



Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica

**Calidad del Servicio de Videoconferencia de la red
Corporativa de la Empresa de
Telecomunicaciones de Cuba**

**Tesis Presentada en opción al Título Académico de Máster
en Telemática**

Maestría de Telemática

Autor: Ing. Roberto Carlos Álvarez Valderas.

**Tutores: Dr.C. Juan V. Lorenzo Ginori
Dr.C. Juan Enrique Paz Viera**

2010

*A mis padres y hermano,
A mi esposa e hijos Ian y Leonardo,
por estar siempre a mi lado.*

Al Dr.C. Juan V. Lorenzo Ginori y Dr.C. Juan E. Paz Viera por sus valiosas ideas, su apoyo y colaboración en todo momento para la realización de este trabajo.

Al Msc. Alberto Torres Rodríguez por la ayuda e información brindada.

Al Ing. Leonardo Olazabal Chaves por toda la información aportada.

Al Msc. Darien Morales Arbolaes por sus ideas y apoyo.

A todos los que me apoyaron en la realización de este trabajo.

El servicio de Videoconferencia basado en conexiones RDSI conlleva a costes de explotación elevados debido al gasto de la llamada RDSI. Con IP, sin embargo el gasto de la llamada queda absorbido por el coste global de la red. La calidad de este servicio dependerá entonces de los factores que sobre ella influyan y de la cantidad de líneas RDSI que se utilicen en su conexión. Para mejorar este servicio en la División Territorial de ETECSA en Villa Clara se identificaron los factores que afectan la calidad de este servicio. Se analiza la disponibilidad de la red, usando las ventajas del simulador Opnet Modeler, para brindar servicio de Videoconferencia IP o LAN y se analizan los resultados obtenidos.

Palabras claves: Videoconferencia RDSI, Videoconferencia IP o LAN, OPNET.

INTRODUCCIÓN.	1
CAP. 1: LOS PARÁMETROS DE CALIDAD EN EL SERVICIO DE VIDEOCONFERENCIA.	10
1.1- <i>Introducción a los sistemas de Videoconferencia.</i>	10
1.2- <i>Estándares para Videoconferencia.</i>	13
1.3- <i>Protocolo de Inicio de Sesión (SIP).</i>	16
1.4- <i>Videoconferencia IP.</i>	17
1.5- <i>Aportes a la Videoconferencia.</i>	21
1.6- <i>Sistema de Videoconferencia en ETECSA.</i>	26
1.7- <i>Servicio de Videoconferencia en la DTVC (División Territorial de Villa Clara.</i>	27
1.8- <i>Características técnicas del equipo de Videoconferencia.</i>	30
CAP. 2: REQUERIMIENTOS PARA LA SIMULACIÓN DEL SERVICIO DE VIDEOCONFERENCIA.	33
2.1- <i>Introducción.</i>	33
2.2- <i>¿Qué es OPNET?.</i>	34
2.3- <i>Modelo de Simulación.</i>	34
2.4- <i>Los Escenarios.</i>	36
2.5- <i>Factores que afectan la calidad del servicio de Videoconferencia.</i>	38
2.6- <i>Requerimientos.</i>	41
CAP. 3: RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN.	49
3.1- <i>Demora promedio de la Red (delay).</i>	49
3.2- <i>Demora extremo a extremo (latencia).</i>	54
3.3- <i>Tiempo de arribo entre paquetes (jitter).</i>	56
3.4- <i>Ancho de Banda.</i>	58
3.5- <i>Rendimiento de la Red (troughput).</i>	60
3.6- <i>Propuesta de mejoras para implementar Videoconferencia IP en la red del Telepunto de Santa Clara.</i>	61
CONCLUSIONES.	65
RECOMENDACIONES.	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	68

Introducción

El incremento de la velocidad de procesamiento en los Ordenadores Personales (PC: Personal Computer) y del ancho de banda de las redes de comunicaciones digitales, han hecho posible que existan nuevas aplicaciones en tiempo real para redes de computadoras, en particular para Internet, tales como la multimedia [1] por citar un ejemplo. Estas aplicaciones tienen características de tráfico y requisitos de funcionamiento diferentes de las aplicaciones que ya existían (navegación por la web, el correo electrónico y la mensajería instantánea, entre otras). Las nuevas aplicaciones que están surgiendo en Internet requieren un aumento de la cantidad de información a transmitir. Algunos otros ejemplos de estas aplicaciones son: la Tele conferencia entre PCs, correo de voz y de video, vigilancia remota, Video bajo Demanda (VOD: Video on Demand), Videoconferencia, entre otras.

La Videoconferencia es un método de comunicación que permite el intercambio bidireccional, interactivo y en tiempo real, de video, audio y datos [2]. Mediante esta tecnología se pueden enlazar dos lugares distantes, lo que se conoce como un enlace punto a punto, o bien en un enlace multipunto, si los interlocutores están dispersos en tres o más sitios.

El funcionamiento de la Videoconferencia tiene cierto parecido con el del teléfono, o sea audio en ambas direcciones, y a esto hay que añadirle imágenes que serán

reproducidas en una pantalla o en el monitor de un PC. Es precisamente la facilidad de enviar información en ambas direcciones (bidireccionalidad) lo que hace al cable telefónico más apropiado para la Videoconferencia.

Para que se pueda realizar una Videoconferencia entre dos o más interlocutores no sólo es necesario tener un buen equipamiento físico, sino que se debe asegurar determinados niveles de calidad de servicio, que garanticen la comunicación en tiempo real.

Para las aplicaciones antes mencionadas se han predeterminado diferentes requerimientos de Calidad de Servicio (QoS: Quality of Service), por ejemplo el VOD puede tolerar moderadas demoras de extremo a extremo, pero requiere de un alto rendimiento de trabajo y muy baja tasa de error, en comparación con la telefonía por Internet la que necesita muy baja demora de extremo a extremo, un moderado rendimiento de trabajo y con una elevada tasa de error mayor que el VOD [1].

En el mundo de las telecomunicaciones, el uso del término QoS suele estar ligado a las técnicas y procedimientos utilizados para dar un tratamiento preferente a unas clases de tráfico frente a otras con el objetivo de cumplir requisitos mínimos en parámetros como el retardo o el ancho de banda.

De esta forma, dicho término se usa a menudo de forma muy restrictiva, distinguiendo entre servicios con QoS y servicios sin QoS. Es en este sentido en el

que se puede afirmar que no hay soluciones extendidas para el soporte de QoS. Sin embargo, en un sentido más amplio del término, no cabe duda de que el actual servicio *Best effort* (mejor esfuerzo) de Internet está proporcionando una determinada QoS en cualquier caso [3].

Son varias las definiciones que tiene el término QoS las que denominan no sólo una técnica o un procedimiento sino que es al que apuntan algunas definiciones de QoS [4, 5] tal es el caso de la UIT-T (International Telecommunication Union o Sector de Normalización de las Telecomunicaciones) Rec. [E.800] que lo define como: *efecto global de las prestaciones de un servicio que determinan el grado de satisfacción de un usuario al utilizar dicho servicio* [4]. Esta definición, que comprende muchas áreas de trabajo, recoge uno de los objetivos que deben considerarse al utilizar el término QoS: la satisfacción subjetiva de los usuarios la que se refiere a la calidad percibida.

En los servicios de telecomunicaciones, no cabe duda de que una buena parte de la satisfacción del usuario tendrá relación con el funcionamiento de la red. Debido a esto gran cantidad de investigaciones se han llevado a cabo buscando soluciones de diseño para mejorar la calidad en el servicio en Internet [6], como es el caso del Organismo IETF (Internet Engineering Task Force o Grupo de Trabajo en Ingeniería de Internet) [RFC 2386] referente al: *conjunto de requisitos del servicio que debe cumplir la red en el transporte de un flujo* [5]. En este caso la

definición está centrada en lo que se denomina *calidad de funcionamiento de la red*.

Es este organismo el que ha enmarcado y propuesto varios estándares de modelos de servicios y mecanismos para encontrar solución a la demanda de la QoS. Entre ellos podemos encontrar los Servicios Integrados (Intserv, Integrated Services), Servicios Diferenciados (Diffserv, Differentiated services) y el Protocolo MPLS (Multiprotocol Label Switching o Conmutación Multi-Protocolar mediante Etiquetas), además, también se usa la Ingeniería de tráfico y el Enrutamiento basado en la restricción de capacidad [7-9].

El servicio de acceso a Internet ofrece la posibilidad de utilizar múltiples aplicaciones, desde un terminal remoto basado en texto, hasta complejas aplicaciones multimedia interactivas. Además hay que sumar las futuras aplicaciones imposibles de imaginar hoy en día [10, 11]. La calidad del servicio de acceso a Internet dependerá por tanto de la calidad percibida en el uso de las distintas aplicaciones.

Por otro lado, las distintas aplicaciones dependen para su funcionamiento de variables como la capacidad de transferencia o ancho de banda de la comunicación, el retardo que sufren los paquetes, la variación del retardo o la pérdida de paquetes [12]. Se puede anticipar que la influencia de estos parámetros de calidad de funcionamiento de la red en la calidad percibida por el

usuario dependerá de múltiples factores. Por ejemplo, la pérdida de paquetes puede afectar de forma sustancial a la calidad de funcionamiento de las aplicaciones, tanto de forma directa como indirecta.

Estas aplicaciones necesitan garantizar ciertos parámetros de QoS como pueden ser el retardo (delay) máximo y el número de paquetes que pueden ser descartados sin afectar a la calidad de la transmisión de la información. Esta QoS no puede ser asegurada por los protocolos TCP/IP por lo que se han desarrollado diferentes tecnologías para superar este inconveniente [13].

El sistema de Videoconferencia que se brinda en la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA) es Videoconferencia RDSI (Red Digital de Servicios Integrados).

Este tipo de videoconferencia emplea líneas digitales RDSI para enlazar a los equipos participantes de una forma muy similar a como se lleva a cabo una llamada telefónica.

En eventos de tipo oficial, o donde necesitamos garantizar una calidad mínima, este tipo de Videoconferencia es el más utilizado pues la calidad obtenida es, en la gran mayoría de los casos, muy similar a la calidad de la recepción televisiva. Una vez establecida la conexión, la calidad de la Videoconferencia (que siempre

dependerá del número de líneas utilizadas) se mantendrá estable y constante a lo largo de toda la sesión.

Puesto que el equipamiento a utilizar, como la disponibilidad de líneas RDSI, no son algo común, son videoconferencias que requieren de una organización previa y una fase de pruebas para poder llevarlas a cabo.

La calidad en el servicio de Videoconferencia dependerá, entonces, de los factores que sobre ella influyan a todo lo largo de la sesión. Estos factores los podemos identificar como:

- la compatibilidad de los equipo de Videoconferencia,
- el estado de la red,
- el nivel de pérdida,
- el retardo,
- el códec de video que se emplea,
- la resolución con que se muestra y,
- el ancho de banda.

Teniendo en cuenta todos estos factores podemos argumentar que la calidad de las imágenes que percibimos está en función del nivel de compresión y de la capacidad de transmisión de datos [14].

En el caso particular de la provincia de Villa Clara el servicio de Videoconferencia está soportado por tres enlaces básicos 2B+D, por lo que la velocidad alcanzada, que siempre dependerá del número de líneas que se utilicen, es de 384 Kbps. Esta es la velocidad mínima requerida para obtener una calidad de video aceptable con problemas en la imagen.

En el caso de las líneas RDSI, estas son mucho más estables y fiables. No existen fluctuaciones de velocidad, y raramente se interrumpe la conexión. Aunque adquirir un canal de transporte RDSI es bastante económico, pero costoso en su uso. Una llamada convencional a 384 Kbps requiere la agregación de 6 canales RDSI, por lo que obtener mejor calidad requiere de canales adicionales.

Por otra parte, los sistemas de Videoconferencia por IP no agregan canales como en RDSI, por lo que se puede usar el ancho de banda disponible que el administrador o el proveedor de la red designe, por tanto, tener servicios de redes IP de alta capacidad permite evitar los costos de RDSI.

Basado en lo que se ha descrito anteriormente nos proponemos con este trabajo hacer un análisis de la Calidad del Servicio de Videoconferencia en la provincia de Villa Clara con vista a mejorar este servicio por medio de la modificación de alguno de sus parámetros para lograr este fin. De esta forma se crea una estrategia de trabajo para el análisis de calidad de este medio que puede hacerse extensiva al resto de las provincias.

El objetivo general de este trabajo es mejorar la Calidad del Servicio de Videoconferencia en la provincia de Villa Clara, teniendo en cuenta los factores que intervienen en su implementación, con vista a ofrecer un mejor Servicio.

Para alcanzar el objetivo general se han planteado los siguientes objetivos específicos:

- Analizar los factores que intervienen en el servicio de Videoconferencia y de cómo estos afectan o contribuyen en la Calidad del Servicio.
- Simular el servicio de Videoconferencia teniendo en cuenta los diferentes factores que podrían afectar la Calidad del Servicio.
- Proponer las recomendaciones necesarias para el mejoramiento de la Calidad del Servicio de Videoconferencia en la Red Corporativa de ETECSA.

Este trabajo de investigación se ha estructurado de la siguiente manera:

- Introducción,
- Capítulo I: Los parámetros de calidad en el servicio de Videoconferencia,
- Capítulo II: Requerimientos para la simulación del servicio de Videoconferencia,
- Capítulo III: Resultados de la simulación,
- Conclusiones,
- Recomendaciones y,
- Referencias bibliográficas.

A continuación se describen brevemente el contenido de los capítulos de este informe.

Capítulo I: Está dedicado al análisis de los posibles factores que intervienen en la variación de la Calidad del Servicio en el servicio de Videoconferencia en la provincia de Villa Clara.

Capítulo II: Se dedica a describir los requerimientos que se deben tener en cuenta para la implementación del servicio de Videoconferencia, así como los distintos escenarios que se van a simular con el programa Opnet Modeler una herramienta para la simulación.

Capítulo III: Está dedicado al análisis de los resultados obtenidos de la simulación con el programa Opnet Modeler. Proponer mejoras concretas a partir de los resultados obtenidos en los experimentos realizados con vista a mejorar el servicio de Videoconferencia en la Red Corporativa de ETECSA.

Capítulo 1 Los parámetros de calidad en el servicio de Videoconferencia.

1.1- Introducción a los sistemas de Videoconferencia

La videoconferencia es un sistema de comunicación diseñado para comunicar dos o más lugares distantes, se divide en dos grupos [15] teniendo en cuenta la cantidad de participantes:

- **Sistemas de Videoconferencia síncronas:** la transmisión de audio y video se realiza en tiempo real.
- **Sistemas de Videoconferencia asíncronas:** se graba la información para utilizarla cuando se considere necesario.

Las Videoconferencias síncronas en dependencia del tipo de conexión [2] se clasifican en:

- **Videoconferencias punto a punto:** se establece un enlace bidireccional exclusivamente entre dos puntos, esta modalidad no requiere de grandes requerimientos técnicos para su implementación.
- **Videoconferencias multipunto:** se establece entre tres o más lugares, esta modalidad requiere para su implementación una Unidad de Control Multipunto (MCU: Multipoint Conference Unit), la cual proporciona cualquier

combinación de audio, video y datos, en función de las capacidades de cada terminal.

En los casos que los participantes se encuentren en diferentes lugares podemos encontrar dos tipos de video conferencia:

- **Videoconferencia interactiva multipunto:** los participantes intercambian información durante la Videoconferencia.
- **Videoconferencia por difusión:** la señal de video del expositor es la única que se transmite durante la sesión.

Además las Videoconferencias síncronas incluyen dos tipos de modalidades en sus servicios:

- **Videoconferencia de sala.**
- **Videoconferencia de escritorio (desktop).**

Los sistemas de Videoconferencias de sala o sistemas de escritorio están diseñados para ofrecer niveles óptimos de interacción y avanzadas prestaciones para reuniones de equipos, aulas, y comunicaciones corporativas. También, los equipos pueden colaborar compartiendo documentos, entregar presentaciones completas en PowerPoint, transferir archivos y acceder a Internet.

El reducido tamaño de los equipos permite que se sitúen fácilmente sobre un televisor. El manejo de este tipo de equipos es sencillo para un control cómodo y

agradable de la videoconferencia. Los sistemas de sala se componen de un hardware con una cámara incorporada, un micrófono de ambiente omnidireccional y un mando a distancia para el manejo del equipo.

La videoconferencia ha tenido poca incorporación en las instituciones educativas. El principal uso al que estaba destinado era establecer reuniones de trabajo entre grupos distantes pertenecientes a una misma empresa o a varias en dependencia del tema a tratar. Su uso se ha incrementado en los últimos años ya que, además de las reuniones de trabajo, se imparten conferencias y se intercambia información sobre proyectos ya sean educativos, de salud, u otros.

Los sistemas de Videoconferencia [16] se dividen en tres elementos básicos:

- La red de comunicaciones,
- La sala de Videoconferencia y,
- El Códec de Videoconferencia.

