

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

" TRANSPORTE DE SEÑALES MULTIPROGRAMACIÓN

DIGITAL EN FORMATO IP"

TESINA DE SEMINARIO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Presentado por:

MARÍA VERÓNICA COELLO CALI

ROBERTH PAÚL GRANDA LEÓN

Guayaquil - Ecuador

2013

AGRADECIMIENTO

A cada una de las personas que estuvieron pendientes en cada escalón ascendido, con la aspiración de alcanzar esta meta. Gratitud al Máster César Yépez, Director de la materia de graduación, por su constante participación de conocimientos.

DEDICATORIA

A Dios por ser el eje fundamental de nuestras vidas, a nuestros padres por convertirse en la base, el sustento y nuestra razón de ser en cada día, a hermanos por su apoyo incondicional.

Roberth Paúl I Granda León

A Dios por su infinito amor, a mis padres y demás familiares que me ayudaron en el cumplimiento de esta meta con dulzura y comprensión, a mis amigos por sus buenos ánimos.

María Verónica Coello Cali

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

MSc. César Yépez

PROFESOR DEL SEMINARIO DE GRADUACIÓN

MSc. Washington Medina

PROFESOR DELEGADO POR LA UNIDAD ACADÉMICA

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesina de Seminario, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”.

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)

María Verónica Coello Cali

Roberth Paúl Granda León

RESUMEN

El presente trabajo está enfocado principalmente al transporte de señales de televisión y el actor principal en este proceso es el estándar ASI (Asynchronous Serial Interface). Este estándar es de vital importancia en el proceso de transporte de las señales ya que gracias a él se pueden transportar señales de diferentes fuentes y formatos, a su vez no tiene problemas para transportar programas de diferente tamaño.

Esto ayuda al descongestionamiento de los Headends ya que gracias a las prestaciones de este estándar se puede simplificar la infraestructura de los mismos, y así reducir costos a los proveedores.

El medio de transporte utilizado es la fibra óptica la cual nos brinda altas prestaciones tales como, su gran capacidad de transmisión, las grandes distancias que cubre antes de que se tenga que regenerar la señal (70km), no presenta interferencia eléctrica o de radiofrecuencia, tiene una larga vida útil. La técnica de transmisión para la transmisión por fibra óptica es la DWDM (Multiplexación por división en longitudes de onda densas), esta técnica es muy popular debido a que permite aumentar la capacidad del ancho de banda de la fibra óptica.

La combinación de todas estas tecnologías es un gran acierto para las empresas involucradas en este negocio, ya que se podrán mejorar los procesos actuales y futuros del transporte de las señales incluidas las señales relacionados con la televisión digital.

ÍNDICE GENERAL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	IV
DECLARACIÓN EXPRESA	V
RESUMEN	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XXVI
INTRODUCCIÓN	XXX
CAPITULO 1	1
1.1 Televisión.....	1
1.4 Televisión Digital.....	2
1.4.1 Modelos de Televisión Digital	3
1.5 Breve recorrido a través de un sistema de transmisión de televisión	9
CAPÍTULO 2	11
ESTÁNDAR ASI (ASYNCHRONOUS SERIAL INTERFACE)	11
2.1 Descripción de Estándar.....	11
2.2 Características técnicas del estándar	14

2.3	Características del DVB-ASI.....	15
2.4	Características del estándar DVB.....	16
2.5	Transmisión con ASI.....	18
2.6	Codificación 8B/10B	20
2.7	Aplicaciones.....	21
2.7.1	Gateway IP EtherCast ASI-Pro.....	21
2.7.2	Tarjeta de interfaz SDI/DVB-ASI	24
2.7.3	ASI2IP	25
2.7.4	DMP900 (Digital Media Platform)	26
2.7.5	Codificador y Decodificador PRISMA DT 2557/2567MPEG-2 QUAD DVB-ASI.....	27
2.8	Formato IP para el transporte de señales.....	28
2.8.1	Breve descripción del protocolo IP	28
2.8.2	Estructura del paquete IP	29
2.8.3	¿Por qué usar el protocolo IP?	29
2.8.4	Ventajas.....	30
	CAPÍTULO 3	31
3.1	Señales.....	31
3.2	Tipos de Señales	32

3.3	Tipos de señales a transmitir	33
3.4	Transmisión Sincrónica.....	34
3.5	Transmisión Asíncrona.....	36
3.6	Modos de transmitir de datos.....	38
3.7	Transmisión Paralelo	38
3.8	Transmisión Serie	39
3.8.1	Transmisión Serie Sincrónica	39
3.8.2	Transmisión Serie Asíncrona	40
3.9	Transmisión de señales de televisión	41
3.10	Headend o Cabecera	42
3.11	Señales Multiprogramación	43
3.12	Efectos de la multiprogramación	45
3.13	Paquetización de la información.....	46
3.14	Flujos de información	47
3.15	MPEG-2 (Moving Picture Experts Group – 2).....	47
3.16	Flujo de Transporte MPEG-2.....	49
3.17	Sistema de transporte orientado a la televisión digital.....	53
3.18	Estructura de los paquetes de transporte.....	56
3.19	Multiplexado de programas	60

3.20	Demultiplexado de programas.....	62
CAPITULO 4		63
4.1	Introducción.....	63
4.2	Redes de Comunicación	64
4.2.1	Redes Unidireccionales.....	66
4.2.2	Redes de Distribución	66
4.2.3	Redes de Recolección.....	67
4.2.4	Redes Bidireccionales	68
4.2.5	Enlaces Punto – Punto y Punto – Multipunto.....	69
4.2.6	Redes de Malla.....	70
4.2.7	Redes en Estrella	71
4.2.8	Redes Híbridas	73
4.3	Redes de Transporte.....	74
4.3.1	Redes PDH.....	76
4.3.2	Redes SDH.....	79
4.3.3	Redes SONET	80
4.3.4	SONET/SDH.....	81
4.3.5	Redes WDM	83
4.3.6	Redes ATM.....	84

4.4	Redes Troncales (Backbone)	85
4.4.1	Ventajas y desventajas de las redes troncales (Backbone).....	87
4.4.2	Redes troncales de Fibra Óptica (Backbone Óptico).....	88
CAPITULO 5		89
5.1	Introducción	89
5.2	Fibra Óptica	91
5.3	Características Generales	92
5.3.1	Tipos de fibra óptica	95
5.3.2	Fibra multimodo (MMF)	95
5.3.3	Fibra monomodo (SMF).....	95
5.4	Tecnologías de transmisión para redes ópticas.....	96
5.5	ATM (Asynchronous Transfer Mode)	97
5.6	SONET (SYNCHRONOUS OPTICAL NETWORK)	102
5.7	SDH (SYNCRHNOUS DIGITAL HIERARCHY)	104
5.8	WDM (WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING)	107
5.9	CWDM (COARSE WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING)...	108
5.10	DWDM (DENSE WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING) ..	109
5.11	MPLS.....	111
5.12	Comparación de las tecnologías	111

CAPITULO 6	115
6.1 Ventajas operativas que provee ASI.....	115
6.2 Ventajas del Estándar ASI	116
6.3 Importancia del Proyecto	117
6.4 Pequeño Análisis Económico	118
BIBLIOGRAFÍA	126

ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

A

ATM:	(Asynchronous Transfer Mode). Modo de transferencia asíncrono.
ASI:	(Asynchronous Serial Interface) Interfaz Serie Asíncrono.
ATSC:	(Advanced Television Standards Committee) Comité de Sistemas de Televisión Avanzada
AES:	Audio Engineering Society
AC-3:	Audio Codec 3

B

Backbone:	(Espina dorsal). Canal principal para transmisión en una red.
BER:	(Bit Error Rate). Grado de error.
Bit Rate:	Proporción o tasa de bits.

	<u>C</u>
CD:	Dispersión cromática.
CWDM:	(Coarse Wavelength Division Multiplexing). Multiplexación de división por longitud de onda basta.
	<u>D</u>
Datagrama.	Paquete de internet.
Demultiplexores:	(Demulticanalización). Proceso de dividir una señal compuesta en sus canales componentes, lo inverso de multicanalización.
DHEI:	(DigiCable Headend Expansion Interface) Cabecera Digital Interface de Expansión
DTE:	(Data Terminal Equipment). Equipo terminal de datos.
DVB:	(Digital Video Broadcasting). Estándar europeo para la Televisión Digital.

DWDM: (Dense Wavelength Division Multiplexing). Multiplexación por división de longitud de onda densa.

E

E1: Equivalencia europea del T1, excepto que su capacidad es 2.048 Mbps.

EDFA: (Erbium Doped Fiber Amplifier). Amplificador de fibra dopado de erbio.

ETSI: (European Telecommunications Standards Institute). Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeos.

E

Full-duplex: Comunicación bidireccional.

FDM: Multiplexación por división de frecuencia

G

Gateway: Equipo que provee interconexión entre dos redes con protocolos de comunicación diferentes.

H

Half-duplex: Transmisión en solo una dirección.

HUB: Concentrador, un dispositivo utilizado para poder conectar una gran variedad de componentes utilizando una misma conexión.

I

ICMP: (Internet Control Message Protocol). Protocolo de control de mensajes de internet.

IEEE: (Institute of Electrical and Electronic Engineers). Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

IETF: (Internet Engineering Task Force). Fuerza de trabajo de Ingeniería en

Internet, Organismo encargado de proponer y establecer los estándares en Internet.

Internet:

La llamada "red de redes" creada de la unión de muchas redes.

IP:

(Internet Protocol). Protocolo Internet.

IP address:

(dirección IP). Dirección única de un dispositivo en una red TCP/IP.

ISDB:

(Integrated Services Digital Broadcasting) Radiodifusión Digital de Servicios Integrados es un conjunto de normas creado por Japón para las transmisiones de radio digital y televisión digital.

ITU:

(International Telecommunications Union). Unión Internacional de Telecomunicaciones.

L**LAN:**

(Local Area Network). Red de área local.

LASER: (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Amplificación de luz por estimulación de emisión de radiación.

LED: (Light-Emitting Diode). Diodo emisor de luz.

LERs: (Label Edge Routers). Router de etiqueta al borde de la red.

LSP: (Label Switching Path). Se denomina al camino específico que sigue un paquete a través de la red.

LSRs: (Label Switching Routers). Routers capaces de hacer encaminamiento en función de la etiqueta MPLS.

M

MMF: Fibra multimodo.

MAN: (metropolitan area network). Red de área metropolitana.

MD: Dispersión modal.

MPLS: (Multiprotocol Label Switching).
Multiprotocolo de cambios de etiqueta.

Multiplexing: (multicanalizar). Proceso de dividir una señal compuesta en varios canales.

N

NAS: (Network Attached Storage)
almacenamiento adosado a la red

Network: Red.

Network address: Dirección de red.

O

OADM: (Optical Multiplexer add/drop).
Multiplexor de adición/ extracción óptico.

OSI modelo: Estructura de referencia jerárquica de 7 capas desarrollada por la Organización Internacional de Estándares (OSI) para definir y especificar los protocolos de comunicación.

Overhead: (Encabezado). Bytes utilizados con fines de mantenimiento de la red.

OXC: (Optical Crossconnects). Conmutadores ópticos.

P

Payload: Carga útil en un contenedor.

PCM: Modulación por codificación de pulsos.

PDH: Jerarquía Digital Presiocrona (casi síncrona).

PING: (Packet InterNet Groper). Método para probar la accesibilidad de un destino mediante el envío de un requerimiento de ICMP y esperar la respuesta.

PMD: Dispersión por modo.

PoS: (PacketOverSONet). Es una forma estandarizada para la asignación de IP paquetes en SONET.

PPP: (Point-to-Point protocol). Protocolo punto a punto.

PVC: (Permanent Virtual Circuit). Circuito virtual permanente.

Q

QoS: Calidad de servicio.

R

Router: (Enrutador). Dispositivo utilizado para enrutar paquetes.

Routing: (Enrutamiento). Selección del mejor camino a tomarse por los paquetes mientras transita la red.

Routing IP: Control y envío de paquetes IP.

Rx: Abreviación que significa recibir, receptor o recepción.

S

SAN: Storage Area Network, o red de área de almacenamiento.

SDH:	(Synchronous Digital Hierarchy). Jerarquía digital síncrona, es la equivalente internacional de SONET.
SMF:	Fibra monomodo
SMTP:	(simple mail transfer protocol). Protocolo de transferencia de correo simple.
SONET:	(Synchronous Optical Network). Estándar estadounidense (ANSI).
SPI:	Interfaz Paralela Sincrónica.
SSI:	Interfaz Serie Sincrónica
STM:	(Synchronous Transport Module). Módulo de transporte síncrono.
Switch:	Conmutador, dispositivo ocupado en redes.
I	
TCP/IP:	(Transmission Control Protocol / internet protocol). Protocolo de control de transmisión / protocolo de internet.

TDM: (Time Division Multiplexing).
Multicanalización por división de tiempo.

TDMA: (Time Division Multiple Access)

Throughput: Indicador de la capacidad de manejo de datos.

ToS: (Type of service). Tipo de servicio.

TSRs: Tera Switch Routers.

Tx: Abreviación que significa transmitir, transmisor o transmisión.

U

UIT: Unión internacional de telecomunicaciones.

UTP: (Unshielded Twisted Pair). Par trenzado sin apantallar.

V

VC: Contenedor virtual.

VoIP: (Voice over IP). Voz sobre IP.

W

WAN: (Wide Area Network). Red de área amplia.

WAP: (Wireless Application Protocol). Protocolo de aplicaciones inalámbricas.

