily one-way	4-32 kb/s	< 1 sec for playback < 2 sec for record	< 1 msec	< 3% PLR	
Audio	High quality streaming audio	Primarily one-way	16-128 kb/s	< 10 sec	< 1 msec	< 1% PLR	
Video	Videophone	Two-way	16-384 kb/s	< 150 msec preferred <400 msec limit		< 1% PLR	Lip-synch : < 80 msec
Video	One-way	One-way	16-384 kb/s	< 10 sec		< 1% PLR	

El grupo de estudio 12 de ITU [ITU12] tiene como tema el estudio de la performance y la calidad de servicio en “todas” las redes y en particular en IP. Este grupo ha venido trabajando en extender los conceptos de calidad de servicio sobre redes de circuitos a redes de conmutación de paquetes. Por otra parte el IETF ha estado particularmente activo en esta área. El grupo de trabajo del IETF que más activamente ha trabajado en estos últimos años en estos temas es el IPPM (IP Performance Metrics) [IPPM]. Este grupo ha realizado diversos avances en el establecimiento de un marco general para la medición de performance en IP [Paxson1998] y abordado diferentes problemas, procurando estandarizar diversos aspectos de la medición de performance. Algunas métricas específicas que han sido definidas por este grupo son por ejemplo: retardos en una dirección [RFC2679] e ida y vuelta [RFC2681], pérdida de paquetes en una dirección [RFC2680] y variación del retardo entre paquetes [RFC3393] entre otras.

El proyecto objeto de esta comunicación, enfoca el desarrollo de una metodología y una herramienta de software que permitan realizar y analizar medidas de punta a punta de QoS de aplicaciones multimedia en Internet lo más independientemente posible del o los operadores que brinden el servicio. Esta metodología debe permitir a un usuario (usuario final, ente regulador u otro ISP) verificar que se cumplan los niveles de performance de QoS que se hubieren acordado a través de un SLA, o permitir por ejemplo a las aplicaciones ser sensibles a la calidad de servicio que ofrece en un determinado momento la red.

Dicha metodología y herramienta informática deben cumplir las siguientes especificaciones:

- Modelar la red y el tráfico de manera adecuada para cada servicio a medir.
- Permitir realizar tests que no distorsionen el tráfico a medir. En este punto habrá que analizar de acuerdo al tráfico, cual es la cantidad mínima de paquetes de test necesaria para que el resultado tenga valor estadístico y cuál es el intervalo de confianza del parámetro medido.
- Ser lo más independiente posible de la tecnología particular utilizada por el ISP, pero teniendo en cuenta las arquitecturas que tienden a estandarizarse para ofrecer QoS sobre IP (MPLS, DiffServ).

Si bien en la actualidad existen distintas herramientas que estiman parámetros de performance de la red desde las puntas, aún quedan muchos puntos por cubrir al estimar la QoS para un servicio de tiempo real; la mayoría de las métricas desarrolladas a la fecha se basan en promedios estadísticos temporales. Esto no es suficiente para capturar el impacto que estos parámetros tendrán sobre un servicio multimedia de tiempo real. La falta de modelos ampliamente aceptados de la red y en particular del tráfico de tiempo real que circula por ella dificulta aún más el problema. La metodología de medida a implementar es también un punto delicado; medidas activas (inyectar tráfico) vs. medidas pasivas representa un punto de amplia discusión. Además una red IP como Internet presenta dificultades adicionales para realizar mediciones de los parámetros relevantes: el enrutamiento IP hace que la trayectoria de los paquetes varíe en el tiempo, la codificación necesaria de los servicios multimedia hace que el tráfico sea a ráfagas, los paquetes de prueba pueden ser filtrados o adulterados por un ISP, no necesariamente existe sincronización temporal entre los equipos, etc. Por último nos encontramos con el problema de la percepción de la QoS. Si bien existen trabajos que establecen algunas relaciones entre los parámetros medidos en una red y la calidad percibida por un ser humano (PQoS), no existen herramientas que utilicen PQoS para evaluar la performance de Internet. Resulta difícil pensar en un usuario final de un servicio de tiempo real que al momento de definir un SLA con su proveedor de servicios piense en jitter o retardos. Lo que el usuario tiene en mente es lo que percibe del servicio brindado, por lo que necesariamente debe implementarse una etapa de mapeo de parámetros de red en PQoS (ya sea definiendo un conjunto de clases de PQoS o implementando algún tipo de herramienta de clasificación automática).