La red de Comunicaciones:

Para realizar cualquier tipo de comunicación se necesita contar con un medio que transporte la información del transmisor al receptor y viceversa. En los sistemas de videoconferencia este medio proporciona una conexión digital bidireccional y de alta velocidad entre los dos puntos a conectar. [17]

La sala de Videoconferencia:

La sala de videoconferencia es el área que alojará el personal de videoconferencia, equipada con el equipo de control, de audio y de video, que permitirá capturar y controlar las imágenes y los sonidos que habrán de transmitirse hacia los puntos remotos. [18]

El códec de Videoconferencia:

Las señales de video y audio que se van a transmitir están en forma de señales analógicas, para transmitir las a través de una red digital hay que transformarlas mediante algún método a una señal digital, comprimirlas y multiplexarlas para su transmisión. El dispositivo encargado de realizar este trabajo es el CODEC (Codificador/Decodificador). Este dispositivo en el otro extremo de la red realiza el trabajo inverso desplegando y reproduciendo los datos provenientes desde el punto remoto. [19]

1.2- Estándares para Videoconferencia

Es importante tener en cuenta las normas internacionales aplicadas a la videoconferencia, las que nos permiten conexiones entre distintos fabricantes siempre y cuando cumplan con dichas normas.

Existen varias recomendaciones de la UIT-T que indican como implementar Videoconferencia sobre los diferentes medios de transporte (ver Fig. 1).

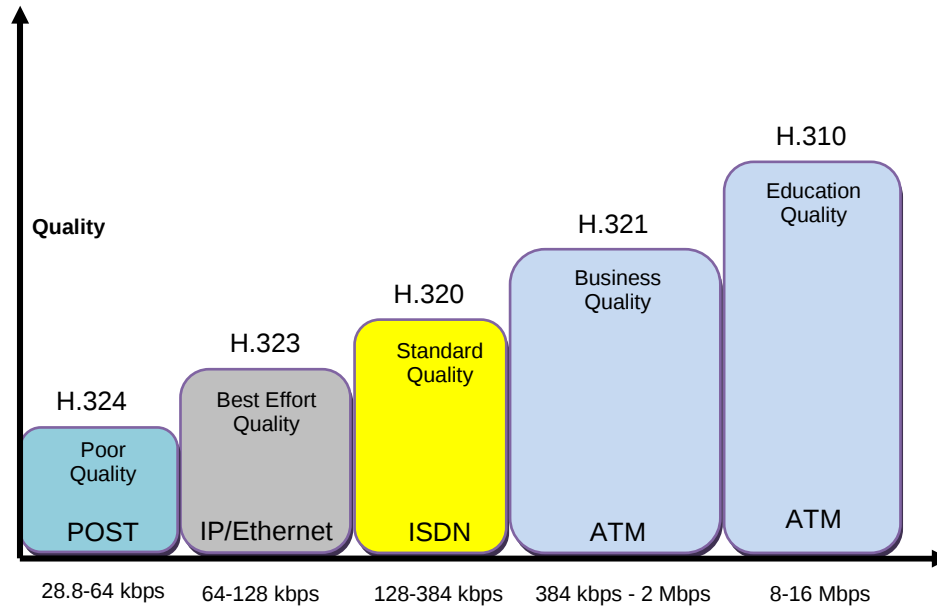


Fig. 1. Recomendaciones de la UIT-T para Videoconferencia [20]

- **Rec. H.320:** Sistemas y equipos terminales videotelefónicos de banda estrecha. [21]
- **Rec. H.321:** Adaptación de los terminales videotelefónicos H.320 a entornos de la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA). [22, 23]
- **Rec. H.323:** Sistemas de comunicación multimedios basados en paquetes. [24]
- **Rec. H.324:** Terminal para comunicación multimedios a baja velocidad binaria. [25]
- **Rec. H.310:** sistemas y terminales para comunicaciones audiovisuales de banda ancha. [26]

La recomendación con mayor éxito en el ámbito de la videoconferencia es el H.320, la cual define una metodología para transportar tráfico de videoconferencia sobre la RDSI con una calidad aceptable para comunicaciones de empresa. [27]

H.320, también llamado protocolo H.320 o estándar H.320, define un paraguas que comprenden tres grupos de protocolos, cada uno de los cuales atiende una necesidad dentro de la videoconferencia: H.261 para vídeo, G.711, G.722 y G.728 para audio y T.120 para datos.

Otra de las recomendaciones usadas es la H.323 la cual proporciona una base para las comunicaciones de audio, video y datos a través de una red IP como Internet. Los productos que cumplen con esta recomendación pueden inter-operar con los productos de otros, permitiendo de esta manera que los usuarios puedan comunicarse sin preocuparse con problemas de compatibilidad.

H.323 incluye desde dispositivos específicos hasta tecnologías embebidas en ordenadores personales, además de servir para comunicación punto-punto o conferencias multi-punto, también es usado para el control de llamadas, gestión multimedia y gestión de ancho de banda, además de los interfaces entre redes de paquetes y otras redes (ejemplo: RTC: Red Telefónica Conmutada).

Existe otro protocolo creado por la IETF [RFC 3261] [28] que permite crear, modificar y finalizar sesiones multimedia con uno o más participantes y sus

mayores ventajas recaen en su simplicidad y consistencia. Este protocolo es descrito por las siglas SIP (Session Initiation Protocol o Protocolo de Inicio de Sesiones).

1.3- Protocolo de Inicio de Sesión (SIP)

El Protocolo de Inicio de Sesión (SIP) [29] es usado para Voz sobre IP, videoconferencia, mensajería instantánea así como en aplicaciones de telefonía móvil de tercera generación. [30]

Hasta su creación, existían múltiples protocolos de señalización tales como el H.323 de la UIT-T, el SCCP¹ (Skinny Client Control Protocol) de CISCO, o el MGCP² (Media Gateway Control Protocol), pero SIP está ganando la batalla del estándar.

La compañía CISCO está progresivamente adoptando SIP como protocolo en sus sistemas de telefonía IP en detrimento de H.323 y SCCP, Microsoft ha elegido SIP como protocolo para su nuevo OCS (Office Communication Server), y los operadores (de móvil y fijo) también están implantando SIP dentro de su estrategia

¹ **Skinny Client Control Protocol** o **SCCP** es un protocolo propietario de control de terminal desarrollado originariamente por Selsius Corporation. Actualmente es propiedad de CISCO Systems, Inc. y se define como un conjunto de mensajes entre un cliente ligero y el CallManager.

² **Media Gateway Control Protocol** o **MGCP**, es un protocolo interno de VoIP cuya arquitectura se diferencia del resto de los protocolos VoIP por ser del tipo cliente – servidor. MGCP está definido informalmente en la RFC 3435, y aunque no ostenta el rango de estándar, su sucesor está aceptado y definido como una recomendación en la RFC 3015.

de convergencia, aprovechando de este modo la escalabilidad e interoperabilidad que nos proporciona el protocolo SIP. [31]

Este protocolo se apoya en otros estándares de comunicación entre computadoras, como el SDP (Session Description Protocol o Protocolo para Descripción de Sesión), el RTP (Real-Time Protocol o Protocolo de Tiempo Real), TCP, UDP (User Datagram Protocol o Protocolo de Datagrama de Usuario), entre otros. [30]

1.4- Videoconferencia IP

La implementación de sistemas de videoconferencia IP resulta más sencilla que la de los sistemas convencionales basados en IP. Sin embargo, los responsables de redes se han de asegurar de que cuentan con toda la infraestructura necesaria para soportar la comunicación.

Al igual que los sistemas de videoconferencia RDSI, la videoconferencia basada en IP ofrece voz, vídeo y datos multimedia en tiempo real, con la única diferencia de que para ello se apoya en redes IP de conmutación de paquetes. Pero para que todos los participantes en una sesión puedan comunicarse a través de una red de IP, todos los dispositivos y equipos han de ser interoperativos; es decir, han de basarse en estándares.

El protocolo H.323 fue diseñado inicialmente para establecer comunicaciones interactivas multimedia, SIP fue ideado de origen para soportar aplicaciones de VoIP. En paralelo, MGCP de IETF, y MEGACO/H.248³ [32, 33] (Media Gateway Control Protocol) de IETF y UIT, complementan tanto a H.323 como a SIP y trabajan como interfaz entre los controladores de gateways⁴ de medios “inteligentes” y los gateways de medios “tontos”.

Un punto clave para asegurar la futura expansión de la videoconferencia IP es el interfuncionamiento de todos estos protocolos, a fin de asegurar una conectividad integrada de extremo a extremo entre todos los distintos dispositivos de red y terminales.

Una red de Videoconferencia IP incluye:

- **Terminal.** Es el equipo con el que los usuarios se comunican, y puede tener funciones de audio, vídeo y datos.
- **Gateway o pasarela.** Proporciona la conectividad entre las redes telefónicas de conmutación de circuitos y las redes IP. Los gateways también pueden realizar establecimiento y finalización de llamadas en ambos lados de una conexión entre una red IP y una red telefónica convencional. Como muchos sistemas de

³ La Recomendación **H.248** pasó a ser la Rec. H.248.1 cuando fue revisada el 29-03-2002. Incluye los Anexos A hasta E y el Apéndice I de la antigua H.248. Los anexos subsiguientes han sido enumerados secuencialmente en la serie, por ejemplo el Anexo F de H.248 pasó a ser la H.248.2.

⁴ Un **gateway** (puerta de enlace) es un dispositivo, con frecuencia un ordenador, que permite interconectar redes con protocolos y arquitecturas diferentes a todos los niveles de comunicación. Su propósito es traducir la información del protocolo utilizado en una red al protocolo usado en la red de destino.

videoconferencia todavía están basados en RDSI, durante mucho tiempo aún seguirán teniendo un papel esencial en cualquier red de conferencia IP.

- **Unidad de control de multipunto** (MCU, Multipoint Control Unit). Establece la comunicación multimedia entre tres o más usuarios. También conocida como puente o bridge, una MCU puede proporcionar exclusivamente servicios de audio o cualquier combinación de audio, vídeo y datos, en función de las capacidades de cada terminal.

- **Agente de llamada o gatekeeper**. Gestiona, controla y monitoriza los recursos y el uso de la red. Para compensar el carácter poco intuitivo del sistema de direcciones IP subyacente, los gatekeeper H.323 realizan la conversión de direcciones y proporcionan servicios de servidor de directorio. En general, pueden proporcionar múltiples servicios como encaminamiento, transferencia y envío de llamadas, y toma de línea, así como soporte de DNS (Domain Name System o Sistema de Nombre de Dominio) y LDAP (Lightweight Directory Access Protocol o Protocolo Ligero de Acceso a Directorios), y facturación.

Arquitectura y gestión

Las redes IP son fundamentalmente diferentes de las redes RDSI. En primer lugar, disponen de una arquitectura flexible y distribuida que abarca la LAN, la WAN e Internet. Además, la infraestructura IP no depende de ningún proveedor de servicios en concreto ni de la localización geográfica. La escalabilidad inherente de IP permite, finalmente, incrementar el ancho de banda, añadir equipamiento y

mejorar los servicios sin tener que efectuar cambios fundamentales en la infraestructura.

Un factor crítico para el éxito de la videoconferencia IP consiste en disponer del suficiente ancho de banda para garantizar niveles satisfactorios de transmisión de voz, vídeo y datos. Otro importante factor para el éxito de la conferencia es la calidad de servicio (QoS), la calidad garantizada de los medios que están siendo suministrados. En redes de paquetes, QoS depende de un conjunto de parámetros de transmisión tales como retardo, jitter y ancho de banda asignado utilizados para seleccionar tráfico.

Las redes IP presentan sus propias características y requerimientos de gestión y administración. Así, precisan de funciones de gestión que permitan configurar los servicios y propiedades de cualquier videoconferencia. Estas funciones incluyen cuestiones como la asignación de ancho de banda, balanceo de cargas, efecto cascada, codificadores/decodificadores soportados, prioridades de transcodificación, presencia continua, conmutación de vídeo, control remoto de cámara y reserva e iniciación de sesión instantánea.

Y es de esperar que, a medida que la videoconferencia IP se integre más estrechamente con las tecnologías y aplicaciones Web, vayan apareciendo herramientas de gestión basadas en Web que ofrezcan una visión única del

sistema en su conjunto, abarcando a todos los usuarios, sitios, equipos, características y servicios.

1.5- Aportes a la Videoconferencia

Muchas organizaciones se enfrentan hoy en día a los mismos retos. La necesidad de ser más competitivos, aumentar la eficiencia y mejorar la rentabilidad, reduciendo los presupuestos de viajes y otros gastos. Por eso las empresas corporativas, los centros educativos y las instituciones científicas utilizan la videoconferencia con el fin de mejorar la comunicación interna y externa, reuniendo a personas que se encuentran en cualquier parte del mundo, para compartir ideas y tomar decisiones. A continuación mencionamos algunas empresas que están buscando soluciones a la Videoconferencia.

Polycom

Las soluciones de comunicación visual de Polycom conllevan a la toma de decisiones mucho más rápida, costes operativos reducidos, mayor productividad: la serie HDX de Polycom ofrece una plataforma ideal para aprovechar las ventajas de la telepresencia en toda la organización. Completamente interoperable con un sinfín de sistemas de videoconferencia y telepresencia actuales, la serie HDX de Polycom aprovecha el vídeo, la voz y el uso compartido de contenidos en alta definición para mejorar el trabajo en equipo a distancia con compañeros, socios y clientes. Gracias a las funciones avanzadas de QoS como Polycom Lost Packet

Recovery™ (LPR™) (Recuperación de Paquetes Perdidos) (ver Fig. 2) que garantizan interacciones de alta calidad incluso en redes de baja calidad, la serie HDX de Polycom permite a los usuarios interactuar a través de vídeo de forma natural y como si estuvieran en la misma sala.[34]

Garantice una calidad superior con la tecnología Lost Packet Recovery™ de Polycom

La tecnología Lost Packet Recovery (LPR™) protege las videollamadas IP de las distorsiones de audio y vídeo debidas a la pérdida de paquetes con el fin de ofrecer experiencias de usuario más coherentes y de mayor calidad. La pérdida de paquetes es muy común en entornos de redes públicas y remotas, sin embargo, LPR utiliza la funcionalidad FEC (Forward Error Correction) para recuperar los datos y garantizar la integridad sostenida de todos los componentes de la interacción de vídeo, incluidos el vídeo, el audio y el contenido.



Fig. 2. Tecnología Lost Packet Recovery de Polycom

Sony

Sony ha desarrollado sus nuevas exclusivas de QoS utilizando un enfoque distinto. La metodología de Sony se basa en “recuperar” el error, no cancelarlo, manteniendo así la calidad de comunicación en tiempo real. Con las características de calidad de servicio incorporadas en los nuevos terminales de videoconferencia Sony PCS, el usuario no necesita preocuparse por anchos de banda o calidad de la red; los terminales PCS automáticamente ajustan su ancho de banda, tamaño del buffer y algoritmo para mantener una alta calidad en la conferencia.[35]

Las siguientes funciones, están implementadas en los terminales; PCS-1P, PCS-11P, PCS-TL50P y PCS-G70P para ofrecer las mencionadas características:

- Real-time ARQ (Automatic Repeat re Quest o Solicitud de Reenvío automático de paquetes perdidos).
- ARC (Adaptive Rate Control o Control de flujo variable).

Además, el PCS-G70P incorpora FEC (Forward Error Correction o Corrección de errores). FEC es una función que directamente recupera los datos perdidos, procesando los paquetes de paridad adjuntados a los datos.

Vidyo

Esta compañía ha desarrollado el códec H.264-SVC (Scalable Video Codec o Codec de Video Escalable). Este códec permite realizar videoconferencias HD (High Definition o Alta definición) a través de redes no dedicadas⁵. Esta tecnología se encarga de dividir la señal de video en varios flujos RTP (Real-time Transport Protocol o Protocolo de Transporte de Tiempo real) para su transmisión, tecnología mucho más robusta que su antecesor H.264-AVC (Advanced Video Codec o Codec de Video Avanzado) que se integraba en un único flujo RTP. [36]

H.264.SVC permite realizar conferencias con multitud de participantes sin necesidad de utilizar una MCU. En su lugar se puede incorporar un dispositivo inteligente capaz de multiplexar y entregar a cada usuario participante tan sólo la cantidad de información que puede asumir, sin necesidad de codificar de nuevo la señal como lo hacen las MCUs. (ver Fig. 3 y 4) [37]

⁵ Redes donde no se asegura calidad de servicio y la capa de aplicación se encarga de protegerse frente a fallas de la red.

