

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y

ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y

TELECOMUNICACIONES

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN

DEL TÍTULO DE INGENIERÍA

DISEÑO DE LA RED PARA INTERACTIVIDAD EN
TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE E IPTV EN EL CAMPUS
ESPE SANGOLQUÍ

AMPARITO ALEXANDRA MORALES FIGUEROA

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2010

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado: “DISEÑO DE LA RED PARA INTERACTIVIDAD EN TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE E IPTV EN EL CAMPUS ESPE SANGOLQUÍ”, ha sido desarrollado en su totalidad por la señorita AMPARITO ALEXANDRA MORALES FIGUEROA con CI: 171894567-6, bajo nuestra dirección.

Atentamente

Ing. Gonzalo Olmedo
DIRECTOR

Ing. Román Lara
CODIRECTOR

RESUMEN

En el presente proyecto de grado se propuso el Diseño de la red para interactividad en televisión digital terrestre e IPTV centrándose básicamente en el estudio de los requerimientos, tecnologías de comunicación disponibles para una futura implementación de la red, el modelo y la arquitectura tanto de IPTV como de TDT y los componentes de hardware y software que conforman la infraestructura de la red.

Se realizó un estudio que analiza las características y atributos de la televisión digital, los modelos de la televisión digital y los elementos que intervienen en la difusión de la TV Digital interactiva. El desarrollo del proyecto se basa en el estándar brasileño ISDB-TB, estándar adoptado por Ecuador, el cual emplea tecnologías avanzadas de compresión de audio y video (H.264/HE-AAC), las mismas que son consideradas al momento del dimensionamiento de la red. Además se detallan los equipos y programas escogidos, los mismos que operan bajo las normas brasileñas de TV Digital y brindan un excelente desempeño.

El motivo que incentivó el desarrollo del proyecto radica en la reciente adopción del estándar brasileño de Televisión Digital que será implementado en un futuro próximo en nuestro país, por lo cual es de gran importancia conocer cómo trabaja este estándar y los beneficios que ofrece. Por otro lado, también es necesario analizar los elementos que intervienen tanto en el desarrollo de contenidos interactivos, una de las mayores atracciones de TV Digital, como en la generación del flujo de transporte a transmitir y el equipamiento que se requiere para poder visualizarlos a nivel de usuario.

Con el presente proyecto se obtuvo una visión más amplia de lo que significa y abarca la TV Digital. Finalmente, se pudo constatar que el campo de desarrollo es muy extenso e interesante tanto en la parte de desarrollo de contenidos como en la de transmisión e implementación de esta nueva tecnología.

DEDICATORIA

Este proyecto de tesis está dedicado con todo mi amor a mis padres, Ricardo y Amparito, quienes con su ejemplo de perseverancia, dedicación y esfuerzo me han guiado y apoyado incondicionalmente durante toda mi vida.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios, por brindarme fortaleza y sabiduría para alcanzar con éxito las metas planteadas, además de regalarme una familia maravillosa que siempre ha estado junto a mí para alentarme y entregarme su amor.

A mi madre, quien ha sido mi amiga, mi apoyo y mi guía, por depositar su confianza en mí y siempre brindarme su cariño y dedicación, lo más importante en mi vida.

A mi padre, por ser mi modelo a seguir, quien me enseña cada día a ser una mejor persona, a vencer los obstáculos que se presentan y a nunca rendirse hasta lograr los objetivos deseados. A mis padres les debo todo en la vida y gracias a ellos y a sus esfuerzos en el afán de darme lo mejor he logrado culminar mi carrera profesional.

A mi hermano Pablito, por su ayuda, alegría, cariño y preocupación a lo largo de estos años.

A mi abuelita Inés, por ser tan generosa, quererme tanto, siempre cuidarme y estar pendiente de mi bienestar, en una sola palabra por ser la mejor abuelita que Dios me pudo dar.

A mis profesores, por su paciencia, amistad y entrega en su ardua labor de compartir sus conocimientos, aportando de esta manera tanto en mi formación profesional como personal.

A mis amigos, por su apoyo y por el maravilloso tiempo compartido en estos años de carrera, además por la amistad sincera que siempre me han brindado.

PRÓLOGO

Recientemente, nuestro país adoptó el sistema brasileño (ISDB-TB) para el desarrollo de su Televisión Digital Terrestre, esta decisión trae consigo grandes mejoras en cuanto a imagen, sonido, variedad y calidad de contenidos, pero una de sus principales funcionalidades y atractivos es la televisión interactiva, la misma que aprovecha las capacidades tecnológicas disponibles de la TV Digital para ofrecer una experiencia diferente al espectador.

Sin embargo, para conseguir la interactividad total con la televisión es necesario e indispensable la existencia de una red con varios componentes que en conjunto permitan una comunicación bidireccional. Debido a que el estudio, análisis y especificación de los elementos que conforman esta red es de suma importancia se ha desarrollado el presente proyecto, el cual se centra en la necesidad de poseer una red para la transmisión y recepción de programas interactivos.

En un mundo donde se tiende a la digitalización y convergencia, y tomando en cuenta que la televisión es un medio de comunicación de gran importancia e influencia en la sociedad, se torna vital conocer el funcionamiento y beneficios de la TV Digital y más aún conocer las tecnologías y la infraestructura de hardware y software empleada por el estándar brasileño, el cual va a ser implementado en un futuro próximo en el Ecuador.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I

TELEVISIÓN DIGITAL

1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 DEFINICIÓN.....	2
1.3 CARACTERÍSTICAS.....	2
1.3.1 TELEVISIÓN DE ALTA DEFINICIÓN.....	3
1.3.2 TRANSMISIÓN MÚLTIPLE (“MULTICASTING”).....	4
1.3.3 TRANSMISIÓN DE DATOS (“DATACASTING”).....	5
1.3.4 VIDEO MEJORADO.....	5
1.4 ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN DIGITAL.....	5
1.4.3 ISDB-T.....	6
1.4.3.1 Requerimientos técnicos para la transmisión de DTT en Japón.....	7
1.4.3.2 Características técnicas de ISDB-T.....	8
1.4.3.3 Sistema de transmisión para ISDB-T.....	11
1.4.3.4 Modulación y Corrección de Errores.....	16
1.4.4 ISDB-Tb.....	17
1.4.4.1 Innovaciones de ISDB-Tb.....	20
1.5 TECNOLOGÍA DE MULTIPLEXACIÓN.....	22
1.5.1 PACKETIZED ELEMENTARY STREAM (PES).....	24
1.5.2 EL PAQUETE MPEG-2 TRANSPORT STREAM.....	27
1.5.3 INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL RECEPTOR.....	28
1.5.4 SINCRONIZACIÓN PARA EL TRANSPORT STREAM.....	29
1.5.5 LA ACTUAL ESTRUCTURA DEL PROGRAMA.....	29
1.5.6 TABLAS DE SEÑALIZACIÓN EN MPEG-2.....	30
1.5.7 ACCEDIENDO A UN PROGRAMA.....	31
1.5.8 SISTEMA DE TRANSPORTE.....	32

1.5.9 MULTIPLEXACIÓN DE DATOS	32
1.5.10 CARRUSEL DE OBJETOS Y DATOS.....	34
1.5.11 CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DEL TRANSPORT STREAM PARA ISDB-T	36

CAPÍTULO II

MODELOS DE LA TELEVISIÓN DIGITAL

2.1 IPTV	38
2.1.1 DEFINICIÓN	38
2.1.2 SERVICIOS QUE OFRECE.....	40
2.1.3 MODELO DE LA TELEVISIÓN IP	41
2.1.4 ARQUITECTURA DE IPTV	42
2.1.5 ARQUITECTURAS SDV	44
2.1.6 ELEMENTOS BÁSICOS DE LA ARQUITECTURA	44
2.1.7 CODIFICADORES DE AUDIO Y VIDEO	48
2.1.8 CALIDAD DE SERVICIO DE IPTV Y SEGURIDAD	50
2.1.9 TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIONES	54
2.1.9.1 <i>Tecnologías Cableadas</i>	54
2.1.9.2 <i>Tecnologías Inalámbricas</i>	58
2.1.10 IPTV SOBRE REDES WIRELESS	61
2.1.11 ARQUITECTURA DE LA PLATAFORMA DE DESARROLLO PARA IPTV	66
2.1.12 POR QUÉ UTILIZAR IPTV SOBRE WIMAX.....	68
2.2 TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE	70
2.2.1 DEFINICIÓN	70
2.2.2 MODELO DE LA TDT	71
2.2.3 ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN LA DIFUSIÓN DE TVDI	73
2.3 INTERACTIVIDAD	74
2.3.1 NIVELES DE INTERACTIVIDAD	76

2.4 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA EL CANAL DE RETORNO.....	78
---	----

CAPÍTULO III

DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE LA RED

3.1 REQUERIMIENTOS DE LA RED DE IPTV	80
3.1.1 CALIDAD DE EXPERIENCIA	81
3.1.2 PARÁMETROS DE QoS PARA IPTV	81
3.2 REQUERIMIENTOS PARA UNA RED DE TDT.....	84
3.2.1 ADSL	87
3.3 CODECS A UTILIZAR	89
3.3.1 CÓDEC DE VIDEO H.264	89
3.3.2 CODEC DE AUDIO: MPEG-4	96
3.4 TRANSPORTE DE PAQUETES IP	103
3.4.1 MULTICASTING	106
3.5 ANÁLISIS DE ANCHOS DE BANDA.....	110
3.5.1 CÁLCULOS	113
3.6 ESTRUCTURA DE LA RED	119
3.6.1 IPTV.....	119
3.6.2 TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE	129

CAPÍTULO IV

INFRAESTRUCTURA DE HARDWARE Y SOFTWARE

4.1 INTRODUCCIÓN.....	131
4.2 COMPONENTES DE HARDWARE	132
4.2.1 PC DE PRODUCCIÓN Y DESARROLLO.....	132
4.2.2 SERVIDOR DE CONTENIDOS Y APLICACIONES.....	132
4.2.3 SERVIDOR DE TELEVISIÓN	133
4.2.4 SISTEMA DE CODIFICACIÓN Y MODULACIÓN.....	133
4.2.5 SET-TOP BOX (STB).....	134
4.2.6 TELEVISOR	138
4.2.7 TARJETA DE TELEVISIÓN.....	139
4.3 COMPONENTES DE SOFTWARE.....	141
4.3.1 SERVIDOR DE CONTENIDOS Y APLICACIONES.....	141
4.3.2 HERRAMIENTA PARA LA CREACIÓN DE APLICACIONES INTERACTIVAS	144
4.3.3 EMULADOR DE STB	154
4.3.4 SERVIDOR DE PLYOUT	157
4.3.5 APLICACIÓN DE TV	157

CAPÍTULO V

HARDWARE Y SOFTWARE

5.1 ELEMENTOS DE HARDWARE	158
5.1.1 SERVIDOR DELL POWEREDGE T105	159
5.1.2 TARJETA MODULADORA DTA-115.....	160
5.1.3 SET TOP BOX–XPS-1000.....	161
5.1.4 HD IPTV SET TOP BOX–N86091	161

5.1.5 TELEVISOR	162
5.1.6 TARJETA DE TV DIGITAL	163
5.2 ELEMENTOS DE SOFTWARE.....	164
5.2.1 SERVIDOR FTP.....	165
5.2.2 SERVIDOR WEB: APACHE TOMCAT V6.0	166
5.2.3 OPENCASTER 2.4	166

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES.....	173
6.2 RECOMENDACIONES	181

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 1.1. Requerimientos para la transmisión de DTV en Japón	8
Tabla. 1.2. Tablas PSI.....	30
Tabla. 2.1. Estándares de Ethernet 802.3	55
Tabla. 3.1. Cuadro comparativo de H.264 y MPEG-2	95
Tabla. 3.2. Tasas de transmisión utilizadas en el formato MPEG-2 y H.264.....	111
Tabla. 3.3. Paquetes de servicio de TV digital	115
Tabla. 3.4. Parámetros de los códec más utilizados en VOIP	116
Tabla. 5.1. Componentes de Hardware.....	158
Tabla. 5.2. Componentes de Software	164

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1.1. Audio de alta fidelidad con sonido envolvente (multicanal).....	3
Figura. 1.2. (a) SDTV con relación de aspecto 4:3; (b) HDTV con relación de aspecto 16:9	4
Figura. 1.3. Distribución de los Estándares de TV Digital	6
Figura. 1.4. Estructura del sistema de radiodifusión digital (ISDB-T estándar japonés).....	9
Figura. 1.5. Formato multiplexado en el sistema ISDB-T.....	11
Figura. 1.6. Configuración del sistema ISDB-T	13
Figura. 1.7. Formación de las capas.....	14
Figura. 1.8. Ejemplos de los servicios de ISDB-T y la transmisión de señales....	15
Figura. 1.9. Separación jerárquica y procesamiento en paralelo (ejemplo de dos capas)	16
Figura. 1.10. Sistema básico ISDB-TB.....	19
Figura. 1.11. Esquema de los Sistemas MPEG-2	23
Figura. 1.12. Formación de los Paquetes TS	25
Figura. 1.13. Paquete PES.....	25
Figura. 1.14. Paquetes MPEG-2 Transport Stream multiplexados.....	26
Figura. 1.15 MPEG-2 Transport Stream Packet	27
Figura. 1.16. PAT y PMT	28
Figura. 1.17 Accediendo a un programa por medio de los PIDS de video y audio	31
Figura. 1.18. Multiplexación de audio principal y video principal.....	32
Figura. 1.19. Transporte de datos síncronos	33
Figura. 1.20. Transporte de datos sincronizados.....	33
Figura. 1.21. Transporte de datos asincrónicos.....	34
Figura. 1.22 Señalización de capas en 16 bytes en el paquete de Transport Stream.	36
Figura. 1.23 Orden de los segmentos en: (1) ISDB-T y (2) ISDB-TSB.....	37
Figura. 2.1. Modelo de la televisión digital IP.....	41
Figura. 2.2. Arquitectura genérica de IPTV.....	43
Figura. 2.3. Elementos básicos de la arquitectura de IPTV	45

Figura. 2.4. Arquitectura de IPTV sobre ADSL	48
Figura. 2.5. Comparación de las tasas de compresión	50
Figura. 2.6. Cobertura del servicio.....	50
Figura. 2.7. Arquitectura orientada a servicios	54
Figura. 2.8. Red MOCA en el hogar	56
Figura. 2.9. Diagrama simplificado de un sistema portador de tráfico de IPTV en WIMAX	63
Figura. 2.10. Modelo de comunicaciones WIMAX.....	63
Figura. 2.11. Arquitectura de la plataforma de desarrollo de Wireless IPTV	67
Figura. 2.12. Modelo de la televisión digital terrestre	71
Figura. 2.13. Esquema del envío de información por medio de ondas hertzianas	72
Figura. 2.14. Esquema de comunicación de TVDI.....	74
Figura. 3.1. Arquitectura del canal de interactividad.....	86
Figura. 3.2. Diferentes modos de dividir un macrobloque para la estimación de movimiento en H.264.....	91
Figura. 3.3. Modos de exploración zig-zag.....	93
Figura. 3.4. Esquema general de H.264	95
Figura. 3.5. Arquitectura HE-AAC	101
Figura. 3.6. SBR.....	102
Figura. 3.7. Codificador y decodificador PS.....	103
Figura. 3.8. Jerarquía del protocolo de transporte.	106
Figura. 3.9. Unicasting y Multicasting.....	109
Figura. 3.10. Diagrama de bloques de la telefonía IP.....	117
Figura. 3.11. Arquitectura del sistema de IPTV	119
Figura. 3.12. Componentes de una red MPLS	127
Figura. 3.13. Arquitectura NGN para la prestación de servicios IPTV	129
Figura. 3.14. Elementos que intervienen en la comunicación ADSL.....	130
Figura. 4.1. Infraestructura de Hardware y Software.....	131
Figura. 4.2. Etapas de recepción en el STB	135
Figura.4.3. Arquitectura del Set-Top box – visión general.....	136
Figura. 4.4. Arquitectura genérica de hardware de un Set-Top box	138
Figura. 4.5. Tipos de recepción para DTV.....	139
Figura. 4.6. Tipos de tarjeta para TV Digital.....	140

Figura. 4.7. Arquitectura en dos capas (servidor web) y tres capas (servidor de aplicaciones)	143
Figura. 4.8. Arquitectura de GINGA	146
Figura. 4.9. Contexto de GINGA.....	149
Figura. 4.10. Api de GINGA-J.....	151
Figura. 4.11. Ginga –Common Core.....	152
Figura. 5.1. Set-Top box XPS-1000.....	161
Figura. 5.2. HD IPTV Set-Top box.....	161
Figura. 5.3. Ginga-NCL virtual STB	172

GLOSARIO

1SEG.- Es un servicio de transmisión de audio/video digitales terrestres móviles y datos.

8 VSB (8 Level Vestigial Sideband Modulation).- Es una técnica de modulación adoptada por el estándar ATSC para la transmisión de DTV. Este método es un tipo de modulación por amplitud que incluye 8 niveles, y soporta hasta 19.28 Mbps de datos en un canal de 6 MHz.

ABNT NBR 15606.- Es un documento técnico del estándar SBTVD que describe en detalle los aspectos correspondientes a la codificación de datos y especificaciones de transmisión para radiodifusión digital, se divide en cuatro partes: codificación de datos, Ginga-NCL para receptores fijos y móviles, especificación de transmisión de datos y Ginga-NCL para receptores portátiles – lenguaje de aplicación XML para codificación de aplicaciones.

AC-3.- DOLBY AC-3 es una tecnología de compresión de audio que proporciona 5 canales independientes (izquierdo, derecho, central, *surround* izquierdo y *surround* derecho); todos ellos reproducen un ancho de banda completa de 20 Hz – 20 KHz y además añade un canal para los efectos sonoros de baja frecuencia.

API (*Application Programming Interface*).- Interfaz de programación de aplicaciones, es una abstracción que describe una interfaz para la interacción con un conjunto de funciones utilizadas por los componentes del sistema de software.

BER (*Bit error rate*).- Tasa de error de bit, es el número de bits recibidos que han sido alterados por el ruido, interferencia y distorsión, dividido para el número total de bits transmitidos durante un intervalo de tiempo.

Bitstream.- Es una serie de bytes, típicamente de cada 8 bits.

Broadcasting.- Es la distribución de contenido de audio y video a una amplia audiencia vía radio, televisión, u otro, a menudo medios de transmisión digital.

Carrier-to-noise (C/N).- Es la relación entre la potencia de la señal recibida (C) en una banda de frecuencia determinada y la potencia (N) del ruido. Es el nivel relativo de potencia de la portadora de la señal con respecto al nivel de ruido de un sistema.

Carrusel de objetos.- Es un flujo de datos (formado por las aplicaciones interactivas junto con las señales de video y audio asociadas), que viaja como *Transport Stream* de MPEG y que se repite una y otra vez para que cualquier receptor las obtenga en el momento de sintonizar un programa.

Códec.- Es un dispositivo o programa de computadora que tiene la capacidad de codificar y/o decodificar una señal o flujo de datos digital.

Crominancia.- Es el componente que contiene la información sobre el color de una señal de video.

CSS (Cascading Style Sheets).- Es un lenguaje empleado para definir la presentación de un documento estructurado escrito en HTML, XML ó XHTML.

Daemon.- es un programa de computadora que se ejecuta en un segundo plano, en lugar de tener un control directo por parte del usuario.

Datacasting.- Se refiere a la transmisión de datos sobre un área amplia utilizando ondas de radio. Data casting proporciona noticias acerca del clima, tráfico, compras e información interactiva como juegos y educación. Además se incluye una guía electrónica de la programación.

Downstream.- Flujo de descarga, se refiere a la velocidad con que los datos pueden ser transferidos de un servidor a un cliente.

DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying).- Modulación por desplazamiento de fase diferencial.

DSM-CC (Digital Storage Media –Command and Control).- Es un conjunto de herramientas para el desarrollo de canales de control asociados con *streams* MPEG-1 y MPEG-2. DSM-CC puede ser utilizado para controlar la recepción de video, proporcionar atributos como pausar, retroceder, adelantar, etc.

ECMAScript.- Define un lenguaje de programación de tipo dinámico inspirado en Java y otros lenguajes del estilo de C.

FEC (Forward Error Correction).- Es un tipo de mecanismo de corrección de errores que corrige los datos alterados en el receptor utilizando unos bits adicionales sin la necesidad de la retransmisión de la información original.

FTTx (Fiber to the X).- Es un término genérico para cualquier arquitectura de red que usa fibra óptica para reemplazar toda la parte de la tradicional red de cobre.

Frame (trama).- se denomina *frame* a un fotograma o cuadro, una imagen particular dentro de una sucesión de imágenes que componen una animación.

FTP (File Transfer Protocol).- Protocolo de transferencia de archivos, es un protocolo de transferencia basado en la arquitectura cliente-servidor. Desde un equipo cliente se puede conectar a un servidor para descargar archivos desde él o para enviarle archivos, independientemente del sistema operativo utilizado en cada equipo.

GEM.- MHP mundialmente ejecutable, es la especificación del middleware abierto del proyecto DVB. Permite el despliegue de aplicaciones interactivas sobre redes broadcast y broadband como también para los medios empaquetados como son discos Blu-ray.

GINGA-J.- Provee una infraestructura de ejecución de aplicaciones Java y extensiones específicamente adaptadas al ambiente de la TV.

GINGA-NCL.- Es un entorno de presentación multimedia para aplicaciones declarativas escritas en NCL y su lenguaje de scripting Lua.

HDTV (High-Definition Television).- Televisión en alta definición, se refiere al video que posee una resolución considerablemente más alta que la que se tiene en los sistemas de televisión tradicional.

HTML (HyperText Markup Language).- Lenguaje de marcado de hipertexto, es el lenguaje de marcado (forma de codificar) predominante para la elaboración de páginas web.

IEC (The International Electrotechnical Commission).- Comisión Electrotécnica Internacional.

IOP (Internet Inter-ORB Protocol).- Es un protocolo que hace posible que los programas distribuidos escritos en lenguajes de programación diferentes puedan comunicarse a través de Internet.

Interleaving (Entrelazado).- Consiste en dispersar los píxeles de una imagen para la transmisión, luego en la recepción se ordenan evitando que la pérdida de píxeles continuos degrade la señal. *Time interleaving* permite una mejor recepción en equipos móviles.

IP (Internet Protocol).- Protocolo de internet, es un protocolo utilizado para la comunicación de datos a través de una interconexión de redes basadas en la conmutación de paquetes.

ISDB-T.- Integrated Services Digital Broadcasting. Es el estándar japonés de televisión digital.

ISO (The International Organization for Standardization).- Organización Internacional para la Estandarización.

ITU-R (ITU Radiocommunication Sector).- Es uno de los tres sectores de la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones), su función es administrar el espectro internacional de radio-frecuencia y los recursos de la órbita satelital, así como también es responsable del desarrollo de normas para los sistemas de radiocomunicaciones.

J2EE (Java Platform Enterprise Edition).- Es una plataforma de programación diseñada para desarrollar y ejecutar software de aplicaciones en lenguaje de programación Java.

JDBC (Java Database Connectivity).- Es un API que permite la ejecución de operaciones sobre bases de datos desde el lenguaje de programación Java.

JITTER.- Cambio o variación en cuanto a la cantidad de latencia entre paquetes de datos que se reciben.

LDPC (Low-Density parity-check code).- Código de paridad de baja densidad, es un código de protección contra errores.

Luminancia.- Es la componente que codifica la información de luminosidad de la imagen.

MHEG.- ISO Multimedia and Hypermedia information coding Expert Group. MHEG-5 es un estándar abierto para TV interactiva (iTV), middleware o interfaces para aplicación de programas (API). Diseñado para permitir a todos los difusores proporcionar servicios interactivos que atraen a una gran audiencia costo-eficiencia.

MHP (Multimedia Home Platform).- Es un sistema intermedio (middleware en inglés), diseñado por el proyecto DVB y estandarizado por la ETSI (Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación). MHP define una plataforma común para las aplicaciones interactivas de la televisión digital, independiente del proveedor y del receptor de televisión utilizado.

Middleware.- Es un conjunto de software ubicado entre el código de las aplicaciones y la infraestructura de ejecución (plataforma de hardware y sistema operativo).Consta de máquinas de ejecución de los lenguajes ofrecidos y librerías de funciones, que permiten el desarrollo rápido y fácil de aplicaciones.

MIMO (Multiple-input and multiple-output).- Es el empleo de múltiples antenas tanto en el transmisor como en el receptor, con el objetivo de mejorar el desempeño de la comunicación. Además aprovecha la propagación multi-trayecto para incrementar la tasa de transmisión y reducir la tasa de error.

Modulación.- Se refiere al conjunto de técnicas empleadas para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda sinusoidal. La modulación permite un mejor aprovechamiento del canal de comunicación, lo que permite transmitir más información en forma simultánea, evitando interferencias y ruidos.

MPEG-2.- Es una extensión del estándar internacional MPEG-1 para la compresión digital de señales de audio y video. MPEG-2 está dirigido a los formatos de transmisión que requieren altas velocidades para la transmisión de datos.

Multicasting.- En la difusión de televisión digital, *multicasting* se refiere a la entrega de múltiples programas de video en forma simultánea mediante un solo canal de transmisión DTV.

Multiplexación.- Es la combinación de dos o más los cuales pueden ser canales de información en un solo medio de transmisión utilizando un dispositivo llamado multiplexor.

NCL.-Nested Context Language.

NTSC (National Television System Committee).- Es la comisión responsable de la configuración de la televisión y estándares de video en EE.UU.

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).- Es un tipo de multiplexación que consiste en enviar un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias, donde cada una transporta información, la cual es modulada en QAM o en PSK.

OTA (Over-the-air).- OTA se refiere a las señales enviadas por una estación de televisión a través de aire abierto, una antena es usada para recibir estas señales y un sintonizador, usualmente dentro del televisor, las decodifica.

PAL (Phase Alternating Line).- Línea alternada de fase. Sistema de codificación empleado en transmisión de señales de televisión analógica en colores.

PAT (Program association table).- Tabla de asignación de programa. Tiene dos funciones simples: colocar el número de programa e identificación de paquete (ubicación) de las secciones de la tabla de mapa del programa en un flujo de transporte y (segundo y opcional) el id del paquete, donde puede ser encontrada la tabla de información de la red (NIT). Sin embargo, las NITs no son usadas en el mundo ATSC (Comité de sistemas avanzados de televisión).

Payload.- Datos esenciales que son llevados dentro de un paquete u otra unidad de transmisión.

PES (Packetized Elementary Streams).- Paquetización de los *streams* elementales, Antes de ser multiplexados, los *streams* elementales (audio, video, datos) son paquetizados para formar un *Video PES* y un *AUDIO PES*.

PID (Packet Identifier).- Identificador de paquete, tiene una longitud de 13 bits y que en combinación con tablas indica el tipo de *elementary stream* o contenido que se tiene.

Player.- Cualquier programa, máquina o herramienta que permite reproducir sonido, animación o video.

Playout.- Término utilizado para la transmisión de la programación desde el interior de la estación emisora hasta las redes que entregan la programación a los espectadores.

PMT (Program map table).- Tabla de mapa de programa. Está compuesta de secciones para cada número de programa, representados en un flujo de transporte, cada sección contiene el paquete id y las características de cada flujo elemental en el servicio del programa.

PN (Pseudo-Noise Code).- Es un código que tiene un espectro similar a una secuencia aleatoria de bits pero generada de forma determinística.

POP-UP.- Muestra los subtítulos de manera individual, apareciendo en la pantalla y después de un tiempo desaparecen, dando lugar a otros nuevos. Estos subtítulos son colocados en la parte inferior en el momento justo cuando el personaje habla.

PS (Program streams).- *Streams* de programa, son el resultado de combinar uno o más *Packetized Elementary Streams* (PES), los cuales forman un único *stream* con una base de tiempo común.

PSIP (Program and System Information Protocol).- Protocolo de Información de Programa y Sistema, es el protocolo utilizado en el sistema de televisión digital ATSC para transportar los metadatos sobre cada uno de los canales en la difusión del stream de transporte de una estación de TV y para publicar información acerca de los programas de televisión.

PVR (Personal video recorder).- Es un dispositivo interactivo de grabación de televisión en formato digital. Se podría considerar como un set-top box más sofisticado y con capacidad de grabación. Se compone de un disco duro de gran capacidad y un software que proporciona diversas funcionalidades para el tratamiento de las secuencias de video recibidas, acceso a guías de programación y búsqueda avanzada de contenidos.

QAM (Quadrature amplitude modulation).- Es un esquema de modulación digital avanzada que transporta datos cambiando la amplitud de dos ondas portadoras. El formato de los datos transmitidos empleando esta modulación es basado en ATSC.

QoS (Quality of Service).- Son las tecnologías que garantizan la transmisión de cierta cantidad de datos en un tiempo dado.

QPSK (Quadrature Phase Shift Keying).- Modulación por cuadratura de fase. Es una forma de desplazamiento de fase en la cual dos bits son modulados a la vez, seleccionando una de las cuatro posibles portadoras para el cambio de fase (0, 90, 180 o 270 grados).

Relación de aspecto (Aspect ratio).- La relación de aspecto de una imagen es la proporción entre su ancho y altura, la misma que se calcula dividiendo la anchura por la altura de la imagen visible en pantalla, y se expresa comúnmente como <X:Y>.

RF.- Radio frecuencia. Es una tasa de oscilación en el rango comprendido entre los 30 kHz hasta los 300 GHz, el cual corresponde a la frecuencia de las señales eléctricas normalmente utilizadas para producir y detectar ondas de radio.

ROLL-UP.- Consiste en mostrar los subtítulos en la pantalla de una forma continua. Generalmente dos o tres líneas de texto aparecen en un instante de tiempo y como una nueva línea está por venir, esta aparece en la parte inferior empujando a las otras líneas hacia arriba. El desplazamiento de los subtítulos se utiliza para la subtitulación en directo y también se puede utilizar para la subtitulación de programas pregrabados.

RS-232.- Es un estándar para la conexión serial de señales de datos binarias. Tiene un conector tipo DB-25(25 pines).

SDTV (Standard-Definition Television).- Televisión en definición estándar, este término se utiliza generalmente para referirse a la televisión digital, particularmente cuando la resolución de la transmisión es la misma o similar que la de los sistemas análogos.

SECAM (Sequential Color with memory).- Estándar de TV que utiliza la resolución de 625 líneas, pero transmite la información del color secuencialmente: rojo y amarillo en una línea y azul y amarillo en la siguiente.

Servlet.- es un programa que genera páginas web de forma dinámica a partir de los parámetros de la petición que envía el navegador web.

SFN (Single Frequency Network).- Red de frecuencia única, es una red donde cierto número de transmisores operan en la misma frecuencia RF. La televisión digital emplea este concepto con el propósito de conseguir un mejor provecho del espectro en las bandas de TV en comparación con las que usan en televisión analógica, que era con MFN (red de frecuencia múltiple).

SSL (Secure Socket Layer).- Es un protocolo que proporciona servicios de seguridad cifrando los datos intercambiados entre el servidor y el cliente.

Streaming.- Es un término que se refiere a ver u escuchar un archivo directamente sin necesidad de descargarlo antes al ordenador.

Tasa de bit (bit rate).- Define el número de bits que se transmiten por unidad de tiempo a través de un sistema de transmisión digital o entre dos dispositivos digitales. Es la velocidad de transferencia de datos.

TELETEXTO.- Es un sistema electrónico de comunicaciones en el cual la información es transmitida por la señal de televisión a los establecimientos equipados con decodificadores.

Throughput.- Es la cantidad de datos que se pueden transmitir a través de un canal por segundo.

Timestamp.- Es una secuencia de caracteres, que denotan la hora y fecha en la cual ocurrió determinado evento.

TS (Transport Stream).- Es la combinación (multiplexación) de múltiples programas (típicamente canales de video digital) para formar una única señal.

TVDI.- Televisión Digital Interactiva.

UDP (User Datagram Protocol).- Es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas.

Upstream.- Flujo ascendente, se refiere a la velocidad con que los datos pueden ser transferidos de un cliente a un servidor.

XHTML (Extensible Hypertext Markup Language).- Es el lenguaje de marcado pensado para sustituir a HTML como estándar para las páginas web.

XML (Extensible Markup Language).- Lenguaje de marcas extensible, es una manera de definir lenguajes para diferentes necesidades.

CAPÍTULO I

TELEVISIÓN DIGITAL

1.1 INTRODUCCIÓN

La televisión digital tiene sus comienzos en el año 1982 cuando se desarrolló el estándar CCIR-601 (actualmente ITU-601), el cual además de ser el primer estándar internacional de Codificación de Televisión Digital para Estudio, anticipa la codificación de la señal analógica a digital por componentes a 8 bits de resolución de cuantificación. Seguidamente se desarrollaron más estándares que han complementado y ampliado al ITU-601 hasta conseguir cuantificar con una resolución de 8, 10 y 12 bits, que es lo que ocurre actualmente.

En el transcurso de todo este tiempo la tecnología digital ha ido avanzando a pasos acelerados hasta llegar a tener desde hace varios años, canales de televisión y productoras completamente digitales. Hoy en día es posible equipar una planta en su totalidad con equipos digitales, sin embargo a pesar de tener estudios digitalizados, era necesario convertir estas señales a analógicas antes de ser transmitidas debido a que se torna imposible transmitir una señal digital sin compresión en el espectro actual de 6 MHz que ocupa un canal en América en general y 7 u 8 MHz en Europa. La televisión digital permite digitalizar estas señales y comprimirlas, con lo cual el transporte de las señales hasta el usuario final (telespectador) se realiza de manera más segura frente a las interferencias del espectro radioeléctrico y contando con una calidad considerablemente mejorada.

La televisión digital, es un sistema digital donde la señal de audio y video, es transmitida a los usuarios, ya sea por aire, cable o satélite, con una alta resolución. Mejorando notablemente la calidad de imagen (sin interferencias, doble imagen o visión borrosa) y ofreciendo un mejor audio estéreo, así como también mayor cantidad de canales.

La televisión digital es sin duda uno de los acontecimientos más importantes en materia tecnológica del nuevo milenio.

1.2 DEFINICIÓN

La televisión digital (TVD) es un nuevo servicio que ofrece la televisión y representa el desarrollo más significativo que se ha dado en este campo de la tecnología desde la llegada de la televisión a color. Básicamente DTV es una nueva técnica de radiodifusión de señales que consiste en convertir la imagen, el sonido, y los contenidos interactivos en información digital , es decir, la información no es enviada en forma de ondas que precisan grandes anchos de banda como ocurre con la televisión analógica, sino que la envía como ceros y unos (codificación binaria), aprovechando así los beneficios del procesamiento, multiplexación, codificación y modulación digital de las señales tanto de audio, vídeo y datos, con el único fin de optimizar la transmisión de las señales de televisión.

1.3 CARACTERÍSTICAS

Son bastantes las características de la DTV, pero entre las más importantes se puede mencionar la capacidad de transmisión de imágenes en alta definición; Sonidos en *Surround Sound 5.1*; Transmisión múltiple de canales (“*multicasting*”); transmisión de datos a alta velocidad; y la imagen en pantalla más ancha. DTV puede brindar la calidad de imagen y sonido comparado a la que se encuentra en las salas de cine, una pantalla ancha, una mejor entrega de colores, múltiples programas o un solo programa en alta definición (HDTV), y otros nuevos servicios que actualmente se están desarrollando. DTV puede ser HDTV, o la transmisión simultánea de múltiples programas en definición

estándar (SDTV), la cual presenta imágenes de menor calidad que HDTV pero significativamente mejor que la televisión que tenemos hoy.

1.3.1 Televisión de Alta Definición

Se refiere a que la televisión digital permitirá transmitir programas en una resolución o claridad mucho más alta que la se tiene con la televisión análoga. La HDTV agrega capacidades extraordinarias para desarrollar servicios innovadoras para los televidentes, el área comercial, el gobierno y también en el campo educativo proporciona la oportunidad de crear ilimitadas aplicaciones.

HDTV es un sistema de radiodifusión digital de televisión con una resolución mejorada en comparación a los sistemas de televisión tradicional (NTSC, SECAM, PAL). Existen tres diferencias claves entre HDTV y el estándar de televisión regular que todos conocemos, estas diferencias son: un incremento en la resolución de la imagen, el ancho de la pantalla es de 16:9 como estándar, y la capacidad de soportar audio multicanal como Dolby Digital, el cual proporciona sonido envolvente.

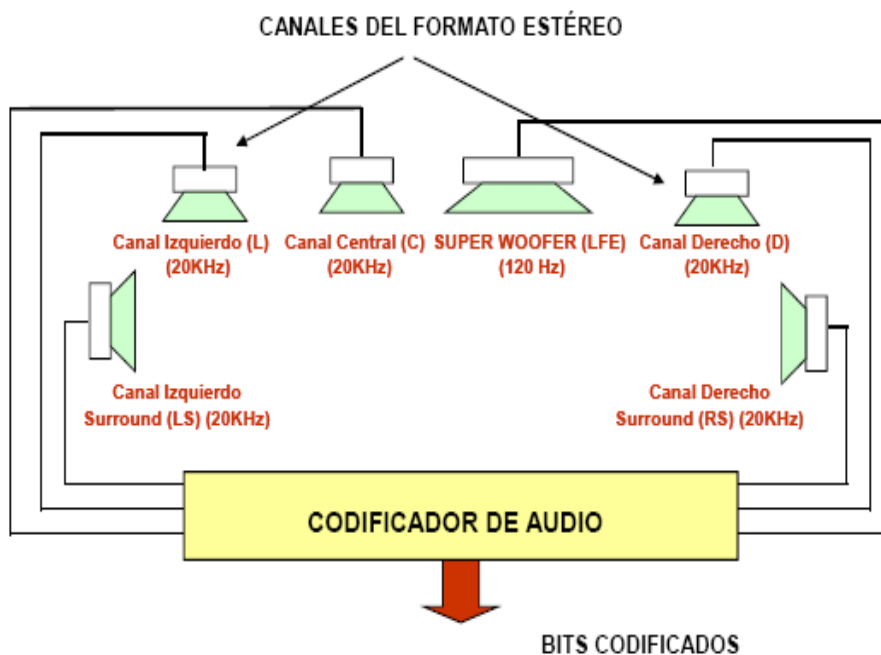


Figura. 1.1. Audio de alta fidelidad con sonido envolvente (multicanal)

La resolución de las imágenes en HDTV puede ser de dos tipos:

- 1280x720 píxeles: 921600 píxeles totales (2.6 veces más que SDTV)
- 1920x1080 Píxeles: 2073600 píxeles totales (6 veces más que SDTV)

Estos dos estándares de HDTV de 720 p y 1080 p cumplen con la relación de aspecto de 16:9 que debe tener una imagen, esta relación es la proporción entre el ancho y alto de la misma, donde el primer número corresponde a la resolución horizontal de la imagen y el segundo a la resolución vertical.

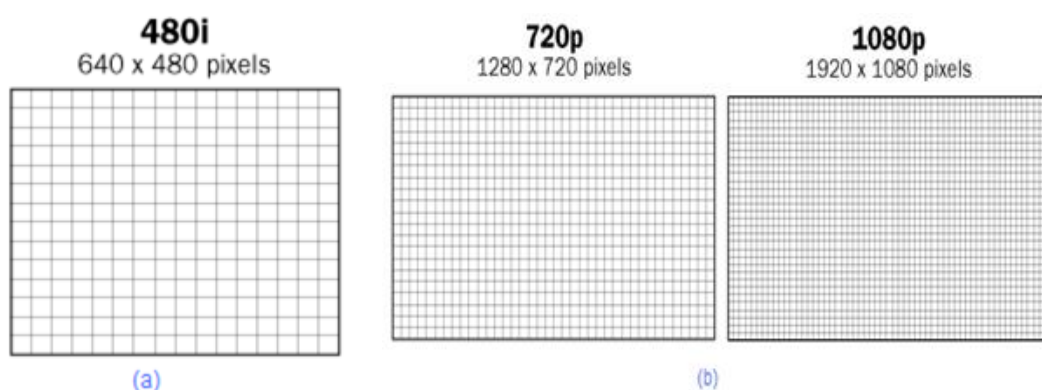


Figura. 1.2. (a) SDTV con relación de aspecto 4:3; (b) HDTV con relación de aspecto 16:9

1.3.2 Transmisión Múltiple (“*Multicasting*”)

La transmisión digital permite a las estaciones de televisión transmitir múltiples canales en definición estándar y/o canales en alta definición de manera simultánea. Esta acción es llamada transmisión múltiple o también denominada “*multicasting*”.

Una estación de TV puede proporcionar múltiples canales de programación diferente al mismo tiempo, gratis y a través del aire. Cada flujo de programa es llamado un *multicast*. Debido a la tv digital se puede tener cinco o seis canales en uno, esta propiedad es el resultado de utilizar de una forma más eficiente el espectro.

1.3.3 Transmisión de Datos (“*Datacasting*”)

La posibilidad de transmitir datos es otra capacidad que la DTV nos brinda, la difusión de datos en distintas formas es conocida como “*Datacasting*”. Esta propiedad le permite al usuario tener acceso a diversas áreas de información como: noticias, informes del clima, tráfico, bolsa y otra información la cual puede como no puede estar relacionada con los programas que se están transmitiendo.

También puede tener acceso a cuentas bancarias y realizar transferencias de la misma. “*Datacasting*” ofrece un sin número de posibilidades para el entretenimiento personal y familiar ya que se tiene juegos electrónicos, videos musicales, entre otras opciones.

1.3.4 Video Mejorado

Con la calidad y nitidez de video que nos proporciona la televisión digital se abre la posibilidad de desarrollar nuevas aplicaciones atractivas al consumidor como por ejemplo visitar una galería virtual o un museo, utilizando el televisor, se puede manejar la cámara a diferentes posiciones y el usuario tiene la opción de controlar la perspectiva. Sin embargo, el mayor impacto que el video mejorado tiene es en el proceso de enseñanza y aprendizaje, ya que le ofrece al maestro una variedad de alternativas y posibilidades para competir con el mundo de los videos.

1.4 ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN DIGITAL

En todo el mundo se han desarrollado varios estándares de televisión digital, los cuales son básicamente cuatro:

- Estándar Americano, ATSC (*Advanced Television Systems Committee*).
- Estándar Europeo, DVB (*Digital Video Broadcasting*).

- Estándar Japonés, ISDB-T (*Integrated Services Digital Broadcasting*).
- Estándar Chino, DTMB (*Digital Terrestrial / Television Multimedia Broadcasting*).

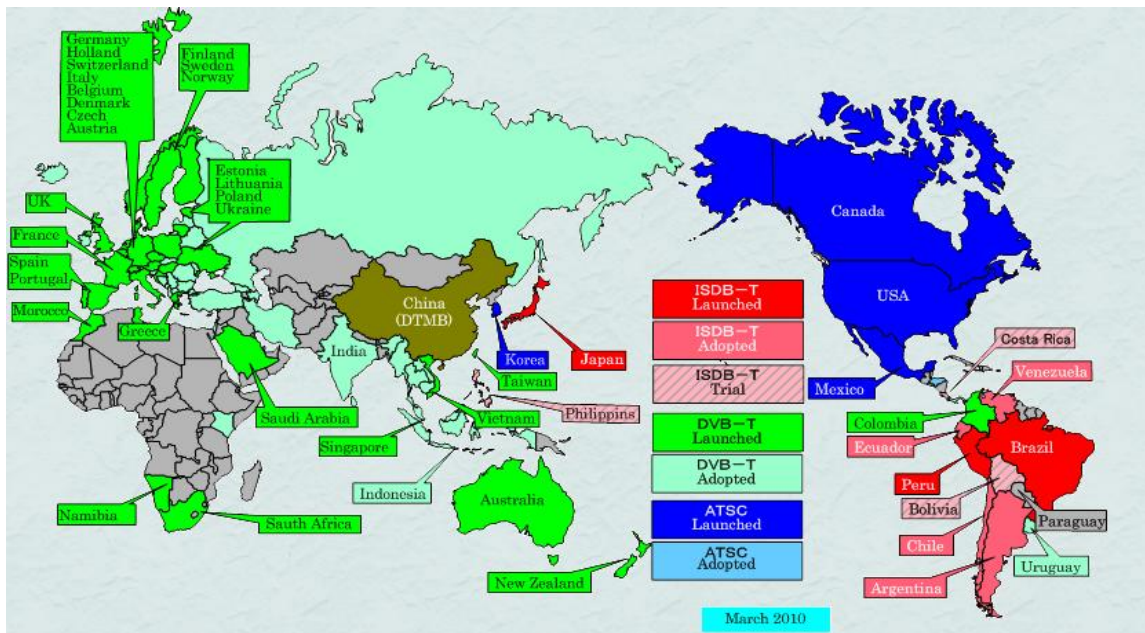


Figura. 1.3. Distribución de los Estándares de TV Digital

En el anexo 1 se presenta un cuadro comparativo de los estándares de TV Digital y debido a que este proyecto está enfocado en el estándar brasileño, el mismo que está basado en el estándar japonés se detallará a continuación este último.

1.4.3 ISDB-T

El sistema ISDB-T es el estándar internacional de televisión digital terrestre más avanzado que existe actualmente. ISDB tiene tres tipos de sistemas ISDB-S (Satélite), ISDB-T (Terrestre) e ISDB-C (cable), todos ellos desarrollados en Japón con la finalidad de ofrecer flexibilidad, capacidad de expansión y difusión de los servicios de transmisión de multimedia, cada uno empleando las redes respectivas. Los servicios de televisión digital terrestre usando ISDB-T se iniciaron en Japón en Diciembre de 2003 y en Brasil en Diciembre de 2007. El número de países que han adoptado este estándar está creciendo

gradualmente debido a la ventaja tecnológica y los amplios servicios que ofrece. Los países que han optado por este sistema y lo tienen en marcha son: Japón, Brasil, Perú, Venezuela, Chile, Argentina y Ecuador.

ISDB-T posee la capacidad de proporcionar servicios de HDTV o servicios multiprograma en un ancho de banda de canal de 6 MHz, además presenta una gran robustez frente a pérdidas ocasionadas por multitrayecto e interferencia, con lo cual se garantiza una excelente recepción tanto portátil como móvil.

1.4.3.1 Requerimientos técnicos para la transmisión de DTT en Japón

La investigación y el desarrollo de la transmisión digital en Japón inicio en los años 90, donde la NHK¹ llevó a cabo la investigación y el desenvolvimiento de HDTV, para su posterior implantación la cual fue casi inmediata. Con esto, se esperaba que HDTV fuera el principal servicio de transmisión de nueva generación (NG), pero no fue así debido a que SDTV era un servicio importante y no podía desaparecer fácilmente. Por lo tanto, la armonía y coexistencia entre estos dos modelos de televisión se convirtió en un factor clave [6].

Otro punto a considerar fue la utilización efectiva de los recursos en cuanto a frecuencias se refiere, debido a que Japón no cuenta con recursos de frecuencia suficientes como para empezar la radiodifusión de televisión de NG. Al mismo tiempo el servicio de Internet estaba en camino de ingresar al mercado y previsto a ser el principal servicio de comunicaciones en un futuro cercano, así que también era importante la armonización con Internet. Otro requisito fue soportar servicios interactivos así como de igual manera nuevos servicios de radiodifusión y data casting². Además, el permitir un servicio móvil y portable era indispensable.

¹ NHK.- Asociación de Radiodifusión de Japón, es una emisora pública japonesa.

Tabla. 1.1. Requerimientos para la transmisión de DTV en Japón

ATRIBUTO	REQUERIMIENTO
Alta calidad	HDTV debe funcionar en el ancho de banda de 6 MHz
Robustez	El sistema debe tener robustez contra multitrayecto, ruido urbano, desvanecimiento y cualquier otro tipo de interferencia.
Flexibilidad	
Flexibilidad de Servicio	Cualquier tipo de servicio es posible en la banda de 6 MHz, opera HDTV y SDTV.
Flexibilidad de recepción	Cualquier tipo de sistema de recepción es posible, fijo/móvil/portable en el mismo ancho de banda.
Utilización efectiva de los recursos de frecuencia	SFN es posible para reducir la frecuencia.
Interactividad	Armonía con la red
Data casting	Transmisión de información, EPG.
Popularidad	A mayor demanda se reducen los costos del receptor.

1.4.3.2 Características técnicas de ISDB-T

- *Estructura de ISDB-T*

En general el sistema de transmisión digital está compuesto de 3 bloques: Bloque de codificación de fuente, Bloque de multiplexación, y bloque de codificación para la transmisión. En el diseño del sistema se consideran los contenidos del servicio de radiodifusión, la configuración del servicio de transmisión (recepción fija/móvil y

recepción portátil), la estructura del sistema, las tecnologías empleadas y las especificaciones para la radiodifusión.

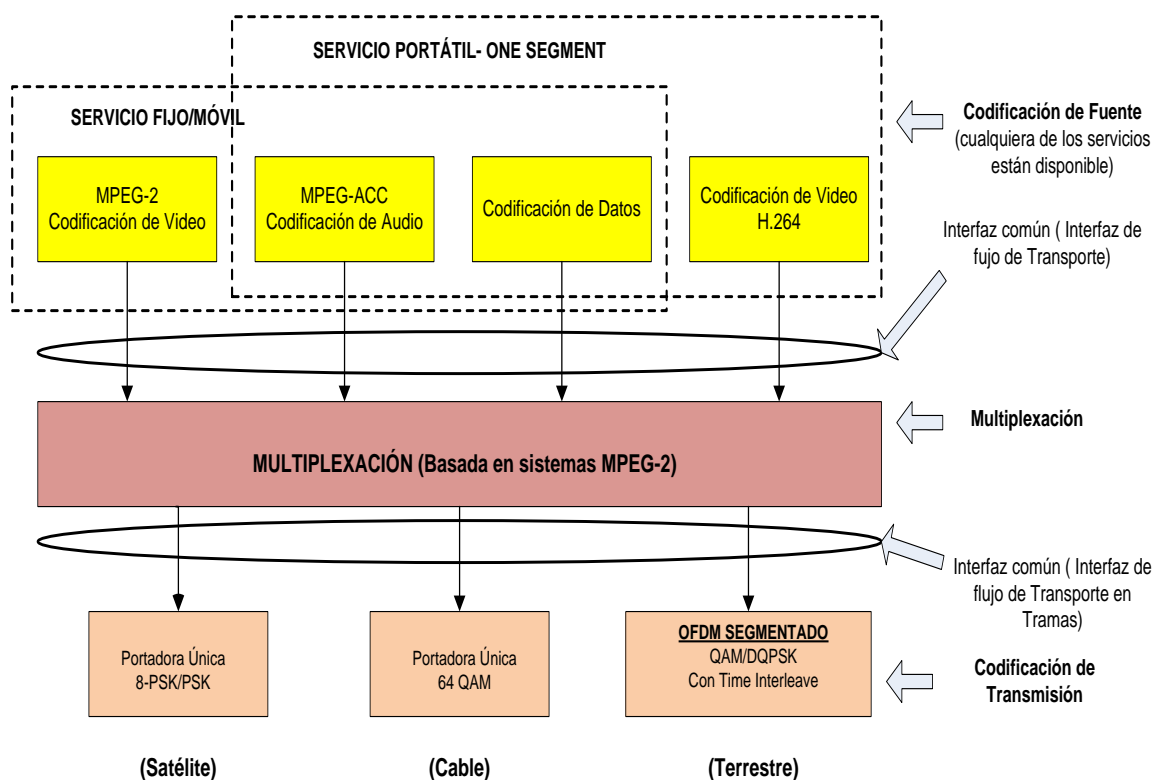


Figura. 1.4. Estructura del sistema de radiodifusión digital (ISDB-T estándar japonés)

- *Alta calidad y flexibilidad de servicio*

El estudio y desarrollo de HDTV en Japón comenzó hace unos 30 años, por lo cual poseen un liderazgo sobre el hardware y software para la televisión en alta definición en el mundo. La alta calidad es el requerimiento más importante para el sistema de radiodifusión digital. La transmisión a través de satélite se dio a partir de 1997 y el servicio de HDTV se convirtió en una realidad, pero HDTV también fue adoptada por los radiodifusores terrestres.

Japón adoptó MPEG-2 como sistema de compresión para HDTV/SDTV, de esta forma el estándar japonés soporta ambos formatos.

En el sistema ISDB-T, la flexibilidad de servicio es realizada por 2 técnicas:

1) **Tecnología MPEG-2 para la codificación de video y tecnología MPEG-AAC para la codificación de audio**

La tecnología para la codificación de video, MPEG-2, soporta muchas clases de calidad/formato de video. Para el sistema de audio se utiliza MPEG-AAC, un sistema de codificación de audio con un altísimo nivel de compresión y calidad, el cual también soporta varias clases de formatos de audio. En Sudamérica ya está en uso el sistema de sonido envolvente, Dolby 5.1 y para la compatibilidad entre MPEG-AAC y Dolby, se utiliza el convertidor A AC/DTS.

Por lo tanto, es posible la conversión de los siguientes formatos, (1) *HDTV* → *SDTV*, (2) *SDTV* → *HDTV*. El receptor de ISDB-T presenta gran flexibilidad en cuanto a los formatos de audio y video se refiere. Con esto, el receptor puede soportar las variaciones que el servicio de radiodifusión presenta, tales como, *HDTV*, *HDTV+SDTV*, *multi-SDTV*, entre otras.

2) **Sistemas MPEG-2 para multiplexación**

ISDB-T adoptó los sistemas MPEG-2 como tecnología de multiplexación. En los sistemas MPEG-2, todos los contenidos de difusión, video/audio/datos son multiplexados en un paquete denominado Flujo de transporte (*Transport Stream*). Esto significa, que cualquier tipo de contenidos/servicio puede ser multiplexado.

Como se muestra en la Figura 1.5³, los tipos de contenidos, como video, audio y flujo de datos, son convertidos al formato PES (*Packet Elementary Stream*) para finalmente ser convertidos al formato TS y multiplexados, por otro lado, los flujos de tipo datos son convertidos al formato Sección y después al formato TS y multiplexados.

³ El formato de la señal de PES, TS y el área de Sección están definidos en ARIB STD-B32, basado en los sistemas MPEG-2. PSI (Información específica del programa) está definido en STD-B32 Y STD B10.

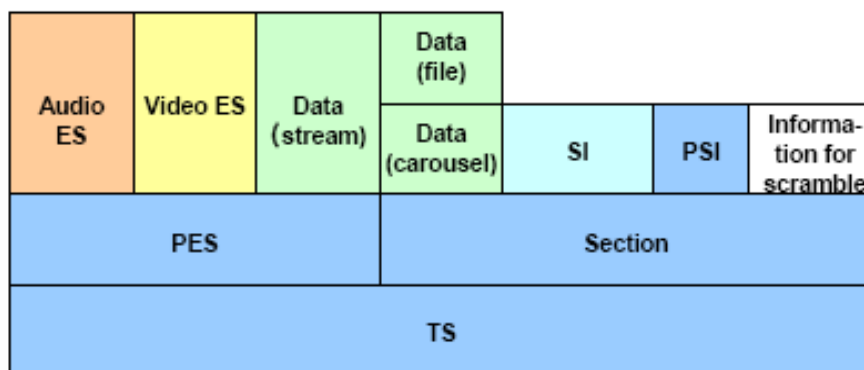


Figura. 1.5. Formato multiplexado en el sistema ISDB-T

1.4.3.3 Sistema de transmisión para ISDB-T

El sistema ISDB-T está diseñado para brindar alta calidad de video, audio y transferencia de datos no solamente para receptores fijos sino también para receptores móviles. El sistema además proporciona flexibilidad, capacidad de expansión e interoperabilidad para la difusión de multimedia.