### Discusión Y Resultados Previos

En esta sección repasaremos y discutiremos los conceptos fundamentales que surgen de la primera etapa de este proyecto.

### Características de las mediciones de parámetros de red.

Las mediciones a realizar estarán limitadas a los extremos de la comunicación; no se puede contar con el conocimiento de la situación en los equipos intermedios. Aunque esto sea posible en algún caso, en general no lo es o los datos mostrados son deliberadamente limitados o distorsionados por el dueño del equipo intermediario. Por estas razones, en el proyecto se asume la imposibilidad de conocer fehacientemente la situación en los equipos intermedios. Las conclusiones deberán derivarse exclusivamente de las mediciones realizadas en cada uno de los extremos, y a veces en un único extremo. La medición explícita actualmente usada suele limitarse a evaluar valores medios, y eventualmente su desviación. Se adelanta la necesidad de incorporar otras mediciones, llegando incluso a intentar determinar la distribución estadística a la que responde el tráfico analizado, extremos posiblemente necesarios para una evaluación correcta del impacto sobre el MOS (Mean Opinion Score, puntaje medio de opinión) mediante el cual los usuarios evalúan cualitativamente la calidad de los servicios. Adicionalmente, será necesario considerar las diferentes tecnologías de codecs (codificadores / decodificadores) con los que se tratan la voz y el video, cuyos modos operativos tienen impacto sobre la calidad percibida y sobre las características del tráfico generado. Hoy en día no existen prácticamente esquemas de mediciones realizados desde la capa de aplicación; la experiencia predominante es medir en capas inferiores. No estimamos suficiente esta aproximación para el problema planteado; será necesario realizar las mediciones desde la capa de aplicación, en la forma más parecida posible a la aplicación real a la cual se refieren las medidas, con el objetivo de incluir en esas medidas todas las limitaciones y distorsiones introducidas por las capas inferiores. Esto no excluye la realización de medidas en capas inferiores, a la manera tradicional o con algún diseño específico, cuyo complemento puede hacerse necesario.

### Parámetros de red.

De la literatura estudiada surge que la calidad de un enlace debe poder definirse en función de los siguientes parámetros:

**tasa de pérdida:** el porcentaje de paquetes perdidos frente a los paquetes emitidos. En las redes no inalámbricas las pérdidas son relativamente bajas, por lo que resultarán eventos raros en la muestra. Esto requiere un tratamiento estadístico especializado para poder extraer conclusiones con tamaños de muestra factibles de obtener en la práctica. Adicionalmente, las pérdidas suelen ser en ráfagas, lo que detrimenta rápidamente la calidad del servicio; será necesario considerar este aspecto además de la tasa en sí.

**retardo:** el tiempo entre la salida de un paquete del emisor y su llegada al receptor. Incluye todas las demoras en enlaces intermedios, colas de espera y tiempos de procesamiento en equipos intermedios. Las rutas de los paquetes pueden variar en un sentido y en otro, y también en el mismo sentido de un paquete al siguiente, lo cual deberá ser considerado al establecer criterios de valoración de la medida.

**variaciones de retardo (“jitter”):** es la diferencia de retardo entre paquetes, debida esencialmente a la situación de mayor o menor carga en la red o a la ruta seguida por cada paquete. Requiere medir la separación de tiempo entre paquetes en el emisor, medir la separación de tiempo entre los mismos paquetes en el receptor y comparar ambas para evaluar si las diferencias de separaciones entre paquetes son aceptables o no para cada tipo de aplicación.

**capacidad (“throughput”):** la tasa en bits por segundo que puede transmitirse por un enlace. Permite evaluar, por ejemplo, la cantidad de canales de voz que se pueden pasar por el enlace. Las aplicaciones de voz y video no manejan repeticiones en caso de pérdidas, por lo que esta medida sería suficiente para evaluar las posibilidades del enlace.