WDM: (Wavelength Division Multiplexing). Multiplexación por división de longitud de onda.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Modelo de Tv Digital por Satélite.....	5
Figura 2.2 Modelo de Televisión Digital por Cable.....	6
Figura 1.3 Modelo de Televisión Digital por Cable.....	7
Figura 1.4 Esquema de la Televisión Digital.....	8
Figura 1.5 Cadena de Transmisión.....	8
Figura 3.1 Estándar ASI.....	13
Figura 2.2 Estándares.....	14
Figura 2.3 Flujo de transporte.....	15
Figura 2.4 Servidor ASI.....	20
Figura 2.5 Servidor de Video Parte 2.....	20
Figura 2.6 Servidor de Video de Transferencia de Archivos.....	21
Figura 2.7 Codificador 8B/10B.....	22

Figura 2.8 Gateway IP EtherCast ASI-Pro.....	23
Figura 2.9 Tarjeta de interfaz SDI/DVB-ASI.....	25
Figura 2.10 ASI2IP.....	26
Figura 2.11 DMP900 (Digital Media Platform).....	27
Figura 2.12 Codificador y Decodificador PRISMA DT.....	28
Figura 2.13 Estructura de un datagrama IP.....	30
Figura 3.1 Transmisión Asincrónica.....	36
Figura 3.2 Transmisión Serie Sincrónica.....	40
Figura 3.3 Transmisión Serie Asincrónica.....	40
Figura 3.4 Esquema Transmisión y Recepción de una señal de televisión.....	42
Figura 3.5 Televisión Digital.....	45
Figura 3.6 Paquete MPEG.....	49
Figura 3.7 Esquema de procesamiento de las señales.....	49
Figura 3.8 Flujo de Transporte ASI_MPEG.....	50

Figura 3.9 Transmisor.....	55
Figura 3.10 Receptor.....	56
Figura 3.11 Sistema de Transporte de la televisión Digital.....	56
Figura 3.12 Estructura de un paquete de transporte.....	57
Figura 3.13 Proceso de Inserción de programas.....	59
Figura 3.14 Multiplexado de transporte de programas.....	60
Figura 3.15 Multiplexado del Sistema.....	61
Figura 3.16 Demultiplexado de programas.....	62
Figura 4.1 Redes de Distribución.....	67
Figura 4.2 Redes de Recolección.....	68
Figura 4.3 Redes Bidireccionales.....	69
Figura 4.4 Enlaces Punto a Punto.....	70
Figura 4.5 Redes de Malla.....	71
Figura 4.6 Redes en estrella.....	72

Figura 4.7 Redes Híbridas.....	74
Figura 4.8 Redes ATM.....	85
Figura 5.1 Tecnologías.....	98
Figura 5.2 Relaciones entre tecnologías y tipos de modulaciones.....	102
Figura 5.3 Topología anillo dual.....	104
Figura 5.4 DWDM.....	109

INTRODUCCIÓN

El avance de la tecnología en estos últimos años ha crecido a pasos agigantados, lo cual ha repercutido en diferentes ámbitos, uno de ellos es en el área de la televisión, antes analógica y ahora digital.

La televisión digital tiene muchos beneficios tanto para clientes como para proveedores, a su vez, este avance implica muchos cambios, ya que para poder disfrutar de sus beneficios los proveedores tienen que hacer cambios sustanciales en su infraestructura y no solo los proveedores, también los clientes tienen que realizar cambios, en este caso, los cambios son pequeños. Los entes regulatorios de cada país tienen que crear nuevas leyes, hacer cambios en las leyes actuales para así poder regular la televisión digital, y salvaguardar los derechos del cliente.

Nuestro trabajo está orientado al transporte de las señales de televisión digital específicamente al transporte de las señales de multiprogramación digital en formato IP, resaltaremos las ventajas del uso del estándar ASI (Asynchronous Serial Interface) y sus diferentes aplicaciones.

Además analizaremos los beneficios que presenta la paquetización de la información, consideraremos el uso de la fibra óptica como medio de transporte (a nivel de redes troncales) de la señales de televisión digital, y que tecnología asociada al transporte de señales usaremos.

CAPITULO 1

PROGRESO DE LA TELEVISIÓN

1.1 Televisión

La televisión es quizá el medio de comunicación más popular en el mundo, mediante el cual se puede transmitir y recibir imágenes, audio y video (imágenes en movimiento). Las señales de

televisión se pueden transmitir de varias formas, esto depende de la tecnología utilizada. [1] [6]

1.2 Formas de transmisión

Las formas de transmisión son:

Analógica Tv Analógica

Digital Tv Digital

Nota: Nosotros prestaremos especial atención a la Televisión Digital. [4] [7]

1.3 Televisión Analógica

La televisión analógica es unidireccional, no hay interacción entre el cliente y el proveedor, el cliente solo recibe la programación. Contiene información redundante, ocupa un gran ancho de banda, tiene baja resolución. [7]

1.4 Televisión Digital

Entre las características más prometedoras de la televisión digital tenemos que hace uso eficiente del espectro radioeléctrico, ya que se puede transmitir más programas por un mismo canal, esto

ocurre gracias a la compresión de las señales, así el espectro puede ser reasignado para cubrir otras áreas de servicio, ya sea para transmitir un mayor número de canales o para extender la red a servicios de telefonía o datos. La calidad de las imágenes es alta, la calidad del audio también tiene grandes mejoras, hay mayor oferta de canales, mejor calidad del servicio. La comunicación es bidireccional, el cliente puede interactuar con el proveedor. [6] [7] [11]

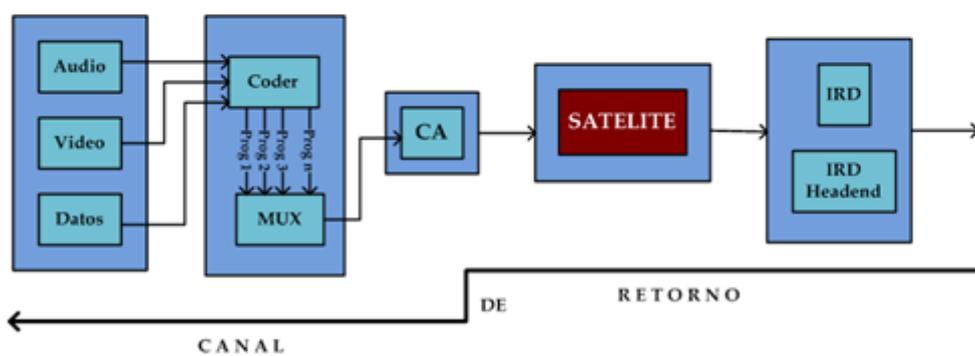
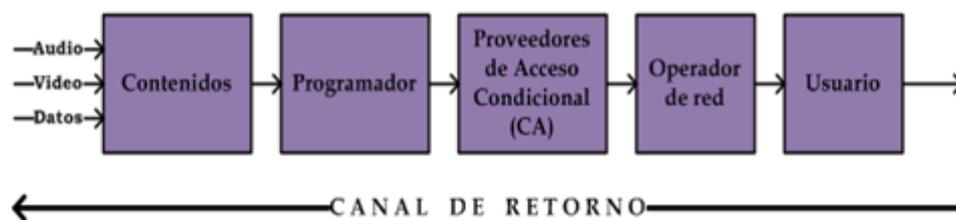
1.4.1 Modelos de Televisión Digital

Televisión Digital por Satélite

Televisión Digital por Cable

Televisión Digital Terrestre

Televisión Digital por Satélite



En la etapa del usuario la recepción puede ser individual o colectiva

Figura 4.1 Modelo de Televisión Digital por Satélite

Televisión Digital por Cable

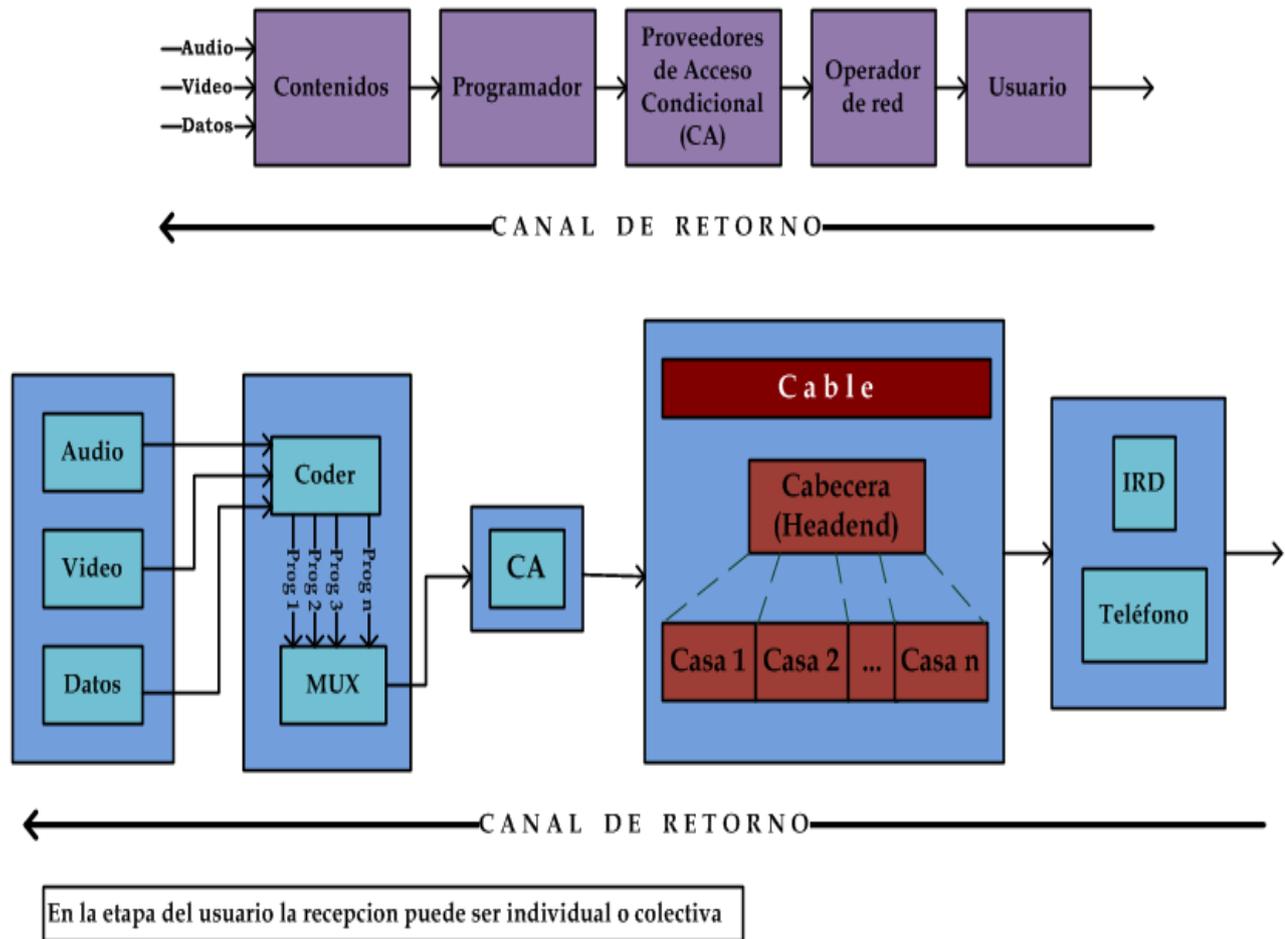
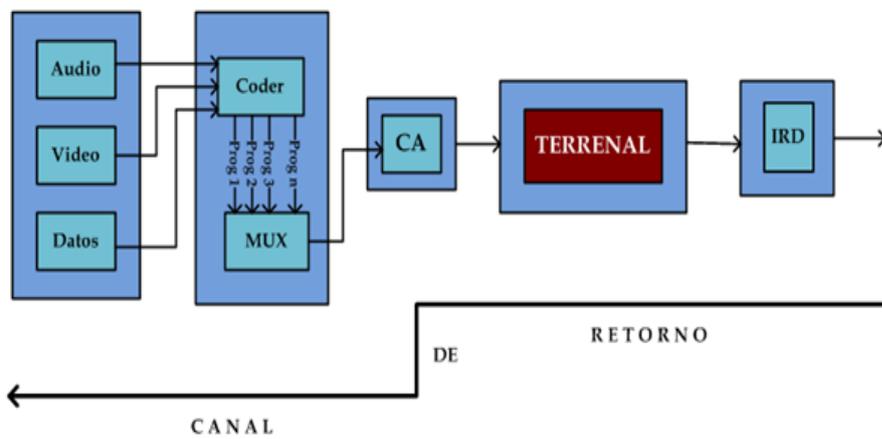
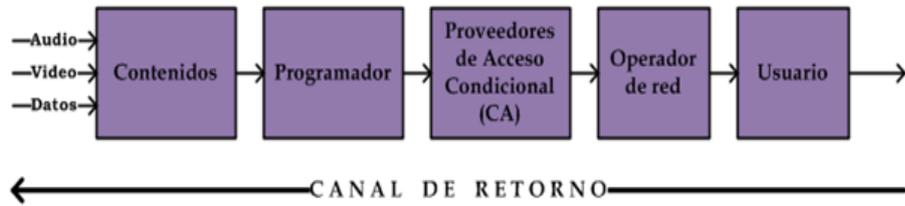


Figura 1.2 Modelo de Televisión Digital por Cable

Televisión Digital Terrestre



En la etapa del usuario la recepción puede ser individual o colectiva

Figura 1.3 Modelo de Televisión Digital por Cable

Esquema de la Televisión Digital

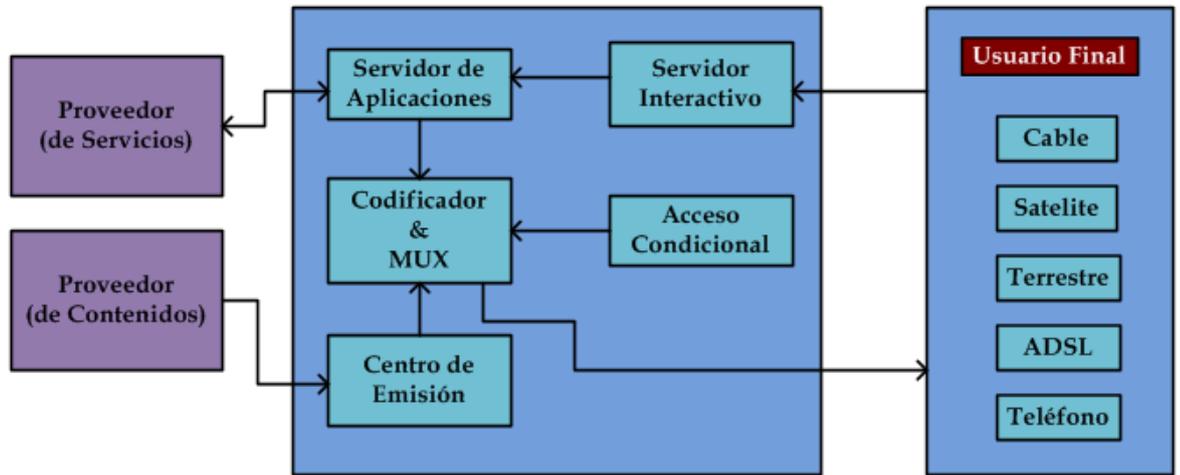


Figura 1.4 Esquema de la Televisión Digital

Cadena de Transmisión

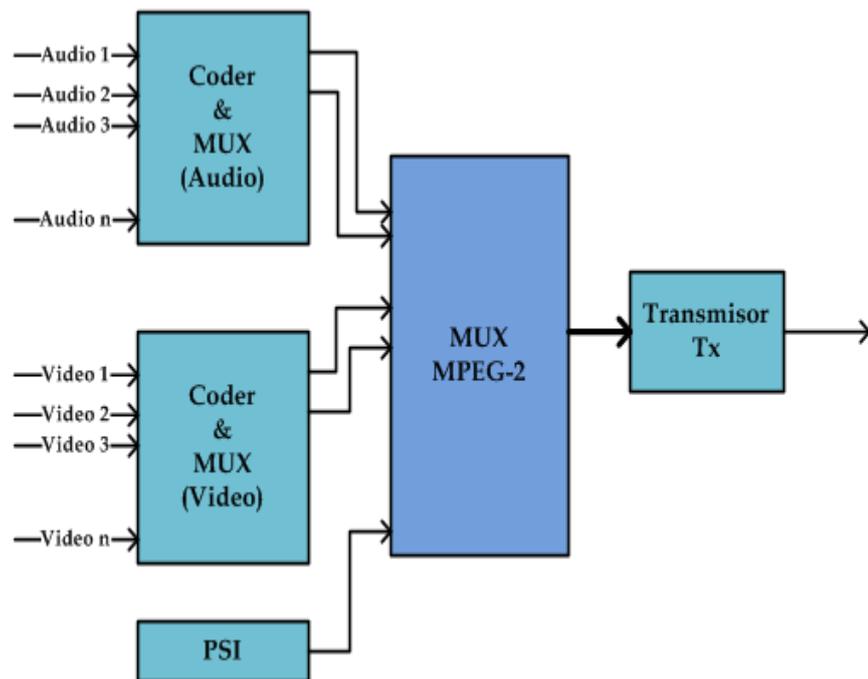


Figura 1.5 Cadena de Transmisión

El transporte de las señales es uno de los segmentos del sistema de transmisión de señales de televisión, la parte en la que nos enfocaremos es en el transporte de las mismas a nivel de las redes troncales (backbone) usando el estándar ASI (Asynchronous Serial Interface).