ISDB-T es un sistema robusto porque usa modulación OFDM, *interleaving*⁴ de dos dimensiones (dominio de la frecuencia y dominio del tiempo), y códigos de corrección de errores. Su esquema de modulación es llamado “*Band Segmented Transmission-OFDM*” (BST-OFDM), y está compuesto de 13 segmentos OFDM. Posee una amplia variedad de parámetros de transmisión que permite la elección del esquema de modulación de la portadora, la tasa de codificación para el código interno de corrección de errores, la duración del *time interleaving*, entre otros [7].

Soporta transmisiones jerárquicas de hasta tres capas (Capa A, B y C). Los parámetros de transmisión pueden ser cambiados en cada una de estas capas. Particularmente, el segmento del centro de la transmisión jerárquica puede ser destinado

⁴ TIME INTERLEAVING.- Consiste en dispersar los píxeles de una imagen para la transmisión, luego en la recepción se ordenan evitando que la pérdida de píxeles continuos degrade la señal. Time interleaving permite una mejor recepción en equipos móviles.

para los receptores portátiles (*one-segment*⁵). Debido a la estructura común del segmento OFDM, un receptor *one-segment* puede recibir “parcialmente” un programa transmitido en el segmento del centro de una señal ISDB-T de banda completa (recepción parcial es el nombre dado a los medios por los cuales un receptor escoge solamente una parte del ancho de banda de transmisión).

El sistema tiene 3 modos de transmisión, que permiten el uso de un extenso rango de frecuencias de transmisión, además tiene 4 opciones de tiempo de duración de intervalo de guarda para permitir un mejor diseño de la SFN (Red de única frecuencia). ISDB-T usa MPEG-2 para la codificación de video y MPEG-2 avanzado para la codificación de audio (AAC). Por otro lado, también adopta los sistemas MPEG-2 para la encapsulación del flujo de datos. Varios contenidos como sonido, texto, imágenes y otros pueden ser transmitidos de forma simultánea.

- **Esquema del sistema de transmisión**

El sistema de transmisión, BST-OFDM, configura una banda de transmisión compuesta por segmentos OFDM, cada uno tiene un ancho de banda de 6/14 MHz. Los parámetros de transmisión pueden ser establecidos individualmente para cada segmento, logrando así una composición flexible del canal.

Para conseguir una interfaz entre múltiples flujos de transporte MPEG-2 y el sistema de transmisión BST-OFDM, estos flujos de transporte (TSs) son remultiplexados en un único TS. Adicionalmente, la información acerca del control de transmisión como configuración del segmento del canal, parámetros de transmisión, etc., son enviados al receptor en forma de una señal TMCC (*Transmission multiplexing configuration control*).

⁵ ONE -SEGMENT.- Es un segmento de 470 KHz aproximadamente, que se ubica en el centro de los 6 MHz de ancho de banda del canal. En ese ancho de banda se transmite una señal de TV para celulares u otros dispositivos móviles.

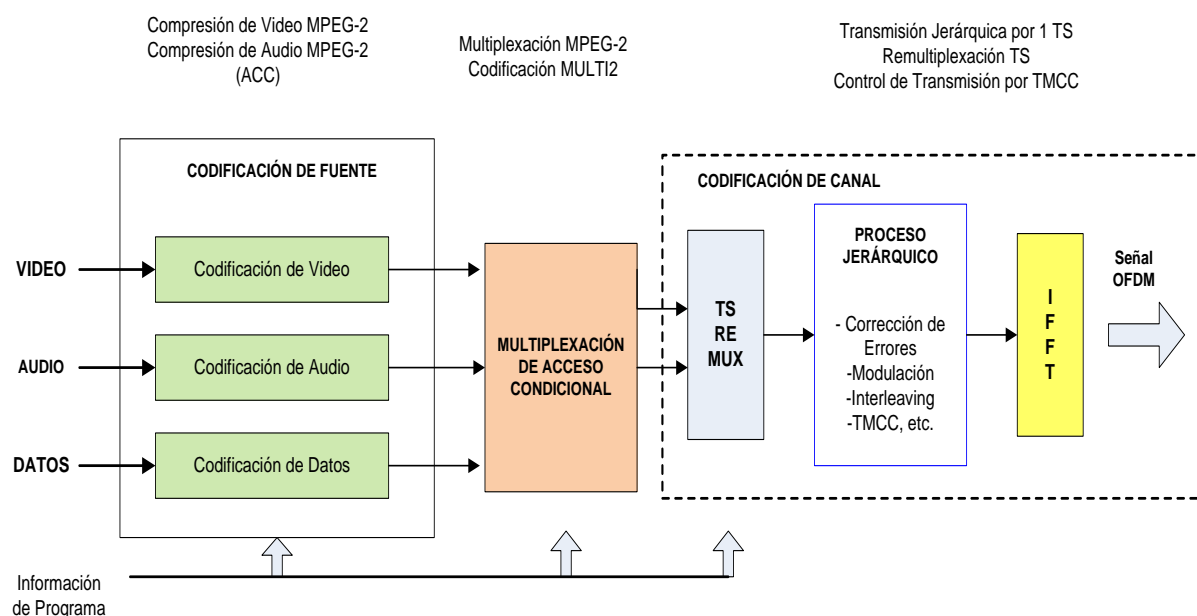


Figura. 1.6. Configuración del sistema ISDB-T

- **Parámetros básicos de transmisión**

ISDB-T cuenta con tres modos de transmisión con diferentes intervalos de portadora con el fin de hacerle frente a la variedad de condiciones que se presentan, como los intervalos de guarda variables y el desplazamiento Doppler que ocurre en la recepción móvil.

Un segmento OFDM corresponde a un espectro de frecuencia que tiene un ancho de banda de 6/14 MHz (430 KHz aproximadamente). En el Modo 1, un segmento está conformado de 108 portadoras, mientras que el Modo 2 y Modo 3 tienen dos y cuatro veces el número de portadoras, respectivamente. La difusión de televisión emplea 13 segmentos con un ancho de banda de alrededor de 5.6 MHz, para la transmisión. En cambio, la radiodifusión terrestre digital de audio no emplea solamente uno o tres segmentos.

Una señal digital es transmitida en forma de conjuntos de símbolos. Un símbolo está formado de 2b en QPSK y DQPSK, 4b en 16 QAM, y 6b en 64QAM. De esta manera se evita la interferencia de portadoras. Una trama OFDM está compuesta de 204 símbolos con

los diferentes tiempos de intervalo de guarda dependiendo del modo de transmisión. La duración del *time interleave* en tiempo real depende de los parámetros establecidos en la etapa de digitalización de la señal y de la duración del intervalo de guarda.

Con respecto a los esquemas de corrección de errores se utiliza Reed-Solomon como código externo y un código convolucional como código interno.

- **Transmisión Jerárquica**

En los sistemas de transmisión es posible realizar una combinación de programas tanto de recepción fija como móvil a través de la aplicación de la “transmisión jerárquica”, la cual se consigue por medio de la división de la banda dentro de un canal.

La “Transmisión jerárquica” se refiere a que los tres elementos que conforman la codificación de canal, es decir, el sistema de modulación, la tasa de codificación del código de corrección convolucional, y la duración del *time interleave*, pueden ser establecidos de forma independiente.

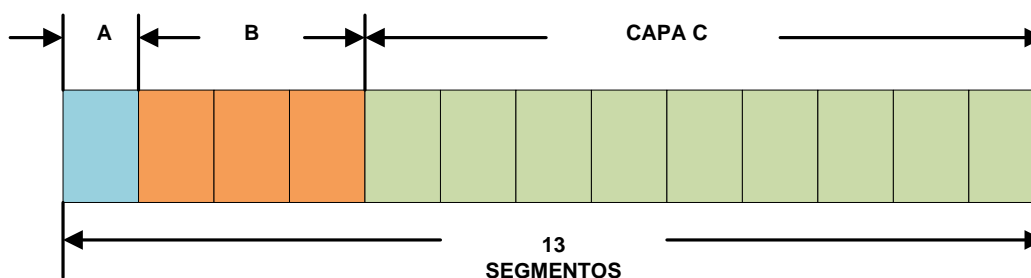


Figura. 1.7. Formación de las capas

Se debe tener en cuenta que la unidad más pequeña en el espectro de frecuencia es un segmento OFDM, haciendo referencia a la figura 1.7, un canal de televisión está formado por 13 segmentos OFDM y se pueden establecer hasta tres capas jerárquicas (Capa A, B y C) con respecto a estos segmentos. Tomando en cuenta la operación de selección de canal en el receptor, un espectro de frecuencia segmentado debe seguir una regla para la

organización de los segmentos, específicamente, los segmentos DQPSK que emplean una modulación diferencial son colocados en el medio de la banda de transmisión mientras que los segmentos QPSK y QAM, los cuales utilizan una modulación coherente son colocados en cualquiera de los extremos de la banda. Adicionalmente, una capa puede ser establecida para un solo segmento del centro como un segmento de recepción parcial, dirigido para los receptores de emisiones terrestres de audio digital. ISDB-T utiliza la banda completa de 5.6 MHz mientras que para $ISDB - T_{sb}$ ⁶ (terrestrial sound broadcasting) utiliza 1 o 3 segmentos.

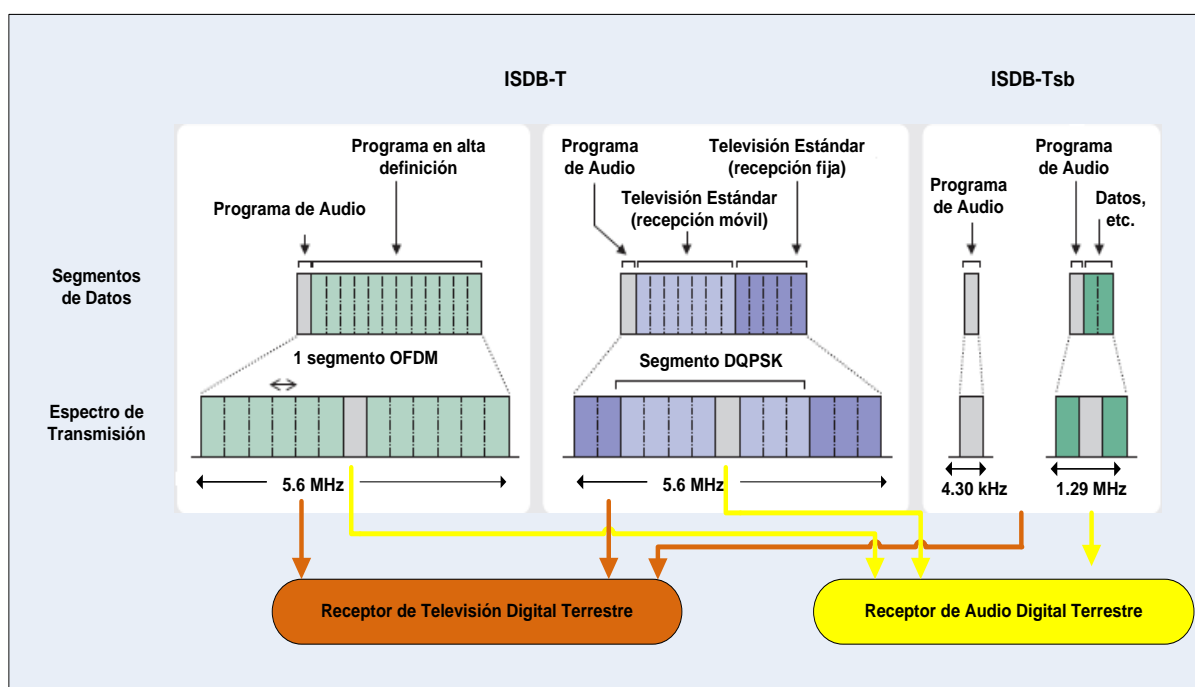


Figura. 1.8. Ejemplos de los servicios de ISDB-T y la transmisión de señales

⁶ $ISDB - T_{sb}$.- Es la norma para la radio digital terrestre. La especificación técnica es la misma que ISDB-T.

1.4.3.4 Modulación y Corrección de Errores

Una señal digital contenida en un TS, primero es sometida a una codificación Reed-Solomon y luego es dividida en capas jerárquicas para la codificación del canal en paralelo. En la figura 1.9 se indica un ejemplo de un caso de dos capas.

Son posibles cuatro esquemas de modulación: DQPSK, QPSK, 16QAM y 64 QAM. DQPSK es una modulación de tipo diferencial y transmite la diferencia que existe entre un símbolo presente y el siguiente símbolo. Por lo tanto, no se requiere de una señal de referencia lo cual es conveniente para la recepción móvil. Una característica particular de DQPSK es que posee un desplazamiento de fase de $\pi/4$ por cada símbolo, así que los puntos de la señal después de la demodulación diferencial resultan ser los mismos que en QPSK [7].

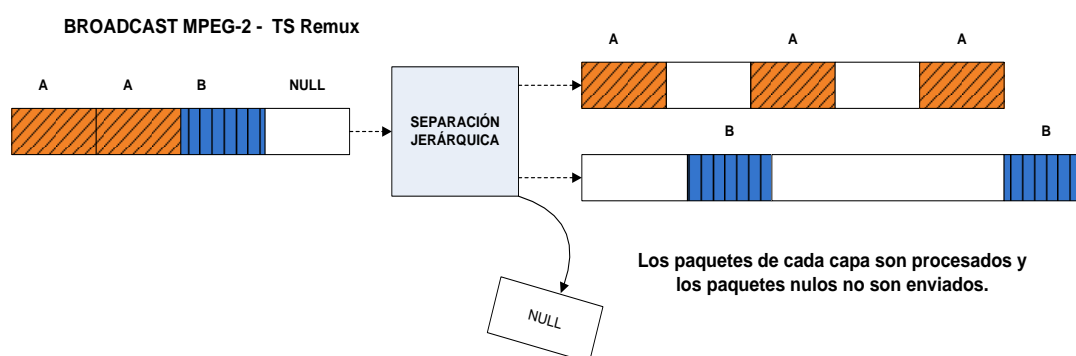


Figura. 1.9. Separación jerárquica y procesamiento en paralelo (ejemplo de dos capas)

Los otros tipos de modulación (QPSK, 16QAM y 64 QAM) son sistemáticos. Como el número de bits de portadora por un símbolo incrementa desde dos, cuatro y seis bits, la tasa de bit consecuentemente también incrementa. Por otro lado, la distancia entre los puntos de la señal llega a ser tan pequeña lo que provoca que la señal sea menos robusta al ruido y otras interferencias.

1.4.4 ISDB-Tb

Es el sistema brasileño de televisión digital, está basado en el sistema japonés ISDB-T. Entre 2004 y 2006, el gobierno de Brasil discutía con la sociedad el patrón de televisión digital a ser elegido, 73 universidades (públicas y privadas), centros de investigación y 1.500 investigadores realizaban los estudios respectivos para establecer un sistema con las características brasileñas. Hasta que en el 2006 el sistema de TV digital fue elegido y es una mezcla de las tecnologías japonesa, conocida como ISDB (*Integrated Services for Digital Broadcasting*) y la tecnología brasileña que le proporciona ciertas mejoras.

Internacionalmente, el sistema híbrido pasó a ser llamado ISDB-T Internacional y en Brasil es conocido como Sistema Brasileño de TV digital terrestre (SBTVDT).

Las características de SBTVD son:

- Multiprogramación, disponibilidad de hasta 4 canales
- Interactividad que puede ser usada en distintos niveles
- Interoperabilidad entre los diferentes patrones de TVD
- Robustez que permite recibir las distintas programación en todo el país
- Movilidad
- Portabilidad
- Accesibilidad, para las personas con necesidades especiales
- Está disponible tanto en HD como en SDTV.
- Utiliza MPEG-4, que tiene más recursos tecnológicos.

El sistema brasileño está basado en ISDB-T (estándar japonés), y sus mayores diferencias son el uso de tecnologías de compresión de video y audio más avanzadas (H.264/HE-AAC) que las empleadas en Japón (MPEG-2/MPEG L2), además del middleware totalmente innovador y desarrollado en Brasil, y la parte de protección del contenido. Pero la modulación en los dos sistemas es idéntica, al igual que la parte del transporte que se realiza en base al estándar MPEG-2.

Otra de las variaciones que presenta ISDB-Tb es que los estándares de codificación de video y audio utilizados en las transmisiones móviles no son iguales a los empleados en el sistema japonés. Existen las siguientes diferencias en la recepción móvil (1SEG):

Japón: Video H264 a 15 fps; Audio HE-AAC v.1 de baja complejidad.

Brasil: Video H264 a 30 fps, Audio HE-AAC v.2 de baja complejidad.

Entre uno de los aportes brasileños está el *middleware* Ginga, el cual permite la utilización de los tres patrones de televisión digital (norteamericano, europeo y el híbrido japonés-brasileño), es decir permite la interoperabilidad entre los sistemas. Además permite su uso tanto en el modelo estándar como en alta definición y también brinda la posibilidad de transmitir aplicaciones interactivas de distintos niveles. Un atributo interesante es que permite que los contenidos de TV digital sean exhibidos en diferentes sistemas de recepción, independiente del fabricante o del tipo de receptor, debido a que Ginga acepta TV, celulares, computadoras de mano (PDAs) o TV pagada, como cable y satélite entre otros. El *middleware* Ginga ofrece código abierto y libre, además de interfaz con Internet e interfaz gráfica.

En la transmisión, una o más entradas que contienen el TS se deben re-multiplexar para formar así un único TS. Este TS se somete a la etapa de la codificación de canal múltiple, de acuerdo con la intención de servicio, y entonces se envía como una señal OFDM común.

En cuanto a la transmisión digital, se realiza utilizando el “*Time Interleaving*” con el objetivo de proveer una codificación con la menor tasa de errores posible para la recepción móvil, al igual que en el estándar japonés el espectro de radiodifusión consiste de 13 segmentos OFDM sucesivos, los cuales cada uno ocupan 1/14 del ancho de banda del canal de televisión.

ISDB-Tb utiliza el concepto de OFDM, de multiplexación en frecuencia con múltiples portadoras ortogonales. Es llamado BST-OFDM porque utiliza también transmisión segmentada por bandas (transmisión jerárquica). La transmisión segmentada

por bandas (BST) permite al sistema proporcionar tres tipos de servicios: recepción fija, móvil y portátil. El estándar brasileño utiliza COFDM, con un código Reed Solomon.

El *interleaving* es una técnica para mejorar la calidad de las transmisiones en medios sujetos a ruido impulsivo. En el entrelazamiento en frecuencia, las portadoras en frecuencias diferentes llevan la señal. En el entrelazamiento temporal los símbolos son transmitidos con redundancia. Como la información no es serializada, un momento de ruido puede dañar una parte de algunas palabras, permitiendo al corrector recuperar el error, el que no sería posible si una palabra entera fuera dañada. En el estándar brasileño se usa el *interleaving* convolucional [8].

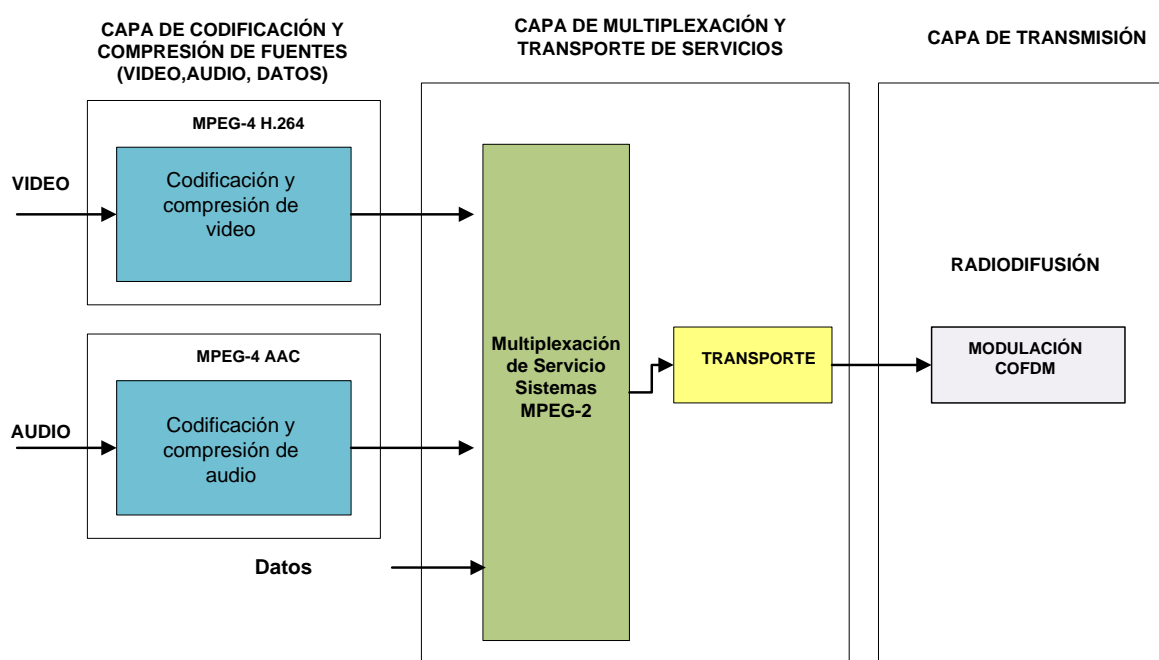


Figura. 1.10. Sistema básico ISDB-TB

Para garantizar que el receptor configure correctamente la demodulación e la decodificación en la transmisión jerárquica, en la cual se usa múltiples parámetros de transmisión, una señal TMCC debe obligatoriamente ser transmitida usando una portadora específica.

En Brazil cada canal tiene un ancho de banda de 6 MHz. En ISDB-Tb este ancho de banda es dividido en 14 segmentos, siendo 13 segmentos utilizados para la transmisión y uno utilizado como banda de guarda entre los canales. Cada tipo de servicio (fijo, móvil o portátil) puede estar compuesto de uno o más segmentos OFDM.

Para permitir la operación de acuerdo con la distancia entre las estaciones de una SFN y garantizar una recepción adecuada frente a las variaciones de canal en consecuencia del efecto Doppler en la señal de recepción móvil, se puede seleccionar entre tres opciones de espaciamiento de portadoras OFDM ofrecidas por el sistema brasileño. En el caso de Brazil, el espaciamiento de frecuencia debe obligatoriamente ser de aproximadamente de 4 KHz, 2 KHz o 1 KHz, respectivamente para los modos 1, 2 y 3. La frecuencia de muestreo de IFFT es siempre la misma, independiente del modo de operación, provocando diferentes tiempos de símbolo OFDM. Estos tiempos de símbolo diferentes permiten ajustar la señal transmitida en condiciones de multitrayecto, efecto Doppler y redes de frecuencia única [9].

1.4.4.1 Innovaciones de ISDB-TB

Entre las innovaciones de este sistema se destacan, el empleo de sistemas MIMO, con dos antenas de transmisión, con el objetivo que en un futuro cercano puedan existir también múltiples antenas de recepción, para de esta forma contar con un sistema más robusto que soporte condiciones desfavorables de propagación y cuando se presenten receptores móviles. Otro de los atributos es el uso del código LDPC (Código de paridad de baja densidad), cuyo desempeño se aproxima al límite de Shannon.

- ***Codificación MPEG-4 (H.264/AVC)***

H.264 es el resultado de un proyecto conjunto entre el Grupo de Expertos en Codificación de Video (ITU-T) y el ISO/IEC Grupo de Expertos en Imágenes (MPEG). H.264 es el nombre usado por la ITU-T, mientras que la ISO/IEC lo llama MPEG-4 parte 10/AVC. Está diseñado con el objetivo de abordar algunos puntos débiles existentes en las anteriores normas de compresión de video, H.264 ofrece:

- Implementaciones que entregan una reducción en la tasa de bit del 50%, proporcionando una calidad de video mejorada en comparación con cualquier otro estándar de video.
- Los errores de transmisión sobre varias redes son tolerados.
- Capacidades de latencia baja y mejor calidad para una mayor latencia.
- Sintaxis sencilla que simplifica las implementaciones.
- Decodificación exacta, la cual define la forma en la cual los cálculos numéricos son realizados por un codificador y un decodificador para evitar la acumulación de errores.

H.264 tiene flexibilidad y soporta una amplia variedad de aplicaciones con diferentes requerimientos de tasa de bit. Por ejemplo, en una aplicación de un video de entretenimiento (que incluye radiodifusión, satélite, cable y DVD) H.264 será capaz de entregar un desempeño de entre 1 a 10 Mbps con alta latencia, mientras que para los servicios de telecomunicaciones, H.264 puede entregar tasas de bit por debajo de 1 Mbps con baja latencia.

Básicamente H.264 es una norma que define un código de video de alta compresión, capaz de proporcionar una imagen de buena calidad con tasas binarias considerablemente inferiores a los estándares anteriores (MPEG-2, H.263 o MPEG-4 parte 2), además de no incrementar la complejidad de su diseño.

- *Códec de video*

El códec MPEG-4 presenta muchas mejoras con respecto a MPEG-2: mejor estimación de movimiento y filtraje de desbloqueo, además que se pueden hacer composiciones de video sobre un fondo en tiempo real.

También MPEG-4 ofrece mejores características frente a bajos flujos de datos, comunes de la web. A diferencia de los otros códecs para la web, MPEG-4 soporta *interleaving*, resoluciones de hasta 4096 x 4096 y un flujo de datos entre 5kbps y 10 Mbps en la primera versión. Teóricamente, MPEG-4 ofrece desde un ancho de banda muy bajo (telefonía móvil) hasta HDTV.

MPEG-4 permite duplicar o triplicar el número de canales disponibles sobre el ancho de banda existente, al igual que permite interactividad.

- ***Interleaving***

En la primera versión del sistema brasileño, donde el código LDPC tenía un tamaño de 39168 bits, se utilizó *interleaving* luego del codificador LDPC, con el fin de reducir el efecto de memoria de canal y de esta manera incrementar la inmunidad del sistema al ruido impulsivo. Se realizaron una serie de pruebas para determinar la profundidad del entrelazamiento, cuyo propósito era conseguir que la inmunidad al ruido impulsivo del sistema fuera la adecuada. Finalmente, se determinó que la profundidad tenía que ser mínimo cuatro bloques LDPC. Se probaron dos tipos de *interleaving*: el Helicoidal y el Matricial (fila-columna), de los cuales fue escogido el segundo.

También se realizó el cambio de localización del entrelazador, el mismo que fue ubicado entre el codificador RS (Reed-Solomon) y el codificador LDPC, permitiendo que sean entrelazados símbolos RS procedentes de cuatro palabras- código LDPC para modulación QPSK, ocho palabras-código LDPC para modulación 16-QAM y doce palabras-código LDPC, para modulación 64-QAM.

1.5 TECNOLOGÍA DE MULTIPLEXACIÓN

Para la multiplexación de las señales, ISDB-T y por consecuencia ISDB-Tb utilizan los sistemas MPEG-2. Esta tecnología multiplexa los *streams* individuales, de audio, video y datos, y los sincroniza para que puedan ser reproducidos. El sistema MPEG-2 considera dos tipos de *streams*: *program streams* (PS) y *transport streams* (TS) [10].

Los *MPEG-2 Program Stream* (PS), son el resultado de combinar uno o más *Packetized Elementary Streams* (PES), los cuales forman un único *stream* con una base de tiempo común. El codificador de video MPEG, al igual que el codificador de audio generan un *video elementary stream* y un *audio elementary steam*, respectivamente. Antes de ser multiplexados, los *elementary streams* son paquetizados para formar un *Video PES* y un *AUDIO PES*.

El *MPEG-2 Transport Stream* (TS) combina uno o más PES con una o más bases de tiempo independientes en un único *stream*.

En la Figura 1.11 se indica el proceso de multiplexación, el cual inicia con la codificación del audio y del video, los mismos que originalmente de acuerdo al estándar brasileño emplean la codificación H.264 o MPEG-4 parte 10 y HE-AAC respectivamente. Tanto el audio como el video son codificados al sistema MPEG-2 debido a que la multiplexación y la generación del *transport stream* se realizan bajo este sistema. En la parte de recepción se debe contar con un set-top box que en la última etapa posee un decodificador que convierte nuevamente todos los *streams* elementales a su formato original para su visualización.

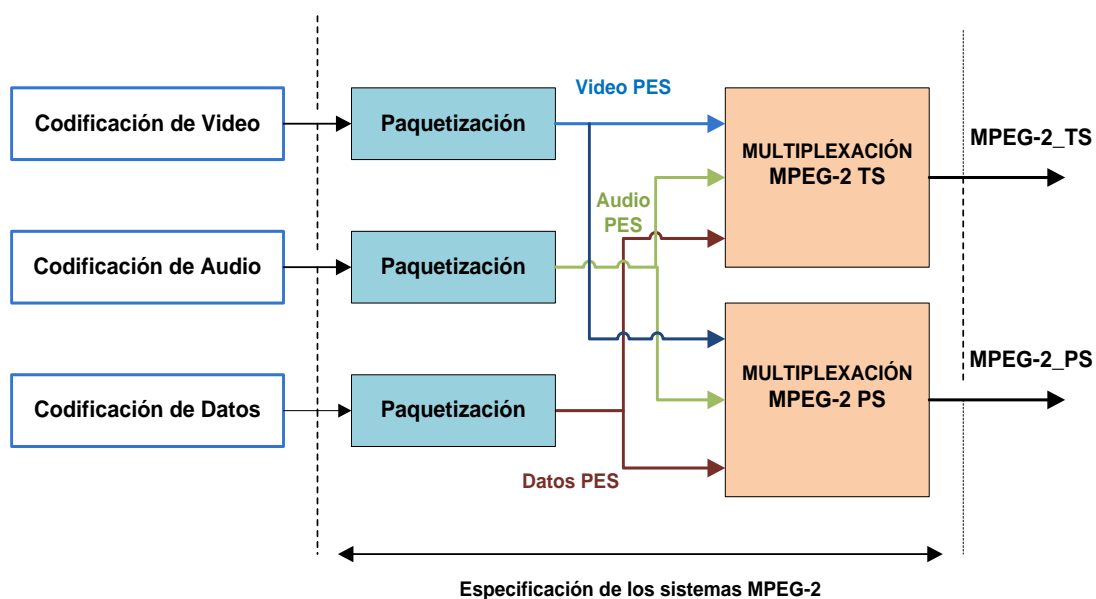


Figura. 1.11. Esquema de los Sistemas MPEG-2

1.5.1 Packetized Elementary Stream (PES)

En MPEG todos los *elementary streams* son primero paquetizados en paquetes de longitud variable, llamados PES. Los paquetes que tienen una longitud de 64 kbytes, empiezan con una cabecera de 6 bytes como mínimo, los primeros 3 bytes de la cabecera forman el “*start code prefix*”, el mismo que siempre está formado por el código 00 00 01 y es utilizado para identificar el comienzo de un paquete PES. El siguiente byte, después del código de inicio es el “*stream ID*”, el cual describe el tipo de *elementary stream* que se encuentra en el *payload*, es decir, indica si el *stream* es de audio, video o datos.

Después de los 6 bytes que conforman la cabecera, se transmite una “cabecera PES opcional”, la cual es una extensión de la cabecera PES y es adaptada a los requerimientos del *elementary stream* que está siendo transmitido. Esto es controlado a través de 11 banderas que se encuentran en un total de 12 bits en la cabecera opcional PES. Estas banderas indican cuales componentes están presentes actualmente en los “campos opcionales” en la cabecera opcional PES y cuáles no lo están. Los campos opcionales contienen, entre otras cosas, el “*Presentation Time Stamps*” (PTS) y el “*Decoding time stamps*” (DTS), los cuales son muy importantes para la sincronización de video y audio. A continuación de la cabecera PES, se transmite la carga actual o *payload* del *elementary stream*, la cual puede usualmente tener una longitud de 64 kbytes o ser mayor en algunos casos especiales, y adicionalmente se tiene la cabecera opcional. En la Figura 1.13, se indica la estructura del paquete PES.

En MPEG-2, el objetivo es lograr tener 6, 10 o hasta 20 programas independientes de televisión o radio para formar una señal común de datos MPEG-2 multiplexada. Esta señal de datos es luego transmitida vía satélite, cable o enlaces de transmisión terrestre. Para conseguir esto, la longitud de los paquetes PES son adicionalmente divididos en pequeños paquetes de longitud constante. Desde los paquetes PES, se toman las secciones o piezas necesarias para alcanzar 184 bytes de longitud y además se añaden otros 4 bytes para la cabecera, construyendo de esta forma paquetes con una longitud de 188 bytes, los mismos que son llamados “*transport stream packets*” que luego serán multiplexados.

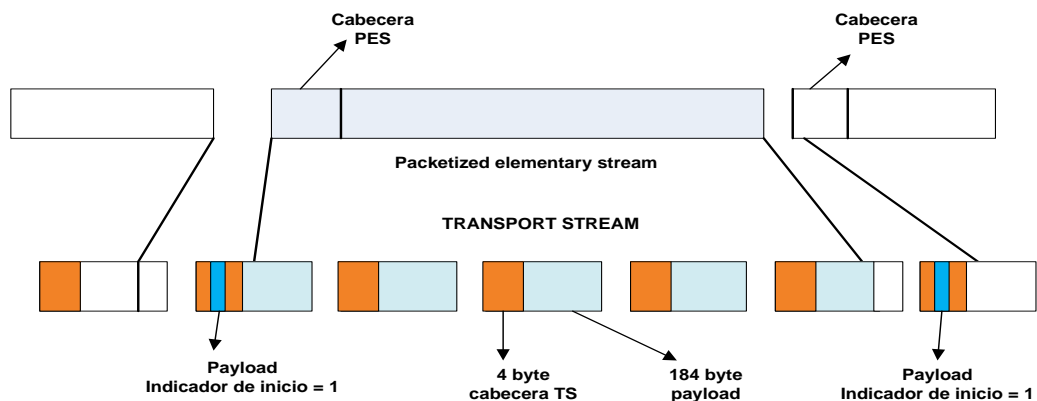


Figura. 1. 12. Formación de los Paquetes TS

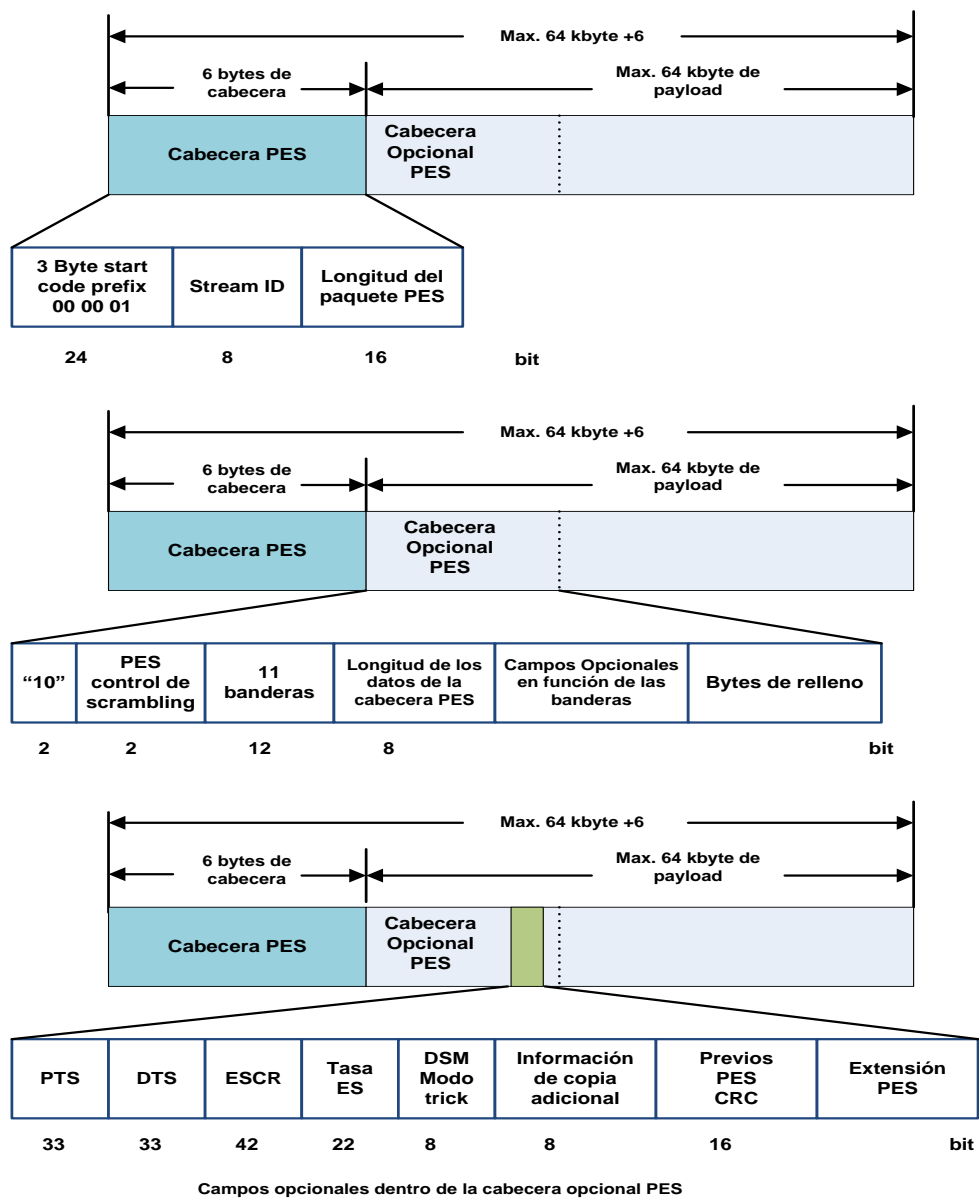


Figura. 1.13. Paquete PES

Para realizar la multiplexación, primero los paquetes TS de un programa son multiplexados juntos, un programa puede estar conformado por una o más señales de video y audio. Los *streams* de datos multiplexados de todos los programas son multiplexados nuevamente y combinados para formar un solo *stream* de datos completo, el cual es denominado “MPEG-2 *transport stream*”.

Un “MPEG-2 *transport stream*” contiene los paquetes de *transport stream*, cada uno con 188 bytes de longitud, de todos los programas con todas las señales de video, audio y datos correspondientes. Dependiendo de las tasas de transmisión de datos, los paquetes de uno o de otro *elementary stream* ocurrirán con mayor o menor frecuencia. Para cada programa existe un codificador MPEG, el cual codifica todos los *elementary streams*, genera una estructura PES y luego paquetiza estos paquetes PES en paquetes de tipo TS. La tasa de transmisión de datos para cada programa es generalmente de 2 a 7 Mbps pero la tasa total para video, audio y datos puede ser constante o variable de acuerdo con el contenido del programa. Esto es denominado “multiplexación estadística”.

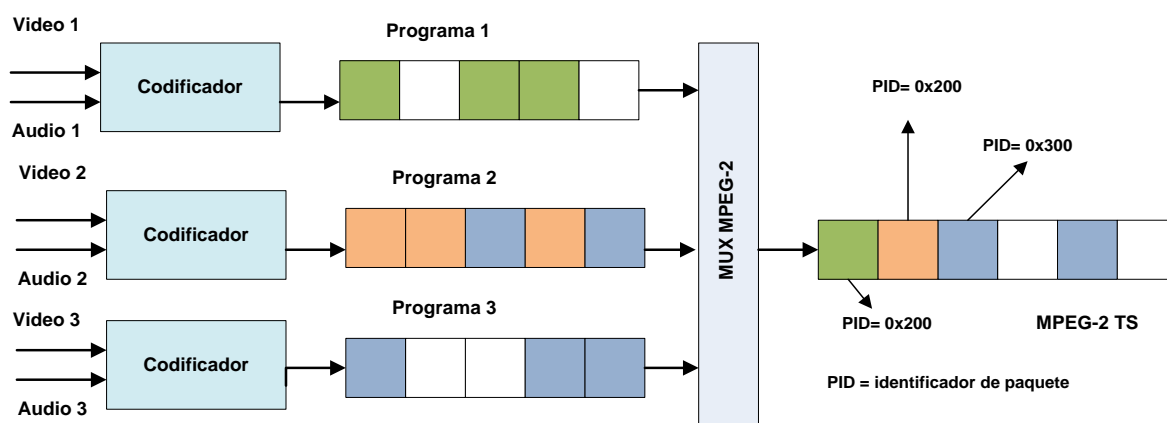


Figura. 1.14. Paquetes MPEG-2 Transport Stream multiplexados

Luego, los *transport streams* de todos los programas son combinados en un *stream* de datos MPEG-2 multiplexados para formar un *transport stream* total (Fig.1.14), el cual puede tener una tasa de transmisión de hasta 40 Mbps aproximadamente, debido a que en un *transport stream* existen 6, 8, 10 o 20 programas. Las tasas de transmisión de datos

pueden variar durante la transmisión porque la tasa total tiende a permanecer constante. Además, un programa puede contener video y audio, solamente audio o solo datos, debido a esto la estructura es muy flexible y puede cambiar durante la transmisión. Para lograr determinar la estructura actual del *transport stream* durante la decodificación, este lleva unas listas que describe la estructura, denominadas “tablas”.

1.5.2 El paquete MPEG-2 Transport Stream

El MPEG-2 *transport stream* está conformado de paquetes que poseen una longitud constante, esta longitud es siempre igual a 188 bytes, con 4 bytes de cabecera y 184 bytes de *payload*. El *payload* contiene el video, audio y datos en general, mientras que la cabecera contiene numerosos ítems que son importantes para la transmisión de los paquetes. El primer byte de la cabecera es el “*sync byte*”, el cual tiene un valor de 47_{hex} (0x47) y tiene un lugar asignado dentro del *transport stream*.

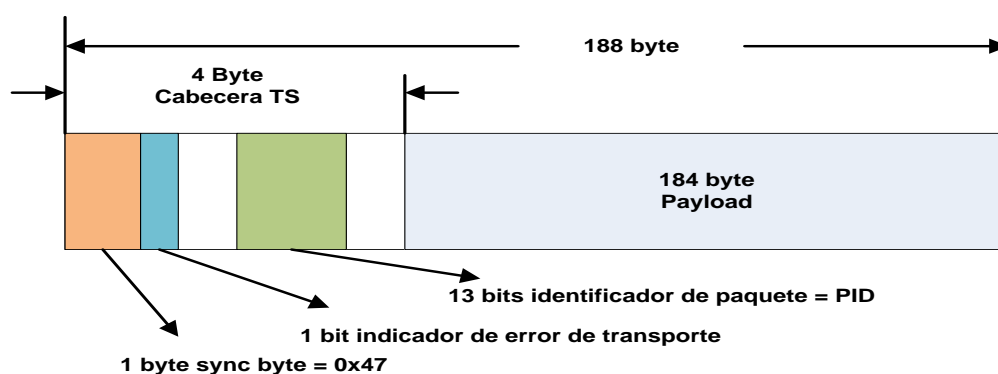


Figura. 1.15 MPEG-2 Transport Stream Packet

El *sync byte* es utilizado para la sincronización de los paquetes del *transport stream*. De acuerdo con MPEG, la sincronización en el decodificador ocurre después de que cinco paquetes de *transport stream* han sido recibidos. Otro componente importantes el “identificador de paquete” o PID, cuya longitud es de 13 bits y que en combinación con tablas indica el tipo de *elementary stream* o contenido que se tiene.

El siguiente bit después del bit de sincronización es el “indicador de errores de transporte”. Con este bit, los paquetes de *transport stream* son etiquetados como “con error” después de su transmisión.

1.5.3 Información necesaria para el receptor

Existen algunos componentes del *transport stream* que son necesarios para el receptor. El MPEG-2 *transport stream* es una señal completamente asincrónica y sus contenidos ocurren en una forma puramente aleatoria o en función de los slots de tiempo individuales. No existe una regla determinada que permita conocer la información que contiene el siguiente paquete de *transport stream*. Por otro lado, el decodificador y cada elemento en el enlace de transmisión deben bloquear la estructura del paquete. El PID (*packet identifier*) puede ser utilizado para descubrir lo que está siendo transmitido en el respectivo elemento. Cada paquete *transport stream* primero debe ser analizado en el receptor.

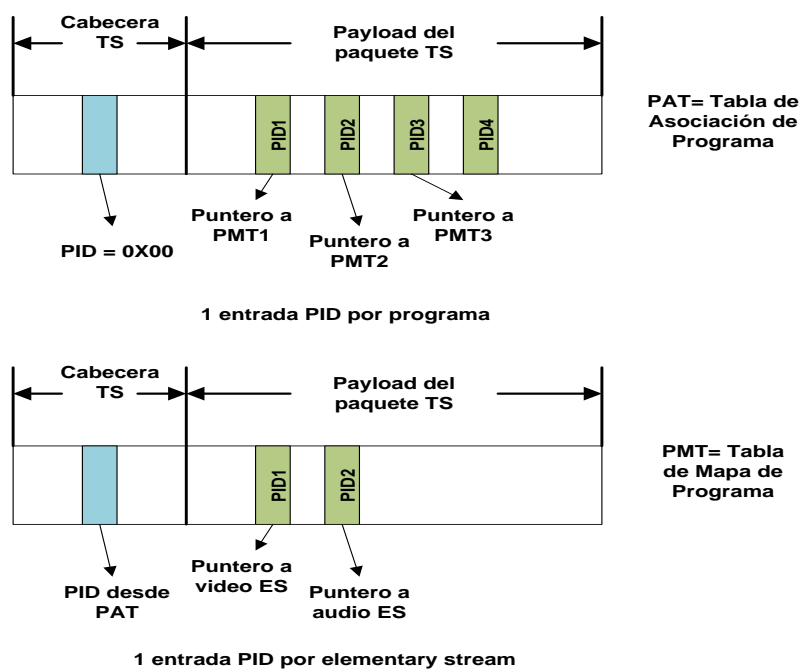


Figura. 1.16. PAT y PMT

1.5.4 Sincronización para el Transport Stream

Cuando la entrada del codificador MPEG-2 es conectada a un MPEG-2 *transport stream*, primero se debe bloquear o encriptar el *transport stream* para que no se pueda determinar la estructura del paquete. El decodificador, por lo tanto, busca los bytes de sincronización en el *transport stream*, los cuales siempre tienen el valor de 0x47 y siempre aparecen en intervalos constantes de 188 bytes. Estos dos factores juntos, el valor constante de 0x47 y el espaciamiento constante de 188 bytes, son utilizados para la sincronización. Si un byte que tiene el valor de 0x47 aparece, el decodificador examinará el número de posiciones que existen antes de este byte y después del mismo con el fin de encontrar la presencia de otro sync byte. Si el número de posiciones antes y después del byte es igual a 188 bytes, este es un byte de sincronización. De caso contrario, este es simplemente alguna palabra de código de 0x47, lo cual también ocurre frecuentemente. La sincronización ocurre después de transmitir 5 paquetes *transport stream*.

1.5.5 La actual estructura del programa

El número y la estructura de los programas transmitidos en el *transport stream* son flexibles y abiertos. El *transport stream* puede contener un programa con un elementary stream de video y audio, o también puede tener 20 programas o más, algunos solo de audio, otros con video y un número de señales de audio. Por este motivo, es necesario incluir ciertas listas que describen la estructura que se tiene en ese instante. Estas listas son denominadas “información específica de programa” o PSI, las mismas que son tablas ocasionalmente transmitidas en la parte de *payload*. (Figura 1.16).

La primera tabla es la “Tabla de asociación de programa” (PAT). Esta tabla se presenta una vez por *transport stream* pero es repetida cada 0.5 segundos. Además, indica cuantos programas se encuentran en el *transport stream*. Los paquetes TS que contengan esta tabla tienen el valor de cero como identificador de paquete (PID) y de esta forma puede ser identificada fácilmente. En la parte de *payload* de la tabla de asociación de programa (PAT), se transmite una lista de PIDs especiales. Estos PIDs son punteros, que señalan a otra parte donde se encuentra la información que describe cada programa así como también contiene más detalles acerca del mismo. Apuntan a otras tablas

denominadas “Tablas de mapa de programa” (PMT), las cuales son paquetes especiales del *transport stream* que tienen un payload y PID especial.

Los PIDs de los PMTs son transmitidos en el PAT. Por ejemplo, si se selecciona el programa No. 3, el PID 3 es seleccionado en la lista de todos los PIDs contenidos en la parte de payload en el PAT. Así también, si es 0x1FF3, el decodificador busca los paquetes TS que tengan PID= 0x1FF3 en su cabecera. Después de esto, se dirigen a la tabla de mapa de programa donde se encuentran todos los PIDs que indican los *elementary streams* que están contenidos en el programa.

1.5.6 Tablas de señalización en MPEG-2

Debido a que los usuarios tienen múltiples programas para elegir en un solo *transport stream*, un decodificador debe ser capaz de ordenar rápidamente y acceder al video, audio y datos de los programas. Las tablas PSI actúan como tablas de contenidos, proporcionando los datos necesarios para encontrar cada programa y presentarlo al espectador. Estas tablas le ayudan al decodificador a localizar el audio y video de cada programa, así como también en la verificación de los derechos de acceso condicional (CA). Las tablas PSI se repiten frecuentemente para soportar el acceso randómico requerido por el decodificador cuando se sintoniza o se cambia de canal [11].

Tabla. 1.2. Tablas PSI

TABLAS PSI	PID
Tabla de asociación de Programa (PAT) - un directorio raíz para el <i>transport stream</i> , la tabla proporciona el valor PID para los paquetes que contengan el PMT asociado con cada programa	0X0000
Tabla de acceso condicional (CAT) - esta tabla proporciona el valor PID para los paquetes que contengan el “Entitlement Management Message (EMM). Los EMMs actualizan las opciones de suscripción o derechos de pay-per-view para cada suscriptor.	0X0001

<p>Tabla de mapa de programa (PMT)- El PMT lista los valores PID para los paquetes que contengan programación de video, audio, referencia de reloj, y componentes de datos. También realiza una lista de los valores PID para cada “Entitlement Control Message” (ECM). Los ECMs permiten decodificar el audio, video y datos para presentar un programa.</p>	<p>Se encuentra en el PAT</p>
--	-------------------------------

1.5.7 Accediendo a un programa

Después de que los PIDs de todos los *elementary streams* contenidos en el *transport stream* han sido conocidos a través de la información que se encuentra en el PAT y en las PMTs y además cuando un usuario a solicitado un programa, un *stream* de video y audio, se definen dos PIDs: el PID para la señal de video a ser decodificada y el PID para la señal de audio a ser decodificada. El decodificador MPEG-2, cuando la petición realizada por el usuario por medio del set-top box es identificada, solo estará interesado en los paquetes de la programación solicitada. Asumiendo que el PID de video sea igual a 0X100 y el PID de audio 0X110 se procederá de la siguiente manera: en el proceso de demultiplexación, todos los paquetes TS con 0x100 serán reunidos en paquetes PES de video y entregados al decodificador de video. De igual manera, los paquetes de audio con valor 0x110 serán reunidos para formar paquetes PES, los cuales serán entregados al decodificador de audio. Si los *elementary streams* no se encuentran mezclados, pueden ser decodificados directamente [10].

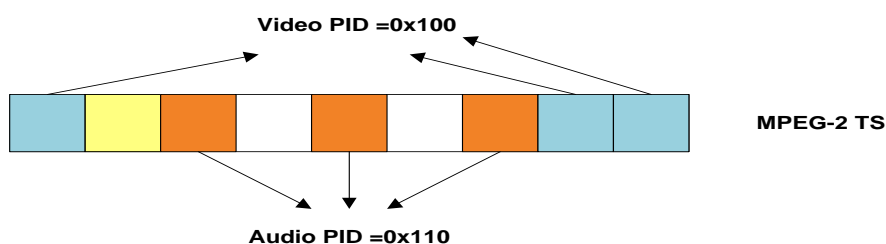


Figura. 1.17 Accediendo a un programa por medio de los PIDS de video y audio

1.5.8 Sistema de Transporte

Como se explico anteriormente las informaciones audiovisuales y los datos deben ser multiplexados en un único *stream*. El sistema MPEG-2 agrega a los *streams* elementales de audio y video principal, informaciones necesarias para sus exhibiciones sincronizadas. La sincronización es realizada con base a un parámetro denominado ciclo de tiempo (*timeline*) que aplica marcas de tiempo (*timestamps*) a conjuntos de muestras codificadas de video y audio, basadas en un reloj compartido. En la Figura. 1.18 se ilustra este procedimiento [12].

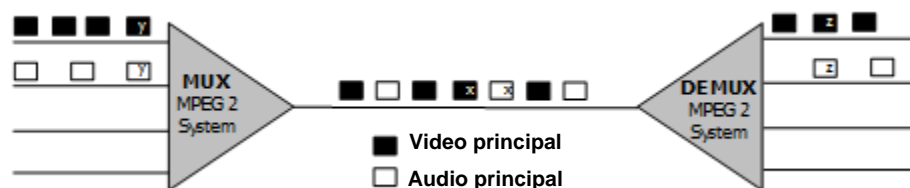


Figura. 1.18. Multiplexación de audio principal y video principal.

1.5.9 Multiplexación de Datos

Los *streams* de datos pueden ser transportados a través de servicios sincrónicos (levemente acoplados), sincronizados (fuertemente acoplados) o asincrónicos (desacoplados).

El servicio de transporte sincrónico asume que los *streams* o flujos de datos son sincronizados entre sí, siguiendo un paradigma de ciclo de tiempo (*timeline*). Sin embargo, los *streams* de datos no están relacionados con la temporización de los *streams* de audio y video principal. En la Figura. 1.19 se indica el transporte de datos sincrónicos, en el cual las marcas de tiempo asociadas a los *streams* de datos son diferentes de las asociadas a los flujos de audio y video principal.

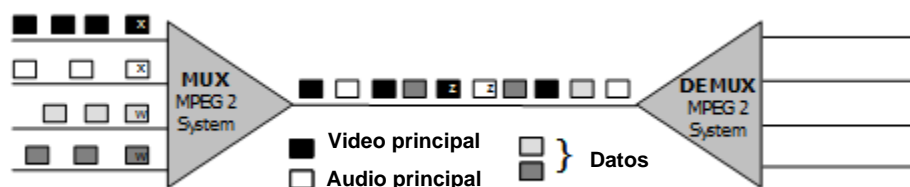


Figura. 1.19. Transporte de datos síncronos

Debido a que existe la posibilidad de enviar los datos mediante difusión, los estándares de TV digital deben establecer mecanismos que permitan la sincronización de esos datos con los streams antes mencionados. Un ejemplo de este servicio es la presentación de comerciales, estadísticas de deportes, sistemas de ayuda, entre otros.

El servicio de transporte sincronizado asume que los *streams* de datos son sincronizados entre sí y a su vez con los *streams* de audio y video principal, siempre siguiendo el paradigma del ciclo de tiempo. La Figura. 1.20 indica como las marcas de tiempo asociadas a los flujos de datos son iguales a las asociadas a los flujos de audio y video principal.

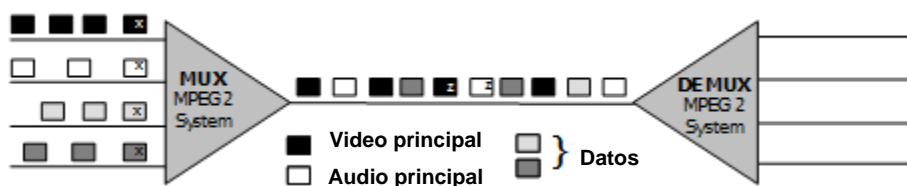


Figura. 1.20. Transporte de datos sincronizados.