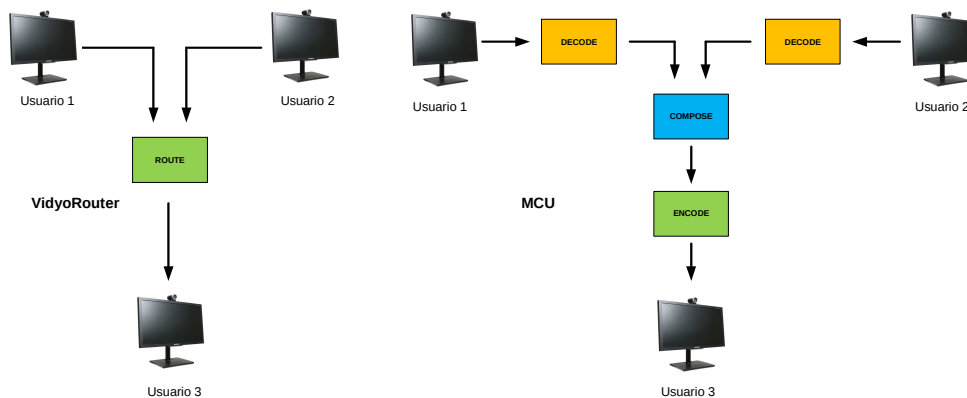
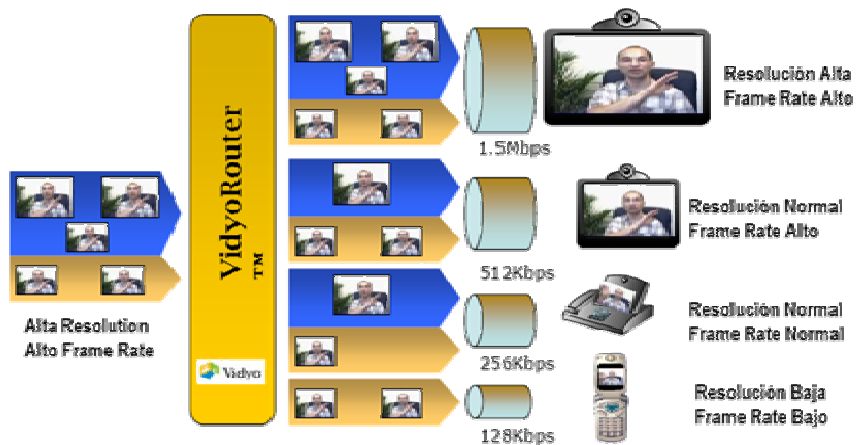


Fig. 3. VidyoRouter vs MCU [38]



Los sistemas tradicionales utilizan un bufer (limitado) en los extremos, lo que siempre introduce retardos. Con Vidyo simplemente descartamos la información que no podemos admitir.

Fig. 4. VidyoRouter [39]

Mediante la tecnología H.264.SVC obtenemos videoconferencias HD de alta calidad, sin retardos apreciables, fiables, con una eficiencia total sobre el ancho de banda. La robustez de la solución sobre entornos inestables, nos permite realizar videoconferencias sobre redes IP convergentes, como Internet.

Tandberg

TANDBERG dispone de un amplio portfolio de terminales de videoconferencia que van desde pequeños sistemas personales diseñados para situarse en el escritorio, hasta sistemas para salas pequeñas, medianas y grandes, pasando por terminales diseñados para ciertos entornos verticales.

Estos sistemas están diseñados para cubrir las expectativas y niveles de exigencia de diferentes perfiles de usuarios dentro de una empresa. Sus principales características son: soporte para H.264, soporte para resoluciones desde CIF (Common Intermediate Format o Formato Intermedio Común) [40] hasta HD 720p, presentaciones en resolución nativa del PC, calidad de audio de CD, encriptación AES (Advanced Encryption Estandar o Encriptación Avanzada Estándar) [41, 42], soporte para H.323/SIP y RDSI dependiendo del modelo, facilidades de uso y menús interactivos. [43]

Huawei

Huawei Technologies, realizo el lanzamiento de su solución Subsistema Multimedia IP basado en Alta Definición para videoconferencias, permitiendo a usuarios empresariales participar en reuniones virtuales a través de una selección más amplia de métodos de acceso utilizando la red existente de un operador.

La nueva solución es capaz de soportar casi cualquier dispositivo de conferencia, como aquellos HD y SD (Standar Definition o Definición Estándar), en teléfonos

fijos y móviles, computadoras de escritorio y facilidades de tele-presencia, ofreciendo un mayor número de funciones para los usuarios dentro de las empresas incluyendo diversos métodos de acceso y capacidades de apertura de comunicación. Más allá de las tradicionales conexiones por medio de voz y video, permitirá a las empresas obtener el máximo provecho de los servicios adicionales, tales como compartir desktops, video de alta definición, y la realidad virtual. Esta solución también ofrece aplicaciones como llamadas de video a los usuarios finales mediante la integración de servicios de TV IP y de Tecnologías de Comunicación e Información.

Esta avanzada solución, que cuenta con la mayor capacidad y confiabilidad a nivel de operadores de la industria, puede ser desplegada mediante la red existente de un operador, permitiéndole proteger notablemente la inversión y la rápida expansión de sus negocios en el mercado de las Pymes (pequeñas y medianas empresas), coincidiendo con la creciente demanda de los diferentes servicios de conferencias.

1.6- Sistema de Videoconferencia en ETECSA

El sistema de videoconferencia en la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A (ETECSA) se implementa en el año 2000 con el acondicionamiento de 18 sitios donde se instala una sala con todos los requerimientos necesarios para la recepción y producción de actividades utilizando esta tecnología. [44]

A partir del año 2008 la videoconferencia se comienza a emplear con fines educativos su utilización responde principalmente a la necesidad de capacitar a los trabajadores en las nuevas tecnologías relacionadas con las Telecomunicaciones, permitiendo que técnicos y especialistas puedan interactuar en forma presencial desde sitios distantes de la sede central de la empresa y lográndose con ello que la información que se transmite sea uniforme para todos los participantes.

Hay que señalar que esta tecnología reduce costos de desplazamientos de personal, hospedaje y dietas, mejora el nivel de productividad de una organización, facilitando la comunicación corporativa, permite organizar más rápidamente las reuniones haciendo que participen mayor cantidad de personas de la organización.

1.7- Servicio de Videoconferencia en la DTVC (División Territorial de Villa Clara)

En el Telepunto de Santa Clara está ubicada una de las salas de Videoconferencia de ETECSA, equipada con un TV LG de 29 Pulgadas y un equipo de Videoconferencia Viewstation PVS 1419 de POLYCOM (ver Fig. 5). El equipamiento instalado responde a la Videoconferencia RDSI. La RDSI es un servicio completamente digital ofrecido por compañías telefónicas para soportar aplicaciones de voz y datos. [45]

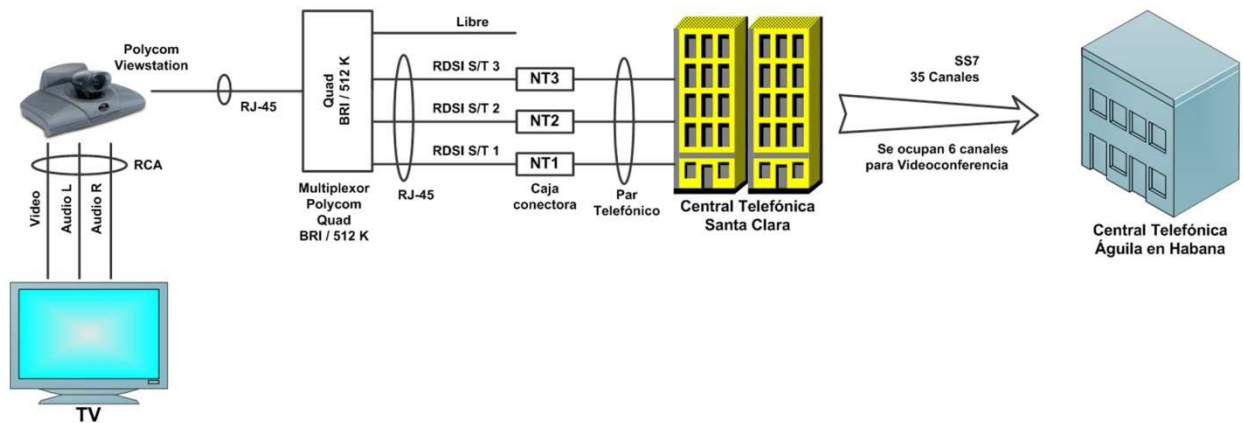


Fig. 5. Conexión del servicio de Videoconferencia

Para la transferencia de información y señalización en la RDSI se han definido los siguientes tipos de canales digitales:

Canal B:

Cada Canal B provee 64 Kbps. de ancho de banda disponible para transportar voz, video o datos.

Canal D:

Un canal D está previsto principalmente para transmitir información de señalización para conmutación de circuitos por la RDSI.

Los canales B llevan el tráfico de datos y los canales D el control de los flujos de datos de los canales B. Estos canales de acceso a la RDSI no se proporcionan de forma aislada, sino que se ofrecen agrupados en configuraciones normalizadas. Estas configuraciones están definidas en la UIT-T [46] como: Interfaz Básica (BRI: Basic Rate Interface) e Interfaz Primaria (PRI: Primary Rate Interface).

Estructura de Interfaz Básica

Cada BRI provee dos canales B (128 kbps) y un canal D (16 kbps) [47] (ver Fig. 6). Esta combinación de canales 2B+D provee un ancho de banda total de 144 kbps, de ello solamente el ancho de banda de los canales B es usado para el transporte de voz, video y datos.

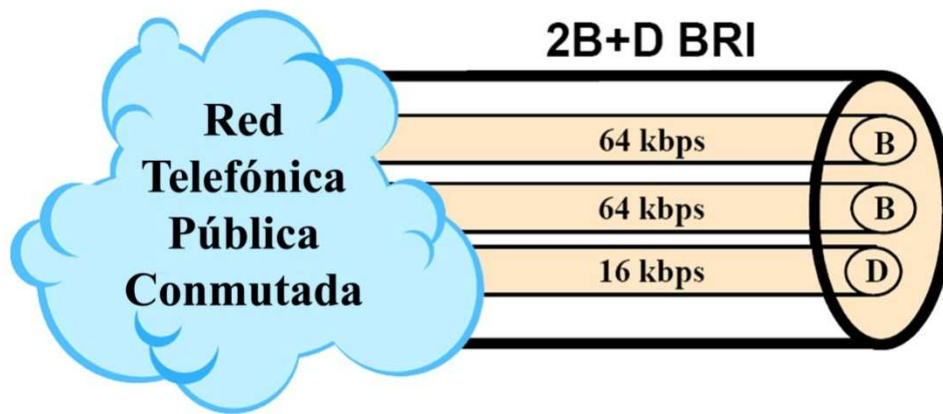


Fig. 6. Interfaz Básica 2B+D

A pesar de los 128 kbps que provee una simple línea BRI, aún no es considerado como suficiente ancho de banda para uso de la Videoconferencia. Por esta razón, varias líneas BRI deben ser usadas simultáneamente para proveer mayor ancho de banda.

Por tales motivos para que se realice una Videoconferencia, con fines de negocios, con una calidad de video aceptable se necesitan el uso de tres líneas BRI simultáneamente, obteniéndose de esta manera un ancho de banda de 384 kbps.

Estructuras de Interfaz Primaria

Las estructuras PRI se componen de canales B (64 kbps) y un canal D [48]. Este canal D tiene una velocidad binaria de 64 kbps. Para la velocidad primaria de 1544 kbps, la estructura de interfaz es 23B+D y para una velocidad primaria 2048 kbps, la estructura de interfaz es 30B+D (ver Fig. 7).

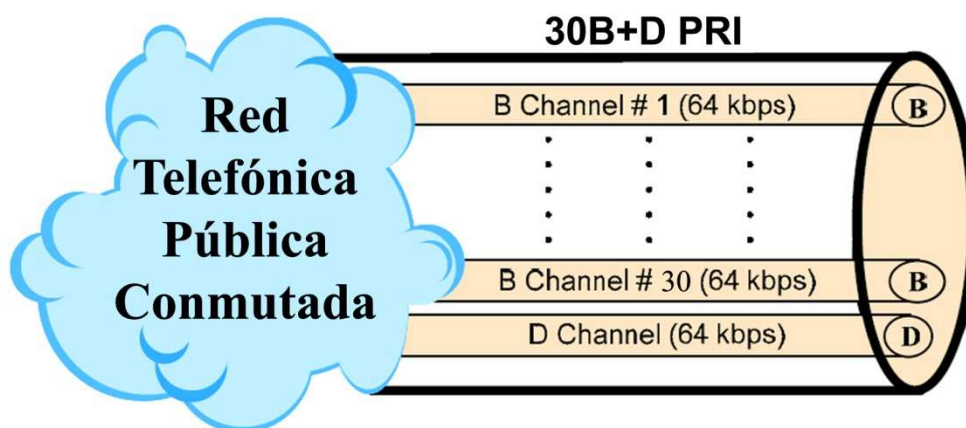


Fig. 7. Interfaz Primaria 30B+D

1.8- Características técnicas del equipo de Videoconferencia.

Este equipo de Videoconferencia permite realizar videoconferencias punto a punto y multipunto en IP (H.323) y en RDSI (H.320). [49]

El equipo cuenta con una cámara de video integrada que se maneja a control remoto e incluye un subwoofer y un micrófono omnidireccional de sobremesa. Además se tiene el Visual Concert VSX, el cual nos permite compartir el contenido

de un PC por medio de la videoconferencia. Los protocolos y estándares de video, audio y red que maneja el equipo son:

Video:

H.261

H.263

H.264

Audio:

Polycom StereoSurround

14 kHz bandwidth with Polycom Siren 14, G.722.1 Annex C

7 kHz bandwidth with G.722, G.722.1

3.4 kHz bandwidth with G.711, G.728, G.729A

Automatic Gain Control

Automatic Noise Suppression

Instant Adaptation Echo Cancellation

Audio Error Concealment

Red:

H.320 (ISDN Quad BRI up to 2 Mbps)

H.323 (IP up to 2 Mbps)

iPriority for QoS

Los anchos de banda disponibles para videoconferencias son:

Videoconferencia por RDSI (H.320) son 128, 256 y 384 Kbps.

Videoconferencia por IP (H.323) son 128, 256, 384, 512, 640, 768 Kbps.

Los enlaces con sistemas de Videoconferencias de otras Instituciones deben cumplir con los estándares UIT-T H.320 o H.323.

Capítulo **2** **Requerimientos para la simulación del servicio de Videoconferencia**

2.1- Introducción

Las simulaciones de sistemas utilizando equipos informáticos son en la actualidad de gran aplicación en el ámbito de la ingeniería. En ellas se puede observar la evolución del sistema, sus características y propiedades. El objetivo de todo simulador es crear un modelo lo más fiable posible a la realidad, para poder analizar los resultados obtenidos mediante la simulación.

Es por ello que para la realización de este trabajo hemos dispuesto de un simulador de red que ofrece herramientas potentes con el objetivo de diseñar proyectos, simular datos y analizar redes.

Opnet Modeler es un simulador que proporciona a las Universidades e ingenieros la forma más efectiva de mostrar los diferentes tipos de redes y protocolos. Gran variedad de redes, flujo de mensajes de datos, paquetes perdidos, mensajes de flujo de control, caídas de los enlaces, son algunas de las opciones que brinda este simulador.

2.2- ¿Qué es OPNET?

OPNET modeler (OPTimized Network Engineering Tools) es una herramienta de gran alcance que permite simular sistemas de comunicaciones y así evaluar las prestaciones de una red bajo diversas condiciones de simulación. [50]

Este programa fue desarrollado en el año 1984 en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT: Massachusetts Institute of Technology) [51] por investigadores y científicos del Laboratorio de Información y Decisión de Sistemas (LIDS: Laboratory for Information and Decision Systems). Es un programa comercial, siendo la segunda plataforma de simulación más usada en telecomunicaciones después de NS-2⁶ (The Network Simulator).

2.3- Modelo de simulación

La videoconferencia dispone de una elevada demanda de los recursos de la red. Al implementar un servicio en la red los arquitectos, administradores, diseñadores, planificadores e ingenieros de red se enfrentan a un sin número de preguntas. ¿Cuáles son los requisitos de QoS para la Videoconferencia?, ¿Cómo será el impacto al introducir la carga del servicio de videoconferencia en la red teniendo en cuenta que existen servicios y aplicaciones corriendo actualmente?, ¿Puede soportar la red los servicios de videoconferencia y satisfacer los requerimientos de QoS? Si es así, ¿Cuántas sesiones de

⁶ Es un simulador de redes de eventos discretos. Utilizado principalmente en ambientes académicos debido a que está escrito en código abierto y a la abundancia de documentación en línea.

videoconferencia puede soportar la red antes de realizar cualquier cambio o actualización de la misma?

La figura 8 muestra la red del Telepunto de Santa Clara, la cual consta de unas 48 PC distribuidas en 3 switches capa 2 conectados en cascada.

