

Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 2



**Propuesta de implementación de IPTV
en la Universidad de las Ciencias Informáticas**

Trabajo de Diploma para optar por el título de Ingeniero en Ciencias Informáticas

Autor(es): Leyany Yera Moya
Noisy Díaz Lorenzo

Tutor(es): Ing. María L. Herrera Corbelle
Ing. Rodney del Valle Torres

Ciudad de la Habana, junio 2009, Cuba

Declaramos ser los autores del presente trabajo y reconocemos a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmamos la presente a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Leyany Yera Moya

Noisy Díaz Lorenzo

Firma del autor

Firma del autor

Ing. María Luisa Herrera Corbelle

Ing. Rodney del Valle Torres

Firma del tutor

Firma del tutor

Queremos agradecer de manera especial a nuestros tutores María Luisa y Rodney por su constante ayuda y dedicación, a Darvis por apadrinarnos y hacernos parte de su grupo de trabajo, a Hedel por siempre responder cuando lo necesitamos, aún cuando no tenía tiempo. Sin ellos no hubiese sido posible llegar a la meta. Muchas Gracias

Noisy y Leyany

Todo mi agradecimiento:

A mi mamita Hildelisa, la mejor de todas, por su amor, confianza y apoyo incondicional.

A mi papá por creer en mí y apoyarme en todo momento.

A mis abuelitos Sira y Sirvi por su cariño y dedicación y al resto de la familia por estar siempre pendiente de mí.

A mi hermano, el más lindo del mundo, por darme tantos dolores de cabeza.

Infinitamente a Yenlys Guerra y a mi prisea por su preocupación y apoyo, sin su ayuda no hubiese sido posible realizar este sueño.

A Iris por soportarme todo este tiempo y a mis profesoras de apto, lamento no haberlas conocido antes.

A mi compañera de tesis por sorprenderme con su encanto y talento cuando menos lo espero, es un placer compartir contigo este momento tan especial.

A todos los que han contribuido de una forma u otra a mi formación como ingeniera.

A todos muchas gracias.

Leyany Yera Moya

Toda mi gratitud:

A mi mamá por ser el límite exacto de mi infinito.

A mi abuela que siempre late dentro de mi corazón.

A Tati por ser mi segunda madre e inculcarme el maravilloso don de la lectura.

A Nana por ser mi mejor amiga.

A Tía Olga por estar a mi lado siempre.

A mi primo Ernesto por ser el hermano que nunca tuve.

A mi familia por ser tan especial.

A Pedrito por comprenderme y brindarme todo su amor.

A Leyany por ser una excelente compañera de tesis y amiga.

A Mayrelis, Norma, Luis Eduardo, Lermy y Alejandro por ser más que unos amigos.

Noisy Díaz Lorenzo

A mi madre por ser la luz de mis días y la máxima fuente de inspiración, te mereces mi éxito y mucho más. Te adoro.

A mi papá y a mi hermano por quererme tanto y ser tan especiales para mí.

Leyany Yera Moya

Quiero besar con estas palabras a mi papá, que nunca las leerá y siempre vive donde vivo, a mi abuela por ser el espejo donde siempre querré mirar y a mi mamá por ser la cómplice de todos mis pasos.

Noisy Díaz Lorenzo

El sistema de Televisión actual de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) no brinda la señal televisiva con la calidad necesaria puesto que se ve afectada por diferentes factores como la interferencia, distorsión, atenuación, el ruido y en muchos casos se sufre pérdida total de la misma.

Con el propósito de elevar los niveles de calidad y lograr la interactividad con los usuarios se llegó a la conclusión de que es necesario implementar un sistema IPTV (del inglés Internet Protocol Television). Para ello se hizo un estudio de las tendencias actuales de la tecnología IPTV en el mundo, así como una exhaustiva revisión de las características operativas y los recursos necesarios para su implementación. Éste sistema permitirá mejorar considerablemente la calidad de la señal de televisión debido a que se tratará de una señal digital, la cual no es afectada por agentes externos. Además, la misma viajará por un canal seguro donde se garantiza la calidad de servicio. La transmisión de televisión en vivo, la distribución de video bajo demanda y la interactividad son algunos de los servicios que brindará este sistema.

En el presente trabajo de diploma se plasman los resultados del estudio realizado para la construcción de una propuesta de IPTV para la UCI, se explican los conceptos relacionados con la misma, se hace un análisis de la infraestructura de la red de datos y la red de televisión de la universidad y se dejan algunas recomendaciones para el mejoramiento futuro de dicha propuesta.

Palabras claves:

Televisión, IPTV, VoD, UCI, Interactividad.

ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
LISTA DE ACRÓNIMOS	IX
INTRODUCCIÓN	1
1. CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	4
1.1. Introducción	4
1.2. Origen y evolución de la televisión	4
1.3. Introducción a IPTV	6
1.3.1. Surgimiento y evolución.....	7
1.3.2. IPTV vs DTV	7
1.3.3. IPTV vs Televisión por Internet.....	8
1.4. Situación actual de IPTV en el mundo	9
1.4.1. Europa	10
1.4.2. Asia.....	11
1.4.3. Norteamérica	13
1.4.4. Latinoamérica	13
1.4.5. IPTV en Cuba	15
1.4.6. IPTV Fórum	16
1.4.7. Tendencia actual en el mercado IPTV	17
1.5. Conclusiones.....	18
2. CAPÍTULO 2: TELEVISIÓN SOBRE IP	19
2.1. Introducción.....	19
2.2. Servicios de IPTV	19
2.3. Arquitectura y funcionamiento de IPTV	24
2.4. Sistema de transmisión de contenido audiovisual en IPTV.....	26
2.4.1. Procesamiento del video	27
2.4.2. Almacenamiento	31
2.4.3. Distribución del contenido.....	32
2.4.3.1. Redes IP.....	32
2.4.3.2. Protocolos de red	32

2.4.3.3. Protocolos de transporte	36
2.4.3.4. Protocolos de Streaming	38
2.4.3.5. Mecanismo de transporte MPLS	40
2.5. Técnicas de transmisión.....	40
2.5.1. Unicast.....	41
2.5.2. Multicast.....	41
2.5.3. Broadcast.....	42
2.6. Calidad de Servicio en IPTV.....	42
2.6.1. Servicio Integrado.....	44
2.6.2. Servicio Diferenciado.....	47
2.7. Seguridad en IPTV	50
2.8. Conclusiones.....	53
3. CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE IPTV.....	55
3.1. Introducción.....	55
3.2. Estado actual del sistema de televisión en la UCI.....	55
3.3. Estado actual de la infraestructura de red de la UCI.....	56
3.4. Descripción de la propuesta	58
3.4.1. Esquema de solución	58
3.4.2. Servicios de IPTV en la UCI	65
3.4.3. Costo de la propuesta.....	66
3.5. Validación de la propuesta	67
3.6. Conclusiones.....	70
CONCLUSIONES.....	71
RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
BIBLIOGRAFÍA	75
ANEXOS	77
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mercado esperado en Europa (2009). -----	10
Figura 2: Penetración IPTV en Asia-Pacífico.-----	12
Figura 3: Crecimiento total de suscriptores de IPTV en Asia-Pacífico.-----	13
Figura 4: Estimación de la penetración IPTV en América Latina (2013). -----	15
Figura 5: Diagrama de prueba de IPTV en Cuba. -----	16
Figura 6: Penetración de la IPTV en el mundo. -----	17
Figura 7: Proyecciones de suscriptores de IPTV en el mundo (2007-2013). -----	18
Figura 8: Arquitectura general de un sistema IPTV.-----	24
Figura 9: Encabezado de un PES. -----	31
Figura 10: Arquitectura de TCP/IP para IPTV.-----	32
Figura 11: Formato del datagrama IP. -----	33
Figura 12: Formato de un mensaje IGMP. -----	34
Figura 13: Formato del datagrama UDP.-----	36
Figura 14: Establecimiento de una conexión TCP. -----	37
Figura 15: Formato de un segmento TCP.-----	38
Figura 16: Transmisión Unicast en IPTV. -----	41
Figura 17: Transmisión multicast en IPTV. -----	42
Figura 18: Transmisión Broadcast. -----	42
Figura 19: Calidad de servicio.-----	43
Figura 20: Reserva de recursos en IntServ mediante RSVP.-----	47
Figura 21: Estructura del campo DS.-----	48
Figura 22: Dominio DiffServ. -----	49
Figura 23: Infraestructura actual del sistema de televisión. -----	56
Figura 24: Infraestructura de la red de datos de la UCI. -----	58
Figura 25: Codificador AVN420.-----	61
Figura 26: STB AmiNET125. -----	64
Figura 27: Infraestructura de red para el sistema IPTV de la UCI. -----	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación entre IPTV y televisión por internet.-----	8
Tabla 2: Tipos de VoD. -----	20
Tabla 3: Comparación entre estándares de compresión.-----	30
Tabla 4: Comparación entre los mecanismos para lograr QoS.-----	44
Tabla 5: Tipos de clases de tráfico.-----	48
Tabla 6: Costo de la propuesta. -----	66
Tabla 7: Resultado del modelo para la recogida de los pesos de cada experto. -----	68
Tabla 8: Resultado de la encuesta para la recogida de la evaluación de cada experto. -----	68
Tabla 9: Calificación promedio de cada criterio.-----	69
Tabla 10: Relación de expertos encuestados.-----	77

LISTA DE ACRÓNIMOS

- ADSL:** Línea de Suscripción Digital Asimétrica
- CAS:** Sistema de Acceso Condicional
- DRM:** Administración de Derechos Digital
- DTV:** Televisión Digital
- FTTH:** Fibra Óptica hasta el Hogar
- HDTV:** Televisión de Alta Definición
- IETF:** Grupo de Trabajo en Ingeniería de Internet
- IPTV:** Televisión sobre el Protocolo de Internet
- ITU:** Unión Internacional de Telecomunicaciones
- MPEG:** Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento
- MPLS:** Conmutación Multi-protocolar mediante Etiquetas
- NTSC:** Comisión Nacional de Sistemas de Televisión
- PAL:** Línea de Fase Alternada
- QoS:** Calidad de Servicio
- RTCP:** Protocolo de Control de Transporte en Tiempo Real
- RTP:** Protocolo de Transporte en Tiempo Real
- SAN:** Red de Área de Almacenamiento
- TCP:** Protocolo de Control de Transmisión
- TDT:** Televisión Digital Terrestre
- UDP:** Protocolo de Datagrama de Usuario
- UHF:** Frecuencia Ultra Alta
- VoD:** Video bajo Demanda

INTRODUCCIÓN

La televisión constituye uno de los mayores descubrimientos realizados por el hombre y a lo largo de la historia se ha convertido en el medio de comunicación con mayor presencia en la sociedad a nivel mundial. El vertiginoso avance tecnológico acontecido en el sector audiovisual, trae consigo la aparición de nuevas técnicas y procedimientos para la transmisión de televisión con mejores índices de calidad. Una de estas técnicas es la transmisión de televisión usando conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP, o sea IPTV y aunque el desarrollo de esta tecnología es reciente, tiene mucha aceptación en el mercado mundial debido a la variedad de servicios que brinda.

La UCI cuenta con un sistema de televisión por cable (CATV) para la distribución de las señales de televisión. Este sistema tiene como objetivo fomentar la recreación y el proceso docente, productivo e informativo de la comunidad universitaria. La red de CATV está conformada por varios kilómetros (Km) de cable coaxial y diferentes dispositivos que posibilitan el transporte de la señal analógica hasta los telerreceptores. Dicha red es revisada cada cierto tiempo con el objetivo de darle soporte, debido al envejecimiento de los cables y al maltrato de estos durante la instalación, lo cual implica grandes gastos en el mantenimiento de la red. Por otro lado se hace necesario el constante cambio de los amplificadores que se ven afectados por la humedad y los cambios de voltaje.

Las señales analógicas transportadas en forma de radiofrecuencia (RF) no son recibidas con la calidad requerida pues se ven afectadas por factores como la atenuación, distorsión, interferencia, ruido y en muchas ocasiones se sufre pérdida total de la misma. Todos estos efectos están acrecentados por la extensión de la red. Además, cuando la señal afectada pasa por un amplificador, éste la amplifica aumentando así el ruido que lleva consigo, lo cual provoca que la calidad se agrave mientras más amplificadores se utilicen. La televisión analógica carece de mecanismos de protección y recuperación ante errores y pérdidas de información y proporciona bajos niveles de interactividad con el usuario. El sistema de televisión de la UCI transmite los programas en un horario fijo obligando a los usuarios a esperar el horario establecido para disfrutar los contenidos. Otro inconveniente que presenta la red de CATV es la limitación geográfica. La UCI actualmente está inmersa en un proceso de ampliación, lo que implica realizar grandes gastos en la compra de cables y amplificadores para llevar la señal a las nuevas edificaciones.

Teniendo en cuenta la problemática anteriormente explicada se plantea el siguiente **problema a resolver**: ¿Cómo realizar la transmisión de la televisión con mayor calidad en la Universidad de las Ciencias Informáticas?

Para dar solución al problema planteado se propone como **objeto de estudio**: La transmisión de Televisión sobre IP. Este se enmarca en el siguiente **campo de acción**: La transmisión de televisión sobre la red de datos de la Universidad de las Ciencias Informáticas.

La **idea a defender** que se establece en la presente investigación es la siguiente: En la Universidad de las Ciencias Informáticas la transmisión de televisión se puede realizar sobre la red de datos existente.

Se plantea como **objetivo general** de la investigación: Diseñar una propuesta para la implementación del servicio IPTV en la Universidad de las Ciencias Informáticas. Para dar cumplimiento al objetivo general del trabajo se proponen las siguientes **tareas de investigación**:

1. Investigar sobre la evolución y estado de IPTV en el mundo y en nuestro país para conocer sus corrientes actuales y tendencias futuras.
2. Realizar un estudio acerca de IPTV para conocer sus características, así como las ventajas y beneficios de su implementación en la universidad.
3. Elaborar un análisis sobre la tecnología IPTV, que permita conocer cómo funciona y qué elementos técnicos se deben tener en cuenta para su implementación.
4. Analizar la situación actual de las redes de la universidad, teniendo en cuenta el tráfico, ancho de banda existente y demás particularidades, para valorar si es factible la aplicación de IPTV.
5. Proponer requerimientos tecnológicos y realizar una propuesta para la implementación de la misma en la UCI.

Con el propósito de lograr una mayor organización en la realización de la presente investigación se recurre a los siguientes métodos científicos:

Métodos teóricos:

Analítico – sintético: Se utiliza en el estudio y comprensión de toda la información recopilada para llegar a conclusiones válidas y necesarias para el desarrollo de la investigación.

Histórico-Lógico: El uso de este procedimiento permite el estudio de la evolución y desarrollo de la difusión de televisión sobre IP y de sus tendencias actuales.

Métodos Empíricos:

Entrevista: Este método posibilita la obtención de información necesaria para el desarrollo de la investigación.

Con la realización del presente trabajo se espera obtener los siguientes resultados:

- Propuesta de los elementos necesarios para desarrollar la implementación de IPTV en la UCI.
- Material de consulta actualizado para posteriores estudios relacionados con el tema.

La presente investigación está compuesta por tres capítulos, estructurados de la siguiente manera:

Capítulo 1: Fundamentación teórica, en esta sección se explican los principales conceptos relacionados con IPTV. Se describe el estado del arte del tema abordado a nivel internacional, nacional y específicamente en la UCI, además de las tendencias, actuales y beneficios que tiene la televisión sobre el protocolo IP.

Capítulo 2: Televisión sobre IP, este capítulo está dedicado al estudio de la tecnología IPTV. En el mismo se explica la arquitectura y funcionamiento de un sistema de transmisión de contenido multimedia teniendo en cuenta las técnicas de transmisión que se utilizan y los servicios que brinda dicha tecnología. Se aborda además temas como la calidad de servicio y la seguridad.

Capítulo 3: Propuesta de implementación de IPTV, en este capítulo se proponen los elementos y recomendaciones a tener en cuenta para la implementación de IPTV en la UCI, partiendo de un previo análisis del estado de la red de datos y la red de televisión. Se expone además los servicios que se recomiendan que se implementen así como los beneficios que suponen.

1. CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. Introducción

La televisión es uno de los grandes inventos del siglo XIX, desde sus inicios hasta la actualidad ha venido desarrollándose con pasos agigantados hasta llegar a la IPTV. Esta tecnología está transformando la televisión actual para convertirla en una televisión a la carta, donde cada usuario recibe una programación personalizada según sus gustos y preferencias. Las ventajas que ofrece esta nueva tecnología sobre otras existentes traen consigo que su implementación se extienda vertiginosamente a todo el mundo.

En este capítulo se aborda el surgimiento y evolución de IPTV, haciendo referencia a algunas de sus características, así como a los conceptos de relevancia que son objeto de análisis durante la investigación. Se realiza además un estudio sobre el estado de IPTV en el mundo para conocer las tendencias actuales y futuras, las diferencias, beneficios y desventajas con respecto a otras tecnologías, así como su posicionamiento en el mercado.

1.2. Origen y evolución de la televisión

La televisión tiene sus inicios a finales del siglo XIX con los primeros intentos de transmitir imágenes a distancia mediante la electricidad y los sistemas mecánicos. Los primeros modelos en funcionar fueron la televisión mecánica y la electrónica. La primera tuvo sus bases en el disco de Nipkow, mientras que la segunda se basó en el inoscopio, herramienta creada por el científico ruso-norteamericano Vladimir Zworykin.

A partir del siglo XX este medio de comunicación se convierte en el factor clave de la revolución tecnológica. En este período el mexicano Guillermo González Camarena impacta al mundo con la invención de la televisión a color, la cual constituyó el primer gran paso en la evolución de la televisión. Seguido a este gran acontecimiento surgieron las normas de codificación con el objetivo de estandarizar los sistemas de televisión. El primer sistema de compatibilidad se logró en 1953 en Estados Unidos (EE.UU) y fue denominado NTSC (del inglés National Television System Committee) por el nombre del comité regulador. Este formato es utilizado en la mayor parte de América y en algunos países de Asia: Japón, Corea del Sur, Filipinas, entre otros. Europa tuvo su propio desarrollo y dio origen al sistema

SECAM (del inglés Sequentiel Couleur A Memorie) desarrollado por Francia en 1967 y PAL (del inglés Phase Alternating Line) desplegado en Alemania por la empresa TELEFUKEN. Estos tres sistemas dominan los formatos analógicos de televisión en el mundo y debido a sus diferentes características, son incompatibles entre sí.

En 1994 inicia la televisión digital (DTV, del inglés Digital Television) con la introducción de los sistemas de televisión vía satélite DBS (del inglés Direct Broadcast Satellite) o DTH (del inglés Direct To Home). En contraste con la televisión tradicional, que envía sus ondas de manera analógica, la DTV codifica sus señales de forma binaria lo que posibilita crear vías de retorno para el desarrollo de aplicaciones interactivas. Este suceso constituye el mayor cambio tecnológico que ha sufrido la industria televisiva en los últimos 50 años.

La televisión de alta definición (HDTV, del inglés High Definition Television) es un formato de televisión dentro de la DTV que se caracteriza por una nueva pantalla con relación de aspecto 16:9 y capaz de reproducir con hasta 5 o 6 veces más detalle que los sistemas broadcast existentes [1].

La televisión tradicional no había evolucionado en más de 60 años, hasta que aparece la DTV y posteriormente la HDTV. La digitalización de las imágenes y el uso de eficientes técnicas de compresión, posibilitaron la difusión de contenidos audiovisuales con una calidad superior a la que se logra con el video analógico. Los principales estándares de la DTV son: ATSC (del inglés Advanced Television Systems Committee) de EE.UU, el ISDB (del inglés Integrated Service Digital Broadcast) japonés, el europeo, DVB (del inglés Digital Video Broadcast) y el formato chino DMV-T/H (del inglés Digital Multimedia Broadcast - Terrestrial/Handheld). La DTV significa varias ventajas sobre la transmisión analógica, entre las cuales se puede mencionar mayor calidad de imagen y sonido, alta definición y mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico, que permite aumentar el número de canales.