La influencia de estos parámetros puede ser muy distinta según el tipo de aplicación; en algunos el valor de un parámetro determinado puede ser irrelevante o fácilmente corregible, en otros puede ser decisivo e imposible de corregir o neutralizar.

### Calidad del servicio.

Existen a la fecha indicadores con valores extremos para garantizar la calidad de servicio, pero por su propio carácter tienden a plantear exigencias mayores de las mínimas posibles; no son valores óptimos del punto de vista del aprovechamiento de los recursos. No se cuenta actualmente con estándares completos y precisos para determinar la calidad de servicio en voz y video cuando estos se transmiten por una red de datos, como sí los hay, por ejemplo, para la transmisión de voz en la telefonía convencional. Se plantea como necesario agotar la búsqueda de algún patrón de calificación para la bondad de una transmisión de este tipo, alguna propuesta basado en un estudio sólido, aunque no tenga el carácter de estándar, pero que amerite su uso como referente. Es un área de difícil acuerdo, y en caso de no hallarse un criterio digno de confianza será necesario experimentar con sujetos humanos, eligiendo un conjunto de personas heterogéneas y sometidos a la audición o visualización de transmisiones, variando sus parámetros y pidiéndoles una calificación de cada situación. Existen pautas indicativas sobre la forma de realizar este estudio, pero se trata en definitiva de un problema psicométrico ajeno a este proyecto, pero que puede resultar obligatorio encarar, con el objetivo de obtener aunque sea una clasificación aproximada, sin pretensiones de universalidad, empíricamente aceptable.

### Conclusiones

El proyecto se encuentra en su etapa inicial por lo que aún no se dispone de conclusiones en el tema. A la fecha, se han definido metodologías de medición e identificado diversos problemas abiertos que será necesario abordar en lo que resta del proyecto. Se está comenzando a desarrollar una herramienta de medida que sea lo más transparente posible al usuario; esta herramienta está desarrollada en Java en forma de Applet para ser ejecutada por el usuario con un navegador. La disponibilidad de esta herramienta abre el camino a un estudio empírico del problema que permitirá evaluar alternativas, verificar resultados teóricos y definir futuros pasos.

## Bibliografía

**[Coverdale2001]** Paul Coverdale, Multimedia QoS Requirements from a user perspective ITU-T Study Group 12 Workshop on QoS and user-perceived transmission quality in evolving networks, 18-19 October 2001.

**[ITU12]** <http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com12/index.asp>

**[IPPM]** <http://www.ietf.org/html.charters/ippm-charter.html>

**[Paxson1998]** Paxson et al. "Framework for IP performance metrics" IETF RFC 2330, 1998.

**[RFC2679]** "A one-way delay metric for IPPM", IETF RFC 2679, 1999.

**[RFC2680]** "A one-way packet loss metric for IPPM", IETF RFC 2680, 1999.

**[RFC2681]** "A round-trip delay metric for IPPM", IETF RFC 2681, 1999.

**[RFC3393]** "IP Packet Delay Variation Metric for IPPM", IETF RFC 3393.

**[Bernet1998]** Y Bernet et al. "A Framework for Differentiated Services", IETF, 1998.

**[Blake1998]** "An Architecture for Differentiated Services", RFC 2475, 1998.

**[Rosen2001]** E. Rosen, A. Viswanathan, "Multiprotocol Label Switching Architecture", RFC3031, 2001

**[Awduche1999]** D. Awduche, J. Malcolm "Requirements for Traffic Engineering Over MPLS", RFC2702, 1999.

**[Pathchar]** Van Jacobson, "A Tool To Infer Characteristics of Internet Paths", <http://www.caida.org/tools/utilities/others/pathchar/>

**[Sting]** "A TCP-Based Network Measurement Tool", <http://www.cse.ucsd.edu/~savage/sting/>

**[MRTG]** "Multi Router Traffic Grapher", <http://people.ee.ethz.ch/~oetiker/webtools/mrtg/>

## DESARROLLO DE UNA RED PILOTO MULTISERVICIO METROPOLITANA EN URUGUAY (S/C/OP/17/03) María Simón (Responsable científico), Gabriel Gómez, Pablo Belzarena, Alvaro Valdés, Héctor Cancela, Eduardo Grampín, Gonzalo Tejera, Federico Rodríguez, Carlos Martínez, Martín Pedemonte, Pablo Rodríguez, Federico Morales, María Cristina Fernández, Ignacio Irigaray

Facultad de Ingeniería – Universidad de la República  
msimon@fing.edu.uy

### INTRODUCCIÓN

En el estado actual de las telecomunicaciones, la reducción de costos de los operadores a través de la optimización de los procesos operativos, y la generación de ganancias en base a la creación de nuevos servicios son temas centrales. Por esta razón la vieja aspiración de la red de servicios integrados o convergentes a resurgido con mucha fuerza y presión de parte de los operadores.