Los flujos de datos en el transporte sincrónico y sincronizado solo permiten el sincronismo cuando el instante de tiempo de sincronización es de tipo determinístico. Las aplicaciones interactivas, en las cuales la sincronización está dada en un tiempo aleatorio determinado por el usuario telespectador, donde el contenido es generado en tiempo de exhibición o tiempo real y no es posible determinar el tiempo exacto en que los eventos ocurren, están dadas por el servicio de transporte asincrónico.

Los servicios asincrónicos implican que ninguna marca de tiempo (*timestamp*) está asociada a los datos. Sin embargo, puede existir sincronismo entre los objetos transportados y entre esos objetos y los *streams* de audio y/o video principal. Por lo tanto, en este caso el paradigma de sincronización *timeline* no es utilizado, debido a que es sustituido por el paradigma de causalidad/restricción. En los servicios asincrónicos, junto con los datos es enviada la aplicación, la cual especifica, en un lenguaje de programación determinado, el comportamiento relativo de los datos, del audio principal y del video principal, en el tiempo y el espacio.

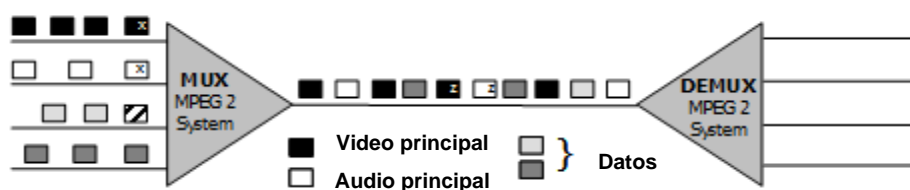


Figura. 1.21. Transporte de datos asincrónicos.

El servicio asincrónico es la única forma de sincronización de objetos con tiempo de sincronización indeterminado. Este, sin embargo, exige un lenguaje para la especificación del sincronismo y el receptor debe ser capaz de interpretar y ejecutar los comandos de sincronización especificados en ese lenguaje. El estándar MPEG-2 System especifica los varios tipos de servicio, pero no especifica el lenguaje (*middleware*) empleado para la sincronización en el servicio asincrónico.

1.5.10 Carrusel de Objetos y Datos

Como la sintonización de un canal específico de TV (un *stream* MPEG-2 multiplexado) puede ser realizada en cualquier instante de tiempo, los datos que no tengan relación temporal especificada por medio de marcas de tiempo deben ser enviados cíclicamente. De manera que, la llegada de esos datos al receptor será independiente del instante de sintonización [12].

Para brindar soporte al envío cíclico de los datos, en los sistemas de TV digital terrestre se emplean los protocolos de carrusel de datos y carrusel de objetos, especificados en el estándar DSM-CC (*Digital Storage Media – Command and Control*) [ISO/IEC 13818-6, 1998]. Estos carruseles de datos y objetos son transportados en secciones privadas específicas MPEG-2. Cada una de estas secciones puede contener hasta 4.096 bytes de datos y un encabezado que informa al receptor cuantas secciones están siendo utilizadas para transportar un flujo de datos específico y como los datos deben ser remontados.

Un carrusel de datos DSM-CC permite el envío de datos no estructurados. La estructuración queda a cargo del sistema de TV digital que se está utilizando. Por otro lado, un carrusel de objetos permite el envío cíclico de un sistema de archivos. Así, al sintonizar un determinado canal, el receptor debe poseer la capacidad de decodificar los datos recibidos y colocarlos en un espacio de memoria para que puedan ser utilizados, manteniendo la estructura de archivos y directorios enviada. Los datos enviados, tanto en el sistema americano como en el europeo y en el brasileño de TDT, utilizan el carrusel de objetos.

Se debe tener en cuenta que más de un carrusel puede ser transmitido simultáneamente y que un carrusel de objetos puede hacer uso de recursos (archivos, directorios y otros objetos) que estén siendo transferidos en otros carruseles. Además, las aplicaciones transferidas en archivos de un carrusel pueden hacer referencia a recursos presentes en el mismo carrusel o a recursos de otros carruseles. Por ejemplo, una página HTML transmitida en un carrusel puede utilizar una imagen cuyo contenido es transmitido en un carrusel de objetos.

El carrusel de objetos es un protocolo de transmisión cíclica de datos. El resultado es una *stream* elemental de datos que contiene el sistema de archivos transmitido de forma cíclica. Por lo tanto, si un receptor específico no recibió un bloque de datos en particular (debido a una falla en la transmisión o por haber sintonizado el canal después de la transmisión de ese bloque), basta con esperar la retransmisión correcta.

Como se menciono anteriormente, en un transporte de datos asincrónico, toda especificación de sincronismo entre los datos, el audio y/o video principal es enviada en una aplicación. Ese aplicativo también puede ser transportado en una sección privada MPEG (por ejemplo, en un carrusel DSM-CC). Para que el aplicativo entre en ejecución, un comando debe ser enviado al receptor. El estándar del sistema MPEG-2 especifica como eso puede ser realizado mediante el envío de eventos de sincronismo DSM-CC (o simplemente eventos DSM-CC).

1.5.11 Cambios en la estructura del Transport Stream para ISDB-T

Como se explicó anteriormente, en ISDB-T los segmentos individuales pueden ser combinados para formar un total de 3 capas en las cuales se especifican diferentes parámetros de transmisión. Estas capas son activadas por medio de la estructura del *transport stream*. Adicionalmente también existen nuevas tablas, las cuales son llamadas “Tablas ARIB” (*Association of Radio Industries and Business*). La información de control para la asignación de los datos a las capas individuales de ISDB-T se encuentra en el *transport stream*, en una extensión de 16 bits en los paquetes TS, los cuales usualmente son de 188 bytes. La “multiplex position” le indica al modulador ISDB-T acerca de la capa que actualmente contiene la información [10].

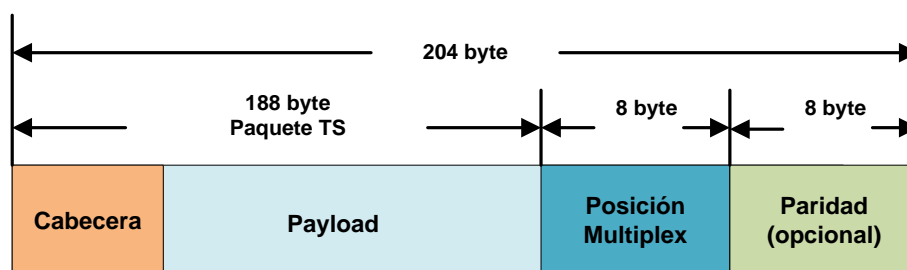


Figura. 1.22 Señalización de capas en 16 bytes en el paquete de Transport Stream.

El orden de los segmentos en ISDB-T no es contado de izquierda a derecha, es decir, desde el inicio del canal hasta el final. El orden comienza en el centro con el segmento S0, luego el segmento S1 se encuentra a la izquierda de S0 y S2 está a la derecha del mismo.

S0 es el segmento utilizado para el modo 1-SEGMENT. ISDB-Tsb (*Integrated Services Digital Broadcast Terrestrial – sound broadcast*) es una banda estrecha donde solo se emplean de 1 a 3 segmentos. Este es el orden antes del entrelazador de frecuencia, después de este las portadoras de los diferentes segmentos son distribuidas al canal completo para evitar problemas de frecuencia selectiva. Solamente en los casos en los cuales se utilice la versión de ISDB-T con 1SEG, las sub-bandas serán ubicadas en el centro.

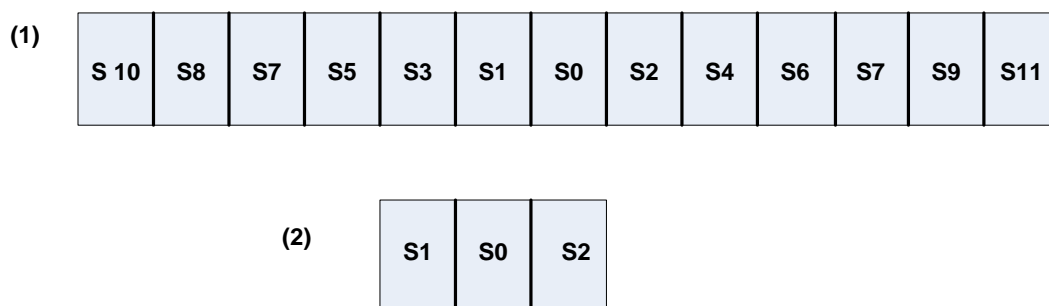


Figura. 1.23 Orden de los segmentos en: (1) ISDB-T y (2) ISDB-TSB

CAPÍTULO II

MODELOS DE LA TV DIGITAL

2.1 IPTV

2.1.1 Definición

A partir del año 2005 algunos operadores de telecomunicaciones empezaron a dar el servicio de Televisión sobre redes de telecomunicaciones que hacen uso del protocolo de Internet, protocolo IP, en lugar de emplear los medios tradicionales como TV terrestre (analógica o digital), satélite o cable.

IPTV es un sistema utilizado para entregar los servicios que la televisión digital ofrece a los consumidores que son suscriptores registrados para recibir este sistema. La entrega de TV digital es posible usando el protocolo de Internet sobre una conexión de banda ancha, por lo general se emplea un administrador de red en lugar del Internet público, con el objetivo de garantizar una buena calidad de los servicios.

Aunque IPTV recoja el término protocolo en su nombre, en realidad el concepto abarca más que eso. No solo la telefonía está sufriendo una drástica transformación por el rápido desarrollo e implantación de sistemas de Voz sobre IP (VoIP), también la industria de la televisión enfrenta un interesante reto con la transmisión de Televisión por IP. Esta tecnología transformará la televisión actual en una experiencia totalmente personalizada,

por supuesto sobre conexiones de banda ancha y con ancho de banda reservado para garantizar la calidad de servicio (QoS).

El cambio consiste en que los canales de televisión ya no transmitirán la misma programación para todos los usuarios, los cuales pasarán de una actitud totalmente pasiva a otra interactiva. De esta manera, el proveedor de televisión no transmitirá continuamente toda su programación esperando que algún usuario se conecte al sistema, sino que, con IPTV, será el usuario el que solicite qué contenidos quiere ver y en qué momento.

Esta nueva modalidad exigirá mayor ancho de banda disponible en el sistema para ofrecer, de manera sencilla y eficiente, servicios de televisión digital de siguiente generación sobre la red existente de banda ancha basada en IP. El sistema, prácticamente, podrá individualizar a cada usuario y hacer mediciones de audiencia casi perfectas.

Entre los posibles servicios de IPTV se encuentran la oferta ilimitada de canales de televisión digital y música, programación de pago por evento, vídeo bajo demanda, grabación personalizada de vídeo (PVR), publicidad interactiva y servicios de información, entre otros. A menudo se suministra el servicio de IPTV junto con el servicio de conexión a Internet, proporcionado por un operador de banda ancha sobre la misma infraestructura pero con un ancho de banda reservado a tal propósito. Por ello, se requiere un mínimo de al menos unos 4 Mbps para poder recibir la señal de TV comprimida según el formato MPEG-2 o MPEG-4, algo que se consigue fácilmente con los nuevos estándares de ADSL⁷, como son ADSL2 y ADSL2+, que pueden llegar hasta 20 Mbps en bajada, sobre el bucle de abonado, si la distancia a la central telefónica que provee el servicio no es muy elevada [1].

La capacidad estimada para servicios de IPTV se asume entre 1 y 2 Mbps por cada canal de definición estándar (SDTV) y 7- 8 Mbps por cada canal de alta definición (HDTV). Para dos canales simultáneos el ancho de banda bruto resultante es de 2- 4 Mbps

⁷ ADSL.- Línea Asimétrica de Suscripción Digital. Es un tipo de DSL que permite transmitir información digital con elevado ancho de banda sobre líneas telefónicas.

para un servicio básico o 8-10 Mbps si se incluye un canal HDTV, en ambos casos utilizando tecnología MPEG-4 para la codificación /compresión de la señal de vídeo. A esta capacidad habría que añadirle el ancho de banda contratado para la conexión de Internet, que por bajo que sea implica la necesidad de manejar tasas de acceso de muy alta capacidad [1].

2.1.2 Servicios que ofrece

La televisión por Internet o IPTV es el resultado de la convergencia de Internet y Televisión, lo cual trae consigo nuevas opciones de entretenimiento y servicios para los usuarios, así como también la generación de mayores ingresos para los operadores que brindan este servicio.

IPTV puede ofrecer difusión en directo, al igual que la actual televisión analógica o la TDT, o descarga de programación bajo demanda (VoD), también llamado “*pay per view*”, y se puede ver tanto en un PC como en un televisor convencional que además cuenta con un decodificador (set top-box), el mismo que se encarga de descomprimir y decodificar la señal de vídeo para ser presentada al usuario. Los usuarios a su vez tienen la opción de seleccionar el contenido que desean ver y descargarlo y, si lo almacenan, por ejemplo, en un disco duro, lo pueden visualizar tantas veces como deseen.

Una estrategia de los proveedores es que al ofrecer un conjunto de servicios como son: vídeo, voz y datos (Triple Play), se incrementan las ganancias por usuario, mejora su satisfacción y mantiene la fidelidad del mismo. Entre los posibles servicios que brinda IPTV se encuentran: canales de televisión digital y música ilimitados, PVR, programación pagada, *Caller ID* en pantalla, verdadero *video-on-demand* (VOD), e-mail, VOD por suscripción (SVOD), Internet, juegos, pago de facturas e impuestos, servicios de información, compra de productos, publicidad interactiva, *e-Learning*, guías telefónicas, entre otros.

Entre las ventajas de este servicio es que es digital, lo que implica que la imagen y el sonido tienen calidad de DVD y se puede acceder a contenidos digitales. Además ofrece

Entre las ventajas de este modelo tenemos que la red de distribución ya está desplegada y aprovecha al máximo el ancho de banda para conseguir velocidades de varios Mbps en canal descendente. La desventaja de este sistema es que el despliegue de este modelo dependerá de la disponibilidad de equipos en centrales.

2.1.4 Arquitectura de IPTV

IPTV es un sistema completo mediante el cual la señal de televisión es entregada a los usuarios sobre el protocolo IP (*Internet Protocol*). Este sistema está formado por los servidores de contenido, encargados de codificar la señal (en MPEG-2 o MPEG-4 /H.264), y fragmentarla encapsulando los paquetes para ofrecerlos en la red IP core, mediante *multicast* o *unicast*.

Esta red “core” o núcleo agrupa los flujos de video codificado en diferentes canales. El tráfico de IPTV puede ser protegido de otros tráficos de datos, para garantizar un nivel adecuado de QoS. El último enlace o “enlace de última milla”, que llega hasta el hogar, encargado de distribuir los datos, voz y video, puede ser realizado empleando distintas tecnologías físicas (FTTx, xDSL, WLAN, WIMAX, etc.). Finalmente, los Set-Top-Box, u otros dispositivos multimedia se encargan de decodificar la información, y presentarla al usuario.

Siendo altamente impulsado por las grandes compañías de telecomunicaciones, el servicio de IPTV está basado especialmente en la utilización de infraestructura ya existente, en lugar de construir una nueva red para la distribución de televisión como acontece con algunas otras tecnologías. Con esta alternativa se logra minimizar los costos asociados a la nueva tecnología.

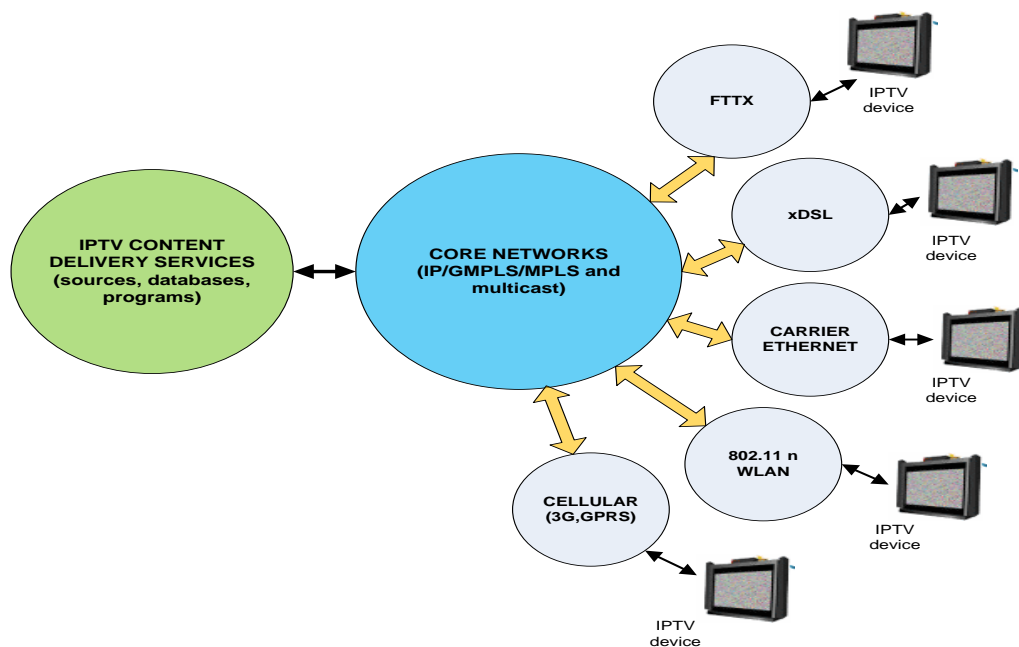


Figura. 2.2. Arquitectura genérica de IPTV

Los operadores de telecomunicaciones poseen redes de elevada dimensión y con una alta tasa de penetración a nivel de país, lo que hace particularmente indicado para la oferta de servicio de televisión, haciendo posible llegar a un elevado número de personas. Sin embargo, y al contrario de las redes de distribución de televisión que fueron pensadas de raíz para este efecto, las redes de cobre de las telcos⁸ tienen en su origen el servicio telefónico, como requisitos de ancho de banda inferiores pero que hasta la actualidad tienen un gran impacto en las redes de acceso.

Aunque con los recientes avances a nivel de acceso en redes de cobre, a través de tecnologías xDSL, ha sido posible ofrecer el servicio de acceso a Internet de banda ancha (superior a 2 Mbps). Esto conlleva a un tipo de arquitectura basada en el concepto de video digital multiplexado (SDV- Switched Digital Video) [2].

⁸ TELCOS.- empresas de telecomunicaciones.

2.1.5 Arquitecturas SDV

Las arquitecturas SDV (*Switched Digital Video*) se caracterizan por los sistemas de distribución de televisión/video en los cuales sólo los canales seleccionados son transmitidos al cliente. En oposición, los sistemas tradicionales de televisión por cable (analógica o digital) y de televisión por satélite llevan hasta el equipo del cliente un conjunto amplio de canales a través del mismo medio de transmisión.

En el caso de IPTV, la utilización de IP Multicast, principalmente del protocolo IGMP (IP Group Membership Protocol), permitirá gestionar los canales seleccionados a cada momento por cada cliente, con lo cual se consigue una eficiente utilización de los recursos de la red. Este proceso de selección de canal tiene un papel importante en el servicio ofrecido a los usuarios, sobre todo el tiempo de cambio de canal, que es bastante diferente del proceso de selección de canal de televisión por sintonización, en el cual se escoge uno de varios canales que llegan al equipo a través del medio de transmisión.

Este sistema posee algunas desventajas, uno de ellas está relacionada con el hecho de la multiplexación de los canales de video a través de la red de cobre debido a los bajos costos. En cuanto a las ventajas, proporciona al usuario una gran variedad de canales, que puede ser entendido como la personalización de contenidos, lo cual puede convertirse en los atributos más acertados que esta tecnología puede ofrecer.

2.1.6 Elementos básicos de la Arquitectura

La arquitectura genérica de un sistema IPTV está formada por dos elementos básicos, que se muestran en la Figura 2.3, también cabe destacar la presencia de la bidireccionalidad inherente a una red de distribución de IPTV, el mismo que es un factor que distingue a este sistema en relación con otros modelos de distribución del servicio de televisión [2].

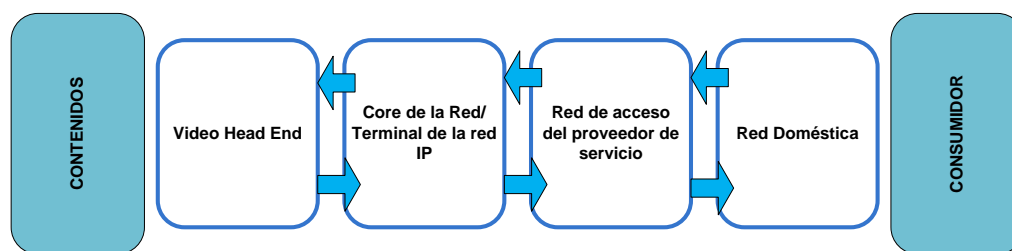


Figura. 2.3. Elementos básicos de la arquitectura de IPTV

- ***Video Head End o cabecera de video***

El video *Head End* es el punto de la red donde son adquiridas las señales de televisión y demás contenidos que serán preparados para su posterior distribución en una red IP.

Las emisiones de las estaciones televisivas pueden ser adquiridas de diversas formas, por ejemplo, pueden ser capturadas vía transmisión digital por satélite, a través de otras redes de distribución, a partir de enlaces de fibra óptica de los propios centros de producción de las estaciones televisivas o también a través de transmisiones analógicas terrestres. Otros contenidos a ser distribuidos a los usuarios, mediante el servicio de video sobre pedido, también son introducidos y guardados a nivel de la cabecera de video.

La principal función de este elemento es codificar los contenidos en un formato de video digital, como puede ser MPEG-2/MPEG-4, y luego encapsularlos en paquetes IP de forma que puedan ser transmitidos por la red.

- ***Red IP del proveedor de servicios (Core Networks)***

La red “core” o núcleo de proveedor de servicios será la responsable por el transporte eficiente de las tramas de video a lo largo de la red, por lo cual es necesario que proporcione los mecanismos que garanticen calidad de servicio (QoS) para un transporte eficiente de video. En IPTV las redes Core están basadas principalmente en mecanismos MPLS, GMPLS y *multicast*.

1. **MPLS (Multiprotocol Label Switching)** es un mecanismo de transporte de datos estándar, el cual opera entre las capas de enlace y la capa de red. Su función es unificar el servicio de transporte de datos en redes basadas en circuitos y también en paquetes, pudiendo ser utilizado para transportar diferentes tipos de tráfico, incluyendo tráfico de voz y de paquetes IP. Este protocolo agrega etiquetas en las cabeceras de los paquetes antes de ser enviados por las rutas determinadas usando conmutación o *switching* en lugar del enrutamiento, de forma similar que los protocolos ATM. A pesar de todo, las etiquetas de MPLS no sirven para identificar el tipo de contenido transmitido, y por lo cual no es posible priorizar el tráfico.

2. **GMPLS (MLS Generalizado)** es una extensión del mecanismo utilizado para agregar señalización y control del enrutamiento en el dominio de paquetes, tiempo, longitud de onda, fibra óptica, etc. Permitiendo de esta manera gestionar las conexiones, recursos y calidad de servicio de extremo a extremo. GMPLS es más efectivo en los servicios de banda ancha e IPTV porque entrega un mayor control a todos los niveles de la arquitectura.

3. **Multicast** admite entregar información a un grupo de nodos al mismo tiempo, utilizando los protocolos RTP/TCP/IP. Con esta acción se ahorra ancho de banda tanto en las redes Core como en las redes de acceso. Este método es acertado para la multidifusión de contenidos en *streaming* sobre IP, pero tiene problemas de escalabilidad cuando se cuenta con un gran número de usuarios y grupos.

- ***Red de acceso del proveedor de servicios***

La red de acceso es la responsable del enlace de la red de proveedor de servicios hasta la red doméstica del cliente. También conocida como “última milla”, este enlace utiliza normalmente la infraestructura ya existente por parte de los operadores de telecomunicaciones, en este caso la red de cobre. De esta forma, principalmente por una cuestión de reducción de costos y de reutilización de la infraestructura existente, la

tecnología normalmente utilizada para el acceso en IPTV es ADSL. La red de acceso deberá cumplir los requisitos de calidad necesarios para el transporte de video, por lo cual deberá permitir tasas superiores a 8 Mbps (para televisión y acceso a Internet).

Debido al incremento de requisitos en cuanto a ancho de banda asociado con los nuevos servicios que aparezcan con IPTV, las operadoras pueden emplear alternativas basadas en redes de fibra óptica pasiva (PON – *Passive Optical Network*), hasta cada edificio (FTTB – *Fiber To The Building*) o también hasta el hogar del cliente (FTTH- *Fiber To The Home*), consiguiendo así tasas de bits mucho más elevadas.

- ***Red doméstica***

La red doméstica es responsable de distribuir el servicio de IPTV en la residencia del cliente. Existen varios tipos de tecnologías que se utilizan en las redes domésticas pero no todas son las indicadas para proporcionar este tipo de servicio. Dados los requisitos de ancho de banda y la capacidad de recuperación de la señal frente a errores para ofrecer el servicio de televisión, tecnologías que usen una infraestructura cableada como Ethernet o HomePlug (utilización de la red eléctrica) serán las más indicadas. Sin embargo, recientes normas de las redes inalámbricas 802.11 ya soportan requisitos de QoS, por lo cual también pueden ser una solución posible.

Finalmente, el equipo terminal al cual se conecta al televisor es llamado set-top-box (STB). En IPTV, con la utilización de un software adecuado, un PC también puede ser el equipo terminal del sistema en el lado del cliente.

- ***Middleware***

Aunque no es básicamente un elemento de la arquitectura, el término middleware es usado para describir el software existente en cada uno de los componentes que hacen que el servicio de IPTV sea posible. Además es el responsable de la gestión de los usuarios, contenidos y servicios, por ejemplo, a nivel de middleware será posible diferenciar los

servicios previstos para cada cliente (personalización) o, a nivel de los contenidos, limitar el acceso a ciertos contenidos a determinados usuarios. A nivel de set-top-box, controla la interacción con el usuario, convirtiéndose así en una parte importante debido a que es la imagen que se presenta de todo el sistema.

Mediante la capa de middleware se puede diferenciar la oferta de un servicio de televisión basado en IP, explorando la interacción con los diferentes servicios y aplicaciones y así encaminarnos hacia la convergencia.

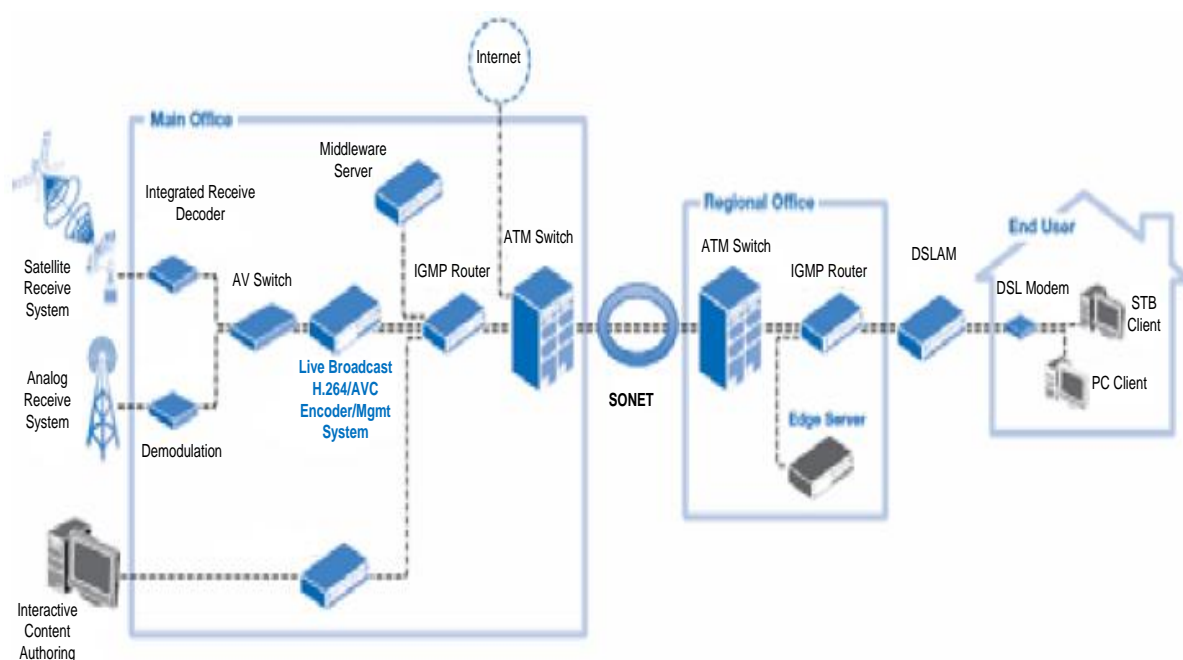


Figura. 2.4. Arquitectura de IPTV sobre ADSL

2.1.7 Codificadores de Audio y Video

Dadas las limitaciones a nivel de la red de distribución, las soluciones de IPTV dependen en gran parte a la utilización de buenos codificadores de video, es así que nace la necesidad de emplear codificadores de fuente que permitan obtener una buena calidad de los contenidos al mismo tiempo que se disminuye en gran cantidad las tasas de bits necesarias para su transmisión.

De esta forma, la norma MPEG-2 logra cumplir con los requisitos para la transmisión de televisión digital. Pero recientemente, la norma MPEG-4/H.264 AVC (*Advanced Video Coding*) trajo consigo algunos beneficios especialmente creados para el servicio de IPTV. La utilización de codificadores MPEG-2 surgió como una de las primeras soluciones a nivel de codificador de fuente para ser utilizado en *Head-End*. Esta norma permite actualmente, tasas en el orden de los 3 Mbps (para SDTV) utilizando redes de acceso ADSL.

Mientras que la norma H.264/MPEG-4 parte 10 define un codificador de video (AVC) cuyos principales objetivos lo hacen interesante para IPTV:

- Permitir la codificación de video con una buena calidad a tasas substancialmente más bajas que en las normas anteriores.
- Permitir la flexibilidad suficiente para operar con gran diversidad de aplicaciones y dispositivos.
- Buscar, a nivel de codificador, definir medidas que permitan adaptar la codificación al medio de transmisión. Esta funcionalidad es dada por la capa de abstracción de la red (NAL).

El codificador AVC ofrece un conjunto de ventajas que lo convierten en la mejor elección en relación con otros codificadores. Una de ellas es que posee mejores factores de compresión, en relación a MPEG-2 representa casi la mitad de la tasa y con relación a MPEG-4 parte 2 la ganancia es menor. Además la utilización de este codificador de fuente permite obtener un mayor número de canales.



Figura. 2.5. Comparación de las tasas de compresión

Por otro lado, también permite ofrecer el servicio de IPTV a usuarios con enlaces de acceso de tasas menores, aumentando de esta forma el área de cobertura. La incorporación de la capa de abstracción de la red (NAL) brinda flexibilidad a nivel de transporte, permitiendo la utilización de diferentes soluciones de distribución de video. Adicionalmente, posee mecanismos de resistencia a errores, los cuales son de gran utilidad en un escenario de pérdidas en la red.

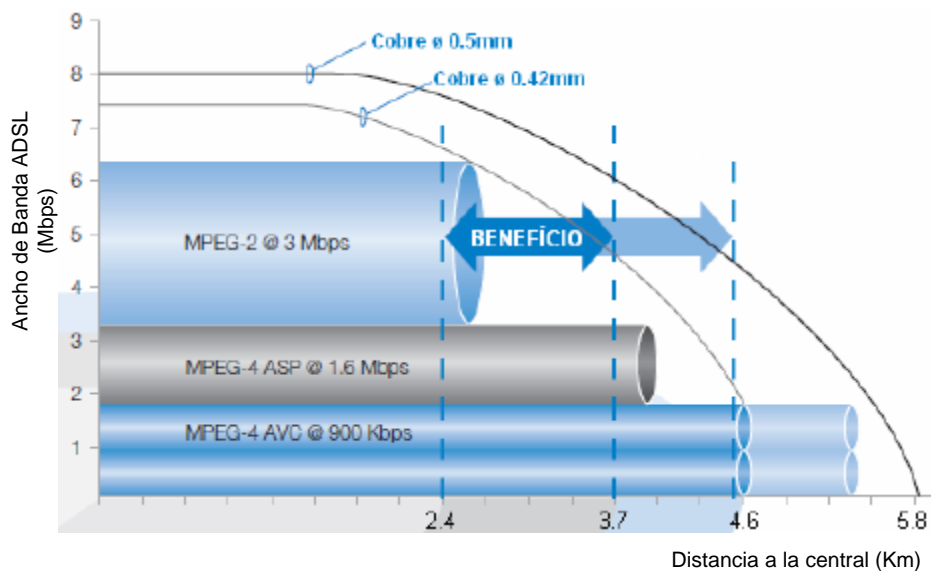


Figura. 2.6. Cobertura del servicio

2.1.8 Calidad de servicio de IPTV y Seguridad

Para el despliegue óptimo de los servicios de IPTV es necesario disponer de QoS para video, voz y datos. Las métricas que definen la calidad de servicio para video

incluyen *jitter*⁹, probabilidad de pérdida de paquetes, probabilidad de error en la red, tiempo de unión multicast, retardo, etc. Las métricas para voz incluyen jitter, retardo, relación de pérdida de paquetes de voz, y MOS¹⁰ (*Mean Opinion Score*). Las métricas de QoS relativas a los servicios de IPTV incluyen la disponibilidad de canal, tiempo de inicio de visualización, tiempo de retardo referido al cambio de canal, fallo en el cambio de canal, entre otros.

Dependiendo de la calidad de imagen y sonido que se desee ofrecer o que sea demanda por el usuario, las métricas serán más estrictas y las redes que soportan estos servicios avanzados deberán estar más controladas. Garantizar la calidad de servicio está directamente relacionado con la gestión o administración del tráfico en los servicios. Para el tráfico de bajada, se ofrecen servicios diferentes a cada usuario y para el tráfico de subida, el tráfico generado por el usuario es monitorizado con el objetivo de que se pueda controlar su acceso y así garantizar la QoS. El proceso inicia cuando el usuario solicita al sistema cambiar de canal, para esto se envía una petición de nuevo canal y cuando el sistema acepta la petición mediante el control de admisión, se construye un árbol *multicast*, para enviar la voz y el video al usuario [3].

El propósito de gestionar el tráfico es poder soportar de forma eficiente los requisitos de QoS para los distintos servicios, incluyendo políticas SLA (*Service Level Agreement*), planificación, control de flujo, etc. Pudiéndose implementar de forma centralizada o distribuida.

Algunos de los factores que pueden afectar la QoS de IPTV son:

1. ***Paquetes perdidos.***- la pérdida de paquetes puede ocurrir por múltiples razones como las limitaciones de ancho de banda, congestión de la red, fallas en los enlaces y errores en la transmisión. Esta situación usualmente está relacionada con periodos de congestión de la red. Dependiendo del tipo de protocolo de transporte usado

⁹ JITTER.- Cambio o variación en cuanto a la cantidad de latencia entre paquetes de datos que se reciben.

¹⁰ MOS.- Parámetro que refleja la opinión subjetiva del usuario.

para el flujo de video, un paquete perdido tendrá un impacto diferente con respecto a la calidad con la cual el video es observado por el usuario. Cuando se utiliza UDP (*User Datagram Protocol*), la pérdida de paquetes se verá reflejada directamente en la imagen, debido a que la información no puede ser recuperada la imagen será degradada o simplemente no válida. En cambio, cuando se utiliza TCP (*Transmission Control Protocol*), un paquete perdido provocará una retransmisión, con lo cual se puede producir un desbordamiento del *buffer* y en consecuencia, un posible congelamiento de la imagen.

2. **Retardo en los paquetes.-** cada paquete RTP (*Real-time transport protocol*) es sincronizado y marcado con un tiempo de transmisión. En una red basada en paquetes, es muy común que la ruta para el transporte de paquetes no sea siempre la misma; los paquetes pueden llegar a diferentes tiempos y fuera de orden. El protocolo RTP permite la llegada de paquetes en desorden ya que cada paquete RTP tiene un número de secuencia ,que está determinado por el tiempo de retardo, el cual no puede exceder el tamaño del buffer del decodificador del receptor, el paquete puede ser procesado y colocado en la posición correcta para continuar con su decodificación. Si por el contrario, el retardo excede el tamaño del buffer, el paquete es anulado y considerado como perdido.

3. **Jitter.-** es definido como una pequeña variación de tiempo ocurrida en la llegada de los paquetes, típicamente causada por congestión de la red o del servidor. Si las tramas Ethernet llegan al STB a una tasa de transmisión que es más lenta o más rápida que la determinada por la condiciones de la red, se requiere de *buffering* con el objetivo de ayudar a suavizar estas variaciones. De acuerdo al tamaño del buffer, existen condiciones que pueden hacer que se produzca un desbordamiento o un subdesbordamiento del buffer, lo cual da como resultado la degradación del video.

4. **Limitado ancho de banda.-** la cantidad de datos del flujo de video que pueden ser enviados está limitada por la tasa de transmisión establecida por ADSL/ADSL2+. La infraestructura del Core IP está comúnmente basada en redes ópticas con un bajo nivel de congestión; por lo tanto, las limitaciones de ancho de banda están ubicadas en la red de acceso o la red del cliente. Cuando los niveles de tráfico alcanzan el valor máximo de

ancho de banda disponible, los paquetes son descartados, conduciendo a la degradación en la calidad del video. Las tasas de ADSL2+ pueden ser temporalmente afectadas por factores externos, los cuales pueden generar pixelación de la imagen. Otra situación puede ocurrir cuando, adicionalmente al servicio de IPTV, una alta cantidad de datos está siendo descargada simultáneamente a la PC y las prioridades de tráfico no han sido asignadas correctamente por el proveedor del servicio; en estos casos, los paquetes de flujo de video se pierden.

El tema de la seguridad en los sistemas IPTV es muy importante, principalmente en aquellos servicios que son soportados por redes punto a punto, debido a que un fallo puede provocar caídas parciales o totales del sistema. Se puede distinguir tres casos principales de violación de la seguridad:

- Ataques por inundación de tráfico, en los que se pueden dar lugar a rechazos de acceso (ataque DoS, Negación del servicio) a los clientes de un determinado servicio.
- Acceso no autorizado y ataques enmascarados, en los cuales se puede robar el servicio (ToS).
- Escuchas secretas o “*Eavesdropping*”, que es la interceptación y modificación de la información, las cuales pueden dar lugar a que se produzcan los dos ataques anteriores (DoS, ToS) y nuevamente la captura de información confidencial.

Para intentar combatir estos ataques, se necesitan mecanismos de control de acceso específicos, que se encarguen además de validar el contenido ofrecido por los nodos, de comprobar si un video es legítimo o no, entre otros.

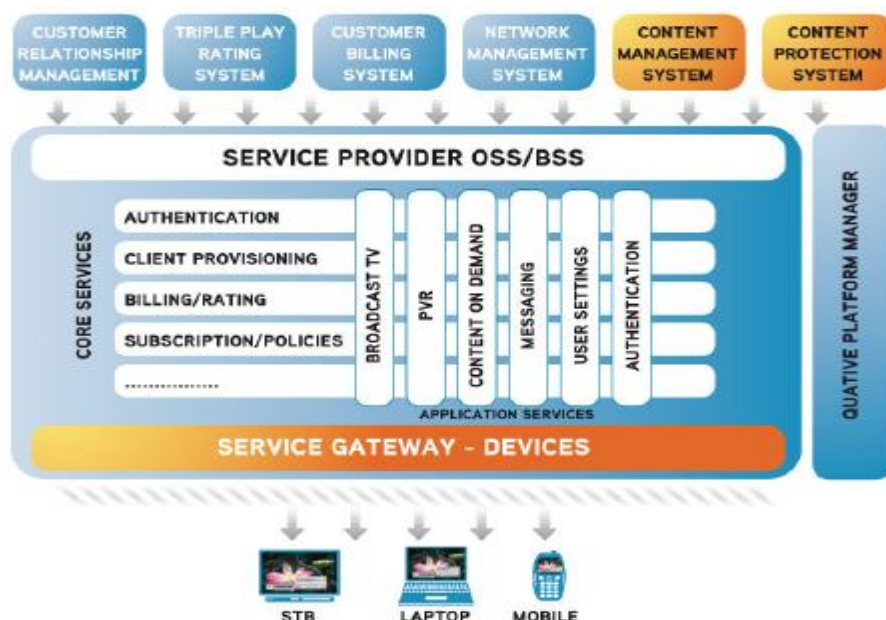


Figura. 2.7. Arquitectura orientada a servicios

2.1.9 Tecnologías de comunicaciones

Para la transmisión desde el servidor hasta el usuario final, se pueden emplear diversas tecnologías, tanto cableadas como inalámbricas [4].

2.1.9.1 Tecnologías Cableadas

1. *Ethernet:*

La comunicación a través de Ethernet es una de las tecnologías más utilizadas y funciona de forma satisfactoria en redes LAN (*Local Area Network*). Su costo es bajo, posee alta flexibilidad, alta confiabilidad y su implementación y administración son relativamente sencillas comparadas con otras redes. Esta versión de Ethernet ha sido estandarizada por el Comité IEEE 802 y se conoce como el estándar IEEE 802.3.

Utiliza el método de acceso CSMA/CD (*Carrier Sense, Multiple Access /Collision Detection*), que consiste en “escuchar el canal” y si este está libre la estación procede con la transmisión. Si dos estaciones accidentalmente transmiten de forma simultánea, cada

uno de ellos detecta la colisión y detienen la transmisión. Cuando se produce una colisión las estaciones esperan un período aleatorio antes de intentar transmitir de nuevo.

Tabla. 2.1. Estándares de Ethernet 802.3

	<i>NOMBRE</i>	<i>VELOCIDAD</i>	<i>MÁXIMO ALCANCE</i>	<i>MEDIO</i>	<i>DUPLEXACIÓN</i>
802.3i	10BASE-T	10 Mbps	100 metros	UTP, categoría 3+	Half- y full- duplex
802.3u	100BASE- TX	100 Mbps	100 metros	UTP, categoría 5+	Half- y full- duplex
	100BASE- FX	100 Mbps	2 kilómetros	Fibra multimodo	Half- y full- duplex
802.3z	1000BASE- LX	1 Gbps	5 kilómetros	Fibra monomodo	Full-duplex
	1000BASE- SX	1 Gbps	220-550 metros	Fibra multimodo	Full-duplex
	1000BASE-T	1 Gbps	100 metros	UTP, categoría 5+	Full-duplex

Ethernet posee tasas de 10/100/1000 Mbps y superiores a los Gb/s con el estándar 802.3ae que proporciona velocidades de 10 Gb/s.

2. MoCA (Alianza Multimedia Sobre Cable Coaxial):

MoCA ha definido un estándar de red MAC/PHY¹¹ que es capaz de establecer redes de comunicación full-mesh usando el cable coaxial existente, que se encuentra en las viviendas residenciales. Desde sus inicios, el objetivo de tener una red MoCA en el hogar fue el de proporcionar acceso a contenidos multimedia en todo el hogar y no solo en un

¹¹ MAC/PHY.- capa MAC (control de acceso al medio) y capa física PHY.

solo punto o dispositivo. Por lo tanto, esta tecnología tiene la capacidad de distribuir múltiples flujos de video en alta definición, audio y tráfico de datos para brindar acceso a los mismos en cualquier lugar de la casa con una salida de cable coaxial.

El cable coaxial entrega un medio físico ideal para una red de alta velocidad, debido a que ofrece grandes anchos de banda, un ambiente de ruido bajo gracias a su blindaje y típicamente se lo encuentra colocado junto a los televisores. MoCA está enfocado en lograr especificaciones claves para un óptimo desempeño, capaz de soportar múltiples flujos de video en HD en toda la casa. Algunas de ellas son: alta confiabilidad, *throughput* que soporta múltiples programas HD/SD en tiempo real, tasas bajas de error y baja latencia para asegurar una excelente experiencia visual al usuario. Además ofrece flexibilidad de espectro con disponibilidad de canales desde 875 MHz a 1500 MHz.

MoCA emplea modulación OFDM con FEC para conseguir 175 Mbps de *throughput* y alta confiabilidad con una cobertura sobre el 95%. Los 175 Mbps son suficientes para soportar múltiples y simultáneos programas en HD y otros servicios como *multi-room*, DVR¹² y acceso a Internet para STBs, DVRs, y computadoras personales. Sin embargo, el mayor problema es que no es habitual que exista pre instalación de este tipo de red.

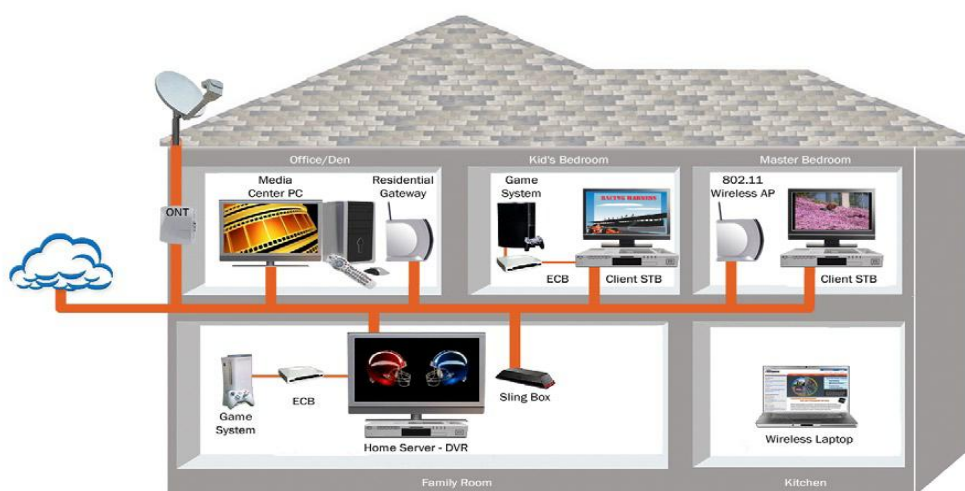


Figura. 2.8. Red MOCA en el hogar

¹² DVR.- Digital video Recorder.

3. HOMEPLUG AV (HPAV):

Representa la siguiente generación de tecnología desde la “*HomePlug Powerline Alliance*”. Su propósito es proporcionar alta calidad, *multi-stream*, entretenimiento orientado a las redes, todo esto utilizando la línea eléctrica AC, debido a que es el medio cableado más disponible.

HPAV emplea tecnologías avanzadas de PHY y MAC que proporcionan unos 200 Mbps a la red de línea eléctrica para video, audio y datos. La capa física (PHY) utiliza estos 200 Mbps correspondientes a la tasa de canal para entregar una tasa de información de 150 Mbps con gran robustez. La capa de control de acceso al medio (MAC) está diseñada para ser altamente eficiente; soportando tanto TDMA como CSMA, accesos basados en el ciclo de sincronización de la línea AC. El acceso por TDMA proporciona QoS garantiza, reserva del ancho de banda, alta confiabilidad y un control estricto de latencia y *jitter*. A su vez, el acceso por CSMA proporciona cuatro niveles de prioridad.

Un inconveniente de este tipo de redes es que sufre mucho nivel de ruido e interferencias, lo cual provoca decaimientos. Esto unido al hecho de que los adaptados son muy costosos, hace que este método no sea muy empleado.

4. HOME PNA (HPNA):

HPNA o “*Home Phoneline Networking Alliance*” promueve el uso de la línea telefónica y con el estándar 3.0 consigue una transferencia máxima de datos de 128 Mb/s (extensible a 240 Mb/s), utilizando la línea de teléfono y cables coaxiales.

2.1.9.2 Tecnologías Inalámbricas

1. Estándar IEEE 802.11N:

La especificación 802.11n se diferencia de sus predecesores (802.11a/b/g) en el hecho de que este estándar proporciona una variedad de modos y configuraciones que establecen diferentes valores máximos de tasas de datos. Especifica tasas de comunicación de hasta 540 Mb/s con un alcance de 50 metros, trabaja en las bandas libres de 2.4 y 5 GHz. De esta forma un único *Access point* (AP) es capaz de cubrir una casa entera, pero también está expuesto a interferencias debido a este incremento en la distancia.

802.11 n tiene ciertos requerimientos que garantizan su óptimo desempeño y estos son:

- Incluye los requerimientos de radio para los canales y las velocidades de transferencia de datos.
- Describe el uso de tecnología MIMO (*multiple-input multiple-output*)
- Modifica el formato de la trama usada en los dispositivos 802.11n, diferente a la que poseen los dispositivos 802.11.
- Describe algunos mecanismos para la compatibilidad con los estándares anteriores 802.11 a/b/g.
- Soporta una implementación en la modulación OFDM, la cual mejora la técnica ya empleada anteriormente, usando una tasa de código mayor y un ancho de banda más amplio.

2. ULTRA WIDEBAND:

El término “ultra banda ancha” o UWB se refiere a cualquier tecnología de radio que utiliza un ancho de banda superior a 500 MHz o del 25% de la frecuencia central. La FCC (*Federal Communications Commission*) permite este tipo de comunicaciones en bandas

que van desde los 3.1 hasta 10.6 GHz, con emisiones de muy baja potencia. Con UWB se obtienen tasas de transmisión de 55 a 480 Mb/s, con un alcance de 10 metros.

Esta tecnología es adecuada para el hogar debido a que posee un corto alcance y bajas emisiones. Sin embargo, una desventaja es que en ocasiones se puede requerir desplegar más de un punto de acceso.

3. MILLIMETER WAVE (mmWave):

La FCC aprobó también el uso libre de la banda de 57 a 64 GHz con potencias de hasta 40 dBm (EIRP¹³). Prototipos basados en mmWave pueden alcanzar tasas superiores a los 2 Gb/s en distancias de 1 a 2 metros. El único inconveniente es el uso de las altas frecuencias, las cuales afectan en las comunicaciones con obstáculos intermedios, impidiendo el traspaso de la señal a través de paredes.

4. WIMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*):

Especificado como el estándar IEEE 802.16, es una alternativa para brindar servicios de banda ancha en lugares (zonas rurales) donde el despliegue de cobre, cable o fibra óptica representa un costo por usuario muy elevado, debido a la baja densidad poblacional.

Opera en bandas licenciadas que van desde 2.5 GHz a 3.5 GHz y en la banda libre de 5.8 GHz. En comunicaciones estáticas se obtienen tasas de hasta 70 Mbps con una cobertura de hasta 6 km.

¹³ EIRP.- Effective Isotropic Radiated Power.

5. Comunicaciones Celulares:

En esta categoría se agrupan todas las tecnologías celulares móviles como son GSM (*Global System for Mobile Communications*), GPRS (*General Packet Radio System*) y UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*).

GSM es el nombre del grupo de estandarización establecido en 1982 con el objetivo de crear un estándar común de telefonía móvil en Europa. GSM utiliza una variación de TDMA, además opera en las bandas de 900 MHz o 1800 MHz. Su principal característica es la capacidad de transmitir datos además de voz, a una velocidad de 9.6 Kbit/s.

En 2001 aparece GPRS como una tecnología de 2.5G, capaz de coexistir con GSM, pero ofreciendo al usuario un servicio portador más eficiente especialmente en el caso de los servicios de acceso a redes IP como Internet. La tasa de transmisión teórica máxima de GPRS es 171.2 Kbit/s, sin embargo en la práctica está condicionada por distintos factores y suele ser bastante inferior: unos 40 Kbit/s para *downstream* y 9.6 Kbit/s para *upstream*. Las principales ventajas de GPRS respecto a GSM son, una mayor velocidad de transmisión, la conexión permanente y la tarificación por tráfico, convirtiéndolo de esta forma en el portador ideal para los servicios WAP, el acceso a Internet y el acceso a intranets de empresas.

Por último, surgen las tecnologías 3G y con ellas UMTS a la cabeza. Su capacidad de transmisión de datos puede alcanzar los 2 Mbps en condiciones ideales, lo cual permite el desarrollo de servicios multimedia reales. Entre los atributos de UMTS se destacan: la conectividad virtual a la red en todo momento, diferentes formas de tarificación, ancho de banda asimétrico entre el enlace ascendente y descendente, configuración de QoS, estándares de redes fijas y móviles, servicios personalizados, entre otros.

2.1.10 IPTV sobre redes wireless

Internet Protocol Television (IPTV) se ha vuelto muy popular debido a que promete la entrega de contenido a los usuarios en el momento y en el lugar que ellos requieran. Las tradicionales redes de acceso basadas en cable pueden entregar los contenidos solamente en puntos fijos. Por lo tanto, es indispensable encontrar una nueva tecnología que también permita a los usuarios móviles acceder a estos contenidos.

La tecnología WIMAX está basada en los estándares IEEE 802.16 (2004) e IEEE 802.16e (2005), para el acceso vía wireless a redes de área metropolitana (MAN) de forma tanto fija como móvil. Esta tecnología puede alcanzar tasas de transmisión de datos de 70 Mbps, con rangos de cobertura superiores a los 30 kilómetros, además de garantizar una entrega segura del contenido y soportar a usuarios móviles a velocidades vehiculares [5].

La capa MAC de WIMAX soporta “*real time polling services*” (RTPS¹⁴), lo cual garantiza el ancho de banda requerido y una latencia mínima para los servicios de video a través de QoS. Se utiliza multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) y acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal (OFDMA) en la capa física (PHY), estas técnicas son resistentes a los desvanecimientos en los canales, provocados por el multitrayecto.

Además, se emplea esquemas de modulación adaptativa y corrección de errores tipo FEC, con el objetivo de incrementar la calidad de servicio. WIMAX PHY soporta tamaños de tramas variables y anchos de banda escalables, WIMAX también es la opción ideal para aplicaciones de IPTV.

WIMAX es considerada como una red de acceso todo IP que ofrece transparencia en redes tipo Core basadas en paquetes. Adicionalmente, los radios WIMAX están diseñados para no añadir ningún tipo de daño o deterioro en la entrega del contenido. Por lo tanto, las

¹⁴ RTPS.- Real-Time Polling service, es uno de los cinco tipos de calidad de servicio definido en el estándar WIMAX. RTPS está diseñado para soportar flujos de servicios en tiempo real, los cuales generan paquetes de datos de tamaño variable en forma periódica, como lo hace el video MPEG.

estaciones base (BS) de WIMAX, los suscriptores, y las estaciones móviles (SS/MS) son adecuadas para ofrecer servicios basados en IP, como (triple play) VoIP, IPTV, Internet multimedia sobre wireless MAN. Todos estos atributos hacen de WIMAX una opción superior con relación a las soluciones convencionales como cable, DSL y satélite.

Finalmente, las redes de acceso WIMAX brindarán la tan ansiada ubicuidad de los contenidos y sus los despliegues de esta tecnología harán posible la entrega de IPTV en zonas rurales y desatendidas con un alto nivel de calidad de video y audio a un costo asequible.

1. WIMAX FIJO

La demanda por parte de los usuarios y del sector de las Telecomunicaciones para usar WIMAX como una plataforma para transportar contenido de IPTV está creciendo. WIMAX es una tecnología wireless de banda ancha para servicios IP de gran capacidad.

El WIMAX Forum es el responsable del desarrollo de sus especificaciones, de promover esta tecnología y de administrar la certificación de los productos WIMAX. En la siguiente figura se muestra un diagrama simplificado de dos celdas de transmisión WIMAX conectadas entre sí para la difusión de contenidos de video a un número de usuarios finales de IPTV [6].

Características técnicas de WIMAX FIJO

- **FRECUENCIAS DE OPERACIÓN:** WIMAX opera en bandas de frecuencias licenciadas y no licenciadas. Estas bandas han sido asignadas por varios organismos de regulación alrededor del mundo. Las bandas licenciadas son la mejor opción para aplicaciones en tiempo real como IPTV porque existe menor posibilidad de que se produzcan interferencias. WIMAX fijo opera en frecuencias de 3400 – 3600 MHz.