En la actualidad la DTV está muy desarrollada y es transmitida al usuario a través de diferentes medios como son el cable, el satélite y vía terrestre.

- La televisión digital por cable es el resultado de la aplicación de la tecnología digital a la señal de televisión, para luego distribuirla por medio de redes híbridas de fibra óptica y cable coaxial [2].

- La televisión digital por satélite es el resultado de la aplicación de la tecnología digital a la señal de televisión, para luego transmitirla a una amplia zona geográfica por medio de satélites de comunicaciones, en contraste con la televisión terrestre, cuyas ondas no salen de la atmósfera, o la televisión por cable, basada en la transmisión a través de redes de fibra óptica y cable coaxial [3].
- La televisión digital terrestre (TDT) es el resultado de la aplicación de la tecnología digital a la señal de televisión, para luego transmitirla por medio de ondas hertzianas terrestres, es decir, aquellas que se transmiten por la atmósfera sin necesidad de cable o satélite y se reciben por medio de antenas UHF (del inglés Ultra High Frequency) convencionales [4].

Por otra parte la llamada HDTV es una nueva forma de ver contenidos televisivos, esta tecnología ofrece imágenes de televisión cercanas a lo real con calidad de imagen comparable al cine. La HDTV puede utilizar dos resoluciones distintas: 1920×1080 y 1280×720 píxeles, siempre usando la proporción 16:9. Estas altas resoluciones se consiguen enviando la señal comprimida mediante algún códec como MPEG-2 o H.264.

Las potenciales ventajas de la DTV están fomentando la migración de todos los sistemas de televisión hacia la digitalización. El término de apagón analógico se maneja desde hace varios años y aunque no se ha logrado en su totalidad, muchos países, principalmente europeos, lo han llevado a cabo. Por ejemplo, Luxemburgo fue el primer país del mundo en realizar la transición completa a la emisión digital.

En la actualidad la industria de la televisión enfrenta un interesante reto con la transmisión de televisión IP (IPTV). IPTV es una nueva forma de ver televisión, debido a que la transmisión de las imágenes no se realiza con métodos de propagación electromagnética convencional sino a través de la red Internet. Especialistas en el tema afirman que IPTV, es sin dudas, la tendencia de las emisiones de televisión para el futuro.

1.3. Introducción a IPTV

La televisión sobre IP o IPTV como es comúnmente conocida, es la tecnología que plantea la transmisión de señales de televisión sobre una red de conmutación de paquetes, tal como lo es la red IP. IPTV no es un protocolo en sí mismo, constituye una técnica interactiva que ha sido desarrollada basándose en el

video-streaming. En la actualidad esta técnica es frecuentemente ofrecida como parte del paquete de servicios Triple-Play.

1.3.1. Surgimiento y evolución

IPTV tiene sus inicios en los años 80, cuando quedó demostrado por vez primera la posibilidad de enviar señales de televisión sobre las redes IP. Una década más tarde se dio a conocer que IPTV es factible pero debido a los requisitos de ancho de banda no se hizo posible su adopción y despliegue. A partir del 2000 el desarrollo de IPTV se convirtió en una realidad que revolucionó el mercado audiovisual, esto se debió a una serie de acontecimientos, tales como:

- Bajada del precio del equipamiento de los accesos de ADSL (del inglés Asymmetric Digital Subscriber Line), debido a la gran popularidad obtenida.
- Evolución tecnológica de las redes de los operadores (Ethernet).
- Se logra reducir el ancho de banda necesario para transmitir la señal de video con calidad (MPEG-4).

IPTV necesita un gran ancho de banda puesto que al tratarse de imágenes en tiempo real, es obligatorio contar con altas velocidades de conexión para su correcto funcionamiento. Los contenidos de video y televisión en IPTV son comprimidos mediante los estándares MPEG-2 o MPEG-4 los cuales proporcionan mayor grado de compresión y se envían en paquetes de datos. Estos paquetes viajan a través de la red de datos hasta la vivienda del usuario donde es decodificada la señal permitiendo ver los canales mediante la televisión convencional. El éxito de IPTV reside en la sencillez y comodidad de sus servicios y en la gran variedad de contenidos que ofrece. Además soporta un mayor número de canales puesto que el límite lo pone la capacidad de los servidores y el ancho de banda requerido para la demanda.

1.3.2. IPTV vs DTV

La principal diferencia entre estas dos modalidades viene dada por el canal físico de transmisión. La DTV cuenta con tres medios de difusión: terrestre, cable y satelital, mientras que IPTV se caracteriza por ser propagada mediante la red de datos. La DTV generaliza a múltiples usuarios la misma propuesta de contenido multimedia. En IPTV, los canales de televisión ya no transmitirán la misma programación para

todos los usuarios, sino que ofrecerá un servicio personalizado de los contenidos para cada cliente. Las redes de DTV están pensadas básicamente para la difusión de los contenidos audiovisuales, los cuales son emitidos por el proveedor sin tener en cuenta si el usuario está conectado o no o si desea consumir dichos contenidos. De manera diferente, con IPTV los contenidos llegarán solo cuando el usuario los solicite.

1.3.3. IPTV vs Televisión por Internet

Las expresiones IPTV y Televisión por Internet no hacen referencia al modo de transmisión de estos servicios, sino al modelo de explotación y negocio de los mismos. La principal diferencia es la manera en que el contenido se entrega.

IPTV es distribuida por vías seguras basadas en IP que representa un control de la distribución de contenido. Esta tecnología está representada por un perfil de sistemas de televisión cerrados, en los que el proveedor controla tanto la red de transmisión como los contenidos o el acceso a los mismos. Esto permite que el operador pueda controlar la calidad de la señal y el ancho de banda mínimo para ofrecer un servicio eficiente, lo cual constituye una de las más importantes diferencias de IPTV frente a la Televisión por Internet. La posibilidad de contar con un canal de retorno a través del cual el operador puede comunicarse con el cliente en tiempo real, brinda prestaciones como el video bajo demanda (VoD, del inglés Video on Demand), la medición de audiencias personalizada y la generación de canales de contenidos a la carta. Al mismo tiempo, facilita el desarrollo de modelos de negocios asociados, como el de suscripción o Pago por Ver (PPV, del inglés Pay per View).

En contraste la televisión por internet tiene una estructura abierta y representa un entorno menos controlado en el que tanto los contenidos como su acceso tienen un carácter libre. Gran número de pequeños y medianos productores de video acceden y publican sus contenidos multimedia en la web. Esto demuestra que la televisión por internet tiene cobertura global y cualquier usuario puede acceder a la misma sin necesidad de autenticarse. El servicio en esta modalidad es poco estable pues depende del uso y del entorno, la calidad de imagen es baja y no tiene garantizada la calidad de servicio. En la Tabla 1 se muestra una comparación de las principales características de IPTV y la televisión por internet.

Tabla 1: Comparación entre IPTV y televisión por internet.

	IPTV	Televisión por internet
Cobertura	Local, limitada a la red del operador	Teóricamente mundial
Usuarios	Clientes con IP y localización física conocida	Cualquier usuario, normalmente desconocidos
Calidad de imagen	Alta, con calidad de servicio (QoS)	Media o baja, sin QoS garantizada
Ancho de banda	Entre 2 y 4 Mbps	Entre 400 y 600 Kbps
Formato de video	MPEG 2, H.264	Windows media, Real, Quick Time, Flash, MPEG4, DivX
Receptor	Set top Box, PC con tarjeta exportadora	PC
Estabilidad del servicio	Muy estable	Poco estable dependiente del uso y del entorno
Seguridad	Usuario autenticado	Usuario anónimo
Derechos del contenido	Protegido por el sistema de acceso condicional (CAS) y de gestión sobre derechos de autor (DRM)	Normalmente sin proteger
Otros servicios	Guía de Programación Electrónica (EPG), VoD, PVR (del inglés Personal Video Recorder), interactividad	Normalmente ninguno
Relación con el cliente	Sí, soporte online y telefónico	Normalmente ninguna

1.4. Situación actual de IPTV en el mundo

El desarrollo de IPTV se está extendiendo aceleradamente a todo el planeta. Numerosas empresas de telecomunicaciones de todas las regiones, compiten fuertemente por la nueva tecnología como parte de la

convergencia de los servicios. Las cifras de suscriptores a IPTV aumentan considerablemente cada año. El 2008 cerró con más de 20 millones de usuarios en todo el mundo, lo cual representó un fuerte incremento con respecto al 2007 [5].

Aunque se evidencia un gran auge a nivel mundial, Europa lidera el avance en la distribución de servicios IPTV, seguido por Asia, Norteamérica y en menor grado Latinoamérica. Varias compañías europeas de telecomunicaciones, dedicadas principalmente al servicio de Internet de banda ancha y telefonía celular dieron los primeros pasos en la implementación de IPTV. El continente Asiático, representado por China no se quedó atrás y está entrando de lleno al mundo televisivo del siglo XXI. Por otra parte, América tiene su máxima representación en Norteamérica con sus grandes potencias EE.UU y Canadá. En menor medida Latinoamérica también está evidenciando los primeros despliegues.

1.4.1. Europa

El viejo continente fue el primero en inclinarse por la IPTV y muchos países de la región apostaron fuertemente por la nueva tecnología. Entre los más destacados se pueden mencionar España, Francia, Italia y Alemania. Reino Unido fue el país fundador con su empresa Kingston Interactive TV. Actualmente Europa ocupa el primer lugar en el mercado IPTV y como muestra la Figura 1 se estima para este año que la IPTV ocupe el 10% del total de televisión de pago en esta zona.

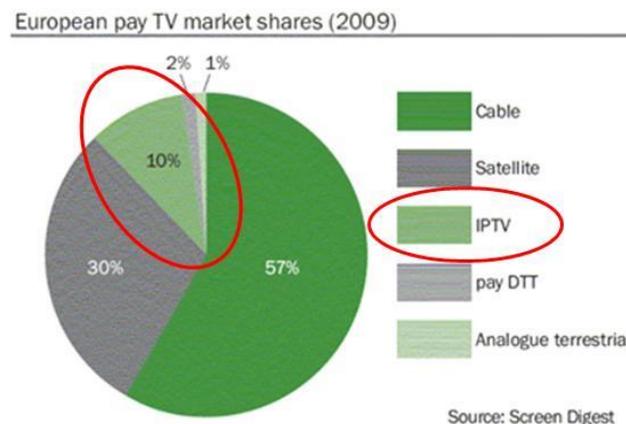


Figura 1: Mercado esperado en Europa (2009).

En el caso de España, la compañía Telefónica comenzó a ofrecer servicios IPTV bajo el nombre de Imagenio desde el 2004 en Alicante, Madrid y Barcelona. En la actualidad sus servicios se extienden por otras provincias del país. Imagenio es una de las plataformas de televisión más importante en la entrega de servicios IPTV, el pasado año llegó a los 600 000 suscriptores en España y dos millones en todo el mundo. En este período la compañía realizó significativos cambios con el objetivo de brindar mejores servicios a sus clientes. La incorporación de canales de alta definición y la propuesta de servicios en tres dimensiones, que fue probada en Brasil son muestra de ello. El desarrollo de Telefónica no se limita a Europa sino que se extiende hasta países de América como son EE.UU, Chile, Brasil, Perú y Argentina. La compañía de telecomunicaciones Jazztel también se incorporó a la nueva modalidad de televisión y lanzó oficialmente su proyecto Jazztelia TV en el 2005 aunque no ha tenido tanto éxito como Telefónica.

Francia es otro de los países europeos que más éxito ha alcanzado. Entre las empresas más significativas de la región se encuentran France Telecom, Free y Neuf. France Telecom lanzó su primer producto a finales del 2003, teniendo fuertes ingresos en el mercado. En el 2007 se colocó como el segundo proveedor de acceso a IPTV en el mundo y el número uno en Europa. Al igual que Telefónica, France Telecom se ha extendido a distintas regiones.

Otras naciones que se han manifestado por la IPTV en el continente europeo son Italia y Alemania. En el caso de Italia, la IPTV opera desde el 2001 y el proveedor pionero fue Fastweb. Existen otros proveedores como son Telecom Italia y Wind. Telecom Italia ofrece 53 canales y presta servicios en más de 250 ciudades en Italia, Francia, Alemania y en los Países Bajos. Por su parte Alemania con su empresa Deutsche Telekom lanzó su apuesta por la IPTV en el 2004. El año pasado alcanzó más de 220 000 suscriptores y aspira a llegar al millón de usuarios a finales del presente año. Actualmente ofrece 60 canales de televisión disponibles en toda Alemania [6].

1.4.2. Asia

En el continente asiático la IPTV ha conquistado una parte importante del mercado, llegando aproximadamente a 1.7 millones de suscriptores [7]. En esta región la IPTV tuvo un buen inicio liderado por PCCW (del inglés Pacific Century CyberWorks), la mayor firma de telecomunicaciones en Hong Kong. PCCW construyó su red usando tecnología de desarrollo propio y alcanzó a finales del año pasado 1.51

millones de abonados [8]. A pesar de esto no se ha logrado un alto número de suscriptores debido a los problemas regulatorios y a la baja penetración de la banda ancha en la mayoría de los mercados que están a menos de 10%, esto se evidencia en la Figura 2.

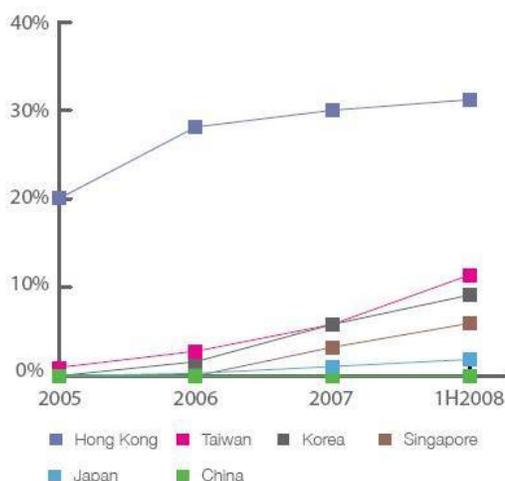


Figura 2: Penetración IPTV en Asia-Pacífico.

No obstante países como Corea, Singapur, Japón y Taiwán con su empresa Chunghwa Telecom, han sido testigos de importantes mejoras en la penetración de IPTV en los últimos dos años. En Corea del Sur por ejemplo, la compañía HanaroTelecom, fue el segundo proveedor de acceso a internet en el país durante el 2007, alcanza ya los 807 000 suscriptores [8].

China Telecom es también una gran potencia en lo que compete a IPTV. Esta empresa comenzó a trabajar con el Shangai Media Group (SMG) en el 2005 y actualmente tiene más de 565 000 abonados. SMG es una de las emisoras más grandes de China y ha desarrollado la IPTV en Shangai.

De manera general la Figura 3 muestra el crecimiento total de suscriptores a IPTV en la región Asia-Pacífico.

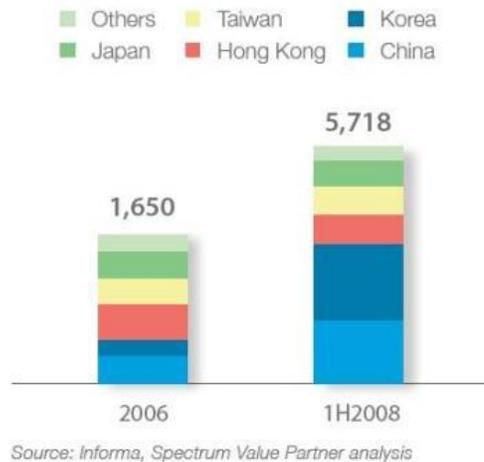


Figura 3: Crecimiento total de suscriptores de IPTV en Asia-Pacífico.

1.4.3. Norteamérica

La parte occidental del mundo, específicamente EE.UU y Canadá, no se ha quedado atrás en lo que a IPTV se refiere. Empresas norteamericanas realizaron los primeros movimientos para incorporarse a la nueva tecnología desde el 2005. Entre las propuestas más significativas de la región se encuentran las compañías AT&T (del inglés American Telephone and Telegraph) y Verizon de EE.UU y la empresa Bell de Canadá. En el caso de EE.UU, el líder del mercado es Verizon con su servicio Verizon Fios TV, que a finales del pasado año contaba con más de 1.6 millones de abonados y un índice de penetración de 19.7% [9]. Por su parte AT&T lanzó al mercado su servicio U-Verse TV en junio de 2006 y a fines de 2008 contaba con un millón de clientes y un índice de penetración del 8% [10]. En la actualidad cubre más de 79 mercados considerados entre los principales, en 16 estados. En Canadá la corporación Bell comenzó a comercializar IPTV desde el 2004 y también ofrecen el servicio otros importantes proveedores como SaskTel y Telus.

1.4.4. Latinoamérica

Si se compara el desarrollo de la IPTV en América Latina con los logros alcanzados en Europa y Asia, se notará que la región se encuentra en una etapa de desarrollo temprano. Si bien algunos servicios han sido lanzados en países latinoamericanos, la disponibilidad de ancho de banda, la tecnología de las redes y el

tema de las limitaciones legales, son algunos de los obstáculos para su despegue. Sin embargo, los proveedores de servicios ya la están considerando como una interesante posibilidad para ingresar al Triple-Play. Entre los pioneros de la IPTV en Latinoamérica se encuentran Telefónica del Sur en Chile, CTV TELECOM en Panamá y UNE en Colombia. En la actualidad solo el primero y el tercero están en marcha. En los últimos estudios de la consultora F&S (del inglés Frost & Sullivan) se pronostica que nuevas operadoras comenzarán a brindar servicio de IPTV durante este año, entre ellas ETB (Empresa de Teléfonos de Bogotá) en Colombia, Telecom en Argentina, CANTV (Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela) y Pacifitel en Ecuador.

Países como Brasil, Argentina y Venezuela también juegan un papel importante en el mercado de la IPTV. En el caso del primero, éste lanzó su servicio IPTV bajo el nombre de Videon en el 2007 con su empresa Brasil Telecom. Desde entonces ha estado trabajando en sociedad con proveedores nacionales e internacionales para mejorar su oferta de video a pedido. En este país existen otras compañías de peso como son: Telemar y Telefónica de Brasil. Al igual que en este estado, en Argentina el despliegue total de la IPTV se ve frenado por las barreras regulatorias. La vigencia de una ley de telecomunicaciones proclamada en los años noventa invalida definitivamente a las telcos (Telefónica y Telecom) el acceso a IPTV.

Tomando estos elementos en cuenta, se estima que el negocio de IPTV no se convertirá en un factor comercial de importancia en Latinoamérica en los próximos cinco años pero sí comenzará a despegar a partir de 2011-2012, cuando la infraestructura tecnológica de soporte esté más masificada [11]. En la Figura 4 se evidencia lo anteriormente planteado.



Figura 4: Estimación de la penetración IPTV en América Latina (2013).

1.4.5. IPTV en Cuba

Cuba al igual que muchos países de Latinoamérica no ha obtenido grandes logros en el desarrollo de esta tecnología, pero sí ha dado sus primeros pasos. Diferentes instituciones educacionales, entre las que se encuentra el Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echevarría” y la UCI, han desarrollado investigaciones sobre IPTV con el objetivo de familiarizarse y conocer a fondo la tecnología. En el caso de la UCI, este curso se creó el Grupo de Investigación y Desarrollo de IPTV con el propósito de desarrollar un middleware IPTV con herramientas libres.

Por otra parte la Empresa Cubana de Telecomunicaciones (ETECSA) realizó en el 2006 una prueba piloto que consistió en montar una plataforma IPTV en la Central de Buenavista con enlace a la TDT del Hotel Habana Libre. La prueba fue satisfactoria y se concluyó que era factible, aunque el despliegue total de la tecnología en la nación está muy lejos de la realidad. La Figura 5 que aparece a continuación muestra el diagrama de prueba de IPTV.