Para lograr sacar el mayor provecho a la tecnología digital en el área de la televisión, algunas instituciones, a nivel mundial, relacionadas al medio se han unido para crear estándares de televisión digital, varios países poseen sus propios estándares, otros adoptan estándares definidos y les realizan ciertas variaciones.

Entre los principales estándares tenemos:

- DVB (Digital Video Broadcasting),
- ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting),
- ATSC (Advanced Television Standards Committee)

Nuestro país adopto el estándar ISDB-T con variación brasilera, y los canales de televisión nacionales aún se encuentran en la transición de migrar sus equipos para así poder cumplir con las normas y exigencias para transmitir las señales de televisión digital. [19]

1.5 Breve recorrido a través de un sistema de transmisión de televisión

A continuación haremos un breve recorrido a través del sistema de transmisión de señales de televisión. El sistema tradicional de transmisión de televisión por cable consta de las siguientes partes:

La cabecera (headend), la red troncal, la red de distribución y la red de abonado.

La Cabecera (Headend).- Lugar al cual llegan altas cantidades de información de diferentes fuentes, la información se manipula según lo requerido. [10]

Red Troncal (Backbone).- Es la parte central de la estructura a través de esta red se propagan grandes flujos de información, mediante esta se conecta a la Cabecera (Headend) con la red de distribución. El medio de transmisión es la fibra óptica, la estructura de la red troncal consiste en anillos de fibra que interconectan nodos ópticos, y debido a la importancia de esta parte del sistema se colocan anillos redundantes por seguridad.

Red de Distribución.- El medio de transmisión es el cable coaxial, la red de distribución comunica la red troncal con la Red del abonado. [15]

Red de Abonado.- Es el último tramo del sistema, este tramo tiene relación con el usuario final.

Nuestro enfoque está dirigido al transporte de la información por la Red Troncal.

Queriendo aprovechar al máximo los recursos, se buscan soluciones que nos simplifiquen la vida, por ese motivo se usa el estándar ASI en el transporte de las señales, debido a que ASI simplifica de forma considerable el proceso de transporte de la información.

CAPÍTULO 2

ESTÁNDAR ASI (ASYNCHRONOUS SERIAL INTERFACE)

2.1 Descripción de Estándar

El estándar ASI (Asynchronous Serial Interface) es una interfaz ampliamente utilizada y estandarizada por DVB, para las señales

televisivas digitales comprimidas. Nació con el objetivo primordial de transferir flujos de datos (Transport Stream) MPEG, es extremadamente flexible y puede transmitir datos a cualquier velocidad (Bit Rate) entre cero y más de 200Mbit/s.

ASI es utilizado para comprimir señales de audio y video. Las señales de audio pueden ser del formato AES o del formato AC-3 y las señales de video pueden ser de definición estándar (SD) o de alta definición (HD). También comprime datos ya sean interactivos o de programación no asociada. [2] [3]

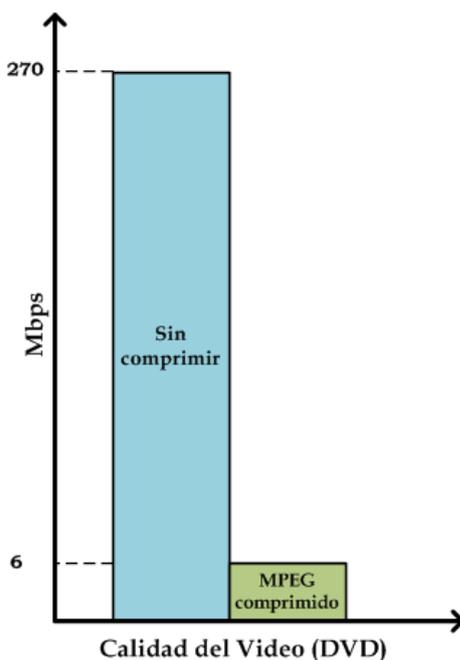


Figura 5.1 Estándar ASI

La interfaz ASI tiene la capacidad de transportar entre uno y varios programas SD, HD o de audio, los cuales ya se encuentran comprimidos, a diferencia de SD-SDI (270 Mbit/s) o HD-SDI (1.45 Gbit/s) que se encuentran sin comprimir.

En síntesis, ASI tiene como finalidad la compresión de video, mediante MPEG-2 o MPEG-4, permitiendo así la transmisión por medio de un sistema emisor, en microondas o en otra unidad. Es importante señalar que se puede convertir en fibra, RF o SMPTE310 en otros tipos de transmisión y que DVB (Digital Video Broadcasting) escribió las especificaciones del DVB-ASI. [17]

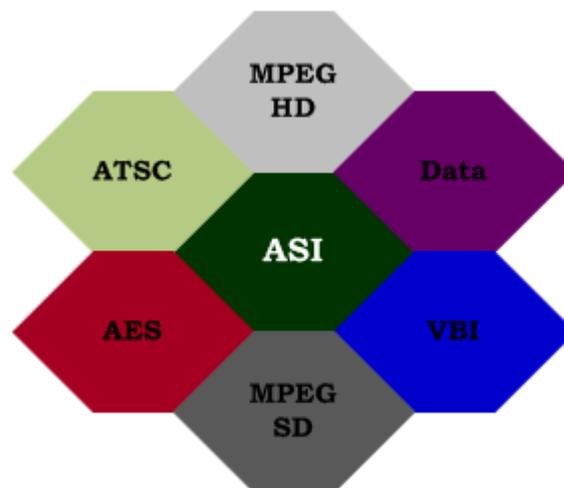


Figura 2.2 Estándares

2.2 Características técnicas del estándar

- Tiene una velocidad de 270 Mbps
- Transporta video comprimido
- Puede transportar señales de audio tales como: AES, AC-3
- También transporta señales de video de baja resolución (Low Res), Definición estándar (SD) y alta definición (HD)
- Presenta sensibilidad a la polaridad
- Además transporta especificaciones para el Acceso Condicional (CA), guías de programas, datos de programas asociados y no asociados.
- Tiene compatibilidad con el bucle local
- Es fácilmente transportable sobre sistemas de Telco (SONET, ATM, IP, DTM)

Como podemos apreciar en la Figura el flujo de transporte ASI puede transportar diferentes tasas de bits.

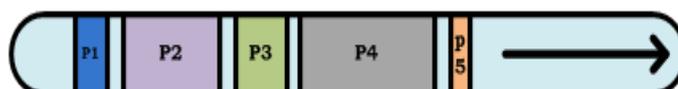


Figura 2.3 Flujo de transporte

Muchos proveedores utilizan este estándar de transporte tales como las empresas de Cable, los Telco, las que usan la tecnología de Satélite: Distribución de Programas, DTH (Direct To Home), DNSG (Digital Satellite News Gathering), etc.

ASI también es el enlace provisional de vídeo MPEG para:

- Fibra
- ATM
- DS3
- QPSK/8PSK
- QAM

2.3 Características del DVB-ASI

El nivel de voltaje con el que trabaja la interface DVB-ASI es de 800mVpp; usa conectores BNC (75 ohmios); cable coaxial (75 ohmios), bajas perdidas y doble blindaje; longitud del cable 300m.

A continuación detallamos algunas de las características del estándar DVB-ASI:

Usa MPEG-2 para la codificación de audio y video, su interfaz de transporte es DVB-ASI, puede usar QAM-64 o QAM-256 para la modulación, tiene un algoritmo común de encriptado (CAS) y una interface común para acceso condicional y para el control de acceso, en la cabecera (headend) tiene un algoritmo que se encarga de validar los terminales de usuario.

2.4 Características del estándar DVB

DVB (Digital Video Broadcasting).- DVB es una entidad desarrollada en Europa, capaz de promover y elaborar la estandarización de televisión digital. DVB también es el nombre del estándar europeo para la Televisión Digital.

Dicho estándar ha sido admitido por una mayor proporción de países, no así por EEUU, Canadá, México (con ATSC) Y Japón (con ISDB) que utilizan sus propios estándares.

Las principales características de este estándar son: una calidad de sonido similar a la del cine (Dolby Digital), imágenes en alta definición, además soporta grandes velocidades de transmisión en transmisiones punto-multipunto (PTM).

La codificación audio y video está establecida en los estándares instaurados por MPEG.

DVB ha creado un sinnúmero de estándares, los cuales constan de varias versiones, esto se debe a varios medios de transmisión de la señal, entre los cuales podemos señalar:

- DVB-C (Cable) 1994
- DVB-S (Satélite) 1995
- DVB-T (Terrestre) 1997
- DVB-S2 (Tx más eficiente que su antecesor DVB-S)
- DVB-T2 (en desarrollo)
- DVB-H (Para Tx terrestre, más robusto con el que se pretende

La recepción para equipos de bolsillo y móviles en reducida capacidad de procesado).

Este tipo de estándares determinan la clase de capa en un sistema de distribución, entre los cuales constan:

- Capa física.
- Capa de enlace de datos.

La interacción con los módulos se realizan a través de la capa física, por medio de una interfaz paralela sincrónica (SPI), interfaz serie síncrona (SSI) o una interfaz serie asíncrono (ASI) [2] [5] [18]

2.5 Transmisión con ASI

Los flujos de transporte pueden ser transportados mediante:

DVB-ASI (Digital Video Broadcasting - Asynchronous Serial Interface)

DVB-SPI (Digital Video Broadcasting - Synchronous Parallel Interface)

DHEI (Digital Video Broadcasting - Digital Headend Interface)

Las interfaces DVB-SPI y DHEI tienen implementación propietaria. [9] [18]

A continuación mostramos varios diagramas que muestran las diferentes funcionalidades del estándar ASI

Servidor ASI

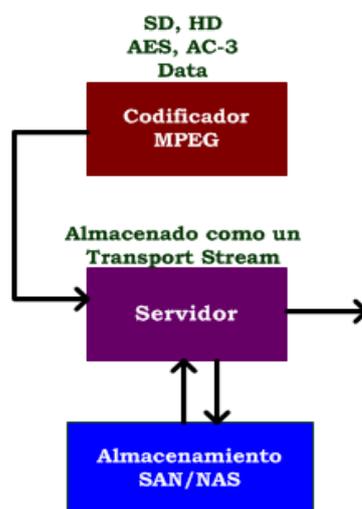


Figura 2.4 Servidor ASI

Servidor de Video

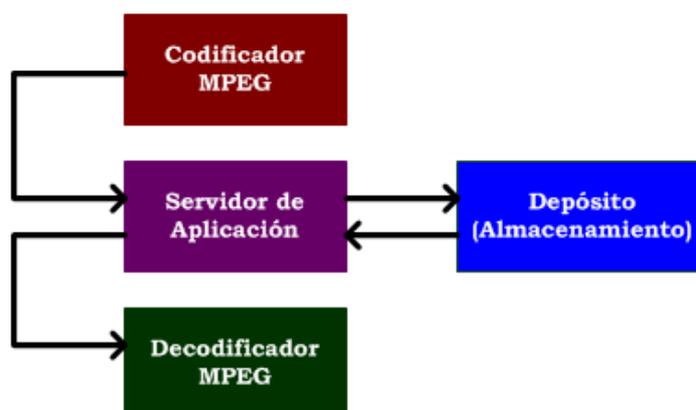


Figura 2.5 Servidor de Video Parte 2

Servidor de Video de Transferencia de Archivos

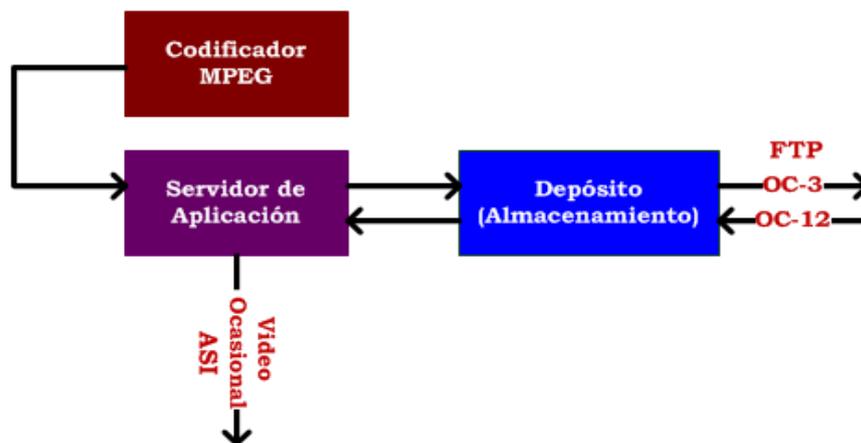


Figura 2.6 Servidor de Video de Transferencia de Archivos

2.6 Codificación 8B/10B

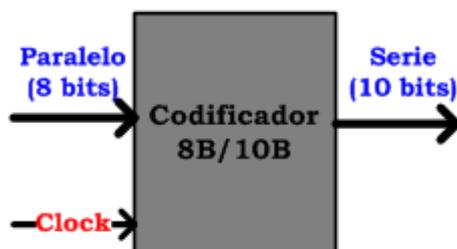


Figura 2.7 Codificador 8B/10B

8B/10B es un tipo de codificación que se usa en la transmisión de datos a alta velocidad. Lo que hace, es que, antes de

transmitir, convierte una cadena de 8 bits (256) en una de 10 bits (1024), esto se logra por medio de tablas de conversión. Las cadenas no pueden contener más de cinco ceros ni cinco unos seguidos. La codificación 8B/10B facilita la detección y la corrección de errores. [9]

2.7 Aplicaciones

A continuación presentamos algunas de las aplicaciones comerciales del estándar ASI:

2.7.1 Gateway IP EtherCast ASI-Pro

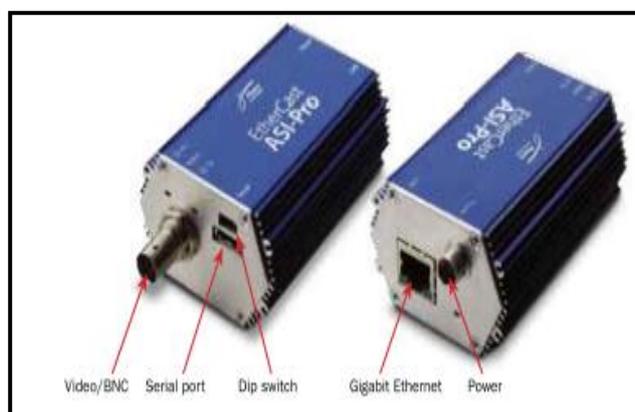


Figura 2.8 Gateway IP EtherCast ASI-Pro

EL Gateway IP EtherCastes una aplicación de la firma Pleora Technologies de la línea

EtherCast ASI-Pro. Es un dispositivo confiable, de fácil uso, ocupa poco espacio, el consumo de potencia es bajo. Este equipo facilita el transporte de video a sitios remotos, puede transportar señales de definición estándar y de alta definición.