Hoy en día Internet por su rápido crecimiento y desarrollo es una de las mayores fuerzas que dirigen el fenómeno de la convergencia. Internet no fue pensada por sus diseñadores originales con estos objetivos, sino en un contexto académico para intercambio de información de bajos requerimientos de calidad de servicio, con aplicaciones típicas del tipo correo electrónico o transferencia de archivos. El tipo de servicio original (y todavía vigente) en Internet es de tipo “best effort”, es decir que las aplicaciones de usuario envían paquetes IP y la red hace su mejor esfuerzo para hacerlos llegar al destinatario, no asegurando ningún tipo de calidad del servicio. Resulta evidente que los requerimientos necesarios para una video conferencia de calidad, por ejemplo, no pueden ser asegurados con esta política de “best effort” ofrecida hoy por Internet.

Por otro lado los operadores tradicionales de telecomunicaciones ofrecen altos estándares de calidad de servicio en la Red Pública Telefónica (PSTN). Sin embargo dicha red no ha sido diseñada para brindar servicios hoy denominados “triple play” (voz, video, datos). Dichos servicios convergentes se basan en las redes IP; la comunidad de Internet ha realizado notables esfuerzos en los últimos años para superar el paradigma actual “best effort” y aproximarse a la calidad de servicio brindada por la PSTN. En este sentido el problema de la convergencia en Internet presenta hoy diferentes aspectos que son objeto de desarrollo. Por un lado la definición y el desarrollo de los servicios que se ofrecerán sobre Internet: datos, voz, video, televisión, comercio electrónico, etc. Por otro lado la creación de infraestructura soportadas en tecnologías que permitan tanto en el corazón de la red como en los accesos ofrecer la calidad de servicio necesaria, en una red eficientemente operada y gestionada. Ejemplo de estas tecnologías que aparecen como potenciales soportes de la futura red convergente son el MultiProtocol Label Switching (MPLS) y Servicios Diferenciados (Differentiated Services – DiffServ).

Si bien ya existen operadores que han construido un núcleo de red MPLS (incluso ANTEL a través de ANTELDATA), esta infraestructura está fuertemente orientados a ofrecer el servicio de Redes Privadas Virtuales (Virtual Private Networks –VPNs), no existiendo, hasta donde se tienen referencias, implementaciones de redes reales y de amplia cobertura que utilicen la infraestructura MPLS para ofrecer servicios convergentes sobre IP. Esto se debe en buena medida a que la tecnología aún está muy inmadura y todavía hay mucho para desarrollar sobre ella.

El problema que da origen al proyecto es desplegar una red capaz de ofrecer la calidad de servicio (QoS) requerida por los nuevos servicios soportados en redes IP (VoIP (voz sobre IP), video conferencias, etc.). Se entiende que nuestro país tiene actualmente una excelente oportunidad de formar un grupo humano que aprehenda el estado del arte de esta tecnología, y que por lo tanto sea capaz de realizar los avances necesarios para que sea posible en el corto plazo la construcción de esta red de servicios convergentes sobre IP. La realización de este proyecto está

permitiendo formar dicho grupo humano con profesionales provenientes de distintas ramas de la ingeniería, tanto del mundo académico como de la industria. La construcción de una red con las características mencionadas traerá aparejado beneficios notorios para la sociedad uruguaya. Algunos ejemplos de estos beneficios se pueden visualizar en las áreas de educación y salud. La infraestructura propuesta permitirá desplegar con alta calidad servicios de educación a distancia y telemedicina, a través de los cuales se podrá llegar a lugares remotos con costos razonables y con servicios de primer nivel que sino difícilmente puedan ser accedidos.