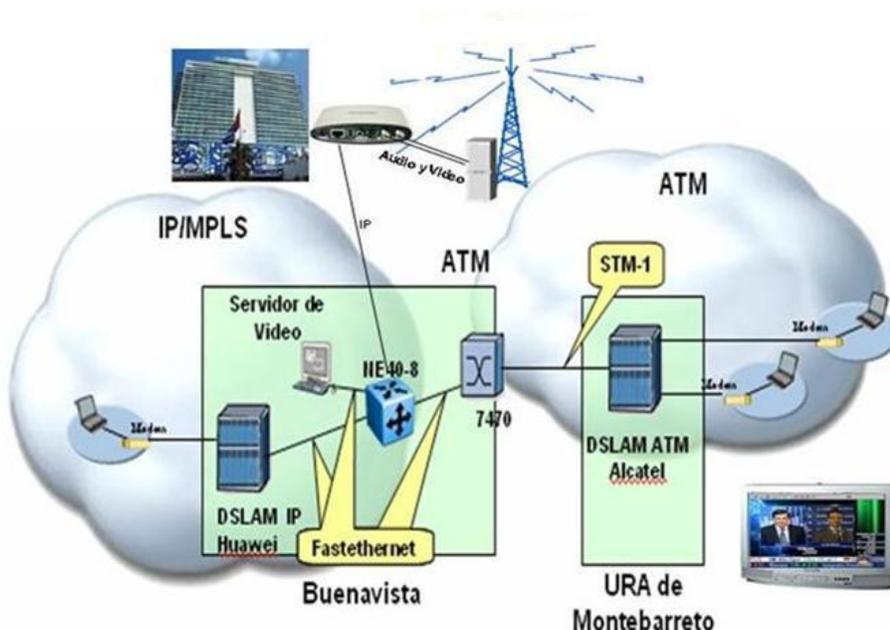


Figura 5: Diagrama de prueba de IPTV en Cuba [12].

1.4.6. IPTV Fórum

IPTV al igual que muchas otras tecnologías que estuvieron en su etapa de desarrollo, cuenta con un espacio donde los proveedores del servicio se reúnen cada cierto tiempo con el propósito de analizar lo descubierto entorno a ésta. En el caso de IPTV se crearon dos líneas de trabajo fundamentales: el Open IPTV Forum y el IPTV World Forum.

Open IPTV Forum fue el nombre que otorgaron al foro creado por las empresas vinculadas con la IPTV. Este espacio fue organizado con el objetivo de establecer un modelo único de IPTV para garantizar la compatibilidad entre todos los sistemas. Entre las compañías que patrocinan este fórum se encuentran Ericsson, Panasonic, Phillips, Samsung Electronics, Siemens, Sony, Matsushita, AT&T, Telecom, Italia y France Telecom. Esta alianza se enfoca principalmente, en la normalización de la interoperabilidad, la seguridad de los contenidos, potenciar la interactividad y ayudar a maximizar las ventajas que puede aportar el IPTV a los usuarios [13].

El IPTV World Forum tiene una función similar al Open IPTV Forum. Desde sus inicios en el 2005 este grupo de trabajo se ha reunido todos los años. En sus encuentros reúne a numerosos especialistas, importantes líderes en telecomunicaciones y proveedores de servicios de todo el mundo, lo cual constituye su principal característica. Este foro se enfoca en dar a conocer la IPTV a todas las regiones del planeta y en fomentar su desarrollo en las mismas, lo que ha impulsado la creación de Foros específicos en América, Asia y Europa. Este año tendrá lugar el quinto encuentro consecutivo entre los días 25 y 27 de marzo en Londres. Se espera que al mismo asistan 100 ponentes, todos expertos en telecomunicaciones.

Entorno a la IPTV se realizan otros eventos tales como la cumbre europea de Connections y la cuarta conferencia anual de Convergencia e IPTV de Goldman Sachs en Londres. La cumbre europea de Connections se celebró el pasado año y en la misma se analizó el crecimiento de la IPTV en Europa y los nuevos desafíos que viven los proveedores del servicio en la actualidad.

1.4.7. Tendencia actual en el mercado IPTV

La Figura 6 muestra la gran aceptación a nivel mundial que está teniendo IPTV, principalmente en los países donde hay bases de clientes considerables en la banda ancha.

PENETRACIÓN IPTV EN EL MUNDO (2008)	
HONG KONG	37%
FRANCIA	14%
BÉLGICA	10%
TAIWÁN	10%
SINGAPUR	9%
NORUEGA	7%
SUECIA	7%
COREA DEL SUR	5%
HOLANDA	5%
ESPAÑA	5%

Fuente: Informa Telecoms & Media

Figura 6: Penetración de la IPTV en el mundo.

Si bien la IPTV está ganando cada día más suscriptores, cabe destacar que también los retos y las exigencias de los consumidores aumentan constantemente. Factores tales como la disponibilidad, la

calidad del servicio, la escalabilidad y la flexibilidad son primordiales para que operadores y proveedores del servicio alcancen el éxito en el mercado IPTV. Por tanto, el peso recae sobre los proveedores de servicios de telecomunicaciones a fin de que éstos innoven y presenten ofertas diferenciadoras.

De manera general, la IPTV sigue ganando terreno en el mercado de las telecomunicaciones. Las estadísticas demuestran el constante aumento de la penetración de IPTV en el mundo y el fortalecimiento de los principales mercados, como se muestra en la Figura 7.



Figura 7: Proyecciones de suscriptores de IPTV en el mundo (2007-2013).

1.5. Conclusiones

En este capítulo se realizó una breve reseña sobre la evolución de la televisión hasta llegar a IPTV y la penetración de dicha tecnología en distintas zonas geográficas. Además se hizo un análisis comparativo de IPTV con respecto a otras tecnologías de igual propósito, concluyendo que IPTV posee numerosas ventajas sobre éstas. Teniendo en cuenta lo anteriormente explicado y el crecimiento acelerado del número de suscriptores a IPTV a nivel mundial se puede ultimar que ésta tecnología constituye el camino para lograr la transmisión de señales de televisión con mayores índices de calidad.

2. CAPÍTULO 2: TELEVISIÓN SOBRE IP

2.1. Introducción

En este capítulo se explican los diferentes servicios de IPTV, las técnicas que se utilizan en la transmisión del contenido, así como la arquitectura y funcionamiento de la tecnología. Además se hace referencia a los mecanismos para garantizar la calidad de servicio y la seguridad de los paquetes en la red.

2.2. Servicios de IPTV

Desde hace algún tiempo IPTV es la tecnología que está revolucionando el mercado audiovisual y despertando gran interés en las compañías de telecomunicaciones. La misma por sus características físicas y técnicas permite ofrecer a los usuarios interesantes prestaciones. Entre las principales ventajas y servicios de IPTV se destacan:

➤ **Televisión Interactiva**

La interactividad constituye uno de los mayores retos de la televisión, en IPTV este servicio es mucho más fácil de realizar que en otras tecnologías como la DTV ya sea por cable, satélite o vía terrestre. Como se ha dicho con anterioridad, en IPTV el video es transmitido por la red de datos, la cual es usada a su vez como canal de retorno permitiendo que el cliente interactúe de manera directa y en tiempo real con el proveedor de los servicios. La posibilidad de contar con un canal de retorno de banda ancha basado en IP permite un amplio número de servicios y la personalización de estos teniendo en cuenta los gustos y preferencias del usuario. La televisión interactiva puede adoptar muchas formas, que van desde la simple pulsación de un botón en un menú hasta planes más sofisticados. De acuerdo al nivel de interacción puede clasificarse de dos formas: local y global.

Interactividad local: se refiere a los servicios interactivos que no necesitan del uso del canal de retorno.

Interactividad global: se refiere a los servicios interactivos con la utilización del canal de retorno.

Algunos ejemplos de televisión interactiva son:

- Selección de ángulo de cámara, donde el espectador puede escoger diferentes ángulos de cualquier evento que se transmita en vivo.
- Votación/sondeos de opinión, donde el resultado de un caso que se esté abordando en directo a través de la televisión está determinado por una votación de la audiencia.
- Anuncios/respuesta, donde los espectadores pueden solicitar más información sobre un producto o servicio anunciado.
- Publicidad personalizada, el hecho de que en IPTV exista un canal bidireccional permite a los usuarios determinar y seleccionar las áreas de interés sobre las que les gustaría recibir ofertas de publicidad.

➤ Video bajo Demanda

La idea de permitir a los espectadores ver la programación que desean en el momento que quieran no es nueva. Pero los avances tecnológicos y la reducción de los costos traen aparejado que el VoD se vuelva cada vez más atractivo para los proveedores de servicios básicos. El concepto de VoD se basa en que un programa es almacenado y entregado al usuario solo cuando éste lo solicita.

La reproducción de los contenidos es enviada desde los servidores del proveedor al usuario de forma individual, de modo que éste puede pausar, rebobinar o avanzar la reproducción a su voluntad, facilitándole al usuario la comodidad en la visualización. Por tanto los usuarios de IPTV no están sometidos a los horarios del proveedor para disfrutar de sus contenidos. La posibilidad de elegir una televisión a la carta para cada usuario, es decir, que un cliente pueda demandar y recibir un contenido totalmente diferente al que solicita su vecino, es la principal ventaja de IPTV con respecto a la DTV. Diversas formas de VoD se han probado durante años y muchas de ellas siguen existiendo de una forma u otra. La Tabla 1 muestra los tipos más populares de servicios de VoD.

Tabla 2: Tipos de VoD.

Tipo	Descripción
VoD	El espectador recibe un flujo de vídeo individual y tiene un control total sobre

	este, pudiendo iniciar, pausar, rebobinar y realizar avance rápido del contenido.
Casi al VoD (NVoD)	Similar al VoD pero sin el control de flujo de video individual. Una forma común de NVoD es transmitir copias de un programa a partir de intervalos de cinco minutos.
Suscripción al VoD (SVoD)	Similar al VoD pero con diferente sistema de pago. En SVoD, los abonados pagan una cuota fija mensual por acceso ilimitado a una biblioteca de títulos.
Libre VoD (FVoD)	Es una variación de VoD donde el pago es eliminado. En la mayoría de los sistemas consiste en anuncios, guías y otros contenidos de bajo coste.
Pago por Ver (PPV)	Este precursor de la tecnología de VoD se utiliza principalmente para ofrecer programación en vivo pagado, como conciertos o eventos deportivos.

➤ Time Shift TV

Time Shift TV o pausa de TV en vivo es una funcionalidad que permite parar una imagen de un programa en vivo o repetir alguna escena que fue reproducida recientemente.

➤ PVR

La grabación personalizada de video es un interesante servicio de IPTV. En esta modalidad los dispositivos reciben la programación de vídeo y la comprimen para grabarla en un disco duro que suele encontrarse en un STB. Los televidentes pueden controlar el PVR para reproducir contenidos, incluyendo pausa, avance rápido y rebobinado.

➤ Mini EGP

Guía Electrónica de Programación, es una agenda donde se presenta la programación prevista de los canales en vivo contratados. Además permite acceder a detalles de programas actuales, pasados o futuros como: duración, género, origen, director, actores, entre otras cosas.

➤ Broadcast y Multicast

La IPTV trae asociado los servicios de Broadcast y multicast. El broadcast permite realizar la transmisión de los contenidos a todos los nodos de una red a la misma vez. Por su parte la tecnología multicast garantiza un uso óptimo de la red del operador en función de los consumos del usuario. El uso eficiente de los recursos de red evita la replicación innecesaria de flujos. Esta tecnología está directamente orientada hacia las aplicaciones multimedia y tiene como característica la escalabilidad puesto que permite que los servicios y aplicaciones sean accesibles para un gran número de participantes.

➤ **Medición de audiencia**

IPTV al tratarse de un perfil cerrado, donde el proveedor maneja tanto la red de transmisión como los contenidos, permite tener control sobre la audiencia de la comunidad universitaria sobre materiales específicos. La medición de audiencia dice cuantas personas están viendo un programa de televisión en un momento dado e indica la preferencia relativa de los espectadores hacia un determinado espacio con respecto a otros que se emiten simultáneamente [14].

➤ **Navegación Web**

Haciendo uso del televisor y el STB IPTV es posible realizar funciones normalmente asociadas a un navegador web de una PC como son acceso al correo electrónico, canales de chat, compras y consulta de facturas en línea, votaciones, juegos interactivos, publicidad interactiva y servicio al cliente.

➤ **Videoconferencia y Educación a distancia**

IPTV permite desarrollar servicios como la videoconferencia. La videoconferencia es una tecnología que proporciona la comunicación directa entre dos o más personas que se encuentran ubicadas en diferentes lugares a través del envío y recepción de audio, video y datos.

Esta tecnología permite realizar una conexión a cualquier parte del mundo, sin la necesidad de trasladarse a un punto de reunión y es muy aplicada en la educación a distancia. Hoy en día esta modalidad educativa funciona enviando al estudiante el material de estudio a través de diferentes medios como son el correo electrónico, internet e IPTV. A la enseñanza desarrollada mediante las nuevas tecnologías de telecomunicaciones se le conoce como e-learning [15].

➤ **HDTV**

La televisión de alta definición se caracteriza por emitir las señales televisivas en una calidad digital superior a los sistemas ya existentes. La pantalla HDTV utiliza una proporción del aspecto 16:9. La alta resolución de las imágenes (1920 píxeles x 1080 líneas o 1280 píxeles x 720 líneas) permite mostrar mucho más detalle comparado con la televisión analógica o de definición estándar.

➤ **Vista previa de los canales (Mosaico)**

IPTV posibilita la presentación de programas en mosaico proporcionando una vista previa de cada uno de los canales.

➤ **Servicios personalizados**

Con IPTV se pueden obtener servicios personalizados a la altura de las demandas actuales de los clientes. Crear y reproducir la lista de los programas y/o videos favoritos y acceder a los programas más populares o más vistos es ya una realidad en IPTV.

➤ **Streaming de video**

El video streaming permite la transmisión de contenido multimedia sin necesidad de descargarlo en la computadora del usuario. Para la reproducción del video el usuario accede a la página que contiene el video y desde su computadora inicia la reproducción del mismo, el servidor envía la transmisión de forma continua al tiempo que el video se visualiza. Con la recepción de una pequeña parte el usuario podrá comenzar a visionar el contenido, mientras continúa recibiendo la corriente de datos que irá visualizando posteriormente de forma continuada e ininterrumpida. El streaming de video se puede usar de muchas formas, un ejemplo de ello es la educación a distancia, universidades, presentaciones, videos promocionales, ver televisión.

➤ **Integración**

La integración es una forma de ofrecer varios servicios en un paquete integrado para muchas empresas. La IPTV permite combinar la transmisión de televisión con la transferencia de datos sobre la misma red,

esto significa reducción de los gastos en redes y que el consumidor tiene que tratar con un proveedor en lugar de dos.

2.3. Arquitectura y funcionamiento de IPTV

Existen diversas arquitecturas que definen cómo se realiza el transporte de información sobre diferentes redes de telecomunicaciones, pero cualquier red de distribución basada en IP requiere incorporar algunos módulos. La Figura 8 muestra la arquitectura general de un sistema IPTV, la cual está conformada por los siguientes módulos: Núcleo de contenido, Red de transporte y Red de acceso.

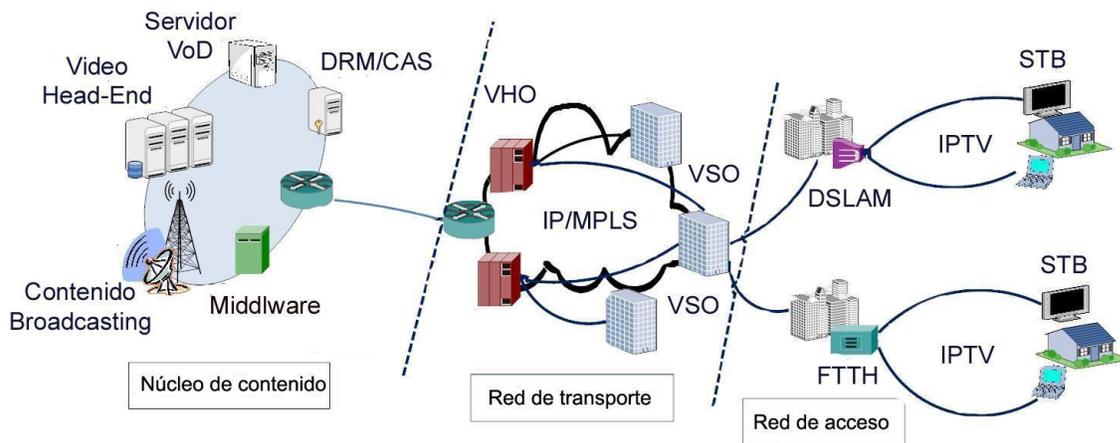


Figura 8: Arquitectura general de un sistema IPTV.

Núcleo de Contenido

Dentro del Núcleo de Contenido se encuentran los elementos que manejan y controlan las funcionalidades del sistema IPTV. Dentro de los más importantes se puede destacar el Head End o cabecera, el Middleware, los servidores de contenido y protección de contenido.

La cabecera está conformada por los elementos que se encargan de recibir las señales en vivo y convertirlas al formato requerido para su transmisión por la red. De manera general se pueden considerar como las antenas de recepción satelital, equipos de codificación y compresión, receptores y equipos de encaminamiento.

El middleware es un software de gestión de aplicaciones que interactúa con la red de acceso, la cabecera y los terminales STB y tiene como función soportar la entrega de servicios de IPTV, definiendo y controlando la forma en que el usuario interactúa con el sistema. Algunas de sus funciones principales son:

- Interacción con los distintos subsistemas para lograr la gestión de la plataforma IPTV.
- Realizar la gestión de productos, gestión de abonados, y gestión de contenidos.
- Soportar la actualización remota del STB.
- Proveer una EGP

El servicio de VoD es uno de los mayores atractivos de IPTV pero para brindar este servicio es imprescindible contar con servidores de contenido bajo demanda que son los encargados de almacenar y transmitir por la red los videos que podrán ser solicitados por los usuarios para ser recibidos a demanda.

Un sistema de protección del contenido es el encargado de realizar la encriptación de la información, de controlar que cada cliente tenga acceso solo al servicio que pagó, de evitar el acceso no autorizado a los servicios y la duplicación del contenido de modo que no se viole el derecho de propiedad intelectual. Para cumplir tales funciones existen los CAS (del inglés Conditional Access System) y DRM (Digital Right Management).

Red de transporte

La red de transporte es una capa intermedia que permite interconectar al núcleo con la red de acceso. Es la encargada de transportar el contenido IPTV hasta los nodos de acceso donde se realiza la distribución de contenido hacia cada cliente. El transporte hacia estos nodos de acceso se realiza mediante switches/routers y la forma más común de hacerlo es mediante el mecanismo de transporte MPLS (del inglés Multiprotocol Label Switching) sobre IP.

Red de acceso

La red de acceso es el último módulo en la arquitectura IPTV para lograr entregar el contenido a los clientes. La parte más importante que compone este módulo es conocida como Última Milla. Este término se refiere a la tecnología o red de acceso que conecta al cliente hasta la red donde se maneja el contenido, o sea, los nodos de acceso. Como IPTV necesita de gran ancho de banda para soportar el tráfico de contenido multimedia en tiempo real se usan las últimas tendencias de tecnologías de acceso: xDSL de alta velocidad y conexiones de fibra óptica hasta el hogar (FTTH, del inglés Fiber to the Home).

Otro dispositivo de significativa importancia en la red de acceso es el STB que es el equipo terminal del usuario. El STB es el encargado de decodificar las señales provenientes de la red de datos en flujos de información multimedia para que pueda ser compatible con el televisor convencional. Los STB presentan una interfaz Ethernet, que se utiliza para conectarse a la red de datos e interfaces RCA (del inglés Radio Corporation of America) o coaxiales para realizar la conexión con los televisores convencionales. Además, disponen de un control remoto mediante el cual interactúan con el sistema y de un teclado para la configuración y acceso a internet desde el mismo televisor.

Estos terminales poseen internamente un software compatible con el middleware, que le permite interactuar con el mismo para realizar peticiones de servicios de VoD, uso de la EPG, soporte a aplicaciones de facturación, suscripción de canales y control de acceso. También pueden incluir en su interior un disco duro con el fin de almacenar el contenido para su futura reproducción, permitiendo la grabación personalizada de video. Los STB realizan una función importante en la identificación de cada cliente como único en la red, así como de sus preferencias y gustos. De igual manera poseen la funcionalidad de detener o rebobinar programas de VoD.