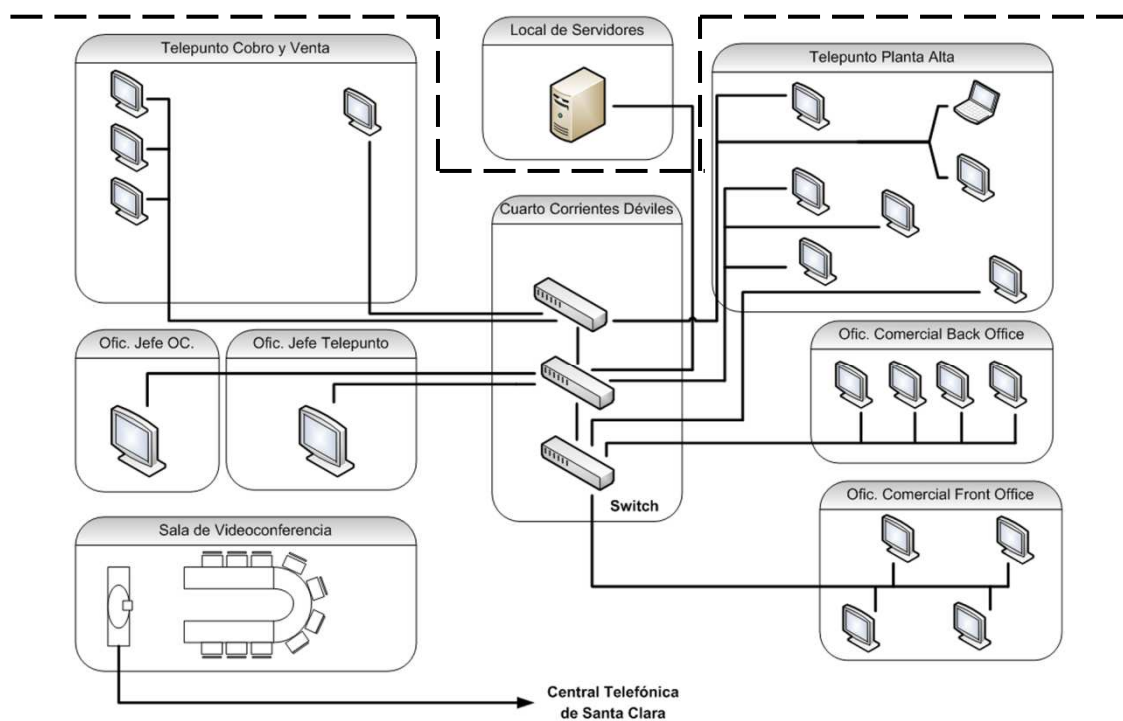


Fig. 8. Red perteneciente al Telepunto de Santa Clara

El modelo de simulación para la red existente se muestra en la figura 9. Este modelo de simulación es una réplica de la red real. Hay que destacar que en el modelo se han incluido las demás redes pertenecientes a la DTVC pero no se tendrá en cuenta su tráfico en la realización de este trabajo.

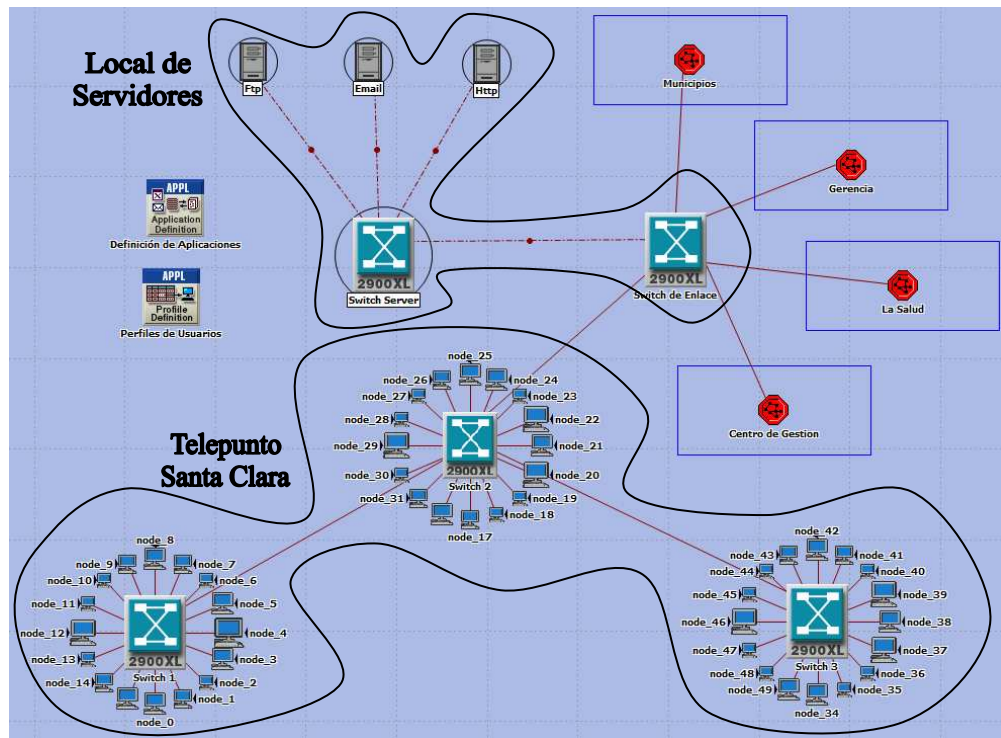
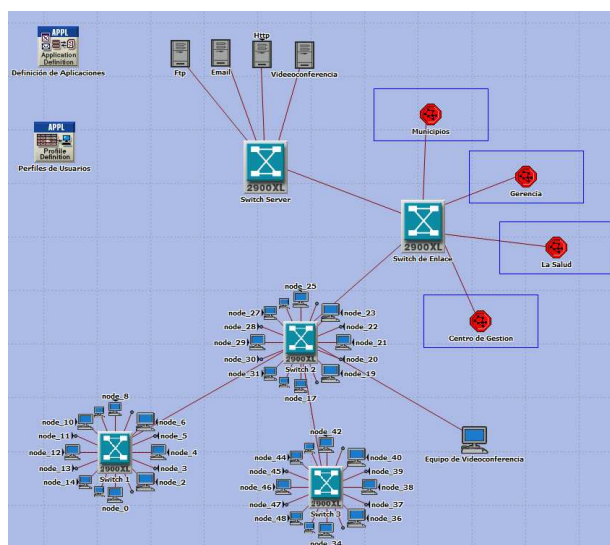


Fig. 9. Modelo de la red a simular en OPNET. Escenario 1

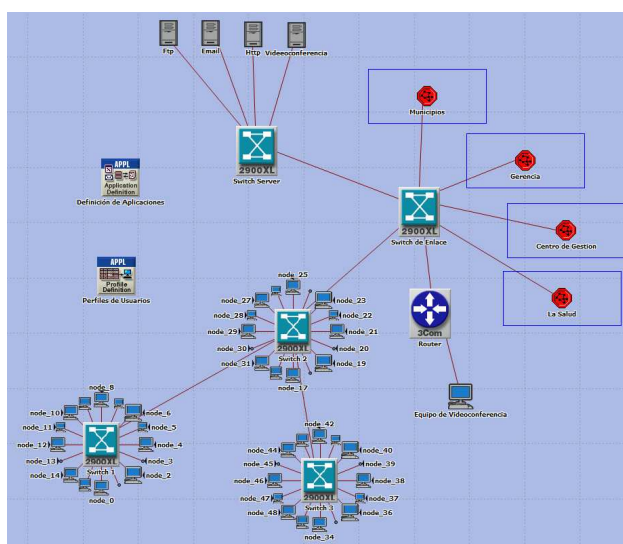
En este escenario se va a determinar si la red está preparada para soportar nuevas cargas, transferencias de datos u otras aplicaciones, como por ejemplo la videoconferencia. Para esto se analizarán los resultados de varios parámetros que brinda el simulador OPNET, los cuales son, el retardo (delay), la demora extremo a extremo (Latencia), el arribo entre paquetes (Jitter), la razón de transferencia (throughput) y la utilización (utilization).

2.4- Los escenarios

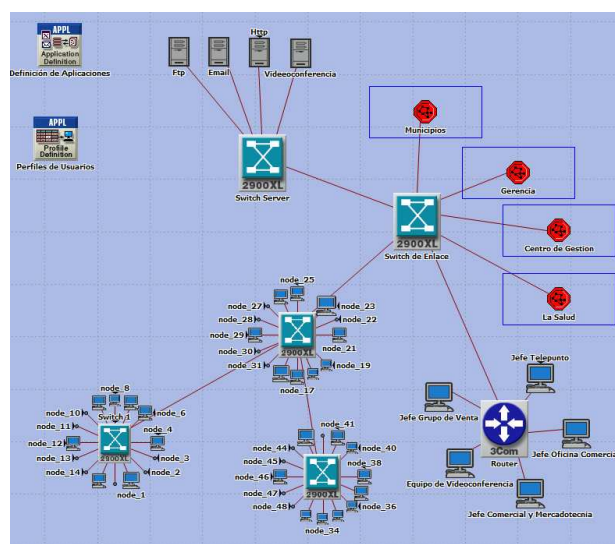
Partiendo del Escenario 1 otros tres escenarios fueron creados para la implementación del servicio de videoconferencia en la red del Telepunto de Santa Clara (ver Fig. 10).



a)



b)



c)

Fig. 10. Modelos de red a simular, a) Escenario 2, b) Escenario 3 y c) Escenario 4.

Breve descripción de los distintos Escenarios.

Escenario 2: Conexión del servicio de Videoconferencia a uno de los switches.

Escenario 3: Conexión del servicio de Videoconferencia a través de un ruteador (router).

Escenario 4: Aumento de la cantidad de usuarios en el servicio de Videoconferencia.

2.5- Factores que afectan la calidad del servicio de Videoconferencia

Como se había mencionado en la introducción de este trabajo la calidad en el servicio de Videoconferencia se puede ver afectada por los factores que sobre ella influyan.

Existen, por tanto, varios problemas o retos a vencer para el uso de la videoconferencia en redes locales e Internet. Los factores a los cuales hacemos referencia son:

- El ancho de banda,
- La pérdida de paquetes,
- El Jitter y,
- La latencia.

El ancho de banda

El ancho de banda es crítico en la videoconferencia. Se necesita de suficiente capacidad de emisión y recepción de tal forma que los paquetes lleguen a su destino sin problemas. En la Videoconferencia RDSI el ancho de banda necesario puede oscilar entre 128 y 384 Kbps, por lo que un aumento del ancho de banda traería consigo una mejoría en la calidad de Video. Por otra parte la videoconferencia IP puede usar eso, más al menos un 20% extra correspondiente a los datos de control de la sesión.

Las videoconferencias de alta calidad, pueden consumir hasta 2 o 3 Mbps, mientras que videoconferencias con usos especializados y calidad de televisión de alta definición

requieren de 10 a 20 Mbps de ancho de banda por sitio. Sin embargo, una gran ventaja de la videoconferencia IP es que usa de forma dinámica el ancho de banda.

La pérdida de paquetes

La pérdida de paquetes depende de la capacidad de la red, la carga real de tráfico, y de factores que están más allá del control del usuario final. Por ello la solución más eficiente para prevenir las pérdidas es asegurar un suficiente ancho de banda. [52]

Los efectos que provocan la pérdida de paquetes son: sesiones de videoconferencia con video entrecortado, chasquidos de audio, video estático e, inclusive, la pérdida de la comunicación.

El Jitter

El jitter es la variación aleatoria de la latencia, cuyo origen puede estar en el mismo equipo terminal (aplicaciones en una PC que compiten por el uso de la red), en el tráfico que temporalmente reduce las capacidades de la red a lo largo de toda la ruta, o con cambios en el camino que siguen los paquetes (saltando de un ruteador a otro). Estos cambios aleatorios son los que provocan que los paquetes lleguen en un orden distinto al que fueron emitidos. Para compensar dicha situación, los sistemas de videoconferencia emplean memorias temporales que permiten presentar al usuario el audio y video cuando se posee un grupo de paquetes en orden. En consecuencia, el jitter incrementa la latencia y sus efectos.

La latencia

La latencia es el tiempo transcurrido entre un evento y el instante en el que el sitio remoto lo escucha u observa, y puede ser inducida por el proceso de codificación y decodificación de los equipos de videoconferencia, los sistemas intermedios en la red y la distancia que deben recorrer los paquetes para arribar al destino. Es poco lo que se puede hacer para resolver un asunto de latencia, a menos que se trabaje de cerca con los proveedores de acceso a la red o se forme parte de una red de alto desempeño. Mientras que un enlace intercontinental de fibra óptica puede tener una latencia de 90 o 100 milisegundos (ms); otro donde se empleen transmisiones satelitales, alcanza los 200 ms.

El efecto de una latencia muy alta es lo que se conoce como la comunicación “cambio y fuera” o de “walkie-talkie”. Dado que los paquetes de datos tardan en llegar, las personas que participan en una sesión interactiva no tienen noción exacta de cuándo el sitio remoto dejó de hablar, y la persona que acaba de dar su mensaje percibe que no le responden lo rápido que debería ser y, en ocasiones, asume que el enlace se ha caído. Para latencias de 50 ms el efecto es casi imperceptible, pero arriba de 150 ms ya los usuarios lo detectan, o al menos hay que hacerlo de su conocimiento. Adicionalmente, puede presentarse la falta de sincronía entre el movimiento de los labios del ponente y la voz. Algunos equipos terminales tratan de compensar esto con bancos de memoria que almacenan los datos que arriban primero, para sincronizarlos con los de latencia más alta.

2.6- Requerimientos

Para la implementación del servicio de videoconferencia debemos tener en cuenta los siguientes requerimientos.

Los switch ubicados en el cuarto de corrientes débiles (ver Tabla 1), responden a las siguientes descripciones:

Tabla 1. Relación de switch

Switch	Descripción
Allied Telesyn AT-8024	10 Base-T/100 Base TX Fast Ethernet Switch
Allied Telesyn AT-8000S	Fast Ethernet Switch
Allied Telesyn AT-FS716L	10/100 Mbps Fast Ethernet Switch

Estos switch no aparecen en las librerías del simulador OPNET pero en su lugar podemos usar un equivalente como el Cisco Catalyst 2924-XL. En la Tabla 2, se muestra una comparación entre el Allied Telesyn AT-8024 y el Cisco Catalyst 2924-XL. [53, 54]

El enlace entre la red del Telepunto y el local de los servidores se realiza mediante dos switch nombrados: Switch de Enlace y Switch Server, estos switch tampoco aparecen en las librerías del simulador OPNET, por lo que al igual que los anteriores serán sustituidos por el Cisco Catalyst 2924-XL, ya que es equivalente a los que actualmente se usan.

El Switch de Enlace conecta las demás redes pertenecientes a la DTVC, así como a los municipios, logrando que exista conexión entre todas las redes, por lo que se podrían establecer videoconferencias entre ordenadores desde cualquier parte de la red.

Tabla 2. Comparación entre switch

Características	Allied Telesyn AT-8024	Cisco catalyst 2924-XL
Cantidad de Puertos	24 x Ethernet 10 Base-T, Ethernet 1000Base-TX	24 x Ethernet 10 Base-T, terminal, Ethernet 100 Base-TX
Velocidad de transferencia de datos	100 Mbps	100 Mbps
Protocolo de interconexión de datos	Ethernet, Fast Ethernet	Ethernet, Fast Ethernet
Protocolo de gestión remota	SNMP 1, SNMP 2, Telnet	SNMP, RMON
Tecnología de conectividad	Cableado	Cableado
Modo Comunicación	Semidúplex, dúplex pleno	Semidúplex, dúplex pleno
Protocolo de conmutación	Ethernet	Ethernet
Tamaño de tabla de dirección MAC	4 k de entradas	2 k de entradas
Indicadores de estado	Actividad de enlace, estado de colisión, velocidad de transmisión del puerto	Estado puerto, actividad de enlace, estado de colisión, alimentación
Características	Control de flujo, capacidad dúplex, soporte de DHCP, negociación automática, soporte VLAN, snooping IGMP, copia de puertos, apilable	Motorización en red, capacidad dúplex, activable
Cumplimiento de normas	IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.1D, IEEE 802.1p, IEEE 802.3x, IEEE 802.1w, IEEE 802.1x	IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.1D, IEEE 802.3x

El Switch Server enlaza al Switch de Enlace con los servidores que brindan los servicios de Ftp, Http, Email, etc.

Para simular el comportamiento de la red, antes y después de introducir el servicio de videoconferencia, se han utilizado las aplicaciones de Ftp, Email y Http las cuales se han configurado en las estaciones de trabajo y en los servidores correspondientes a cada aplicación (ver Tabla 3).

Tabla 3. Valores seleccionados para cada aplicación

Aplicación	Valor
Ftp	High Load
Email	High Load
Http	Searching
Videoconferencia	High Resolution Video

Ancho de Banda

Una sesión de videoconferencia se compone de dos corrientes independientes bidireccionales: voz y video. El ancho de banda necesario para una llamada de voz en cualquier dirección dependerá de la “sobrecarga” (“overhead”) que generen los paquetes.