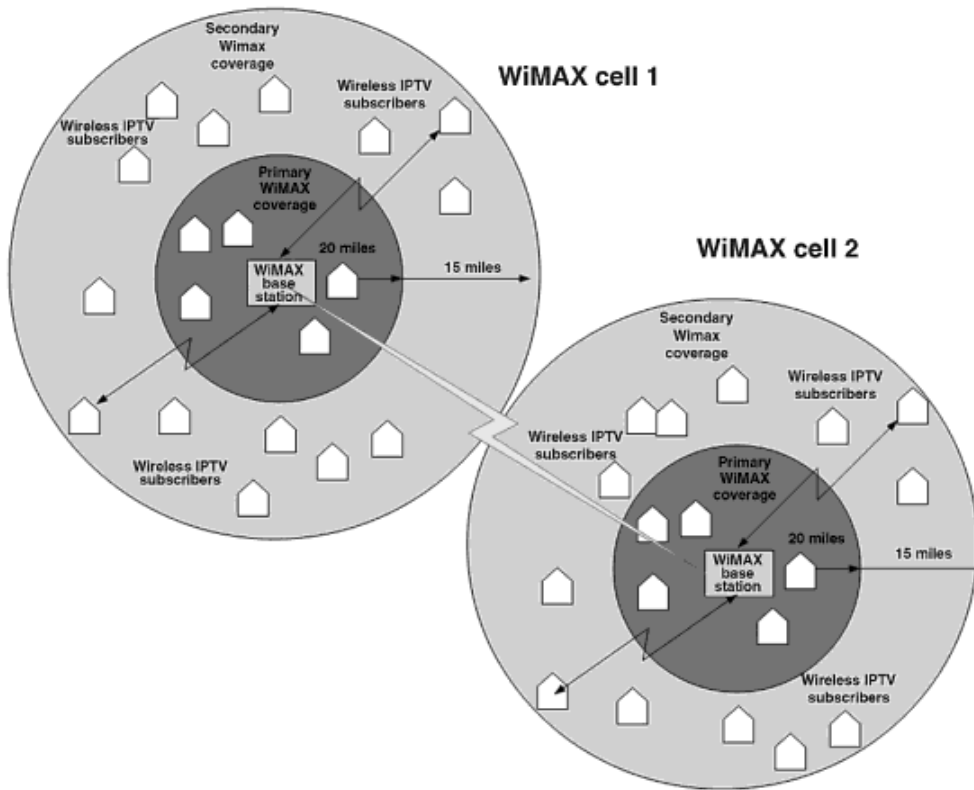


Figura. 2.9. Diagrama simplificado de un sistema portador de tráfico de IPTV en WiMAX

- PROTOSCOLOS DE LA CAPA FÍSICA Y CAPA MAC:** En la Figura 2.10 se encuentra representado el modelo de comunicaciones 802.16 que define tres capas: física, MAC y transporte.

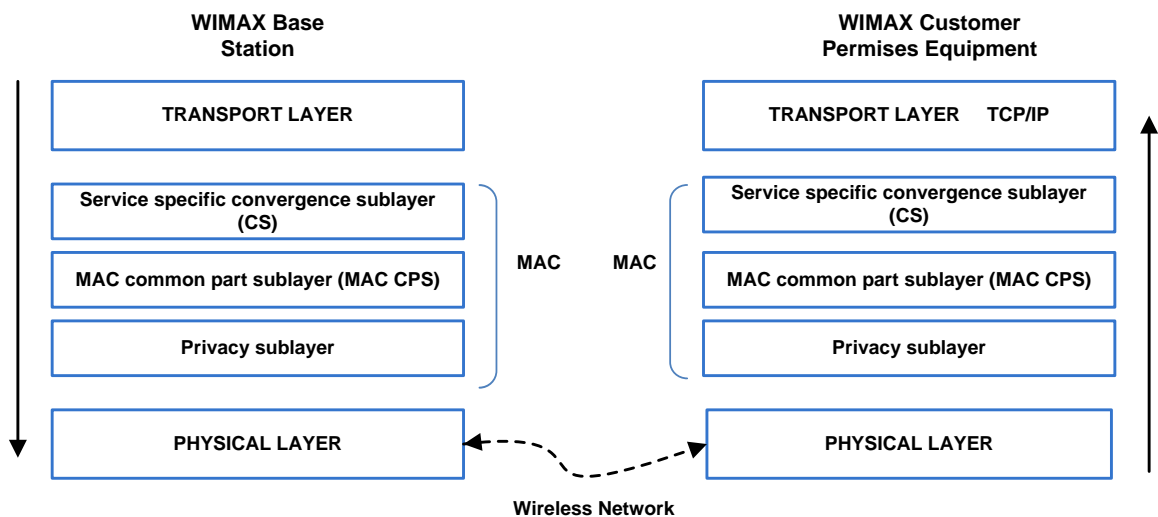


Figura. 2.10. Modelo de comunicaciones WiMAX

Propiedades de la capa física

Bajo el estándar WIMAX, los fabricantes de equipos tienen que elegir entre tres opciones diferentes de PHY cuando fabrican sus productos:

- (1) La opción de capa física de portadora única es destinada para aplicaciones visuales.
- (2) La opción de multiplexación por OFDM es la elección más popular de capa física para la mayoría de fabricantes de equipos WIMAX por su capacidad de hacerle frente a la propagación por multitrayecto.
- (3) OFDMA es la opción más sofisticada y es capaz de separar las conexiones de usuario en los canales de frecuencia de *upstream*.

Propiedades de la capa MAC

La capa MAC se encuentra dividida en tres sub capas:

- (1) **Subcapa de convergencia de un servicio específico (CS).**- el propósito principal de esta subcapa es ser la interfaz con las capas superiores en el modelo de comunicación WIMAX.
- (2) **Subcapa de parte común de MAC (MAC CPS).**- esta subcapa se encarga de las funcionalidades del Core MAC como son la seguridad, administración de las conexiones, y el acceso a la red física.
- (3) **Subcapa privada.**- gestiona la autenticación de los suscriptores de IPTV y encripta el contenido de video.

Propiedades de la capa de transporte

El estándar TCP/IP es generalmente utilizado en la red y en las capas de transporte para asegurar la entrega de los servicios de IPTV.

Rangos de transmisión: Las topologías geográficas combinadas con otros factores como las especificaciones de los equipos y las condiciones del clima pueden provocar un impacto en la distancia que existe entre el dispositivo de IPTV del consumidor y una estación base WIMAX.

WIMAX posee un valor máximo de velocidad teórica de aproximadamente 60 Mbps dentro de un área de cobertura de 6 a 10 Km. Asumiendo que los radios de contención son planeados correctamente, estos niveles de transferencia de datos permitirán cómodamente a los usuarios, dentro de un área de cobertura WIMAX, acceder a los servicios de IPTV. Es importante notar que WIMAX puede soportar ambos modos, con línea de vista (LOS) y sin línea de vista (NLOS).

2. WIMAX MÓVIL

IEEE 802.16 no puede ser utilizado para proporcionar servicios de banda ancha en un ambiente móvil. Por esta razón, se desarrollo el estándar IEEE 802.16e o mejor conocido como WIMAX MÓVIL, el mismo que fue aprobado en el 2005 y los productos certificados fueron lanzados al mercado en el año 2006. Este estándar opera en varias bandas licenciadas: 2.5, 3.3 y 3.4 -3.8 GHz [6].

WIMAX móvil incorpora algunos atributos claves que son necesarios para el transporte de los servicios y aplicaciones de IPTV:

- Esta tecnología soporta velocidades pico de datos de alrededor de 32 a 46 Mbps. Si estas velocidades son administradas correctamente permiten entregar contenido comprimido (basado en IP) en alta definición para los teléfonos móviles.
- Emplea tecnologías como OFDMA y la optimización de transferencias para permitir que los usuarios de IPTV pueden acceder a canales de difusión *multicast*

en áreas geográficas que son susceptibles a los efectos causados por las transmisiones multitrayecto.

- Se integra con el subsistema multimedia (IMS), el cual simplifica el funcionamiento entre las aplicaciones de IPTV y otros servicios basados en IP, como por ejemplo las redes municipales de alta velocidad que operan en exteriores y en cualquiera de las bandas no licenciadas (2.4 ó 5 GHz). Wi-Fi, tecnología wireless, ha sido elegida para construir redes tipo malla, debido a que en la actualidad todas o la mayoría de las computadoras portátiles y demás dispositivos poseen interfaces Wi-Fi. Para la implementación de una red Wi-Fi en exteriores se requiere del uso de un cierto número de *Access points* interconectados entre sí y conectado una conexión con cable que proporciona el *backhaul*¹⁵ al proveedor de servicios de banda ancha.

2.1.11 Arquitectura de la plataforma de desarrollo para IPTV

La plataforma de wireless IPTV está formada de un servidor de medios, una red de prueba, herramientas para el monitoreo de la red, mecanismos para la gestión de movilidad, y clientes de video para los diferentes dispositivos [7].

- ***SERVIDOR DE MEDIOS***

El servidor de medios puede capturar, codificar y transmitir videos en la red. También incluye varios *códecs* de video como MPEG-2, MPEG-4 y H.264. Por lo tanto, se puede transcodificar en tiempo real para cambiar los parámetros de codificación del flujo de video, ajustar la resolución, o cambiar el formato del mismo. Por otro lado, el servidor de medios incluye una interfaz para controlar los datos mediante la inicialización y ajuste

¹⁵ BACKHAUL.- Red de retorno, es un enlace de interconexión entre las redes de datos o redes de telefonía móvil. Para esto se puede utilizar conexiones de baja, media o alta velocidad y por medio de tecnologías alámbricas o inalámbricas.

de los parámetros de codificación del video. El servidor de *streaming* soporta muchos protocolos de Internet como HTTP, TCP, UDP e IPv6.

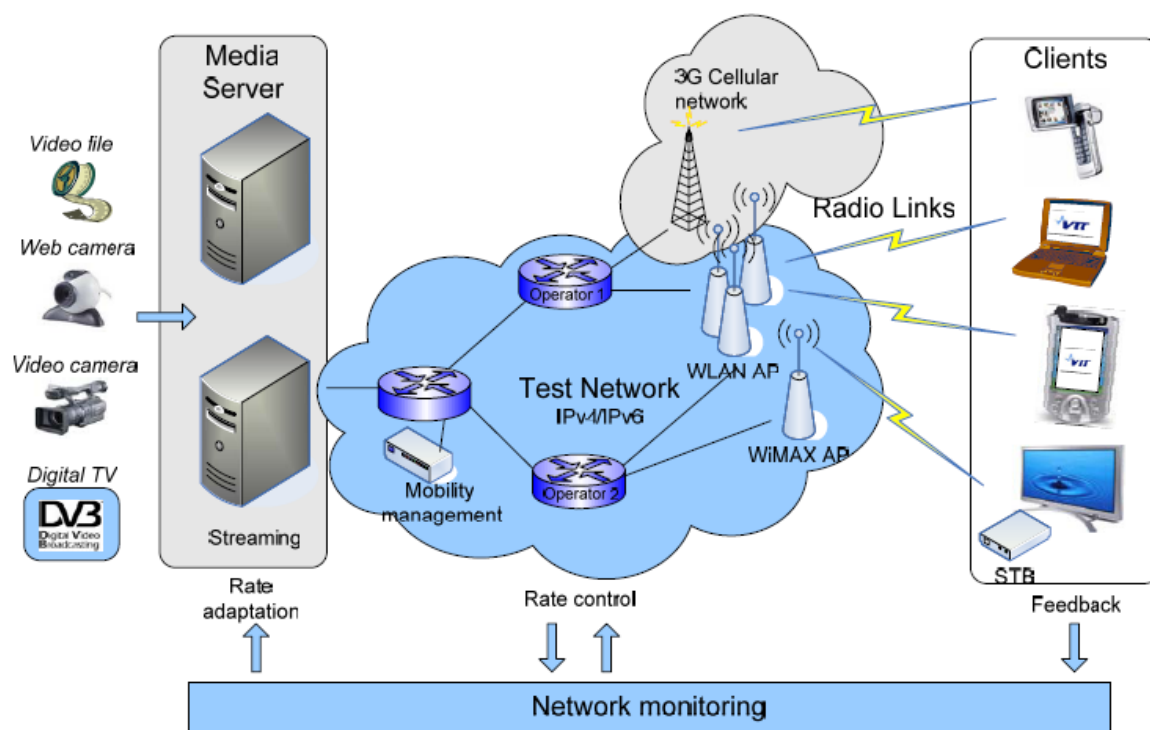


Figura. 2.11. Arquitectura de la plataforma de desarrollo de Wireless IPTV

- **RED DE PRUEBA**

La plataforma de desarrollo incluye un entorno de red controlado que conecta los dispositivos del cliente al servidor de medios. La red está compuesta de una red de backbone cableada y algunas redes de acceso vía wireless utilizando diferentes tecnologías: IEEE 802.11g, IEEE 802.11n wireless LAN, celular 3G/HSDPA, e IEEE 802.16d WIMAX.

Uno de los problemas que se presentan cuando se tiene una red de laboratorio es que el ambiente no está sometido a condiciones normales, pero para resolver esta situación se

tiene una herramienta de control de tasas de transmisión para inducir alteraciones como retraso adicional, *jitter*, limitaciones de ancho de banda, o pérdida de paquetes en la red.

- ***MONITOREO DE LA RED PARA LA ADAPTACIÓN DE LOS MEDIOS***

La plataforma incluye una red de monitoreo, la cual controla las conexiones cliente-servidor (de extremo a extremo) y proporciona información acerca de las condiciones de la red. Esta información incluye ciertos parámetros como retardo, *jitter* y pérdida de paquetes, la cual puede ser utilizada para mejorar el servicio del usuario final, en este caso para configurar los parámetros de codificación en el servidor de medios.

- ***CLIENTES***

Las aplicaciones y contenidos son visualizados en los dispositivos receptores del usuario como PCs, PDAs, teléfonos celulares, etc.

2.1.12 Por qué utilizar IPTV sobre WIMAX

1. Maximizar el número de subscriptores

En algunas ocasiones el acceso a través de XDSL y cable de banda ancha no está disponible en ciertas áreas debido a la distancia geográfica y densidad de usuarios. Además el despliegue de estas tecnologías no es tan sencillo y escalable como la tecnología WIMAX.

Como una alternativa a las tecnologías de acceso convencionales, WIMAX ofrece la facilidad de despliegue al igual que otras tecnologías wireless, pero con mayor cobertura y anchos de banda superiores. Otro factor a tomar en cuenta, es el costo del desarrollo de la infraestructura y la prestación de servicios, el cual puede ser dramáticamente reducido.

La entrega de servicios de IPTV sobre WIMAX complementa el actual desarrollo de IPTV, ya que con esta tecnología se puede capturar el número máximo de suscriptores en la misma infraestructura y proporcionar a los usuarios móviles un mejor acceso a los mismos contenidos de video.

2. Redes de acceso inalámbricas de banda ancha convergentes

Las empresas de telecomunicaciones constantemente están buscando los medios para ofrecer servicios de triple o cuádruple play. WIMAX es considerado un excelente candidato para suministrar los nuevos servicios como acceso a wireless de banda ancha y VoIP. El lanzamiento de IPTV sobre WIMAX puede además conseguir una economía de escala en términos de más servicios y una mejor disponibilidad de los mismos empleando una infraestructura común.

3. Soporta futuras tendencias

Las tendencias emergentes de IPTV son: movilidad, acceso a contenido no administrado, y soportar video en alta calidad, como HDTV. WIMAX presenta ventajas como su asignación de ancho de banda basado en la reserva, rentabilidad, y un desarrollo libre de infraestructura, además de garantizar QoS, debido a que tiene cuatro tipos de calidad de servicio: UGS (*Unsolicited grant service*), RTPS (*Real Time Polling Service*), NRTPS (*Non-real-time polling service*) y BE (*Best Effort*) [8].

Habilitando RTPS en el acceso inalámbrico de banda ancha se puede soportar perfectamente los requerimientos de ancho de banda del administrador de contenidos de los proveedores de servicios de IPTV, especialmente para HDTV pagada y SDTV. El permitir soportar las futuras tendencias de los servicios de IPTV sobre una infraestructura de acceso común, crea economías crecientes de largo plazo.

2.2 TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

2.2.1 Definición

La Televisión Digital Terrestre (TDT) es el resultado de la aplicación de la tecnología digital a la televisión que se transmite por ondas hertzianas. Es una tecnología que permite la difusión de señales con una optimización del uso del espectro radioeléctrico, mejora la calidad de la señal de audio y de video, permite la interactividad e incrementa la oferta de programación. En términos técnicos, la Televisión Digital trabaja bajo el sistema binario.

A la señal de televisión se le llama digital porque esa es la naturaleza de su información contenida; se basa en procedimientos de modulación – demodulación, respecto al sistema analógico, y permite lograr entre otros, dos objetivos: limitar el ruido en la transferencia de la señal mejorando notablemente la calidad del audio y del video, y ofrecer nuevos servicios en el espectro radioeléctrico en el mismo ancho de banda.

A continuación se enlistan algunas de las ventajas que proporciona la televisión digital:

- Recepción en el hogar sencilla y poco costosa.
- Uso de un menor número de frecuencias.
- Mejora de la calidad de la imagen y del sonido.
- Realismo mayor, que se puede apreciar en una pantalla más grande.
- Mejora el aspecto de la pantalla. El formato convencional es de 4:3, con la televisión digital se trabaja el formato panorámico de 16:9.
- Sonido con sistema de 5 canales separados para lograr un efecto envolvente, con calidad de disco compacto y transmisión en diferentes idiomas.

- Abre las puertas del hogar a la Sociedad de la Información, permite la convergencia TV-PC.
- El televisor podrá admitir datos como: correo electrónico, cotizaciones de bolsa, videoteléfono, guías electrónicas de programas (EPG), vídeo bajo demanda, *pay per view*, teletexto avanzado, banco en casa, tienda en casa, etc.
- Facilidad de transporte y almacenamiento sin degradaciones.
- Permite el desarrollo equilibrado entre servicios en abierto y servicios de pago.

Con la tecnología digital se pueden transmitir varios programas en el mismo ancho de banda en la que antes sólo era posible transmitir un programa.

2.2.2 Modelo de la TDT

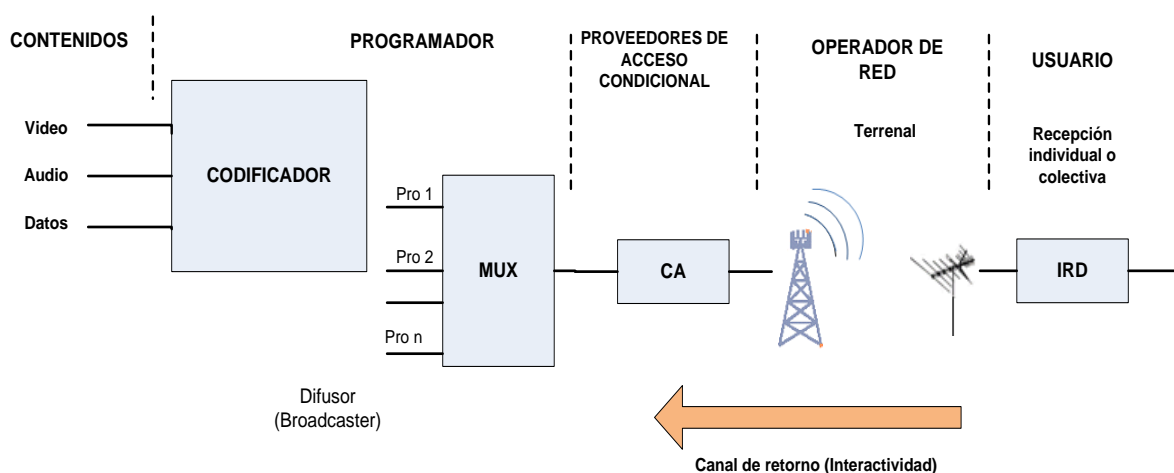


Figura. 2.12. Modelo de la televisión digital terrestre

El modelo de televisión digital terrestre consiste en enviar señales digitales de televisión mediante transmisores de televisión digital usando como medio de transmisión ondas hertzianas. El medio de transmisión, las ondas, no difiere del empleado hasta el

momento por la televisión analógica, sin embargo enviar la señal de forma digital, permite un mejor aprovechamiento del canal usado con lo cual podemos enviar más información, de mayor calidad y sin que se vea alterada.

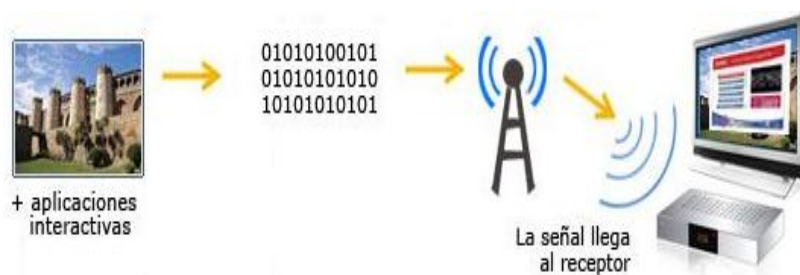


Figura. 2.13. Esquema del envío de información por medio de ondas hertzianas

La red de distribución primaria transporta los paquetes MPEG desde los estudios de televisión hasta los centros re-multiplexores y luego hasta los centros transmisores.

Se consideran varias posibilidades para la red primaria, entre las que se incluyen fibra óptica, redes PDH (*Plesichronous Digital Hierarchy*) o SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*), ATM o satélite. Una red completa constará seguramente de una combinación de todas las anteriores.

Este modelo de televisión digital requiere de un equipo terminal con la posibilidad de recibir la señal de televisión y la variedad de servicios que vienen integrados. Estos equipos incluyen un software compatible con el sistema de televisión digital que se distribuye en cada área.

La televisión digital terrestre es accesible para todos, lo cual es una gran ventaja frente a los otros modelos, debido a que garantiza el acceso universal a la televisión digital y a las ventajas de esta tecnología. Además permite un mejor uso del espectro radioeléctrico.

2.2.3 Elementos que intervienen en la difusión de TVDI

En la difusión de la TVDi intervienen diversos canales y estándares, pero para lograr la interactividad con el receptor, son necesarios una serie de elementos:

Proveedor de servicios: proporciona servicios interactivos o contenidos destinados a servicios interactivos a través de un servidor de aplicaciones del operador de TV Digital. Por ejemplo. Un banco o los servicios de información meteorológica.

Proveedor de contenidos: Suministra contenidos de televisión y radio, y transmite sus contenidos vía satélite o cable al centro de la emisión del operador.

Servidor de aplicaciones: Es el encargado de preparar las aplicaciones para su codificación antes de su emisión. Integra los datos de proveedores de servicios.

Centro de emisión: Recoge las señales de los proveedores de contenidos y las prepara para su codificación y emisión.

Encoding-Multiplexador: Codifica la información de vídeo, audio y datos (servicios interactivos) convirtiéndola en paquetes MPEG. Encripta esta información y finalmente la combina o multiplexa para poder transmitirla.

STB (Set Top Box): Es un dispositivo conectado a la TV que descripta, comprueba los derechos del abonado y decodifica la señal MPEG-2 (que permite codificar y decodificar audio y vídeo sin que éstos pierdan su calidad) o MPEG-4 (que además de codificar y decodificar audio y vídeo también permite la aplicación de servicios interactivos como Internet) para convertirla en señal analógica que se envía al televisor.

MIDDLEWARE: Es un software que se encuentra instalado en el STB y suministra una interfaz de programación de aplicaciones (del inglés *Application Programming*

Interface o API). El middleware tiene como misión facilitar el desarrollo y ejecución de aplicaciones interactivas en TV y el acceso a Internet.

CANAL DE RETORNO: Es el que hace posible la interactividad y puede darse a través del teléfono, en el caso de la transmisión por ondas hertzianas y satélite, directamente con el cable o la combinación de ambas como lo permite el ADSL y la TDT. La TVDi (TV Digital Interactiva) implica la coexistencia de varias tecnologías (digitales y analógicas) utilizadas por diferentes redes de transmisión (por ondas, cable, satélite, ADSL y TDT) y la necesidad de estandarizar los equipos de recepción y las aplicaciones para este medio.

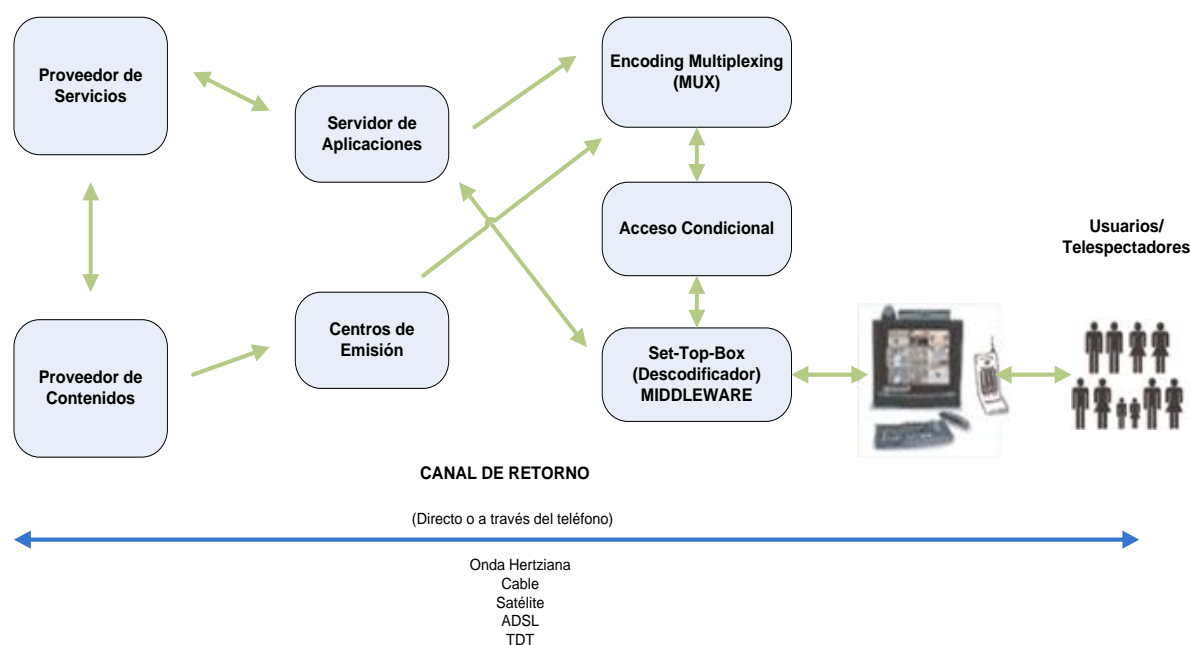


Figura. 2.14. Esquema de comunicación de TVDI

2.3 INTERACTIVIDAD

Interactividad significa la capacidad que tiene un dispositivo para interactuar o permitir la interacción con el usuario. Se debe observar que la existencia de interactividad está estrictamente relacionada con la existencia de un medio electrónico, que actúa como intermediario de este proceso [9].

La interactividad es un proceso o acción que puede ser descrita como una actividad mutua e simultánea en la que intervienen dos participantes, normalmente trabajando en dirección de un mismo objetivo. Para que un sistema pueda ser clasificado como interactivo, este debe poseer los siguientes atributos:

Posibilidad de interrupción: cada uno de los participantes debe tener la capacidad de interrumpir el proceso y de tener la posibilidad de actuar cuando lo requiera o así lo desee. Sin embargo, esta característica de los sistemas interactivos debe ser mucho más que el hecho de bloquear el flujo de un intercambio de informaciones.

Respuesta rápida: se refiere a la señal o respuesta producida después de efectuada una interrupción. En una conversación, esto podría ser una frase, una palabra, o simplemente un gesto. Por lo tanto, para que un sistema sea realmente interactivo, estas circunstancias deben ser tomadas en cuenta para que el usuario no crea que el sistema empleado está “colgado” o no está funcionando. En otras palabras, es necesario que el sistema presente un mensaje indicando la operación que ha sido ejecutada por el usuario.

Degradación suave: esta característica se refiere al comportamiento de una parte del sistema cuando este no tiene una respuesta para una petición solicitada por parte del usuario. Cuando esto ocurre, el usuario no debe quedarse sin una respuesta, ni el sistema debe desconectarse. Los participantes deben tener la capacidad de aprender cuando y como pueden obtener una respuesta que no está disponible.

Predicciones limitadas: existe una dificultad en programar todas las preguntas o situaciones posibles que se pueden presentar. A pesar de eso, un sistema interactivo debe prever todas las instancias posibles de ocurrencia. De esta forma, si algo que no había sido previsto ocurre en la interacción, el sistema tenga las condiciones para responder. En otras palabras, esta característica debe dar la impresión de una base de datos infinita.

No- Por defecto: el sistema no debe forzar el camino a ser seguido por los usuarios. La inexistencia de un estándar predeterminado brinda libertad a los participantes,

refiriéndose una vez más al principio de interrupción, en lo que respecta a la posibilidad que tiene el usuario de parar el flujo de información y/o redireccionarlo.

Es posible clasificar el concepto de interactividad en tres niveles de cobertura:

- ***Interactividad con el conjunto televisivo.***- en este nivel la interactividad está restringida al uso del control remoto, permitiendo el cambio de canales, así como también avanzar, retroceder o pausar las imágenes. El telespectador no puede alterar el contenido, sólo la forma como el mismo es visualizado.

- ***Interactividad con el contenido del programa de televisión.***- en este nivel la interactividad es completa y representa el mayor desafío para los productores. En esta visión, el telespectador puede controlar el contenido del programa que está mirando, además de ser capaz de elegir la programación que desearía ver.

- ***Interactividad con el contenido que se encuentra en la televisión.***- También llamado coactivo, este nivel contiene las mismas características que el nivel anterior, además de funcionalidades que cambiaron radicalmente la forma de mirar televisión por las próximas décadas. Permite obtener información a cualquier momento acerca de las condiciones climáticas, deportes, la programación de las emisoras, noticias, etc., así como también obtener información detallada a cerca de los productos anunciados y poder comprarlos.

2.3.1 Niveles de interactividad

La interactividad se clasifica, en relación a la televisión, en siete niveles.

Nivel 0: este es el nivel más bajo de la interactividad, aquí el usuario solamente tiene la posibilidad de cambiar de canal, o regular el volumen, contraste, brillo y encender o apagar la televisión. La transmisión todavía ocurre en blanco y negro, con apenas uno o dos canales.

Nivel 1: surge la televisión a color y otras estaciones. El control remoto viene a satisfacer la demanda de comodidad requerida por las posibilidades de navegar entre los canales disponibles, así como realizar ajustes en la forma en la cual la programación es visualizada. Esa navegación, también conocida como *zapping*, es considerada la precursora de la navegación Web.

Nivel 2: la televisión pasa a ser empleada para otros fines, aparte de presentar los programas transmitidos por las estaciones, como juegos electrónicos, video-casetes y cámaras portátiles. El usuario también puede grabar programas.

Nivel 3: las primeras señales de interactividad surgen en este nivel, donde el telespectador puede interferir en el contenido de la programación a través de fax, teléfono o mensajes de correo electrónico (e-mail).

Nivel 4: en este nivel surge la TV interactiva, haciendo posible que el usuario pueda utilizar el control remoto para interferir en la programación, seleccionando escenas o ángulos de cámara que prefiera.

Nivel 5: en este nivel el telespectador puede participar de la programación, enviando videos de baja calidad, producidos con una cámara web o una filmadora analógica. Aquí surge la necesidad de un canal de retorno o un canal de interacción.

Nivel 6: ofrece los mismos recursos que el nivel anterior, a diferencia que permite la transmisión de videos en alta calidad. Por lo tanto, el canal de retorno debe, obligatoriamente, disponer de un ancho de banda superior.

Nivel 7: aquí el usuario alcanza una interactividad completa, generando contenido de la misma forma que una estación de televisión. En este modelo, el telespectador rompe el monopolio de producción de las redes de televisión y pasa a actuar como si fuese un internauta en la Web, con la capacidad y los recursos necesarios para la publicación de *sites* con el contenido que deseen.

2.4 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA EL CANAL DE RETORNO

La tecnología implementada para el canal de retorno define características importantes, como la tasa máxima de transferencia, costo, etc. Se estima, que no existe una única solución para el canal de retorno porque las condiciones de cada región son diferentes. De esta forma, las zonas con una concentración de población grande y zonas urbanas deberán emplear una alternativa diferente de las áreas rurales con baja densidad poblacional.

PLC (Power Line Communication)

Esta tecnología permite la utilización de la red de energía eléctrica para transmitir datos y es muy conveniente, porque está disponible hasta en los lugares más remotos. Esta tecnología de transmisión de datos a través de las líneas de distribución de energía eléctrica es una excelente solución, debido a que ofrece el alcance deseado, soporta transmisiones de 14 Mbps (pudiendo llegar a 200 Mbps) y prácticamente no aumentaría el costo.

Telefonía Fija

La telefonía fija dispone de una tasa de transmisión baja (56 Kbps), pero aún así es la tecnología para canal de retorno más utilizada en Europa.

Telefonía Celular

Esta es una opción muy acertada porque hoy en día la mayoría de personas disponen de una línea telefónica celular. La transmisión de datos a través de redes celulares han evolucionado y en la actualidad, con la tecnología 3G, se puede soportar tasas de transmisión de alrededor de 700 Kbps, pudiendo alcanzar 4.8 Mbps. Sin embargo, el costo de estos servicios sigue siendo un limitante para la mayoría de la población.

ADSL (Assymetrical Digital Subscriber Line)

Esta tecnología ha ganado mucho mercado y puede llegar a 8 Mbps. Además del costo referente a la contratación del servicio de ADSL, es necesario contratar un proveedor

de contenidos, el que aumenta considerablemente el costo final y puede ser considerado como no muy conveniente.

Radio

Esta tecnología tiene un buen alcance, es capaz de entregar altas tasas de transmisión, pero tiene un costo elevado para las residencias. Puede ser utilizado como alternativa para condominios o conjuntos residenciales.

Satélite

Las ventajas de esta tecnología son el gran alcance y las tasas de transmisión que puede proporcionar, sin embargo el costo no es accesible para la mayoría de la población.

CAPÍTULO III

DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE LA RED

3.1 REQUERIMIENTOS DE LA RED DE IPTV

Para que IPTV pueda desarrollarse de una manera completa es preciso disponer de accesos de banda ancha. En la televisión digital se pueden diferenciar dos tipos de calidad: SDTV o definición estándar y HDTV o alta definición. El video se comprime utilizando MPEG-2 o MPEG-4/H.264, con este último los requerimientos de ancho de banda son: para un canal del primer tipo se requerirá tener una conexión de 2 Mbps y para un canal del segundo tipo se precisa 8 Mbps. Además, a este ancho de banda, debe sumarse la conexión a Internet. El tráfico generado por MPEG-4/H.264 es continuo y cuando ocurren caídas repentinas de la tasa de bit la calidad disminuye notablemente [1].

Por lo tanto, si utilizamos MPEG-4 para la compresión y codificación de video se requiere 4,5 Mbps para tres canales en SDTV u 11 Mbps para un canal HDTV y dos canales SDTV. Por otro lado, IPTV necesita los siguientes valores técnicos para no tener problemas.

- Ancho de banda, dependiendo del número de decodificadores, y de si simultáneamente se desea acceder a Internet, el ancho de banda debe ser mayor.
- Relación Señal/Ruido, debe ser mayor de 13dB para garantizar la estabilidad del servicio porque mientras más alto sea este valor, mayor será la calidad del mismo.
- Atenuación: menor de 40dB porque si este valor es demasiado alto, el servicio puede tener interrupciones.

3.1.1 Calidad de experiencia

Un sistema como IPTV engloba un número elevado de componentes que en conjunto, ofrecen varios servicios. Como tal, la calidad del sistema percibida por el usuario tiene un sentido más amplio que el de la calidad de servicio a nivel de la red. Al concepto que abarca además de métricas objetivas, un conjunto de métricas subjetivas que permiten caracterizar la calidad percibida por el usuario, se le da el nombre de Calidad de Experiencia (*QoE - Quality of experience*) [2].

De esta forma, aparte de las métricas objetivas que, tradicionalmente, ayudan a caracterizar el desempeño de una red (retardos, pérdidas y latencia), se vuelve necesario considerar otros aspectos que tengan impacto en la calidad de experiencia de utilización, tales como el sincronismo entre el audio y el video o el tiempo de respuesta en el cambio de canal. Sin embargo, estos son factores relacionados con la calidad propia del video, percibida por el usuario, los cuales son los más importantes al momento de determinar la calidad de experiencia. De esta forma, fueron definidas algunas métricas, designadas como VQM (*Video Quality Metrics*), las mismas que ayudan a representar la calidad subjetiva de video para los usuarios. El ejemplo más común de una métrica subjetiva se designa por *Video mean opinion score* (VMOS) y es obtenida por la media de puntuaciones dadas por un conjunto de usuarios de prueba. También se utilizan algunas métricas más objetivas como las tasas de errores (MSE- *Mean Square Error*) o la relación señal a ruido de pico (PSNR – *Peak Signal -to- noise ratio*).

La monitorización de este conjunto de métricas que engloban no solo las características de la red sino también las características de video, permitirán la oferta de un servicio más robusto, confiable y con mayor calidad de experiencia (QoE) para los usuarios finales.

3.1.2 Parámetros de QoS para IPTV

Para asegurar el éxito de los servicios que ofrece IPTV, los proveedores deben proporcionar una calidad mejor a la que ya se tiene con la televisión tradicional. La

distorsión de la señal recibida es causada principalmente por la variación del parámetro de retardo en una sola vía. Una red capaz de garantizar un nivel de QoS es el primer paso para ofrecer el servicio de IPTV.

QoS maneja un conjunto de parámetros como ancho de banda, *oneway-delay*, variación de retardo y pérdida de paquetes cuando se refiere a un canal de comunicación. La calidad de servicio significa la capacidad que posee una red para ofrecer mejores servicios a una parte del tráfico seleccionado. Existen mecanismos de control que ofrecen diferentes prioridades para algunos usuarios o para una parte del tráfico de datos, o garantiza algún nivel de calidad dependiendo del tipo de aplicación. El principal interés de QoS es establecer una prioridad para la asignación de banda, el *jitter* y el control de retardo, reduciendo así el porcentaje de pérdida de paquetes. Para aplicaciones en tiempo real como IPTV y VoIP un nivel de QoS es muy importante porque estas son aplicaciones de tipo CBR (*Constant Bit Rate*), sensibles a los retardos. La tecnología de QoS entrega nuevos elementos, los mismos que pueden ser usados en todo tipo de redes [3].

Los parámetros de QoS son los que determinan la transmisión e influyen en la calidad de un servicio, y por lo tanto en la aplicación que usa este servicio, aún si este es solamente una transferencia de datos o un flujo en tiempo real. Los parámetros de QoS para flujo en tiempo real son muy importantes al momento de considerar los requerimientos de la red y estos son:

Tasa de tráfico: conociendo la tasa de transmisión, R_{TRAFICO} , se puede verificar si una red, con una cierta capacidad, puede permitir ese tipo de transmisión. Para el cálculo de la tasa de tráfico podemos contar todos los bytes enviados y la duración de la transmisión. Dividiendo el número de bytes por el tiempo de duración de la transmisión se puede obtener la tasa de tráfico.

$$R_{\text{TRAFICO}} = \frac{\text{bytes totales}}{\text{duración de la transmisión}} [\text{Bps}] \quad (1)$$

One-way-delay: es el retardo introducido por la transmisión de los paquetes desde la fuente hasta el destino. Este parámetro depende de muchos elementos como el número de nodos por los cuales tienen que pasar los paquetes hasta alcanzar el destino, el tráfico de la red, los protocolos de enrutamiento. Este parámetro es importante porque asegura la sincronización entre el servidor y el receptor. N , es el número total de paquetes enviados.

$$RETARDO_{TOTAL} = \frac{retardo_1 + retardo_2 + \dots + retardo_N}{N} [s] \quad (2)$$

Jitter: los paquetes enviados pueden llegar al destino siguiendo diferentes caminos, por lo tanto el retardo de los paquetes puede variar. El jitter es la variación de retardo que existe entre los paquetes y es un parámetro muy importante para el flujo en tiempo real. Donde, N es el número total de paquetes.

$$Jitter = \frac{|jitter_1| + |jitter_2| + \dots + |jitter_N|}{N} [s] \quad (3)$$

Número de paquetes perdidos: en el trayecto entre la fuente y el destino un paquete puede perderse o ser eliminado por un router si el buffer de los routers está lleno o si el paquete está dañado. La eliminación de paquetes depende únicamente del estado actual de la red, y esto no puede ser previsto. El algoritmo usado para determinar este parámetro identifica cada paquete enviado por el servidor y busca el paquete en la lista de paquetes recibidos.

Número de paquetes reordenados: cuando más paquetes son enviados en un cierto orden por una aplicación, en el lado del receptor estos podrían llegar en desorden debido a los diferentes caminos seleccionados por los routers. En el destino se puede emplear otro protocolo con el fin de reordenar los paquetes. Este proceso es indispensable, especialmente para las transmisiones de video y aplicaciones tipo VoIP, en las cuales la calidad es mayormente afectada a causa del retardo.

Para el conteo del número de paquetes reordenados es necesario identificar todos los paquetes enviados y recibidos. Se puede utilizar el número de secuencia RTP¹⁶ de los paquetes para cada puerto UDP¹⁷ utilizado durante la transmisión.

Número de paquetes duplicados: el conteo del número de paquetes duplicados es una forma de verificar la configuración de la red. Cuando los paquetes duplicados aparecen, significa que existen algunos errores en la configuración o algunos dispositivos están defectuosos.

Número de paquetes dañados: cuando se transmiten paquetes a través de la red, algunos bits se pueden dañar. Estos errores no afectan mucho la calidad siempre y cuando el número de bits dañados sea bajo. Podemos calcular el PER (*Packet Error Rate*) y de esta manera observar si un paquete está dañado o no, comparando el campo de datos de cada paquete tanto en el emisor como en el receptor.

$$PER = \frac{\text{número de paquetes dañados}}{\text{número de paquetes recibidos}} \times 100\% \quad (4)$$

3.2 REQUERIMIENTOS PARA UNA RED DE TDT

Un requisito importante para la red de TDT es poseer un canal de retorno o canal de interactividad, el cual puede ser definido como el responsable de viabilizar la comunicación de las aplicaciones interactivas, en el Terminal de Acceso, con servidores de aplicación del Proveedor de Contenidos, en el lado de Difusión de Acceso/Producción de Contenido. A través de él cada usuario puede, individualmente, enviar y recibir informaciones y peticiones.

¹⁶ RTP.- Real-Time Transport Protocol.

¹⁷ UDP.- User Datagram Protocol,

El canal de interactividad está formado por dos canales de comunicación: el canal de descenso, por donde pasan las informaciones enviadas de la emisora hacia el usuario; y el canal de retorno, el cual establece la comunicación entre el usuario y la emisora.

El canal de descenso establece la comunicación en el sentido emisora-usuario por medio del flujo de transporte, el canal de retorno realiza la comunicación en el sentido inverso, es decir, en el sentido usuario-emisora y está formado por cualquier tecnología de redes de acceso que establezca este enlace.

Una de las características más importantes de la arquitectura del canal de Interactividad es la diversidad de alternativas para la implementación del acceso al canal de retorno. Esta variedad es de gran utilidad porque ofrece soluciones para dificultades técnicas, optimización de recursos y exigencias distintas de acuerdo a los diferentes escenarios geográficos, poblacionales, socioeconómicos y de redes de comunicación.

La arquitectura mencionada también admite la adopción de sistemas y protocolos adecuados para la implementación de redes privadas virtuales o VPN (*Virtual Private Networks*) que son “túneles cifrados” construidas sobre redes de acceso público, hacen posible la creación de redes privadas sin la necesidad de ser construidas físicamente.

La interfaz para establecer la interconexión del terminal de acceso con las redes de acceso es realizada por medio de un Modem (modulador/demodulador), el cual no es un componente obligatorio para el funcionamiento del sistema de TV Digital pero su ausencia impide el funcionamiento del canal de retorno. Conociendo que el acceso de los usuarios será realizado mediante las diferentes redes de acceso, en el lado de la emisora se hace necesaria la creación de un *gateway* que realice la convergencia de los flujos de datos para un servidor de aplicaciones interactivas que, a través de un enlace dedicado, llega hasta el emisor específico si es necesario [4].

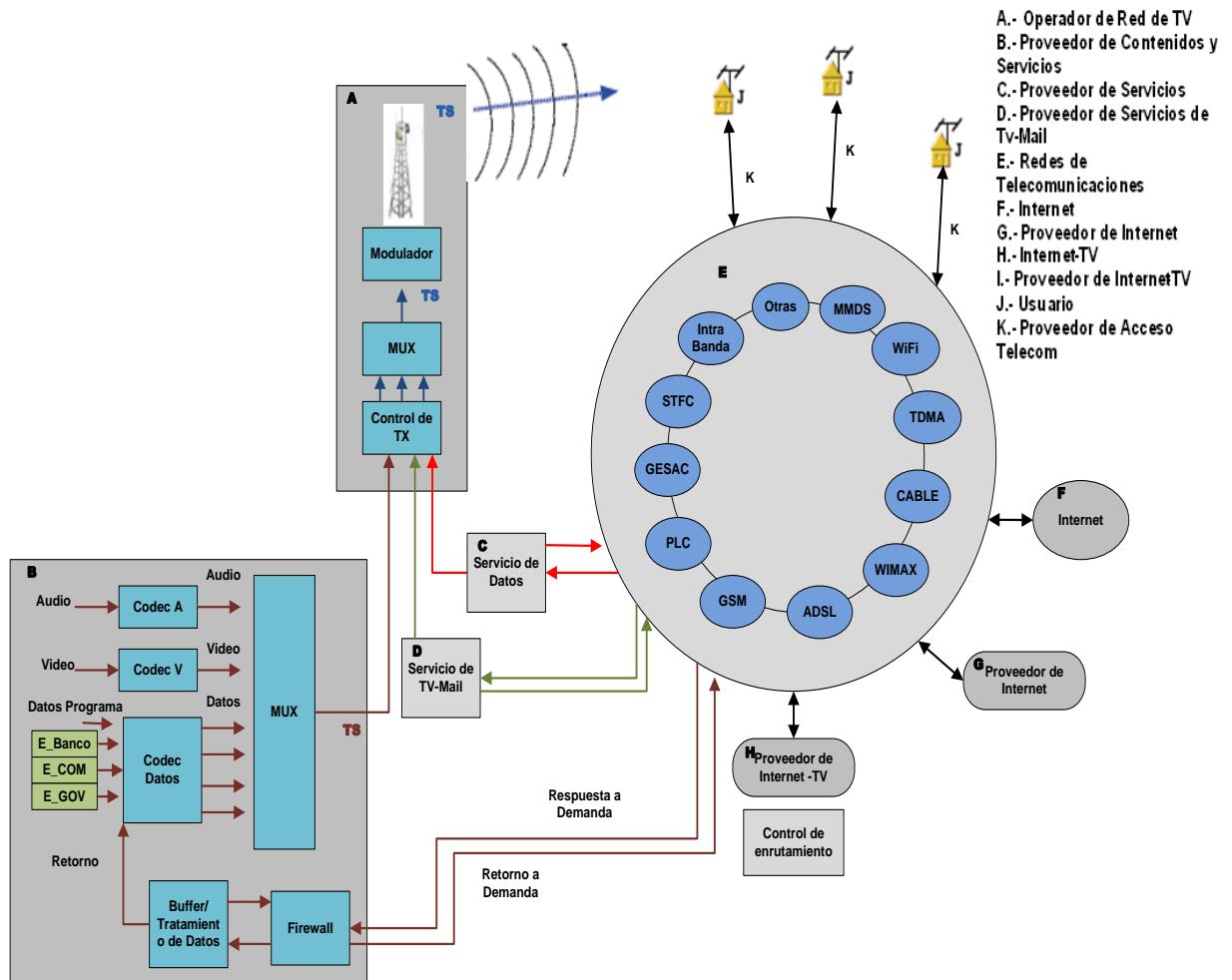


Figura. 3.1. Arquitectura del canal de interactividad

Los componentes del canal de interactividad son:

Canal directo: es utilizado para el envío de solicitudes y/o respuestas de las emisoras/programadoras a los usuarios. Este canal está contenido en el flujo de transporte del Canal de Radiodifusión que es un canal de libre acceso.

Canal de retorno: es utilizado para el envío de solicitudes y/o respuestas direccionadas desde los usuarios hacia las emisoras/programadoras. Puede estar formado por cualquiera de las redes de acceso de comunicaciones disponibles. El canal de retorno está constituido de un modem, que se enlaza al terminal de acceso, comunicándose con las redes de comunicación previstas.

Gateway: es el encargado de unir las redes de comunicaciones con las emisoras. Tiene la función de recibir los flujos de datos de las redes y adaptarlos para formar un único flujo capaz de ser recibido y procesado por el servidor de aplicaciones. Es fundamental que el Gateway implemente las medidas de seguridad necesarias para garantizar la confiabilidad e integridad de la información.

Servidor de aplicaciones: realiza la interpretación y el debido tratamiento de las informaciones provenientes de los usuarios. Dependiendo de la demanda y aplicabilidad, el servidor de aplicaciones puede realizar una búsqueda de información en otros servidores y fuentes de datos, generar una respuesta individual para cada usuario, generar nuevo contenido o aplicación con las actualizaciones enviadas por los usuarios o con informaciones solicitadas por el mismo y almacenar las informaciones en algún tipo de banco de datos.

Unidad de adaptación de Radiodifusión: es la responsable de la adaptación de la información de respuesta y/o demandas a ser transmitidas en el haz de transporte (conexión entre el servidor de aplicaciones y la unidad emisora de flujo de transporte). Dependiendo del tipo de interactividad, puede ser necesario un procesador o generador de carrusel de contenidos *on-line*.

3.2.1 ADSL

Se recomienda el empleo de la tecnología ADSL para el canal de retorno con el fin de aprovechar la infraestructura técnica ya existente, con lo cual se disminuyen los costos de implementación. Por otro lado, ofrece la comodidad de siempre tener disponible el servicio, brinda acceso de alta velocidad a Internet, así como también servicios de transmisión de datos. Además, la mayoría de decodificadores poseen un puerto Ethernet el cual se puede conectar fácilmente a la red.

Esta es una tecnología reciente que se caracteriza por trabajar en conjunto con las redes PSTN. En las redes ADSL, las centrales telefónicas, a las cuales las residencias y

organizaciones están conectadas, poseen un equipo llamado DSLAM y un *splitter*. Las líneas telefónicas estarían conectadas de la central al *splitter*. El *splitter* identificaría el tipo de información que está llegando del usuario a la central. En el caso de que fuera una señal telefónica, esta señal sería encaminada hacia la red PSTN, en cambio si la señal fuera de datos, el *splitter* la llevaría al DSLAM, el cual procesaría la señal y la encaminaría hacia la red de datos.

La línea telefónica que llega hasta la residencia/organización de los usuarios es la misma línea analógica que ya existía para la telefonía. Lo que diferencia las señales de telefonía con las señales de datos son las frecuencias de operación. Las señales entre 0 a 4kHz son señales de telefonía y entre 25,875 kHz y 1104 kHz son señales de datos. Las señales de datos en las frecuencias de 25,875 kHz hasta 138 kHz son utilizadas para *upstream* y las frecuencias de 138 kHz son usadas para *downstream*. Estas frecuencias garantizan una tasa de transferencia de 1 Mbps para *upstream* y 8 Mbps para *downstream*.

Además se debe tomar en cuenta que en las residencias debe existir un modem ADSL capaz de transformar la información de datos a las frecuencias indicadas anteriormente con el objetivo de conseguir realizar la comunicación con el DSLAM en la central telefónica.

Ventajas: entre las ventajas de utilizar esta tecnología se encuentra la fácil implantación debido a la inter-operación con las redes PSTN ya instaladas previamente. También brindan una buena tasa de transferencia de datos.

Desventajas: la necesidad de un modem en el lado del usuario, la necesidad de la existencia de un DSLAM en la central telefónica (estos equipos son instalados de acuerdo con la demanda porque tiene un alto costo, es decir, inexistentes en lugares de baja densidad demográfica o lugares donde los ingresos económicos de la población no demandan la utilización de este servicio).

3.3 CODECS A UTILIZAR

3.3.1 Códec de video H.264

En el área del video digital, la compresión de video es esencial para reducir el almacenamiento de los datos y básicamente es vital para la transmisión. El H.264/AVC es el estándar actual y presenta un excelente desempeño, superior a su predecesor, MPEG-2, manteniendo la misma calidad. Es bastante difundido y fue escogido para ser el estándar utilizado por el Sistema Brasileiro de Televisión Digital (SBTVD).

La compresión de videos es de suma importancia para la manipulación, transmisión, almacenamiento y presentación de videos digitales, porque un video no comprimido tiene un tamaño en bits muy grande. Por ejemplo, considerando los videos con una resolución de 720×480 pixeles a 30 cuadros por segundo (utilizado en DVDs y televisiones digitales con definición normal – SDTV), con 24 bits por pixel, la tasa de transmisión sin compresión sería alrededor de 249 millones de bits por segundo (249 Mbps). Para almacenar una secuencia de 10 minutos de este video serían necesarios casi 20 billones de bytes (19 GB).

Lo mismo ocurre con los videos que tienen una resolución de 1920×1080 pixeles a 30 cuadros por segundo (HDTV), con 24 bits por pixel, la tasa de transmisión sería de 1,5 billones de bits por segundo (1,5 Gbit/s) y serían necesarios 112 GB para almacenar una secuencia de 10 minutos [3].

Sin embargo, las secuencias de video digital poseen, en general, otra propiedad intrínseca: elevado grado de redundancia. Esto significa que una buena parte de la enorme cantidad de estos bits es innecesaria. En esencia, la compresión de video tiene el objetivo de desarrollar técnicas que eliminen la mayor cantidad posible de datos innecesarios, reduciendo así la cantidad final de bits.

Para que los diferentes dispositivos y software de compresión y descompresión de video sean compatibles, es necesario que tengan especificaciones en común, es decir, que

adopten un determinado estándar. El estándar H.264, también conocido como *Advanced Video Coder* (AVC), o como MPEG-4 parte 10 es el que ofrece mejor compresión, reduciendo la tasa de bits entre dos y tres veces más que MPEG-2.

Los objetivos primordiales del estándar H.264 son lograr una mejor tasa de compresión, adaptar el flujo de contenidos para la transmisión por la red y tolerancia a fallos. El mejor rendimiento en la tasa de bits se debe a las herramientas adicionales que se incluyeron y como consecuencia se tiene un aumento en la complejidad computacional de codificación y decodificación.

Compresión de video

La compresión de video es una técnica que forma parte del grupo más general de tecnologías de compresión de datos, que se clasifican en “compresión sin pérdidas” y “compresión con pérdidas”. En el primer caso, después del proceso de compresión/descompresión, la señal reconstruida es idéntica a la original, mientras que en el segundo caso existe una degradación de la señal, denominada “distorsión”.

La compresión sin pérdidas consigue, generalmente, compactar datos de dos a tres veces. En la compresión con pérdidas, la tasa resultante depende sólo de la distorsión admitida, las tecnologías de compresión más recientes pueden comprimir tanto hasta obtener una tasa 100 veces menor que la original, con una distorsión aceptable.