2.4. Sistema de transmisión de contenido audiovisual en IPTV

En un sistema básico de transmisión de contenido audiovisual en IPTV se distinguen cuatro etapas:

1. Procesamiento del video, en la cual se captura la señal de video, se codifica y se realiza la compresión del audio/video.
2. Almacenamiento, donde existe un servidor que almacene y suministre los contenidos multimedia digitales.

3. Distribución, existe un canal de distribución que conecta al cliente con el servidor, en el caso de IPTV sería una red IP.
4. Finalmente se necesita un cliente reproductor multimedia que sea capaz de recibir el streaming de video, decodificarlo y reproducirlo. En las redes IPTV este cliente puede ser el STB o una computadora.

2.4.1. Procesamiento del video

En el procesamiento del video se identifican tres fases diferentes, la primera se refiere a la conversión de analógico a digital, o sea la captura; en la segunda fase (codificación/compresión) se elimina la redundancia presente en la información de audio/video y la tercera hace referencia al empaquetamiento de los datos previamente comprimidos.

➤ Captura de señales de video

En la mayoría de los casos las señales que se capturan son analógicas, como las que se obtienen de las transmisiones en tiempo real o en vivo. Éstas al no encontrarse almacenadas en algún medio digital como sí ocurre en el VoD deben ser procesadas. Existen dos tipos de equipamiento capaz de realizar la captura: los que además de capturar comprimen el video y los que no realizan esta última función. Los equipos profesionales no comprimen el video luego de la captura, sólo guardan la información en un formato digital crudo llamado CIF (del inglés, Common Intermediate Format) para su posterior compresión por software o hardware específico.

➤ Codificación/Compresión de video

La cantidad de información que resulta luego de obtener una codificación cruda del video suele superar ampliamente la capacidad de almacenamiento y transmisión en un sistema IPTV, por tanto es imprescindible aplicar alguna técnica de compresión. Con el objetivo de eliminar la redundancia y reducir el volumen del flujo de datos se desarrollaron los mecanismos de compresión/descompresión (Codecs). Estos algoritmos se caracterizan por especificar un par de sistemas: el codificador y el decodificador. El primero convierte una señal de video en formato CIF a un formato comprimido que es reconocido por el decoder, el cual restablece la señal de video intermedia para luego ser presentada en un televisor.

Obtener la menor cantidad de información y lograr representar lo más fiel posible el video original son los objetivos de los codecs. Pero estas dos características son inversamente proporcionales, o sea, mientras más se reduce el tamaño de los videos más tendencia existe a disminuir la calidad y viceversa, por tanto es necesario un equilibrio entre ambos. Las técnicas de compresión se clasifican según la pérdida de información en: sin pérdidas o con pérdidas. La primera clasificación garantiza que luego de la decodificación de un video, éste quede exactamente igual a la codificación cruda original. Sin embargo, no es muy utilizada porque, por lo general, la codificación resultante presenta los mismos requerimientos de almacenamiento y transmisión que el video crudo original.

En los sistemas de IPTV el codificador es un hardware de propósito específico, de alta disponibilidad y calidad. Mientras que el decodificador se encuentra implementado generalmente por software en el STB. Aunque en la actualidad los sistemas de video digital como la televisión digital por cable, terrestre y satelital o el formato DVD utilizan el estándar MPEG-2, existe una clara adopción por la industria del estándar MPEG-4 para el despliegue de nuevos sistemas de video digital. En particular los sistemas de IPTV adoptan mayoritariamente el estándar MPEG-4 parte 10.

Estándares de codificación y compresión

En la actualidad numerosos estándares de codificación se han desarrollado, pero los más aceptados por la industria son los especificados por el grupo MPEG (del inglés Moving Pictures Expert Group) de la ISO (del inglés International Standard Organization). Entre los estándares más usados en IPTV se encuentran:

➤ **MPEG-1 (ISO/IEC 11172)**

El sistema MPEG ha evolucionado a gran escala desde 1991. En esta fecha la ISO preocupada por la necesidad de almacenar y reproducir imágenes de video digitales y su correspondiente sonido estéreo creó el grupo de expertos MPEG. La primera versión surgida en 1992 fue ISO/IEC 11172 conocida comúnmente como MPEG-1. La idea inicial de este primer trabajo fue la de permitir el almacenamiento y reproducción en soporte CD-ROM con un flujo de transmisión de datos de 1,5 Mbps, transportando tanto imagen como sonido.

➤ **MPEG-2 (ISO/IEC 13818)**

Debido a que la calidad en la compresión de video en el estándar MPEG-1 era baja y no servía para otras aplicaciones se creó la norma ISO/IEC 13818, popularmente conocida como MPEG-2. Esta especificación permite un flujo de transmisión de hasta el orden de los 20 Mbps, transportando tanto imagen como sonido. Además puede soportar relaciones de aspecto de 4/3 y 16/9, así como múltiples canales de audio y video. Esta especificación, fue suficiente para realizar la codificación y compresión de sistemas de televisión de alta definición, por lo que una especificación de MPEG-3, fue innecesaria para tales fines [16].

➤ **MPEG-4 (ISO/IEC 14496)**

El siguiente progreso tecnológico de MPEG, fue la especificación MPEG-4. Ésta añade a sus antecesores, la viabilidad de transmisión de televisión en datos empaquetados, sobre redes de banda ancha. La parte 2 del estándar MPEG-4 (ISO/IEC 14496-2) conocida como MPEG-4 Visual especifica la codificación y decodificación de video digital. MPEG-4 Visual se terminó de estandarizar en 1999. Como resultado de la unión de los grupos MPEG, IETF (del inglés, Internet Engineering Task Force) e ITU se obtuvo en el 2003 el estándar MPEG-4 parte 10 (ISO/IEC 14496-10) que también es conocido como AVC (del inglés Advanced Video Coder). La versión de AVC definida por la ITU es el H.264 y equivale a MPEG-4. Esta norma tiene la posibilidad de proveer calidad en televisión de definición estándar a 2 Mbps y es aproximadamente un 50% más eficiente que la usada en MPEG-2 [15].

➤ **Windows Media Video 9 (WM9)**

WM9, también conocido como VC-1 es la versión nueve del formato Windows Media Video (WMV) utilizado por Microsoft. Este estándar proporciona una mejora de la calidad de entre un 15 y un 50 % en comparación con WMV 8. Además garantiza una calidad de video comparable a la de un archivo MPEG-4 pero con un tamaño reducido a la mitad. Esta última versión del códec es utilizada además en la distribución de video de alta definición sobre DVD, es un formato que Microsoft ha denominado WMV HD.

La Tabla 3 que aparece a continuación muestra una comparación entre los estándares anteriormente mencionados.

Tabla 3: Comparación entre estándares de compresión.

Formato	Fabricante	Bitrate	Cuadros/s	Calidad	No. Perfiles
MPEG-1	MPEG	1.5 Mbps	30	VCD	-
MPEG-2	MPEG	2-100 Mbps	30	SVCD, DVD	5
MPEG-4 p2 (Visual)	MPEG	64Kbps-4Mbps	30	DVD	8
MPEG-4 p10 (H.264)	MPEG	40Kbps-10Mbps	30	DVD, HDTV	7
WM9 (VC-1)	Microsoft	512-750 Kbps	30	DVD	-

Hoy la variante H.264/ AVC o MPEG-4 parte 10 presenta mejores características que MPEG-4 parte 2, resultando, conjuntamente con WM9, de la empresa norteamericana, Microsoft, las dos formas más eficientes de comprimir video para streaming [16].

➤ **Empaquetamiento del video**

Una vez comprimido el video mediante algún estándar, los componentes básicos del video comprimido (flujos de video y audio) necesitan ser empaquetados para su posterior transmisión. Los flujos elementales se dividen en paquetes de diferentes tamaños llamados PES (del inglés, Packetized Elementary Stream), a este proceso se le conoce como empaquetamiento.

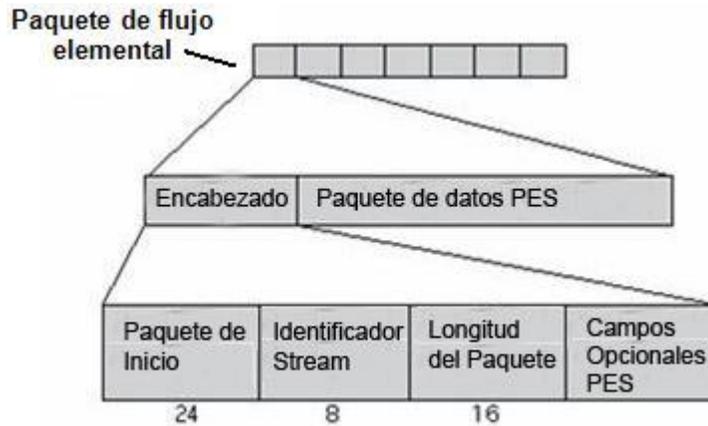


Figura 9: Encabezado de un PES.

Como muestra la Figura 9 el encabezado de un paquete PES tiene cuatro campos. El primero, Paquete de Inicio indica el inicio del paquete y ocupa 24 bits. El campo Identificador Stream es un identificador del flujo de 8 bits que identifica el tipo de flujo elemental correspondiente al paquete PES. El campo Longitud del Paquete indica el largo o tamaño del PES y ocupa 16 bits. La última división indica un conjunto de campos opcionales entre los que se encuentran el PTS (del inglés Presentation Time Stamp) y el DTS (del inglés Decode Time Stamp) que son usados en la sincronización para la decodificación y presentación del audio/video.

Para crear un contenido multimedia que posteriormente pueda ser reproducido es necesario combinar varios PES, al menos uno de audio y uno de video, este proceso es conocido como multiplexación. Una vez finalizado el proceso de combinación el video puede ser tratado de dos formas diferentes: almacenado para su posterior reproducción como es el caso del video bajo demanda o transmitido en tiempo real. En el caso de transmitirlo por un canal de televisión, una vez multiplexados los PES es necesario que se sincronice con un reloj para lograr una reproducción unida y sincronizada.

2.4.2. Almacenamiento

Una vez que los flujos han sido codificados son almacenados en contenedores. Un contenedor es un tipo de archivo informático que almacena información de video, audio, subtítulos e información de sincronización. A diferencia de los estándares MPEG-1 y MPEG-2, MPEG-4 sí realiza una especificación

de contenedor en su parte 14. Este contenedor está basado en el estándar ISO Media File Format. Algunos formatos de contenedores son: avi, mpg, wmv, mov, mp4. Estos contenedores o ficheros son almacenados en los servidores para ser transmitidos en forma de streaming al usuario.

2.4.3. Distribución del contenido

2.4.3.1. Redes IP

Como se ha explicado al inicio de la investigación, IPTV se traduce básicamente en el empaquetamiento del contenido audiovisual en el datagrama IP y su transmisión sobre una red de datos. Las técnicas para la transmisión de video en las redes IP son conocidas como mecanismos de streaming. Como todo servicio que se entrega sobre la red IP, IPTV usa un grupo de protocolos que definen cómo se realiza el transporte y manejo del video. En la Figura 10 se muestra como estos protocolos se encuentran distribuidos en las capas de la arquitectura TCP/IP que es la que rige la comunicación en las redes de conmutación de paquetes.

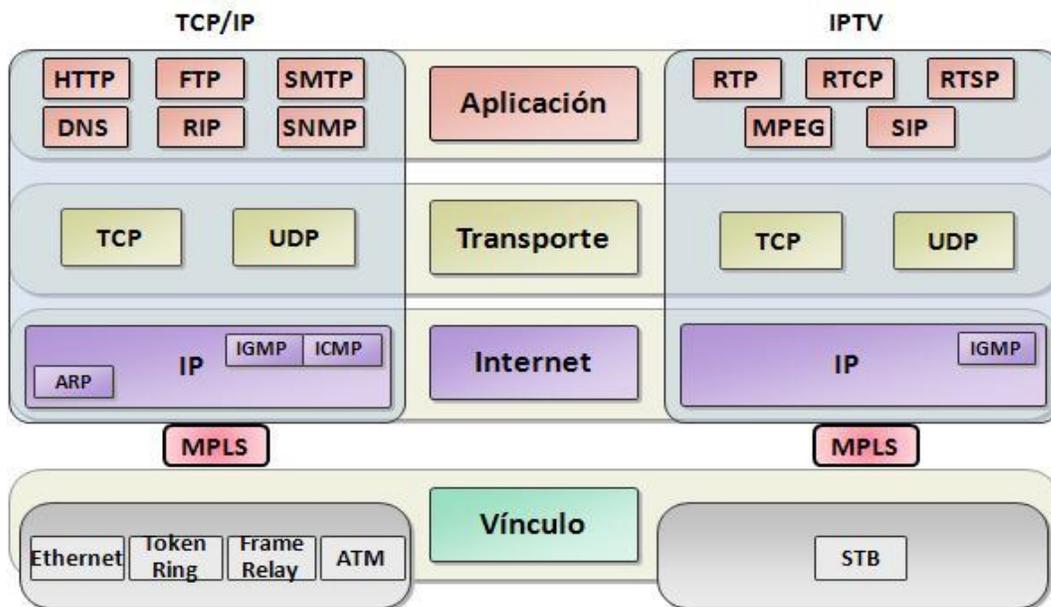


Figura 10: Arquitectura de TCP/IP para IPTV.

2.4.3.2. Protocolos de red

➤ Protocolo de Internet (IP)

El protocolo de internet es la base fundamental de la red IP, su importancia se debe a la capacidad de permitir el desarrollo y transporte de los datagramas. IP proporciona un servicio de distribución de los paquetes de información no orientado a conexión de manera no confiable. Esto significa que no garantiza la entrega de los paquetes, esta función la deben realizar los protocolos de las capas superiores. En la Figura 11 se evidencia cómo IP define la unidad básica para la transferencia de datos y especifica el formato de los datagramas para viajar por la red. Además es el responsable de realizar las funciones de enrutamiento. Actualmente la versión que se usa de este protocolo es IPv4 aunque ya existen implementaciones de una versión superior: IPv6. IP es el protocolo de red de internet y de los sistemas IPTV.



Figura 11: Formato del datagrama IP.

El primer campo indica la versión del protocolo IP que se está utilizando. El campo Hlen (Longitud del encabezado) especifica el tamaño de la cabecera y ocupa 4 bits. El campo Tipos de Servicio (TOS, del inglés Types of Service) indica el tratamiento que se le debe dar al datagrama. El cuarto campo, Longitud total indica el tamaño total del datagrama en bytes. Los campos Identificación, Flags y Desplazamiento de fragmentos permiten la fragmentación de los datagramas. El campo TTL (Tiempo de vida) limita el tiempo que un datagrama puede circular por la red antes de ser descartado. El campo Protocolo especifica de qué protocolo proviene el datagrama. Checksum (Suma de Comprobación) es el campo que permite

controlar la integridad de los datos y finalmente los campos Dirección origen y Dirección destino indican la dirección del emisor y del receptor.

- **Protocolo de gestión de grupos en internet (IGMP, del inglés Internet Group Management Protocol)**

En los sistemas IPTV la difusión de contenido multicast es fundamental para la distribución de un mismo contenido a múltiples usuarios simultáneamente. IGMP es el protocolo usado para controlar la entrega de tráfico multicast a los grupos autorizados. Este protocolo, al igual que ICMP (del inglés Internet Control Message Protocol), se encuentra ubicado en un subnivel por encima del protocolo IP dentro de la capa de internet, como se puede apreciar en la Figura 10. IGMP está estrechamente unido al protocolo IP y puede ser considerado como un módulo de éste. El objetivo de IGMP es permitir a los equipos terminales comunicarle al router IP Multicast que quieren recibir cierto grupo de multicast a través de la red local. A su vez los routers periódicamente preguntan cuáles grupos siguen activos o no en cierto segmento de red. Los mensajes IGMP viajan encapsulados dentro del datagrama IP y están estructurados como sigue.

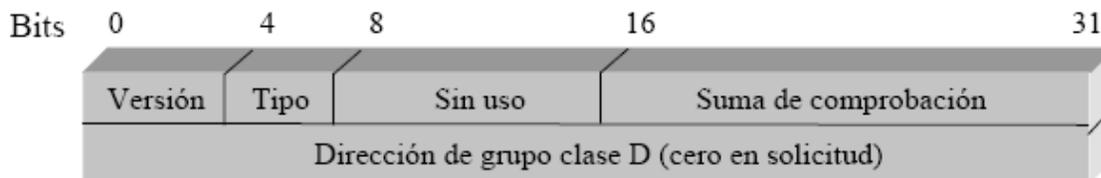


Figura 12: Formato de un mensaje IGMP.

Como muestra la Figura 12 el formato de un mensaje IGMP es muy simple. El primer campo (versión) ocupa cuatro bits e identifica el número de versión. El campo Tipo indica el tipo de mensaje y también ocupa cuatro bits. Existen dos tipos de mensajes:

- **Tipo 1:** se refiere al mensaje de solicitud de pertenencia a un grupo enviado por un router de multidifusión local a todos los host vecinos conectados a la misma red de acceso.
- **Tipo 2:** se refiere a que un host perteneciente a determinado grupo envía un mensaje confirmando su pertenencia al resto de los host del grupo en la misma red de acceso.

El campo Sin uso ocupa 8 bits y no se usa, por lo que va todo a ceros. El campo Suma de comprobación ocupa 16 bits y es similar al explicado en el datagrama IP. Finalmente Dirección de grupo clase D indica la dirección de la clase D para IPv4.

IGMP tiene tres versiones, hoy en día la versión uno no se utiliza debido a que ha sido grandemente mejorada en las versiones dos y tres.

IGMPv2

IGMPv2 es la versión actualizada de IGMPv1 con la cual es compatible. En la versión 2 de IGMP existen tres tipos de mensajes:

- **Membership Query:** este mensaje se utiliza para conocer el estado de los grupos multicast (activos o inactivos). Si el mensaje enviado es específico se indica el grupo, si es genérico está indicado por la dirección 0.0.0.0, para esto existen los Group Specific Query y los General Query.
- **Membership Record (Joint Group):** se usa para hacer la solicitud de unirse a un grupo multicast.
- **Leave Group Message:** se usa para abandonar la conexión hacia un grupo multicast específico.

La característica más significativa de esta versión sobre su anterior es el tipo de mensaje Leave Group Message. Este nuevo mensaje permite a un host realizar la petición de abandonar un grupo multicast evitando el redireccionamiento de información a hacia grupos inactivos. Esto significa que se reduce considerablemente el ancho de banda, el cual puede ser necesitado por otras aplicaciones. En los sistemas IPTV esta opción tiene especial importancia pues el servicio de VoD, que necesita de gran ancho de banda, pudiera verse afectado por la congestión en la red provocada por el redireccionamiento de los paquetes a grupos inactivos.

IGMPv3

IGMPv3 también es una mejora de la versión anterior (IGMPv2). La mayor diferencia con respecto a la versión dos está dada por la posibilidad de especificar en el mensaje de solicitud de unirse a un grupo no solo la dirección multicast del grupo, sino las fuentes de tráfico desde donde se quiere recibir. La fuente de tráfico puede ser indicada de dos formas diferentes:

- **Por inclusión:** se especifican las direcciones IP de las fuentes desde donde se quiere recibir tráfico.
- **Por exclusión:** se especifican las direcciones IP de las fuentes desde donde no se quiere recibir tráfico.

2.4.3.3. Protocolos de transporte

Para realizar el transporte y streaming de video en IPTV se utilizan determinados protocolos que manejan y especifican los mecanismos para la transmisión de los paquetes por la red. A continuación se detallarán los principales protocolos usados en IPTV.

➤ **Protocolo de datagrama de usuario (UDP, del inglés User Datagram Protocol)**

Es un protocolo no fiable que realiza el envío de los paquetes sin establecer previa conexión, lo que puede ocasionar que los paquetes se pierdan y se dupliquen. UDP al no contar con mecanismos de control de flujo que posibiliten detectar la pérdida de paquetes y solicitar su retransmisión, evita el aumento del retardo y el consumo de ancho de banda. Esta característica permite que sea mucho más rápido y eficiente que TCP para aplicaciones sensibles al tiempo, donde es preferible la pérdida de paquetes que la llegada con retraso, como es el caso de IPTV. Usualmente UDP es usado para la transmisión de televisión en vivo, sistemas interactivos y videoconferencias. Otro rasgo esencial de UDP es que además de admitir la comunicación punto a punto permite el broadcast y el multicast.