Su función principal es la de convertir señales de video, es un dispositivo bidireccional, es decir, convierte señales DVB-ASI a señales IP y viceversa, ofrece la funcionalidad de integrarse a la administración del sistema (SNMP). Este dispositivo se puede configurar como receptor o como transmisor. Es de gran utilidad cuando se requiere transportar datos desde lugares remoto. [5]

Entre sus características técnicas tenemos:

- El tamaño del paquete ASI puede ser de 188 bytes o de 204 bytes (Detección de paquetes MPEG)
- Baja latencia

- Usa conectores BNC (DVB-ASI) y 10/100/1000 Base Ethernet
- Compatible con los protocolos IPv4, UDP, RTP, ARP, ICMP, IGMPv2, IPv6

El Gateway IP EtherCast ASI-Pro se utiliza en las siguientes aplicaciones

- Transporte y entrega de multi-flujo
- Seguridad móvil
- BH's IP Inalámbricos (Wireless IP Backhaul)
- Trafico Remoto [3] [5]

2.7.2 Tarjeta de interfaz SDI/DVB-ASI



Figura 2.9 Tarjeta de interfaz SDI/DVB-ASI

La siguiente aplicación es una tarjeta de ARTEL Video Systems, puede transportar diferentes tipos de señales, es flexible, soporta video comprimido y video sin comprimir. El tipo de conector es BNC. [5]

2.7.3 ASI2IP



Figura 2.10 ASI2IP

Esta aplicación pertenece a la división Broadcast de DVEO, sus dimensiones son pequeñas, es un equipo ligero. Convierte señales DVB-ASI a IP, puede transportar grandes paquetes. Soporta UDP, IP Unicast, Multicast, En la entrada recibe señales DVB-ASI y a la salida flujo de transporte MPEG-2 sobre Ethernet, también puede transportar flujos de sitios remotos. A la salida tiene puertos BNC y otro puerto RJ-45, también tiene un puerto RS232, cabe resaltar que no requiere un

software adicional para su configuración, es decir, tiene una plataforma independiente.

2.7.4 DMP900 (Digital Media Platform)



Figura 2.11 DMP900 (Digital Media Platform)

El DMP900 es un equipo de para las cabeceras (Headend's) de alta densidad de nueva generación, puede transportar hasta 1500 programas (procesa 384 flujos de transporte), convierte señales ASI a IP, tiene 6 slots, estos pueden ser cambiados en caliente. Puede soportar entradas DVB-S/S2, DVB-C; entradas y salidas IP; programas SD/HD; y también

convierte señales ASI a IP. También tiene canales de modulación QAM y COFDM.

2.7.5 Codificador y Decodificador PRISMA DT 2557/2567MPEG-2 QUAD DVB-ASI



Figura 2.12 Codificador y Decodificador PRISMA DT

El codificador y decodificador de Prisma DT soporta flujos DVB-ASI. Es usado para transportar video a cabeceras (headends) remotas, también transporta flujos de video bajo

demanda, puede interactuar con redes SONET/SDH.

2.8 Formato IP para el transporte de señales

Para el transporte de la señales usamos la encapsulación IP la mayoría de redes están diseñadas para el uso este protocolo, lo cual nos favorece ya que no habrían conflictos entre las señales.

2.8.1 Breve descripción del protocolo IP

El protocolo IP ofrece múltiples ventajas, las cuales son muy aprovechadas hoy en día, como por ejemplo la alta velocidad (en el orden de los Gigabits) con la que ciertos equipos procesan los paquetes tales como los routers y switches.

2.8.2 Estructura del paquete IP

Version (IPv4 ó IPv6)	Encabezado (Header)	TOS Type Of Service	Longitud	
IDENTIFICACION			Flags	Fragmentation Offset
TTL (Time to Live)	Protocolo (de la siguiente capa)	Checksum del Encabezado (Header Checksum)		
DIRECCION IP ORIGEN				
DIRECCION IP DESTINO				
Opciones - Relleno				
DATOS				

Figura 2.13 Estructura de un datagrama IP

2.8.3 ¿Por qué usar el protocolo IP?

El formato IP tuvo un aporte significativo en la evolución de las redes ya que gracias al protocolo IP se puede lograr el transporte en las redes de siguiente generación NGN.

Para lograr la convergencia en las redes de nueva generación, la información va empaquetada, este proceso se conoce con el nombre de paquetización de la información. Entonces los paquetes son transportados sobre

redes compatibles con el protocolo IP. Además el protocolo IP provee la corrección de errores.

2.8.4 Ventajas

Una de las ventajas del protocolo IP respecto al transporte de las señales de televisión digital es la simplificación de una Cabecera (Headend).

Simplificación de una Cabecera (Headend) gracias al protocolo IP: El protocolo IP ayuda a simplificar la estructura de una Cabecera (Headend), no solo a nivel físico sino que también a nivel económico, ya que reduce costos tanto de implementación como de control de redundancia, físicamente el sistema de cableado es más sencillo. Debido a los aportes importantes de este protocolo ahora es posible transportar varios canales a través de una sola conexión Gigabit Ethernet. [1] [8]

CAPÍTULO 3

TRANSMISIÓN DE SEÑALES

3.1 Señales

Una señal, dependiendo del medio de transmisión utilizado, puede ser la representación eléctrica u óptica de los datos

transmitidos. En el caso de que estos datos se transmitan por fibra óptica su representación es un tren luminoso y en el caso de las señales eléctricas su representación está dada por medio de pulsos eléctricos.

3.2 Tipos de Señales

Las señales que utilizamos para el desarrollo del presente proyecto son:

- Ópticas
- Eléctricas
- Inalámbricas

Señales Ópticas.- Este tipo de señales son muy populares hoy en día debido a las altas prestaciones que ofrece su medio de transmisión que es la fibra óptica, muy utilizada en transmisiones a grandes distancias.

Las señales eléctricas recibidas son convertidas en pulsos luminosos que se propagan a través de la fibra óptica (hilos de vidrio). Esta clase de señales no presentan interferencia ante los campos electromagnéticos.

Señales Eléctricas.- Su medio de transmisión es el cable de cobre por el cual se propagan pulsos eléctricos. Para transmitir una señal eléctrica se requiere un medio de transmisión que normalmente es una línea de transmisión como es el caso del cable de cobre, por el cual se propagan pulsos eléctricos, presentan interferencia frente a los campos electromagnéticos, también ante el ruido.

Señales Inalámbricas.- Son ondas electromagnéticas que se propagan a través del espacio libre. A través de las ondas electromagnéticas se transportan las señales. [8]
[10]

3.3 Tipos de señales a transmitir

La transmisión consiste en el transporte de señales entre un emisor que origina la transmisión y un receptor que acepta la comunicación.

Existen dos tipos de transmisiones que tratan este problema:

- Transmisión sincrónica
- Transmisión asincrónica

3.4 Transmisión Sincrónica

Este tipo de transmisión se caracteriza porque se envía un bit detrás de otro sin bits de inicio/parada o intervalos. Es mucho más eficiente que la asíncrona pero su uso se limita a líneas especiales para la comunicación de ordenadores, porque en líneas telefónicas deficientes pueden aparecer problemas.

Características

- El tamaño de los bloques a transmitirse oscilan entre 128 – 1,024 bytes.
- La señal de sincronismo en el extremo fuente, puede ser formada por el equipo terminal de datos o por el modem.

- Al momento de transmitir bloques de 1,024 bytes y se usan no más de 10bytes de cabecera y terminación, el rendimiento de transmisión supera el 99 por 100.

Ventajas

Entre las principales tenemos:

- Es apropiado para transmisiones de alta velocidad (mayores o iguales a 1200 baudios de velocidad de modulación)
- Ostenta un gran rendimiento en la transmisión.
- Sus equipamientos poseen tecnología de punta con altos costos.
- El flujo de datos es más regular. [8]

3.5 Transmisión Asíncrona

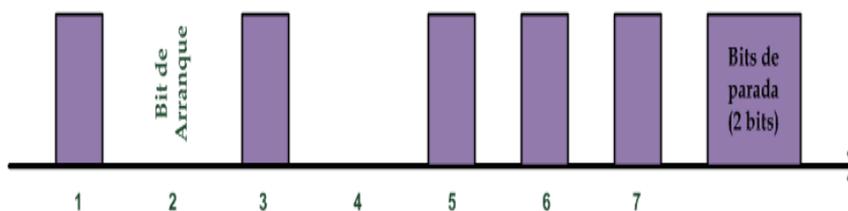


Figura 3.1 Transmisión Asíncrona

En este tipo de transmisión, es el emisor el que resuelve cuando se envía el mensaje de datos a través de la red. En cambio el receptor no sabe cuándo exactamente recibirá un mensaje. Por consiguiente cada mensaje debe contener en sí mismo una información para saber cuándo empieza y termina, de modo que el receptor conocerá lo que tiene que decodificar. [8] [10]

Características:

- A los equipos terminales que funcionan en modo asíncrono, se los conoce también como “terminales en modo caracter”.
- La transmisión asíncrona también se le denomina arrítmica o de “start - stop”.

- Este tipo de transmisión es usada en velocidades de modulación de 1200 baudios.
- El rendimiento de usar un bit de arranque y dos de parada, en una señal que use código de 7 bits más uno de paridad (8 bits sobre 11 transmitidos) es del 72 por 100.

Ventajas y Desventajas

- Para el caso de errores, siempre se pierde una cantidad pequeña de caracteres, debido a que estos se sincronizan y se transmiten de uno en uno.
- Posee un bajo rendimiento de transmisión.
- Este tipo de transmisión permite el uso de equipamiento de menor costo y tecnología menos sofisticada.
- Fácilmente se acomoda en aplicaciones, donde el flujo transmitido es más irregular.
- Son principalmente aptos, cuando no se necesita lograr altas velocidades.

3.6 Modos de transmitir de datos

Dentro del ámbito de la transmisión, existen dos modos de transmitir datos digitales:

- Transmisión Paralelo
- Transmisión Serie

3.7 Transmisión Paralelo

En este modo la transmisión consiste en tener un hilo para cada bit de información (n bits entonces se requerirán n hilos). La desventaja parte de este principio ya que cuanto mayor sean los bits a transmitir mayor será el número de hilos, lo cual lo hace una solución no escalable, además es más costosa que la transmisión serie.

Su gran ventaja es la velocidad a la cual se pueden transmitir los datos y la capacidad de poder enviar un gran conjunto de bits al mismo tiempo a distancias más cortas.

[6]

3.8 Transmisión Serie

Para la transmisión serie se tiene un solo hilo por el cual se transmiten los bits uno a continuación del otro. Este tipo de transmisión puede realizarse de dos formas

- Serie Síncrona
- Serie Asíncrona

3.8.1 Transmisión Serie Síncrona

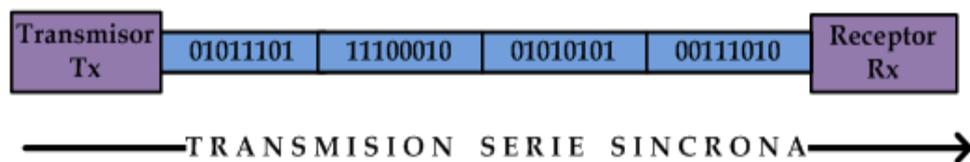


Figura 3.2 Transmisión Serie Síncrona

Se envían los bits uno después del otro, no hay bits que indiquen el inicio o el fin de los datos.

3.8.2 Transmisión Serie Asincrónica

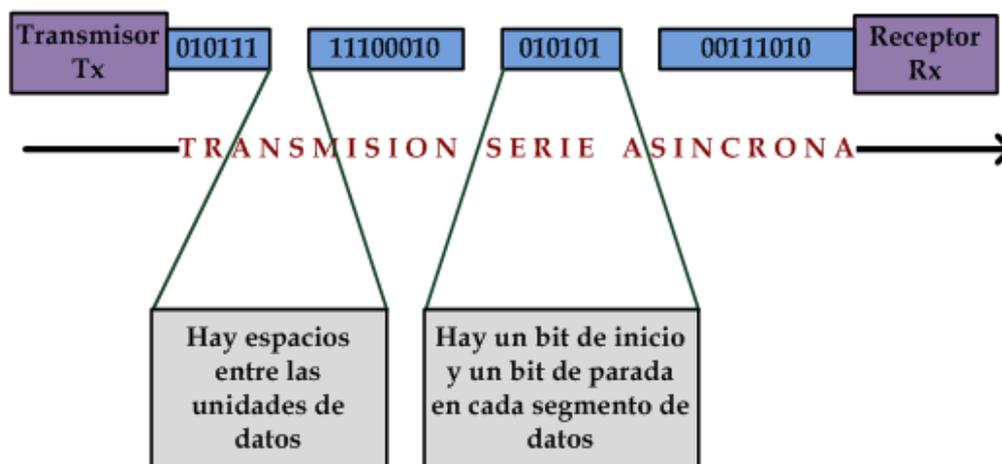


Figura 3.3 Transmisión Serie Asincrónica

La transmisión de los bits también se realiza uno después del otro, la diferencia es que al inicio de cada byte se inserta un bit de inicio (cero) y al final un bit de parada (uno), pueden insertarse más de un bit de parada (unos). La inserción de estos bits de parada y de inicio se debe a que en este tipo de transmisión la sincronía de la señal no es importante. [2]

La transmisión serie asíncrona es el tipo de transmisión más importante para nosotros ya que ASI es una Interface Serial Asíncrona.