Para muestras de 20 ms de voz por paquete y 160 bytes de voz por trama el ancho de banda requerido en una sola dirección de 90.4 Kbps. (ver Tabla 4)

Tabla 4. Anchos de banda unidireccionales utilizando redes IP sobre Ethernet [55]

Tipo de Codec	Duración de Trama (ms)	Bytes de Voz/Trama	Bytes de paquetes IP	Bytes de trama Ethernet	Ancho de Banda en LAN (Kbps)
G.711 (64 Kbps)	10	80	120	146	116.8
	20	160	200	226	90.4
	30	240	280	306	81.6
G.729 (8 Kbps)	10	10	50	76	60.8
	20	20	60	86	34.4
	30	30	70	96	25.6
G.723.1 (6.3 Kbps)	30	24	64	90	23.9
G.723.1 (5.3 Kbps)	30	20	60	86	22.9

Cada paquete es enviado en una trama Ethernet. Con cada paquete de 160 bytes de tamaño, los encabezados de los protocolos UDP, RTP, IP y Ethernet son adicionados con los tamaños 8, 12, 20 y 26 bytes respectivamente. (ver Fig. 11)

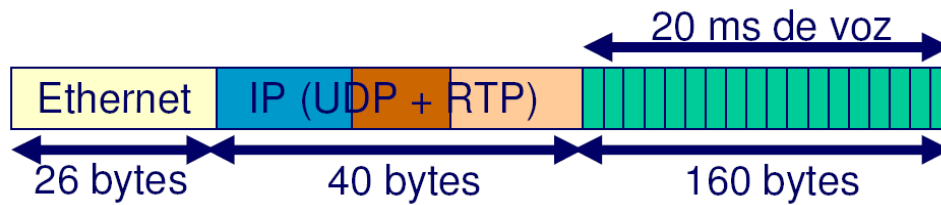


Fig. 11. Paquete de Voz a enviar en una trama Ethernet

Un total de 226 bytes, o 1808 bits, deben ser transmitido cada 20 ms en una dirección requiriendo un ancho de banda de 90.4 Kbps. Para ambas direcciones el ancho de banda necesario para una sola llamada será de 180,8 Kbps.

Por lo tanto, el ancho de banda de la voz paquetizada depende de la duración de trama y el códec utilizado.

A diferencia del tamaño de los paquetes fijos de tráfico de voz, el tamaño de los paquetes para el tráfico de video es variable. Esta variabilidad depende del contenido de video que se está codificando.

En Ethernet, un fotograma⁷ de video es empaquetado en una trama Ethernet con tamaños que varían desde 65 a 1518 bytes. [20]

En la Fig.12 se muestra un histograma y la CDF (Cumulative Distribution Function o Función de Distribución Acumulada) correspondiente a los paquetes de video.

⁷ Cada una de las imágenes que componen una película cinematográfica: en una película se suceden veinticuatro fotogramas por segundo.

El punto de interés en el histograma mostrado en esta figura es la proporción, entre los tamaños de los paquetes de video, grandes (> 512 bytes) y pequeños (< 512 bytes), por lo que el 65% de los paquetes tienen un tamaño por encima de los 512 bytes.

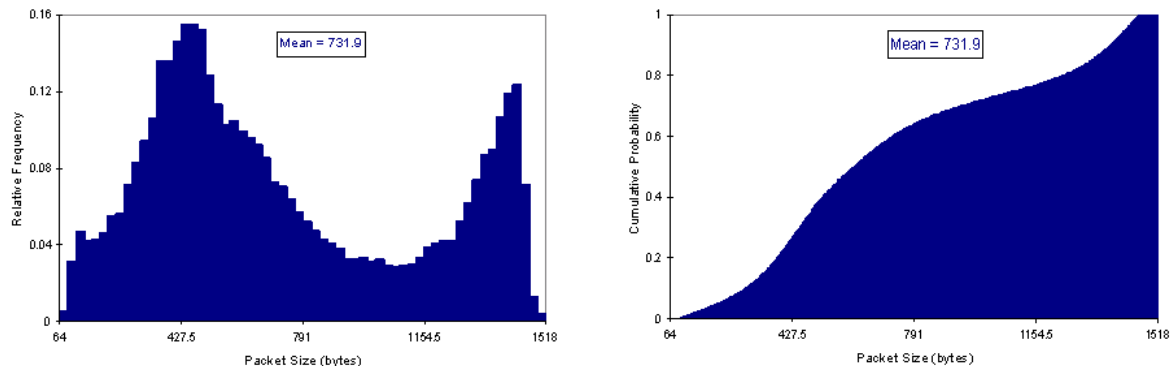


Fig. 12. Histograma y su correspondiente CDF.

Por tanto, el ancho de banda requerido en una red IP dependerá del tipo de codificación utilizada (MPEG-1, 2, 4, H264, etc.), de la resolución, (tamaño de los cuadros SD (Standard Definition o Definición Estándar), CIF (Common Intermediate Format o Formato Intermedio Común), QCIF (Quarter CIF), etc), del tipo de cuantización seleccionado y del movimiento y textura de la imagen. Al ancho de banda propio de la señal de video se le debe sumar la sobrecarga de los paquetes IP, UDP y RTP y para la LAN, de las tramas Ethernet, todo lo que puede estimarse en aproximadamente un 25% adicional. A diferencia de la codificación de audio, donde los anchos de banda pueden calcularse en forma exacta en base únicamente al codec utilizado, la codificación de video es estadística, y depende de la imagen transmitida, por lo que los cálculos son también aproximados y estadísticos. [55]

Rendimiento de la Red (Throughput)

El throughput que obtenemos en una red depende del tamaño de los paquetes que se generan. Para el tráfico de paquetes de Voz no se requiere demasiado throughput pero sí niveles bajos de *jitter* para que la voz sea correctamente reproducible en el destino, mientras que para los paquetes de video se necesita que el throughput sea mínimo, con una tasa mínima de pérdida de paquetes para no recibir video con errores.

La pérdida de paquetes en las redes IP afecta a la calidad percibida de video. La pérdida de un paquete puede propagarse, afectando no solo a la información de video contenida en dicho paquete, sino también a otras partes de diferentes cuadros. Típicamente, y dado que la codificación se realiza en forma diferencial, la pérdida de un paquete afectará a todos los bloques siguientes en la misma fila ("slice"). Si el paquete perdido corresponde además a un cuadro de referencia (I), también se verán afectados los cuadros predictivos, posteriores o anteriores, propagándose el error en el tiempo.

Jitter

El receptor debe recibir los paquetes a decodificar a intervalos constantes, para poder regenerar de forma adecuada la señal original. Dado que el jitter es inevitable en las redes de paquetes, los receptores disponen de un buffer de entrada, con el objetivo de "suavizar" el efecto de la variación de las demoras. Este buffer recibe los paquetes a intervalos variables, y los entrega a intervalos constantes.

Latencia

Para lograr una sesión de videoconferencia interactiva, el retraso de extremo a extremo de los paquetes de voz y video debe reducirse al mínimo.

Según la recomendación de la UIT-T Recomendación G.114. *Aunque son pocas las aplicaciones que pueden ser ligeramente afectadas por retardos de extremo a extremo (es decir "de boca a oído" en el caso de la voz) inferiores a 150 ms, si los retardos se pueden mantener por debajo de esta cifra, la mayoría de las aplicaciones, tanto de voz como no de voz, experimentarán una interactividad fundamentalmente transparente [56].*

La UIT-T ha creado un "modelo" en la Rec. G.107, llamado "E-model" (modelo-E) [57] , para estimar o predecir la calidad de la voz en redes IP (VoIP) percibida por un usuario típico, en base a parámetros medibles de la red. El resultado del E-model es un factor escalar, llamado "R" ("Transmission Rating Factor o Factor de Clasificación de la Transmisión"), que puede tomar valores entre 0 y 100.

En la siguiente figura se puede apreciar los índices de transmisión, R, en función del retardo (ver Fig. 13). También se muestran las categorías de la calidad vocal de la Rec. UIT-T G.109 [58], que transforma los valores de R en valores de aceptación de usuario.

Note como hasta 150 ms el valor de R es mayor que 90 y estable, encontrándose en la zona de los usuarios "Muy satisfechos". A partir de los 150 ms el valor de R comienza a

disminuir estando aún por encima de 90 hasta llegar a 200 ms. Luego con el aumento del retardo el valor R continua disminuyendo y con él la satisfacción de los usuarios.

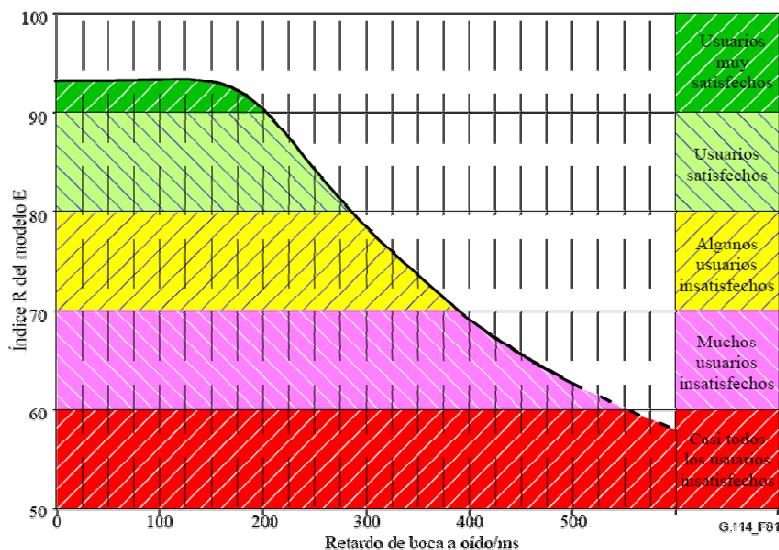


Fig. 13. Rec. G.114 Determinación por el modelo E de los efectos del retardo absoluto

Para valores que superen los 500 ms, el gráfico muestra una línea de puntos para indicar que estos resultados no están totalmente comprobados, sino que son la mejor estimación de los valores esperados y que, por lo tanto, proporcionan una orientación útil.

De lo anteriormente planteado podemos decir que el servicio de videoconferencia IP es sensible al tiempo, los factores que más afectan son el Jitter y delay mientras las perdidas y los errores no sobrepasan ciertos umbrales (limites) [59]. En la siguiente tabla se muestran los parámetros que se deben respetar para que el servicio de videoconferencia se pueda ver y escuchar a través de la red (ver Tabla 5).

Tabla 5. Parámetros de calidad en H.323

Calidad	Perdida	Latencia	Jitter	Disponibilidad
Excelente	<1%	0-150 ms	0-20 ms	99.999%
Aceptable	<5%	100-350 ms	<50 ms	99.99%
Pobre	>5%	>400 ms	>50 ms	99.9%

3

Resultados de la simulación.

Capítulo

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la simulación de las condiciones en que ocurre una Videoconferencia utilizando el programa Opnet modeler. En lo adelante se analizan los distintos factores que intervienen en la implementación del servicio de Videoconferencia, estos factores son: la demora promedio de la red (delay), la demora extremo a extremo (latencia), el tiempo de arribo entre paquetes (Jitter), el ancho de banda y el rendimiento de la Red (throughput)

3.1- Demora promedio de la Red (delay).

Primeramente analizaremos el delay para determinar cuál es la demora promedio en la red del Telepunto de Santa Clara (ver Fig. 14). Observe que el delay comienza a aumentar en los primeros minutos y luego tiende a estabilizarse con el tiempo.

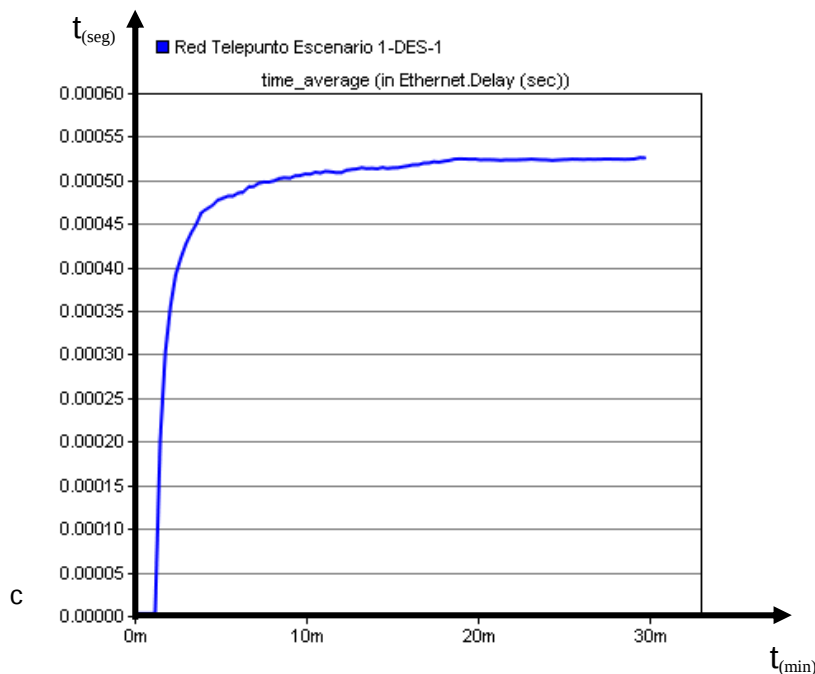


Fig. 14. Demora promedio de la red Escenario 1

La demora promedio de la red, oscila alrededor de los 0.52 milisegundos (ms) (ver Tabla 6), por tanto la red está preparada para soportar el servicio de videoconferencia ya que el delay está en el rango de los parámetros que permiten la utilización de la Videoconferencia en una red.

Para la implementación del servicio de Videoconferencia, Escenario 2, adicionaremos otro servidor y usaremos una PC en sustitución del equipo de Videoconferencia (ver Fig. 10)

Comparando los resultados de los escenarios 1 y 2 (ver Fig. 15), se puede apreciar la variación que experimenta el delay al integrar el servicio de videoconferencia a la red del Telepunto.

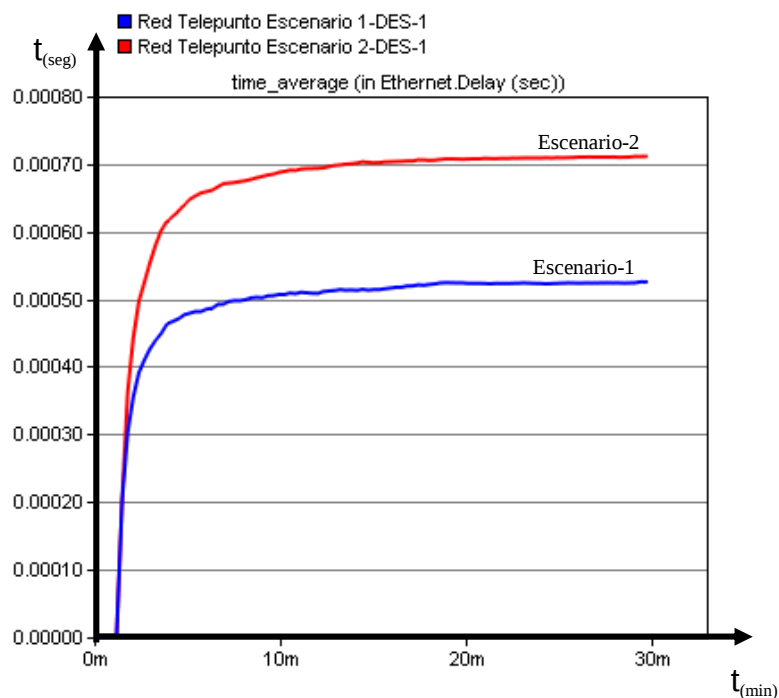


Fig. 15. Comparación entre los Escenarios 1 y 2

Como era de esperar, al integrar el servicio de videoconferencia a la red el delay aumenta unos 0.18 ms aproximadamente (ver Tabla 6). Aun así se siguen cumpliendo los parámetros que permiten videoconferencia IP en una red.

Tabla 6. Estadísticas globales del delay para los Escenarios 1 y 2

Ethernet Delay	Average (ms)	Máximo (ms)	Mínimo (ms)
Escenario 1	0.53	0.65	0.00
Escenario 2	0.71	0.79	0.00

Si comenzáramos a incrementar el servicio de videoconferencia en las estaciones de trabajo el delay seguiría aumentando. Por lo que, si futuramente se quisiera implementar videoconferencia en las estaciones de trabajo sería un caos para la red ya que el delay alcanzaría valores extremadamente altos (ver Fig. 16).