A continuación se muestra el formato del datagrama UDP.



Figura 13: Formato del datagrama UDP.

Los campos Puerto origen y Puerto destino indican los puertos desde donde se envía la información y por el que se recibe en el host destino. El campo Longitud del mensaje especifica el tamaño en bytes del datagrama UDP incluyendo la cabecera. Finalmente, Suma de comprobación es un campo opcional de 16 bits en complemento a uno de la cabecera pseudo-IP, la cabecera UDP y los datos UDP.

➤ **Protocolo de control de transmisión (TCP, del inglés Transmission Control Protocol)**

Es uno de los principales protocolos en las redes TCP/IP y al igual que UDP opera en la capa de transporte del modelo TCP/IP. TCP ha sido por excelencia el protocolo de transporte para proporcionar un servicio confiable. Este protocolo es orientado a conexión lo que significa que antes de realizar la transmisión de la información debe haberse negociado previamente una conexión entre los host de origen y destino. La Figura 14 representa el mecanismo de tres pasos que utiliza TCP para abrir dicha sesión.

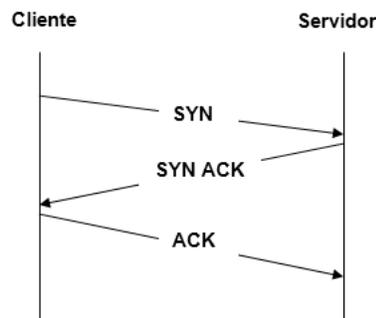


Figura 14: Establecimiento de una conexión TCP.

Para establecer una conexión TCP el cliente realiza la apertura activa de un puerto enviando el mensaje SYN. El servidor luego de chequear que el puerto está abierto correctamente responde a la petición con un mensaje SYN ACK. Finalmente el cliente responde al servidor con un ACK, finalizando así la negociación en tres pasos.

TCP proporciona mecanismos para garantizar el control del flujo y realizar acuses de recibo y permite la transferencia de los datos full-duplex. Básicamente el formato de un datagrama TCP es el que se muestra en la Figura 15.

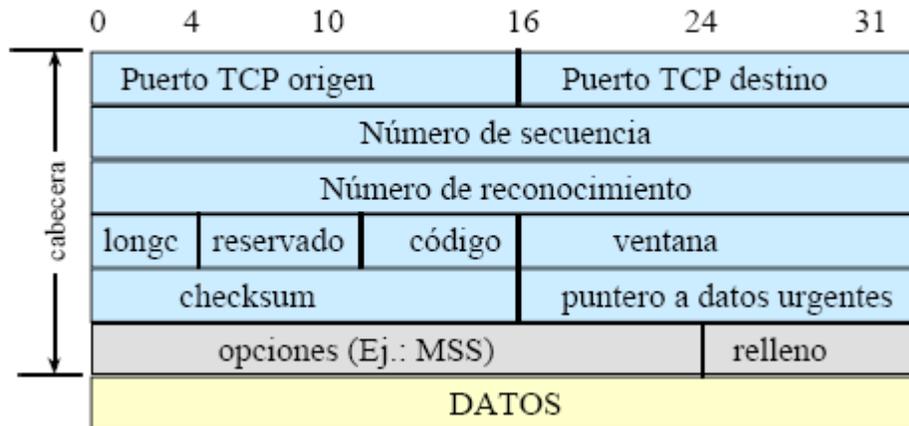


Figura 15: Formato de un segmento TCP.

Los campos Puerto origen y Puerto destino indican junto a las direcciones origen y destino la conexión a la que pertenece el segmento TCP. El Número de secuencia especifica el orden del primer byte de datos contenido en el segmento. Número de reconocimiento indica cuál es el byte que el emisor del segmento espera recibir como número de secuencia. El campo Longitud especifica la longitud total del segmento, con el encabezado incluido. El campo Ventana especifica el espacio en memoria que debe estar disponible en el receptor. El campo Suma de comprobación se trata de un código de redundancia utilizado para determinar si se han producido errores de transmisión o no. El espacio Puntero a datos urgentes permite la transmisión de datos urgentes no sujetos al control de flujo y por último el campo Opciones permite gestionar aspectos como el tamaño máximo de segmento.

2.4.3.4. Protocolos de Streaming

➤ **Protocolo de transporte en tiempo real (RTP, del inglés Real-Time Transport Protocol)**

Es un protocolo de transporte desarrollado para la transmisión de información en tiempo real. Fue creado por la IETF y publicado en 1996. En el modelo TCP/IP este protocolo se ubica en la capa de aplicación. RTP es comúnmente utilizado en sistemas de streaming junto con los protocolos de control de transporte y de streaming en tiempo real y puede funcionar sobre UDP y TCP, aunque lo común es que trabaje sobre el primero. Esto se debe a que las aplicaciones que usan RTP son más sensibles a la pérdida de paquetes que a los jitter. Al funcionar sobre UDP, RTP no es confiable ni garantiza QoS, básicamente se

encarga de enviar tramas de aplicaciones en tiempo real. Los paquetes RTP son encapsulados en los datagramas UDP y TCP, éstos a su vez depositados en datagramas IP para viajar por la red. Aunque inicialmente RTP fue diseñado para el multicasting puede usarse para direcciones destino unicast y broadcast.

- **Protocolo de Control de Transporte en Tiempo Real (RTCP, del inglés Real-Time Control Transport Protocol).**

RTCP es un protocolo de control asociado con RTP que transmite periódicamente paquetes de control de información asociados a los flujos RTP. Este protocolo permite la detección de fallas en la distribución multicast y la obtención del número de paquetes perdidos y estadísticas del retardo lo cual posibilita realizar cierto control de flujo y congestión. Al igual RTP se encapsula sobre UDP o TCP y se utiliza unicast o multicast de manera análoga a como lo haga el flujo de datos con RTP. RTCP no transporta datos por sí mismo sino que provee información de control para sesiones RTP. RTCP define varios tipos de mensajes, a continuación se explican cada uno de ellos:

- **Informes de emisor:** Son los que permiten al emisor activo en una sesión, informar estadísticas de recepción y transmisión.
- **Informes de receptor:** Estos mensajes son utilizados por los receptores para enviar estadísticas sobre la recepción.
- **Descripción de la fuente:** Contiene los CNAME (nombre canónicos del participante) y otros datos que describen la información de los emisores.
- **Paquetes de control específicos de la aplicación:** son paquetes con funciones específicas definidos para una aplicación en particular. Proveen un mecanismo para definir y enviar documentación personalizada por el puerto de control RTP [18].

Para lograr mayor eficiencia en el transporte RTCP permite que se puedan reunir varios mensajes y enviarlos en uno solo.

- **Protocolo de flujo de datos en tiempo real (RTSP, del inglés Real-Time Streaming Protocol).**

Es un protocolo no orientado a conexión a nivel de aplicación creado específicamente para controlar la entrega de datos en tiempo real. Este protocolo actúa como un mando a distancia de la sesión permitiendo comandos como la detención, pausa, rebobinado y avance rápido de archivos en reproducción. RTSP puede usar indistintamente TCP y UDP, por lo general utiliza TCP para datos de control del reproductor y UDP para los datos de audio y video. RTSP es un protocolo de control que funciona conjuntamente con RTP y el protocolo de descripción de sesión (SDP, del inglés Session Description Protocol) que es el encargado de proporcionar información sobre la sesión. RTSP es compatible tanto con unicast como con multicast.

2.4.3.5. Mecanismo de transporte MPLS

MPLS no es propiamente un protocolo sino un mecanismo de transporte de datos, desarrollado por la IETF. Fue diseñado con el objetivo de unificar el servicio de transporte de datos en redes basadas en circuitos y paquetes. Esta funcionalidad posibilita que sea utilizado para el transporte de diferentes tipos de tráfico entre los que se encuentra el tráfico de voz y video. MPLS opera entre la capa de vínculo y la capa de red de la arquitectura TCP/IP. Es una tecnología que permite proporcionar circuitos virtuales en redes IP, sobre las cuales ofrece importantes beneficios, tales como redes privadas virtuales, ingeniería de tráfico y mecanismos de protección contra fallos. Básicamente MPLS funciona asignando a los datagramas de cada flujo una etiqueta única que permite una conmutación rápida en los routers, los cuales no tienen que fijarse en la dirección destino sino en la etiqueta. La idea de esta técnica es realizar la conmutación de los paquetes en función de las etiquetas añadidas y etiquetar dichos paquetes en base a criterios de prioridad y QoS. Por tanto MPLS es una tecnología que permite ofrecer QoS independientemente de la red sobre la que se implemente.

2.5. Técnicas de transmisión

En IPTV existen varias maneras de transmitir el contenido hacia los suscriptores. La difusión del contenido puede ser distribuida exclusivamente a un usuario específico (unicast), puede ser enviado a múltiples destinos simultáneamente dentro de la red (multicast) o puede ser difundido a todos los nodos de la red (broadcast). El uso eficiente de las técnicas de difusión trae consigo una mejor calidad de experiencia y aprovechamiento de los recursos de la red.

2.5.1. Unicast

La Figura 16 muestra una transmisión Unicast, que consiste en la entrega del contenido audiovisual a un cliente específico dentro de una red. Esta forma de transmisión es comúnmente usada para describir una conexión directa entre un único usuario y el servidor de contenido. En IPTV cuando muchos usuarios están recibiendo simultáneamente la misma propuesta de contenido este servicio no es eficiente puesto que se dedica un canal individual para cada conexión. Esto implica que el servidor de contenido debe contar con gran ancho de banda para soportar todas las conexiones. Sin embargo para la transmisión del VoD resulta apropiada esta técnica puesto que se trata de peticiones individuales para cada cliente.

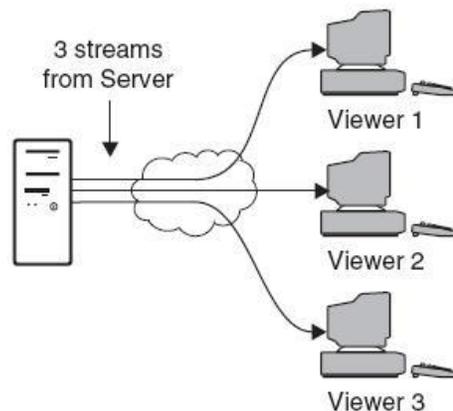


Figura 16: Transmisión Unicast en IPTV.

2.5.2. Multicast

Una transmisión multicast consiste en la entrega del contenido a varios suscriptores dentro de la red, como se evidencia en la Figura 17. El multicast es mucho más eficiente para el envío del mismo contenido a varios usuarios simultáneamente. En una transmisión multicast el emisor envía la información una sola vez a una dirección IP especial (como en unicast). Para recibir el paquete los receptores deben suscribirse al grupo multicast asociado a esta dirección y una vez suscritos reciben copia de todo lo enviado por el emisor. IGMP es el encargado de manejar y asociar los grupos multicast. En IPTV la difusión de televisión en vivo se realiza usando multicast debido a que numerosos espectadores están consumiendo el mismo contenido.

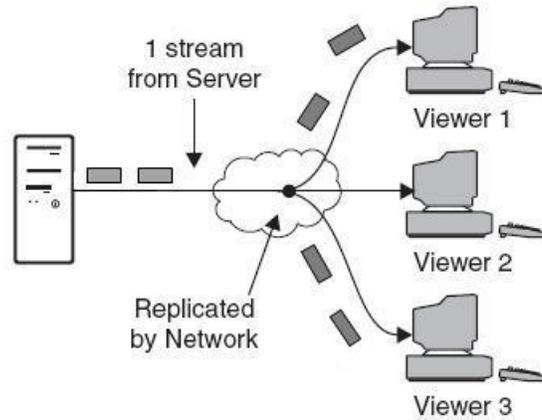


Figura 17: Transmisión multicast en IPTV.

2.5.3. Broadcast

Como se representa en la Figura 18, el broadcast consiste en la difusión del contenido hacia todos los nodos de una red. Esta estrategia es aplicada en contextos reducidos, por ejemplo en el descubrimiento de recursos en una red LAN.

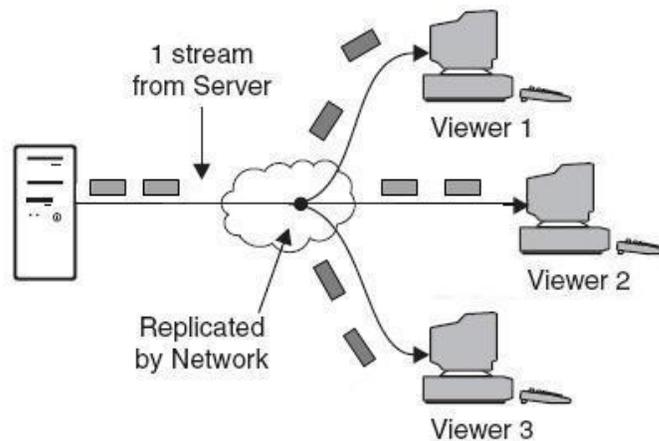


Figura 18: Transmisión Broadcast.

2.6. Calidad de Servicio en IPTV

La QoS es un elemento de vital importancia en el desarrollo de todos los sistemas de comunicación y hoy en día es, sin duda, una pieza clave en las redes de datos. En el comienzo de las telecomunicaciones se crearon redes diferentes: una para transportar la voz, otra para la televisión y finalmente una para los datos. Cada una de estas redes fue diseñada con las características y requerimientos específicos del servicio que ofrecía. A mediados de los años 90 se introduce el término “convergencia de los servicios” con la idea de crear una sola red que fuera capaz de soportar la transmisión de voz, datos y video y esta fue la red de datos, o sea, la red IP. Sin embargo, con esta convergencia surgió un nuevo desafío pues el diseño actual de calidad en este tipo de red es el mecanismo basado en el “Mejor esfuerzo”. Este modelo no distingue los distintos tipos de información que viajan por la red y por tanto no tiene en cuenta los requerimientos específicos de cada paquete, de ahí que no garantiza la calidad de servicio necesaria.

La Figura 19 define los dos puntos de vista de la QoS. La calidad experimentada por el usuario final (QoE) y la QoS desde el punto de vista de la red. Desde la perspectiva del cliente final, la QoE es la percepción de la calidad que recibe el usuario y una indicación de cómo el sistema responde a las necesidades del mismo. Desde el punto de vista de la red, se refiere a las capacidades de la red para proporcionar la QoS percibida por el usuario y a las tecnologías que posibilitan al administrador manejar los efectos de congestión en las aplicaciones, así como posibilitar un servicio diferenciado a determinados flujos de tráfico. La QoS en sentido general puede ser afectada por factores como el retardo, variación del retardo, ancho de banda y la pérdida de paquetes. En la actualidad para mejorar la calidad de servicio en redes de datos coexisten dos estrategias fundamentales: IntServ y DiffServ.

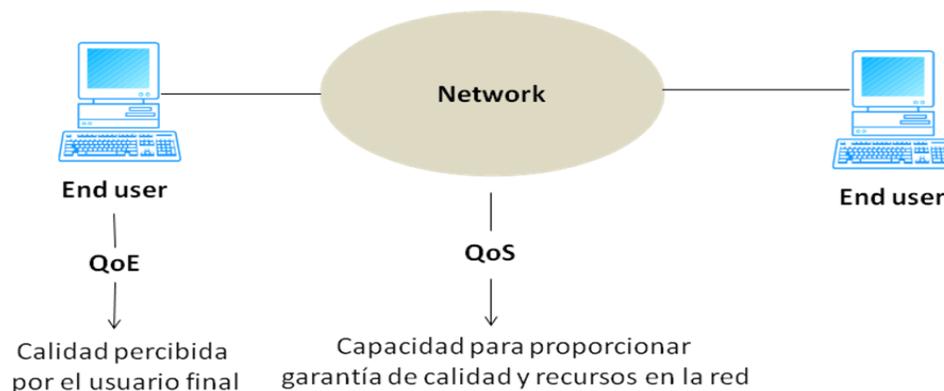


Figura 19: Calidad de servicio.

- **Intserv** (del inglés Integrated Services) consiste en la reserva de recursos¹ para uso exclusivo, también es conocido como carril autobús o QoS hard. En éste el usuario solicita de antemano los recursos que necesita y cada router del trayecto ha de tomar nota y efectuar la reserva solicitada.
- **DiffServ** (del inglés Differentiated Services) consiste en la asignación de prioridades a los paquetes que viajan por la red, también es denominado ambulancia o QoS soft. En éste el usuario marca los paquetes con una determinada etiqueta que define la prioridad y el trato que deben recibir por parte de los routers.

Cada una de estas soluciones tiene sus ventajas e inconvenientes. A continuación se señalan las mismas en la Tabla 4.

Tabla 4: Comparación entre los mecanismos para lograr QoS.

	Ventajas	Inconvenientes
Intserv	Los paquetes no necesitan llevar ninguna marca que indique como han de ser tratados, la información la tienen los routers.	Requiere mantener información de estado sobre cada comunicación en todos los routers por los que pasa. Se requiere un protocolo de señalización para informar a los routers y efectuar la reserva en todo el trayecto.
DiffServ	Los routers no necesitan conservar información de estado.	Los paquetes han de ir marcados con la prioridad que les corresponde. La garantía se basa en factores estadísticos, es menos segura que la reserva de recursos (puede haber overbooking ²).

2.6.1. Servicio Integrado

En el mecanismo intserv se distinguen tres servicios diferentes.

1. Garantizado

¹ Ancho de banda y buffer.

² Sobrerreserva.

- Garantiza un caudal mínimo y un retardo máximo. No se garantiza variación en el retardo ni retardo medio.
- Para aplicaciones con requisitos estrictos de retardo.
- Cada router del trayecto debe dar garantías.

2. Carga Controlada (Controlled Load)

- Calidad similar a la de una red de datagramas poco cargada.
- Para aplicaciones en tiempo real con tolerancia al retardo.
- Se supone que el retardo es bajo, pero no se dan garantías.

3. **Best Effort (Mejor esfuerzo):** se refiere a la conectividad básica, sin añadir ningún servicio adicional. Es el más sencillo, una aplicación envía información cuando lo desea, en cualquier cantidad, sin requerir de ningún permiso y sin enviar previo aviso a la red. No asegura ni el caudal, ni el atraso, ni la fiabilidad y usa el modelo de cola FIFO (del inglés First In First Out)

Protocolo de reserva de recursos (RSVP, del inglés Resource Reservation Protocol)

Para realizar la reserva de recurso, IntServ emplea el protocolo RSVP. Éste es un protocolo de señalización diseñado para reservar recursos a través de una red integrada de servicios. Este protocolo soporta tanto IPv4 como IPv6 y es aplicable para la difusión unicast y multicast. RSVP reserva los canales o rutas en las redes y define como deben hacer las reservas las aplicaciones y cómo liberar los recursos reservados una vez que hayan terminado. Este protocolo crea información de estado en todos los routers del camino, los cuales han de mantener el detalle todas las conexiones activas que pasan por ellos y los recursos que cada una ha reservado. Para implementar RSVP los routers han de incorporar cuatro elementos:

- **Admission Control (Control de Admisión):** comprueba si la red tiene los recursos suficientes para satisfacer la petición, teniendo en cuenta la QoS que ésta solicita.
- **Policy Control (Política de Control):** se encarga de determinar si el usuario tiene los permisos adecuados para la petición realizada.

- **Packet Classifier (Clasificador de paquetes):** clasifica los paquetes en categorías de acuerdo con la QoS a la que pertenecen. Cada categoría tendrá una cola y un espacio propio para buffers en el router.
- **Packet Scheduler (Planificador):** gestiona las colas de servicios para cada puerto de salida determinando el orden en que los paquetes son distribuidos y el orden en que serán transmitidos. También se encarga de seleccionar los paquetes a descartar en caso de que sea necesario.