3.9 Transmisión de señales de televisión

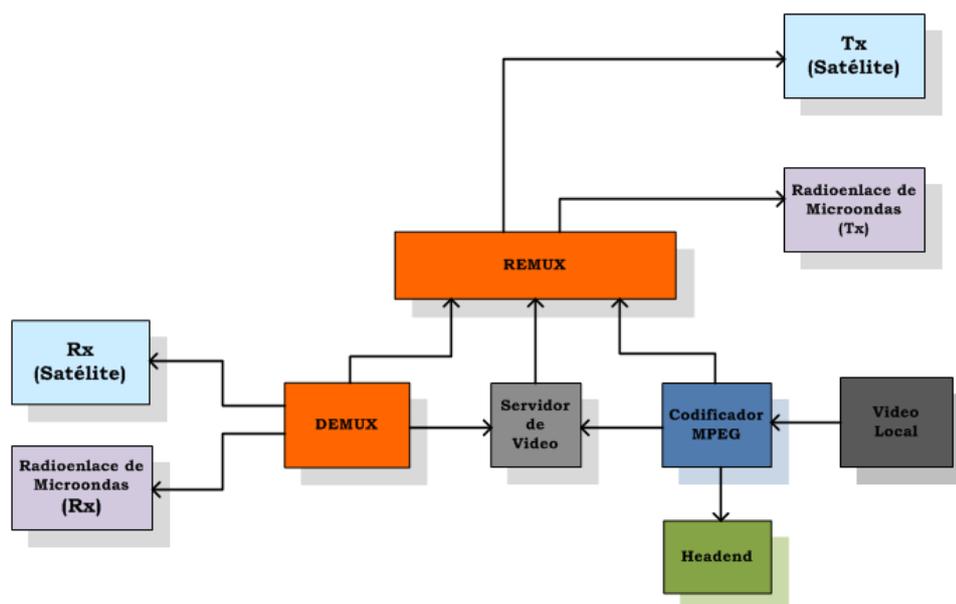


Figura 3.4 Esquema Transmisión y Recepción de una señal de televisión

Nuestro trabajo está orientado al transporte de las señales de televisión digital a nivel de las redes troncales, o sea, a nivel de redes troncales (backbone),

la transmisión de estas señales se da través de los Headends (Cabeceras).

3.10 Headend o Cabecera

Es el lugar donde se concentran altas densidades de datos provenientes de diferentes lugares tales como otras Cabeceras (Headends), otros proveedores e incluso los datos propios. Aquí las señales son tratadas, y dependiendo de los requerimientos son procesadas (codificadas, comprimidas, paquetizadas) y se les da el formato adecuado para su correcta transmisión, luego son transmitidas a su siguiente destino.

Hay dos tipos de Cabeceras (Headend):

Los Headends Analógicos, y

Los Headends digitales.

Headends Analógicos.- Es el encargado de procesar magnitudes analógicas de una señal eléctrica, con la

finalidad de representar parámetros como el audio y la imagen. Esto produce serios inconvenientes al momento de transmitir la señal a los abonados, en lo que respecta a no aprovechar el espectro electromagnético y presentar problemas de interferencia a medida que crece el número de estaciones transmisoras.

Headends Digitales.- Ofrece características más robustas que los Headends Analógicos entre las cuales podemos mencionar la representación digital de las señales, un mayor aprovechamiento del espectro al poder transmitir más programas en el mismo ancho de banda, la calidad de la imagen es mayor, menor interferencia, una alta inmunidad al ruido, etc.

En la cabecera (headend) se llevan a cabo varios procesos de vital importancia tales como codificar, comprimir y paquetizar la información.

3.11 Señales Multiprogramación

En el área de televisión digital el término multiprogramación se refiere a la capacidad de poder transmitir por un mismo canal varias señales (audio,

video) de diferentes orígenes, estos pueden estar en formatos distintos. Es así que podremos obtener un mayor aprovechamiento del ancho de banda de 6Mhz, y lograr transmitir en este ancho de banda cinco señales diferentes más una señal de celular como ejemplo.

La señal digital terrestre permite multiplicar por seis el número de canales que se pueden emitir a través de una señal analógica. La ventaja de la migración es que la Televisión Digital Terrestre (TDT) brinda más calidad del servicio y aumenta significativamente la oferta básica de canales.

La tecnología digital mejora la eficiencia y la capacidad de las redes de transmisión de programas. Como resultado permite un mayor número de canales por señal.

[16]



Figura 3.5 Televisión Digital

3.12 Efectos de la multiprogramación

El potencial aumento del número de canales que aparecen con la digitalización beneficia tanto a los operadores como a los agentes de la industria. Los espectadores se benefician porque pueden recibir un mayor número de canales, así como un servicio con mayor calidad de sonido e imagen. Desde el punto de vista de las empresas, la digitalización permite reducir los costes de transmisión y reduce las barreras de entrada en la industria. Es así como la multiprogramación es uno de los grandes beneficios de la Televisión Digital Terrestre (TDT) la misma que permite la inclusión de varios canales de programación en un mismo canal de transmisión, con lo cual permite un uso

más eficiente del espectro radioeléctrico previamente autorizado, con la finalidad de ofrecer un mejor servicio a la población de manera directa y gratuita. Este proceso de multiprogramación puede llevarse a cabo gracias a las bondades que ofrece la televisión digital para la transmisión de señales, ya que las señales digitales pueden comprimirse drásticamente y se elimina la redundancia temporal y espacial. [16] [21]

Esto se refleja en múltiples beneficios para el consumidor final, como tener la posibilidad de observar su programación favorita y poder adaptarla a sus requerimientos, ya que, en la televisión digital la comunicación será bidireccional y no unidireccional como lo es en la televisión analógica. Entre otros beneficios está el hecho de que habrá una mayor difusión de la información.

3.13 Paquetización de la información

Paquetizamos la información para poder transmitirla, esta información proviene de una etapa anterior, la etapa de codificación. En el proceso de paquetización se agrupa

cierta cantidad de información para formar los paquetes, estos paquetes deben tener una cantidad mínima de información. Cada paquete lleva bytes de control que consisten en información del encabezado, del origen y del destino. Este proceso se lleva a cabo en el Headend

Uno de los grandes beneficios que provee la paquetización de la información es la convergencia entre redes, ya sean redes de datos o redes de voz. [8] [11]

3.14 Flujos de información

La interfaz ASI transporta flujos de datos (Transport Stream TS) generalmente estos flujos son MPEG-2 (MPEG-2 Transport Stream). [2]

3.15 MPEG-2 (Moving Picture Experts Group – 2)

Es un estándar de compresión de datos, que tiene una gran aceptación a nivel mundial, comprime drásticamente datos ya sea audio, video o la combinación de los mismos, elimina redundancias. Algunas de las aplicaciones que tiene MPEG-2 son Broadcast to Home,

Redes Troncales (Backbone), enlaces STL, Eventos de Red. [1]

Algunas de las aplicaciones de MPEG son:

- Para los enlaces STL
- Difusión a los hogares
- Redes troncales (backbone)

Estructura de los paquetes MPEG

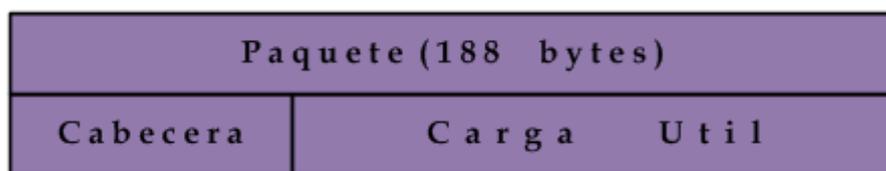


Figura 3.6 Paquete MPEG

Esquema de procesamiento de las señales

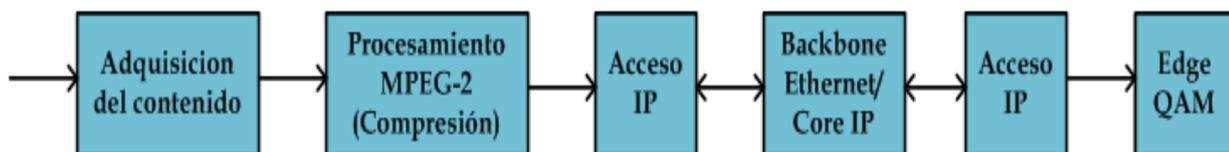


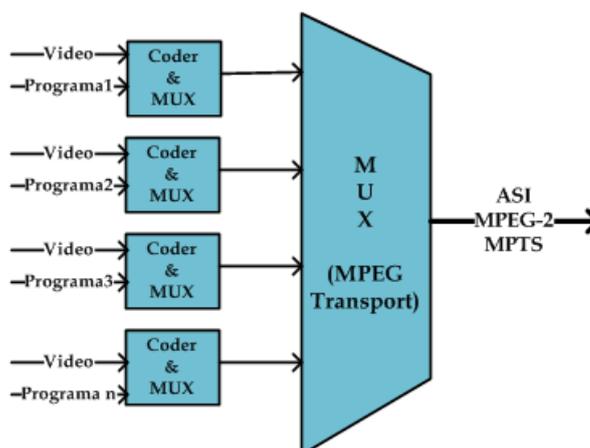
Figura 3.7 Esquema de procesamiento de las señales

3.16 Flujo de Transporte MPEG-2

Para la transmisión del flujo de transporte de la información se usa una técnica que consiste en segmentar la información en paquetes, cada uno de estos paquetes lleva información que nos permite saber el orden y el destino del contenido que fue enviado.

La información antes de ser segmentada fue digitalizada y comprimida. [2] [22]

Flujo de Transporte ASI MPEG-2



ASI MPEG-2 MPTS = Flujo de Transporte de multiples programs MPEG-2 ASI

Figura 3.8 Flujo de Transporte ASI_MPEG

Se pueden transportar paquetes que forman parte de diferentes contenidos sin que entre ellos exista algún tipo de interferencia ya que cada paquete tiene un campo identificador llamado PID (Packet Identifier).

Gracias a este campo (PID) se pueden realizar las siguientes acciones:

- Variar la velocidad de transmisión
- Variar el flujo
- Tener acceso a algún flujo elemental en particular

Todo esto de forma dinámica.

Además este campo PID es muy importante para que los paquetes puedan ser recuperados de forma adecuada.

EL sistema de transporte MPEG-2 consta de los siguientes bloques:

- PES (Packetized Elementary Stream)
- PCR (Program Clock Reference)
- PSI (Program Specific Information)

PES (Packetized Elementary Stream).- Los flujos empaquetados elementales (PES) son el resultado de los

flujos elementales tanto de audio como de video que salen del codificador MPEG. Para la correcta sincronización del audio con el video los flujos tienen PTS (Presentation Time Stamp) marcas de presentación de tiempo. Lo que hace el PES es que antes de ser transportados, a los paquetes de longitud fija les da una nueva estructura de longitud variable.

PCR (Program Clock Reference).- En el flujo de transporte la función del PCR (Referencia de reloj de programa) es sincronizar el reloj del decodificador con el reloj del codificador MPEG. Cada programa tiene un PCR por ello se puede fijar una velocidad de codificación diferente a cada programa. Usa una frecuencia de 27MHz

PSI (Program Specific Information).- En un método de transporte, se puede alcanzar a tener un sinnúmero de programas es por ello que dichos programas pueden contener múltiples señales sean estas de audio o video, pero es indispensable tener un medio que nos acceda a la identificación.

MPEG-2 efectúa cuatro tablas, permitiendo que se amplíen los manuales informativos, con lo cual se añade otro tipo de tablas privadas. [22]

- Tabla de Asociación de Programas (PAT).
- Tabla de Acceso Condicional (CAT).
- Tabla de Mapa de Programas (PMT).
- Tabla de Información de la Red (NIT)

Tabla de Asociación de Programas (PAT).- Es utilizada para localizar los elementos de cada programa, conducidos en el flujo de transporte. En este tipo de tabla se guardan algunos PIDs, en cuyos paquetes viaja la información relativa a los valores PID.

Tabla de Acceso Condicional (CAT).- Esta tabla se la utiliza para descifrar información y controlar el acceso, este método es utilizado fundamentalmente en programas PPV u otro tipo similar. Su importancia radica en la facilidad para prescindir del contrabando de programas en el sistema DVB.

Tabla de Mapa de Programas (PMT).- Este tipo de tabla se utiliza para determinar los elementos de cada

programa, asociados con los PIDs de los paquetes que lo integran, los mismos que son conducidos en el flujo de transporte.

Tabla de Información de la Red (NIT).- En este tipo de tabla MPEG-2 no concreta su contenido, pero permite el transporte de información sobre los parámetros físicos de la red como es el caso de frecuencias en un contexto de multiplexado en frecuencias (FDM) y números de transpondedores para comunicaciones satelitales u otro tipo de información. Esta tabla está especificada por el proveedor del servicio, el mismo que es el responsable de la implementación de la red. [22]

3.17 Sistema de transporte orientado a la televisión digital

Para poder transportar la información primero se la segmenta en paquetes de longitud fija, esto tiene sus ventajas tales como flexibilidad y escalabilidad. Flexibilidad a la hora de asignar la capacidad del canal y escalabilidad ya que a la entrada del multiplexor se

pueden añadir más flujos elementales sin ningún problema ya que cada paquete tiene un campo que ayuda para su identificación llamado PID. Los diferentes paquetes se unen en el flujo binario de transporte estos paquetes pueden contener audio, video e información de valor añadido.

Los paquetes son multiplexados en el tiempo, también se tiene cuidado con la sincronía entre el audio y el video, esto es de suma importancia ya que no será nada agradable para el cliente que no haya sincronía entre estas señales, que la imagen este adelantada al sonido o viceversa. Todo esto es posible gracias a cierto esquema de transmisión definido por el estándar MPEG.