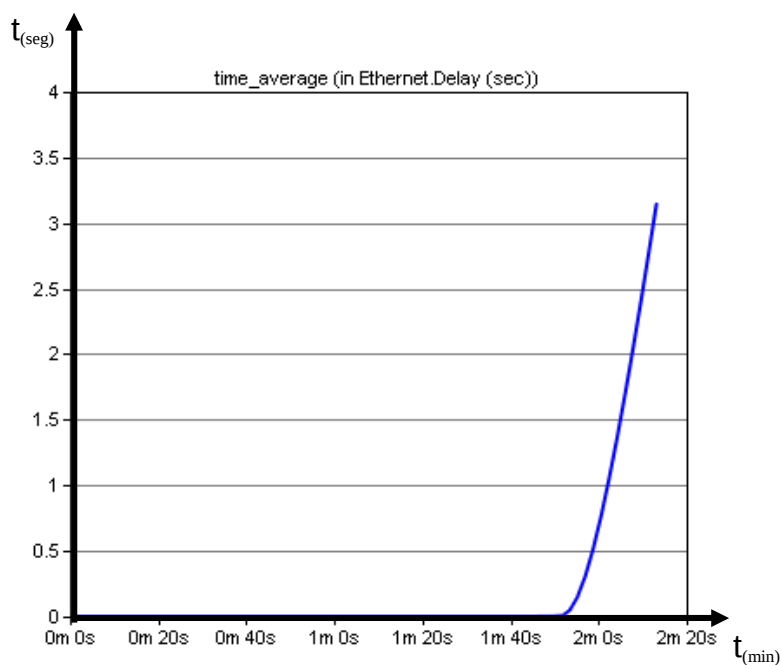


Fig. 16. Gráfica del delay implementando videoconferencia en las estaciones de trabajo

La gráfica muestra que al minuto y 52 segundos comienza a incrementarse el delay, ya a los 2 minutos y 4 segundos alcanza los 1000 ms y a los 2 min y 15 segundos aproximadamente el tiempo de demora es superior a los 3100 ms tiempo que sobrepasa el rango indicado para una calidad de video aceptable, haciéndose cada vez peor con el tiempo.

Por tanto, si se quiere implementar el servicio de videoconferencia en las estaciones de trabajo sería conveniente buscar una alternativa donde el delay no aumente de forma acelerada.

Para poder solucionar este inconveniente fue necesario introducir un router y conectar el servicio de videoconferencia en él (ver Fig. 10), Escenario 3, Al incorporar el router se observa una disminución del delay de unos 0.15 ms (ver Tabla 7) aproximadamente con respecto al Escenario 2 (ver Fig. 17), llegando a estar próximo al de la red, Escenario 1, sin servicio de videoconferencia.

De esta manera se puede implementar el servicio de videoconferencia en una gran parte de las estaciones de trabajo. Veamos el caso para algunas de ellas, las cuales podrían estar asociadas a los directivos que se encuentran en el Telepunto.

Cambiamos de los switch cuatro estaciones de trabajo y las conectaremos al router, estas se les puede identificar como: Jefe de Telepunto, Jefe de Oficina Comercial, Jefe de Grupo de Venta y Jefe Comercial y Mercadotecnia (ver Fig. 10), Escenario 4.

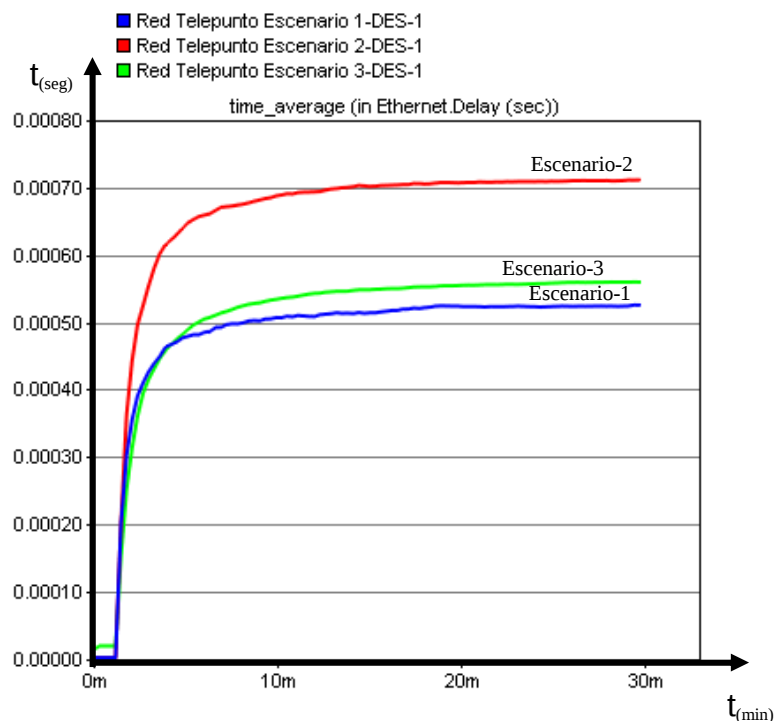


Fig. 17. Comparación entre los Escenarios 1, 2 y 3

La gráfica para este escenario (ver Fig. 18) muestra un aumento en el delay de unos 0.15 ms (ver Tabla 7) cuando se implementa videoconferencia en estas 5 estaciones de trabajo. Si se compara este resultado con el del escenario 2, se puede observar que prácticamente las gráficas coinciden.

Por tanto, la implementación de un router en el proyecto de integrar el servicio de videoconferencia a una red IP es de vital importancia, ya que trae consigo que se puedan integrar en el futuro más estaciones de trabajo sin afectar en gran medida la demora promedio de la red.

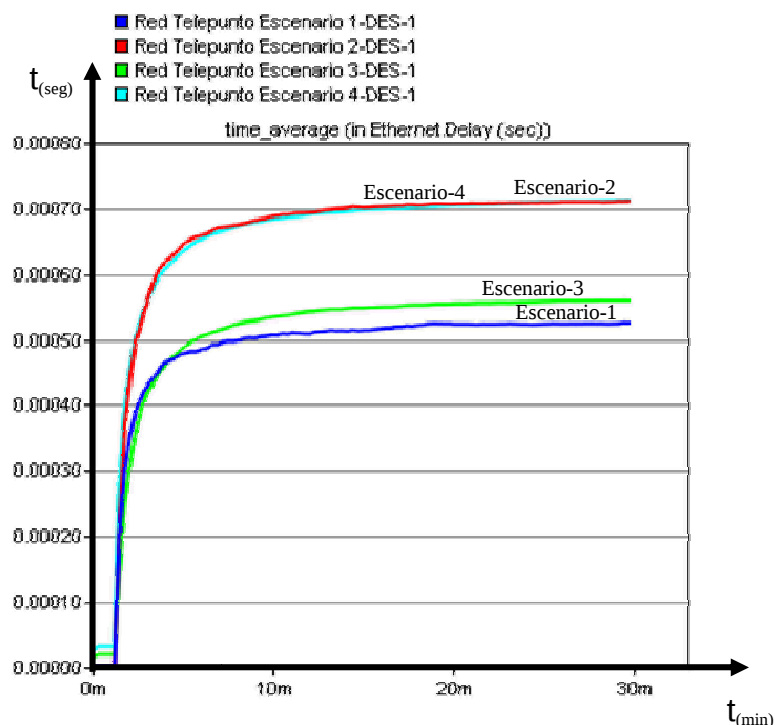


Fig. 18. Comparación entre los Escenarios 1, 2, 3 y 4

Tabla 7. Estadísticas globales del delay para los Escenarios 3 y 4

Ethernet Delay	Average (ms)	Máximo (ms)	Mínimo (ms)
Escenario 3	0.56	0.61	0.02
Escenario 4	0.71	0.78	0.03

3.2- Demora extremo a extremo (Latencia).

Como se ha descrito anteriormente el retardo de extremo a extremo para los paquetes de voz y video no deben exceder de los 150 ms. En la Fig. 19, se muestra el comportamiento de los paquetes extremo a extremo para el servicio de Videoconferencia.

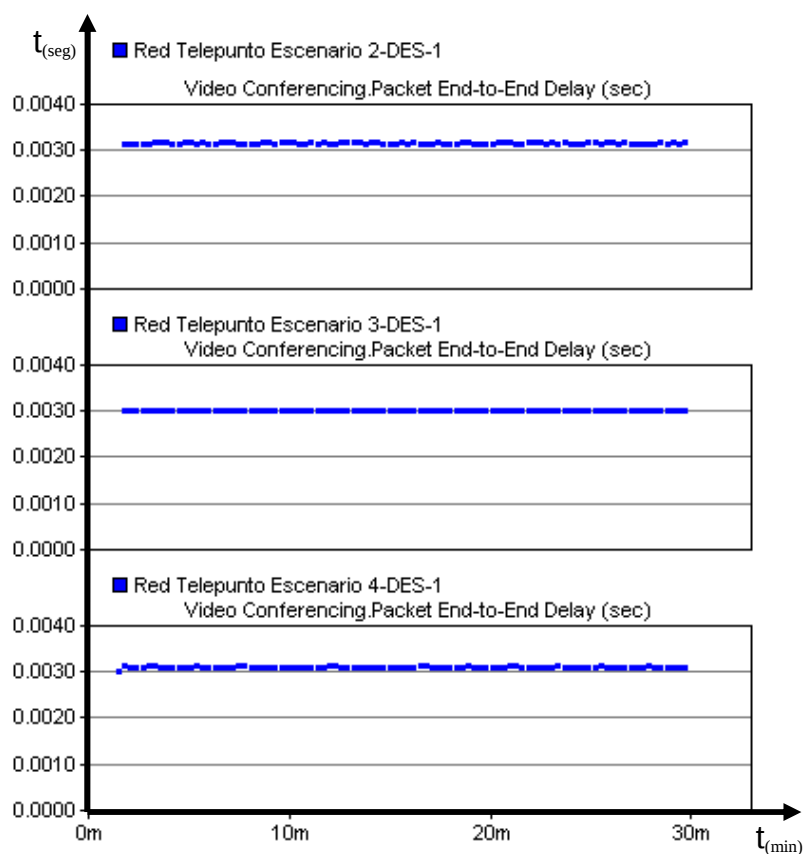


Fig. 19. Demora extremo a extremo de los paquetes de Videoconferencia

Note que para los diferentes escenarios la demora extremo a extremo se comporta de manera casi similar, con pequeñas diferencias. (ver Tabla 8)

Tabla 8. Resumen de las estadísticas globales de la demora extremo a extremo

Video Conferencing Packet End-to-End Delay	Average (ms)	Máximo (ms)	Mínimo (ms)
Escenario 2	3.15	3.19	3.13
Escenario 3	3.02	3.02	3.02
Escenario 4	3.11	3.12	3.02

El router es un componente vital para el estudio de la red. Es imprescindible estudiar y entender su rendimiento y comportamiento. Su implementación trae mejoras en el direccionamiento de los paquetes y en las demoras que se puedan presentar en la red.

En la Fig. 20, se muestran los indicadores de rendimiento para el tráfico IP en los escenarios 3 y 4

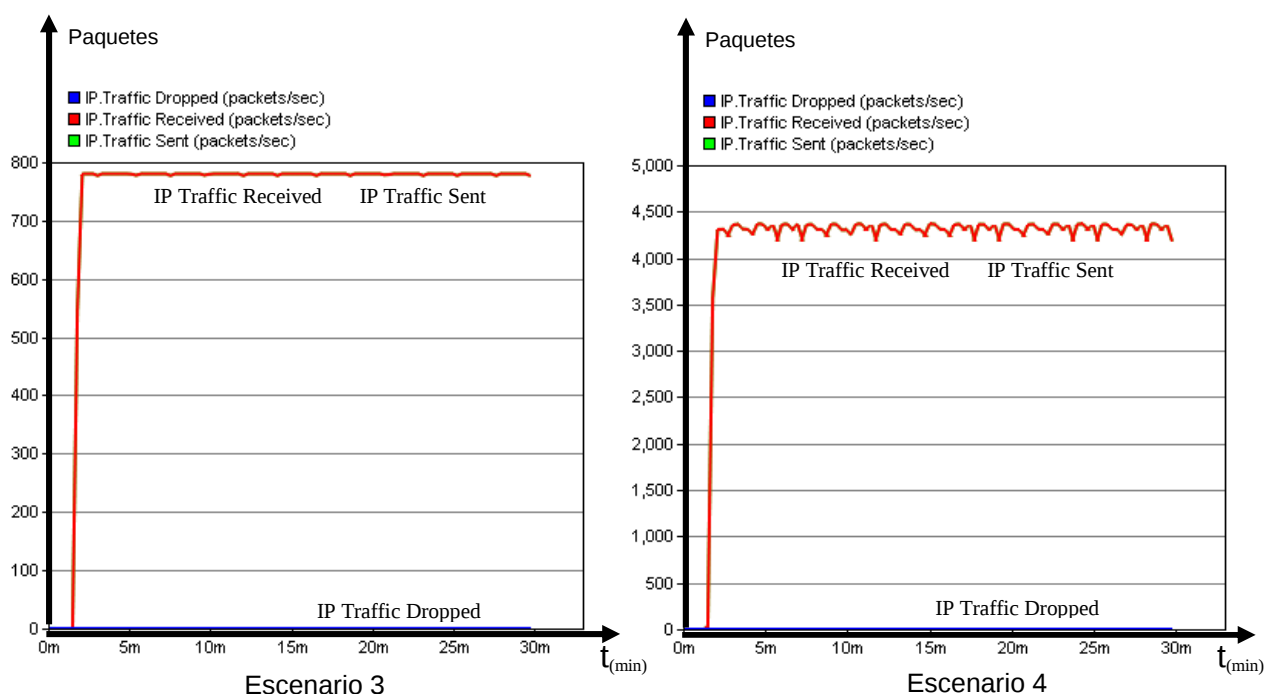


Fig. 20. Tratamiento del tráfico IP en el Router.

En esta figura se puede observar la correspondencia que existe entre el tráfico enviado y el recibido. En cada escenario el tráfico de entrada coincide con el de salida. Además la demora aumenta con el incremento del número de usuarios de Videoconferencia ya que existe una mayor cantidad de paquetes IP a ser transferidos.

3.3- Tiempo de arribo entre paquetes (Jitter)

El Jitter es causado generalmente por la congestión en la red IP. Es por esto que hay que asegurar ciertos valores de tiempo entre arribos de paquetes que garanticen la calidad de

video. En la Fig. 21 se muestran las variaciones entre arribos de paquetes de los escenarios 2, 3 y 4.

Note que el jitter no sobrepasa los 9.97×10^{-5} ms en el peor caso (ver Tabla 9). Los peores resultados se muestran en el escenarios 2 debido a que el servicio de Videoconferencia está a través de uno de los switch.

En los escenarios 3 y 4 este valor no supera los 3.74×10^{-5} ms en el peor caso. Al igual que en el anterior, el peor caso corresponde al escenario 4 debido al aumento de los usuarios en el servicio de Videoconferencia.

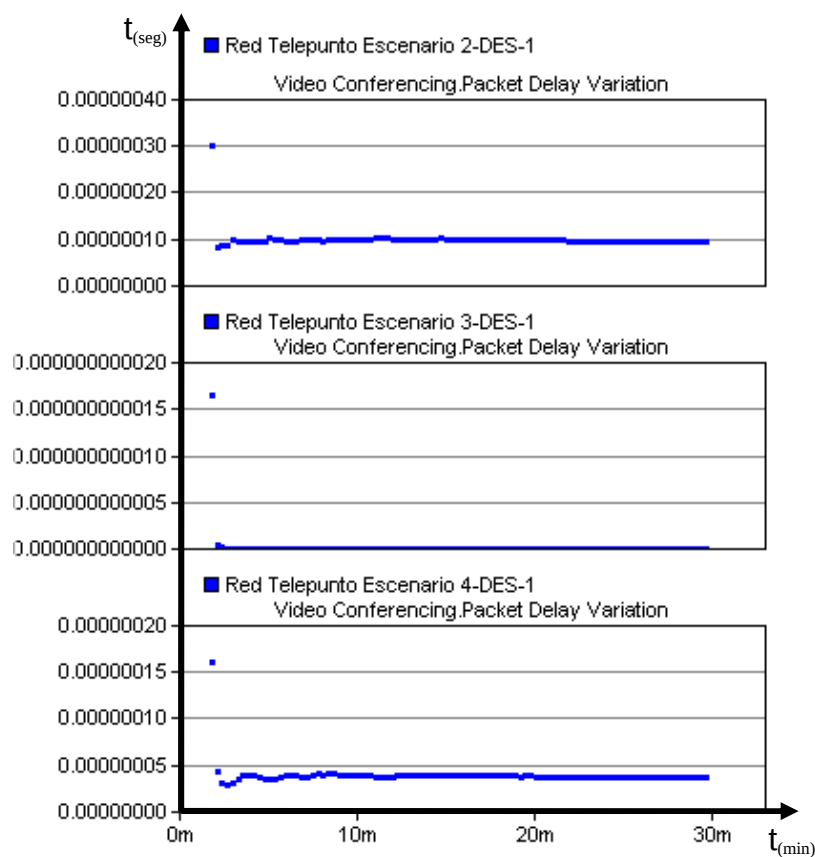


Fig. 21. Variación de arribo entre paquetes

Tabla 9. Resumen de las estadísticas globales en la variación de arribos entre paquetes

Video Conferencing Packet Delay Variation	Average (ms)	Máximo (ms)	Mínimo (ms)
Escenario 2	9.97×10^{-5}	30.22×10^{-5}	8.28×10^{-5}
Escenario 3	0.00	0.00	0.00
Escenario 4	3.74×10^{-5}	16.02×10^{-5}	0.00

3.4- Ancho de Banda

Cuando se aumenta el número de usuarios de Videoconferencia también aumenta la posibilidad de sobrecarga del ancho de banda. Una solución fácil, pero más cara, puede ser la de aumentar significativamente la cantidad de ancho de banda disponible, una solución más prudente puede obtenerse a menudo con una administración más efectiva del ancho de banda existente.