RSVP ha de mantener en cada nodo los requerimientos de reserva. En ocasiones las redes IP se comportan de manera dinámica y es usual que ingresen nuevos routers o algunos dejen de funcionar, lo que trae consigo la necesidad de conocer el estado de los routers y host extremos en todo momento. Para estar al tanto de estos estados se definen los Soft States que no son más que los estados en los routers y host extremos refrescados periódicamente por los mensajes Path y Resv. El mecanismo de reserva mediante RSVP funciona como se muestra en la Figura 20.

- El emisor envía un mensaje PATH que contiene su especificación de tráfico (Tspec) a un grupo unicast o multicast.
- Los routers añaden su dirección IP antes de reenviarlo y aprenden cual es su router upstream (hacia arriba).
- El receptor responderá al emisor con un mensaje RESV que contiene la Tspec del emisor y la Rspec (típicamente el ancho de banda) deseada. Este mensaje recorrerá el camino inverso a PATH.

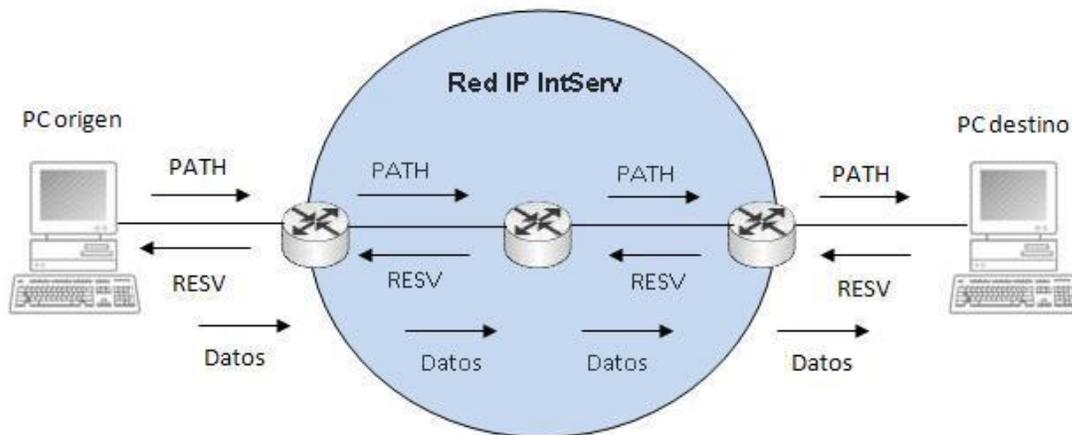


Figura 20: Reserva de recursos en IntServ mediante RSVP.

Se puede resumir que el soporte de QoS en una red IP basado en el mecanismo IntServ se traduce en un mayor consumo de recursos para encaminar el tráfico a su destino. La necesidad de almacenar información de estados en cada router trae consigo que este mecanismo sea difícil de aplicar a redes grandes y por tanto tiene como desventaja problemas de escalabilidad.

2.6.2. Servicio Diferenciado

DiffServ intenta evitar los problemas de escalabilidad que plantea IntServ. Se basa en la división del tráfico en diferentes clases y en la asignación de prioridades a estos agregados. Los paquetes que pertenecen a una determinada clase se marcan con un código específico conocido como DSCP (del inglés DiffServ CodePoint) que permite identificar una clase de tráfico. La diferenciación de servicios se logra mediante la definición de comportamientos específicos para cada clase de tráfico entre dispositivos de interconexión, este hecho es conocido como PHB (del inglés Per Hop Behavior). En este mecanismo se define el campo DS (del inglés Differentiated Services) en el cual se especifican las prioridades de los paquetes, así se representa en la Figura 21. De esta manera DiffServ plantea la asignación de prioridades a los diferentes paquetes que son enviados a la red. Los nodos intermedios (routers) analizan estos paquetes y los tratan según sus necesidades. Esta es la razón principal por la que Diffserv ofrece mejores características de escalabilidad que IntServ.

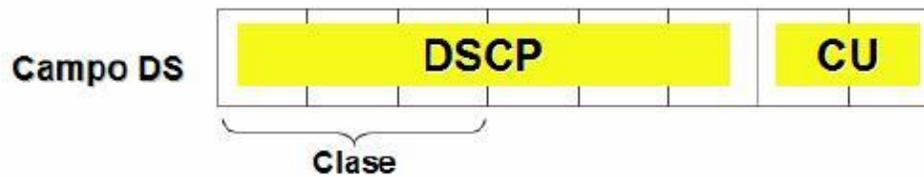


Figura 21: Estructura del campo DS.

- DSCP ocupa seis bit que indican el tratamiento que debe recibir el paquete en los routers.
- CU (del inglés Currently Unused), este campo está reservado y se utiliza actualmente para el control de la congestión.

El campo DS se añade a cada uno de los paquetes que viajan por la red para indicar la clase a la que pertenece y los seis bits que corresponden al DSCP permiten codificar 64 clases de tráfico posible, aunque por el momento sólo se distinguen tres servicios, estos son explicados en la Tabla 5.

Tabla 5: Tipos de clases de tráfico.

Servicio	Características
Expedited Forwarding (Acelerado de Transmisión)	Es el que da más garantías. Equivale a una línea dedicada. Lo garantiza todo: Caudal, tasa de pérdidas, retardo y jitter.
Assured Forwarding (Envío Asegurado)	Asegura un trato preferente, pero sin fijar garantías. Se definen cuatro clases y en cada una tres niveles de descarte de paquetes.
Best Effort (Mejor esfuerzo)	Ninguna garantía.

Como se muestra en la Figura 22, en la arquitectura definida por Diffserv aparecen nodos extremos DS de entrada y salida, así como nodos DS internos. Este conjunto de nodos definen el dominio Diffserv y presenta un tipo de políticas y grupos de comportamiento por salto (PHB, del inglés Per Hop Behavior) que determinan el tratamiento de los paquetes en la red. Un dominio Diffserv puede estar formado por más de una red, de manera que el administrador será responsable de repartir adecuadamente los recursos.

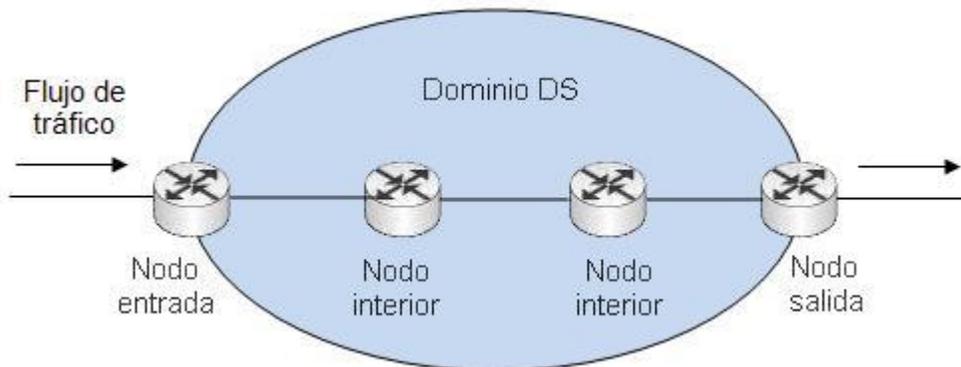


Figura 22: Dominio DiffServ.

Dentro de este escenario que define Diffserv es necesario algún modo de comunicación para distribuir las políticas de calidad de servicio entre los elementos de red que las necesiten. Para tal función fue creado el protocolo COPS (del inglés Common Open Policy Service). Este protocolo se basa en sencillos mensajes de petición y respuesta utilizados para intercambiar información acerca de políticas de tráfico entre un servidor de políticas (PDP, del inglés Policy Decision Point) y distintos tipos de clientes (PEP, del inglés Policy Enforcement Points). Dentro de las características principales del protocolo COPS se destacan:

- El protocolo emplea un modelo cliente/servidor en el que el PEP envía peticiones y actualizaciones al PDP, y este responde con las decisiones tomadas.
- El protocolo utiliza TCP como protocolo de transporte para asegurar así fiabilidad en el intercambio de mensajes entre los clientes y el servidor.
- El protocolo es extensible en el sentido de que está diseñado para permitir el uso de objetos autoidentificativos y soporta distintos tipos de información específica de clientes, sin tener que realizar ningún tipo de modificación sobre el protocolo. COPS se creó para la administración general, configuración y aplicación de políticas en una red.
- COPS proporciona seguridad a nivel de mensaje mediante autenticación, protección frente al reenvío (replay) e integridad de mensaje. COPS permite además reutilizar otros protocolos de seguridad existentes para proporcionar autenticación y proteger el canal entre el PEP y el PDP.

En la red de Internet en la actualidad hay que atravesar diferentes proveedores para alcanzar el destino. En este caso el valor del byte DS puede ser modificado en cualquier equipo intermedio según las políticas de tráfico. De esta forma, una calidad extremo a extremo sólo será alcanzable cuando todos los elementos involucrados en la cadena (dominios Diffserv) actúen según las mismas políticas. Otra de las consecuencias del modelo Diffserv es que la reserva de QoS es unidireccional. Finalmente, el modelo Diffserv plantea ciertos problemas a la hora de decidir quien es el encargado de marcar la QoS en los paquetes.

2.7. Seguridad en IPTV

El tema de la seguridad en los sistemas informáticos y las redes de comunicación siempre ha constituido un elemento básico. Tanto para los proveedores de servicios como para los usuarios de IPTV la seguridad tiene máxima prioridad. Hoy en día, los productores de contenido no conceden derechos de licencia de distribución a menos que exista un poderoso mecanismo que garantice la seguridad del contenido desde su producción y hasta su entrega a los receptores. Para proporcionar protección del contenido y derecho de propiedad intelectual se han desarrollado tres tipos de tecnologías:

➤ Sistema de protección del contenido (CPS)

Los CPS se utilizan para garantizar que personas no autorizadas no sean capaces de descifrar y redistribuir el contenido.

Para proteger el contenido que se envía de forma multicast después que este es codificado en la cabecera es necesario cifrarlo. Para esto se utiliza una clave simétrica aleatoria a nivel de aplicación para reforzar las restricciones de IGMP, permitiendo que solo un grupo de usuarios tengan acceso a la información enviada.

En el caso del contenido que se envía de forma unicast es diferente, en la cabecera se cifra el contenido con una clave simétrica aleatoria solo disponible para los usuarios que pagan por el servicio. El suscriptor utilizando su clave pública es capaz de descifrar la clave simétrica. Un vez que este conoce su clave simétrica puede descifrar el contenido. Como medidas de seguridad se incluyen el cambio de la clave

simétrica durante el proceso de transmisión para aumentar la complejidad del proceso y que sea invulnerable a las amenazas.

En la implementación de IPTV, el CPS es uno de los mecanismos más aceptados por los proveedores de este servicio puesto que garantiza la protección del contenido en su tránsito por la red hasta los usuarios finales.

➤ CAS

Los sistemas de acceso condicional son utilizados por los operadores de cable para controlar el acceso al contenido. La función de los CAS se basa en los mismos principios que la CPS: una vez que la información se ha cifrado, el sistema de claves de sesión garantiza que sólo se envía el contenido a los suscriptores autorizados.

➤ DRM

El software de gestión sobre derechos digitales controla el acceso no autorizado a la información emitiendo una licencia única para cada usuario. El servidor DRM debe ser capaz de atender todas las solicitudes y cifrar el contenido en tiempo real.

DRM aplicado a VoD

Al recepcionar el contenido original el sistema DRM solicita al sistema de gestión de claves un algoritmo de encriptación, generándose así una clave específica para el contenido VoD. Una vez cifrada la información es almacenada en el servidor de VoD a salvo de accesos no autorizados. El usuario solicita en la guía electrónica el video que desea reproducir, dicha solicitud es enviada al servidor de VoD donde se valida la identidad del usuario. Si los datos son correctos el sistema le confiere autorización sobre el contenido y el servidor de licencias le asigna una licencia única evitando así la redistribución de la información. Todos estos procesos de inserción de licencias y claves por parte de los usuarios se realizan a través de una interfaz de seguridad.

DRM aplicado a Broadcast TV

Los sistemas de broadcast TV también deben ser protegidos para evitar el acceso no autorizado al contenido y las infracciones sobre los derechos de autor.

El sistema DRM es el responsable de realizar la encriptación de la información para el tráfico de esta por la red, para esto solicita la clave al sistema de gestión de claves. Se puede utilizar la misma clave para todos los canales siendo ésta renovada constantemente, o cada canal puede tener una clave específica. Una vez que el usuario ha seleccionado el canal que desea ver en la EPG, se le pide la clave necesaria para la reproducción de dicho canal. Esta inserción se realiza a través de una interfaz de seguridad.

La tecnología subyacente para la protección de contenidos digitales se basa en tres métodos de criptografía.

➤ **Criptografía de clave simétrica**

Criptografía de clave simétrica o criptografía de clave secreta es un mecanismo de protección de datos en el que se utiliza una misma clave para cifrar y descifrar el contenido. El remitente cifra un mensaje usando la clave, lo envía al destinatario, y este lo descifra usando la misma clave [19].

Entre las principales ventajas que brinda este mecanismo se encuentran:

- Posee gran velocidad de encriptación (10 veces más rápido que el mecanismo criptografía de clave asimétrica).
- Utiliza fuertes algoritmos de encriptación: RSA (del inglés Rivest Shamir Adelman), DES (del inglés Data Encryption Standard), Twofish, considerado este último inquebrantable por la actual potencia de procesamiento disponible.

El principal problema con los sistemas de cifrado simétrico está en el canal de comunicación. Una vez que el remitente y el destinatario hayan intercambiado las claves estas serían enviadas por la misma red que el contenido, momento que aprovecharían los intrusos para su fácil captura.

Otra desventaja es el número de claves que se utilizan. Teniendo un número n de personas que necesitan comunicarse entre ellos, entonces se utilizarían $n(n-1)/2$ claves para cada pareja de personas. Esto puede

funcionar con un grupo reducido de personas, pero sería imposible llevarlo a cabo con grupos más grandes [16].

➤ **Criptografía de clave asimétrica**

Criptografía de clave asimétrica o criptografía de clave pública es un procedimiento de protección de datos donde el usuario que participa en la comunicación tendrá un par de claves, clave privada y clave pública. El remitente usa la clave pública del destinatario para cifrar el mensaje, el cual solo puede ser descifrado con la clave privada del destinatario.

Las principales ventajas que brinda son:

- Se necesitan n pares de claves por cada n personas que deseen comunicarse entre ellas.
- Es posible utilizar canales inseguros para su comunicación puesto que las claves son suficientemente complejas e imposibles de adivinar.

Su principal desventaja es la velocidad de procesamiento, es mucho menor que la encriptación simétrica.

➤ **Codificación híbrida**

Codificación híbrida se basa en una mezcla de los algoritmos cifrado de clave simétrica y cifrado de clave asimétrica. Este método de protección utiliza una clave privada generada aleatoriamente para cifrar el contenido, el cual solo puede ser descifrado con una clave pública que solo conoce el destinatario.

Uno de los algoritmos que utiliza esta codificación es el SSL (del inglés Secure Socket Layer), este protege el medio de comunicación entre los Set Top Box y el middleware, así como el acceso a los servidores. La codificación híbrida brinda flexibilidad en cuanto a la gestión de claves y velocidad en los algoritmos de cifrado.

2.8. Conclusiones

Después de estudiar la arquitectura de un sistema IPTV, los servicios que brinda y el funcionamiento del sistema de distribución de contenidos audiovisual, se puede concluir que IPTV trae consigo numerosos

servicios que transformarán el sistema de televisión tradicional en una nueva forma de televisión con mayor índice de calidad e interactividad. Unido a esto la utilización del multicast como técnica de transmisión en IPTV permite el uso inteligente de los recursos de la red, la escalabilidad y mayor disponibilidad de la red. Además IPTV utiliza diferentes mecanismos para garantizar la calidad de servicio y la protección del contenido

3. CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE IPTV

3.1. Introducción

La creciente expansión de IPTV en el mundo es un hecho inevitable. La elaboración de una propuesta que pueda ser usada como marco de referencia para la implementación de IPTV, constituye un paso de avance para la UCI y Cuba en el uso de esta tecnología. Esta sección tiene como objetivo realizar y describir una propuesta para la implementación de IPTV en la UCI teniendo en cuenta el estado actual de la infraestructura de red y el sistema de televisión. Se abordará además, los costos de la propuesta realizada y los beneficios que trae el despliegue de la tecnología en la UCI.

3.2. Estado actual del sistema de televisión en la UCI

La UCI cuenta con un sistema de televisión conformado por una red de cable coaxial de aproximadamente 15 km y un Nodo Central de Televisión con el equipamiento necesario para la recepción, procesamiento y transmisión de la señal televisiva. Se dispone además de dieciocho canales de los cuales siete son nacionales y el resto son canales internos de apoyo a la docencia y de carácter recreativo e informativo que se reproducen localmente cada uno desde una computadora convencional con tarjeta de video y audio analógicos.

Hasta mediados del 2008 la recepción de la señal de los canales nacionales se realizaba de forma terrestre, pero en esta fecha la UCI adquirió equipamiento para la recepción satelital. Para garantizar en todo momento la recepción de la señal, que puede verse afectada por problemas atmosféricos, se mantuvo el equipamiento de recepción terrestre y se compró un switch automático para cada canal que conmuta entre ambas señales. Como muestra la figura 23, existen también moduladores de RF y un multiplexor que une todas las señales en un solo cable para su transmisión por toda la red de cable coaxial de la UCI.

Así mismo existe un servidor de VoD de 1 TB de disco duro y de memoria RAM e4 GB n el cual se almacenan todos los programas que se ofrecen en el sitio web inter-nos³. Además se cuenta con 2340

³ <http://www.inter-nos.uci.cu>

televisores convencionales analógicos que se encuentran distribuidos en los docentes, la residencia, la infraestructura productiva y el rectorado, permitiendo el acceso a los canales de televisión desde cualquiera de las áreas mencionadas.

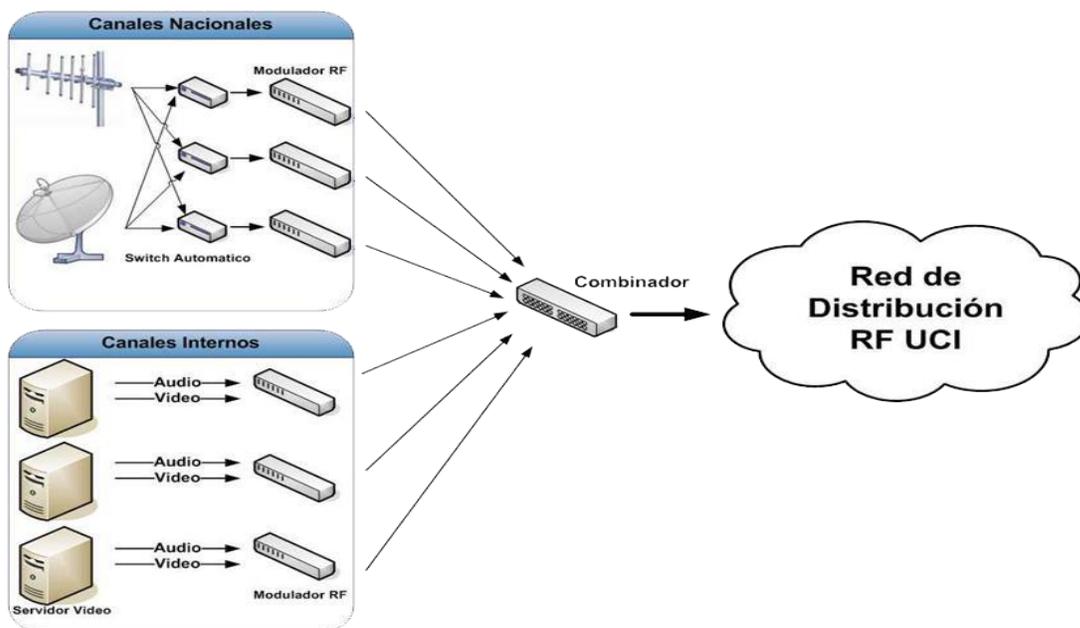


Figura 23: Infraestructura actual del sistema de televisión.