Transmisor

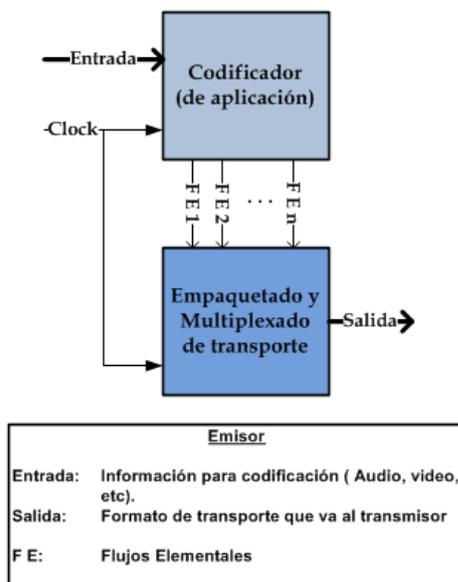


Figura 3.9 Transmisor

Receptor

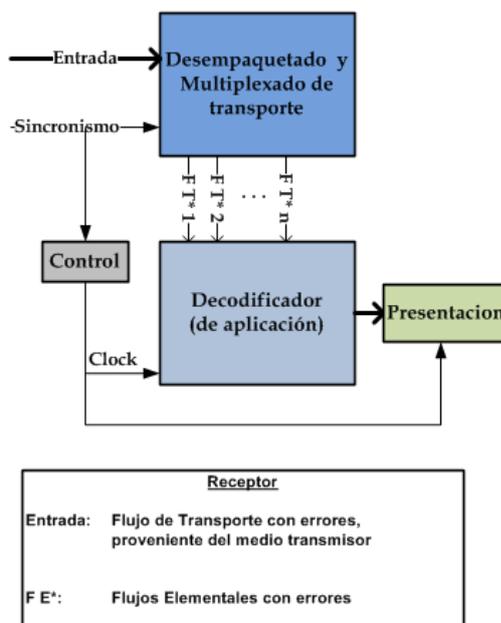


Figura 3.10 Receptor

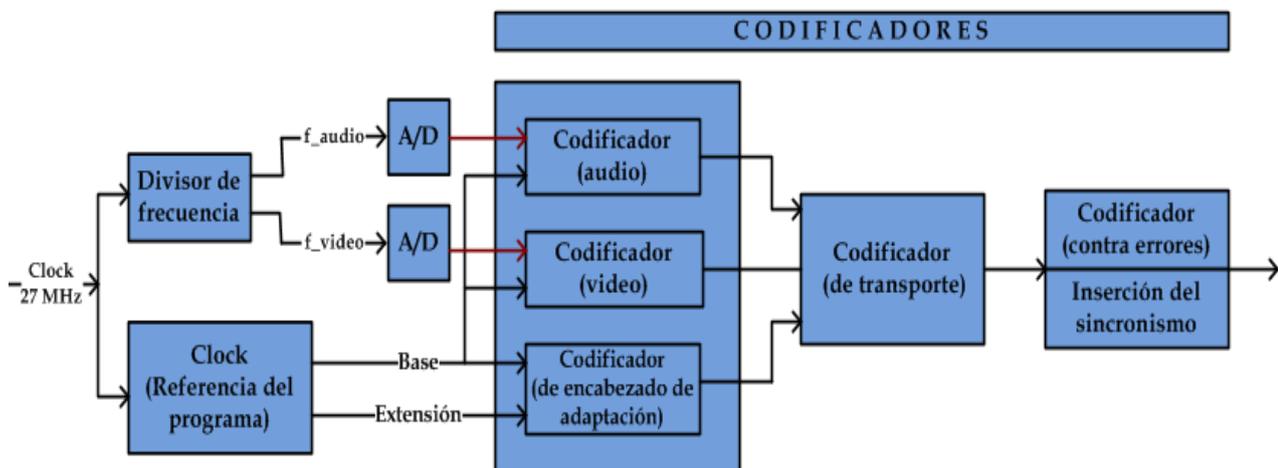


Figura 3.11 Sistema de Transporte de la televisión Digital

3.18 Estructura de los paquetes de transporte

La estructura de los paquetes de transporte va de acuerdo con la estructura de MPEG-2

Debemos tener especial cuidado con el tamaño de los paquetes. Para que se pueda efectuar la corrección de errores de forma adecuada, los paquetes no deben ser muy grandes. Tampoco deben ser muy pequeños, ya que si son muy pequeños, el encabezado será significativo en relación al tamaño del paquete, lo cual no debe suceder.

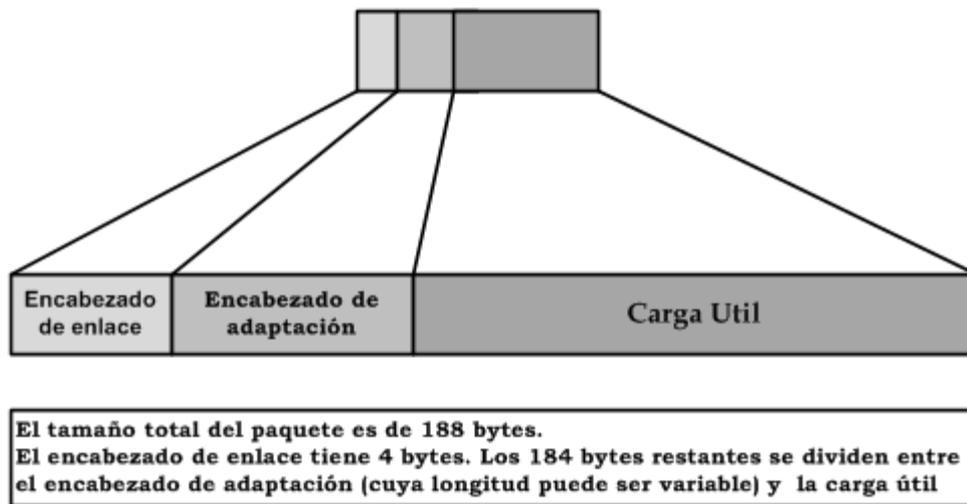


Figura 3.12 Estructura de un paquete de transporte

A continuación mostramos la estructura de un paquete de transporte:

Tienen dos capas, la capa de enlace y la capa de adaptación son fundamentales para la transmisión del flujo MPEG-2 por medio terrestre. [22]

Capa de Enlace.- Opera en el encabezado (4 bytes), tiene longitud fija. Esta capa está a cargo de:

- Sincronización de los paquetes
- Identificación de los paquetes
- Manejo de Errores

- Carga útil
- Encabezado de adaptación
- Encabezado de nivel de adaptación
- Longitud del campo de adaptación
- Aleatorización
- Campos PCR y OPCR
- Campo de segmentación

Capa de Adaptación.- Trabaja sobre la decodificación del flujo elemental, tiene longitud variable. Esta capa está a cargo de:

- Sincronización
- Acceso aleatorio al flujo de datos comprimidos
- Inserción de programas locales

En la siguiente imagen se muestra un diagrama sobre la inserción de programas

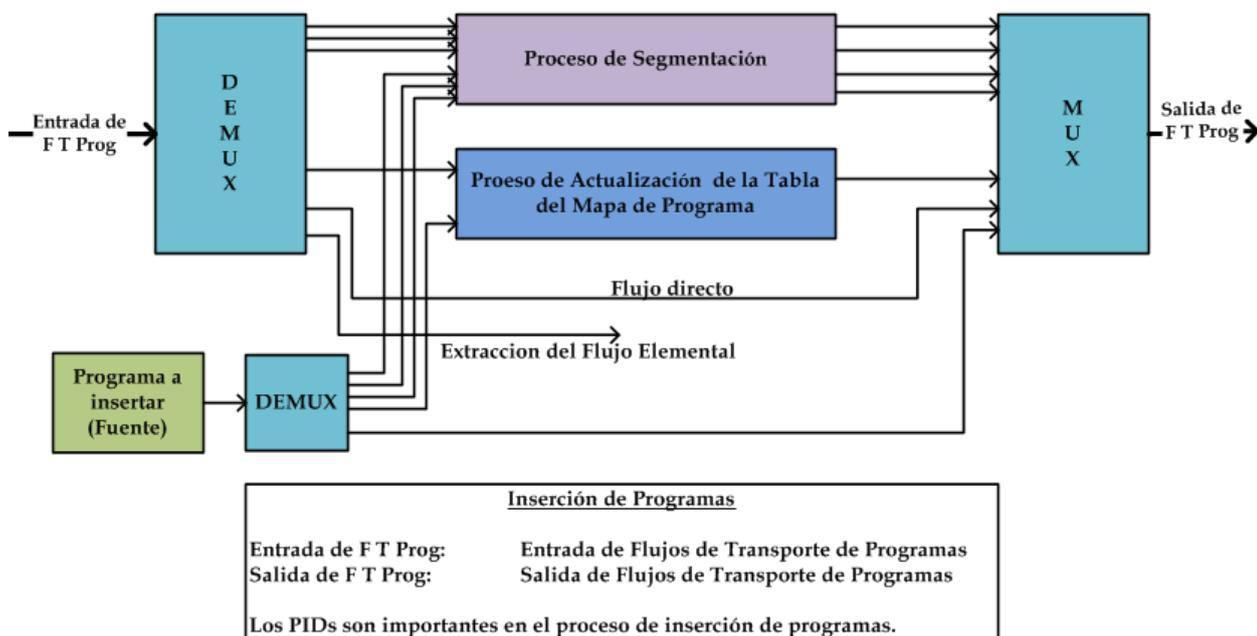


Figura 3.13 Proceso de Inserción de programas

Una vez más resaltaremos la importancia de los PID ya que para la inserción de los programas está basada en los PID, la segmentación, la multiplexación y demultiplexación juegan un papel importante en esta etapa de inserción. Hay dos capas de multiplexado, la primera es el multiplexado de transporte de programas y la otra capa es el multiplexado del sistema. [8] [22]

3.19 Multiplexado de programas

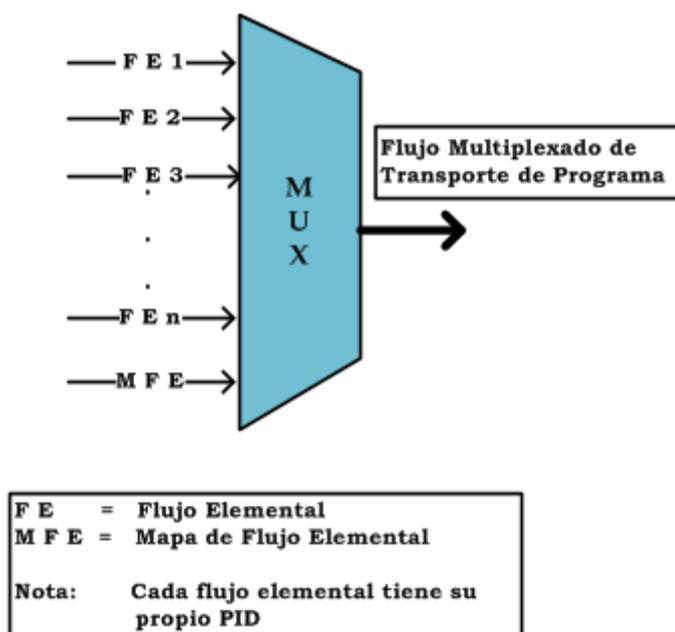


Figura 3.14 Multiplexado de transporte de programas

En la figura podemos observar un esquema de multiplexado de transporte de programas. Como resultado del multiplexado de flujos binarios tenemos el flujo de transporte de programa. A este flujo resultante se suma un flujo de control (binario) y dan como resultado el mapa de flujo elemental. El flujo de control tiene información de los PID de los flujos de transporte, de las tablas del mapa del programa.

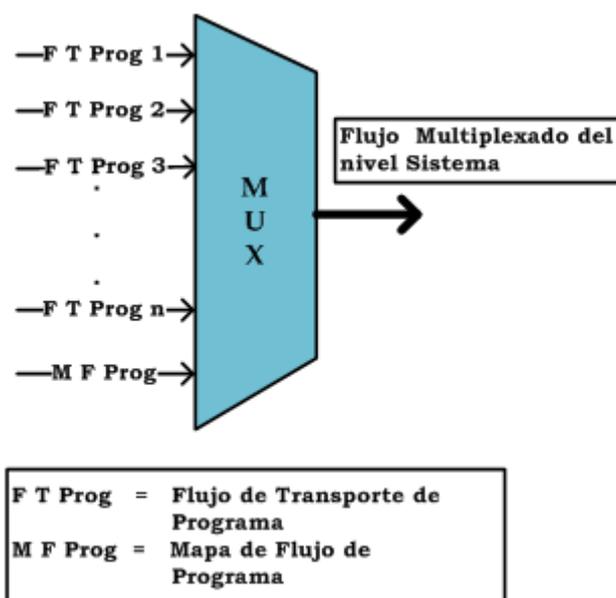
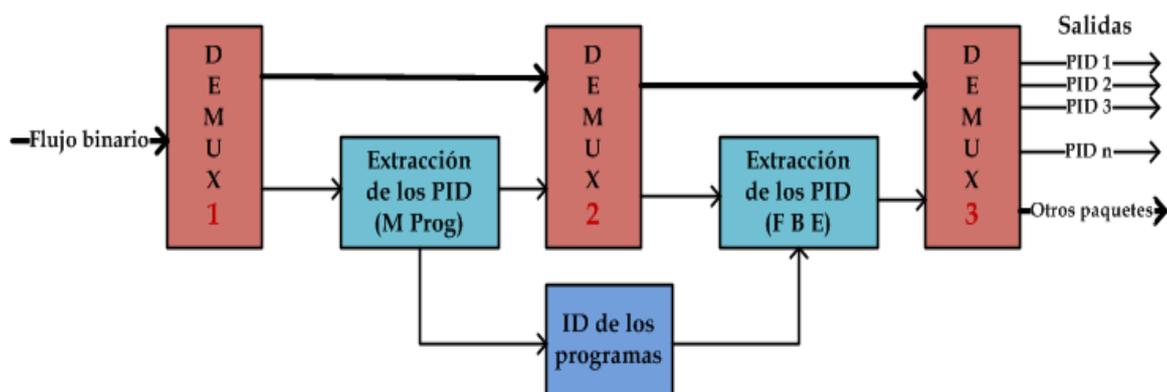


Figura 3.15 Multiplexado del Sistema

En la figura podemos observar un esquema de multiplexado de sistema. Aquí se multiplexan los diferentes flujos de transporte de programa, los paquetes del mismo programa se identifican por los PIDs, por la tabla de mapa de programa.

3.20 Demultiplexado de programas



<u>Demultiplexado</u>	
Flujo binario:	Flujo binario del sistema
DEMUX 1:	El PID es 0
DEMUX 2:	El PID es el del mapa del programa
DEMUX 3:	Varios PIDs (van desde 1 hasta n)
Extracción de los PID (M Prog):	Aquí se extrae el PID del Mapa de Programa
Extracción de los PID (F B E):	Aquí se extraen los PIDs de los Flujos Binarios Elementales
ID de los Programas:	Aquí se identifican los programas
Otros paquetes:	Es el vaciado de otros paquetes de transporte
Salidas:	Son flujos individuales (binarios) elementales

Figura 3.16 Demultiplexado de programas

En la figura podemos observar un esquema de demultiplexado. En el multiplexado se extraen: los flujos de control que están presente en la tabla de asociación de programa y en la tabla de mapa de programa.

CAPITULO 4

Medios de Transporte de la Información

4.1 Introducción

Los medios de transporte en el ámbito de las telecomunicaciones proporcionan la capacidad y los elementos necesarios para mantener a distancia un intercambio de información y/o una

comunicación, ya sea ésta en forma de voz, datos, vídeo o una mezcla de los anteriores.

Los elementos necesarios permiten disponer de acceso a la red de comunicaciones, transporte de la información y procedimientos para poner en contacto a los extremos, que desean intercambiar información. Así mismo, numerosas veces los usuarios se encuentran en extremos pertenecientes a diferentes tipos de redes de comunicaciones, o en redes de comunicaciones que aun siendo iguales son de distinta propiedad. En estos casos, lo fundamental es contar con un procedimiento de interconexión.

4.2 Redes de Comunicación

Se conoce como red de comunicación al conjunto de medios técnicos los cuales permiten la comunicación a distancia entre equipos dependientes. La idea fundamental es transmitir datos, audio y video por medio de ondas electromagnéticas a través de diversos medios como aire, vacío, cable de cobre, fibra óptica, etc.