El problema central que pretende atacar este proyecto es que para implantar una red como la propuesta no alcanza con la adquisición de equipamiento y su puesta en servicio. Por un lado los equipos que proveen los fabricantes con estas funcionalidades aún no están maduros. Por otro lado, existen múltiples aspectos que aún están en desarrollo mundialmente y sin los cuales no es posible operar y gestionar una red de estas características. Este proyecto está focalizado en obtener resultados concretos en algunos de estos problemas que se entiende son claves para el despliegue de este tipo de red en el país:

- Definir la arquitectura de una posible futura red nacional de servicios integrados sobre IP.
- Desarrollar metodologías y herramientas para el modelado y análisis de performance de estas redes.
- Desarrollar metodologías y herramientas de ingeniería de tráfico sobre la red para asegurar QoS.
- Desarrollar metodologías y herramientas para la gestión de la configuración de la red.

### **Materiales y Métodos**

La infraestructura de fibra óptica de ANTEL (ANTELDATA) interconecta numerosas puntos en el área metropolitana, con instalaciones de transporte de datos y equipos de la red IP nacional. La red piloto propuesta agrega la conexión a la red de fibra óptica metropolitana de la Facultad de Ingeniería. Esta conexión física, ya concretada, junto con equipos suministrados en calidad de préstamo por ANTEL (ANTELDATA) para la ejecución del proyecto, y su soporte en recursos humanos, hacen posible la implementación de la red piloto propuesta.

Se ha decidido crear subgrupos de Ingeniería de Tráfico, Gestión y Aplicaciones para atacar el objetivo del proyecto.

Se ha comenzado a trabajar en la definición de las políticas de ingeniería de tráfico y posibles herramientas que permitirán posteriormente la realización de pruebas sobre la red piloto.

Se han tomado definiciones acerca de la arquitectura de gestión de la configuración de la red, se han revisado diversas herramientas de software existentes y se avanza en el diseño e implementación de una versión básica del sistema de gestión.

Se está trabajando en la definición de los servicios a implementar, el modelo a usar de los mismos, los requerimientos de performance de cada uno y la metodología de medición de la performance. Se trabaja en este punto concreto coordinadamente con otros proyectos que atacan este tema específicamente.

En la medida que la red piloto se encuentre operativa, para lo cual restan aún algunos elementos, se realizarán pruebas sobre la plataforma piloto, tanto para los temas de ingeniería de tráfico, como de gestión de la configuración, como la prueba de los servicios definidos y sus mediciones de performance de QoS con las diferentes políticas establecidas.

### **DISCUSIÓN y Resultados INTERMEDIOS**

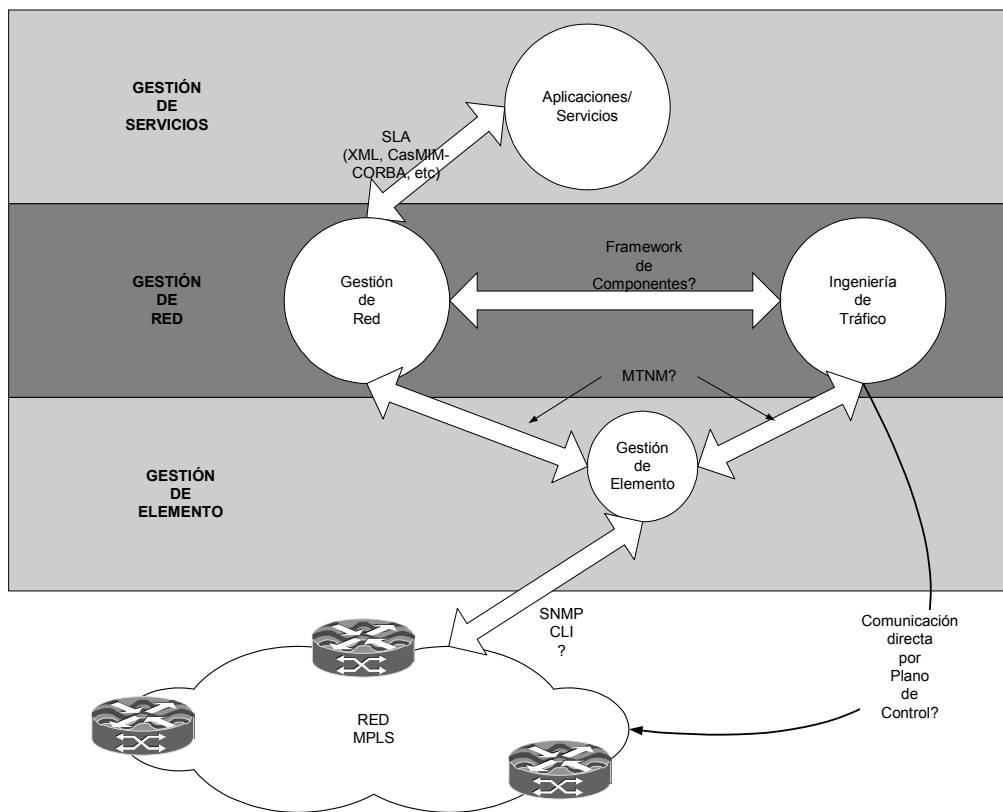
A la fecha se encuentra prácticamente completa la instalación de la red piloto en lo que respecta a las adecuaciones locativas necesarias en la Facultad de Ingeniería. Se ha realizado