3.3. Estado actual de la infraestructura de red de la UCI

La UCI, única universidad de su tipo en Cuba, cuenta con la red de área local (LAN, del inglés Local Area Network) más grande del país. Desde su desarrollo y hasta la actualidad la red ha experimentado un rápido crecimiento que condujo a la división en tres grandes áreas: infraestructura productiva, docencia y residencia. La UCI cuenta con una infraestructura de red con topología estrella, aunque debido a algunos puntos de fallas se está manejando la idea de cambiar a una topología malla. Dicha infraestructura está compuesta por un Nodo Central que ofrece los servicios de red a velocidades por el backbone (núcleo de red) de 10 GbE y 1 GbE a los Nodos Nivel 1 (NN1) que son los que garantizan la conectividad en las diferentes zonas de la UCI.

Para brindar los servicios de red en el área de la residencia existe un switch capa 3 ubicado en el NN1 de esta zona. Este nodo está conectado al Nodo Central a 10 GbE y soporta las conexiones de los subnodos de residencia a 2 GbE. Estos a su vez soportan las conexiones de los edificios de la beca a 100 Mbps.

En el caso de los docentes existe un NN1 ubicado en el docente 4 con un switch capa 3 conectado directamente al Nodo Central a 10 GbE. Este NN1 soporta la conexión de cuatro switch capa 3 uno por cada docente, garantizando de esta manera los servicios de red a los mismos a 1 GbE.

IP también cuenta con un NN 1 que posee un switch capa 3 conectado directamente al Nodo Central a 10 GbE para brindar los servicios de red a dicha área. De igual forma el Rectorado, el Docente 1 y el Nodo Central de televisión están conectados al Nodo Central a 1GbE.

Existe además una alta cifra de dispositivos activos y pasivos en la red como son: 7646 computadoras, 50 servidores que soportan los diferentes servicios que se prestan en la universidad, un router CISCO, un servidor de acceso (CISCO), 12 950 puntos de red y 557 switchs de los cuales 20 son capa 3 y el resto capa 2. Luego de una profunda revisión de toda la infraestructura de red y una prueba de IPTV realizada por parte de la dirección de conectividad y de televisión se detectó que muchos de los switch capa 2 presentan problemas con el manejo de los grupos multicast, por lo que se decidió realizar un cambio tecnológico a gran escala que actualmente está en proceso.

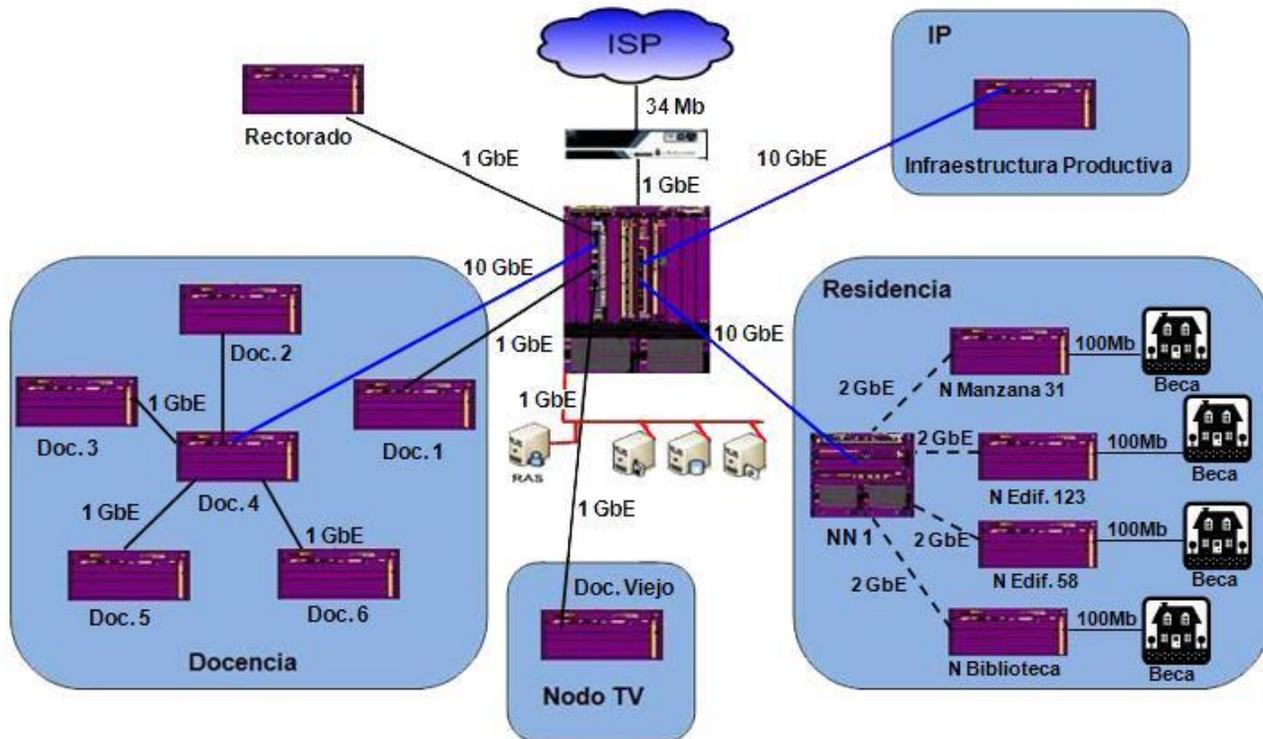


Figura 24: Infraestructura de la red de datos de la UCI.

3.4. Descripción de la propuesta

Luego de un exhaustivo estudio de la tecnología IPTV, se procede a la realización de una propuesta de implementación para la UCI. La presente propuesta consiste en la recopilación de los elementos y recomendaciones necesarias para el desarrollo de un sistema IPTV, teniendo en cuenta las características específicas y el estado actual de las redes de datos y de televisión de la UCI.

La propuesta tiene como objetivo constituir material de guía para la implementación de IPTV en la UCI, así como material de consulta para posteriores estudios relacionados con el tema.

3.4.1. Esquema de solución

Para brindar el servicio IPTV se requiere una infraestructura tecnológica que garantice su funcionamiento. Cada elemento que compone dicha infraestructura debe seleccionarse de manera cuidadosa, teniendo en

cuenta factores como: la técnica de transmisión y el formato de compresión que se van a utilizar, los servicios que se van a brindar y la audiencia esperada. Entre los componentes que forman parte de esta estructura se encuentran la cabecera, los servidores de VoD y de protección del contenido, la plataforma de software, los codificadores, los equipos de enrutamiento y los decodificadores.

Como se explicó en el capítulo anterior la cabecera es el sistema que recibe y codifica las señales de televisión emitidas por los proveedores. Al analizar el estado del sistema de televisión y la red de datos de la UCI se explicó que se cuenta con el equipamiento para la recepción de la señal de forma terrestre y satelital y un switch automático para cada canal que conmuta entre ambas señales. Se cuenta además con los moduladores de RF, un servidor de VoD y los equipos de interconexión que aunque no se encuentran aún en la universidad están en proceso de ser adquiridos. Por tanto no es preciso obtener ninguno de estos, no siendo así con los codificadores, el middleware y los decodificadores. Estos elementos serán abordados más adelante.

En el caso del servidor de VoD, éste posee cuatro discos locales ECCI 320 de 73 Gb cada uno. Además se encuentra conectado a la SAN (del inglés Storage Area Network) de la UCI de la cual dispone de 1 Tb proporcionando de este modo el espacio suficiente para el almacenamiento del contenido IPTV. Dicho servidor cuenta con 4 Gb de memoria RAM, dos procesadores Intel (R) Xeon (TM) a 2.80 GHz y una tarjeta de red a 1 GbE. Hoy en día, este servidor es el que soporta el servicio Inter-nos, dígame el almacenamiento del contenido y la aplicación web. Teniendo en cuenta que para un despliegue inicial de IPTV no se recomiendan servicios muy complejos, el estándar de compresión que se propone reduce considerablemente la tasa de transferencia y que cuenta con suficiente ancho de banda, se propone la utilización del servidor existente puesto que éste cuenta con los requerimientos mínimos necesarios para brindar el servicio.

Cómo servidor de streaming a utilizar se propone el VLC media player (del inglés VideoLAN Client) debido a que es software libre distribuido bajo la licencia GPL y soporta numerosos formatos de video entre los que se encuentran MPEG-1, MPEG-2 y MPEG-4. Además permite realizar el streaming de video de manera unicast o multicast en redes con suficiente ancho de banda y es uno de los reproductores más independientes en cuanto a la plataforma de desarrollo pues es compatible con diferentes sistemas operativos.

Como se explicó con anterioridad IPTV necesita gran ancho de banda para su funcionamiento, sin embargo para conocer este dato con exactitud es necesario tener en cuenta elementos como el tipo de definición y cantidad de canales de televisión que se quiera transmitir, el estándar de compresión a utilizar, la cantidad de usuarios y el máximo número de conexiones concurrentes. Si se tiene en cuenta que la mínima velocidad de conexión existente en la UCI es 100 Mbps y que el ancho de banda necesario para transmitir un canal de televisión estándar codificado con el formato que se propone es de 1.5 a 2.0 Mbps se puede deducir que se cuenta con el ancho de banda suficiente para la implementación de IPTV.

➤ *Estándar de compresión*

Otro elemento de significativa importancia para la transmisión del contenido en un sistema IPTV es el formato de compresión que se utiliza, puesto que éste es responsable de lograr un balance entre la tasa de transferencia y la calidad de imagen y sonido que se ofertan. En la actualidad existen varios tipos de formatos de video asociados a diferentes algoritmos de compresión con los cuales se pueden lograr mayor o menor tasa de transferencia de datos con más o menos calidad.

Luego del estudio de los estándares de compresión se propone la utilización de MPEG-4 en su parte 10 para la codificación de las señales de televisión. Éste es un estándar abierto con licencia compatible con las técnicas más eficientes de compresión de video disponibles. Un codificador H.264 puede reducir el tamaño de un archivo de video digital hasta un 50% comparado con el estándar MPEG-4 Parte 2 sin comprometer la calidad de la imagen. Este estándar utiliza técnicas más avanzadas de compresión para reducir el ancho de banda y es más robusto ante errores de transmisión que sus antecesores, además proporciona mayor eficiencia de codificación.

➤ *Codificadores*

Los codificadores son los dispositivos que se encargan de convertir una señal de video analógica en un streaming utilizando estándares de codificación y compresión. Por tanto los codificadores son las puertas de entrada de las señales de video al sistema IPTV [20].

Teniendo en cuenta que en la UCI se transmiten siete canales de televisión en vivo se propone usar siete codificadores AVN420 uno para cada canal. Estos codificadores serán los encargados de codificar y permitir la entrada de dichos canales al sistema IPTV para su posterior transmisión por la red.

Para seleccionar el codificador se tuvo en cuenta que soportara el estándar de codificación/compresión propuesto (H.264) para garantizar la calidad y tasas de transferencia calculadas. A continuación se exponen algunas de las especificaciones del AVN420 IPTV H.264 Encoder Blade.

Entrada / Salida:

- Conector de audio que provee entrada por la derecha y la izquierda, con audio balanceado y no balanceado.
- Conector S-Video que proporciona una entrada para cable de video Y/C.
- Conector CVBS que proporciona entrada para fuentes de video compuesto.
- Conexión RCA compuesto a través de adaptador.
- Conector RJ-45 para la administración y configuración del equipo.

De acuerdo con la arquitectura básica de IPTV los codificadores, como parte de la cabecera, se ubican en el núcleo de contenido. En el sistema IPTV de la UCI el núcleo de contenido estará situado en el Nodo Central de Televisión debido a que este local cuenta con las condiciones de climatización y respaldo energético que se necesitan. La Figura 25 muestra un ejemplo de este codificador.



Figura 25: Codificador AVN420.

- Plataforma de software

El Middleware constituye el centro neurálgico que decide cuáles funciones se realizan o no en una solución IPTV. Esta aplicación es la encargada de interactuar con la cabecera, la red de acceso y los terminales para asegurar la interoperabilidad del servicio.

El mercado de plataformas middleware de IPTV se encuentra muy desarrollado puesto que numerosas compañías han entrado de lleno al mundo de IPTV proponiendo competentes soluciones. Entre las más destacadas se encuentran Microsoft, Enhanced Telecommunications, Kasenna Professional Services, Minerva Networks, Netris, Huawei y ZTE. A pesar de existir variadas oportunidades y ofertas en el mercado no se recomienda ninguno de estos sistemas debido a que son privativos y hay que pagar por ellos, además de que son soluciones específicas que en la mayoría de los casos ocasionan dependencia tecnológica con el fabricante.

Hace alrededor de un año se viene hablando de IPTV en la universidad, pero no es hasta este curso que se consolidó la idea y se unieron la Dirección de Televisión Universitaria y los grupos de trabajo de las facultades 2 y 9 para crear el Grupo de Investigación y Desarrollo de IPTV. El mismo tiene como objetivo desarrollar un middleware IPTV y un software emulador de STB para el acceso al servicio desde las computadoras usando herramientas libres y respetando los principios de compatibilidad. Por tanto se propone la utilización de estas aplicaciones para la gestión de la plataforma IPTV en la UCI.

➤ *Decodificadores (STB IP)*

Algunas de las características que se tuvieron en cuenta para la selección del decodificador son que tuviera entre sus funcionalidades la navegación web para permitir el acceso a los servicios que se brindan en la universidad como son: correo, intranet y navegación general a través del televisor. También se comprobó que fuera un decodificador multicodec compatible con el estándar de compresión propuesto y que soporte además protocolos para el manejo del multicast. Por tanto, se propone la utilización de 2000 decodificadores AmiNET125 representado en la Figura 26. Se propone un decodificador por cada televisor sin tener en cuenta aquellos que pueden recibir la señal de video de una computadora por medio de una tarjeta exportadora de video como es el caso de las aulas y salones en los docentes. La reutilización de las tarjetas exportadoras de video existentes permite disminuir los gastos en la compra de decodificadores ya que el país no se encuentra en condiciones económicas de realizar grandes gastos. Se recomienda además la utilización de 10 teclados infrarrojos para la configuración de los STB.

A continuación se reflejan algunas de las especificaciones del decodificador AmiNET125:

Entrada:

- Ethernet 10/100 Base T

Salida:

- Compuesta, componentes, RGB, S-Video, SCART.
- Definición estándar PAL o NTSC.
- Modulador de RF.
- Audio digital y estéreo S/P – DIF (Eléctrico).
- USB 2.0.

Codecs:

- MPEG1, 2, MPEG4 pt2 & pt10 (AVC) VC1 (WMV9).

Otras características:

- Soporta los protocolos:
 - Multicast IPTV (IGMP control)
 - Video on Demand (RTSP control)
- Permite la gestión remota y la actualización de software a través de la Red.
- 128 MB de SDRAM estándar.
- Navegador HTML 4 con JavaScript.



Figura 26: STB AmiNET125.

Finalmente se puede resumir que para posibilitar el despliegue de un sistema IPTV en la UCI es preciso adquirir siete codificadores AVN 420 uno para cada canal que se transmite en vivo y 2000 STB uno para cada televisor analógico sin contar los que se encuentran en aulas y salones de los docentes. La figura que aparece a continuación muestra el esquema de solución para la implementación de IPTV.

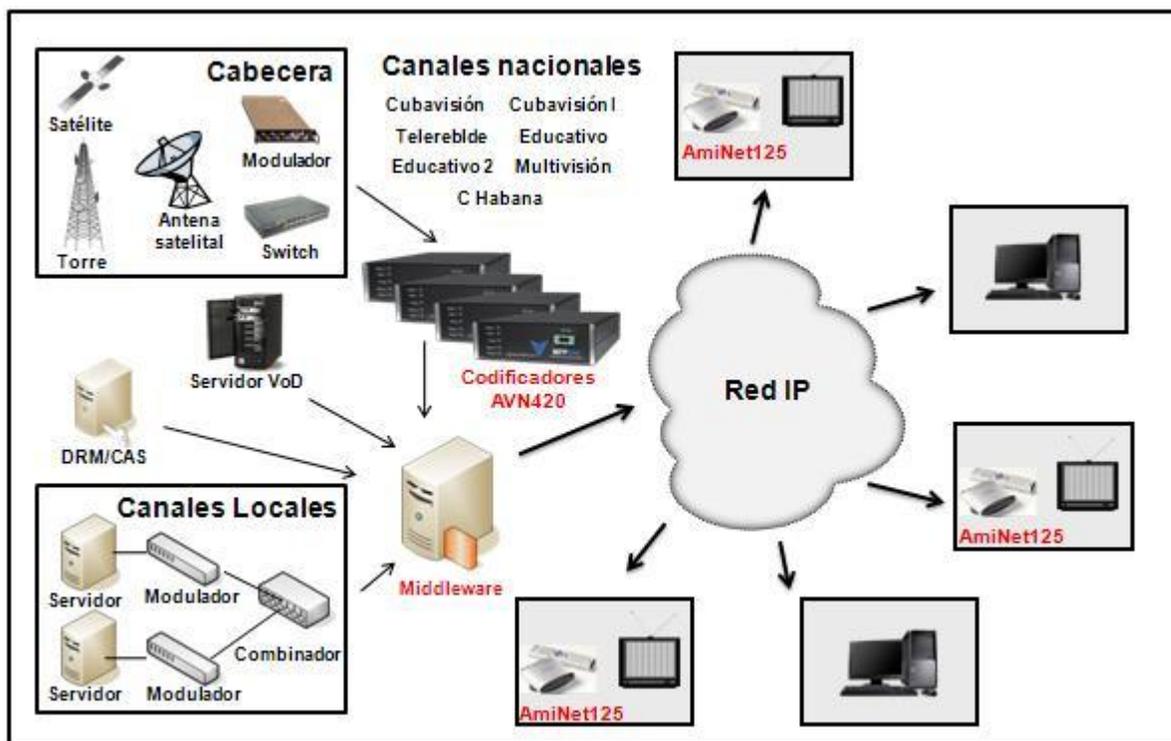


Figura 27: Infraestructura de red para el sistema IPTV de la UCI.

3.4.2. Servicios de IPTV en la UCI

El desarrollo de IPTV debe ser un proceso gradual debido a que es una tecnología nueva cuyo despliegue se realizará en Cuba por primera vez. Por tanto, en una primera versión no se recomienda desplegar todas las funcionalidades sino la entrega de servicios simples y básicos, así como un pequeño número de canales. Para un despliegue inicial de IPTV en la UCI se proponen los siguientes servicios:

- Transmisión de TV en vivo sobre de la red de datos:

La transmisión de televisión en vivo usando la red de datos permite recepcionar la señal de televisión con mayor calidad de imagen y sonido puesto que la señal viaja a través de una red de datos con suficiente ancho de banda y que además posee mecanismos para garantizar la QoS y la seguridad de los paquetes en la red.

- Televisión interactiva:

La interactividad constituye la característica más atractiva e importante de IPTV. La aplicación de este servicio en la UCI posibilita el desarrollo de teleclases interactivas que permitan la interacción entre estudiantes y profesores en tiempo real.

- VoD:

Este servicio posibilita la personalización de los contenidos teniendo en cuenta los gustos y necesidades del espectador. El hecho de contar con el servicio de VoD permite a los usuarios disfrutar del contenido que quieran en el momento que deseen sin estar sujetos a lo horarios de programación. Además permite tener el control sobre el contenido que se transmite posibilitando pausar, retroceder y realizar avance rápido de los programas lo cual se traduce en comodidad en la visualización de la televisión.

- EPG:

Muestra todos los canales de televisión disponibles permitiéndoles a los usuarios conocer los programas que serán transmitidos por los diferentes canales y el horario de los mismos.

- Multicast:

La utilización de esta técnica de transmisión permite el aprovechamiento y uso óptimo de la infraestructura de la red de datos de universidad.

➤ **Medición de audiencia y acceso condicional:**

Estos servicios permiten el enrutamiento de los canales de TV lo cual permite realizar restricciones en cuanto al tipo de material que se transmiten, el área, horario, incluso por usuarios y además permite mantener el control sobre audiencia de la comunidad universitaria sobre materiales específicos.

➤ **Navegación web:**

Este servicio posibilita el acceso a los servicios telemáticos que se ofertan en la universidad mediante el televisor lo cual garantiza el acceso en todo momento a la información sin el uso obligatorio de las computadoras.