Para este caso vamos a conocer cuál es la utilización de los enlaces Switch2-Switch de Enlace y Router-Switch de Enlace. Como se comportan en el envío y recepción de paquetes y además si se ven afectados por el servicio de Videoconferencia. En las figuras 22 y 23 se muestran la utilización de estos enlaces para los distintos escenarios.

En ninguno de los escenarios la utilización sobrepasa el 25%, por tanto, el aumento de usuarios en el servicio de videoconferencia no afecta hasta el momento la utilización del enlace.

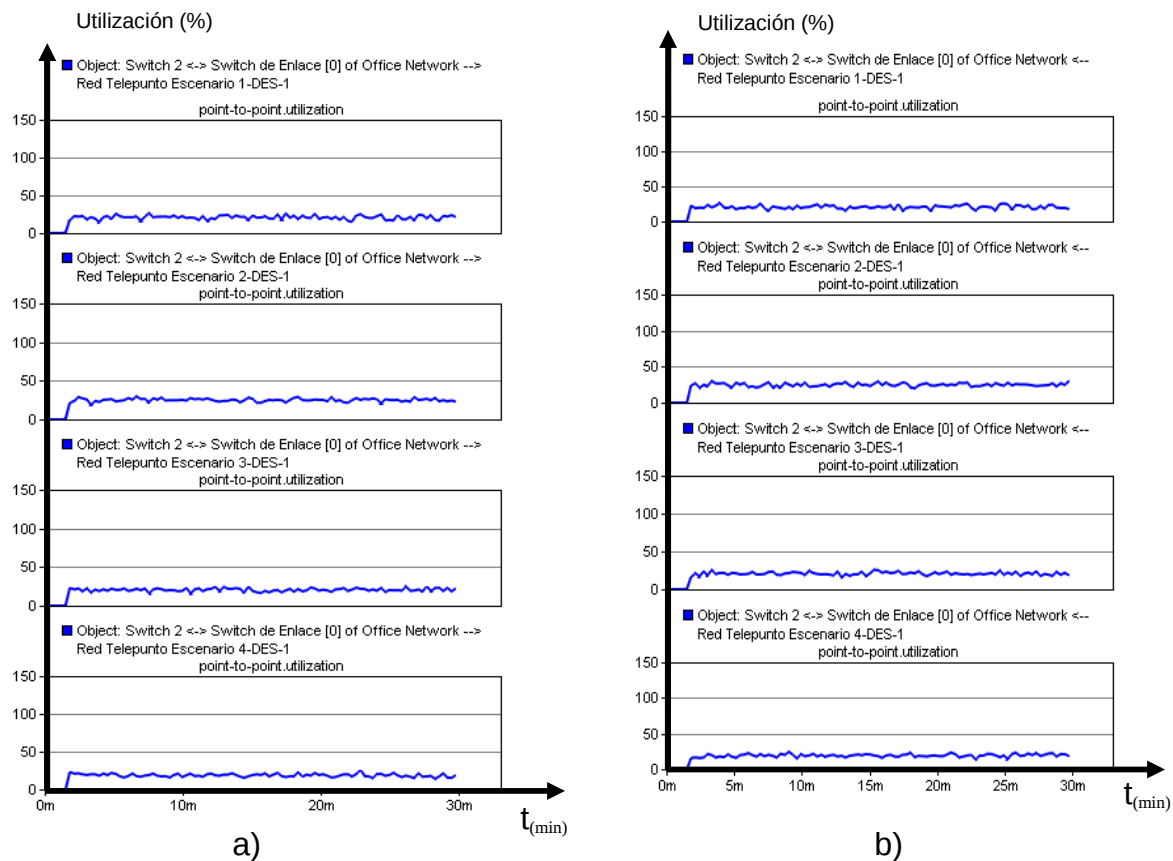


Fig. 22. Utilización del enlace Switch2-Switch de Enlace, a) salida, b) entrada

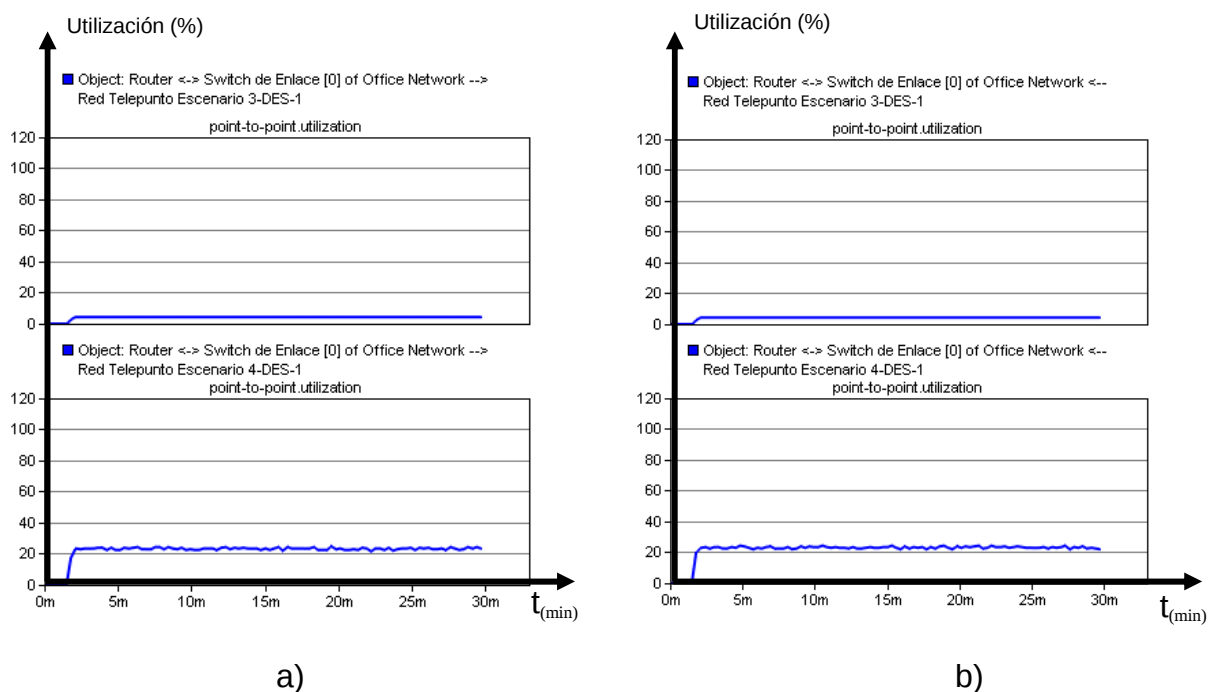


Fig. 23. Utilización del enlace Router-Switch de Enlace, a) salida, b) entrada

Observe el impacto que causa la transferencia de paquetes en el enlace Router-Switch de Enlace. En el escenario 3 el tráfico de entrada y salida se comporta de igual manera, no siendo así en el escenario 4. (Ver Tabla 10). La utilización del enlace es de 25.20 % en el peor de los casos.

Tabla 10. Resumen de las estadísticas globales en el enlace Router-Switch de Enlace

Router <-> Switch de Enlace	Average (%)	Peak (%)
Escenario 3 -->	4.02	4.29
Escenario 3 <--	4.02	4.29
Escenario 4 -->	21.77	25.20
Escenario 4 <--	21.73	24.74

3.5- Rendimiento de la Red (Throughput)

Con el incremento de estaciones en una red sin QoS el *throughput* se verá afectado, principalmente por la pérdida de paquetes y el retardo. Las siguientes figuras muestran cual fue el desempeño en el enlace Router-Switch de Enlace y Switch2-Switch de Enlace.

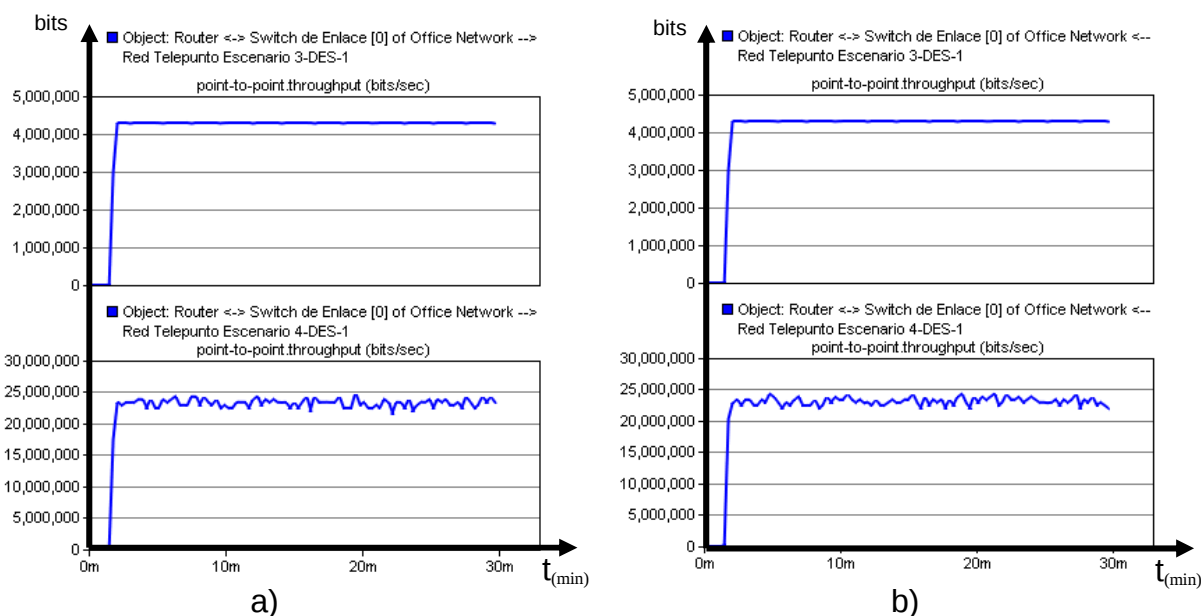


Fig.24. Throughput del enlace Router-Switch de Enlace, a) salida, b) entrada

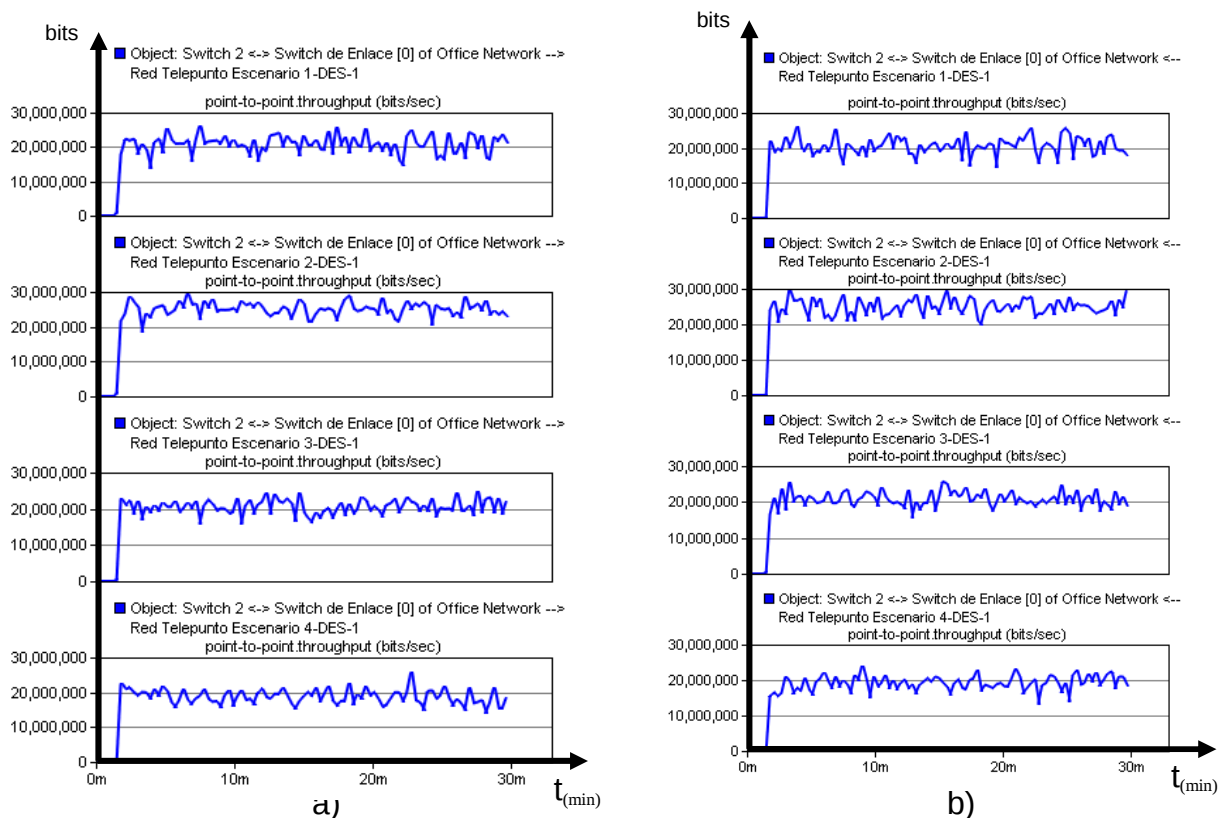


Fig.25. Throughput del enlace Switch2-Switch de Enlace, a) salida, b) entrada

3.6- Propuesta de mejoras para implementar Videoconferencia IP en la red del Telepunto de Santa Clara

Como se ha podido observar la red LAN del Telepunto de Santa Clara puede soportar el servicio de Videoconferencia IP. Uno de los elementos más importante a tener en cuenta para esto es la integración de un router a través del cual va a fluir este servicio.

Como conclusión del trabajo realizado se propone la necesidad de migrar el servicio de Videoconferencia RDSI a IP. Como se ha descrito en la introducción de este trabajo el servicio de Videoconferencia que se brinda en el Telepunto de Santa Clara es

Videoconferencia RDSI. Este servicio esta soportado por tres enlaces básicos 2B+D, lo que conlleva a un ancho de banda de 384 kbps. Esta es la velocidad mínima requerida para implementar una Videoconferencia de negocios donde la calidad de video es aceptable pero con problemas en la imagen.

Una solución para mejorar la calidad de este servicio es modificar el ancho de banda para aumentar la calidad de video, por lo que otro enlace básico 2B+D nos conduciría a tener una velocidad de 512 kbps. Este aumento es posible realizarlo gracias a que actualmente existe un canal libre en el Multiplexor Polycom Quad BRI/512K (ver Fig. 5) y que además la tarjeta de conexión que se encuentra en la Central Telefónica también tiene un canal libre para su uso. Visto de esta manera, quedaría resuelto el problema de la calidad de este servicio, sin embargo esto traería consigo otras consecuencias a considerar.

Aumentar un enlace básico trae como consecuencia que se ocupe otro canal de enlace para el uso de la videoconferencia entre la Central Telefónica de Santa Clara y la Central telefónica de Agila en la Habana, disminuyendo con esto los canales que se usan para las comunicaciones entre estas dos centrales. Además, el costo de la contratación del servicio se encarecería aún más pues los usuarios que deseen hacer uso del servicio tendrían que pagar por 8 canales para Videoconferencia en vez de los 6 que actualmente existen. Esta es una solución muy fácil de implementar pero muy costosa por lo que no es la solución factible para mejorar la calidad de este servicio. Se necesita por tanto una solución que sea más práctica y económica.

La Videoconferencia IP está indicada para organizaciones que cuenten con redes corporativas. Los sistemas actuales admiten llamadas a través de IP, por lo que son perfectos para las redes IP estándar que se encuentran prácticamente en cualquier oficina, fábrica, almacén, centro de enseñanza o centro sanitario del mundo. Dado que la infraestructura de red IP está tan extendida, no es necesario incluir este gasto al calcular el coste de invertir en un sistema de videoconferencia basado en IP.

En la actualidad muchos equipos de Videoconferencia están preparados para conectarse a una red IP, mientras un reducido porcentaje admite solo RDSI. Por esta razón, la tendencia a desarrollar Videoconferencias sobre redes IP está en constante crecimiento (ver Fig 26).