La compresión sin pérdidas se limita a un pequeño grupo de aplicaciones que no toleran ningún tipo de distorsión, como videos médicos o sistemas de prestación. A su vez, la compresión sin pérdidas es la más usada y difundida, ya que ciertas distorsiones pueden ser imperceptibles al ojo humano, o a su vez toleradas. Este tipo de compresión es el estándar H.264.

Además de eso, los estándares de codificación utilizan “espacios de colores” diferentes del tradicional RGB, utilizado en todos los tipos de televisión y monitores. El

Y'CbCr, usado en H.264, es un estándar que presenta una redundancia menor que RGB y separa la señal de acuerdo a la intensidad de la luz (luminancia o luma), representado por la letra Y, dos señales responsables del color (crominancia o cromina), la crominancia está formada por el color azul (Cb) y el color rojo (Cr). La ventaja de esta separación radica en el principio de que el sistema óptico humano es más sensible a la intensidad de la luz que a los colores, es decir, que se puede emplear una resolución menor en el muestreo de las señales cromina casi sin afectar a la calidad subjetiva de las imágenes. Por otro lado, para relacionar los componentes de luminancia y cromina se utiliza una nomenclatura en formato $y: c_b: c_r$, donde y es la cantidad de muestras luma y c_b y c_r son las cantidades de muestras de cromina azul y rojo respectivamente [3].

En diversos estándares de codificación de video la unidad básica de codificación es el macrobloque (MB). El MB corresponde a una matriz de muestras luma de 16×16 más las muestras cromina correspondientes. Esta división de cada cuadro en pequeños bloques de muestras es fundamental para el buen desempeño de la mayoría de procesos que conforman la codificación, como la compensación de movimiento y la transformación. En el estándar H.264, los MBs pueden ser subdivididos en bloques más pequeños, denominados submacrobloques (SubMB).

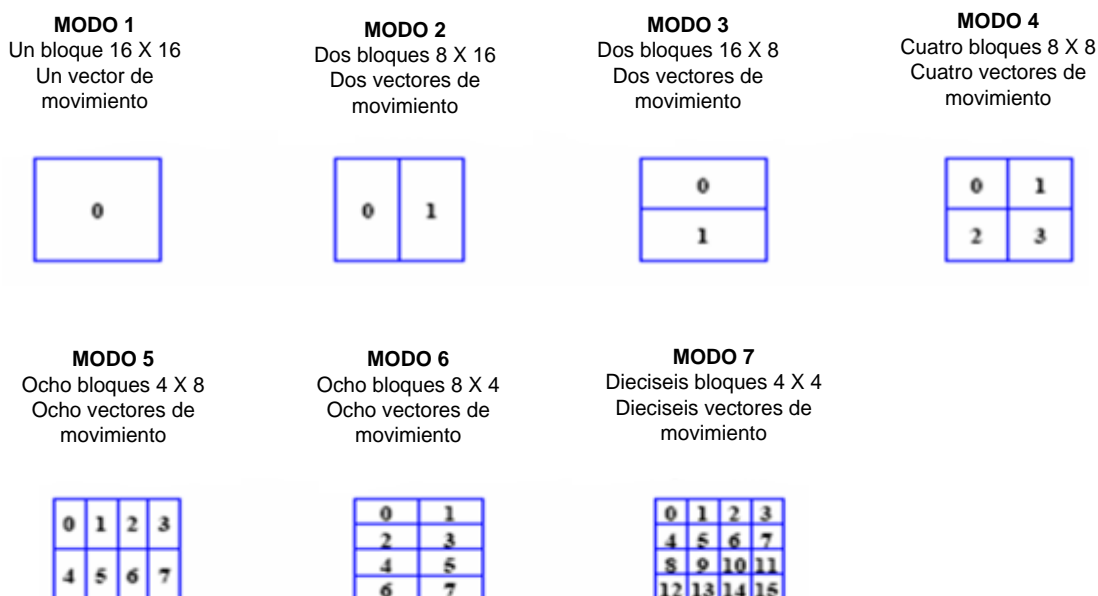


Figura. 3.2. Diferentes modos de dividir un macrobloque para la estimación de movimiento en H.264

Otro proceso de la codificación H.264, es la compensación de movimiento (CM), la misma que se basa en el principio que dice que, si se tienen datos en dos cuadros en tiempos próximos, es muy probable que estos sean parecidos, debido a la propia naturaleza del contenido de los videos. Muchas muestras correspondientes al fondo estático continúan iguales, mientras que las correspondientes a objetos en movimiento, se desplazan espacialmente. El proceso de CM consiste en sustituir los valores de las muestras de un bloque por los valores de otro bloque de algún cuadro anterior. Si el bloque escogido del cuadro anterior fuese semejante al actual, la CM reducirá a casi cero todos los valores del bloque resultante, disminuyendo considerablemente la tasa de bits del código final.

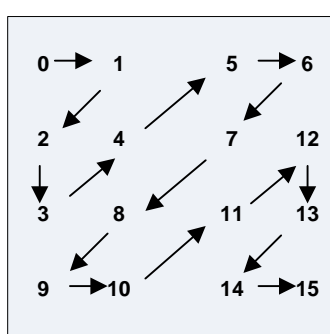
Para determinar cual cuadro anterior posee el mejor bloque para ser comparado, es decir, el bloque más semejante al actual, se utiliza el proceso de estimación de movimiento (EM).

Después del proceso de CM, se aplica al macrobloque un proceso denominado transformación, el cual consiste en transformar los valores de las muestras de un bloque con el objetivo de reducir las redundancias espaciales, debido a que las muestras siguientes poseen valores semejantes. Esto se realiza a través de un algoritmo de multiplicación de matrices. H.264 aplica una transformada más simple, que utiliza solamente números enteros y bloques de un tamaño de 4×4 . Esto es debido a que el bloque menor, también se reduce a un efecto visual no deseado, causado por el revestimiento en la frecuencia, que ocurre en los estándares anteriores por utilizar una transformada de 8×8 . H.264 especifica las transformadas empleando operaciones simples de suma, resta y desplazamiento, necesitando apenas de una aritmética de 16-bits de punto fijo. Esto reduce la complejidad de hardware y la carga computacional.

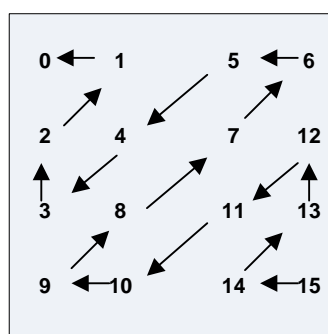
Con el fin de tener valores menores en los coeficientes resultantes de la transformación, se aplica a la matriz de bloque el proceso de cuantización, el cual es equivalente a una operación básica que consiste en una división entre el coeficiente de la transformada y el tamaño de cada paso o salto de nivel de cuantización, seguida de un

redondeo. En H.264, el proceso de cuantización es más complejo, porque utiliza únicamente aritmética entera (multiplicación y desplazamiento de bits), sin embargo el efecto es el mismo. Los valores resultantes después de este proceso son menores, necesitando menos bits en la codificación, pero siempre existe una pérdida en la precisión. En el proceso de decodificación, cuando esos valores sean reconstruidos, serán obtenidos valores que difieren de los originales debido a que la operación de redondeo puede causar pérdida de información. La mayor parte de la distorsión es resultado del proceso de cuantización.

Finalmente, se realizan los procesos de reordenación y codificación de la entropía¹⁸. Con el fin de utilizar el menor número posible de bits en la codificación final, los coeficientes cuantificados son en principio reordenados en una lista de 16 elementos a través de la exploración en “zig-zag”. Los primeros elementos de la lista son los que generalmente tienen valores menores y los últimos probablemente tienen valor cero. De esta manera, es posible representar de forma especial esta lista en flujo de bits: los ceros y los coeficientes +1 y -1 son representados a través de sus cantidades y de las respectivas señales. Además, los símbolos resultantes son codificados utilizando palabras de bits de longitud variable.



Exploración zig-zag



Exploración zig-zag inversa

Figura. 3.3. Modos de exploración zig-zag

¹⁸ CODIFICACIÓN DE LA ENTROPÍA.- es un esquema de codificación que asigna códigos a los símbolos para emparejar longitudes de código con las probabilidades de los símbolos.

La codificación de la entropía se puede realizar de tres formas:

UVLC (*Universal Variable Length Coding*): utilizado para codificar la mayoría de los elementos de sincronización y cabeceras.

VLC (*Variable Length Coding*): de forma adaptativa, utilizado para codificar el resto de elementos sintácticos (coeficientes, vectores de movimiento). Existen dos variantes: CAVLC¹⁹ y CABAC²⁰.

El diagrama de bloques del codificador H.264 está representado en la Figura 3.4. El módulo denominado “Filtro”, también llamado “Filtro de loop” es utilizado para minimizar el efecto de bloque, es decir, elimina los bordes que no son de la imagen real. La organización de los datos en el estándar H.264 tiene mucha flexibilidad en relación con los estándares anteriores. Todas las estructuras son encapsuladas en paquetes de datos denominados NAL (*Network Abstraction Layer*), los cuales pueden ser utilizados directamente en los sistemas de transporte o almacenamiento, como ocurre en las transmisiones por satélite, cable o terrestres, en telefonía, videoconferencia y en transmisiones de flujo continuo (*streaming*) vía Internet/Intranet.

¹⁹CAVLC.- Context Adaptative Variable Length Coding .

²⁰CABAC.- Context Adaptative Binary Arithmetic Coding.

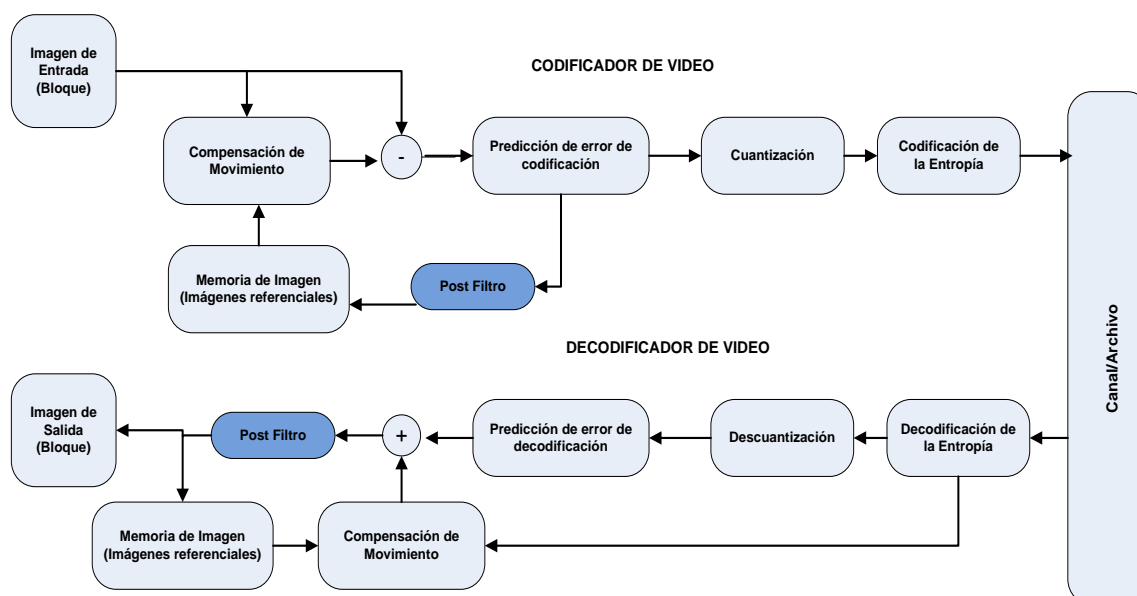


Figura. 3.4. Esquema general de H.264

Tabla. 3.1. Cuadro comparativo de H.264 y MPEG-2

CARACTERÍSTICAS	MPEG-2	H.264
General	Compensación de movimiento predictivo, residual, transformado, codificación de la entropía.	La misma estructura básica como MPEG
Predicción INTRA	Ninguno	Multi-dirección, multi-patrón
Tipos de imagen codificada	I,B,P	I,B,P,SP,SI
Transformación	8x8 DCT	4x4 DCT- transformación entera.
Bloques de estimación de movimiento	16x16	16x16, 16x8,8x16,8x8,8x4,4x8,4x4
Codificación de la entropía	Múltiples tablas VLC	Codificación aritmética y tablas adaptativas VLC
Distancia de Trama para	+/-1	Ilimitado en ambos sentidos,

la predicción		hacia adelante y hacia atrás.
Estimación de movimiento fraccionaria	1/2 pixel (MPEG-2) 1/4 pixel (MPEG-4)	1/4 Pixel
Filtro de-blocking	Ninguno	Filtros dinámicos de borde

3.3.2 Codec de audio: MPEG-4

El estándar MPEG-4 para audio es definido de tal forma que es completamente compatible con MPEG-2 AAC, además soporta todas las herramientas definidas en MPEG-2 AAC, y entrega nuevas herramientas como PNS (*Perceptual Noise Substitution*) para disminuir los efectos de ruido y LTP (*Long Term Prediction*) que es una herramienta de predicción. Estas dos herramientas utilizan menos procesamiento computacional que MPEG-2 y entregan mejores resultados.

Las herramientas definidas por la codificación de audio natural MPEG-4 pueden ser combinadas con diferentes algoritmos de codificación de audio, desde aplicaciones con baja tasa de codificación de señales de voz hasta codificación de audio multicanal de alta calidad. MPEG-4 fue definido para realizar una óptima codificación, eficiente, y que pueda tener una amplia gama de aplicaciones.

Las ventajas que presenta MPEG-4 están en que es posible usarlo en *streaming* con retardos muy bajos, cualquier fabricante puede introducir mejoras en la codificación, logra un audio de calidad razonable a tasas de bits muy bajas como 32 Kbits/s, tiene herramientas distintas para los diferentes objetos y una codificación de voz de muy alta calidad. La desventaja principal es su complejidad, lo cual hace que sea lento.

Una de las grandes novedades que tiene MPEG-4 se observa en el audio sintético²¹ y la codificación paramétrica. Los estándares modernos para la codificación de audio natural usan modelos perceptivos para comprimir el sonido. En la codificación del sonido sintético, los modelos perceptivos no son utilizados. En lugar de esto, se usan modelos paramétricos muy específicos que sirven para transmitir las descripciones del sonido. Las descripciones son recibidas en el decodificador y convertidas en sonido en tiempo real.

En respuesta a un llamado realizado por MPEG a crear nuevas herramientas para la codificación de audio que proporcionen un incremento en la eficiencia de codificación a bajas tasas de bits (24 kb/s por canal de audio), se propusieron dos proyectos en forma paralela. El primero consistía en una herramienta para extender el ancho de banda del audio y el segundo era un codificador de audio paramétrico para obtener audio de alta calidad. El trabajo acerca de la extensión del ancho de banda fue exitosamente concluido en el 2003 y fue denominado HE-AAC v1 (*MPEG-4 High-Efficiency Advanced Audio Coding*), el cual consiste en una combinación de AAC con la nueva herramienta de extensión de ancho de banda desarrollada. El trabajo paralelo referente a la codificación paramétrica de audio en alta calidad finalizó en el 2004 e incluye, entre otros componentes, un módulo de codificación paramétrica estéreo que puede ser combinada con el esquema HE-AAC. Esto dio como resultado al estándar HE-AAC v2, ofreciendo un incremento adicional en la eficiencia de codificación a tasas de transmisión muy bajas.

Estructura del estándar

Como la mayoría de los estándares MPEG para la codificación de audio, el estándar MPEG-4 HE-AAC especifica el formato para el flujo de bits y el proceso de decodificación, incluyendo métodos para pruebas de conformidad e implementaciones de referencia. En el proceso de decodificación se define la manera como los elementos presentes en el flujo de bits codificados son convertidos en una señal digital de audio modulada a través de PCM (*Pulse Code Modulation*). Como resultado, cada decodificador

²¹ AUDIO SINTÉTICO.- es un audio estructurado, generado por objetos que no necesariamente son instrumentos musicales, son fórmulas matemáticas, que pueden generar el sonido de un piano, caída de agua o sonidos de la naturaleza.

conforme al estándar producirá una señal de salida bien definida para cualquier flujo de bits. Por otro lado, el algoritmo de codificación no está especificado, así, por ejemplo, se debe permitir el equilibrio entre la velocidad en tiempo real y la calidad de audio dependiendo de los requerimientos de la aplicación.

AAC (Advanced Audio Coding)

AAC es un codificador para audio digital comprimido con pérdidas. Fue diseñado para sustituir a MP3. AAC tiene dos estrategias principales para reducir drásticamente la cantidad de datos necesarios para representar el audio digital de alta calidad. La primera es que los componentes irrelevantes de la señal son descartados y la segunda es que las redundancias en la codificación de audio son eliminadas.

Fue inicialmente desarrollado con el objetivo de obtener una mayor calidad que MP3. El AAC sigue esencialmente los mismos patrones base de codificación que MPEG-1 Layer III, pero utiliza nuevas herramientas de codificación para conseguir tasas de transmisión más bajas manteniendo la calidad.

El codificador AAC posee un enfoque modular para la codificación, ofreciendo cuatro perfiles estandarizados con herramientas específicas dependiendo de la aplicación y el desempeño deseado: 1- *Low Complexity* (LC), 2-MAIN, 3- *Scalable Sample Rate* (SSR), 4-*Long Term Prediction* (LTM) [4].

Herramientas del codificador AAC

Banco de filtros: una de las principales funciones de cada codificador es transformar la señal original de audio recibida en el dominio del tiempo a dominio de la frecuencia. La transformación utiliza la Transformada Discreta del Coseno Modificada (MDCT) que soporta bloques de 256 a 2048 muestras, las cuales pueden ser afinadas dinámicamente. Antes de aplicar la transformada, la señal es dividida en ventanas mediante la técnica de Kaiser Bessel.

La ventaja de esta transformada es que todos los bloques son sobrepuestos en un 50% con el bloque anterior y con el bloque siguiente.

Temporal Noise Shaping (TNS): es una novedad que presenta MPEG-4 AAC y una innovación en la codificación perceptual de audio. Es una etapa básica de un codificador perceptual y se encuentra entre la fase del banco de filtros y la fase de cuantización, esto se realiza para mejorar el códec.

La técnica se basa tomando en cuenta dos consideraciones: 1. Consideración de la dualidad de tiempo y frecuencia 2. Modelar el espectro de ruido de cuantización por medio de una codificación predictiva de *open-loop*.

TNS utiliza la dualidad de tiempo y el dominio de la frecuencia, también hace una previsión en el dominio de la frecuencia y modela el ruido cuantificado a lo largo del tiempo. TNS aplica un filtro al espectro original y cuantifica esta señal filtrada. Estos coeficientes cuantificados son transmitidos en el flujo de bits, los mismos que también son utilizados en el decodificador para realizar la transformada inversa.

Predicción: herramienta de predicción adaptativa de coeficientes espectrales a lo largo del tiempo, que tiene el objetivo de eliminar la correlación entre las muestras, esto es, eliminar las redundancias contenidas en el audio en muestras sucesivas, teniendo una mayor eficiencia en señales estacionarias.

Sustitución perceptual del ruido: esta es una herramienta exclusiva de AAC MPEG-4. La herramienta tiene como función obtener mayor optimización y eficacia con tasas de transmisión bajas. Está basado en el principio de “un ruido suena como los otros ruidos”, es decir, que la estructura del ruido no es tan importante como la percepción de la señal por eso una alternativa para la transmisión de todas las componentes espectrales de una señal con ruido, es solamente indicar la frecuencia que tiene el ruido y dar la información sobre la potencia en esa banda.

Codificación *middle/side*: herramienta de codificación basada en la suma y diferencia de dos canales de audio. La compresión es obtenida a partir del envío de la suma y diferencia de estos dos canales, los canales *middle* y *side* que son el resultado de esa suma y diferencia respectivamente.

Codificación *sin pérdidas*: esta herramienta hace uso del método de codificación de Huffman por ser más flexible y utiliza los cuádruplos de las líneas de frecuencia. Es preferible en ciertos casos convertir la señal a *middle/side* antes de cuantificar dada su información espacial. Esta herramienta decide de qué modo codifica con el fin de obtener mayor ganancia de codificación.

Factores de escala: aunque la señal pasa por el módulo de *noise shaping*, el cual modela el ruido, eso no es suficiente para conseguir una calidad de audio aceptable. Para mejorar la calidad subjetiva de la señal codificada, el ruido de la señal es modelada a través de factores de escala. Estos factores son utilizados para amplificar la señal en determinadas regiones del espectro para así aumentar la relación señal-ruido en estas bandas.

HE (HIGH EFICIENT)

Es una técnica de compresión de audio con pérdidas hecha para los sistemas de audio digital. Como se mencionó anteriormente debido a una petición de MPEG se presentaron dos propuestas sobre nuevas herramientas de codificación de audio para aumentar la eficiencia para tasas bajas de bit, 24 kbit/s, y dos proyectos fueron estudiados. El primero utilizaba la herramienta SBR y el segundo presentaba una mejor calidad de audio con la herramienta PS.

Las aplicaciones de HE-AAC son la televisión digital y la televisión móvil principalmente por sus tasas de transmisión bajas. El codificador ha sido adaptado a muchos estándares. Además de ISDB-TB, el codificador es de especial interés en combinación con el codificador de video H.264 y su utilización es obligatoria para la mayoría de las nuevas plataformas de audio.

HE-AAC soporta una amplia gama de tasas de compresión y varias configuraciones variando de sonido monofónico a estéreo a una tasa típica en HE-AAC versión 2 de 32 kbps y para 5.1 canales a tasas de 160 kbps [4].

La primera versión utiliza SBR para aumentar la eficiencia en la compresión de frecuencias de dominio y la versión dos utiliza PS para aumentar la eficiencia de señales estéreas. En la Figura 3.6 se muestra la arquitectura típica del codificador HE-AAC en sus dos versiones.

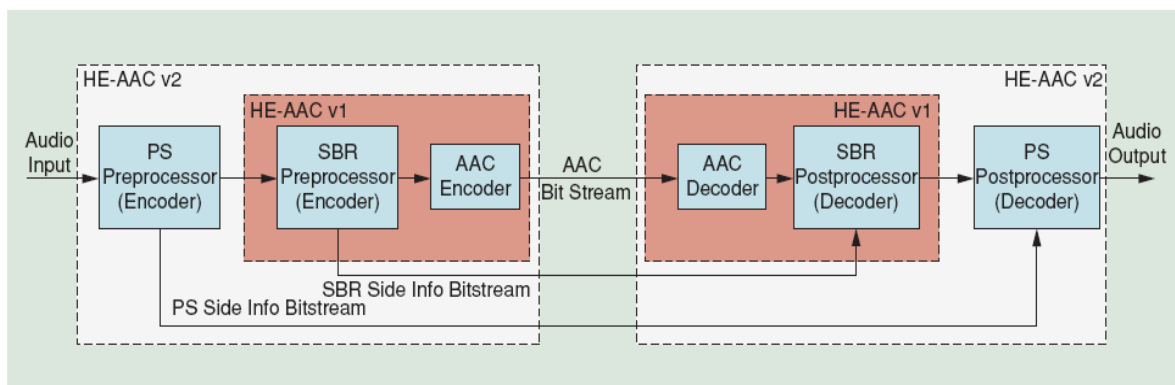


Figura. 3.5. Arquitectura HE-AAC

Spectral Banda Replication (SBR): el SBR es esencialmente un post-procesamiento, aunque algún pre-procesamiento sea ejecutado en el codificador para guiar el proceso de decodificación.

Cuando es empleado en conjunto con PS, el códec original solo es responsable de transmitir la parte más baja del espectro. En lugar de transmitir todo el espectro, el SBR reconstruye las frecuencias más altas en el decodificador basado en un análisis de las frecuencias más bajas transmitidas por el códec original, como se observa en la Figura 3.7.

Además para asegurar una reconstrucción precisa, una información de orientación es transmitida en el *bitstream* codificado a una tasa de transmisión muy baja. Teóricamente,

la tasa baja a 48 kbps manteniendo la misma calidad que se obtenía anteriormente a 64 kbps [4].

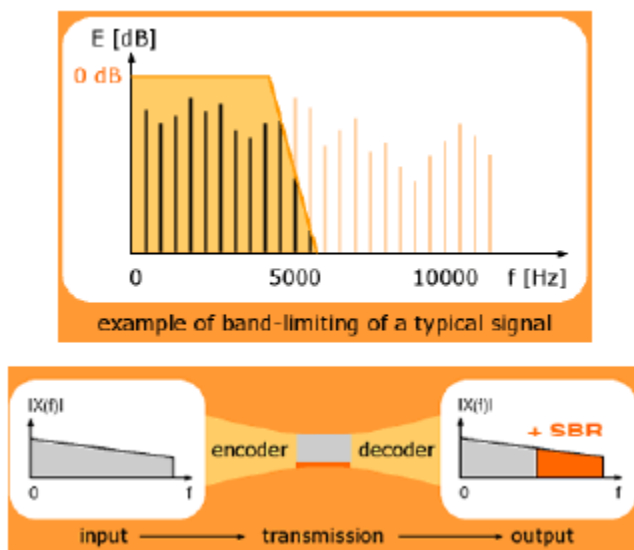


Figura. 3.6. SBR

Estéreo Paramétrico (PS): es un recurso utilizado por AAC para reforzar la eficiencia con respecto a los anchos de banda bajos en medios tipo estéreo. PS es una técnica eficiente que codifica una señal estéreo en dos componentes: una componente monofásica y otro con los parámetros estéreo de la señal. La señal monofásica es codificada usando un codificador de audio tipo mono y los parámetros estéreo son cuantificados y codificados. Luego los dos son combinados y enviados por un flujo de bits.

En el decodificador, la primera señal decodificada es la monofásica después la señal estéreo es reconstruida con la ayuda de los parámetros estéreos.

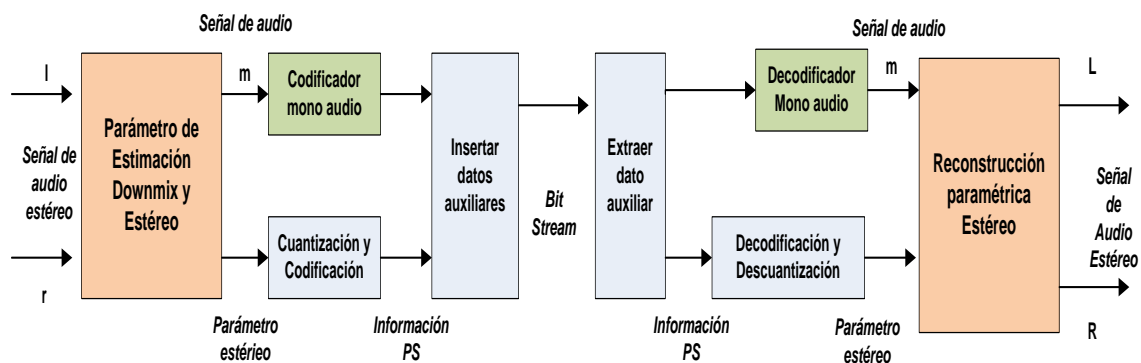


Figura. 3.7. Codificador y decodificador PS

3.4 TRANSPORTE DE PAQUETES IP

Un paquete IP es simplemente un almacenador de datos que se compone de una cada de bytes de datos que poseen un formato definido, incluyendo una cabecera y un bloque de información de bytes. Cada paquete puede ser de diferente longitud.

La cabecera de cada paquete contiene información acerca del paquete. La parte más importante es la dirección de destino, la cual es una dirección IP que indica el destino del paquete. La cabecera también incluye la dirección IP de origen para que la comunicación bidireccional sea fácilmente establecida entre dos dispositivos. Este tipo de comunicación permite que paquetes de diferentes fuentes se dirijan a diferentes destinos para compartir un único enlace de comunicación.

Los dispositivos que se encuentran a cada extremo de enlace se denominan routers y tienen la capacidad de ordenar los paquetes de salida y entregarlos a sus diferentes destinos, basándose en la dirección IP que se encuentra en la cabecera de cada paquete.

La mayor fortaleza de una red IP radica en que mucho paquetes diferentes, todos conteniendo datos de diferentes aplicaciones, pueden compartir un único enlace de transporte de paquetes. Esto permite que la red IP sea muy flexible, una vez que un

dispositivo ha realizado el arduo trabajo de convertir un flujo de datos en paquetes, el resto es sencillo porque la red IP se encargará de entregar los paquetes a su destino.

Protocolos de transporte

Los protocolos de transporte son utilizados para el control de la transmisión de los paquetes de datos en conjunto con IP. Existen tres protocolos que son comúnmente usados en el transporte de video en tiempo real y son los siguientes:

User Datagram Protocol (UDP): es uno de los protocolos IP más simples. UDP es usualmente utilizado para video y otros datos muy sensibles al tiempo. En UDP, el dispositivo puede controlar la rapidez con la cual el flujo de datos atraviesa la red. Para video y otros flujos de datos en tiempo real, UDP es una elección lógica para el protocolo de transporte, debido a que no agrega cargas innecesarias a los flujos que ya poseen funciones de corrección de errores. Además, UDP no requiere comunicación bidireccional, puede operar en redes de una sola vía (como en emisiones vía satélite). Un dato importante es que UDP puede ser utilizado en aplicaciones *multicasting* donde una fuente provee a múltiples destinos como sucede en las redes de IPTV.

Transmission Control Protocol (TCP): es un protocolo de Internet bien establecido, ampliamente utilizado para el transporte de datos. La gran mayoría de dispositivos que se conecta a Internet son capaces de soportan TCP sobre IP (o simplemente TCP/IP). TCP requiere que una conexión sea establecida entre el emisor y el receptor antes de iniciar cualquier transmisión de datos. Un atributo esencial de TCP es su habilidad para manejar errores de transmisión, particularmente pérdida de paquetes.

TCP cuenta y realiza un seguimiento de cada byte de datos que circula a través de una conexión. El mecanismo automático de control de flujo disminuirá la velocidad de transmisión cuando un error ocurra. Si la tasa de transmisión cae a una velocidad inferior que la mínima necesaria para una señal de video, en el receptor esta señal de video dejará de operar correctamente. Una desventaja que presenta TCP para la entrega de video es que

la mayoría de los *firewalls*²² permiten el paso de tráfico TCP, mientras que el tráfico UDP es bloqueado [5].

Real-Time Transport Protocol (RTP): es destinado para aplicaciones multimedia en tiempo real, como voz y video sobre Internet. RTP fue especialmente diseñado para transportar señales, donde el tiempo es esencial. RTP fue creado para proporcionar un conjunto de funciones muy útiles para video en tiempo real y transporte de audio sobre Internet. En general, RTP añade muchas funcionalidades en la parte superior de UDP sin agregar funciones no deseadas de TCP. RTP también soporta *multicasting*, el cual puede ser una forma más eficiente para transportar video.

En la jerarquía de redes, son considerados los tres protocolos anteriormente mencionados para operar arriba del protocolo IP. En la Figura 3.9 se muestra como UDP, TCP y RTP se adaptan a la jerarquía de red. Se debe notar que actualmente RTP usa algunas de las funciones de UDP; este opera en la parte superior de UDP.

²² FIREWALL.- es un dispositivo que protege la entrada a una red privada y no deja pasar tráfico no autorizado o no deseado.

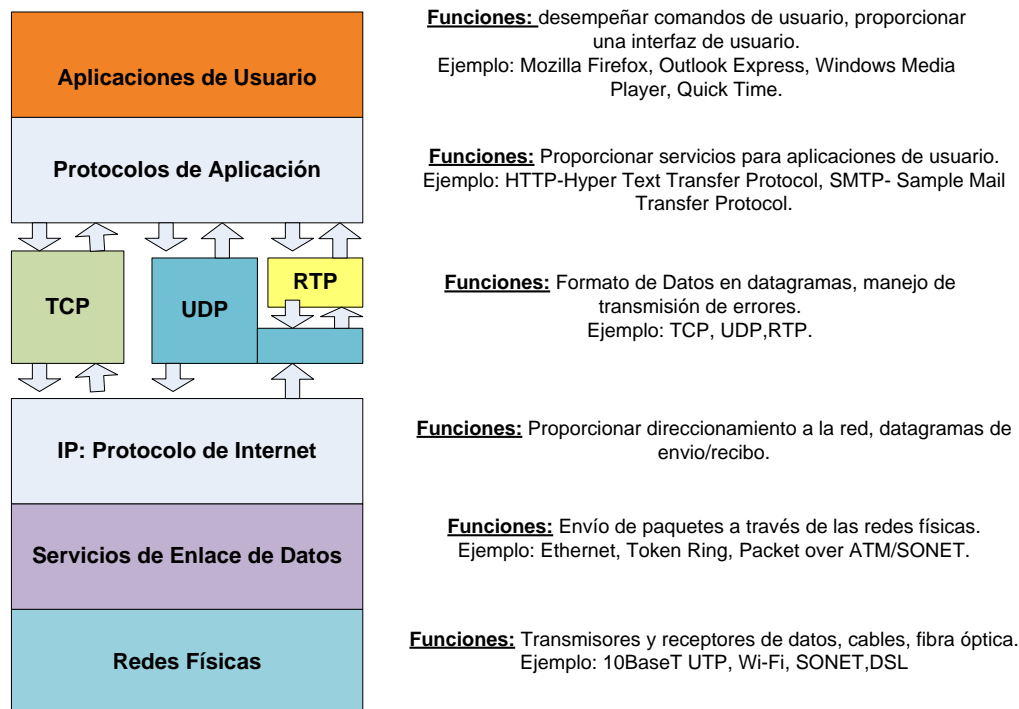


Figura. 3.8. Jerarquía del protocolo de transporte.

3.4.1 Multicasting

Multicasting es un concepto clave para las redes IP. Sin embargo, existen dos significados muy diferentes para esta palabra que puede ser aplicada en el campo de IPTV:

- En la difusión de televisión digital, *multicasting* se refiere a la entrega de múltiples programas de video en forma simultánea mediante un solo canal de transmisión DTV.
- En redes IP, *multicasting* significa la entrega de un flujo único a múltiples espectadores simultáneamente.

En IP *multicasting*, un único flujo de video es enviado en forma simultánea a múltiples usuarios. Mediante el uso de protocolos especiales, en el interior de la red se realizan copias del flujo de video para cada destinatario. Todos los usuarios reciben la misma señal al mismo tiempo. La mayoría de los equipos para red IP soportan IP *multicasting*, pero esta capacidad ha sido deshabilitada por temor de que se produzca una

carga excesiva en las redes. Por ejemplo, IP *multicasting* no está actualmente disponible en Internet, restringiendo el uso de *multicasting* para *streaming* de video IP a las redes privadas. Sin embargo, con los sistemas de IPTV, *multicasting* es una tecnología clave y ampliamente desplegada.

Protocolo de Internet Unicasting

En *unicasting*, cada flujo de video es enviado a un solo destino. Si múltiples destinos quieren el mismo video, la fuente debe crear un flujo *unicast* separado para cada destinatario.

Cada usuario que requiere ver un video debe realizar un pedido a la fuente de video. La fuente necesita conocer la dirección IP del destino y debe crear un flujo de paquetes direccionados a cada usuario. Como el número de espectadores simultáneos incrementa, la carga en la fuente incrementa, debido a que esta debe continuamente crear paquetes individuales para cada usuario. Este proceso puede precisar una cantidad significativa de procesamiento y además una conexión de red lo suficientemente grande para llevar todos los paquetes de salida. Por ejemplo. Si una fuente de video estuviera equipada para enviar un flujo de video a 20 usuarios diferentes a 2,5 Mbps, sería necesario tener una conexión de red de por lo menos 50 Mbps.

Un beneficio importante de la tecnología *unicast* es que cada usuario puede obtener un flujo de video controlado, esto permite que la fuente de video ofrezca funciones especializadas como pausar, retroceder, avance rápido de video. Estos atributos solo son posibles con contenido pre grabado pero es una función muy popular entre los usuarios.

Unicasting es la norma para el video de Internet por dos razones. La primera es que en Internet la opción de *multicast* no es factible y segunda, la mayoría de usuarios de videos de Internet esperan ser capaces de controlar los flujos de video (pausa, adelantar), lo cual es difícil de realizar con flujos *multicast*.

Protocolo de Internet Multicasting

En *multicasting*, un único flujo de video es enviado simultáneamente a múltiples usuarios. A través del uso de protocolos especiales, la red está dirigida a realizar copias del flujo de video para cada destinatario. Las copias son hechas en cada punto de la red solo cuando sea necesario.

Dentro de la red, protocolos especializados permiten a la red reconocer los paquetes multicast y enviarlos a sus múltiples destinos. Esto se consigue asignando a los paquetes multicast un direccionamiento especial reservado para *multicasting*.

Se debe tener en cuenta que *multicast* opera solamente en una sola dirección, es decir, no existe un mecanismo para el retorno de los datos desde los dispositivos finales hasta la fuente. Cualquier tipo de interactividad debe ser manejada por algún otro mecanismo.

Multicasting en IPTV

Multicasting es una tecnología clave para IPTV porque permite una sola señal fuente para enviar a múltiples destinos. Esto puede permitir a cientos o incluso miles de espectadores observar al mismo tiempo un solo programa de televisión. En una red de IPTV hay varios puntos dentro de la red de distribución desde el SHE (*Super Headend*) hasta el espectador, donde *multicasting* puede ser utilizado para lograr un gran efecto.

Desde la salida de SHE, *multicasting* puede ser utilizado para conseguir un único flujo en vivo y distribuirlo a los múltiples VSOs (*Video Serving Office*). Esto ahorra el gasto de construir un servidor que proporcione altos anchos de banda dentro del SHE. Además reduce el tamaño de la conexión de red requerida a la salida del SHE.

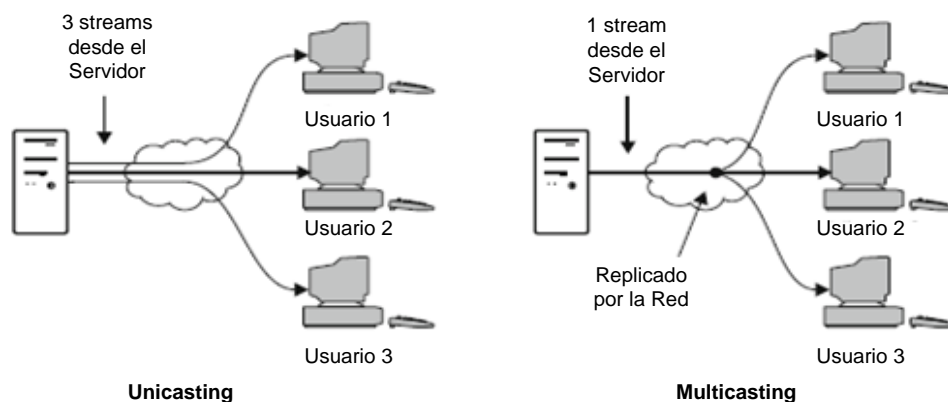


Figura. 3.9. Unicasting y Multicasting

Cuando llega el momento de la distribución del flujo a los espectadores, *multicasting* es casi siempre utilizado. Esta tecnología permite que el STB del usuario sea conectado a un programa de televisión simplemente uniéndose a *multicast*. Sin embargo, cuando esto ocurre todo depende también de las capacidades que presenta el DSLAM²³. La mayoría de los DSLAMs permiten *multicast*.

Cuando los DSLAMs no permiten *multicast*, un único flujo de video debe ser enviado para cada usuario desde el VSO hasta el STB. Este proceso requiere una conexión de banda ancha elevada desde el VSO hasta cada DSLAM, con suficiente capacidad para administrar el tráfico de todos los usuarios activos al mismo tiempo. En cambio, cuando los DSLAMs permiten *multicast*, la conexión entre el VSO y el DSLAM se puede simplificar, se requiere solamente una copia de la transmisión de cada canal a ser enviado. Las peticiones de unirse o abandonar la opción *multicast* son recibidas desde los STB y procesadas en el interior del DSLAM; las copias son elaboradas por cada STB. Aunque este enfoque aumenta la complejidad de los DSLAMs, reduce significativamente la cantidad de ancho de banda necesario para llevar las señales desde el VSO hasta cada DSLAM [5].

²³ DSLAM.- Digital Subscriber Line Access Multiplexer.

3.5 ANÁLISIS DE ANCHOS DE BANDA

Hoy en día, algunas aproximaciones del cálculo de ancho de banda deben cubrir las implicaciones actuales para la planificación del despliegue de IPTV, una de ellas es la tecnología de compresión y codificación a emplearse.

Existen dos puntos importantes a ser tomados en cuenta al momento de determinar los anchos de banda que serán utilizados para proporcionar los servicios de IPTV en las nuevas redes de DSL.

El primer punto se refiere a los diferentes servicios que se van a ofrecer, pero se debe considerar que cada servicio adicional que se brinde requiere un espacio en el circuito DSL, esto implica un incremento en la cantidad de ancho de banda utilizado.

Y el segundo punto es maximizar el número de suscriptores que pueden ser servidos desde cada ubicación del DSLAM. Existe una relación inversa entre la distancia y la velocidad, es decir, si se tiene altas tasas de datos significa que se está cubriendo una distancia corta, y por lo tanto, menos viviendas tienen acceso al servicio. Por esta razón, se tiende a reducir la cantidad de ancho de banda utilizado.

Las señales de video son típicamente las que mayor ancho de banda utilizan en un sistema de IPTV, calcular la cantidad de ancho de banda requerido para los flujos de video y audio es extremadamente importante.

A continuación se indican los anchos de banda utilizados y las características del tráfico causado por los diferentes protocolos.

Video (IPTV)

IPTV puede brindar servicios como video bajo demanda (VOD) y transmisiones digitales de televisión. Estos servicios son proporcionados en la parte superior de IP. Las

tecnologías de compresión utilizadas son MPEG-2 o el códec MPEG-4/H.264. La utilización de ancho de banda de MPEG-4/H.264 es de 2Mbps a 8Mbps dependiendo de la resolución del video, SDTV o HDTV respectivamente. El tráfico generado por MPEG-4/H.264 es continuo y una caída repentina de la tasa de bits disminuye notablemente la calidad.

Tabla. 3.2. Tasas de transmisión utilizadas en el formato MPEG-2 y H.264

FORMATO	SD	1280x720p (16:9)	1920x1080p (16:9)
MPEG-2	4,2 Mbps	13,6 Mbps	16,2 Mbps
MPEG-4 AVC (H.264)	2,5 Mbps	8 Mbps	10 Mbps

El retardo de extremo a extremo (origen-destino) es entre 3 y 5 segundos, no se debe comprometer la interacción del usuario con la aplicación. Se puede tener una variación de retardo de hasta 30 ms en función del sincronismo entre el video y el audio presentados (TV). Además la pérdida de paquetes debe ser baja, de 0.5%.

En lo que a video conferencia se refiere, el ancho de banda requerido varía de 64 kbps hasta los 8 Mbps, el retardo extremo a extremo no debe ser superior a 150 ms, para no perder la interacción entre los usuarios y la variación del retardo y la pérdida de paquetes es igual que en IPTV.

VoIP

VoIP es utilizado para proporcionar servicios telefónicos en redes IP. El audio es comprimido utilizando el códec G.711 o el G.723.1. Empleando el códec G.723.1, el promedio de tasa de bit para una llamada VoIP es de 17.066 kbps, tanto para el software a medida, es decir, para el software basado en los requerimientos del cliente como para los teléfonos IP. Si el tiempo de duración de la llamada es largo, el codificador G.723.1 genera un tráfico con una tasa de transmisión fija.

Con el códec G.711 y el protocolo TCP/IP (RTP, UDP, IP, Ethernet), el ancho de banda es aproximadamente de 90 kbps por canal, con un retardo de extremo a extremo no superior a 150 ms. La señalización de la llamada telefónica puede variar por encima de ese valor. La pérdida de paquetes es de 0.25% (utilizando G.711).

HTTP (Hypertext Transfer Protocol)

HTTP es utilizado principalmente para transmitir páginas web desde un servidor al usuario. Sin embargo, algunos protocolos nuevos pueden ser configurados para usar HTTP para transferir datos. La razón para emplear este protocolo es la capacidad que tiene HTTP para atravesar firewalls cuando algunos protocolos no conocidos quedan bloqueados por ellos. HTTP es un protocolo sin estado, no guarda ninguna información sobre las conexiones anteriores, y el tráfico que genera es en forma de ráfagas. Se calcula que el ancho de banda promedio requerido por usuario es de 5.825 kbps.

Bittorrent

Bittorrent es un protocolo *peer to peer*²⁴ (P2P) ampliamente utilizado para compartir archivos. La gran parte de estas aplicaciones suben datos a otros *peers* al mismo tiempo que se está descargando. *Bittorrent* consumirá tanto ancho de banda como sea posible, a menos que esté limitado por el usuario o no existan otros *peers* con conexiones rápidas para descargarlos. Un promedio de la velocidad de descarga de un *peer* es de 30 kbps con un 90 por ciento de los usuarios teniendo una velocidad de descarga por debajo de 65 kbps.

Tráfico de juegos en línea

Los juegos en línea utilizan diferentes cantidades de anchos de banda dependiendo del tipo de juego. El tráfico de dos tipos de juegos diferentes, llamado “*massive*

²⁴ PEER TO PEER.- consiste en una red de computadoras, las cuales funcionan como nodos que se comportan como iguales entre sí, es decir, actúan simultáneamente como clientes y servidores respecto a los demás nodos de la red.

multiplayer online roleplaying games” (MMORPG) y los “*person shooter games*” (FPS) son analizados para el cálculo de ancho de banda requerido. Los juegos FPS tienen un ritmo rápido y por lo tanto requieren baja latencia con el fin de que se pueda jugar. Por otro lado en los juegos MMORPG, los tiempos de latencia no son cruciales.

En un estudio realizado en Estados Unidos sobre los juegos en red, se indica que un juego FPS genera un tráfico a una tasa de 15.7 kbps en el lado del cliente. De todos los paquetes enviados desde la máquina del cliente, el 99 por ciento estuvieron en el rango de entre los 60 a 110 bytes. En el lado del servidor el tráfico generado tiene un tasa de 16.4 kbps para cada cliente que esté conectado al servidor. Estas tasas indican que un total de 32.1 kbps de ancho de banda es consumido por un cliente. De igual forma ocurren con los juegos tipo MMORPG, en los cuales el ancho de banda utilizado por un cliente es de 7 kbps. Esto incluye los paquetes de subida y de bajada, es decir, los paquetes generados y enviados por el cliente y los paquetes recibidos por el mismo. Los paquetes son pequeños al igual que en los juegos FPS, el 98 por ciento de los paquetes del cliente tienen un tamaño de carga más pequeño que 32 bytes [6].

3.5.1 Cálculos

Empleando MPEG-4 AVC se puede albergar hasta tres canales HD o dos canales HD más dos SD. Se realizará el cálculo para una red que ofrezca 2 canales en formato de alta definición y 2 canales en definición estándar, para una red doméstica.

SDTV

Se utilizará un sistema de compresión MPEG-4 [H.264], el cual requiere una tasa de transmisión de 2,5 Mbps.

Ancho de banda necesario (AB_n) = Tasa de Transmisión \times Número de Canales

$$AB_n = 2.5 \text{ Mbps} \times 2$$

$$AB_n = 5 \text{ Mbps}$$

Si adicionalmente se requiere tener la señal en 3 STB (Set-top box)

Ancho de banda requerido por los STB (AB_{stb}) = Número de STB \times AB_n

$$AB_{stb} = 3 \times 5 \text{ Mbps}$$

$$AB_{stb} = 15 \text{ Mbps}$$

HDTV

Para televisión en alta definición se utilizará una tasa de transmisión de 8 Mbps, para un sistema de compresión MPEG-4 [H.264].

Ancho de banda necesario (AB_n) = Tasa de Transmisión \times Número de Canales

$$AB_n = 8 \text{ Mbps} \times 2$$

$$AB_n = 16 \text{ Mbps}$$

Si adicionalmente se requiere tener la señal en 3 STB

Ancho de banda requerido por los STB (AB_{stb}) = Número de STB \times AB_n

$$AB_{stb} = 3 \times 16 \text{ Mbps}$$

$$AB_{stb} = 48 \text{ Mbps}$$

El ancho de banda total es la suma del ancho de banda requerido para transmitir 2 canales en SD y el requerido para transmitir 2 canales HD.

$$Ancho \ de \ banda \ total \ (AB_t) = AB_{SD} + AB_{HD}$$

$$AB_t = 15 \text{ Mbps} + 48 \text{ Mbps}$$

$$AB_t = 63 \text{ Mbps}$$

Adicionalmente se puede tener una conexión a Internet de 1 Mbps

$$\text{Ancho de banda total } (AB_t) = AB_{SD} + AB_{HD} + \text{Conexión a Internet}$$

$$AB_t = 63 \text{ Mbps} + 1 \text{ Mbps}$$

$$AB_t = 64 \text{ Mbps}$$

Tabla. 3.3. Paquetes de servicio de TV digital

<i>Paquetes de servicio</i>	<i>MPEG-4 AVC</i>
1 SDTV+ Internet a 1 Mbps	3,5
2 SDTV +Internet a 1 Mbps	6,0
1 HDTV+ 1 SDTV + Internet a 1 Mbps	11,5
1 HDTV+ 2 SDTV + Internet a 1 Mbps	14
2 HDTV+ 2 SDTV + Internet a 1 Mbps	22

VOIP

Para calcular las tasas de bit requeridas para el tráfico de voz sobre una red IP es necesario tomar en cuenta los codificadores a utilizar. Hoy en día los codificadores empleados tienen una tasa de datos constante, esto da lugar a un tipo de tráfico en particular que posee dos elementos importantes, la tasa de paquetes (Pr) constante y el tamaño de paquete (Pl) fijo. El códec de audio G.723.1 es el más utilizado en aplicaciones VoIP y requiere de una licencia para poder ser utilizado. Además, es un tipo de códec de alta calidad y elevada compresión.

Tabla. 3.4. Parámetros de los códec más utilizados en VOIP

CODEC	DRc [kbps]	Tt [ms]	Tla	Algoritmo
G.711	64	0,125	-	PCM
G.726	16,24,32,40	0,125	-	ADPCM
G.729	8	10	5 ms	ACELP/MP-MLQ
G.723.1	6,4 ó 5,3	30	7,5 ms	LD-CELP
G.728	16	0,625	-	LD-CELP
Ilbc	15,2 ó 13,33	20 ó 30	-	BI-LPC
GSM	13	22,5	-	RPE-LTP

Primero se realiza la conversión analógica/digital muestreando a una tasa de 8.000 muestras por segundo con 8 bits por muestra, dando como resultado una tasa de datos de entrada al codificador de 64 kbps. Dependiendo del codificador de audio se tienen valores constantes para los parámetros: Cr, Tt y Lt. Cr simplemente es el factor de compresión, el cual se calcula dividiendo la tasa de entrada (64kbps) para la tasa de salida o tasa de datos de la voz codificada (DRc).

$$Cr = \frac{64 [Kbps]}{6,4 [Kbps]} = 10$$

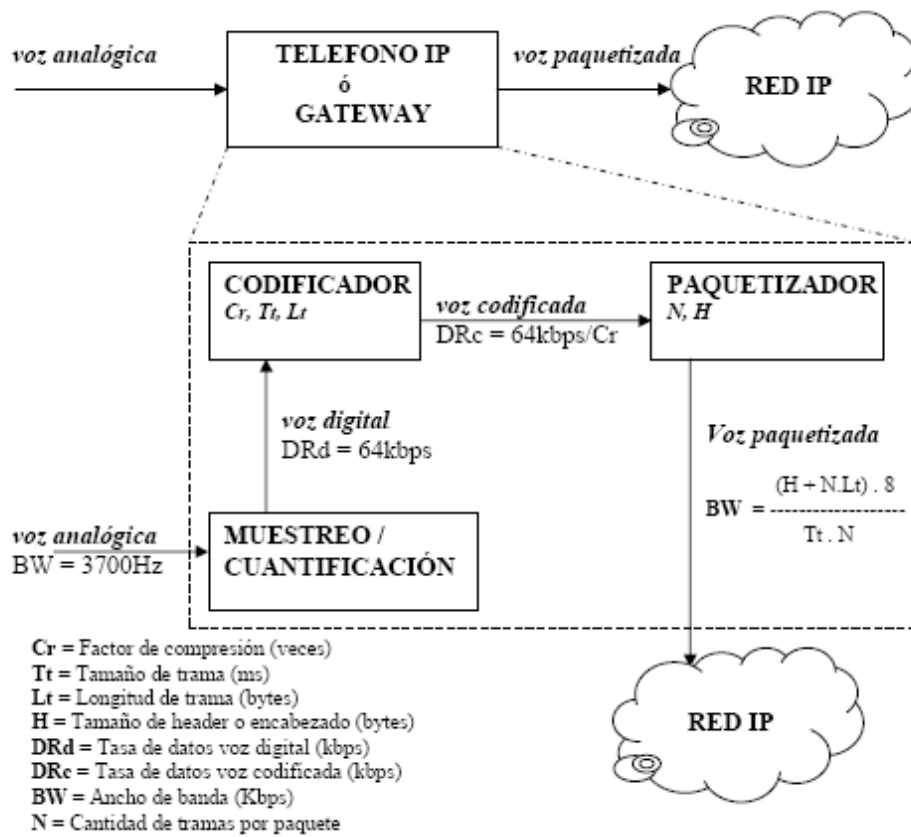


Figura. 3.10. Diagrama de bloques de la telefonía IP

Después se procede a codificar la señal digital entrante y se la almacena durante un tiempo, cuando se ha recolectado la información suficiente, se la comprime. Este proceso da como resultado ráfagas de datos comprimidos a la salida del codificador y a este tiempo de duración entre ráfagas se lo denomina tamaño de trama (Tt). La salida del codificador tendrá una longitud en bytes dependiente del tamaño de la trama a la que se denomina longitud de trama (Lt).

$$Lt(\text{bytes}) = \frac{Tt \times 8.000 \text{ bytes/segundo}}{Cr}$$

$$Lt(\text{bytes}) = \frac{30[\text{ms}] \times 8.000 \text{ bytes/segundo}}{10} = 24[\text{bytes}]$$

Finalmente del codificador salen tramas de longitud L_t Y duración T_t que entran al paquetizador. En este último bloque se acumulan las N tramas, las cuales son colocadas sobre un paquete IP. A toda esta información que agrega el paquetizador se la llama encabezado (H). Siendo N la cantidad de tramas por paquete, $N=2$, y como es voz sobre IP para obtener el valor de H solo se suman los encabezados de IP, UDP y RTP (20 de IP, 8 de UDP y 12 de RTP), lo cual da un total de 40 bytes pero hay que agregar 24 bytes por cada trama y se obtiene un total de 60 bytes. El tamaño total del paquete se calcula de la siguiente forma:

$$Pl(\text{longitud de paquete en bytes}) = H + L_t \times N$$

$$Pl = 40 + 24 \times 2 = 88[\text{bytes}]$$

Se requiere calcular la tasa de paquetes para lo cual se debe tener en cuenta que el codificador saca 1 trama cada T_t segundos, pero el paquetizador acumula N tramas y luego agrega la cabecera (H).

$$\text{Pr}\left(\frac{\text{Paquetes}}{\text{segundo}}\right) = \frac{1}{N \times T_t}$$

$$\text{Pr}\left(\frac{\text{Paquetes}}{\text{segundo}}\right) = \frac{1}{2 \times 0,03} = 16,67\left(\frac{\text{paquetes}}{\text{segundo}}\right)$$

Finalmente, la ecuación del ancho de banda (BW) es igual a la multiplicación del tamaño total del paquete (Pl) en bits por la tasa de paquetes (Pr).

$$DRp(\text{bps}) = Pl \times \text{Pr} \times 8 \text{ bits/byte}$$

$$DRp(\text{bps}) = 88 \times 16,67 \times 8 \text{ bits/byte} = 11.735,68 \text{ bps}$$

$$DRp(\text{Kbps}) = 11,735 \text{ Kbps}$$

3.6 ESTRUCTURA DE LA RED

3.6.1 IPTV

En la siguiente figura se presenta los elementos que conforman un sistema de IPTV con el objetivo de tener una visión más detallada de cómo está conformada la red. Los elementos expuestos son profundizados más adelante.