con cargo al proyecto la instalación de la fibra óptica que conecta la Facultad con la red de ANTEL (ANTELDATA) y se ha instalado el router Cisco proporcionado por ANTEL (ANTELDATA) en calidad de préstamo para la ejecución del proyecto. Resta aún resolver la alimentación de energía del equipo.

Por otra parte se han adquirido en el exterior tarjetas red de alta velocidad para equipos PC para el armado de los equipos internos que estarán conectados a la red piloto. Estos equipos son PC's con Sistema Operativo Linux sobre los que ya se está trabajando.

En lo que respecta a ingeniería de tráfico se está atacando la problemática off-line como on-line por ahora a nivel de estudio.

En cuanto a la definición de la arquitectura de gestión de la red, se propone la arquitectura de la Figura 1. Se plantean los bloques fundamentales del sistema ubicándolos en el contexto del framework clásico de gestión TMN.



**Figura 1 - Bloques del Proyecto Red Metropolitana Multiservicio**

Esta figura muestra además algunas alternativas para resolver la comunicación entre los distintos bloques constructivos. La experiencia en proyectos similares muestra la conveniencia de utilizar un framework de componentes para atacar el problema con grupos de trabajo coordinados pero independientes. Varios integrantes del proyecto han participado en un trabajo de gestión en cooperación con Antel (Sistema Unificado de Supervisión), y es posible reutilizar resultados en este contexto. Asimismo, trabajo llevado adelante en proyectos de grado y maestrías afines puede aplicarse a resolver nuestro problema.

### Interacciones generales de los bloques constructivos

El resultado más importante para Antel es la construcción de una matriz de servicios y configuraciones que permitan cumplir los requerimientos de QoS según la percepción del usuario

final. El grupo de Aplicaciones está estudiando los requerimientos para los servicios considerados, mediante un modelo teórico los flujos en la red basándose en la caracterización del tráfico actual, para lo cual se realizará monitorización de la red IP pública; los puntos estratégicos para la recolección de datos que permitan dicha caracterización serán definidos en cooperación con el grupo de Gestión y ANTEL. Por ejemplo se deberían coleccionar estadísticas en los gateways de ADSL, modems, y los routers de borde (enlaces internacionales).

En una red que asegure QoS, las aplicaciones y sus requerimientos de calidad se deberán especificar en un contrato con el usuario denominado SLA (Service Level Agreement). Este SLA, que en principio es una especificación en lenguaje natural del servicio contratado y la calidad esperada, debe traducirse en parámetros objetivos (Ancho de Banda garantizado, retardo, jitter, disponibilidad) para comunicarlo a la Capa de Gestión de Red mediante una interfaz a definir (se evalúa el lenguaje XML como un candidato para esta comunicación). Este SLA debe ser traducido en definiciones de configuración por dicha capa de gestión, mediante procesos de reserva de recursos basándose en el estado de la red y en las políticas/objetivos de Ingeniería de Tráfico. Dicha configuración se expresa en modelos de información independientes de la tecnología como por ejemplo Multi Technology Network Management (MTNM del TMForum), y finalmente se traducen a lenguajes específicos para la configuración de los dispositivos de red (los Label Switch Routers – LSRs).