La información se puede transmitir de forma analógica, digital o mixta y en el caso de que existieran conversiones estas se

realizan de forma transparente al usuario, ya que es quien maneja la información únicamente en formato análogo.

En la actualidad las redes comunicación prestan diferentes servicios, cuyo fin es el satisfacer nuevas necesidades de los usuarios, incluyendo más variables al modelo, permitiendo así que la solución sea más compleja. Estas redes se pueden diferenciar en base al camino por el que circula la información las cuales pueden ser en ambos sentidos o uno solo.

Los tipos de información que pueden circular por las redes son muy variados, en cuanto a su naturaleza, tratamiento, degradación y, particularmente de muy distinto ancho de banda, dentro del ancho de banda de una señal quedan recogidas todas las frecuencias distintas que incorpora la señal. De esta manera las variaciones de frecuencia de una señal de voz son muy inferiores a las de una imagen movimiento (vídeo).

En el presente trabajo desarrollamos la descripción de los principales tipos de red que se cuenta en la actualidad. [22] [24]

4.2.1 Redes Unidireccionales

Son aquellas en las que la información viaja desde un emisor a un receptor, no existiendo camino de retorno para la comunicación inversa. Este tipo de comunicaciones se suele encontrar en las redes de distribución o redes de recolección.

4.2.2 Redes de Distribución



Figura 6.1 Redes de Distribución

En todas las redes de distribución, la estación central, comúnmente llamada HUB es la que se encarga de la transmisión, mientras que las

estaciones receptoras cuentan sólo con recepción. Entre sus aplicaciones podemos mencionar:

- GPS (Sistema de Posicionamiento Global).
- Sistemas de Televisión directo a casa DTH (Direct-to-home).
- Distribución de datos a VSATs.

4.2.3 Redes de Recolección



Figura 4.2 Redes de Recolección

Estas operan de manera contraria a las redes de Distribución y son usadas para transmitir

datos en un sólo sentido, desde las estaciones terrenas remotas hacia una estación terrena central. [24]

4.2.4 Redes Bidireccionales

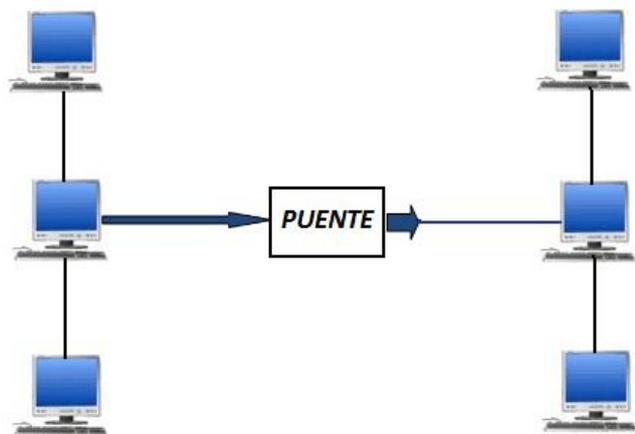


Figura 4.3 Redes Bidireccionales

En este tipo de redes, la información entre los extremos viaja en los dos sentidos, típicamente por el mismo camino, aunque también existen redes en que no tiene por qué coincidir los caminos de ida y vuelta. Como ejemplos tenemos las redes de telefonía y de datos.

Los tipos de arquitecturas bidireccionales se clasifican en: Enlaces punto-punto, punto-multipunto, malla, estrella y configuraciones mezcladas.

4.2.5 Enlaces Punto – Punto y Punto – Multipunto



Figura 4.4 Enlaces Punto a Punto

Esta clase de enlaces son elementalmente para una conexión bidireccional entre dos estaciones terrenas. El término, enlace punto-multipunto, se refiere a la conexión recíproca de la red, a un número limitado de estaciones terrenas, que son preferentemente todas del mismo tipo. Estos tipos de redes, punto-punto y

punto-multipunto, son los tipos de redes más comunes. Sus aplicaciones son:

- Interconexión a centros de comunicación principales para el enrutamiento de alto tráfico telefónico.
- Transmisión de datos de alta velocidad, entre otras [23] [24]

4.2.6 Redes de Malla

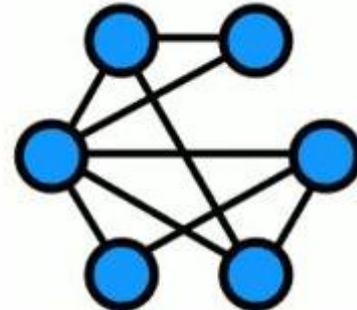


Figura 4.5 Redes de Malla

Son aquellas redes capaces de interconectarse completamente con un número significativo de estaciones terrenas, generalmente del mismo tipo. Las redes en malla permiten la

interconexión entre centros sin jerarquías. Cuando son conectadas a redes terrestres, las estaciones terrenas operan como nodos de un sistema de comunicación completo.

Las interconexiones en malla pueden ser implementadas para permitir comunicación directa entre estaciones locales y remotas, comúnmente bajo un control centralizado. [20]

4.2.7 Redes en Estrella



Figura 4.6 Redes en estrella

Este tipo de red cuenta con conexiones que se encuentran directamente a un punto central y por ende todas las comunicaciones se van a

realizar a través de este medio. Está compuesta de un dispositivo central (HUB) y un conjunto de terminales conectados.

Su particularidad se basa en que los mensajes pasan directamente desde el nodo HUB, el cual gestiona la redistribución de la información al resto de nodos. Es importante señalar que en una red estrella puede ocurrir un desperfecto en determinado nodo y esto no afecte al resto de nodos de la red, pero si ocurre un fallo en el HUB incita irremediablemente la caída de toda la red. [20]

4.2.8 Redes Híbridas

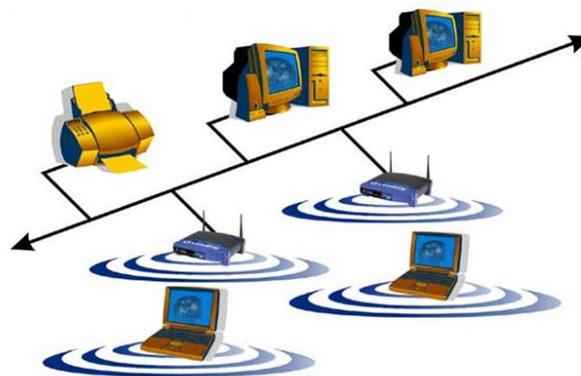


Figura 4.7 Redes Híbridas

Esta clase de red se basa en la combinación de una red Alámbrica y una red Inalámbrica. Hoy en día podemos implementar este tipo de redes con la finalidad de facilitar, tanto la estabilidad como la versatilidad de una red.

Se integran diferentes tipos de redes; por ejemplo, una red unidireccional para un sentido de la comunicación es combinada con otra red para el camino de retorno. Estas soluciones fragmentarias permiten tener, servicios interactivos de televisión, en la que ésta es recibida por la red de difusión terrestre o por

satélite, mientras que las selecciones del usuario y sus peticiones de vídeo bajo demanda (VoD), se envían por Internet (sobre la red telefónica). Existen dos tipos de redes Híbridas las cuales son:

- Red de anillo de estrella, combina el diseño físico de una red en estrella y la topología lógica de una red de anillo.
- Red de bus de estrella por cable, utiliza la distribución física de una red en estrella y la transmisión de datos de una red de bus. [20] [22]

4.3 Redes de Transporte

Las redes de transporte determinan un papel fundamental en las telecomunicaciones de la nueva era, son las encargadas del envío y multicanalización de diversos tipos de información en diferentes formatos tanto analógicos como digitales. Su evolución ha progresado de una forma desmedida, desde las primeras redes analógicas, las digitales, hasta las redes ópticas.

La inminente afluencia de la conmutación de paquetes y del paradigma de Internet, con el éxito de los protocolos IP como la base del transporte masivo de datos, introdujo una nueva cuestión al plantear si las redes de transporte debían o no tener un grado significativo de inteligencia en su núcleo central o si esta inteligencia se debía encontrar en los bordes de la red de transporte. La idea fundamental es impulsar a que las nuevas redes de transporte sean lo más transparentes posibles frente al despliegue de nuevas aplicaciones de interés para los usuarios, es decir, que sean válidas para cualquier nueva aplicación sin cambios significativos y sobre todo sin inversiones y retardos que puedan impedir cumplir las expectativas de los usuarios.

De esta manera, DVB ha definido una interfaz que se usará para conectar el mundo de las señales DVB a las redes. [10]

Para una mejor comprensión en esta sección se comentaran las tecnologías de transporte más relevantes, que sirve como apoyo a las redes, la misma que consta de:

- Redes PHD
- Redes SDH
- Redes SONET
- Redes WDM

- Redes ATM

Para una mejor comprensión del lector en el capítulo siguiente se realizara el análisis de cada tecnología, debido a que es un pilar fundamental para el transporte de datos por medio de fibra óptica.

4.3.1 Redes PDH

Los importantes sistemas de comunicaciones analógicos estaban basados en multiplexaciones por división de frecuencia (FDM), los que con la llegada de los sistemas digitales fueron remplazados por multiplexación por división de tiempo (TDM) y modulación por codificación de pulsos (PCM), este proceso trajo grandes avances en las telecomunicaciones, sin embargo no se llevaba a cabo en forma sincrónica, pero si se usaba una técnica de llamada surfing, que la hacía parecer sincrónica, de esta manera es como nace la jerarquía digital plesiosíncrona (PDH)

Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH), es un conjunto de sistemas de transmisión que utiliza dos pares de alambre en la cual uno es para transmitir y el otro es para recibir, así mismo este medio posee un método de multicanalización por división de tiempo (TDM) para interpolar múltiples canales de voz y datos digital. Uno de los mayores inconvenientes de la demultiplexación plesiócrona es que una vez formada la señal múltiplex, no es posible extraer un tributario concreto sin demultiplexar completamente la señal. [21]

Existen tres conjuntos diferentes de estándares PDH que se utiliza en las telecomunicaciones mundiales. T1, define el estándar PDH de Norteamérica, el mismo que consta de 24 canales de 64 Kbps (canales DS-0) dando una capacidad total de 1.544 Mbps. Además se encuentran disponibles T1s fraccionales.

E1, el cual define el estándar PDH europeo determinado por la ITU-T pero que es utilizado

en el resto del mundo, incluyendo México. Este se compone de 30 canales de 64 Kbps (canales E0) y 2 canales reservados para la señalización y sincronía, la capacidad total nos da 2.048 Mbps. Pero también están disponibles E1's fraccionales. [19]

J1, el cual define el estándar PDH japonés para una velocidad de transmisión de 1.544 Mbps consistente de 24 canales de 64 Kbps (canales DS-0), aunque también se pone a disposición J1 fraccionales. La longitud de la trama del estándar J1 es de 193 bits (24 x 8 bit, canales de voz/datos más un bit de sincronización), el cual es transmitido a una tasa de 8000 tramas por segundo. Así, $193 \text{ bits/trama} \times 8000 \text{ tramas/segundo} = 1,544,000 \text{ bps}$ o 1.544 Mbps

En síntesis, las diferentes jerarquías plesiócrona existentes ya sea como la americana, europea y japonesa, permiten que la compatibilidad se muy complicada. Es así que la limitada normalización ha conducido a que

los códigos de línea, la modulación o las funciones de supervisión, sean específicas de cada suministrador. [10] [22]

4.3.2 Redes SDH

La necesidad de interconectar las distintas jerarquías hizo ver la importancia de crear un nuevo sistema, pues hasta ese entonces resultaba muy costosa la implementación de demultiplexores y multiplexores para conectar las redes, y es así como nace SDH.

Este estándar definido en Europa por la ITU-T, cuya velocidad alcanza los 155Mbps, creado con el objetivo de proporcionar una estructura más sencilla, económica y flexible para redes de telecomunicaciones. Esta clase de red fue diseñada para soportar las deficiencias de compatibilidad de los sistemas de transmisión PDH. Su estructura escalable da lugar a la incorporación de otras tecnologías de redes ópticas y de banda ancha. SDH permite el

transporte de varios tipos de tráfico tales como voz, video, multimedia, y paquetes de datos como los que genera IP. Para ello, su papel es, esencialmente, el mismo: Gestionar la utilización de la infraestructura de fibra. Esto significa gestionar el ancho de banda eficientemente mientras porta varios tipos de tráfico, detectar fallos y recuperar de ellos la transmisión de forma transparente para las capas superiores. [15]

4.3.3 Redes SONET

Es un estándar instaurado en EEUU por la ANSI para la transmisión digital de una gran cantidad de información a través de redes de fibra óptica.

SONET define una tecnología para transportar muchas señales de diferentes capacidades a través de una jerarquía óptica síncrona y flexible. Esto se obtiene por medio de un esquema de multiplexado por interpolación de

bytes. La interpolación de bytes simplifica la multiplexación y ofrece una administración de la red extremo a extremo. [22] [15]

4.3.4 SONET/SDH

El estándar de red SONET fue desarrollado para satisfacer las exigencias de los nuevos servicios de comunicación según el modelo americano, mientras que SDH también fue desarrollado para el resto del mundo. Por tanto podemos decir que no es correcto pensar en SDH o SONET como protocolos de comunicación en sí, sino más bien como medios para el traslado de los contenedores que transportan tanto datos como voz.

SONET Y SDH suelen utilizar términos diferentes para describir idénticas características o funciones, por lo que a veces esto lleva a la confusión. Con pocas excepciones, se puede decir que SONET es un

subconjunto de SDH. Las principales diferencias están determinadas por:

- SONET puede utilizar una de las dos unidades básicas disponibles para crear los frames mientras que SDH sólo pueden utilizar uno.
- SDH ha mapeado las opciones adicionales que no están disponibles en SONET.

El principal inconveniente de SONET/SDH es su costo, a pesar de ser mucho más barato de implementar que PDH y aunque últimamente se han realizado transmisiones de STM-256(40Gb/s) es inminente la aparición de tecnologías de transmisión óptica como WDM, en donde es posible transmitir diferentes longitudes de onda a través del mismo medio físico. [15]

4.3.5 Redes WDM

La multiplexación por división de longitud de onda es una de las técnicas más estudiadas últimamente, la cual consiste en multiplexar, sobre un mismo medio (fibra óptica monomodo), varias longitudes de ondas pertenecientes a información de distintas fuentes, velocidades y formatos. Este dispositivo permite aumentar considerablemente la capacidad de la fibra. Existen diferentes formas para lograr este objetivo, principalmente, para extender el número de canales que se puedan transportar se incrementa el número de longitudes de onda, hoy son valores típicos 16 a 256 longitudes de onda distintas en una misma fibra. Además es posible aumentar la velocidad de transmisión que soporta cada longitud de onda, esto gracias a fibra óptica de mayor calidad, actualmente se trabaja con valores de 2,5Gb/s (STM-16) y es común también 10 Gb/s (STM-64). [22] [24]

El presente tema ha sido tratado con mayor profundidad en el capítulo de Fibra Óptica.