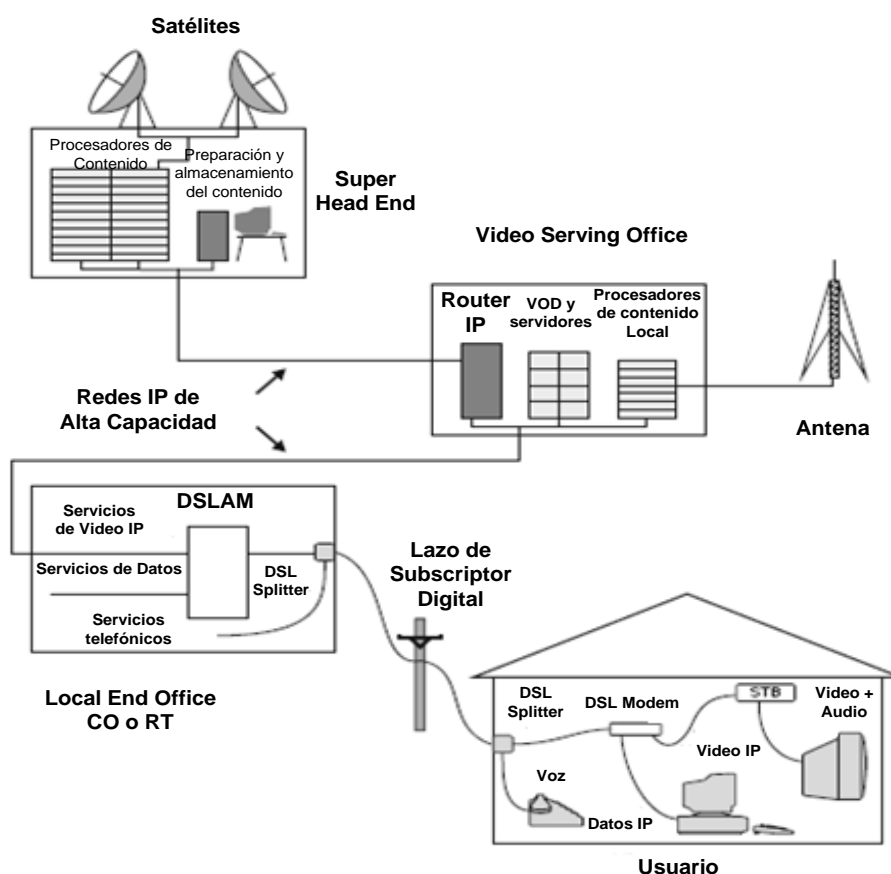


Figura. 3.11. Arquitectura del sistema de IPTV

Super Head End (SHE): es la fuente primaria de programación para el sistema de IPTV. Además es el responsable del almacenamiento del contenido que originan los proveedores de programación, también convierte este contenido a una forma apropiada para su entrega a través de la red de IPTV, y lo transmite a los VSOs. Los SHE pueden ser el lugar donde el contenido es preparado para ser almacenado en los servidores de video

que serán utilizados para entregar servicios de VOD. Las funciones que desempeña un SHE son las siguientes:

1. **Agregación del contenido.-** el contenido proviene de diferentes proveedores de programación y este requiere ser almacenado. La programación puede ser cualquier cosa como canales de deportes, noticias, música, drama, canales de películas, entre otros. En muchos casos, estas señales de video pueden ser recibidas mediante un grupo de satélites o desde una red de transporte de video terrestre. Con frecuencia, las señales entrantes pasarán a un formato digital encriptado, por lo tanto, los receptores deberán tener los comandos necesarios y las claves para la descryptación de la programación.

2. **Conversión.-** el contenido entrante debe ser convertido a la forma en la cual será transmitido a través del sistema de IPTV. Para simplificar las operaciones, cada canal será convertido a un formato estándar, es decir, con tasas de bit estándar, formato de paquetes estándar, un método de compresión común, y todo lo que sea necesario para hacer posible que el equipo del espectador entienda la señal de video y sepa como procesarla.

Los proveedores de programación están en la libertad de elegir cualquier tipo de compresión, por lo cual se requiere necesariamente transcodificar. Transcodificar es la conversión de las señales de un formato de compresión a otro. En la entrada del transcodificador se puede tener cualquier tipo de video, ya sea video no comprimido, MPEG-2, MPEG-4, o VC-1, a la tasa de bit que el proveedor de contenidos escoja. La salida necesita ser comprimida con el códec propio y tener la tasa de bit especificada por la red.

3. **Transporte.-** las señales de video comprimidas, luego deben ser transportadas sobre una red hacia cada VSO (*Video Serving Office*). Estas redes tienden a ser terrestres (con algunas excepciones geográficas) porque los altos anchos de banda requeridos para suministrar cientos de canales a muchos lugares puede ser demasiado costoso si se utiliza satélite. En muchos casos, las redes que conectan el SHE a cada VSO serán redundantes, para prever cualquier fallo en el servicio.

4. **Formato.-** el contenido que se pretende entregar a los usuarios en un sistema VOD puede llegar en una amplia variedad de formatos. A pesar de la fuente del contenido, existen algunas funciones claves que se deben realizar en cada elemento de contenido VOD. El contenido debe ser transcodificado y convertido en un formato común para que pueda ser interpretado por cada STB, se requiere la estandarización de parámetros como la tasa de bit y la tecnología de compresión. El contenido también será catalogado y etiquetado para referencia, y se requerirán etiquetas de software (conocidas como metadatos) para indicar el tiempo de duración del video, describir a los usuarios el contenido e indicar cualquier restricción en el almacenamiento o entrega del mismo.

Video Serving Office (VSO): un VSO proporciona el procesamiento de video y la entrega de servicios para una determinada región. Cada VSO puede recibir contenido desde una SHE y además es responsable de distribuir todo el contenido en tiempo real, a cada oficina central/terminal remota (CO/RT) en la región. Un VSO también servirá como la ubicación del VOD y otros servidores que entregan contenido especializado para los usuarios. Servicio al cliente, facturación, y otras operaciones relacionadas pueden ser alojados en el VSO. Las funciones del VSO incluyen:

1. **Ubicación.-** una de las funciones más importantes del VSO es procesar el contenido específico para la región local, el cual puede proceder de estaciones de difusión local “*over-the air*” o a su vez la programación podría ser localmente generada desde otras fuentes, como instituciones educativas, fuentes del gobierno, o canales de acceso público. De la misma forma que SHE, el contenido local puede llegar en diferentes formas que requieren ser convertidos en el formato común de IPTV para su entrega.

2. **Compresión.-** los procesadores de contenido de video toman de las entradas muchos tipos de video que se encuentran en formatos diferentes y crean salidas de video que están en el formato requerido para la distribución. Además, los procesadores de contenido pueden tomar señales de video que han sido comprimidas a una tasa de bit específica y convertirlas a otra tasa de bit diferente. Por ejemplo, convierten señales de

video que han sido comprimidas utilizando un estándar (como MPEG-2) a un estándar diferente (como H.264).

3. Creación de streams.- el VSO también es el lugar donde los *streams* de IPTV son creados. Estos flujos están conformados por paquetes que son enviados a los COs/RTs. El nivel de sofisticación del equipo remoto determinará el número de *streams* que necesitan ser creados por el VSO. Con un equipo remoto simple, el VSO necesitará generar un *stream* por cada espectador activo. En cambio, con un equipo remoto sofisticado capaz de duplicar los paquetes de video de salida, solamente se requerirá generar un *stream* por cada canal de difusión.

4. Almacenamiento de VOD.- los servidores VOD son generalmente alojados en el VSO. Estos sistemas son los responsables de crear los *streams* individuales (*unicast*) que serán enviados a cada suscriptor cuando vean contenido VOD. Con VOD, cada usuario tiene la posibilidad de pausar, adelantar y rebobinar el flujo de video.

5. Anuncios locales.- pueden ser una importante fuente de ingresos para el operador de IPTV. Estos anuncios pueden ser insertados (con la debida autorización) en la programación tanto nacional como local.

6. Interactividad.- la interactividad es uno de los grandes aportes de IPTV. En el VSO, los comandos enviados por cada STB son reunidos y procesados. Una de las principales funciones de la interactividad es la selección, compra, interacción con la programación y el control que tiene el espectador sobre el contenido de VOD. Para soportar estas funciones, el VSO necesita ser equipado con servidores de aplicación que corran el software requerido para procesar los comandos enviados por los usuarios.

7. Autorización de STB.- los sistemas en el VSO validarán si cada STB está autorizado, antes de que este pueda recibir el contenido de video con el fin de que los no autorizados puedan ver la programación. Dos objetivos pueden ser alcanzados mediante el

uso de *scrambling*²⁵ y encriptación: el operador de IPTV puede estar seguro que solo los clientes que pagan por el servicio tienen acceso al contenido y que el contenido puede ser protegido de duplicación no autorizada y retransmisiones.

8. Entrega mediante fibra.- Generalmente, una red de fibra óptica, formada de múltiples enlaces de giga bit Ethernet, es utilizada para conectar el VSO a las CO/RT.

Oficina Central/Terminal Remoto (CO/RT).- muchas redes de IPTV emplean la infraestructura física existente de las compañías telefónicas. Las oficinas centrales contienen el equipo para la conmutación de llamadas telefónicas. Los terminales remotos, los cuales están a menudo localizados bajo tierra, contienen sistemas que conectan las líneas de suscriptor y los enlaces digitales o de fibra óptica al CO más cercano. El equipo puede ser instalado para entregar servicios de IPTV sobre circuitos DSL, el mismo que está localizado en las instalaciones y debe desempeñar varias funciones diferentes.

1. Función del DSLAM.- dentro de cada CO/RT se encuentran una o más unidades *Digital subscriber line Access multiplexer (DSLAM)*. La función básica de un DSLAM es actuar como un switch Ethernet y conectar el tráfico de video que llega desde el VSO a las líneas DSL para salir a cada suscriptor. Para llevar a cabo esto, el DSLAM examina la dirección IP de cada paquete entrante y lo envía a cualquier circuito DSL conectado al dispositivo del suscriptor que posea esa dirección IP.

2. Tecnología multicasting.- esta tecnología es de gran utilidad para la transmisión de video a través de IPTV y es soportada por algunas de las nuevas marcas de DSLAM. Con *multicasting*, el DSLAM es capaz de tomar un único *stream* del VSO, el cual es replicado para enviarlo a múltiples usuarios de manera simultánea. Sin esta tecnología, el VSO debería crear un *stream* de video individual para cada usuario.

²⁵ SCRAMBLING.- Código cifrado.

3. **Conectividad.-** el DSLAM también debe conectarse al sistema de telefonía existente en el CO/RT. Un *splitter* DSL o un puente híbrido es utilizado para permitir la coexistencia del equipo DSL y el equipo telefónico para así compartir un solo par de cobre que llega hasta los hogares de los subscriptores.

4. **Combinación de servicios.-** diferentes servicios pueden compartir el alto ancho de banda ofrecido por una línea DSL. Los servicios de video de IPTV son, por supuesto, uno de los componentes principales pero también se tiene un servicio rápido de datos para el acceso a Internet; este tráfico puede ser separado por el DSLAM y conectado a un router para su procesamiento con el CO.

RED MPLS

Debido a los requerimientos de QoS (calidad de servicio), como son la alta confiabilidad, baja caída en la tasa de transferencia de paquetes, poco retardo y jitter, entre otros. Se debe considerar la posibilidad de migrar de tecnología e implementar una red MPLS que satisfaga las consideraciones antes mencionadas y pueda soportar los servicios que ofrece IPTV.

ATM es un ejemplo de una tecnología de red que proporciona un buen manejo de QoS, que puede ser utilizada para transmitir tanto paquetes IP como datos ATM. Sin embargo, esto no es tan adecuado para un servicio de paquetes IP basado en el mejor esfuerzo, principalmente porque ATM soporta solamente una pequeña parte de los servicios IP.

El principal problema de QoS se presenta en el *backbone* de la red en la distribución desigual del tráfico. MPLS-TE (*Traffic Engineering*) es capaz de distribuir el tráfico uniformemente y optimizar el uso de la red. También garantiza que todos los recursos disponibles de la red sean óptimamente empleados durante los momentos de ocurrencia de un fallo o de re-enrutamiento de tráfico, el cual es necesario cuando se produce congestión dentro de la red.

MPLS proporciona mejor ingeniería de tráfico IP y su comportamiento es parecido al de un protocolo orientado a conexión (transmisión segura), de esta manera un camino entre una fuente y un destino es pre-determinado y etiquetado. Las etiquetas son empleadas para establecer las rutas de extremo a extremo, las cuales son denominadas *label switched paths* (LSPs). MPLS es un protocolo de conmutación o *switching* entre capa 2 y capa 3, que funciona añadiendo etiquetas en las cabeceras de los paquetes y enviando los paquetes etiquetados en las rutas correspondientes empleando *switching* en lugar de enrutamiento.

Sin embargo, una cabecera MPLS no identifica el tipo de dato a ser transportado en la ruta, de tal manera que los ISPs (*Internet service providers*) podrían administrar diferentes clases de *streams* o flujos de datos basados en parámetros como prioridad y servicio. Las principales aplicaciones de MPLS son la ingeniería de tráfico y la red privada virtual (VPN). MPLS es muy parecido a realizar servicios diferenciados, en donde el tráfico es marcado al ingreso y desmarcado en los puntos de salida [8].

MPLS Generalizado (GMPLS) es una ampliación de MPLS que agrega un plano de señalización y control de enrutamiento para dispositivos en el dominio del paquete y de tiempo, longitud de onda y fibra, proporcionando el aprovisionamiento de conexiones, recursos y QoS. GMPLS es un protocolo mejorado para servicios de banda ancha e IPTV y para el control de todas las capas.

MPLS está formado por *Label Switching Routers* (LSRs) y *Label Edge Routers* (LERs). Estos routers utilizarán etiquetas para enviar paquetes al lugar que corresponda. Un LSR es un router que envía paquetes convencionales IP y paquetes MPLS etiquetados. Un LER es un LSR que se encuentra en el borde de la red MPLS y tiene el objetivo de agregar y remover las etiquetas. Un LER se conecta entre el dominio MPLS y el dominio no perteneciente a MPLS, tal como ocurre en las redes IP.

Un flujo de paquetes procedentes de un dominio no-MPLS primero se asigna una etiqueta a un LER de entrada y se envía a lo largo de la ruta como una antigua etiqueta y se substituye por una nueva etiqueta en LSR en el camino. Esta acción de reemplazar la etiqueta (*label swapping*) es necesaria porque una etiqueta es solamente importante a nivel

local. Por otro lado, una etiqueta es utilizada para encontrar solamente el siguiente salto. Mientras el *label swapping* es requerido a lo largo de la ruta, la búsqueda de la capa de red no es necesaria en estos LSRs, debido a que la capa de enlace los envía con etiquetas. En un LER de salida las etiquetas son completamente removidas y los paquetes son enviados a otras redes [9].

Características de MPLS

- MPLS no solamente soporta cualquiera de los servicios de capa de red, como IP e IPX, sino que también permite el empleo de muchos servicios correspondientes a la capa de enlace como son ATM y Frame Relay, SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*), Ethernet y Token Ring, para el envío de paquetes. Por lo tanto, MPLS es una tecnología muy escalable y flexible.
- Es fácil de implementar MPLS con los existentes equipos ATM.
- MPLS proporciona una velocidad de tasa de transferencia rápida a través de la capa de enlace y con una etiqueta de tamaño fijo.
- MPLS puede soportar servicios VPN para proporcionar mejor QoS.
- El concepto de apilar etiquetas es implementado y mejorado en MPLS para impulsar la rápida transmisión.
- MPLS realiza TE fácilmente para proporcionar re-enrutamiento automático con etiquetas cortas de tamaño fijo, restricción de enrutamiento y enrutamiento explícito, dando como resultado una mejor utilización del enlace.
- MPLS también soporta DS(*Differentiated Services*) debido a la importancia que esto tiene en el actual Internet.
- Los protocolos MPLS son una extensión de los existentes protocolos IP.

Arquitectura de MPLS

MPLS está conformado por los siguientes componentes:

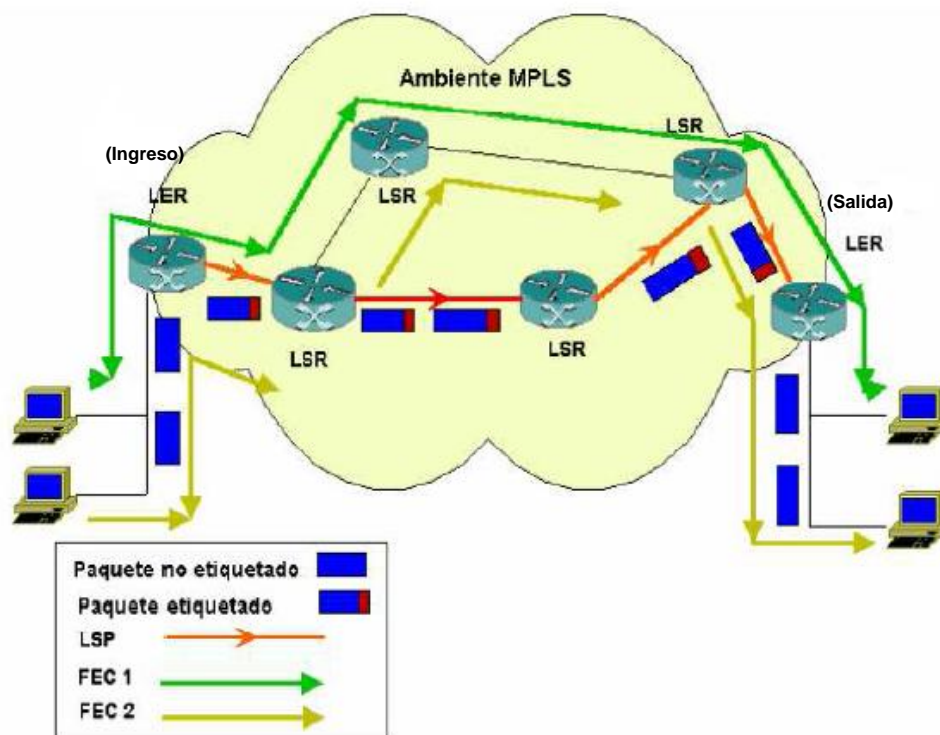


Figura. 3.12. Componentes de una red MPLS

1. LSRs y LERs

Los dispositivos que participan en los mecanismos del protocolo MPLS pueden ser clasificados en *label edge routers* (LERs) y *label switching routers* (LSRs).

Un LSR es un router de alta velocidad que se encuentra en el Core de una red MPLS, el cual participa en el establecimiento de los *label-switched paths* (LSPs) usando el protocolo de señalización de etiqueta apropiado y una alta velocidad de conmutación del tráfico de datos basado en la organización de rutas.

Un LER es un dispositivo que opera al borde de la red de acceso y la red MPLS. LERs soportan múltiples puertos conectados a diferentes redes (tal como ocurre en Frame

Relay, ATM, y Ethernet) y envía este tráfico a la red MPLS, después establece LSPs utilizando el protocolo de señalización de etiqueta al ingreso y distribución del tráfico de vuelta a las redes de acceso a la salida [10].

2. FEC

El *Forward equivalence class* (FEC) es una representación de un grupo de paquetes que comparten los mismos requerimientos para su transporte. De manera opuesta al convencional reenvío IP, en MPLS, la asignación de un paquete en particular a un FEC específico es realizada solo una vez, según el paquete ingrese a la red. Cada LSR construye una tabla para especificar como un paquete debe ser enviado, esta tabla es conocida como *label information base* (LIB).

3. Etiquetas y Enlaces de Etiqueta

Una etiqueta identifica la ruta que un paquete debe atravesar. Además, una etiqueta es llevada o encapsulada en la cabecera de capa 2 con el paquete. El router receptor examina el contenido de la etiqueta que posee el paquete para determinar el siguiente salto. Una vez que el paquete ha sido etiquetado, el resto del viaje del paquete a través del backbone es basado en conmutación de etiqueta o *label switching*. Una vez que el paquete ha sido clasificado como un nuevo o existente FEC, la etiqueta es asignada al paquete.

4. Label –Switched Paths (LSPs)

Una colección de dispositivos MPLS habilitados representa un dominio MPLS. Con un dominio MPLS, una ruta es establecida para un paquete determinado para viajar basada en un FEC. El LSP es constituido antes de la transmisión de datos. MPLS proporciona las siguientes dos opciones para establecer un LSP:

- **Enrutamiento salto a salto:** cada LSR independientemente selecciona el siguiente salto para un FEC dado. Esta metodología es similar a la actualmente utilizada en las redes IP. Los LSR emplean cualquier protocolo de enrutamiento disponible.

- **Enrutamiento explícito:** la entrada del LSR especifica la lista de nodos por los cuales el LSP va a atravesar. La ruta especificada puede no ser la más óptima y a través de la misma los recursos pueden ser reservados para garantizar QoS al tráfico de datos. Esto facilita la ingeniería de tráfico a lo largo de toda la red, y los servicios diferenciados pueden proporcionar el uso de flujos basados en métodos de administración de red.

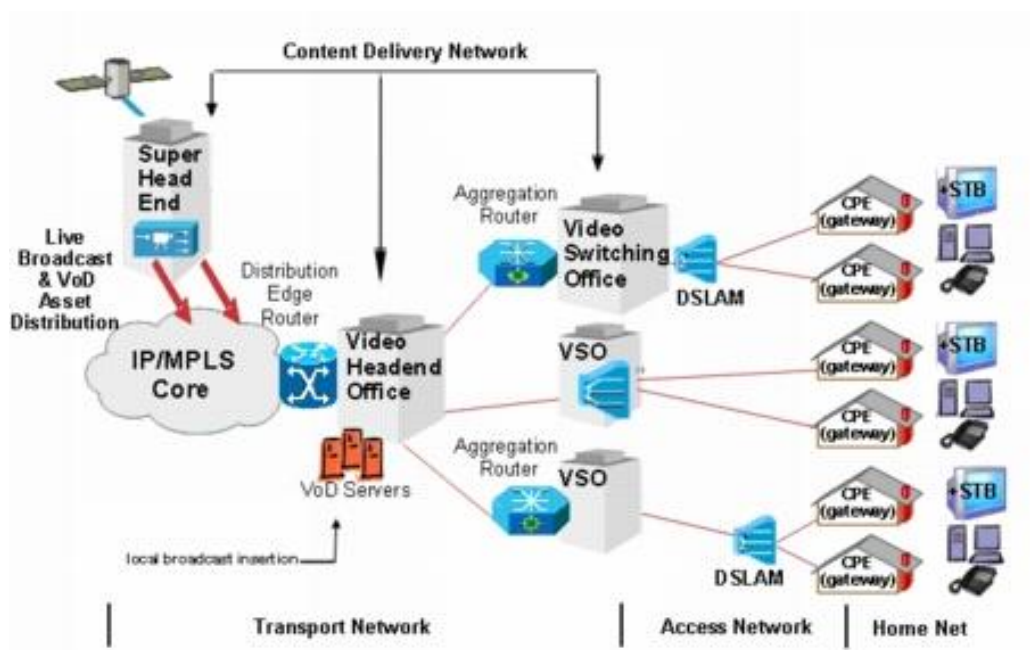


Figura. 3.13. Arquitectura NGN para la prestación de servicios IPTV

3.6.2 TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

Uno de los principales atributos que posee la TDT es proporcionar interactividad, por lo cual se requiere la implementación de un canal de retorno. La tecnología empleada para brindar un canal bidireccional es ADSL debido a que es una tecnología madura respaldada por los principales organismos de normalización. Además, proporciona banda ancha sobre el par de cobre tradicional, en el que toda la capacidad disponible en el mismo es dedicada

al cliente, ofreciendo un acceso asimétrico (con mayor capacidad en el enlace central-cliente) y con calidad de servicio garantizada.

Los elementos que intervienen en la arquitectura de red de ADSL son:

- El par de cobre (bucle de abonado)
- Splitter (divisor) para separar los distintos canales.
- Módem en el lado del usuario (ATU-R *ADSL Terminal Unit Remote*)
- Módem en el lado de la central (ATU-C *ADSL Terminal Unit Central*)

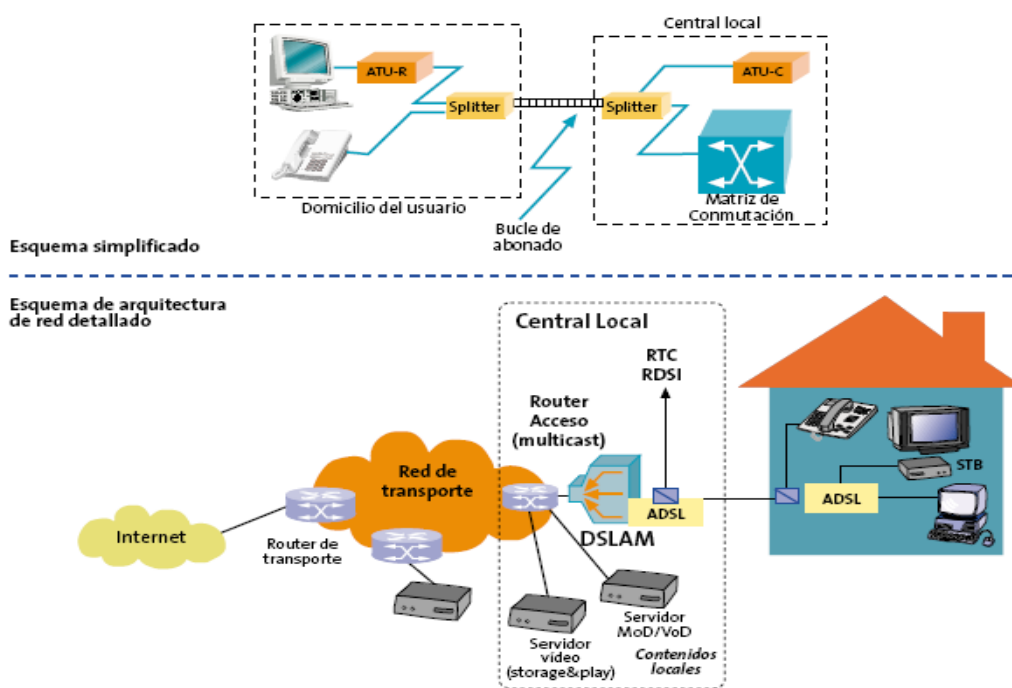


Figura. 3.14. Elementos que intervienen en la comunicación ADSL

CAPÍTULO IV

INFRAESTRUCTURA DE HARDWARE Y SOFTWARE

4.1 INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo de la televisión digital interactiva se requiere de ciertos componentes que conforman la infraestructura de red, los mismos que deben cumplir los siguientes criterios: bajo costo, deben ser orientados a la aplicación, empleo de equipos de desarrollo, utilización de software libre y el uso de emuladores de elementos de hardware. En la Figura 4.1 se presenta un esquema de los componentes indispensables en una red de televisión digital interactiva.

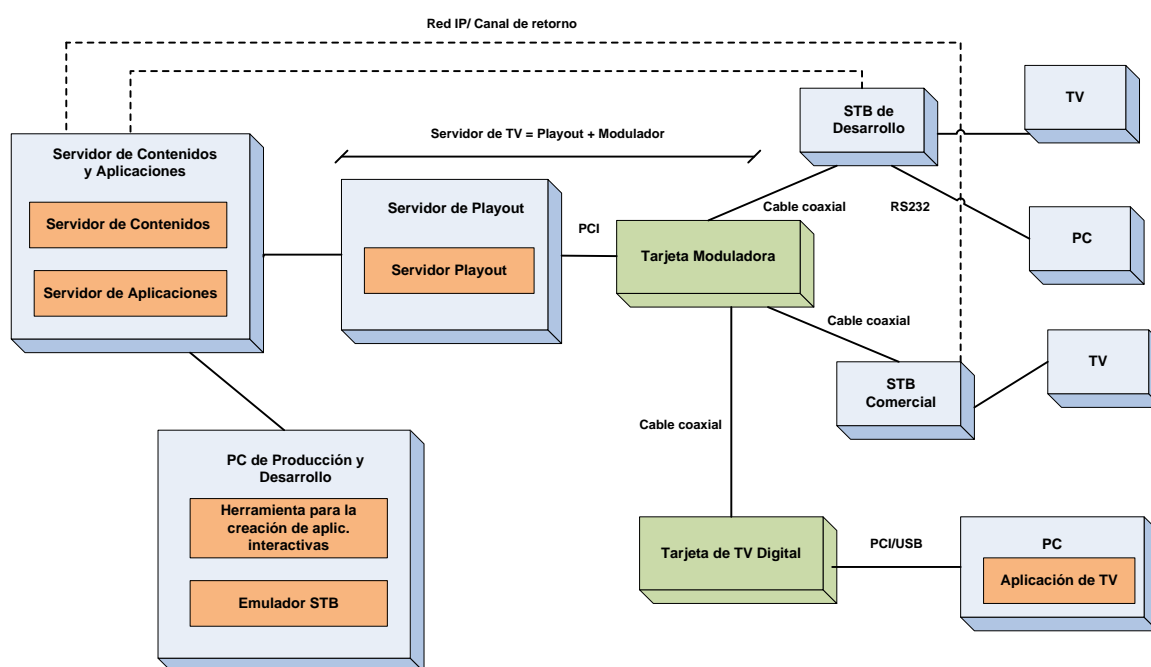


Figura. 4.1. Infraestructura de Hardware y Software

4.2 COMPONENTES DE HARDWARE

4.2.1 PC de producción y desarrollo

Es un PC en el cual se generan los contenidos digitales para la TDi (Televisión Digital Interactiva). Básicamente, este equipo se encarga de la elaboración, edición y producción de los contenidos y aplicaciones que después serán enviados al servidor. Las aplicaciones realizadas proporcionarán servicios interactivos, como: menús, guías electrónicas de programación, servicios de información, entre otros.

También, aquí se pueden ejecutar pruebas de simulación para visualizar como quedaría desplegada la aplicación. Esto se realiza a través de un emulador de STB. Es importante tener en cuenta que para la producción de los contenidos audiovisuales se debe conocer la plataforma sobre la cual se va a trabajar, el middleware empleado para la ejecución de aplicaciones interactivas para TV Digital. En este caso se utilizará el middleware Ginga para el estándar ISDB-T.

La característica primordial que debe cumplir el PC de producción y desarrollo es contar con un nivel de procesamiento y memoria elevada y una capacidad de almacenamiento mediana, debido a que en él se realizará la creación de los contenidos y aplicaciones. Esto implica que debe almacenar gran cantidad de archivos de audio y video pregrabados además de imágenes e información adicional para el diseño. La velocidad de procesamiento también juega un papel fundamental al momento de compilar los programas y asegura una mayor eficiencia en el trabajo.

4.2.2 Servidor de contenidos y aplicaciones

Este equipo es el encargado del almacenamiento y adecuación de los contenidos y aplicaciones. Además se comunica con el servidor de televisión, con los equipos de producción/desarrollo y con los equipos terminales por medio de una conexión de red tipo Ethernet.

El requisito de este servidor es poseer una capacidad de almacenamiento alta, su nivel de procesamiento y memoria puede ser medio.

4.2.3 Servidor de televisión

Este servidor es el encargado de brindar soporte al servidor de *Playout*²⁶ y a la etapa de modulación por lo cual este equipo posee características especiales de procesamiento, memoria, interfaz, autonomía y almacenamiento. Por otro lado, en el servidor de televisión se lleva a cabo la generación del flujo de transporte MPEG-2 (MPEG-2 TS) por medio de la multiplexación de datos provenientes de diferentes fuentes como son: *streams* de audio/video, información de programa/servicio y el sistema de archivos del carrusel de objetos²⁷, tareas que demandan gran cantidad de procesamiento y un funcionamiento continuo.

Además, el servidor presenta una o varias interfaces de red para la comunicación con el servidor de contenidos y aplicaciones; así como una interfaz de cable para llevar el TS modulado hasta los equipos terminales.

4.2.4 Sistema de codificación y modulación

El modulador se encarga de la adaptación de los flujos de televisión a una señal adecuada para la transmisión, de acuerdo a los parámetros que establece cada estándar. La industria ofrece una gran variedad de equipos de codificación y modulación, integrados o independientes, tanto internos como externos, siendo más costosos los externos. Al momento de elegir un codificador y modulador internos es necesario revisar los atributos que presenta el servidor *playout*, si es capaz de entregar directamente el *stream* MPEG al

²⁶ PLAYOUT.- Término utilizado para la transmisión de la programación desde el interior de la estación emisora hasta las redes que entregan la programación a los espectadores.

²⁷ CARRUSEL DE OBJETOS.- Es un flujo de datos (formado por las aplicaciones interactivas junto con las señales de video y audio asociadas), que viaja como *Transport Stream* de MPEG y que se repite una y otra vez para que cualquier receptor las obtenga en el momento de sintonizar un programa.

modulador o a su vez si requiere de la codificación, este *stream* pasará primero por el codificador. Si el servidor *playout* cuenta con ambas posibilidades se elegirá un modulador interno para computador, el mismo que deberá cumplir con la norma de codificación y modulación especificada por el estándar ISDB-Tb. Para la selección del modulador se debe tomar en cuenta, tanto el estándar de televisión digital a utilizar como el tipo de plataforma de TV (Satelital, Terrestre, Móvil o Cable).

4.2.5 SET-TOP BOX (STB)

La señal transmitida por la emisora de televisión será captada a través de una antena convencional, una antena parabólica o llegar por medio de cable. El receptor puede, entonces, estar incorporado en una televisión digital o puede ser un dispositivo externo y, en este caso, es denominado *set-top box* o *Integrated Receiver Decoder* (IRD) o Unidad Receptora Decodificadora (URD).

El *set-top box* tiene la función de convertir las señales digitales recibidas en señales analógicas, para que de esta forma una televisión analógica pueda actuar en un escenario totalmente digital. En el caso de que el sistema digital proporcione algún servicio de interactividad, el *set-top box* deberá tener una forma de enviar los datos del usuario hacia la emisora, este canal de comunicación es denominado “canal de retorno o canal de interactividad”.

Para permitir la interacción del espectador con los servicios, los *set-top box* poseen capacidad de procesamiento. Por lo tanto, su hardware puede contener tecnologías que son comunes en los computadores, tales como CPU, memoria, *módems* para canal de retorno, discos duros para el almacenamiento de datos, y lectores de *smart cards* para el control de acceso. Como ocurre en los computadores convencionales, esos dispositivos controlados por los *device drivers* del sistema operativo, aunque estos sistemas operativos son mucho más simples que los convencionales y poseen código almacenado en memoria ROM.

Las etapas involucradas con el procesamiento de la señal en un *set-top box* son ilustradas en la Figura 4.2. El primer elemento que procesa (captura) la señal difundida es

el **sintonizador digital**. A continuación, la señal pasa por el **demodulador**, el cual extrae el flujo de transporte MPEG-2, pasándolo al **demultiplexor** que es responsable de extraer todos los *elementary streams*. Estos a su vez, son llevados hacia el **decodificador**, el mismo que los convertirá a un formato adecuado para su visualización.

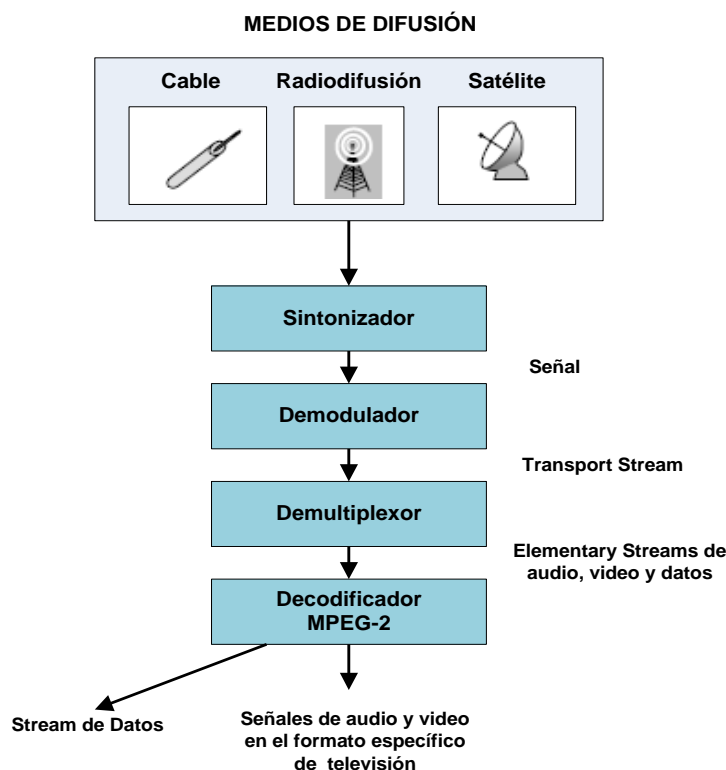


Figura. 4.2. Etapas de recepción en el STB

Existen STB de desarrollo y comerciales, los primeros son propios para equipos de desarrollo y prueba de aplicaciones mientras que los comerciales, han sido creados para disponer de las mínimas funcionalidades requeridas por el usuario.

Arquitectura del Set-Top Box

Los set-top box, como se mencionó anteriormente son computadores diseñados para un propósito específico: la recepción de señales de TV Digital, recuperación del video y presentación del mismo en una televisión. En la Figura 4.3 se muestra la arquitectura en capas de un set-top box.

En la capa superior, tenemos los servicios y contenidos que pueden ser suministrados en una transmisión de TV Digital. Ejemplos de estos servicios son las guías de programación electrónica (EPG), *sistema pay-per-view*, juegos en línea, programas interactivos, entre otros.

La segunda capa se refiere a las aplicaciones, las mismas que son responsables de proporcionar el tipo de servicio de la capa superior.

En la tercera capa, se encuentra el Middleware, el cual básicamente crea una interfaz entre el hardware del set-top box y las aplicaciones. De esa forma, las aplicaciones pueden circular de forma transparente sin preocuparse de la forma de acceso al hardware de un set-top box específico. Por lo tanto, el desarrollo y portabilidad de las aplicaciones se vuelve más simple, una vez que todas usan un mismo API²⁸ en común.

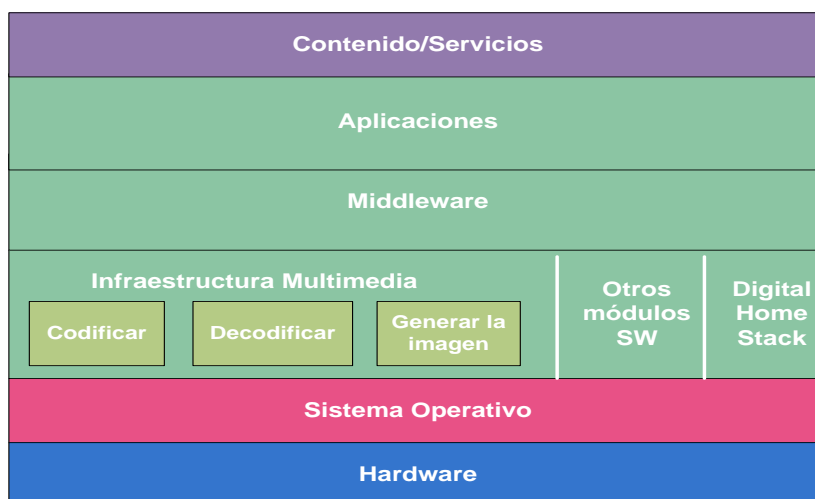


Figura.4.3. Arquitectura del Set-Top box – visión general

En la cuarta capa, se encuentran los componentes multimedia de decodificación y codificación, así como también otros módulos multimedia. El sistema operativo, localizado

²⁸ API.- Interfaz de programación de aplicaciones, es una abstracción que describe una interfaz para la interacción con un conjunto de funciones utilizadas por los componentes del sistema de software.

en la quinta capa, es el responsable por el funcionamiento del hardware, proporcionado una capa de abstracción²⁹ al hardware del set-top box.

En la última capa tenemos el hardware del set-top box, que está constituido por un CPU, dispositivos de entrada y salida, almacenamiento, decodificación, sintonización, etc. El hardware de un set-top box puede ser básicamente dividido en tres capas:

- Primera capa o *Front End*: donde se encuentran las interfaces de sintonización de las señales.
- Capa intermedia: donde se encuentran las interfaces de transporte de control de sistemas.
- Capa final o *Head End*: donde se encuentran los decodificadores de audio y video y la capa de salida de las señales hacia la TV.

Como se observa en la Figura 4.4, en la primera capa ocurre la recepción de una señal que llega a partir de tres posibles medios de transmisión: terrestre, cable o satélite. El sintonizador o *tuner* selecciona la frecuencia de recepción y modula en banda base la señal de entrada. La señal entonces es muestreada para crear la representación digital de la misma, esto es realizado por el conversor analógico/digital. Las siguientes etapas son la demodulación y la corrección de errores de la señal, que luego es llevada a la capa intermedia.

En la capa intermedia se realiza la demultiplexación del *stream* MPEG-2, que consiste en separar el audio, video y datos contenidos en el *transport stream*. La selección de los paquetes de audio, video o datos es realizado de acuerdo con las acciones del usuario, que son llevadas hacia el CPU por medio de las interfaces de I/O, como por ejemplo, la interface de infrarrojo (IR Control).

²⁹ CAPA DE ABSTRACCIÓN.- Es una forma de ocultar los detalles de implementación de ciertas funcionalidades.

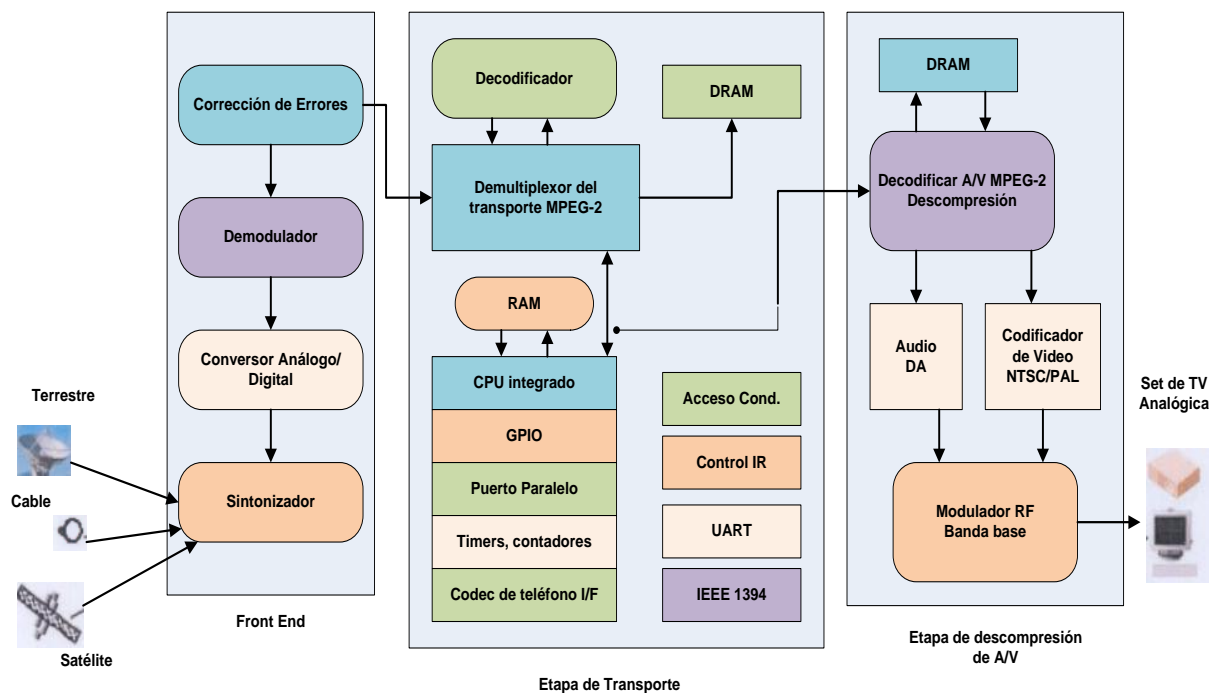


Figura. 4.4. Arquitectura genérica de hardware de un Set-Top box

Por último, en la capa final se realiza la decodificación del *stream* MPEG-2 que fue seleccionado en la capa intermedia. Este flujo o *stream* es convertido nuevamente en una señal analógica, modulada en banda base y enviada para su visualización a través de la TV.

4.2.6 Televisor

Para poder acceder a la señal de televisión digital, los televisores pueden ser tanto analógicos como digitales, pero es indispensable un receptor adecuado. Este puede ser de dos tipos:

- **Receptor externo o Set-Top Box (STB)**, el cual se conecta al televisor analógico convencional.

- **Televisor Digital Integrado**, que incorpora el receptor digital dentro del chasis del televisor, permitiendo así recibir tanto televisión digital como analógica. No requiere de un adaptador externo para recibir señales de DTV por aire.

Los Televisores Digitales Integrados son normalmente de formato panorámico y soportan reproducción de sonido de alta calidad. Además, algunos modelos pueden conectarse a un equipo de *Home Cinema* y disfrutar de un sonido multicanal Dolby Digital.



Figura. 4.5. Tipos de recepción para DTV

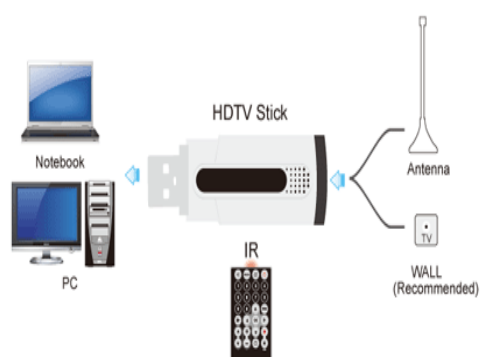
Actualmente, se cuenta con televisores HDTV que poseen un sintonizador digital incorporado, sin embargo se debe considerar el estándar de televisión digital que ha sido o será adoptado por cada país. En este caso se precisa un HDTV con un sintonizador ISDB-T incorporado, o sencillamente la utilización de un STB que opere bajo las especificaciones técnicas para el estándar antes mencionado, la cual es la solución más viable y menos costosa.

4.2.7 Tarjeta de Televisión

Es un dispositivo que permite sintonizar señales de televisión digital para poder visualizarlas en la PC. En el mercado existe una gran variedad de tarjetas de televisión que proporcionan varias herramientas como sintonizar canales digitales tanto de TV como de radio, grabar la programación de un canal determinado mientras se mira otro, opciones de pausar, retroceder y adelantar un programa en vivo, disponer de una guía electrónica de programación, establecer horarios de grabación de un programa específico, entre otros.

Dependiendo de los atributos que se desea tener con el sintonizador, las características en cuanto a procesamiento y memoria que debe poseer una PC varían, pero generalmente los requerimientos del sistema para HDTV son: un procesador Pentium 4 con una velocidad de procesamiento de 3.0 GHz o superior, 2 GB de memoria RAM, tarjeta VGA de al menos 512 MB de memoria, y si se desea grabar TV Digital en la PC, se requiere un disco duro en el orden de los GB (se precisa de 1.2 GB de espacio en disco duro para grabar una hora de TV).

Los sintonizadores de TV vienen en dos tipos de modelos básicos: sintonizadores de TV externos, que generalmente se conectan a un puerto USB en el equipo y tarjetas sintonizadoras de TV internas, las cuales se deben instalar y requieren un slot PCI³⁰ en la PC.



Tarjeta de TV Digital para puerto USB



Tarjeta de TV Digital para slot PCI

Figura. 4.6. Tipos de tarjeta para TV Digital

³⁰ PCI.- Peripheral Component Interconnect.

4.3 COMPONENTES DE SOFTWARE

4.3.1 Servidor de contenidos y aplicaciones

Un servidor básicamente es un software que realiza ciertas tareas en nombre de los usuarios. La función principal de un servidor es proporcionar a los usuarios el acceso a programas, archivos y demás información que este contenga.

Servidor de Aplicaciones: Es un tipo de servidor que permite el procesamiento de los datos de una aplicación de cliente. Las principales ventajas de la tecnología de los servidores de aplicación son la centralización y la disminución de la complejidad en el desarrollo de aplicaciones, debido a que estas no necesitan ser programadas, sino que son ensambladas desde bloques provistos por el servidor de aplicaciones.

Algunas de sus características son:

- Los servidores de aplicaciones comúnmente incluyen *middleware*, el cual les permite intercomunicarse con la variedad de servicios que presentan. Además, brindan a los desarrolladores una interfaz para la Programación de Aplicaciones (API), de tal manera que no tengan que preocuparse por el sistema operativo o por la gran cantidad de interfaces requeridas en una aplicación web moderna.
- Estos servidores proporcionan soporte a una amplia variedad de estándares, tales como HTML, XML, IIOP, JDBC, SSL, etc., los mismos que permiten su funcionamiento en ambientes web y también aceptan la conexión a una gran variedad de fuentes de datos, sistemas y dispositivos.

El concepto de servidor de aplicaciones está relacionado con el concepto de sistema distribuido. Un sistema distribuido es aquel en el que se manejan los sistemas de aplicaciones estructurados para satisfacer los requerimientos de información a todos los niveles y funciones de organización, es decir, que tiene alguno o todos sus componentes distribuidos; los cuales pueden ser hardware, software, aplicaciones y datos.

Por lo tanto, es posible mejorar en tres aspectos fundamentales en una aplicación: la alta disponibilidad, la escalabilidad y el mantenimiento.

- **Alta disponibilidad.-** hace referencia a que un sistema de televisión debe garantizar su funcionamiento las 24 horas del día los 365 días del año. Para conseguir esta característica es preciso el uso de técnicas de balanceo de carga y de recuperación ante fallos (*failover*).
- **Escalabilidad.-** es la capacidad de crecimiento que tiene un sistema cuando se incrementa la carga de trabajo (número de peticiones). Esto significa que si la demanda del servicio de televisión digital interactiva aumenta, el proveedor debe ser capaz de realizar un crecimiento de la red con el fin de satisfacer esta demanda.
- **Mantenimiento.-** tiene que ver con la versatilidad al momento de realizar actualizaciones, depurar fallos y mantener un sistema. La solución al mantenimiento es la construcción de la lógica de negocio en unidades reusables y modulares.

A diferencia de la estructura tradicional en dos capas que presenta un servidor web, un servidor de aplicaciones ofrece una estructura en tres capas que permite estructurar el sistema de una forma más eficiente.

Esta arquitectura de tres capas consiste en que las aplicaciones residen en la capa media, es decir en el servidor de aplicaciones, lo cual le permite al usuario acceder a la aplicación desde el extremo del cliente, simplemente empleando un navegador de red. Físicamente separa la lógica del negocio del cliente, los programas que procesan la petición realizada y los datos, dentro de una arquitectura conocida como multi-capa. Las ventajas de implementar una arquitectura de este tipo radica en que separa hacia fuera el proceso, con lo cual se consigue mejorar el balance de carga en los diversos servidores, es más escalable. Además permite la realización de desarrollos paralelos (en cada capa), aplicaciones más robustas debido al encapsulamiento y brindan una mayor flexibilidad en cuanto a aumento de equipos se refiere.

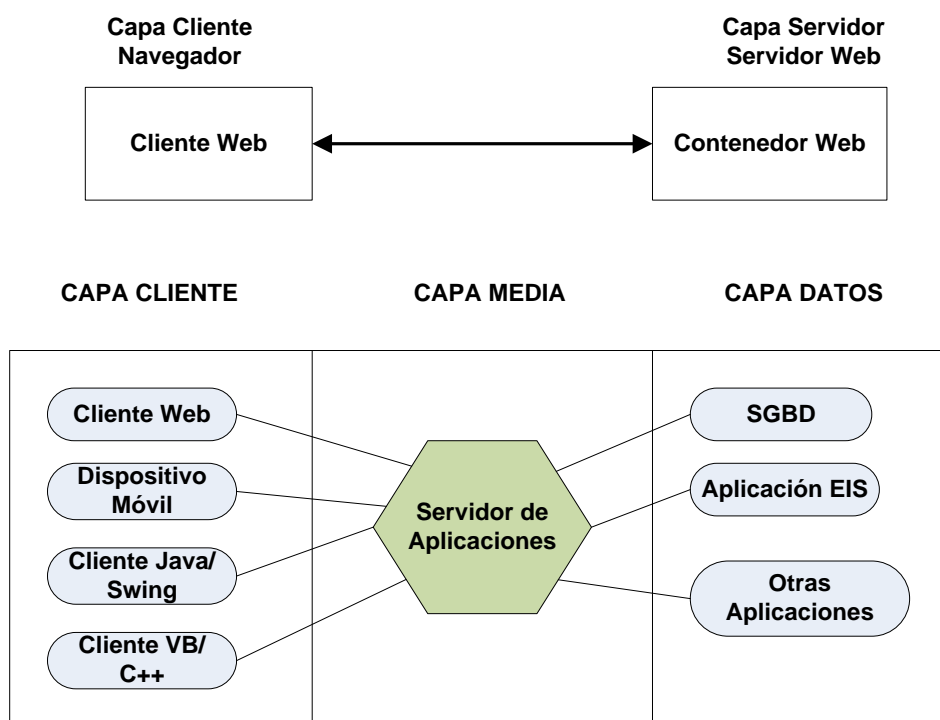


Figura. 4.7. Arquitectura en dos capas (servidor web) y tres capas (servidor de aplicaciones)

Un servidor de aplicaciones ejecuta el software entre el navegador y los datos, por ejemplo; cuando un cliente realiza un pedido desde un navegador Web, ya sea desde una PC, dispositivo móvil, set-top box o cualquier dispositivo final, un servidor Web se encarga de enviar la solicitud al servidor de aplicaciones que ejecuta la lógica y también recupera y actualiza los datos del cliente desde las fuentes finales.

Los servidores de aplicaciones se desarrollan frente a la necesidad de tener siempre aplicaciones disponibles para un número creciente de clientes, las mismas que deben ser seguras y fiables sin importar el número de usuarios que accedan al sistema o a la fuente de datos, el servidor de aplicaciones siempre estará activo y ejecutándose.

Servidor de Contenidos: el servidor de contenidos forma parte de la capa de datos en la arquitectura de tres capas, su función es proporcionar al servidor de aplicaciones todos los datos e información que este requiera ó que a su vez son solicitados por el usuario, es decir puede ofrecer datos (audio/video) en directo, de forma automática o bajo petición.

El servidor de contenidos actúa como un servidor de base de datos³¹, el cual es un gran proveedor de contenidos de tipo multimedia, objetos y documentos complejos, los mismos que son entregados en forma de flujo continuo (*streaming*). El objetivo primordial es tener un sistema de base de datos de alta eficacia, por lo tanto se precisa incorporar un programa que gestione las peticiones y la información almacenada en el sistema, este programa se conoce como SGBD o sistema de gestión de bases de datos. Se debe tener en cuenta que todas las bases de datos que se crean deben ser construidas con alto grado de integridad de datos y la capacidad de recuperar datos si el hardware falla.