Esta organización en capas con una especificación tecnológica solamente en la comunicación directa con el dispositivo permite diseñar servicios con generalidad e independencia de las especificidades del transporte de red.

Por otro lado, el SLA tiene sentido si se vigila su cumplimiento, para lo cual es necesario que existan procesos de Gestión de Fallos y Performance. En efecto, los gestores de elemento deberán coleccionar el estado de la red (mediante monitorización SNMP por ejemplo), y estos datos permitirán verificar el cumplimiento de los parámetros objetivos que definen el SLA, y reportarlo a las capas superiores (Gestión de Servicio) mediante la interfaz definida. Asimismo la Gestión de Fallos (típicamente basada en traps SNMP), permite verificar el cumplimiento del parámetro disponibilidad y asistir en la toma de decisiones de reconfiguración de la red para protección de enlaces y servicios.

La monitorización de la red, y eventualmente la interacción con los protocolos de enrutamiento por parte de las aplicaciones de Ingeniería de Tráfico habilita la construcción de un grafo detallado de la red (nodos, enlaces y atributos de los mismos), necesario a los efectos de la asignación de recursos (proceso de aprovisionamiento).

### Procesos de Gestión

El desafío es construir un marco evolutivo (framework) que permita ir agregando aplicaciones relacionadas mediante un modelo de información genérico. El problema debe pensarse desde los servicios hacia la red. En este sentido es posible ampliar el trabajo de los proyectos de gestión referenciados anteriormente.

En el corto plazo se necesitan herramientas sencillas de configuración para los routers, y alguna herramienta para visualizar la topología y gestión de fallos. Una vez completa la red piloto el primer paso es implementar la red de gestión fuera de banda (DCN), para lo cual es posible utilizar las capacidades de definición de redes virtuales que brinda MPLS.

### Conclusiones

El Proyecto ha cumplido seis meses de ejecución, y el primer hito fundamental, la infraestructura física de la red piloto está a punto de concretarse. Las hipótesis iniciales del proyecto en cuanto a la necesidad de definir aspectos de gestión de la red multiservicio se han visto confirmados por la

lenta pero segura irrupción de este tipo de redes en el mundo. ANTEL, socio estratégico y principal destinatario de los resultados está estudiando seriamente estos temas y sin dudas que los resultados del proyecto serán de utilidad en la implementación de los servicios mencionados.

En el plano teórico se ha avanzado en la definición de la arquitectura de gestión y en el estudio de las políticas de Ingeniería de Tráfico, y se viene avanzando en la implementación del software de gestión de la red multiservicio.

Una vez completa la instalación de la red piloto se avanzará decididamente en la consecución de los objetivos del proyecto, basándonos en los estudios realizados hasta el momento.

#### Bibliografía

[Bernet1998] Y Bernet et al. "A Framework for Differentiated Services, November 1998, IETF

[Blake1998] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, and W. Weiss, «An Architecture for Differentiated Services», RFC 2475, Dec. 1998.

[Awduche1999] D. Awduche, J. Malcolm "Requirements for Traffic Engineering Over MPLS", RFC2702, September 1999.

[Rosen2001] E. Rosen, A. Viswanathan, "Multiprotocol Label Switching Architecture", RFC3031, January 2001

[LeFaucheur2002] "Multi-Protocol Label Switching (MPLS) Support of Differentiated Services" F. Le Faucheur, L. Wu, B. Davie, S. Davari, P. Vaananen, R. Krishnan, P. Cheval, J. Heinanen – RFC 3270, Mayo 2002.

[Belzarena2002] "Quality of Service and Traffic Engineering in MPLS networks", Pablo Belzarena, Maria Simon, Proceedings of CITELE 2002. ISBN 959-261-025-8.

[Grampín2003] "Enhancing Network Management by Applying Policy Management Principles", Willem A. Romijn, Geert Jan Hoekstra, Joan Serrat, Eduardo Grampín, Bell Labs Technical Journal Volume 8, number 1, Enero/Marzo 2003.