➤ **Vista previa de los canales:**

Este servicio posibilita la presentación de programas en mosaico proporcionando una vista previa de cada uno de los canales.

3.4.3. Costo de la propuesta

Para calcular el costo total de la propuesta no se tuvieron en cuenta los gastos que implican la instalación y la mano de obra, solo se incluyó el precio de la tecnología necesaria ya que la plataforma propuesta está en proceso de desarrollo por la UCI. A continuación se describe el equipamiento a adquirir y su precio en la tabla 6.

Tabla 6: Costo de la propuesta.

Equipamiento	Modelo	Cantidad	Precio	Total
Codificador	AVN420	7	\$ 2650.00	\$ 20 362.00
Decodificador	AmiNet125	2000	\$ 390.00	\$ 780 000.00

Teclado IR	IR Keyboard	10	\$ 50.00	\$ 500.00
Total general (en USD)				\$ 800 862.00

3.5. Validación de la propuesta

Anteriormente se realizó la descripción de la propuesta teniendo en cuenta los elementos necesarios para la implementación de IPTV y las principales características de la red de datos y televisión de la universidad. En esta sección la propuesta será validada utilizando el Método Experto, el cual se basa en la consulta a personas que tienen grandes conocimientos sobre el entorno en el que la organización desarrolla su labor. [20]

A continuación se explica la guía a seguir para la validación de la propuesta.

1. Realizar la selección de expertos a participar en la validación.

Para la selección de los expertos (Anexo #1) se tuvo en cuenta su experiencia en las telecomunicaciones y la efectividad de su labor como profesional. Esto garantiza que las respuestas tengan la calidad requerida, puesto que las opiniones son confiables y tienen alto grado de validez.

2. Envío de la documentación necesaria a los expertos que participarán en la validación.

Se les envía a los expertos el Trabajo de Diploma para que estudien el tema y puedan dar un criterio preciso del mismo. Además se envía un modelo donde cada experto refleja un peso determinado (en una escala de 1 a 10) a cada criterio según su consideración y la encuesta para la evaluación de la propuesta.

Los resultados referidos a la recogida de los pesos de cada criterio se muestran en la Tabla #7:

E: Número de expertos que realizan la evaluación.

C: Número de criterios evaluados.

Ep: Promedio del peso asignado a cada criterio por experto.

Pr: Peso relativo de cada criterio.

Tabla 7: Resultado del modelo para la recogida de los pesos de cada experto.

Criterios	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Ep	Pr
C1	10	10	9	10	9	9	10	9.57	0.152
C2	8	10	8	9	8	9	8	8.57	0.136
C3	10	10	9	10	10	9	9	9.57	0.152
C4	9	9	7	9	7	8	8	8.14	0.130
C5	8	9	9	9	10	9	10	9.14	0.146
C6	9	8	9	7	8	9	9	8.42	0.134
C7	9	9	10	9	10	8	9	9.14	0.146
Total	-	-	-	-	-	-	-	62.58	-

Los resultados referidos a la recogida de la evaluación de cada criterio se muestran en la Tabla #8:

Ec: Evaluación promedio de cada experto.

Tabla 8: Resultado de la encuesta para la recogida de la evaluación de cada experto.

Criterios	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Ec
C1	5	5	5	5	5	5	5	5
C2	5	5	5	5	5	5	5	5
C3	4	5	3	3	4	3	4	3.71
C4	5	5	3	3	3	3	3	3.57
C5	5	5	3	3	3	1	3	3.28
C6	5	5	5	5	5	3	5	4.71
C7	5	5	5	4	5	4	4	4.57

3. Conociendo el peso relativo (Pr) y la calificación promedio (Ec) de cada criterio se puede obtener el valor de $Pr \times Ec$, en la Tabla #9 se muestran los resultados.

Tabla 9: Calificación promedio de cada criterio.

Criterios	Ec	Pr	Pr x Ec
C1	5	0.152	0.76
C2	5	0.136	0.68
C3	3.71	0.152	0.563
C4	3.57	0.130	0.464
C5	3.28	0.146	0.478
C6	4.71	0.134	0.631
C7	4.57	0.146	0.667
$\Sigma (Pr \times Ec)$	-	-	4.243

4. Se calcula el Índice de Aceptación (IA).

$$IA = \Sigma (Pr \times Ec) / 5$$

$$IA = 4.243 / 5$$

$$IA = 0.848$$

5. Se ubica el Índice de Aceptación en rangos ya predefinidos, determinando así la probabilidad de éxito.

Rangos predefinidos de Índice de Aceptación

$IA > 0,7$ Existe alta probabilidad de éxito

$0,7 > IA > 0,5$ Existe probabilidad media de éxito

$0,5 > IA > 0,3$ Probabilidad de éxito baja

$0,3 > IA$ Fracaso seguro

De acuerdo al Índice de Aceptación calculado se demuestra que la propuesta tiene alta probabilidad de éxito por lo que es factible llevar a cabo su implementación en la UCI.

3.6. Conclusiones

En este capítulo se realizó un análisis de la situación actual de la red de televisión y la red de datos de la universidad llegando a la conclusión de que la primera precisa de algunos dispositivos para que se pueda llevar a cabo el despliegue de IPTV, mientras que la segunda cuenta con suficiente ancho de banda para recibir la nueva tecnología. La propuesta realizada se considera factible por reunir requisitos necesarios para su futura implementación y aprovechar la posibilidad del desarrollo de software en la UCI. Además refleja una solución viable a problemas existentes como la mala calidad de la señal de televisión.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las potenciales ventajas que ofrece IPTV sobre otras tecnologías para la transmisión de señales televisivas en cuanto a calidad de la señal y servicios agregados, se puede concluir que ésta es el camino a seguir para la futura mejora de la televisión en la UCI. Para la elaboración del presente trabajo se aplicó correctamente la metodología de investigación y se utilizaron métodos científicos con el propósito de lograr una mayor organización en la realización del trabajo.

Luego de la realización de la presente investigación se puede ultimar que la red de televisión existente en la UCI precisa de algunos dispositivos para que se pueda llevar a cabo la implementación de IPTV, mientras que la red de datos cuenta con el ancho de banda suficiente para recibir la nueva tecnología.

La propuesta realizada se considera factible pues reúne todos los elementos necesarios para el despliegue de un sistema IPTV y mantiene además una adecuada relación costo-beneficio. La implementación de IPTV en la universidad trae aparejada numerosos beneficios que transformarán el sistema de televisión actual en una nueva forma de televisión con altos niveles de calidad e interactividad con el usuario. Además permitirá la integración de servicios al combinar la transmisión de televisión y datos sobre la misma infraestructura de red.

Basado en los aspectos anteriormente expuestos, se consideran abordados y cumplidos los objetivos propuestos, logrando de esta manera solucionar el problema planteado con anterioridad. Durante la realización del trabajo fueron consultadas diferentes bibliografías actualizadas para la obtención de información confiable y actual.

RECOMENDACIONES

Partiendo de las conclusiones del trabajo y de la base de conocimiento aportada durante el desarrollo de la investigación se recomienda:

- Que la presente investigación constituya material de consulta actualizado para posteriores estudios relacionados con el tema.
- Implementar la propuesta realizada, ya que ésta cumple con todos elementos a tener en cuenta para el despliegue de IPTV en la UCI. Además la misma mantiene una equivalente relación costo-beneficio lo cual es un aspecto muy importante teniendo en cuenta la crisis económica que está atravesando el mundo y a la que Cuba no está ajena.

http://www.todotvnews.com/scripts/templates/estilo_notas.asp?nota=nuevo/Newmedia/IPTV/2008/12_diciembre/17_uverse_atyt_millon_abonados EEUU.

11. **Pallete, José María Álvarez y Slim, Carlos.** Prensario Internacional. *Prensario Internacional*. [En línea] 14 de Enero de 2009. [Citado el: 23 de Enero de 2009.] http://www.prensario.tv/Noticias/Informe_IPTV_Latinoamerica.htm.
12. vertele. *vertele*. [En línea] 23 de Marzo de 2007. [Citado el: 15 de Marzo de 2009.] <http://www.vertele.com/pistas/detail.php?id=739>.
13. **Ruisánchez, Pablo.** Noticiasdot.com. *Noticiasdot.com*. [En línea] 28 de Agosto de 2003. [Citado el: 20 de Abril de 2009.] <http://www.noticiasdot.com/publicaciones/2003/0803/2808/noticias280803/noticias280803-4.htm>.
14. RIV UAEH. *RIV UAEH*. [En línea] 2005. [Citado el: 22 de Abril de 2009.] <http://virtual.uaeh.edu.mx/riv/videoconferencia.php>.
15. **Vargas, Eider Gutiérrez.** . *Análisis de la tecnología IPTV, articulación de propuesta para la implementación de un plan piloto*. Facultad de Ingeniería, Universidad de Costa Rica. Costa Rica : s.n., 2007.
16. **Dianko Quiñones Oberto, Osvaldo Román Carol Betacourt Facultad de Ingeniería Eléctrica.** *Calidad de video en los sistemas de IPTV con codificación MPEG*. Departamento de Telecomunicaciones, Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”. Ciudad de La Habana : s.n., 2008. pág. 160.
17. **Rodríguez, Donald.** *Protocolo RTP y Protocolo SIP*. Departamento de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Sonora. s.l. : Hermosillo, 2003.
18. **Ashley, Mike.** GNU Privacy Guard. *GNU Privacy Guard*. [En línea] <http://www.gnupg.org/gph/es/manual.html#AEN199>.
19. **Liskey Cascaret, Alberto Luis Arias.** *Propuesta de Sistema de Televisión Digital para la UCI*. Universidad de las Ciencias Informáticas. Ciudad de La Habana : s.n., 2007.
20. *GTIC*. (n.d.). Retrieved mayo 15, 2009, from <http://www.gtlic.ssr.upm.es/encuestas/delphi.htm#A1.1>

BIBLIOGRAFÍA

1. cafeaguau. cafeaguau. [En línea] Guaguau, 1 de Febrero de 2008. [Citado el: 5 de Febrero de 2009.] <http://cafeaguau.com/2008/01/02/television-sobre-protocolo-ip-iptv-masificandose-en-el-mundo/>.
2. Chile TVD. Chile TVD. [Online] Junio 26, 2007. [Cited: Febrero 23, 2009.] <http://www.chiletelevisiondigital.com/iptv-gana-terreno-en-francia/>.
3. **Driscoll, Gerard O'**. *Next Generation IPTV Services and Technologies*. New Jersey : John Wiley & Sons Ltd, 2008. 978-0-470-16372-6.
4. **González Barahona, Jesús M and Robles, Gregorio**. *Tema 2 - Real-Time Transport Protocol*. s.l., España : Universidad Rey Juan Carlos, Noviembre 7, 2008. Información Audiovisual en Redes de Ordenadores.
5. **Greenfield, Wes Simpson & Howard**. *IPTV and Internet Video: New Markets in Television Broadcasting*. s.l. : Taylor & Francis Group, 2007. 0-240-80954-8.
6. **Held, Gilbert**. *Understanding IPTV*. New York : Taylor & Francis Group, 2007. 0-8493-7415-4.
7. **Hemingway, John Paul**. REDESTELECOM.ES. *REDESTELECOM.ES*. [Online] Julio 11, 2008. [Cited: Febrero 10, 2009.] <http://www.redestelecom.es/Firmas/200807110015/Preparando-las-Redes-para-la-Revolucion-del-Entretenimiento-Digital-.aspx>
8. **Lloret Mauri, Jaime, García Pineda, Miguel and Boronat Seguí, Fernando**. *IPTV: la televisión por internet*. Valencia : Publicaciones Vértice, 2008. 849264722.
9. **Marchese, Mario**. *QoS over Heterogeneous Network*. s.l. : John Wiley & Sons Ltd, 2007. 978-0-470-01752-4.
10. **Méndez, Omar**. *En un escenario latinoamericano fangoso, F&S revela sus pronósticos IPTV para 2009*. s.l. : todotvnews Diario de Negocios de Televisión, Enero 13, 2009. En un escenario latinoamericano fangoso, F&S revela sus pronósticos IPTV para 2009.
11. **Mutant, Paul**. Blog CMT. Blog CMT. [Online] Febrero 5, 2009. [Cited: Febrero 23, 2009.] <http://blogcmt.com/2009/02/04/iptv-telcvtv-la-television-por-banda-ancha-existeq/>.

12. **Navarro, Juanjo.** HÉCTOR MILLA Innovación auduivisual y televisión 2.0. HÉCTOR MILLA Innovación auduivisual y televisión 2.0. [En línea] 21 de Marzo de 2007. [Citado el: 5 de Febrero de 2009.] <http://www.hectormilla.com/television20/1472/open-iptv-forum-propone-una-alianza-mundial-sobre-el-iptv>
13. Orange, Fundación. espacio-orange-lleida.es. espacio-orange-lleida.es. [Online] Febrero 22, 2009. [Cited: Febrero 24, 2009.] <http://espacio-orange-lleida.es/?p=7>.
14. **Pérez Crespo, Salvador.** *IPTV, Internet TV: LOS DISPOSITIVOS*. [ed.] S.A. Telefónica. s.l. : Telefónica Sociedad de la Información, Noviembre 7, 2007. Vol. 2.
15. **Ramirez, David.** *IPTV Security*. s.l. : John Wiley & Sons Ltd, 2008. 978-0-470-51924-0.
16. **SAMUEL ALCALDE.** SAMUEL ALCALDE. [En línea] 30 de Septiembre de 2008. [Citado el: 21 de Marzo de 2009.] http://www.samuelalcalde.com/index.php?option=com_content&view=article&id=2172:etb&Itemid=29.
17. tech-faq. *tech-faq*. [Online] [Cited: Febrero 6, 2009.] <http://es.tech-faq.com/conditional-access-system.shtml>.
18. Tele Digital y Satélie Infos. Tele Digital y Satélie Infos. [Online] Tele Digital, Febrero 26, 2009. [Cited: Febrero 28, 2009.] <http://www.sateliteinfos.com/actu/tp.asp/tp/16723/imagenio-ya-supone-el-14-por-ciento-de-la-tv-espanola.html>.
19. todotvnews Diario de Negocios de Televisión. todotvnews Diario de Negocios de Televisión. [En línea] 10 de Febrero de 2008. [Citado el: 6 de Febrero de 2009.] http://www.todotvnews.com/scripts/templates/estilo_notas.asp?nota=nuevo/Newmedia/IPTV/2008/10_0ctubre/03_jptv_20_millones_usuarios_mundo.

ANEXOS

Anexo # 1

Tabla 10: Relación de expertos encuestados.

Experto	Graduado
Omar Alexander Guzmán Obregón	Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica
Hédel Núñez Bolívar	Técnico en Electrónica
Serguei González García	Ingeniero en Informática
Abel Valdés Gómez	Ingeniero en Ciencias Informáticas
Ramón Torres Méndez	Ingeniero en Ciencias Informáticas
Yudel Arbella Pérez	Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica
Víctor Frank Molina López	Ingeniero en Ciencias Informáticas

Anexo 2: Encuesta aplicada al grupo de expertos.

Encuesta para la validación de la Propuesta de implementación de IPTV en la UCI.

A quien pueda interesar:

La presente encuesta tiene como objetivo evaluar los criterios expuestos para validar la propuesta de implementación de IPTV en la UCI.

1. ¿Cree que el equipamiento que se propone tiene los requerimientos necesarios conforme con los servicios que se quieren ofertar?
 Sí No
2. ¿Considera usted que esta propuesta se deba tener en cuenta una vez que se decida implementar IPTV en nuestra Universidad?
 Sí No
3. ¿En su opinión, la propuesta recoge los elementos mínimos necesarios para la implementación de IPTV en la Universidad?
 Todos Muchos Algunos Pocos Ninguno.
4. ¿En qué medida usted considera que la propuesta planteada es funcional?
 Alta Media Baja
5. ¿En qué medida usted considera que la propuesta planteada es factible?
 Alta Media Baja
6. ¿Cómo considera la relación costo-beneficio?
 Aceptable Equivalente Excedida
7. ¿En una escala de 1 al 5, que calificación le daría usted a la propuesta aportada?
 1 2 3 4 5
8. Haga un comentario o aporte sobre la propuesta ofrecida. (El comentario es libre y debe reflejar algún elemento de interés que aporte elementos para la propuesta realizada).

Anexo 3: Modelo para la recogida de pesos de cada criterio.

Modelo para la recogida de información referente al peso de los criterios

Fecha de recepción:	
Fecha de entrega:	
Nombre y Apellidos del evaluador:	
<p>Le otorgará un peso máximo de 10 puntos a cada criterio de acuerdo a su opinión.</p> <ol style="list-style-type: none">1. Valor científico de la propuesta.2. Calidad de la investigación.3. Responsabilidad científica y profesionalidad de los investigadores.4. Contribución científica.5. Necesidad de empleo de la propuesta.6. Impacto en el área para la cual está destinada la guía.7. Organización en el proceso de desarrollo.	

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Amplificador: Dispositivo que mediante la utilización de energía, magnifica la amplitud de un fenómeno.

Backbone: Elemento de la red que soporta la mayor parte del tráfico de datos. También conocida como troncal, conecta redes más pequeñas o nodos, para crear redes de mayor tamaño. Normalmente transmite los datos a una velocidad más elevada que el resto de la red. En redes muy grandes, como Internet, puede haber varios troncales, cada uno de los cuales cubre grandes zonas de la red. En redes pequeñas, el troncal se puede llamar bus.

Jitter: Es la variación en el retardo, en términos simples la diferencia entre el tiempo en que llega un paquete y el tiempo que se cree que llegará el paquete.

NTSC: Sistemas de codificación para señales de televisión cuyo formato de video es de 720 x 480 píxeles y 29,9 fotogramas o cuadros por segundo.

PAL: Sistemas de codificación para señales de televisión cuyo formato de video es de 720 x 576 píxeles y 25 fotogramas o cuadros por segundo.

RCA: Es un conector utilizado para transportar señales de video o de audio. Se utiliza para enviar señales de video y audio (en mono o estéreo) a través de un cable de dos hilos, con un método de transmisión que puede ser tanto analógico como digital.

Televisión Analógica: El servicio de televisión analógica es el sistema tradicional de televisión que utiliza ondas radioeléctricas para transmitir y mostrar imágenes y sonidos. Es el sistema que se ha venido empleando desde el inicio de las emisiones de televisión.

Televisión de definición estándar: La Televisión de definición estándar (SDTV, del inglés Standard Definition Television) es el nombre que reciben las transmisiones de televisión actuales para diferenciarlas de la televisión de alta definición: en el mundo digital está una resolución de 720 x 576 líneas para PAL y 720 x 480 para NTSC. En las transmisiones analógicas son 625 para PAL y 525 para NTSC.

Televisión interactiva: El término televisión interactiva se refiere a la forma de televisión donde la participación del usuario puede afectar directamente el contenido ya que se encuentra disponible lo que será producido y transmitido.

Timeshifting: Es el proceso de grabar y guardar datos para ser vista, oída o leída posteriormente. En televisión, Timeshifting se puede efectuar con una grabadora de video personal o un PC con sintonizador de Televisión.

Triple Play: Es la expresión comúnmente utilizada por los operadores para referirse al paquete de servicios de televisión, telefonía y datos.

Video Streaming: El Video-Streaming es una tecnología de transmisión de datos que no requiere la descarga previa en el ordenador del usuario, sino que el servidor de Video streaming entrega los datos de forma continua y sincronizada en tiempo real. Un servidor de video streaming es un servicio que facilita la transmisión de archivos de Video a través de Internet.

Video bajo demanda: El video bajo demanda o video a la carta es un servicio multimedia interactivo que permite al usuario elegir la película que desea ver en cualquier momento, interactuando con un servidor de video remoto.

xDSL: Es un grupo de tecnologías de comunicación que permiten transportar información multimedia a mayores velocidades, que las que se obtienen vía modem, simplemente utilizando las líneas telefónicas convencionales.

SAN: Una red de alta velocidad y destinada a fines específicos, la cual conecta diferentes dispositivos de almacenamiento de datos a los servidores. Un SAN puede brindar soporte y almacenamiento de archivos para locaciones múltiples o remotas.