La función del servidor de contenidos es gestionar, almacenar y proteger la información, para lograr esto cuenta con herramientas de administración, las cuales simplifican las tareas de configuración, seguridad, creación y gestión de bases de datos al mismo tiempo que proporcionan mecanismos de integración con otros sistemas y políticas de copias de seguridad. También dispone de herramientas de programación que permiten encapsular la arquitectura de la base de datos, para que de esta manera las aplicaciones sólo tengan que solicitar la información que necesitan sin preocuparse de cómo se encuentra almacenada.

4.3.2 Herramienta para la creación de aplicaciones interactivas

Permite crear interfaces de televisión digital interactiva y brinda la opción de adicionar texto, gráficos, audio y video pregrabado. Existen varias herramientas comerciales y de fuente abierta en desarrollo. En este caso se empleará GINGA como herramienta para la creación de aplicaciones interactivas.

Ginga es el *middleware* abierto del Sistema Brasileño de TV Digital (SBTVD). El *middleware* es una capa de software que se encuentra entre el sistema operativo y las aplicaciones. Es el responsable de proporcionar un conjunto de funciones común, estandarizando el desarrollo de programas interactivos. Una vez que todas las aplicaciones

³¹ BASE DE DATOS.- es una colección estructurada de registros o datos que se almacenan en un sistema informático.

sean construidas empleando estas funciones comunes, el *middleware* se encarga de comunicarse con los diferentes hardwares, actuando como un intérprete entre las aplicaciones, escritas siguiendo un estándar común, y los sistemas operacionales y hardwares diferentes.

Arquitectura de Ginga

La arquitectura de Ginga puede ser dividida en dos grupos grandes: Ginga Common Core y los Servicios específicos de Ginga. A su vez, este último es dividido en dos subsistemas principales interrelacionados, los cuales permiten el desarrollo de aplicaciones siguiendo dos esquemas de programación diferentes. Estos dos subsistemas son Ginga-J (para aplicaciones procedurales³² Java) y Ginga-NCL (para aplicaciones declarativas³³ NCL).

Una aplicación Ginga no necesita ser puramente declarativa o procedural. Particularmente, las aplicaciones declarativas a menudo utilizan un contenido tipo *script*³⁴, el cual es de naturaleza procedural. Además, una aplicación declarativa puede hacer referencia a un Java Xlet³⁵. De manera similar, una aplicación procedural puede hacer referencia a un contenido declarativo, como un contenido gráfico. Por lo tanto, cada tipo de aplicación Ginga puede hacer uso de las herramientas de ambos ambientes de aplicación.

³² APLICACIONES PROCEDURALES.- son las aplicaciones tradicionales en las cuales es la aplicación quien controla que porciones de código se ejecuta, y la secuencia en que este se ejecuta, llamando procedimientos según sea necesario.

³³ APLICACIONES DECLARATIVAS.- son aplicaciones que utilizan programación declarativa, donde las sentencias que se utilizan no contienen las instrucciones de código necesarias para solucionar un problema sino que solamente lo describen y mecanismos internos controlan las sentencias a partir de la descripción realizada.

³⁴ SCRIPT.- hace referencia a un conjunto de instrucciones.

³⁵ JAVA XLET.- aplicación en Java para entornos de televisión.

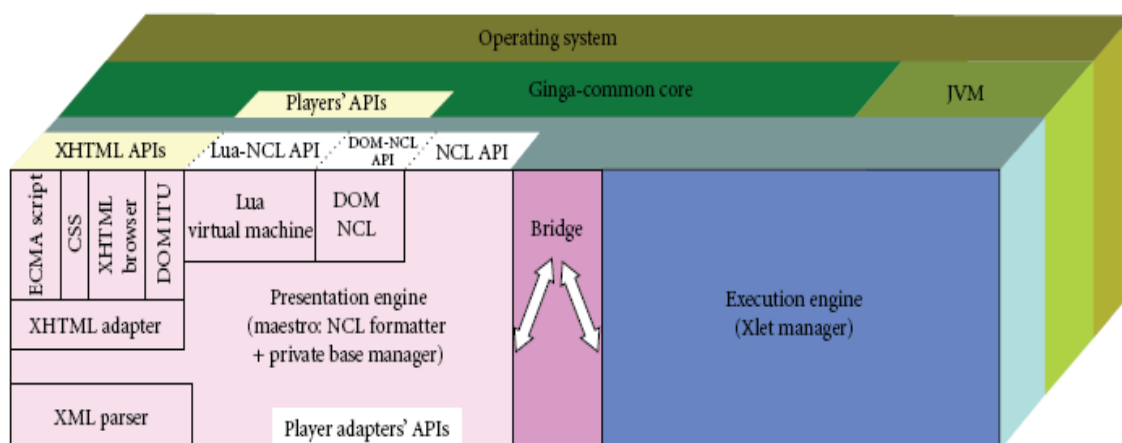


Figura. 4.8. Arquitectura de GINGA

Ginga-NCL es un subsistema lógico que forma parte del sistema GINGA, el cual se encarga de procesar documentos NCL. Los componentes claves de GINGA-NCL son el motor de decodificación de contenido declarativo (*NCL formatter*) y su módulo de administración de base privada.

El *NCL Formatter* tiene la función de recibir un documento NCL y controlar su presentación, tratando de garantizar que los vínculos especificados entre los objetos multimedia sean respetados. El programa integrador se encarga de negociar con los documentos NCL que están almacenados dentro de una estructura de datos conocida como base privada. GINGA asocia una base privada con un canal de TV. Los documentos NCL que se encuentran en una base privada pueden ser pausados, detenidos, iniciados, y también pueden hacerse referencia entre sí.

El administrador de base privada es el encargado de recibir los comandos para la edición en vivo de NCL, así como también se encarga de mantener activos los documentos NCL. Otros módulos importantes de GINGA-NCL son el XHTML basado en agente de

usuario³⁶, el cual incluye un estilo de hoja (CSS³⁷), el intérprete *ECMAScript*³⁸, y el motor LUA, el mismo que es responsable de interpretar scripts tipo LUA.

Ginga-J es un subsistema lógico que pertenece a la parte de Ginga que procesa contenido de Java basado en objetos. Su componente principal es el motor de ejecución de contenido procedural representado por una máquina virtual de Java.

Ginga Common Core soporta ambos ambientes de aplicación, el ambiente declarativo (Ginga-NCL) y el ambiente procedural (Ginga-J). Además, está compuesto por decodificadores de contenido común (para la decodificación y presentación de tipos de contenido común como PNG, JPEG, MPEG y otros), y procedimientos para obtener contenidos transportados en *Transport Streams* de MPEG-2 a través del canal de retorno. El DSM-CC³⁹ es adoptado en Ginga para transportar los comandos de edición en vivo en streams elementales de MPEG-2 TS. El protocolo de carrusel de objetos de DSM-CC, así como el stream de eventos es la base para el manejo de las aplicaciones en Ginga.

Ginga-NCL

Es un subsistema Ginga para la visualización de documentos NCL y fue desarrollado por la PUC-RIO con el objetivo de proporcionar una infraestructura de presentación para aplicaciones declarativas escritas en el lenguaje NCL, el cual es un lenguaje de aplicación XML con facilidades para la especificación de aspectos de interactividad, sincronismo espacio-tiempo entre los objetos multimedia, adaptabilidad, soporte a múltiples dispositivos y soporte para la producción en vivo de programas interactivos no lineales.

³⁶ AGENTE DE USUARIO.- es una aplicación informática que funciona como cliente en un protocolo de red; se aplica generalmente para referirse a aquellas aplicaciones que acceden a la World Wide Web.

³⁷ CSS.- Cascading Style Sheets, es un lenguaje empleado para definir la presentación de un documento estructurado escrito en HTML, XML ó XHTML.

³⁸ ECMAScript.- define un lenguaje de programación de tipo dinámico inspirado en Java y otros lenguajes del estilo de C.

³⁹ DSM-CC.- Digital Storage Media Command and Control, es un estándar desarrollado para proporcionar las funciones de control y operaciones específicas para manejar flujos de bits tanto de MPEG-1 como MPEG-2.

Un documento NCL solamente define la forma en que los objetos multimedia son estructurados y relacionados, en tiempo y espacio. En consecuencia, podemos tener objetos de imagen, video, audio, texto, objetos de ejecución (Xlet, Lua, etc), como objetos multimedia NCL. Estos objetos al ser de tipo multimedia dependen de reproductores multimedia, los mismos que se encuentran en el NCL *Formatter*. En SBTVD, uno de estos reproductores es el decodificador/reproductor MPEG-4, implementado en hardware en el receptor de televisión digital.

Otro objeto multimedia NCL requerido en este estándar de TV digital es el HTML – basado en objetos multimedia. Por lo tanto, NCL no sustituye sino que agrega HTML- basado en documentos (u objetos). A pesar de que un navegador web basado en XHTML debería ser soportado, el uso de elementos XHTML para definir relaciones (incluyendo enlaces XHTML y ECMAScripts) debe ser disuadido cuando se autoricen documentos NCL.

Durante la presentación de contenidos que poseen objetos multimedia, se generan algunos eventos. Estos eventos pueden generar acciones en otros objetos multimedia, como iniciar, pausar o detener una presentación. Por lo tanto, los eventos deben ser informados al NCL *formatter* por medio de los reproductores multimedia. Ginga-NCL define un adaptador API con el fin de estandarizar la interfaz que existe entre el Ginga-NCL *formatter* y cada reproductor específico.

Finalmente, para editar en vivo, Ginga-NCL también tiene definido lo que corresponde a *streams* de eventos NCL (eventos DSM-CC) con el objetivo de soportar eventos generados en vivo en los *streams* multimedia, particularmente el *stream* de video del programa.

Por otro lado, Lua es el lenguaje script NCL y proporciona una librería que ofrece un conjunto de funciones que soportan comandos para la edición de NCL. También entrega una librería extensa que ofrece un conjunto de funciones para interactividad y presenta varios atributos importantes que lo convierten en un lenguaje *scripting* aceptado para DTV.

Actualmente, Lua es un estándar internacional utilizado principalmente en el área del desarrollo de juegos, debido a que es fácil de utilizar y posee un altísimo desempeño.

Para facilitar el desarrollo de aplicaciones Ginga-NCL, la PUC-RIO desarrolló una herramienta llamada Composer, la cual brinda un ambiente más amigable, de forma gráfica, para el desarrollo rápido y fácil de aplicaciones y contenidos interactivos. Sin embargo, Composer es limitado y cuando se precisa desarrollar aplicaciones más complejas es necesario utilizar la herramienta Eclipse.

Ginga-J

Ginga-J es una especificación de *middleware* distribuido, que se encuentra en un dispositivo Ginga (receptor de televisión digital), brindando la posibilidad de tener componentes de software en los dispositivos de interacción (celulares, PDA, etc).

Uno de los principales objetivos de Ginga es lograr la interacción a través de dispositivos portátiles, entonces más que transmitir la información a los dispositivos, Ginga-J debe también ser capaz de recibir e interpretar los datos de los celulares, PDAs, controles, entre otros, para que de esta forma se realice la interacción con el usuario.

El dispositivo Ginga debe tener acceso a flujos de audio, video, datos y demás recursos multimedia, los cuales son transmitidos a través del aire, satélite o mediante redes IP. La información recibida debe ser procesada y presentada a los usuarios.

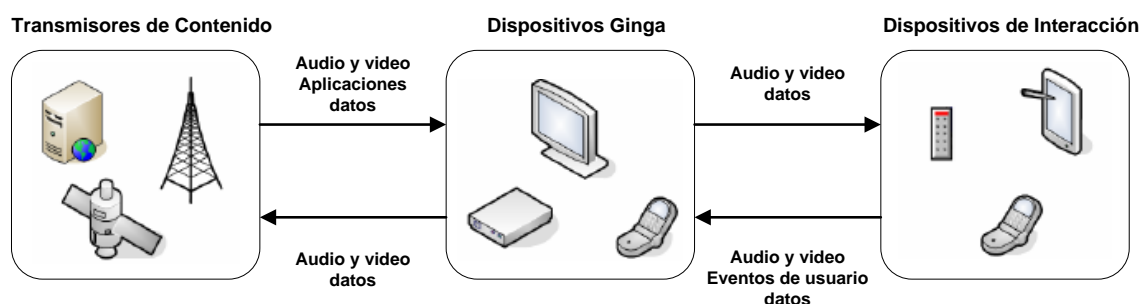


Figura. 4.9. Contexto de GINGA

El usuario puede interactuar con el dispositivo Ginga a través de dispositivos de interacción que pueden contener componentes de software Ginga. Estos componentes de software permiten explorar las funcionalidades que especifica el middleware, para poder realizar este proceso se requiere del empleo de una interfaz denominada API Ginga-J. Como respuesta a la información enviada por el usuario, el dispositivo Ginga debe presentar la salida de video y audio utilizando su propio monitor y parlantes o los pertenecientes a los dispositivos de interacción. Por ejemplo, un dispositivo de interacción puede ser una PDA conectada a la plataforma Ginga a través de una red inalámbrica. Utilizando el dispositivo de interacción antes mencionado, un usuario puede enviar comandos (eventos de usuario) a la plataforma a través del teclado de la PDA y los aplicativos de la plataforma pueden enviar contenido visual para ser presentados en pantalla.

Varios usuarios pueden interactuar con la plataforma Ginga de manera simultánea. En este caso, la plataforma debe tener la capacidad de distinguir los comandos enviados por y para cada dispositivo. Además el dispositivo Ginga tiene la posibilidad de enviar informaciones a los transmisores de contenido cuando exista un canal de retorno.

Un componente importante del ambiente de aplicación Ginga-J (procedural) es la máquina de ejecución del contenido procedural, compuesta por una máquina virtual Java, la misma que hace posible que las aplicaciones desarrolladas en lenguaje Java puedan ser ejecutadas en el terminal de acceso.

El subsistema Ginga-J está compuesta por un API, el cual está diseñado con el objetivo de proporcionar todas las funcionalidades necesarias para la implementación de aplicativos para TV Digital, desde la manipulación de los datos multimedia hasta protocolos de acceso.

Ginga-J fue construido para garantizar la compatibilidad con el estándar GEM (*Globally Executable MHP*). GEM se refiere a una serie de APIs estandarizados por la ITU y para que un middleware sea compatible con GEM, este debe implementar los APIs especificados por el mismo. Por su parte, Ginga-J fue construido de forma que sea

compatible con el estándar GEM, sin embargo también posee un conjunto de APIs específicas para SBTVD. Existen tres conjuntos de APIs que son: API verde, amarillo y azul. Donde los APIs verdes son los APIs compatibles con GEM, los amarillos son extensiones propuestas por la especificación brasileña para satisfacer sus requerimientos y puede ser implementada a través del uso de un adaptador de software utilizando los APIs verdes y por último los APIs azules, los cuales no son compatibles con los APIs de GEM.

En consecuencia, las aplicaciones que utilicen los APIs verdes pueden ser ejecutadas en los middlewares Ginga, MHP⁴⁰, OCAP⁴¹, ACAP⁴² y B.23⁴³; las aplicaciones que empleen los APIs verde y amarillo pueden ser solamente ejecutadas en MHP, ACAP, OCAP Y B.23 siempre y cuando el adaptador de software sea transmitido y ejecutado junto con la aplicación; y las aplicaciones que utilicen los APIs azules serán solamente ejecutadas en ambientes Ginga. ISDTV-T (Estándar Internacional para Televisión Digital Terrestre) es un nuevo estándar que fue creado y desarrollado en Brazil donde el middleware utilizado es Ginga.

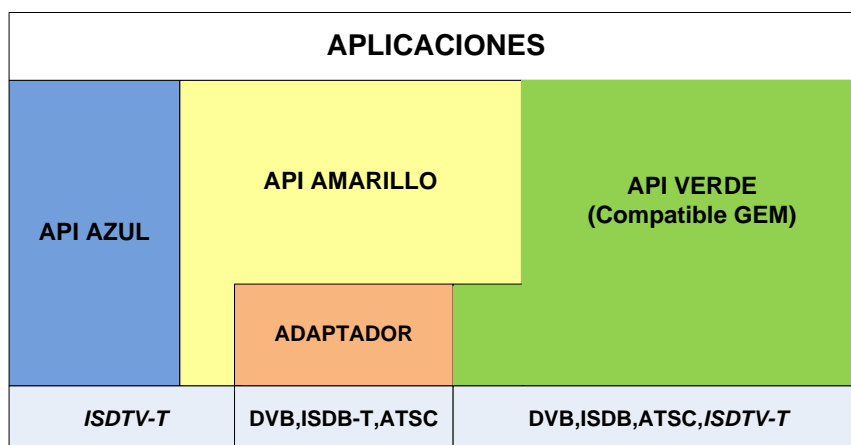


Figura. 4.10. Api de GINGA-J

⁴⁰ MHP.- Multimedia Home Platform, es un estándar abierto para la Tv digital interactiva que fue desarrollado por el proyecto DVB.

⁴¹ OCAP.- OpenCable Application Platform, es un middleware basado en Java especificado por CableLabs para los operadores de cable en Norte América.

⁴² ACAP.- Advanced Common Application Platform, especificación del middleware para aplicaciones interactivas del estándar ATSC.

⁴³ ISDB ARIB B.23.- es el middleware utilizado por el estándar japonés de Tv digital.

Ginga-Common Core

El núcleo común Ginga (Ginga Common Core) concentra los servicios necesarios tanto para la máquina de presentación (declarativo) como para la máquina de ejecución (procedural). Este subsistema logra una interfaz directa con el sistema operativo, formando así un puente con el hardware. Además, es aquí donde se realiza el acceso al sintonizador de canal, al sistema de archivos, terminal gráfico, entre otros.

Está conformado por los decodificadores de contenido y por los procedimientos empleados para obtener contenidos transportados en *MPEG-2 transport streams* y mediante el canal de interactividad. Los decodificadores de contenido común sirven tanto para las aplicaciones procedurales como para las declarativas, las cuales necesitan ser decodificadas y presentadas en un formato común como PNG, JPEG, MPEG, etc.

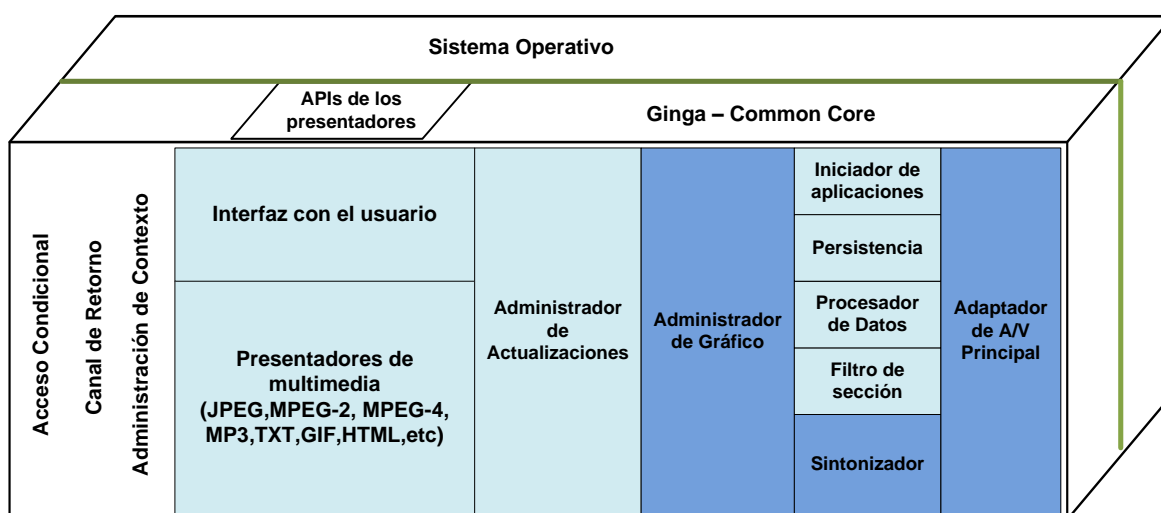


Figura. 4.11. Ginga –Common Core

En la Figura 4.11 se indican los componentes básicos de Ginga-Common Core, los mismos que son:

- **Sintonizador:** Es el módulo responsable de “sintonizar” el canal, escogiendo un canal físico y uno de los flujos de transporte que están siendo enviados en este canal.

- **Filtro de secciones:** una vez sintonizado, el *middleware* debe ser capaz de ingresar a partes específicas del *transport stream*. Para realizar esto existe el filtro de sección, el cual tiene la capacidad de buscar en el flujo la parte exacta que los APIs necesitan para sus ejecuciones. Funciona al igual que un filtro, dejando pasar solamente las informaciones requeridas por el API.
- **Procesador de Datos:** Es el elemento responsable de procesar y revisar los datos recibidos por la capa física. Este componente también es el encargado de notificar a los otros componentes acerca de cualquier evento que haya sido recibido.
- **Persistencia:** Ginga es capaz de guardar archivos, después de que el proceso de creación del mismo haya finalizado. Este módulo brinda soporte para que el archivo pueda ser abierto en otra ocasión.
- **Iniciador de aplicaciones:** es el administrador de las aplicaciones, es decir, es el responsable de transportar, configurar, inicializar y ejecutar cualquier aplicación de los ambientes declarativos y procedurales. También es responsable de controlar el ciclo de vida de las aplicaciones, retirándolas cuando sea necesario, además de controlar los recursos empleados por los APIs.
- **Adaptador de A/V Principal:** con el adaptador de A/V Principal, las aplicaciones consiguen ver el flujo de audio y video. Esto se realiza cuando una aplicación requiere controlar sus acciones, de acuerdo con lo que está siendo transmitido.
- **Administrador de Gráficos:** los estándares de middleware establecen como las imágenes, videos, datos, etc., son presentados a los usuarios, administrando las aplicaciones de la misma forma que se define en el estándar ARIB.
- **Administrador de Actualizaciones:** componente que se encarga de administrar las actualizaciones hechas en el sistema, verificando, descargando y actualizando el middleware siempre que sea necesario, para la corrección de posibles errores encontrados en las versiones anteriores. Este proceso debe ser realizado en el

tiempo de ejecución, sin afectar el uso normal de la TV de manera que sea transparente para el usuario.

- **Presentador de Contenido Multimedia:** son las herramientas necesarias para presentar los archivos multimedia recibidos, como por ejemplo, los archivos de tipo MPEG, JPEG, TXT, MP3, GIF, HTML, entre otros.
- **Interfaz con el usuario:** este módulo es responsable de captar e interpretar los eventos generados por el usuario, tales como, comandos de control remoto y a su vez comunica sobre este hecho a los otros módulos involucrados.
- **Administración de Contexto:** es el encargado de capturar las preferencias del usuario, advirtiéndolo de este hecho a los otros componentes. Estas informaciones pueden ser horarios en que el usuario desea ver la TV, bloqueo y desbloqueo de canales, etc.
- **Canal de Retorno:** proporciona una interfaz de las capas superiores con el canal de interacción. Además, este componente debe controlar el canal de retorno de forma que los datos sean transmitidos cuando el usuario lo solicite, o también se puede “obligar” a la transmisión en el caso de que el usuario o una aplicación haya definido el horario exacto de presentación.
- **Acceso Condicional:** la función de este componente es la de restringir los contenidos que son recibidos por los canales de programación, ofreciendo así seguridad al middleware.

4.3.3 EMULADOR DE STB

Para efectos de prueba resulta de mucha utilidad tener un componente de software que permita visualizar como quedaría desplegada una aplicación interactiva sin necesidad de tener el televisor. El middleware Ginga se puede instalar fácilmente en una PC con el objetivo de emular el comportamiento de un receptor de televisión digital interactiva, y de

esta forma poder probar aplicaciones Ginga en un entorno de PC. Existen tres formas de usar Ginga en una PC: utilizando un Live CD, realizando una instalación nativa o levantando una máquina virtual con Ginga pre-instalado.

Ginga Live CD

Es una distribución del sistema operativo Linux auto-contenido en un CD, el mismo que es capaz de ser inicializado y utilizado sin la necesidad de instalación del sistema, configuraciones de hardware ni otras tareas avanzadas. El objetivo de Ginga Live CD es ofrecer un ambiente para la prueba de aplicaciones NCL y NCLua con opciones para la búsqueda de contenidos a partir de diversas fuentes.

Para esto, además del sistema operativo Linux, el CD contiene la implementación de referencia de Ginga-NCL y una interfaz gráfica avanzada que representa una plataforma amigable, simple y fácil de utilizar para la realización de pruebas y presentación de aplicaciones. Las aplicaciones pueden ser buscadas desde el propio CD, debido a que contiene algunos ejemplos o desde un dispositivo externo propio del desarrollador.

Además de los atributos antes mencionados, la versión 1.1 del Ginga Live CD presenta la posibilidad de gestionar las variables que forman parte del contexto del usuario, a las cuales se puede acceder desde las aplicaciones NCL/ NCLua para la personalización y adaptación del contenido.

El sistema operativo cuenta con un excelente soporte para tarjetas gráficas, dispositivos de audio e interfaces de red Ethernet. La interfaz de red se configura automáticamente mediante DHCP. Hasta el momento todavía no existe soporte manual de configuración del protocolo IP ni soporte para las interfaces de red inalámbrica.

Como todo CD en vivo o CD de arranque, el computador debe ser arrancado desde la unidad de CD-ROM. Durante el inicio, todo el sistema de archivos contenidos en el CD es copiado en la memoria RAM, para de esta forma obtener un buen desempeño en la ejecución de las aplicaciones. Esta tarea de copia puede durar alrededor de 2 minutos,

dependiendo de la velocidad de la unidad de CD. Por lo tanto, se recomienda como mínimo 1 Gb de memoria RAM para la utilización óptima del sistema.

Instalación Nativa

Una instalación nativa permite ejecutar Ginga en el sistema operativo existente, interactuando con él como con cualquier otra aplicación existente en la PC. La principal ventaja de trabajar con una instalación nativa es la simplicidad en el manejo de archivos y la considerable mejora en la velocidad de la PC. Por otro lado, la desventaja radica en el proceso de instalación, el cual no es sencillo ni automatizado. Actualmente, se tiene registro de instalaciones nativas realizadas en sistemas operativos GNU/Linux: distribuciones Gentoo y Ubuntu.

Con el objetivo de mejorar el entorno de trabajo para los programadores NCL/NCLua, el LIFIA⁴⁴ ha liberado una versión de Ginga que puede compilarse y ejecutarse en Gentoo Linux, sin la necesidad de una máquina virtual. Esto libera al programador del tedioso proceso de compilar Ginga y todas las librerías de las cuales depende para ejecutar.

Máquinas virtuales

Mediante un software de virtualización, se consigue tener en un sistema operativo máquinas virtuales ejecutando otro sistema operativo. Se trata de un sistema operativo anfitrión (*host*) y otro huésped (*guest*).

Esta modalidad permite que un usuario de cualquier sistema ya sea este Windows, Linux, MacOS, o cualquier otro, pueda ejecutar “dentro” de su propio sistema otro nuevo sistema (en este caso se requiere un sistema Linux que contenga Ginga pre-instalado). La ventaja que presenta el trabajar en esta modalidad es la facilidad de poner en marcha el ambiente. Sin embargo, su desventaja es que es más complicado el trabajo con los archivos

⁴⁴ LIFIA.- Laboratorio de Investigación y Formación en Informática Avanzada.

entre dos sistemas operativos, además de que una máquina virtual es un software complejo, ya que contiene todo el sistema operativo más las aplicaciones, y todas las librerías que este requiere para ejecutar. En consecuencia, al utilizar una máquina virtual tenemos un conjunto reducido de aplicaciones por ejemplo, no cuenta con herramientas de desarrollo de Ginga debido a que se solamente se limita a ser la plataforma sobre la que se ejecuta Ginga.

El LIFIA ha desarrollado una máquina virtual Kubuntu con Ginga, la cual está lista para usar. OpenGinga es otra herramienta de este tipo, la cual brinda una plataforma que permite ejecutar aplicaciones Ginga en un computador, pero solamente tiene soporte para aplicaciones Java, es decir Ginga-J. Al momento se trabaja en una versión que integra el ambiente procedural (Ginga-J) y el declarativo (Ginga-NCL).

4.3.4 Servidor de Playout

Este componente integra la codificación del audio y video; la generación del carrusel de objetos, datos y eventos; la generación de la información de programas, servicios y aplicaciones, y la multiplexación de todos estos contribuyentes para la generación de un único flujo de transporte MPEG-2, el cual posteriormente será modulado para su transmisión. Además, es aquí donde se realiza la programación de la emisión (programas, aplicaciones interactivas y eventos) y la configuración de algunos parámetros de transmisión tales como la tasa de bits.

Para realizar este proceso se cuenta con una herramienta muy útil, la misma que es de libre distribución u *open source*, denominada OpenCaster. Este software es básicamente un generador de MPEG-2 *transport stream*, además de un manipulador de paquetes.

4.3.5 Aplicación de TV

Es un software comercial que permite el manejo de la señal de televisión y la ejecución de aplicaciones interactivas en un computador.

CAPÍTULO V

HARDWARE Y SOFTWARE

De acuerdo con las características y requisitos, establecidos anteriormente, que deben cumplir los componentes que conforman la infraestructura de la red para el desarrollo de la televisión digital interactiva, a continuación se enlistan y detallan los elementos sugeridos a emplear para una futura implementación de la red.

Los elementos seleccionados, tanto de hardware como de software trabajan bajo las especificaciones del estándar brasileño (ISDB-T), están enfocados a la utilización de software libre, son funcionales y cumplen plenamente con el objetivo de desarrollar, generar el *transport stream* a ser transmitido y permitir la visualización de programas interactivos y la interacción con los mismos.

5.1 ELEMENTOS DE HARDWARE

Tabla. 5.1. Componentes de Hardware

COMPONENTE	ELEMENTO EMPLEADO
Servidor de Contenidos y Aplicaciones	Servidor DELL PowerEdge T105 (2.8 GHz, Disco Duro 400 GB, Memoria RAM de 4 GB)
Servidor de Playout	Servidor DELL PowerEdge T105 (2.8 GHz, Disco Duro

	300 GB, Memoria RAM de 4 GB)
Tarjeta Moduladora	Dektec DTA-115
Servidor de Televisión	EITV Payout Professional ⁴⁵
Set-Top Box	<i>TDT:</i> Conversor Digital - Set-Top Box – XPS-1000 <i>IPTV:</i> Set-top Box N86091
Televisor	TV Digital
Tarjeta de TV Digital	<i>PCI:</i> Geniatech PCI-e ISDB-T TV Tuner Card X8507 <i>USB:</i> Geniatech S870 ISDB-T

5.1.1 Servidor Dell Poweredge T105

La elección de este servidor se debe a que presenta cualidades importantes como un excelente rendimiento debido a que cuenta con un procesador de doble núcleo de hasta 2.8 GHz y 2MB de caché con capacidad de actualización de cuatro núcleos. Además de esto, brinda flexibilidad, es decir, dependiendo de las necesidades se puede expandir o incrementar las capacidades de sus componentes. También es fácil de instalar y ejecutar.

La memoria, la tecnología E/S (entrada/salida) y la capacidad de almacenamiento interno de 1.5 TB que proporciona el servidor PowerEdgeT105 lo convierte en la mejor opción para los negocios pequeños que requieren un alto funcionamiento para las aplicaciones dedicadas.

Para obtener más información acerca de las especificaciones técnicas ver Anexo 2.

⁴⁵ Las especificación técnicas del EITV Payout Professional se encuentran en el ANEXO 4

5.1.2 Tarjeta Moduladora DTA-115

La tarjeta DTA-115 es básicamente un modulador multi-estándar con VHF/UHF *upconverter*⁴⁶, lo cual representa una ventaja representativa frente a los otros modelos de tarjetas moduladoras como la DTA-110 o DTA-111, también utilizados. Sus principales características son:

- Modulador multi-estándar, entre los cuales se encuentran el estándar ATSC, DVB, ISDB-T.
- Proporciona soporte para la mayoría de los tipos de modulación basados en QAM, OFDM y VSB.
- Soporta todos los modelos de constelación y modulación para cada estándar de TV Digital determinados previamente en las especificaciones de la tarjeta.
- Brinda una conversión ascendente (*upconverter*) de todos los canales que se encuentran entre los 47 hasta 862 MHz, cubriendo toda la banda VHF y UHF.
- La salida del amplificador posee un atenuador programable que varía de 0 – 31.5 dB en pasos de 0.5 dB.
- El API es compatible con otros adaptadores de salida de video digital DekTec.

Para obtener más información acerca de las especificaciones técnicas ver Anexo 3.

⁴⁶ UP CONVERTER.- convierte las imágenes que se encuentran en definición estándar (SDTV) a alta definición (HDTV), independientemente de la resolución de la fuente de video. En general, es un dispositivo que a la entrada tiene un determinado rango de frecuencias (VHF: 30 MHz-300 MHz) y a la salida proporciona frecuencias superiores (UHF: 300 MHz- 3GHz).

5.1.3 Set Top Box–XPS-1000



Figura. 5.1. Set-Top box XPS-1000

El origen de fabricación de este set-top box es Brasil y fue creado exclusivamente para el estándar ISDB-T. Sus especificaciones técnicas se indican en el Anexo 5.

5.1.4 HD IPTV Set Top Box–N86091



Figura. 5.2. HD IPTV Set-Top box

La serie N86091 especifica una línea de set-top boxes de alta definición para IpTV, los mismos que permiten recibir contenidos de audio/video tanto en SD como en HD. Este

contenido puede estar basado en MPEG-2, H.264/AVC y WMV9/VC-1⁴⁷ (opcional). Además, posee una amplia variedad de interfaces de hardware que están disponibles, entre las que se encuentran YPbPr, HDMI, CVBS⁴⁸ o SCART, S-Video, S/P DIF⁴⁹ y RCA⁵⁰. También brinda una interfaz gráfica (GUI), lo cual le permite al usuario desarrollar nuevas experiencias con los servicios interactivos que se ofrecen.

Para obtener más información acerca de las especificaciones técnicas ver Anexo 6.

5.1.5 Televisor

Con el objetivo de poder visualizar una imagen nítida y de alta calidad, para de esta forma aprovechar todas las bondades que la televisión digital nos ofrece, el televisor empleado debe cumplir con las siguientes características:

- Razón de aspecto de la pantalla 16:9, resolución Full HD (1920x 1080), lo cual determina la calidad de la imagen.
- La reproducción de la imagen debe ser de tipo 1080p, la p indica un sistema de escaneo progresivo, el mismo que genera una mejor imagen y no produce cansancio ocular.
- Entradas HDMI⁵¹ que sirven para conectar dispositivos como PC, reproductores de video, entre otros sin tener pérdida de señal.

⁴⁷ WMV9/VC-1.- VC-1 es un códec de video que fue implementado por Microsoft como Windows Media Video (WMV) 9 para la entrega de contenido en alta definición (HD).

⁴⁸ CVBS.- *Composite Video Blanking and Sync*. También llamado Video Compuesto.

⁴⁹ S/PDIF.- Formato de Interfaz Digital Sony/Philips. Consiste en un protocolo a nivel de hardware para la transmisión de señales de audio digital estéreo moduladas en PCM (modulación por codificación de pulso) entre dispositivos y componentes estereofónicos.

⁵⁰ RCA.- es un tipo de conector eléctrico utilizado en el mercado audiovisual.

⁵¹ HDMI.- High-Definition Multimedia Interface.

- Sintonizador de televisión analógica estándar NTSC. También cuenta con un sintonizador de TV Digital para el estándar ATSC, esto no es un problema debido a que se tiene un sintonizador externo que es el set-top box.
- Soporta Guía Electrónica de Programación y función de colocar subtítulos.
- Bandas de operación (para sistemas analógicos y digitales) en VHF y UHF.
- Con respecto al video, debe poseer la capacidad de recibir las señales con las diferentes resoluciones emitidas por los operadores de televisión.
- Decodificación de audio MPEG-2 y MPEG-4 AAC.

5.1.6 Tarjeta de TV Digital

GENIATECH X8507: es una tarjeta de tipo PCI que permite acceder a la televisión digital (ISDB-T), televisión analógica y a radio FM desde una PC. Además brinda la opción de grabar y almacenar directamente los programas de TV en un archivo MPEG-2 TS. Las funcionalidades que presenta son las siguientes:

- Permite mirar TV Digital (ISDB-T Full Seg), TV analógica, y programas de radio FM en la PC.
- Búsqueda automática de canales y reconocimiento del nombre de cada canal.
- Soporta S-Video⁵², Componentes YPbPr⁵³, video compuesto⁵⁴ y captura de audio tipo estéreo.

⁵² S-VIDEO.- Video separado, es un tipo de señal analógica que tiene mayor calidad que el video compuesto, debido a que el televisor dispone por separado de la información de brillo y color.

⁵³ YPbPr.- designa las componentes del espacio de color RGB utilizadas en el tratamiento de la señal de video analógica.

⁵⁴ VIDEO COMPUESTO.- es una señal de video analógica en la que se codifica la imagen en sus diferentes componentes de luz y color añadiendo sincronismos necesarios para su posterior reconstrucción.

- Funcionalidad total del control remoto.
- Función de *time-shifting* o grabación de un programa de televisión o radio para su posterior visualización o escucha.

GENIATECH S870: es un sintonizador de televisión de tipo USB que soporta el estándar ISDB-T. Este dispositivo con un diseño pequeño y compacto convierte una PC en un centro multimedia digital portable. Sus características son las siguientes:

- Permite mirar TV ISDB-T (SD y HD) en la PC. Además brinda funciones de rebobinado y avanzado rápido en programas de TV en vivo y la opción de grabarlo.
- Tiene EPG y realiza una búsqueda automática de canales y estaciones de radio.
- Permite programar un horario para la grabación de un determinado programa de TV y lo guarda directamente en el disco duro de la PC.
- Funcionalidad total del control remoto.
- Software incluido.

5.2 ELEMENTOS DE SOFTWARE

Tabla. 5.2. Componentes de Software

COMPONENTE	ELEMENTO EMPLEADO
Servidor de Aplicaciones	<i>Servidor de Archivos:</i> ProFTPD
	<i>Servidor Web:</i> Apache Tomcat V6.0
Servidor de Playout	OpenCaster 2.4

Emulador STB	Ginga-NCL Emulator Ginga-NCL Virtual STB
Herramientas para la creación de aplicaciones interactivas	Eclipse Composer

5.2.1 Servidor FTP

Para la administración y centralización de las aplicaciones desarrolladas se vuelve indispensable el uso de un servidor ftp. El protocolo de transferencia de archivos (FTP) es un protocolo de tipo TCP (Protocolo de control de transmisión) que tiene por objetivo facilitar la subida y descarga de archivos entre diferentes ordenadores. FTP trabaja en un modelo cliente/servidor. El componente del servidor es llamado FTP *daemon*, el cual continuamente escucha si existen peticiones FTP por parte de clientes remotos. Cuando una petición es recibida, se realiza una autenticación o *login* y se establece la conexión.

El acceso a un servidor FTP se puede realizar de dos formas:

- Anónimo
- Autenticado

En el modo anónimo, los clientes remotos pueden tener acceso al servidor FTP empleando la cuenta de usuario por defecto llamada “*anonymous*” o “*ftp*” y enviando una dirección email como la contraseña. En cambio, si se tiene en modo autenticado, el usuario debe poseer una cuenta y una contraseña. El acceso de los usuarios a los directorios y archivos del servidor dependen de los permisos definidos por la cuenta utilizada al momento de la autenticación.

Existen varios servidores ftp para Ubuntu como vsftpd, proFTPD entre otros, cuya instalación y administración es sencilla. En este caso se empleará proFTPD, el cual es un servidor ftp diseñado para sistemas operativos basados en Linux y Unix. ProFTPD utiliza solamente un archivo de configuración “/etc/proftpd.conf”, el mismo que es muy similar al archivo de configuración de Apache. Este archivo puede ser utilizado para configurar rápidamente múltiples servidores virtuales FTP.

5.2.2 Servidor Web: Apache tomcat v6.0

Apache Tomcat es un contenedor web que permite entregar Java Servlets y aplicaciones web JSP (*Java Server Pages*). Además, incluye herramientas para la configuración y administración de las aplicaciones así como también puede ser configurado para editar archivos XML.

Eclipse permite crear y correr aplicaciones web J2EE, para lo cual es necesario instalar apache tomcat y el *plugin* correspondiente a las herramientas web WTP (*Web Tools Platform*). El primer paso a realizar es definir un “*server runtime environment*” el cual proporciona el ambiente, librerías y la infraestructura que un “servidor” necesita, en este caso establecemos como *server runtime* a Apache Tomcat v6.0. A continuación, se crea un servidor, el cual es una instancia perteneciente al *server runtime* que puede alojar aplicaciones web y otros componentes. Se procede a crear un proyecto web y dentro de él un *servlet*, donde se programa la aplicación que se desea desplegar. Finalmente se ejecuta el servidor Tomcat y está listo para presentar las aplicaciones desde cualquier navegador web.

5.2.3 OpenCaster 2.4

OpenCaster es un software de fuente libre y abierta que permite generar el flujo de transporte MPEG-2 (*Transport Stream*) de datos además de ser un manipulador de paquetes. Este sistema posee herramientas para generar, procesar, multiplexar, presentar y transmitir contenido de tipo MPEG-2 *transport stream*.

El *transport stream* (cuyas extensiones de archivos usualmente son .TP, .TS, .MPEG-TS, o .M2T) es un protocolo de comunicación para audio, video y datos, los cuales están especificados en MPEG-2 (ISO/IEC estándar 13818-1). Las entradas para el sistema son de audio y video, las mismas que pueden provenir de: archivos almacenados en un disco duro, desde un servidor ftp, una señal de satélite o desde un firmware que utilice un estándar DV (Video Digital).

Para la salida del TS, el servidor presenta dos configuraciones: Para integración de redes DVB que presentan una salida de tipo DVB-ASI⁵⁵(Digital Video Broadcasting – Asynchronous Serial Interface) o la otra opción es la conexión a un modulador DVB-T. Además, para la salida del MPEG-2 *Transport Stream* sobre UDP (IPTV) también son válidas las dos configuraciones antes mencionadas.

La salida mediante DVB-T puede ser directamente recibida por Set-top boxes de bajo costo o televisores digitales con decodificadores de hardware y un sintonizador de DVB integrado.

Los atributos que diferencian a la configuración DVB-ASI de la DVB-T radican en que ofrece soporte para la transmisión avanzada de datos a través de DSMCC e IP sobre *transport stream* (IP-MPE) y televisión interactiva.

Se debe tomar en cuenta que OpenCaster opera sobre un sistema Linux Debian estable, con un kernel personalizado y atributos web GUIs para la programación de eventos y videos.

⁵⁵ DVB-ASI está diseñado para transportar streams de video MPEG-2, principalmente para aplicaciones de televisión, hasta los 270 Mbps.

Características de OpenCaster

La versión 2.4 agrega soporte para BISS y entrada de remultiplexación básica.

Características de la versión 2.2:

- Multiplexación y encapsulación AC3⁵⁶ para soportar sonido 5.1.
- Soporte para teletexto⁵⁷.
- Emisión sin cortes de los videos codificados en MPEG-2 que se encuentren fuera de línea.
- Tiene un operador ip *multicast* para servicios de IPTV.
- Exitosa integración con productos Cisco/Scientific Atlanta, Ericsson/Tandberg, Eurotek, Harmonic/Scopus, Mitan, MainConcept, Screen Service.
- Probado con Rohde & Schwarz DVM100L⁵⁸.

Que se puede hacer con OpenCaster:

- Crear tablas PSI/SI
- Emitir sin problemas todo tipo de archivo (datos, audio y video cuando está correctamente codificado)
- Manipulación en tiempo real del TS almacenado en el disco duro.

⁵⁶ AC3.- es un formato de audio. El códec de audio AC3 es uno de los codecs de sonido para uno de los formatos más utilizado el AC3 y el sonido AC3 es en general el sonido de 5.1 canales en que viene la mayoría de DVD.

⁵⁷ TELETEXTO.- es un sistema electrónico de comunicaciones en el cual la información es transmitida por la señal de televisión a los establecimientos equipados con decodificadores.

⁵⁸ Rohde & Schwarz DVM100L.- sistema de monitoreo de MPEG-2. Ideal para operar redes, monitorear y analizar el flujo de transporte y contenidos.

- Transformación de los archivos de sistema en carruseles DSMCC⁵⁹ (MHP, MHEG, OTA)
- Generar muchos otros flujos de datos transportados en un TS. OpenCaster no es un codificador MPEG de audio y video.
- Multiplexar la constante tasa de bit (CBR) del flujo de transporte.
- Salida a DVB-ASI con PCI⁶⁰ y tarjetas de hardware USB.
- Salida a DVB-S, DVB-T y DVB-C con tarjetas de hardware Dektec DTA110T.

Creación del transport stream

Un *transport stream* (TS) está conformado por paquetes, un paquete es la mínima unidad que no puede ser dividida, tiene una longitud fija de 188 bytes y siempre empieza con un byte de sincronización (0x47). Cada tabla o *stream* elemental en un *transport stream* es identificado por un PID de 13 bits. Un demultiplexor extrae los streams elementales agrupándolos de acuerdo a su PID. En la mayoría de las aplicaciones, se utilizará la multiplexación por división de tiempo para determinar la frecuencia con la cual un PID en particular aparece en el *transport stream*.

El TS tiene una forma lógica para transportar el contenido, principalmente con el concepto de programas. Un programa es descrito por una tabla de mapa de programa (PMT), la cual tiene un único PID, y todos los *streams* elementales asociados con ese programa específico tienen PIDs enlistados en la PMT. Por ejemplo, un *transport stream* utilizado en televisión digital puede contener tres programas, que representan tres “canales” de televisión. Suponiendo que cada canal consiste en un *stream* de video, uno o dos *streams* de audio, y cualquier metadato necesario, cuando el receptor desee

⁵⁹ DSMCC.- Medios de comando y control de la memoria numérica, es un conjunto de herramientas para el desarrollo de canales de control asociados con flujos MPEG-1 y MPEG-2. DSM-CC también puede ser usado para controlar la recepción del video.

⁶⁰ PCI.- Interconexión de componentes periféricos, consiste en un bus de ordenador estándar para conectar dispositivos periféricos directamente a su placa base.

decodificar un “canal” en particular, simplemente tiene que decodificar los *payloads* de cada PID asociado con su programa y descartar los contenidos de todos los otros PIDs.

Para presentar la salida del TS utilizando el modulador DVB-T, se emplea la herramienta DtPlay seguida de las especificaciones correspondientes a la modulación. Si se utiliza una salida de tipo DVB-ASI se requiere especificar la tasa de bit.

5.2.4 GINGA-NCL VIRTUAL STB

El Set-top Box Virtual Ginga-NCL es una maquina virtual construida con el objetivo de facilitar el proceso de distribución e implantación de Ginga-NCL versión C++, esta versión de reproductor de archivos NCL cuenta con los más avanzados recursos en cuanto a la presentación de aplicaciones declarativas se refiere, además de que su desempeño se aproxima mucho a lo que sería un set-top box real.

El uso de una maquina virtual se vuelve indispensable cuando se desarrollan aplicaciones que tienen un nivel de complejidad elevado y son imposibles de compilar en cualquier otro emulador como Ginga-NCL-Emulator. La maquina virtual fedora-fc7-ginga-i386 fue creada y configurada por el equipo del Laboratorio TeleMidia de la PUC-RIO empleando el software VMWare.

VMWare es un sistema de vitalización por software, es decir es un programa que simula un sistema físico: un ordenador, un hardware, y en este caso un STB. Cuando se ejecuta este programa simulador, proporciona un ambiente de ejecución similar al que encontraríamos en un STB físico. El sistema operativo instalado es Linux, distribución Fedora Core 7 y la instalación fue optimizada para incluir solamente los paquetes de software esenciales para el desarrollo del middleware Ginga y para la ejecución del *gingaNclPlayer* versión C++.

Las principales ventajas que presenta la maquina virtual Ginga son:

- Fácil instalación, porque todo está listo, no se requieren configuraciones de kernel o

boot.

- Portabilidad entre diferentes sistemas operativos.
- Presenta un excelente ambiente para la realización de pruebas y el despliegue de aplicaciones tanto en NCL como en NCLua.
- Posee un ambiente completo para los desarrolladores del middleware.

Se debe tener en cuenta que el STB virtual viene pre-configurado con una resolución baja de 640x480, para de esta forma optimizar el uso del CPU. Sin embargo, se puede modificar dependiendo de las necesidades del usuario.

Los requisitos de hardware para el funcionamiento del Set-top Box Virtual Ginga-NCL son:

- Arquitectura Intel.
- Pentium 4.3 Ghz o superior. Se recomienda el empleo de una PC de doble núcleo.
- Memoria RAM de 1 Gb o superior. 2Gb recomendado.
- Tarjeta aceleradora de Video de 64 Mb o superior.
- Disco duro con 5GB libres.
- Tarjeta de sonido.

Los requisitos de software son:

- Sistema operativo: Windows XP, Linux o Mac OS X.
- Software de virtualización: VMWare Player (Windows o Linux) o VMWare Fusion (Mac OS X).

Para ejecutar Ginga-NCL Virtual STB primero se debe instalar en eclipse el *plugin*

RSE (Explorador de Sistemas Remotos), el cual proporciona un conjunto de herramientas necesarias para el trabajo y la conexión con diferentes sistemas remotos, incluyendo SSH y FTP. Después se procede a instalar VMWare y a cargar la máquina virtual de Ginga. Una vez que se tiene todo instalado solo falta establecer una conexión SSH para acceder al STB Virtual, el protocolo SSH (*Secure Shell*) sirve para acceder a máquinas virtuales remotas a través de una red. La conexión SSH se debe establecer desde eclipse, ingresando la dirección ip que es proporcionada por el Ginga-Set top box virtual. Como se indica en la Figura 5.3.



Figura. 5.3. Ginga-NCL virtual STB

Se establece la conexión indicando el usuario y la contraseña, que son *root* y TELEMIDIA respectivamente y a continuación se abre un terminal desde eclipse para correr la aplicación.

Para obtener más información acerca de los pasos a seguir para la instalación del Ginga-NCL Virtual STB ver Anexo 7.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- La televisión digital, es un sistema digital que consiste en transmitir, ya sea por aire, cable o satélite, la señal de audio y video con una alta resolución a los usuarios, mejorando dramáticamente la calidad de la imagen que se tiene con la televisión analógica. Una de las principales ventajas que presenta la TV digital es que se multiplica la capacidad de canales o programas en el mismo ancho de banda, así como también posee la capacidad de transmisión de imágenes de Alta Definición, sonidos en Surround Sound 5.1, transmisión múltiple de canales (“*multicasting*”), transmisión de datos a alta velocidad y una mayor relación de aspecto que equivale a la imagen en pantalla más ancha.
- Lo que destaca a ISDB-T es su robusto sistema de transmisión, debido a que emplea OFDM y *time interleaving*, el sistema está diseñado para brindar una alta calidad en cuanto a la transmisión de video, audio y datos se refiere. Esto permite transmitir simultáneamente en un canal HDTV (o múltiples canales en SDTV) y One-Seg (servicio de televisión portable). ISDB-T está proyectado para proporcionar flexibilidad, escalabilidad e interoperabilidad, además que permite obtener una recepción de televisión digital en dispositivos fijos, móviles y en el interior de vehículos.

- Un aspecto importante del estándar SBTVD es el uso de un entrelazamiento, que puede configurarse para un intervalo más largo que el del estándar DVB-T, eliminando de esta forma una de las debilidades de la norma europea, sensibilidad al ruido impulsivo.
- ISDB-Tb es un sistema basado en el estándar japonés ISDB-T, donde las diferencias más relevantes son el empleo de tecnologías de compresión de video y audio más avanzadas (H.264 / HE-AAC) que las utilizadas en Japón (MPEG-2 / MPEG L2), el middleware totalmente innovador y desarrollado en Brasil, y la parte de protección del contenido. En cuanto a la modulación en los dos sistemas es idéntica.
- Para el transporte de flujos de datos todos los estándares de TV digital utilizan la plataforma MPEG-2, por lo cual desde el punto de vista teórico permiten tipos de servicios muy similares. Esto es, tienen la flexibilidad suficiente para transportar flujos de datos que permiten entregar una diversidad de servicios a los usuarios. Por esta razón es que las principales diferencias entre estas normas, se generan de características intrínsecas de las portadoras, robustez de la recepción y la eficiencia en el uso del ancho de banda del canal de transmisión.
- De acuerdo con los atributos presentados referentes a los diferentes estándares de televisión digital se concluye que el estándar europeo (DVB-T) y el estándar japonés (ISDB-T) presentan mejores resultados que el estándar americano (ATSC). Ambos estándares han mostrado un mejor desempeño en áreas altamente pobladas, además de entregar una señal fuerte y con un bajo nivel de interferencia. El desempeño mejorado de ISDB-T está relacionado con otros factores como la recepción de la señal; altas tasas de inmunidad al ruido y flexibilidad con respecto a aplicaciones tecnológicas, como *broadcasting* de sonido e imágenes y la recepción móvil y/o portátil.
- Debido a que los usuarios tienen múltiples programas para elegir en un solo *transport stream*, un decodificador debe ser capaz de ordenar rápidamente y acceder al video, audio y datos de los programas. Las tablas PSI (Información

específica de programa) juegan un papel importante, debido a que actúan como tablas de contenidos, proporcionando los datos necesarios para encontrar cada programa y presentarlo al espectador. Estas tablas le ayudan al decodificador a localizar el audio y video de cada programa, así como también en la verificación de los derechos de acceso condicional (CA).

- En estos últimos años diversos países en el mundo han iniciado el proceso de adopción e implantación del estándar de TV Digital más apropiado para su nación. Por su parte, El Ecuador tras casi dos años de pruebas y estudios de factibilidad de los diferentes estándares que existen, adoptó el sistema japonés-brasileño (ISDB-T/SBTVD), el cual se adapta mejor a la geografía y necesidades del país, además de que presenta varias ventajas por utilizar el sistema de compresión y codificación MPEG-4. ISDB-T permite la optimización del uso del espectro radioeléctrico nacional, debido a que en la actualidad se le designa una banda de 6 a 8 MHz, y con la tecnología TDT, en este mismo ancho de banda podrían operar hasta 8 canales. Además, presenta una mejora en cuanto a la calidad y nitidez de la imagen, permite la interactividad entre los operadores y los usuarios, y supera las dificultades y limitaciones en la emisión de la señal televisiva que se presenta con el sistema analógico.
- La tecnología de compresión MPEG-4 trae consigo un nuevo horizonte de negocios y servicios, especialmente para terminales móviles. Por lo tanto, las empresas de telecomunicaciones tendrán la oportunidad de completar el Triple Play y con el sistema Wireless el cuádruple Play.
- En la actualidad, donde se busca conseguir una convergencia IP, la oportunidad de entregar contenidos televisivos a través de la Internet abre un nuevo mercado y con él nuevas opciones de entretenimiento y servicios para los usuarios. El objetivo de los operadores de telecomunicaciones es utilizar la infraestructura ya existente y ofrecer un conjunto de servicios que comprende video, voz y datos, es decir el conocido servicio Triple Play.