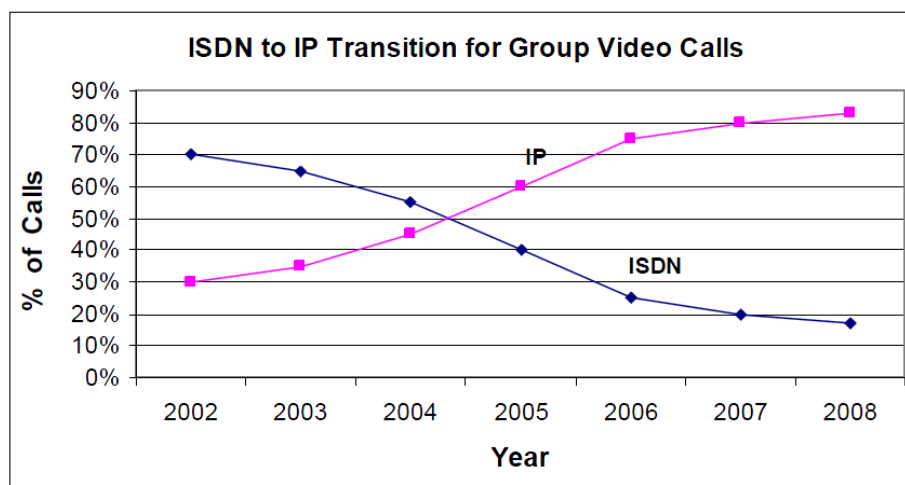


Fig. 26 Porcentaje de uso de Video llamadas entre IP y RDSI [60]

La variación del ancho de banda en la red IP dependerá del equipo final de la red. Para determinar que ancho de banda asignar a cada usuario proponemos usar un Vidyorouter el cual es capaz de determinar y asignar el ancho de banda que necesita cada usuario (ver Fig. 4). Un Vidyorouter soporta hasta 100 estaciones de trabajo conectadas

simultáneamente haciendo Videoconferencias punto a punto y multipunto indistintamente con calidad HD (ver Fig. 27).

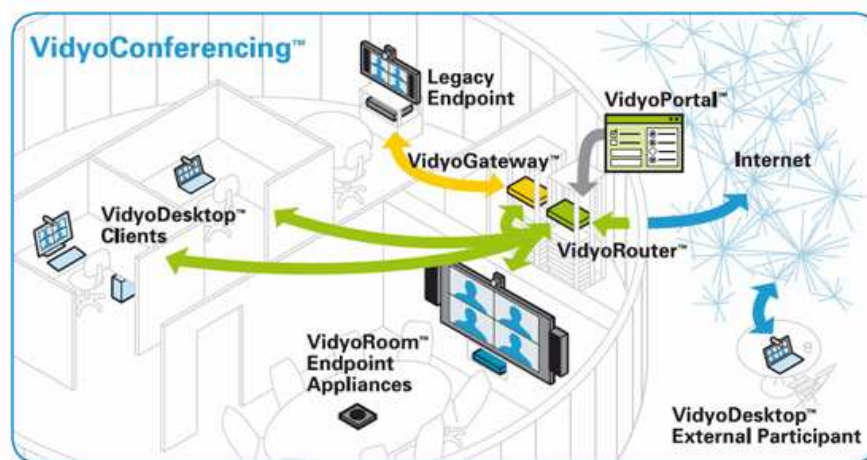


Fig. 27 Solución de Vidyorouter para integrar diferentes equipos terminales [61]

Por tanto, para implementar el servicio de Videoconferencia IP haremos uso del Vidyorouter como elemento de interconexión de los diferentes equipos terminales. Los parámetros de la red se verán mejorados con la integración de este dispositivo. El diseño de la red quedará entonces de la siguiente manera:

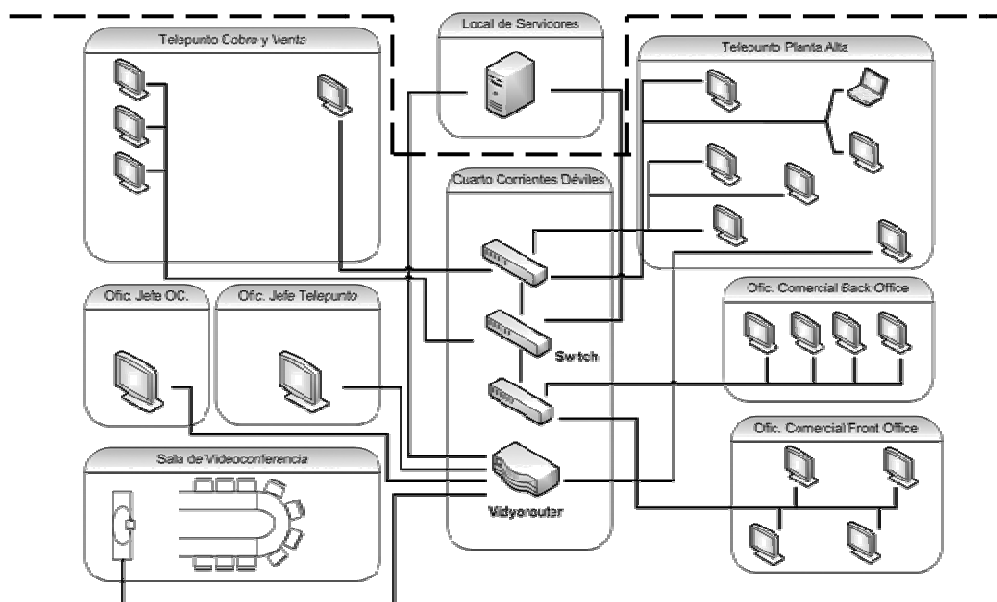


Fig. 28 Propuesta del diseño de la red para implementar Videoconferencia IP.

Del análisis realizado en este trabajo se puede concluir lo siguiente:

- La Videoconferencia RDSI solo admite una velocidad de 64kbps por canal una cantidad claramente insuficiente para comunicaciones bidireccionales de voz y vídeo en tiempo real.
- En la práctica, los canales RDSI se agregan para mejorar la tasa de transferencia de datos y posibilitar la videoconferencia pero esto conduce a mayores costes de llamada ocasionados por el pago de varias líneas.
- En el trabajo se describen los requerimientos de los diferentes factores que intervienen en la implementación del servicio de Videoconferencia de cómo afectan o contribuyen en la calidad del servicio.
- Por medio de la implementación de la herramienta de simulación Opnet se pudo obtener los resultados de la simulación de cada uno de los escenarios planteados.
- Se analizaron los resultados de los diferentes escenarios los cuales nos permitieron conocer las principales características de la red, el desempeño de los dispositivos de red y de los servicios que se brindan.
- La utilización del Vidyorouter en la red de Santa Clara es la mejor variante para implementar el servicio de Videoconferencia IP.

- Con la disponibilidad para brindar servicio de Videoconferencia IP otros usuarios pueden conectarse a este servicio desde un ordenador personal, ya sea una laptop o una PC de escritorio.

Con el propósito de implementar el servicio de Videoconferencia IP en la Red Corporativa de Etecsa y mejorar la calidad de este servicio se proponen las siguientes recomendaciones.

- Obtener el financiamiento por parte de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba para la ejecución de la propuesta.
- Utilizar este trabajo como referencia para futuras caracterizaciones de la red donde se quiera implementar servicio de Videoconferencia IP.
- Llevar esta experiencia a otras provincias que deseen implementar el servicio de Videoconferencia IP.
- Extender el uso de la herramienta de simulación Opnet a los especialistas y técnicos que desarrollan proyectos de red.

1. Jha, S. and M. Hassan, *Engineering Internet QoS*, A.H.t. library, Editor. Boston 2002.
2. Información, D.G.d.T.d.I., *Videoconferencia: Guía para el uso de la Videoconferencia*. 2004, Mexico 2004.
3. Alejandro Martínez, G.A., Member, IEEE, Francisco J. Alfaro, José L. Sánchez, and José Duato, Member, IEEE, *Efficient Deadline-Based QoS Algorithms for High-Performance Networks*. IEEE Transactions on computers, 2008. VOL. 57(NO. 7).
4. UIT-T, *Rec. E.800 (08/94) Términos y Definiciones relativos a la Calidad de Servicio y a la Calidad de Funcionamiento de la Red, Incluida la Seguridad de Funcionamiento*. 1994.
5. IETF. *[RFC2386] Network Working Group*. Agosto 1998; Disponible en: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2386.txt?number=2386>.
6. UIT-T. *E.800-E.899 : Quality of telecommunication services: concepts, models, objectives and dependability planning*. 2009; Disponible en: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=E>.
7. R. Braden, D.C., S. Shenker *[RFC 1633] Integrated Services in the Internet Architecture*. June 1994; Disponible en: <http://www.ietf.org/rfc/rfc1633.txt>.
8. S. Blake, D.B., M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss. *[RFC 2475] An Architecture for Differentiated Service* December 1998; Disponible en: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2475.txt>.
9. E. Rosen, A.V., R. Callon. *[RFC 3031] Multiprotocol Label Switching Architecture*. January 2001; Disponible en: <http://www.rfc-editor.org/rfc/pdf/rfc3031.txt.pdf>.
10. Rodriguez, P. *www2009: la infraestructura futura de Internet*. 2009; Disponible en: <http://www.lacofa.es/index.php/tecnologias/www2009-la-infraestructura-futura-de-internet-por-pablo-rodriguez>.
11. MacManus, R. *10 Future Web Trends*. 2007; Disponible en: http://www.readwriteweb.com/archives/10_future_web_trends.php.
12. Felipe, I.M.d.R.C., *"Calidad de Servicio en una red que utilice MPLS"*. 2005, Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias Telemáticas: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Ciudad de la Habana, Cuba 2005. Cap.2. p. 25-30.
13. Carvajal, F., P. López, and C. Oyarzún, *Mecanismos que garantizan Calidad de Servicio en redes TCP/IP*. 2005, Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas

- y Matemáticas Departamento de Ingeniería Civil Eléctrica EL55A –Sistemas de Telecomunicaciones.
14. Hidalgo, U.A.d.E.d. *Acerca de Videoconferencia*. 2009; Disponible en: <http://virtual.uaeh.edu.mx/riv/videoconferencia.php>.
15. EDUCATEP. *Herramientas Síncronas y Asíncronas*. 2009; Disponible en: <http://educatep2121.blogspot.com/2009/02/herramientas-sincronas-y-asincronas.html>.
16. Ing. Genaro Díaz Solís, I.F.S.P., Ing. Wilmer Montero and I.B.R. Rivadeneira, *Estudio del diseño de sistema de videoconferencia para Internet y la Red Digital de Servicios Integrados. (R.D.S.I)*. 2009.
17. Güimi. *Redes de comunicaciones*. 2009; Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/redes-comunicaciones/redes-comunicaciones.pdf>.
18. Manuel A. Sobreira-Seoane, F.J.M.-M., *Acondicionamiento Acústico de salas para Videoconferencias*. 2006, Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones. Grupo Sonitum ® E.T.S.I. de Telecomunicación, Universidad de Vigo.
19. Wikipedia. *Códec*. 2009; Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Códec>.
20. Salah, D.K., *Deployment of Videoconferencing in Data Networks*. Consultado en Agosto de 2010.
21. UIT-T, *Rec. H.320 (03/2004) Sistemas y equipos terminales videotelefónicos de banda estrecha*. 2004.
22. UIT-T, *Rec. H.321 (02/98) Adaptación de los terminales videotelefónicos H.320 a entornos de la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA)*. 1998.
23. UIT-T, *Rec. H.321 (01/2005) Adaptación de los terminales videotelefónicos H.320 a entornos de la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA)*, in *Corrigendum 1*. 2005.
24. UIT-T, *Rec. H.323 (11/2009) Implementors' Guide for Recommendations of the H.323 System (Packet-based multimedia communications systems): H.323, H.225.0, H.245, H.246, H.283, H.341, H.450 Series, H.460 Series, and H.500 Series*. 2009.
25. UIT-T, *Rec. H.324 (04/2009) Terminal para comunicación multimedios a baja velocidad binaria*. 2009.

26. UIT-T, *Rec. H.310 (09/98) Sistemas y terminales para comunicaciones audiovisuales de banda ancha*. 1998.
27. José Miguel-Alonso, J.M.A.M., Javier Lasa Jáuregui, José E. Poza Sanz., *Sistemas de videoconferencia: experiencias en la UPV/EHU*. Consultado en Marzo de 2010.
28. IETF, *[RFC3261] SIP: Session Initiation Protocol*. 2002.
29. IETF. *[RFC2543] SIP: Session Initiation Protocol*. 1999; Disponible en: <http://www.armware.dk/RFC/rfc/rfc2543.html>.
30. Mexico, U.U.N.A.d. *Protocolos en videoconferencia H.323*. Consultado en Marzo de 2010; Disponible en: <http://vnoc.unam.mx/es/preguntas-frecuentes/7-videoconferencia-h323/44-protocolos-h323>.
31. IP, Q.V.d. *SIP - Session Initiation Protocol*. Consultado en Marzo de 2010; Disponible en: http://www.quarea.com/tutorial/SIP_session_initiation_protocol.
32. IETF, *[RFC3525] Gateway Control Protocol*. Junio 2003.
33. UIT-T, *Rec. H.248.1 (09/2005) Protocolo de control de las pasarelas: Versión 3*. 2005.
34. Polycom. *Soluciones de comunicación visual de Polycom®*. 2009 [sitado 3726-47515-005 Rev. 0809]; Disponible en: http://www.polycom.es/global/documents/es/brochures/visual_communication_solutions_es.pdf.
35. SONY, *Consideraciones sobre Calidad de Servicio (QoS) y Seguridad en equipos de videoconferencia*. Marzo de 2005.
36. Vidyo, *Introducing H.264-SVC: next-generation technology for videoconferencing over IP and 3G networks*. 2006.
37. Vidyo. *Vidyo Router*. 2008; Disponible en: <http://www.vtv.co.jp/topics/pdf/vidyorouter.pdf>.
38. OmniPresence, i. *VidyoRouter: Video Conferencing Solution*. Consultado en Septiembre de 2010; Disponible en: http://www.omnipresence.com/Vidyo_Router_Video_Conferencing.html.
39. Vidyo. *Sistemas de Videoconferencia HD* 2009; Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/16327735/Presentacion-Videoconferencia-Vidyo060509>.
40. UIT-T, *Rec. H.261 (03/93) Transmisión en líneas de señales no telefónicas-códec video para servicios audiovisuales a 64 kbit/s*. 1993.

41. NIST. *Selecting the Advanced Encryption Standard (AES): Raising the Bar for Cryptography*. 2010; Disponible en: http://www.nist.gov/manuscript-publication-search.cfm?pub_id=151276.
42. NIST. *Advanced Encryption Standard (AES) (FIPS PUB 197)*. 2001; Disponible en: <http://csrc.nist.gov/publications/fips/fips197/fips-197.pdf>.
43. TANDBERG, *Soluciones Tandberg-White Paper*. 2009.
44. Esquivel, M.A.M.A., *Sistemas de Videoconferencia para la formación continua en la empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A. (ETECSA)* Consultado en febrero de 2010.
45. Weinstein, I.M., *Making the Best of ISDN-Based Videoconferencing*. Diciembre de 2004, Wainhouse Research.
46. UIT-T, *Rec. I.412. (Extracto del Libro Azul) Estructuras del Interfaz y capacidades de acceso de los interfaces usuario-red de la RDSI*. 1988.
47. UIT-T, *Rec. I.430 (11/95) Especificación de la capa 1 de la interfaz usuario-red básica*. 1995.
48. UIT-T, *Rec. I.431 (03/93) Especificación de la capa 1 de la interfaz usuario-red a velocidad primaria*. 1993.
49. Polycom, *Guía del usuario de ViewStation SP*. 2001.
50. Fernández, R.G., *OPNET Modeler*. Consultado en Abril del 2010, Universidad de Oviedo.
51. Jerome, A.C.B., Steven P. Cohen, Marc A. *Communication Network and Protocol Design Automation*. 2009 10 marzo 2009; Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel5%2F4795133%2F4795134%2F04795206.pdf%3Farnumber%3D4795206&authDecision=-203>.
52. Herrera, G. *Características para la integración de voz y videoconferencia*. 2008; Capítulo 2; Disponible en: <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/929/5/T10692CAP2.pdf>.
53. *Allied Telesyn AT 8024GB*. Consultado en junio de 2010; Disponible en: <http://www.dooyoo.es/switches-routers/allied-telesyn-at-8024gb/details/>.
54. *Cisco Catalyst 2924-XL Enterprise Edition*. Consultado en Junio de 2010; Disponible en: <http://www.dooyoo.es/switches-routers/cisco-catalyst-2924-xl-enterprise-edition/details/>.

55. Joskowicz, I.J., Voz, Video y Telefonía sobre IP. 2009: Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería Universidad de la República Montevideo, URUGUAY.
56. UIT-T, Rec. G.114 (05/2003) *Tiempo de transmisión en un sentido*. 2003.
57. UIT-T, Rec. G.107 (08/2008) *The E-model, a computational model for use in transmission planning*. 2008.
58. UIT-T, Rec. G.109 (09/99) *Definición de las categorías de calidad de transmisión vocal*. 1999.
59. M. C. Raúl Rivera Rodríguez, M.C.L.E.G.V., Ariel Bojórquez Lugo, Patricia Peralta Pulido. *Sistema de videoconferencia basado en Web con capacidades de multicast*. Consultado en Julio de 2010; Disponible en:
<http://www.cujae.edu.cu/Eventos/CITTEL/Memorias/CITEL2004/Trabajos/CIT078.pdf>.
60. Ira M. Weinstein, W.R., *The ISDN to IP Migration for Videoconferencing*. 2006 Wainhouse Research. TANDBERG.
61. Michiel Schok, B.A., Ant Arbor, SURFnet, *Technologie Scouting Vidyo*. 2008.