- Para la transmisión de IPTV desde el servidor hasta el usuario final, se pueden emplear diversas tecnologías, tanto cableadas como inalámbricas. La elección de una determinada tecnología va a depender de las necesidades, ubicación, requerimientos y otros aspectos que son especificados por el cliente. En cuanto a las tecnologías cableadas una de la más utilizada es Ethernet, la cual funciona de forma satisfactoria en redes LAN. Sin embargo, cuando el despliegue de cobre, cable o fibra óptica no es posible o representa un costo por usuario muy elevado en zonas rurales, la opción de emplear WIMAX como una plataforma para transportar contenido de IPTV se vuelve una solución viable que ofrece mayor cobertura y anchos de banda superiores, además de poseer otras ventajas como maximizar el número de subscriptores, soportar futuras tendencias entre otras.
- Una de las expectativas que se tiene de la TV Digital es poder obtener el nivel más elevado posible de interactividad y el desarrollo de nuevas aplicaciones que brinden entretenimiento, educación, cultura y además contribuyan para la formación de una sociedad capaz de enfrentar los desafíos actuales, donde la información y el conocimiento son cada vez mas impredecibles para el progreso económico y el bienestar social.
- El canal de retorno es una parte fundamental en la TV Digital Interactiva y la tecnología implementada para el mismo define atributos importantes como la tasa máxima de transferencia, costo, etc. Sin embargo, no existe una única solución para el canal de retorno porque las condiciones de cada región son diferentes, por lo cual al momento de definir una tecnología específica se debe realizar un estudio de factibilidad para elegir la opción más óptima.
- Hoy en día, algunas aproximaciones del cálculo de ancho de banda deben cubrir las implicaciones actuales para la planificación del despliegue de IPTV, una de ellas es la tecnología de compresión y codificación a emplearse. Además, para determinar los anchos de banda que serán utilizados se debe tomar en cuenta los servicios que se van a ofrecer: vídeo, VoIP, transferencia de datos, etc.

- El middleware se vuelve necesario para resolver el nuevo paradigma que fue introducido con la TV Digital que es la combinación de la televisión tradicional (*broadcast*) con la interactividad, textos y gráficos. Esta interactividad requiere de varias características y funcionalidades, encontradas en el ambiente WEB: representación gráfica; identificación del usuario; navegación y un ambiente amigable, entre otras.
- El Sistema Brasileño es, actualmente, el más avanzado sistema de TV Digital terrestre, no sólo por usar las tecnologías más avanzadas en cuanto a codificación de audio y video, sino, también por disponer de tecnologías innovadoras, como es el caso de su middleware Ginga.
- Los componentes que conforman la infraestructura de una red para el desarrollo y despliegue de TV Digital Interactiva, son básicamente cinco: PC de Producción y Desarrollo, Servidor de Aplicaciones, Servidor de TV, STB y Televisor.
- La característica primordial que debe cumplir el PC de producción y desarrollo es contar con un nivel de procesamiento y memoria elevada y una capacidad de almacenamiento mediana, debido a que en él se realizará la creación de los contenidos y aplicaciones. Esto implica que debe almacenar gran cantidad de archivos de audio y video pregrabados además de imágenes e información adicional para el diseño. La velocidad de procesamiento también juega un papel fundamental al momento de compilar los programas y asegura una mayor eficiencia en el trabajo.
- El Servidor de Aplicaciones y el Servidor de TV pueden unirse en un solo bloque pero se debe considerar que las características de la PC deben ser superiores en cuanto a procesamiento y capacidad de almacenamiento se refiere (un procesador de cuatro núcleos sería lo indicado si se tiene un nivel elevado de procesamiento), porque aquí se va a almacenar archivos de video en alta definición, audio, animaciones y demás componentes que forman parte de las aplicaciones interactivas desarrolladas. También se debe considerar que el Servidor de TV está formado por el Servidor Playout y la etapa de modulación por lo cual aquí se

realizan tareas que demandan gran cantidad de procesamiento y un funcionamiento continuo.

- El Servidor de Aplicaciones principalmente cumple la función de centralizar las aplicaciones desarrolladas para que posteriormente sean procesadas con el objetivo de que se pueda realizar la transmisión. Por lo tanto, este servidor debe poseer capacidades altas de almacenamiento.
- El Servidor de TV juega un papel sumamente importante porque está formado por el servidor de Playout y una etapa de modulación. En el Servidor de Playout se genera el *transport stream* MPEG-2, el cual posteriormente será modulado, empleando una tarjeta moduladora, para su transmisión.
- El Servidor de Playout está conectado vía PCI a la tarjeta moduladora, los cuales en conjunto se encargan de generar el TS. Actualmente, solo es posible generar el *transport stream* mediante software con el empleo de la herramienta OpenCaster.
- A diferencia de los otros sistemas de middleware, el ambiente declarativo de la arquitectura Ginga, se basa en un lenguaje estructurado, lenguaje NCL. Este lenguaje declarativo es único, y ningún otro ofrece un conjunto de atributos tan importantes en el dominio de la televisión Digital. Estos atributos son:
 - ✓ Es basado en estructuras;
 - ✓ Proporciona soporte para las especificaciones relacionadas con la sincronización espacio-tiempo;
 - ✓ Brinda soporte para la presentación en múltiples dispositivos de forma simultánea;
 - ✓ Puede manipular tanto variables globales como locales;
 - ✓ No limita o restringe el tipo de objetos multimedia o contenido a utilizar, por lo cual se puede integrar documentos basados en HTML;

- ✓ Permite la edición en vivo, por medio de comandos de *stream* de evento;
 - ✓ Proporciona soporte para objetos que contienen código procedural (NCLua y NcLet); y
 - ✓ Brinda un lenguaje de *scripting* muy poderoso.
-
- El middleware Ginga se puede instalar fácilmente en una PC con el objetivo de emular el comportamiento de un receptor de televisión digital interactiva, y de esta forma desplegar aplicaciones Ginga en un entorno de PC.
 - Para efectos de prueba resulta de mucha utilidad tener un componente de software que permita visualizar como quedaría desplegada una aplicación interactiva sin necesidad de tener el televisor. Existen varias formas de correr aplicaciones Ginga en un PC pero las más recomendadas son realizar una instalación nativa o levantar una máquina virtual con Ginga pre-instalado. La primera alternativa tiene la ventaja de proporcionar simplicidad en el manejo de archivos y presenta una mejora considerable en la velocidad de la PC, pero su instalación no es sencilla, por otro lado, el levantar una máquina virtual es sumamente sencillo y se obtienen buenos resultados, el único problema es el conflicto con el manejo de archivos.
 - El *set-top box* tiene la función de convertir las señales digitales recibidas en señales analógicas, para que de esta forma una televisión analógica pueda actuar en un escenario totalmente digital. En el caso de que el sistema digital proporcione algún servicio de interactividad, el set-top box deberá tener una forma de enviar los datos del usuario hacia la emisora, este canal de comunicación es denominado “canal de retorno o canal de interactividad”.
 - Para la creación del *Transport Stream* MPEG-2, el software de fuente libre y abierta, OpenCaster proporciona las herramientas necesarias para generar, procesar, multiplexar, presentar y transmitir contenido, pero requiere de una tarjeta moduladora conectada a la PC. De igual forma existe un equipo de hardware llamado EITV Playout Profesional, el cual trabaja bajo la norma brasileña y está

diseñado específicamente para su operación en emisoras generadoras de TV Digital, su ventaja es que posee seis equipos en uno desde servidor de audio MPEG-4 AAC y video H-264; generador de PSI/SI y EPG; servidor de interactividad Ginga; multiplexor; generación de señales para HDTV, SDTV y 1-Seg; y modulador ISDB-T. El único problema de OpenCaster es que está creado para el estándar DVB, pero actualmente el LIFIA se encuentra realizando mejoras y adaptaciones para el sistema brasileño. Sin embargo, con la última versión de OpenCaster (2.4) se puede trabajar sin problemas bajo línea de comandos.

- Se debe tener en cuenta que todos los equipos de hardware y elementos de software soporten y trabajen bajo las especificaciones del estándar brasileño de TV Digital. Actualmente, ya existen televisores que poseen el sintonizador de televisión para ISDB-Tb pero todavía no está difundido en el mercado, por lo cual es indispensable la utilización del STB el cual debe soportar GINGA.
- La realización de este proyecto es de gran importancia para la Escuela Politécnica del Ejército debido a que el estándar brasileño de TV Digital, las normas, parámetros bajo los cuales trabaja y los elementos tanto de hardware como de software que intervienen en el funcionamiento del mismo, van a ser de valiosa utilidad en la aplicación de la red de Televisión Digital Interactiva a ser implementada en el Laboratorio de TV Digital del Departamento de Eléctrica y Electrónica.
- El presente proyecto asienta las bases para el desenvolvimiento de futuros proyectos de investigación sobre TV Digital con el fin de que la ESPE sea la pionera en el desarrollo de esta tecnología.

6.2 RECOMENDACIONES

- Pocos conocen lo que realmente representan los cambios que la TV Digital conlleva para la propia actividad en sentido práctico y la forma de aprovecharlos. Por esta razón, se recomienda el estudio a fondo y los efectos de este cambio porque es de vital importancia estar preparados para un futuro próximo.
- En un futuro cercano tendremos una red todo-IP, con la cual se podrá asegurar cierta homogeneidad en las redes de acceso, pero para desplegar estos servicios con éxito es importante diseñar una red estable y que cumpla con los requisitos necesarios para brindar un servicio de calidad a los usuarios.
- Para el dimensionamiento de la red y el cálculo de los anchos de banda necesarios se debe tener en cuenta el sistema de compresión a emplear ya que esto determina las tasas de transmisión requeridas tanto para SDTV como para HDTV.
- Actualmente, existen televisores HDTV que poseen un sintonizador digital incorporado por lo cual se recomienda verificar si el televisor que se va a adquirir posee un sintonizador de acuerdo con el estándar que ha sido o será adoptado, en el caso de Ecuador se necesita un sintonizador ISDB-T.
- La mejor forma de desplegar aplicaciones Ginga en una PC es levantando una máquina virtual con Ginga pre-instalado, como es el Set-Top Box Virtual Ginga-NCL, debido a que cuenta con los más avanzados recursos para la presentación de aplicaciones declarativas y su desempeño se aproxima mucho a lo que sería un set-top box real.
- Para el funcionamiento óptimo de todos los programas requeridos para la creación y prueba de contenidos interactivos para TV Digital, como son: OpenCaster, Eclipse, Composer y Set-top Box Virtual, se recomienda trabajar bajo ambiente Linux específicamente se trabajó con la distribución Ubuntu 9.10 de 32 bits, obteniendo excelentes resultados.

ANEXO 1

ESTÁNDAR	ADOPTADO EN	Ancho de Banda	Codec de Video	Codec de Audio	Modulación	Multiplexación y Transporte	Observaciones
ATSC	EE.UU, Canadá, Corea del Sur, México, Honduras y El Salvador.	6 MHz	MPEG-2	Estándar ATSC A/52 (Dolby Digital AC-3)	Radiodifusores terrestres: 8 VSB Estaciones de TV por cable: 16 VSB o 256 QAM	MPEG-2 TS	Para conseguir un sistema más robusto se emplea E-VSB.
DVB	En la totalidad de los países europeos, además de Panamá, Uruguay, Colombia.	7 u 8 MHz	MPEG-2	MPEG-2 y Dolby AC-3	COFDM, QPSK, 16 QAM y 64 QAM, modulación jerárquica.	MPEG-2 TS	Emplea redes SFN con el fin de aumentar la eficiencia del uso de los canales disponibles.
ISDB-T	Japón.	6 MHz	MPEG-2	MPEG-2 ACC	BST-COFDM con 13 segmentos de frecuencia DQPSK, QPSK, 16 QAM y 64 QAM Transmisión Jerárquica.	MPEG-2 TS	Emplea modulación OFDM, interleaving y códigos de corrección de errores. Soporta transmisiones jerárquicas y one-seg.
ISDB-Tb	Brasil, Perú, Venezuela, Chile, Argentina y Ecuador.	6MHz	H.264 (MPEG-4 parte 10)	HE-AAC	BST-COFDM	MPEG-2 TS	Poseen un middleware innovador y desarrollado en Brasil (Ginga). Emplea tecnologías de compresión de audio y video más avanzadas que las empleadas en Japón.

ANEXO 2

SERVIDOR

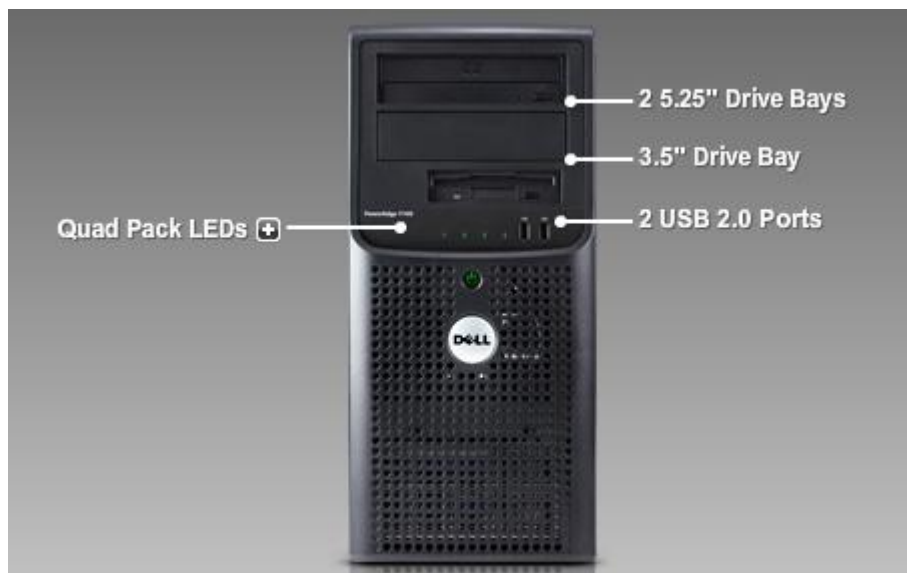
CARACTERÍSTICAS	SERVIDOR DELL POWEREDGE T105
Factor de forma	Solo para la torre
Procesadores	AMD Opteron serie 1000 único de hasta 2.8 GHz; AMD Sempron LE1250 único de 2.2 GHz
HyperTransport	HyperTransport de 2000MT/s
Caché	AMD Opteron de hasta 2 MB AMD Sempron de 512 K
Chipset	nVidia CK8-04 Pro
Memoria	512 MB – 8GB DDR ¹ 677/800
Ranuras E/S	Dos PCI Express x8; Un PCI Express; un PCI 32 bit/33 MHz, 5v
Controladora de unidad	SATA integrado; SAS opcional
Controladora RAID	SAS 6i/R opcional para SAS o SATA RAID
Soporte en cinta	DAT 72 (SCSI); RD 1000 externo
Compartimientos de unidades	2 SATA o SAS de 3.5” conectados 2 x 5.25” DVD-ROM opcional, CD-RW/DVD combo u opcionales TBU interna 1 unidad de disquete de 3.5”
Almacenamiento interno máximo	Hasta 800 GB; dos SAS de 400 GB conectados (10k rpm);

	Hasta 1.5 TB; dos SAS de 750 GB conectados (7.2 k rpm);
Discos duros²	SAS de 3.5" (15 k rpm); 73 GB, 146 GB, 300 GB; SAS de 3.5" (10 k rpm); 400 GB SATA de 3.5" (7.2 k rpm); 80 GB, 160 GB, 250 GB, 500 GB, 750 GB
Interfaces de red	Única Gigabit ³ NIC Integrada
Disponibilidad	Memoria ECC; controlador H/W RAID opcional (SAS 6i/R), LED de diagnóstico de cuatro paquetes
Administración de sistemas	Asistente del servidor Dell
Soporte del rack	Ninguno
Sistemas Operativos	Microsoft Windows Server 2003 R2, Standard Edition Microsoft Windows Server 2003 R2, 64-bit Edition Microsoft Windows Small Business Server 2003 R2, Standard Edition Microsoft Windows Small Business Server 2003 R2, Premium Edition Novell SUSE Linux Enterprise Server 10 x86-64 Red Hat Linux Enterprise v5

¹ La cantidad total de memoria utilizable disponible será menor, lo cual dependerá de la configuración real del sistema. Para utilizar más de 4 GB de memoria se requiere un sistema operativo de 64-bit.

² Para los discos duros, GB equivale a mil millones de bytes; la capacidad real variará con el material cargado previamente y el entorno operativo, por lo cual será menor.

³ Este término no implica una velocidad operativa real de 1 GB/seg. Para transmisiones de alta velocidad, se requiere la conexión a un servidor Gigabit Ethernet e infraestructura de red.



ANEXO 3

TARJETA MODULADORA

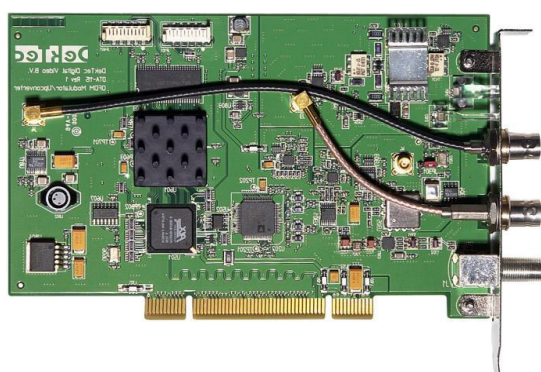
DTA-115

Modulator Multi-Standard with VHF/UHF Upconverter

- ✓ Supports many modulation standards
- ✓ Programmable output level
- ✓ Bi-directional DVB-ASI port

FEATURES

- Multi-standard modulator with support for most QAM-, OFDM- and VSB-based modulation standards
- Supports all constellations and modulation modes for each supported standard
- All-channel upconverter 47 .. 862MHz covering full VHF and UHF band
- Direct 12-bit I/Q sample ployout
- Output amplifier with programmable 0 .. 31.5dB attenuator in 0.5dB steps
- Use DTA-Plus to extend the output-level range to -110 .. +10dBm
- Independent bi-directional DVB-ASI port



APPLICATIONS

- Multi-standard test generator
- Modulator replacement
- RF output for your (OEM) application

- API is fully compatible with other DekTec digital-video output adapters

KEY ATTRIBUTES

Parameter	Value	
Frequency range	47 .. 862MHz \pm 1ppm	
Bandwidth	5.0 .. 8.0MHz	
MER (OFDM)	\approx 40dB	
Main output	Connector	50- Ω BNC
Return loss	15dB (47 .. 862MHz)	
Level (QAM)	-31.5 .. 0dBm \pm 2dB	
Level (OFDM)	-34.5 .. -3dBm \pm 2dB	
Phase noise	<-90dBc @ 10kHz	
Spectral purity	>50dB (47 .. 862MHz)	
Monitor output	Connector	75- Ω F
Return loss	15dB (47 .. 862MHz)	
Level (QAM)	-27.5dBm \pm 3dB	
Level (OFDM)	-30.5dBm \pm 3dB	
ASI	Connector	75- Ω BNC
Return loss	15dB (5 .. 270MHz)	
PCI compliancy	r2.2, 32-bit, 33/66MHz	

MODULATION STANDARDS

Modulation	Standard
ATSC VSB	ATSC A/53E
ADTB-T / DTMB	GB 20600-2006
DVB-C	EN 300 429
DVB-T / DVB-H	EN 300 744
DVB-T2	EN 302 755
IQ	Direct I/Q sample ployout
ISDB-T	ARIB STD-B31
QAM	J.83 Annex A/B/C

ANEXO 4

EITV PLAYOUT PROFESSIONAL

Es un conjunto de alta disponibilidad de equipos diseñados específicamente para su operación en emisoras generadoras de TV Digital, es totalmente compatible con el estándar brasileño de televisión digital SBDTV O ISDB-TB.

Este equipo ofrece la mejor relación costo-beneficio del mercado debido a que integra seis funciones diferentes que en general son realizadas por equipos específicos. EITV Playout Professional realiza las siguientes funciones:

- SERVIDOR SI⁶¹
- SERVIDOR EPG⁶²
- SERVIDOR DE SUBTÍTULOS
- SERVIDOR DE DATOS (GINGA/OAD)
- MULTIPLEXOR
- DE-MULTIPLEXOR

⁶¹ SI.- Servicio de información.

⁷⁶ EPG.- una guía electrónica de programas, en ella encontramos organizados de manera rápida y sencilla todos los canales que nos ofrece un distribuidor de televisión.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

SI SERVER

- Multiplexación SI de acuerdo con el estándar brasileño ABNT⁶³ NBR 15603⁶⁴;
- Generación de información para las tablas: PAT, PMT, NIT⁶⁵, EIT⁶⁶, SDT⁶⁷, TDT⁶⁸, TOT⁶⁹, BIT, SDTT y AIT⁷⁰;

⁶³ **ABNT.**- Asociación brasileña de normas técnicas.

⁶⁴ **ABNT NBR 15603.**- Es un documento técnico del estándar SBTVD que describe en detalle los aspectos correspondientes a multiplexación y servicios de información (SI). El documento está dividido en tres partes: servicios de información del sistema de radiodifusión, sintaxis y definiciones de información básica de SI y sintaxis y definición de la información extendida del SI.

⁶⁵ **NIT.**- Tabla de información de la red.

⁶⁶ **EIT.**- Tabla de información de eventos.

⁶⁷ **SDT.**- Tabla de descripción del servicio.

⁶⁸ **TDT.**- Tabla de fecha y hora. Esta tabla también permite la gestión conjunta de los eventos correspondientes a los servicios accesibles desde un único punto de recepción.

⁶⁹ **TOT.**- Time offset table.

- Configuración de la zona horaria para un ajuste automático del tiempo basado en UTC⁷¹;
- Configuración de las tablas que serán generadas en el flujo de transporte;
- Configuración del número de canal virtual;
- Configuración del servicio de id;
- Configuración de la tasa de repetición en milisegundos;

SERVIDOR EPG

- Multiplexación EPG de acuerdo con el estándar brasileño ABNT NBR 15603;
- Generación de **H-EIT**, **M-EIT** and **L-EIT**;
- Generación de EIT p/f y programación EIT para una guía de programación electrónica;
- Fecha, hora, duración, título, subtítulo e información acerca de la descripción del programa;
- Descriptores EIT (eventos cortos, supervisión de los padres, componente de audio, control de copias digitales);
- Actualización automática de la tabla EIT basado en un archivo XML y protocolo FTP;
- Sincronismo de reloj externo por NTP;

SERVIDOR DE SUBTÍTULOS

- De acuerdo con los estándares ABTN NBR 15606-1 y ARIB STD-B24 VOL1 PARTE 3;
- Generación de subtítulos en tiempo real;

⁷⁰ AIT.- Tabla de información de aplicaciones.

⁷¹ UTC.- Universal *Time* Coordinated.

- Soporta subtítulos en los modos de roll-up y pop-up;
- Entrada de la señal de tipo serial (EIA-608⁷²) desde una interfaz RS-232;
- Configuración tipo PID para el flujo de salida de los subtítulos.
- Configuración de idioma.
- Soporta la generación de flujos múltiples simultáneos de subtítulos (HD, SD, 1SEG, multi-idioma).
- Generación PTS⁷³ para la sincronización del flujo de audio y video.
- Multiplexación de las salidas en tiempo real a través de la interfaz ASI;

SERVIDOR DE DATOS (GINGA/OAD)

- Codificación de datos de acuerdo con el estándar brasileño ABNT NBR 15606;
- Generación del carrusel de objetos DSM-CC (Control y mando de medios de almacenamiento digital);
- Soporte de aplicaciones Ginga-J, Ginga-NCL y GEM;
- Generación del carrusel de datos DSM-CC;
- OAD: actualización de software por aire mediante un receptor;
- Generación de tablas SDTT⁷⁴, DII y DDB por OAD;
- Soporta dos modelos de OAD;
- Inserción en tiempo real del carrusel de objetos/datos en el flujo de transporte;
- Configuración del id de organización y de aplicación;
- Configuración de opciones de auto inicio;
- Descriptores de datos (tag de asociación, tag de componente, id de carrusel, id de datos de broadcast);
- Descriptores AIT (señalización de aplicación, protocolo de transporte, descriptor de aplicación, código de control);

⁷² **EIA-608.**- También conocido como "line 21 captions", es el estándar para subtítulos del NTSC (Comité del sistema nacional de televisión) en Estados Unidos y Canadá. Fue desarrollado por la Alianza de industrias Electrónicas (EIA).

⁷³ **PTS.**- Marcador de tiempo de presentación, indica el instante en el cual una unidad de acceso debe ser removida desde el buffer del receptor, instantáneamente decodificada y presentada para su visualización.

⁷⁴ **SDTT.**- Tabla de activación de descarga de software.

- Descriptores GINGA (banderas opcionales, resolución de documento, contenido ID, versión por defecto, idioma).
- Configuración de la tasa de transmisión de bit;
- Configuración de PIDs para AIT y flujo de datos;
- Generación de flujo de eventos DSM-CC;
- Descarga automática de aplicaciones basadas en archivos XML y protocolo FTP;
- Programación automática de la transmisión de aplicaciones, inicio y parada de XML;
- Programación automática de la transmisión del flujo de eventos por XML;

MULTIPLEXOR

- Multiplexación del flujo de transporte de acuerdo con el estándar brasileño ABNT NBR 15603;
- Más de 8 entradas ASI independientes para multiplexación en tiempo real;
- Integración con codificadores externos a través de entradas ASI;
- Multiplexación automática de audio/video, SI, EPG, subtítulos y carrusel de objetos;
- Filtrado PIDs, regeneración de tablas TS o BTS y datos en tiempo real;
- Entradas TS o BTS en tiempo real sobre la interfaz ASI;

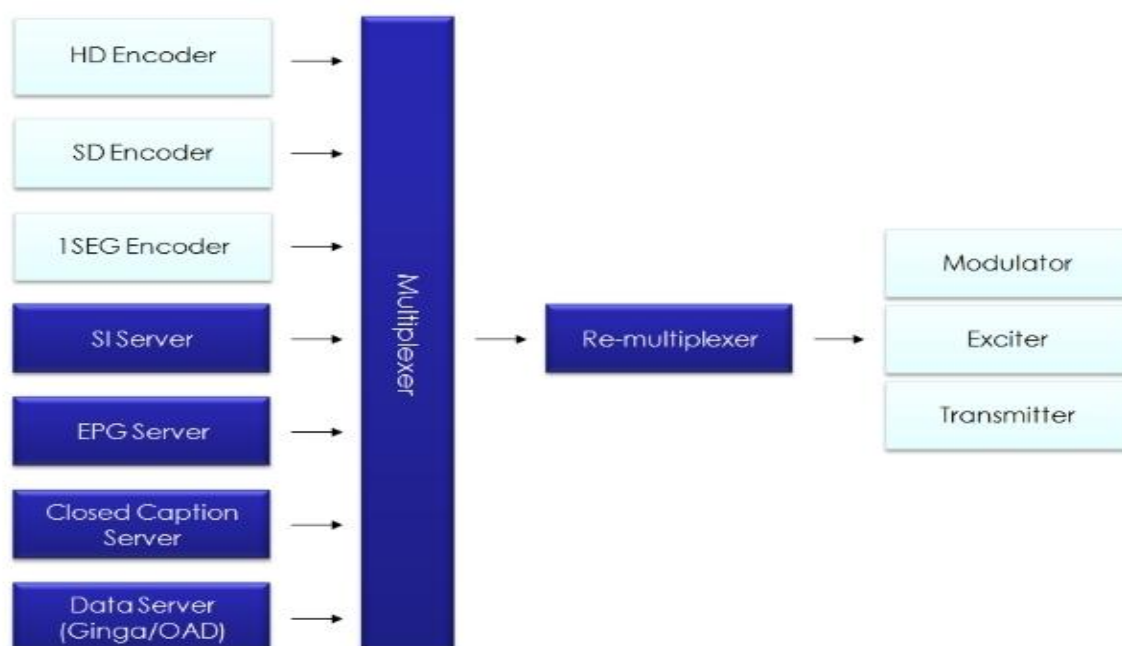
DE-MULTIPLEXOR

- De-multiplexación TS de acuerdo con el estándar brasileño ABNT NBR 15601⁷⁵;
- Generación de flujo de transporte organizado en capas jerárquicas (capa A, B, C);
- Generación de paquetes IIP (Paquete de información ISDB-T);
- Configuración del modo de transmisión e intervalo de guarda;
- Configuración de segmento, modulación, tasa de código y tiempo de entrelazado de las capas;
- Transmisión de contenido 1-SEG para recepción parcial;
- Configuración de la habilitación de banderas para alertas de emergencia;

⁷⁵ **ABNT NBR 15601.**- Es un documento técnico del estándar SBTVD que describe en detalle los aspectos correspondientes al sistema de transmisión de la televisión digital terrestre.

- Organización automática de paquete para construir la trama OFDM;
- Generación de la señal para HDTV, SDTV y transmisión de TV móvil;
- Entrada de reloj externo de 100 Mhz.
- Salida BTS en tiempo real sobre interfaces ASI⁷⁶ o SPI⁷⁷;

FUNCIONES DEL EQUIPO EN BROADCASTING



⁷⁶ **ABNT NBR 15601.**- Es un documento técnico del estándar SBTVD que describe en detalle los aspectos correspondientes al sistema de transmisión de la televisión digital terrestre.

⁷⁷ **SPI.**- Bus serial de interfaz de periféricos, es un estándar de enlace de datos seriales sincronizados por un reloj que operan en modo full dúplex.

ANEXO 5

SET-TOP BOX

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS (STB XPS-1000)	
GENERAL:	
Estándar de televisión digital:	ISDB-T
Estándar de televisión analógica:	NTSC-M
Banda de Operación:	470 a 746 MHz
Ancho de banda de canal FullSeg:	5.7 MHz
Frecuencia de la portadora central de canales:	Banda UHF: 473 + 1/7 a 743 +1/7 MHz
Sensibilidad:	≤ -20 dBm y ≥ -77 dBm
SELECTIVIDAD:	
Interferente: Señal analógica	
Co-canal:	$\leq +18$ Db
Canal adyacente inferior:	≤ -33 Db
Canal adyacente superior:	≤ -35 dB
Interferente: Señal digital	
Co-canal:	$\leq +24$ Db
Canal adyacente inferior:	≤ -26 Db
Canal adyacente superior:	≤ -29 dB

Desmapeo FullSeg:	16 QAM y 64 QAM
Terminales de entrada y salida	E/S tipo F (75 ohmios), Salida pass through
VIDEO:	
Estándar de codificación de video:	MPEG-4 (H.264/AVC)
Perfiles y niveles del video FullSeg:	H.264/AVC HP L4.0
Formatos de Video FullSeg:	720x480i (4:3 y 16:9) , 720x480p(16:9), 1280x720 (16:9) y 1920x1080i(16:9)
Tasa de cuadros FullSeg:	30/1.001 Hz y 60/1.001 Hz
Salida de video compuesto:	CVBS codificado en NTSCM, con conector tipo RCA (75 ohmios)
SONIDO:	
Estándar de codificación de audio:	MPEG-4 AAC
Perfiles y niveles del audio FullSeg:	LC AAC @ L2, LC, AAC @ L4, HEAAC+,SBR v.1 @ L2 y HE-AAC+SBR v.1 @ L4
Salida de audio:	2 canales estéreo con conector tipo RCA
CARACTERÍSTICAS ADICIONALES:	

Frecuencia del Oscilador Local:	Asignada en la banda superior a la frecuencia recibida.
Frecuencia Intermedia (FI):	44 MHz
Idioma:	Multi-Idioma
Alimentación de Energía Eléctrica:	110-220 V/ 50-60 Hz
ORIGEN DE FABRICACIÓN:	Manaus,Brasil

ANEXO 6

HD IP SET-TOP BOX

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS (HD IP STB N86091)	
CARACTERÍSTICAS:	
RTSP/SDP y MPEG-2 sobre IP	
MPEG-2, H.264/AVC, WMV9/VC-1 (opcional), decodificación de stream HD/SD	
MPEG-1/2 Layer 1/2/3 (mp3), MPEG-2/4 AAC, WMA (opcional), PCM sin comprimir y Dolby Digital Plus	
Imágenes tipo JPEG,BMP,PNG y GIF	
10/100M Base-T RJ45, Auto MDI/MDIX	
2 puertos USB2.0	
Explorador web incluido	
VOD y música por demanda	
Programas multicasting IGMP	
Juegos en Red basados en JavaScript, JVM	
Soporte de subtítulos	
DECODIFICACIÓN DE VIDEO:	
Estándar:	ISO/IEC 13818-2 MPEG-2 MP ML/HL ISO/IEC 14496-10 H.264/AVC MP/HP L4.1 SMPTE 421M-2006 VC-1 AP L3 (optional)
Estándar de TV:	PAL/NTSC/SECAM

Razón de Aspecto:	4:3, 16:9
Resolución:	480i/p,576i/576p, 720p, 1080i
Salida de Video:	YPbPr, CVBS/SCART, S-Video y HDMI
DECODIFICACIÓN DE AUDIO:	
Estándar:	ISO/IEC11172-3/12818-3(MPEG) MPEG-2/4 AAC
Formatos de decodificación:	MPEG Layer 1/2/3(mp3) MPEG-2 AAC MPEG-4 AAC WMA and WMA Pro (optional) Dolby Digital and Dolby Digital Plus 3D SRS Audio (optional)
Frecuencias de Muestreo:	16,22.05,24,32,44.1,48 y 96 KHz
Modo de salida:	Sonido estéreo y digital

ANEXO 7

INSTALACIÓN DEL GINGA-NCL VIRTUAL STB

Para ejecutar el Ginga-NCL Virtual STB se requiere tener instalado un *player* para la máquina virtual VMware. Existen dos opciones: VMware Server y VMware Player. En este caso se procede a instalar VMware Player. A continuación, se requiere descargar la imagen de Ginga-NCL Virtual STB y descomprimirla. Para ejecutar el Ginga-NCL Virtual STB solo basta abrir el *VMWare Player* y hacer click en *Open an existing Virtual Machine*, navegar hasta la carpeta que contenga la imagen descomprimida y hacer click en el archivo *file-fc7 fedora-ginga-i386.vmx*.



Figura 1 Abriendo la imagen del STB virtual

Como se indica en la siguiente figura, después de cargar la imagen se tiene el STB Virtual listo para ser utilizado.



Figura 2 Ginga-NCL STB Virtual

Para acceder al Ginga-NCL Virtual STB se debe establecer una conexión SSH, para lo cual en Eclipse se procede a instalar el *plugin RSE (Remote System Explorer)*, el mismo que proporciona un conjunto de herramientas necesarias para la conexión y el trabajo con diferentes sistemas remotos, incluyendo SSH Y FTP.

La ubicación del *plugin* es: <http://download.eclipse.org/dsdp/tm/updates/3.0>

En el sitio encontramos varias versiones de este *plugin* pero solo elegimos el *Remote System Explorer SDK 3.1.1* como se indica a continuación.

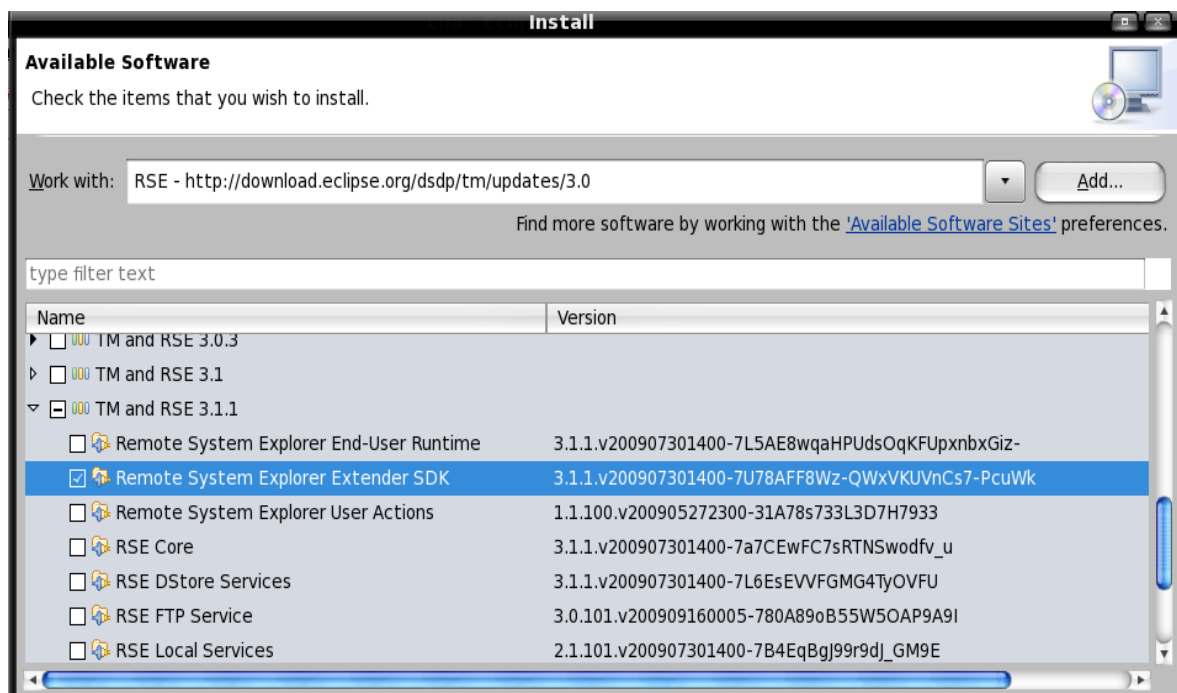


Figura 3 Elección del *plugin* RSE

Después de la instalación, se modifica el *workspace* a la perspectiva ofrecida por CSR, para lo cual vamos a Windows -> *Open Perspective* -> *Other* y seleccionamos *Remote System Explorer* como se indica en la figura.



Figura 4 Cambio de perspectiva

A continuación, se procede a crear una conexión con el Ginga-NCL Virtual STB (asegúrese que este se encuentre ejecutándose). Damos Click-Derecho sobre la pestaña de *Remote Systems* y seleccionamos *New -> Connection*. La siguiente figura ilustra esta operación.

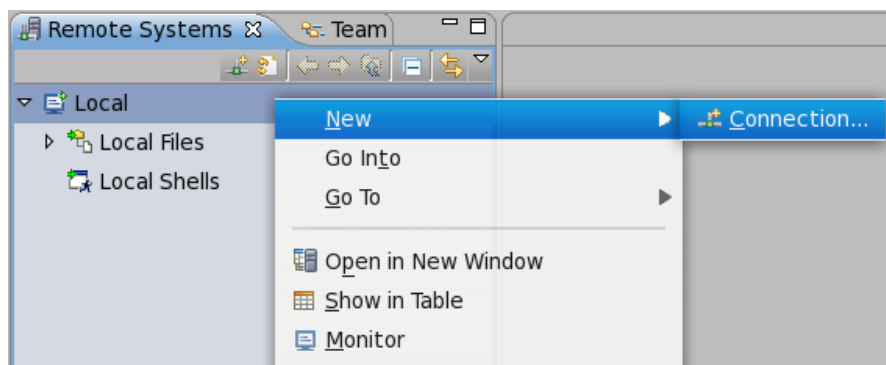


Figura 5 Nueva conexión

Luego seleccionamos el tipo de conexión para el sistema remoto, seleccionamos *SSH Only*.

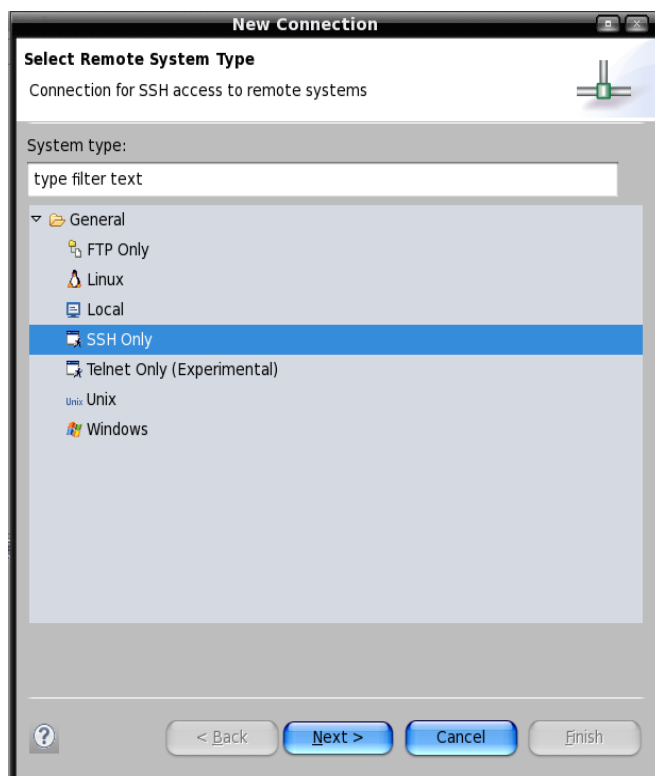


Figura 6 Tipo de conexión SSH

A continuación, se configura el *Host name* y el nombre de la conexión. Como *Host name* colocamos la dirección ip que nos proporciona el STB Virtual.

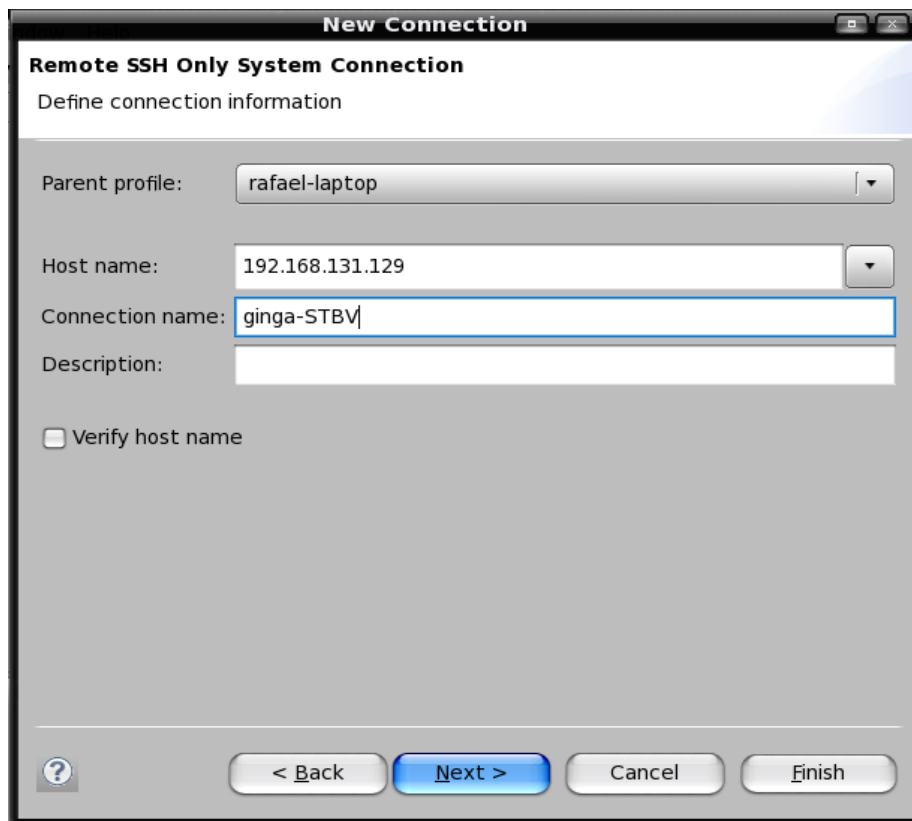


Figura 7 Configuración de la conexión

Para conectarnos al STB Virtual hacemos Click-Derecho en la conexión que se creó previamente y seleccionamos *Connect*. Inmediatamente en la pantalla aparecerá una ventana que solicita usuario y contraseña, para lo cual colocaremos los siguientes datos.

User ID: root

Password: TELEMIDIA

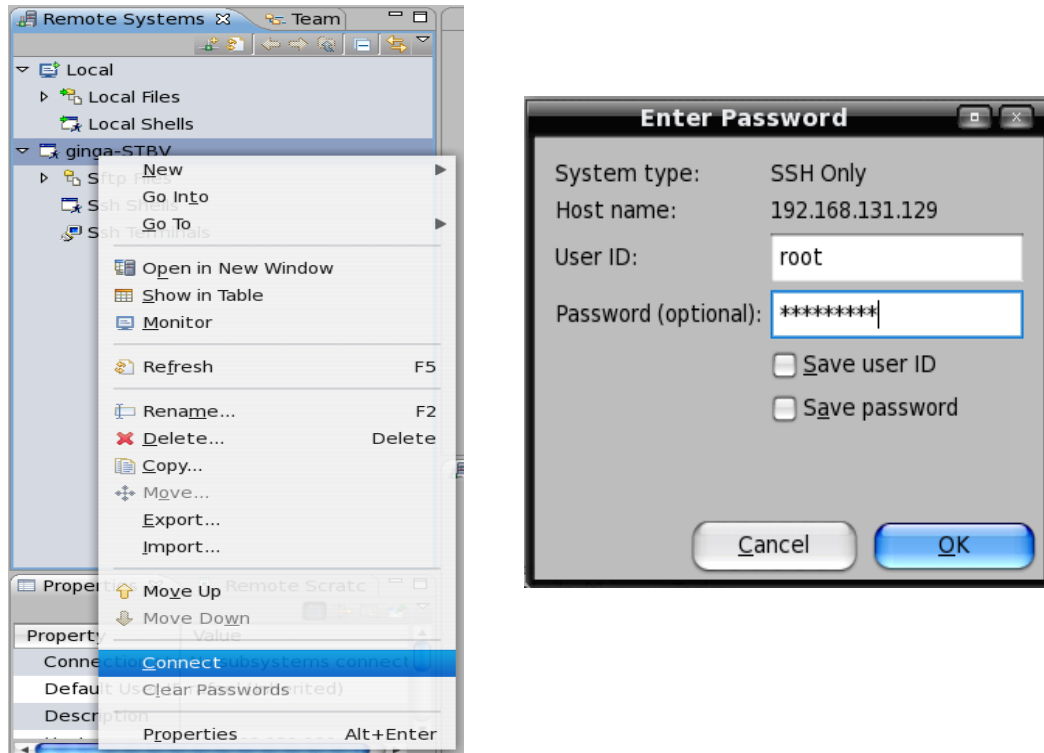


Figura 8 Estableciendo la conexión

Finalmente, abrimos un terminal para ejecutar comandos directamente en el Gingga-NCL Virtual STB. Click-Derecho en SSh Terminals y elegimos Launch Terminal. Llamamos a la aplicación creada que se encuentra en el *workspace* y procedemos a visualizarla. Al utilizar la terminal se puede ejecutar las aplicaciones desarrolladas sin salir de Eclipse.

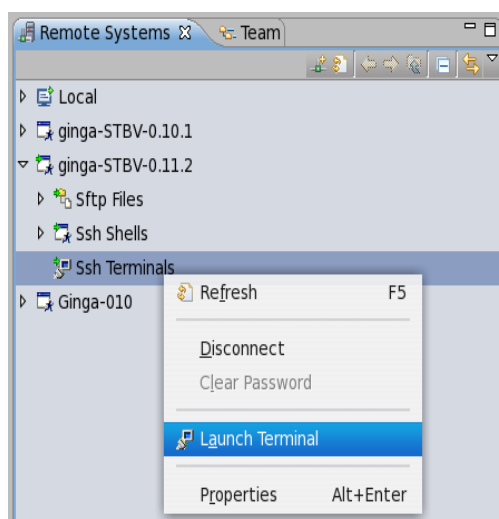


Figura 9 abriendo un termina

BIBLIOGRAFÍA

CAPÍTULO I

[1] “HDTV”,

<http://www.yildiz.edu.tr/~kunal/HDTV.pdf>

[2] Simonetta, José. “La Televisión Digital”,

http://www.intertel-broadcast.com.ar/down/LA_TELEVISION_DIGITAL.pdf.

[3] Mata, Francisco. “La Televisión Digital en Venezuela”,

<http://neutron.ing.ucv.ve/comunicaciones/Asignaturas/DifusionMultimedia/Tareas%202006-1/La%20Television%20Digital%20en%20Venezuela.pdf>

[4] Mark S.Richer, Glenn Reitmeier, Tom Gurley, Graham A. Jones, Jerry Whitaker Y Robert Rast. “The ATSC Digital Television System”, *IEEE Magazine-Proceedings of the IEEE*, Vol.94, N°1, January 2006.

http://www.img.lx.it.pt/~fp/cav/Additional_material/The%20ATSC%20Digital%20Television%20System.pdf

[5] Biró, József. Y Borbély, Endre. “DVB-T OFDM Modulation System”,

<http://old.bmf.hu/conferences/sisy2004/borbely.pdf>

[6] ISDB-T Technical Report, “Annex-AA Structure of ISDB-T system and its technical features”,

<http://www.dibeg.org/>

- [7] Takada, Masayuki. Y Saito, Masafumi. “Transmission System for ISDB-T”, *IEEE Magazine- Proceedings of the IEEE*, Vol.94, N°1, January 2006.
- [8] Helio Coelho Junior, “Sistema de Transmissão no Padrão Brasileiro de TV Digital”, Departamento de Ingeniería de Telecomunicaciones, Universidad Federal Fluminense.
- [9] Zhan Zhang, Xiaolin Zhang, Chao Zhang, Cheng Lu, Y Yanzhong Zhang. “Key Technologies for Chinese Digital Television Terrestrial”, Escuela de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Beihang, Beijing –China.
- [10] Fischer, Walter. *Digital Video and Audio Broadcasting Technology: A practical engineering guide (Signals and Communication Technology)*, Second Edition, Springer, Alemania. Enero 2008, pp. 31-60.
- [11] ABNT NBR 15602-3 (Norma Brasileña), TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE-CODIFICACIÓN DE VIDEO, AUDIO Y MULTIPLEXACIÓN, Parte 3: Sistemas de multiplexación de señales.
- [12] Gomes Soares, Luiz Fernando. Y Junqueira Barbosa, Simone Diniz. *TV DIGITAL INTERATIVA NO BRASIL SE FAZ COM GINGA: Fundamentos, Padrões, Autoria Declarativa e Usabilidade*, PUC-Rio, 2008. Capítulo 3.

CAPÍTULO II

[1] Huidobro, José Manuel. “IPTV, la televisión a través de Internet”.

http://www.acta.es/articulos_mf/43039.pdf

[2] Silva, Federico; Badrudino, Nizarali. Y Sousa, Tiago. “IPTV– ARQUITECTURAS, PROTOCOLOS E SERVIÇOS”, Instituto Superior Técnico –Taguspark.

http://www.img.lx.it.pt/~fp/cav/ano2006_2007/MERC/Trab_5/CAV%20IPTV/IPTV.pdf

[3] Fernandez, Jocimar. “TV Digital Interativa”, Escola Superior Abierta de Brasil –ESAB, 2006.

[4] Aleksandar D. Stjepanovic, Sladjana B. Stjepanovic , Zoran S. Bojkovic. “IPTV Service”, *15th Telecommunications forum TELFOR 2007*, Serbia, Belgrade, Noviembre 20-22, 2007.

[5] González, Alejandra. Y Jiménez, Karla. “La televisión digital interactiva y sus aplicaciones educativas”, *Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación*, ISSN 1134-3478, N° 26, 2006, pp. 93-101.

[6] O’Driscoll, Gerard. *NEXT GENERATION IPTV SERVICES AND TECHNOLOGIES*, First Edition, Wiley- Interscience, 2008, pp 48-51.

[7] Heikkinen, Antti; Laulajainen, Jukka-Pekka; Korva, Jari. Y Peltola Johannes. “Wireless IPTV Development Platform”, VTT Technical Research Centre of Finland.

[8] James She, Fen Hou, Pin-Han Ho, Y Liang-Liang Xie. “IPTV over WIMAX: Key Success Factors, Challenges, and Solutions”, *IEEE Communications Magazine*, August 2007.

<http://bcr2.uwaterloo.ca/~james/research/wireless/JSHE.pdf>

CAPÍTULO III

[1] Loikkanen, Olli. “Home Traffic Modelling”, Helsinki University of Technology,

http://www.tml.tkk.fi/Publications/C/23/papers/Loikkanen_final.pdf

[2] Silva, Federico; Badrudino, Nizarali. Y Sousa, Tiago. “IPTV– ARQUITECTURAS, PROTOCOLOS E SERVIÇOS”, Instituto Superior Técnico –Taguspark.

[3] Buzila, Sanda; Lazar, Gabriel; Blaga, Tudor. Y Dobrota, Virgil. “Evaluation of QOS Parameters for IPTV”, Technical University of Cluj Napoca, Communications Department, 2007.

http://users.utcluj.ro/~atn/papers/ATN_3_2007_3.pdf

[4] Zimmermann, Filipi. “Canal de Retorno em TV Digital: Tecnologias e abordagens para efetivação da interatividade televisiva”, Departamento de Informática -Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

[5] Simpson, Wes. Y Greenfield Howard. *IPTV AND INTERNET VIDEO: Expanding the Reach of Television Broadcasting*, Second Edition, Elsevier, 2007. pp. 67-81.

[6] Forero, Leonardo Alfredo. “Codificação de Áudio no Padrão Brasileiro de Televisão Digital”, Departamento de Telecomunicações – Universidade Federal Fluminense (UFF),

<http://www.midiacom.uff.br/~debora/fsmm/trab-2008-2/audio.pdf>

[7] Carromeu, Camilo. “Codificação de Vídeo no Padrão H.264”, Faculdade de Computação – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS),

<http://www.ic.unicamp.br/~rodolfo/Cursos/mo401/2s2009/t2/098359-A.pdf>

[8] Yang Xiao; Xiaojiang Du; Jingyuan Zhang; Fei Hu; Y Sghaier Guizani. “Internet Protocol Television (IPTV): The Killer Application for the Next-Generation Internet”, *IEEE Communications Magazine*, November 2007.

[9] Lee, Taeyong. “Multiprotocol Label Switching (MPLS) and Differentiated Services (DS) as Quality of Service (QoS) Solutions”, *Advanced Communication Technology*, 2005, ICACT 2005.

[10] “Multiprotocol Label Switching (MPLS)”, The International Engineering Consortium, <http://blinkylights.org/networking/mpls.pdf>

CAPÍTULO IV

[1] Montez, Carlos; Becker, Valdecir. “TV Digital Interativa: Conceitos e Tecnologias”. In: WebMídia e LA-Web 2004 – Joint Conference. Ribeirão Preto, SP, Outubro de 2004.

[2] Carlos Eduardo Silveira Dias , Luiz Eduardo Cunha Leite, Guido Lemos de Souza Filho. “A implementação de Set-Top-Boxes para TVI”, Laboratório de Aplicações em Vídeo Digital- Departamento de Informática, Universidade Federal da Paraíba.

[3] Gomes Soares, Luiz Fernando. Y De Souza Filho, Guido. “Interactive Television in Brazil: System Software and the Digital Divide”,

<http://www.tvdi.inf.br/upload/artigos/EUROiTV2007.pdf>

[4] Jean Ribeiro Damasceno, “Middleware Ginga”, Escola de Engenharia – Universidade Federal Fluminense (UFF),

www.midiacom.uff.br/~deborafsmm/trab.../apres_middleware.pdf

[5] Aprendé Ginga, <http://wiki.ginga.org.ar/doku.php?id=aprende:inicio>.

CAPÍTULO V

[1] Tarjeta Moduladora DTA-115, <http://www.dektec.com>

[2] Tarjeta de TV Digital, <http://www.geniatech.com>

[3] ProFTPD Server, <http://www.proftpd.org/goals.html>

[4] WTP Tutorials – Building and Running a Web Application,

<http://www.eclipse.org/webtools/community/tutorials/BuildJ2EEWebApp/BuildJ2EEWebApp.html>

[5] How to structure your development environment for the Ginga-NCL,

<http://www.gingadf.com/blogGinga/?tag=nclua>lang=en>

[6] OpenCaster 2.4: The free digital tv software,

<http://www.avalpa.com/the-key-values/15-free-software/33-opencaster>

[7] <http://www.ginga.org.br>