4.3.6 Redes ATM

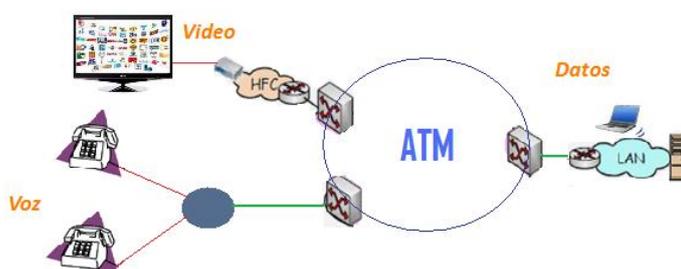


Figura 4.8 Redes ATM

Modo de Transferencia Asíncrona. Es una arquitectura de red conformada por cuatro capas, diseñada para presentar circuitos virtuales que permitan integrar voz, datos y video. Surgió como respuesta a la necesidad de tener una red multiservicio que pudiera manejar velocidades muy dispares, con altos picos de transmisión y dispositivos de diferentes velocidades. Funciona tanto en medios ópticos como eléctricos

Los protocolos de ATM están estandarizados por la ITU-T, con especial contribución del “ATM Forum41” y si bien pueden ser utilizados en LANs, se usan principalmente en las redes troncales (backbone) de los proveedores de servicios públicos. Sin embargo parece tener poco futuro debido a la aparición de Giga Ethernet y de PoS (PacketOverSONet/SDH). [24]

4.4 Redes Troncales (Backbone)

Es un dispositivo de conectividad primario en un sistema distribuido. Todos los sistemas que tengan conexión al backbone (columna vertebral) pueden interconectarse entre sí, aunque también puedan hacerlo directamente o mediante redes alternativas.

El término Backbone se refiere a la estructura central de una red, a los enlaces troncales, por los cuales pasa tráfico de alta densidad.

Las redes troncales (backbone) poseen la capacidad de interconectar continentes, países, y grandes ciudades. Para el caso de los continentes y algunos países, dicha interconexión se realiza a través de cables de fibra óptica submarino. Su estructura está conformada por diferentes equipos de última generación, que conservan la capacidad de soportar una elevada tasa de transmisión de datos. Debido a su gran importancia en el transporte de datos, cuenta con sistemas altamente eficaces de respuesta ante fallas, que pudieran darse en cualquier parte de su estructura. Estos tiempos son altamente rápidos. [13] [15]

Clasificación de las redes troncales (Backbone)

El backbone está clasificado en dos tipos:

- Colapsado
- Cascada

Colapsado: Este tipo de redes troncales (backbone) brinda una mejor calidad de la señal a los tramos que están alejados del Cuarto de Equipos debido a que no satura ningún sector de la red también provee una mejor

distribución de servicios gracias a que hay varios tramos que salen del Cuarto de Equipos

Cascada: Este tipo de backbone satura la red con mucha frecuencia ya que genera una gran cantidad de tráfico innecesario debido a que tiene una arquitectura (todos los equipos de trabajo están conectados a un enlace troncal con el cuarto de equipos) que está casi obsoleta.

4.4.1 Ventajas y desventajas de las redes troncales (Backbone)

Entre las principales ventajas que poseen las redes troncales (backbone) tenemos:

1. Instalación
2. Tecnología económica

La trascendental desventaja que tiene el backbone es que es muy vulnerable a fallos. Si un cable no puede funcionar ningún equipo. Los equipos no pueden comunicarse en red. Hoy en día para una LAN se consideran muy lentas. [15]

4.4.2 Redes troncales de Fibra Óptica (Backbone Óptico)

Para poder alcanzar un tráfico más fluido de las redes troncales (backbone) se ha empleado la fibra óptica, debido a que hoy en día es el medio confiable para diferentes soluciones, esto se debe a que posee gran capacidad para transmitir información, los costos son muy apropiados y el servicio es de buena calidad. La fibra óptica ofrece varias ventajas para las redes troncales (backbone), para ello detallamos las más importantes. [14]

- Son impermeables al ruido eléctrico y a las interferencias de radio frecuencia.
- La fibra no transporta corrientes que puedan causar bucles en la conexión a tierra.
- Los sistemas de fibra conservan un ancho de banda elevado y tienen la capacidad de funcionar a altas velocidades.

CAPITULO 5

TRANSPORTE POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA

5.1 Introducción

Debido al crecimiento vertiginoso del consumo de banda ancha que se ha presentado en los últimos años, los

operadores y proveedores de servicios se han visto en la obligación de hacer crecer sus redes para que puedan acoplarse a dichas demandas y así poder satisfacer las necesidades de sus clientes.

Dependiendo de la infraestructura de la red, y si, esta es escalable, pueden hacerse varias modificaciones para así poder transmitir más información. En otros casos habría que cambiar toda la infraestructura de la red. Ciertas tecnologías ya no podían cumplir con los exigentes requerimientos de los clientes, dado que su capacidad era muy limitada. Como resultado de múltiples investigaciones a nivel mundial para encontrar nuevas tecnologías para el transporte de datos que puedan satisfacer las necesidades antes mencionadas (una alta capacidad de transmisión, mayor seguridad de los datos transmitidos, baja interferencia, etc.) nacieron nuevas tecnologías, se crearon nuevos estándares, protocolos y regulaciones. Como es el caso de la fibra óptica que posee múltiples características que ofrecen grandes ventajas a los proveedores.

La fibra óptica tiene altas prestaciones por ello es el medio de transmisión elegido para el transporte de los datos a alta velocidad.

Existen varias tecnologías para transportar datos por medio de la fibra óptica tales como ATM, SDH/SONET, WDM, DWDM, MPLS, etc.

La tecnología de transporte de datos que más se acopla a las necesidades del sistema de televisión digital es la tecnología DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing).

A continuación una breve introducción sobre la fibra óptica.

5.2 Fibra Óptica

La fibra óptica está compuesta por uno o más filamentos de vidrio. Está formada por: el revestimiento, el núcleo y la cubierta. Las fuentes ópticas son: el láser y los diodos LED.

En las redes de transporte óptico el factor distancia introduce un retardo a la red. Además la fibra se puede ver afectada por la dispersión y la atenuación. [14]

5.3 Características Generales

Atenuación.- La atenuación se muestra en la disminución de la potencia de la señal óptica. La atenuación varía en función de la longitud de onda.

Dispersión.- A mayor distancia el pulso al inicio se ensancha más, es decir, se dispersa. Este ensanchamiento se debe a las diferentes velocidades con las que se propaga la luz.

La dispersión afecta a la señal durante la transmisión, también reduce el ancho de banda efectivo para la tasa de transmisión de la información. [14] [22]

Hay varios tipos de dispersión:

- Dispersión modal (MD)
- Dispersión cromática (CD)
- Dispersión por modo (PMD)

La fibra óptica tiene bandas, las cuales son:

- Banda E = Extended
- Banda S = Short

- Banda C = Conventional
- Banda L = Long
- Banda U = Ultra

La fibra tiene varias ventanas ópticas las cuales son:

- 850nm Distancias cortas
- 1310nm Distancias medianas
- 1550nm Grandes distancias

Ventajas

- La más atractiva de sus ventajas es que posee una gran banda de paso (En el orden de los GHz)
- No se necesita regenerar la señal cada 2km como ocurre con el cable de cobre, la señal óptica puede estar hasta 70km sin regenerar.
- No presenta interferencia ante los campos electromagnéticos, es decir, no afectan su desempeño.
- El grado de atenuación es pequeño
- A nivel físico, ocupa poco espacio, es flexible, liviana (su peso es menor al de los cables usados convencionalmente)

- Si hay alguna dificultad a nivel de seguridad, ya sea un corte o una intromisión, es fácilmente descubierta, ya que la señal se debilita y eso dispara una alarma en el sistema de monitoreo, lo cual hará que la respuesta ante tal emergencia sea mucho más rápida.
- No es sensible a vibraciones.
- Su vida útil es de aproximadamente 25 años, a diferencia de los sistemas de comunicaciones que tienen una vida útil de 10 años.

Desventajas

- Debido a que no todos los equipos en una red son ópticos, hay que efectuar procesos de conversión de óptico a eléctrico y viceversa, lo cual hace menos eficiente el uso del ancho de banda.
 - El costo de los equipos que procesan las señales ópticas es elevado.
 - La fibra se ve afectada por la atenuación y la dispersión
- [14] [24]

5.3.1 Tipos de fibra óptica

Los tipos de fibra están relacionados al diámetro del núcleo y al revestimiento.

Hay dos tipos de fibra:

- Fibra multimodo
- Fibra monomodo

5.3.2 Fibra multimodo (MMF)

Tiene varios modos de propagación. Es más costosa pero el despliegue de la red es relativamente no costoso. Se usa para grandes distancias.

Una desventaja de la fibra multimodo es que presenta dispersión modal.

5.3.3 Fibra monomodo (SMF)

Este tipo de fibra tiene un solo modo de propagación. Presenta un alto desempeño respecto al ancho de banda además de un bajo

nivel de atenuación y de dispersión. Se usa para pequeñas distancias. Entre sus desventajas tenemos que, presenta dispersión cromática y su implementación es compleja.

Aplicaciones generales

La fibra óptica tiene aplicaciones en muchos ámbitos tales como la medicina, arqueología, sensores, iluminación, aplicaciones militares, automatización industrial, las telecomunicaciones entre otros. Nosotros estamos interesados en sus aplicaciones en el ámbito de las telecomunicaciones, específicamente en las redes de transmisión de datos. [14] [20]

5.4 Tecnologías de transmisión para redes ópticas

Entre las principales tecnologías de transmisión para redes ópticas de alta capacidad tenemos:

- ATM
- SDH/SONET

- WDM
- DWDM
- MPLS

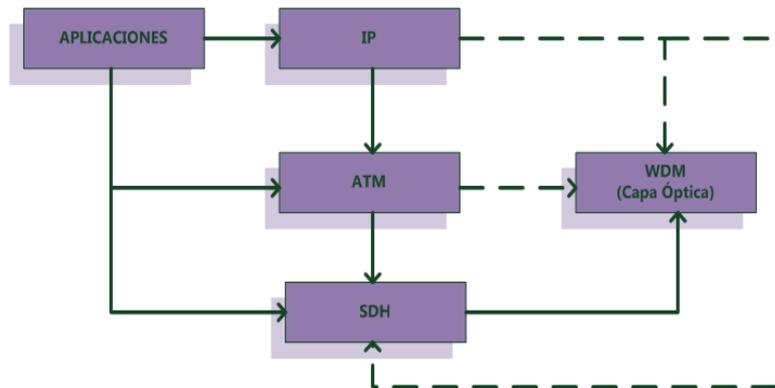


Figura 5.1 Tecnologías

5.5 ATM (Asynchronous Transfer Mode)

El modo de transferencia asincrónica es una tecnología de conmutación basada en celdas. Puede transportar audio, video y voz. Es usada para interactuar con redes de alta velocidad. La entrega de las celdas es ordenada, es decir tienen una secuencia. No provee de algún método para la corrección de errores. Entre sus ventajas tenemos que, garantiza la calidad de servicio y que es compatible con las

tecnologías venideras, además maneja grandes cantidades de información. [2] [14]

En telecomunicaciones, ATM posee varias características importantes para la tecnología moderna, he aquí algunas de ellas:

- Interface y Protocolo.- El ATM se puede definir como una interface o como protocolo, es por ello que está diseñado para conmutar tráfico de velocidad constante y variable sobre un canal de transmisión común.
- Tecnología ATM.- Hablar de ATM como tecnología, nos referimos al hardware y software que conforman las normas de dicho protocolo, los mismos que unidos proveen funciones de multiplexaje y de conmutación en una red.
- Acceso de Red Integrado. En la actualidad los proveedores de circuitos, son quienes ofrecen los servicios de ATM, es así como el avance tecnológico de la emulación de circuitos ha permitido que los usuarios se beneficien de un acceso integrado a los servicios de esta red.

- Infraestructura de ATM.- La tecnología que posee el hardware y software que componen el ATM, permite una red de comunicaciones sofisticada, especialmente en las redes troncales (Backbone). ATM facilita una estructura muy escalable, la misma que puede crecer desde aplicaciones dentro de un edificio a ambientes de campo y luego a conexiones entre localidades remotas, dicha escalabilidad se encuentra en el rango valedero de velocidades de interface, tamaño de los switches, alcance de red y direccionamiento.
- Servicio de ATM. La arquitectura de ATM es quien tiene la capacidad de ofrecer los servicios. Entre estos servicios constan aquellos que suministran la entrega directa de las celdas ATM como el Servicio de Relay de Celdas. [14]

ATM ostenta una arquitectura de capas y planos, detallados a continuación:

Tres capas fundamentales.

- Capa Física
- Capa ATM
- Capa de adaptación ATM (AAL)

Tres planos.

- Plano de usuario
- Plano de control
- Plano de gestión

Multiplexación en ATM

Una conexión ATM se compone por “celdas”, las mismas que provienen de distintas fuentes, cada una de estas celdas está compuesta por 53 bytes de los cuales 48 (en ocasiones 44 son para la data y los restantes para uso de campos de control (cabecera). La identificación de estas celdas están dadas por un VCI (Virtual Circuit Identifier) y un VPI (Virtual Path Identifier), estos caminos virtuales sirven para simplificar el control de la red agrupando en una sola unidad a conexiones que comparten el mismo camino, esta información ayuda al enrutamiento individual a través de los conmutadores. [13]

La técnica ATM multiplexa muchas celdas de circuitos virtuales en virtuales en una ruta virtual colocándolas en particiones (slots), similar a la técnica TDM. Sin embargo, ATM llena cada slot con celdas de un circuito virtual a la

primera oportunidad, lo que aumenta significativamente el rendimiento de la red. En la figura se puede apreciar información de distintos medios asignada a diferentes circuitos virtuales, Los slots de celda no usados son llenados con celdas "idle", identificadas por un patrón específico en la cabecera de la celda



Figura 5.2 Relaciones entre tecnologías y tipos de modulaciones

Debido a que el costo de la implementación y el posterior traslado a esta tecnología son altos, hace que esto sea una desventaja de esta tecnología.

ATM puede soportar diferentes tipos de tráfico tales como: televisión, audio y video, tanto en alta definición como en definición estándar, telefonía, etc. [2]

5.6 SONET (SYNCHRONOUS OPTICAL NETWORK)

La tecnología SONET sirve para el transporte de datos síncronos por medio de fibra óptica, esta tecnología es utilizada en EEUU, Canadá, Corea, Taiwán, Hong Kong. La ANSI (American National Standards Institute) definió los estándares para esta tecnología.

En la ventana óptica de 1300nm opera SDH/SONET metropolitana, en esta ventana la atenuación es menor que 0.35 dB/Km y en la ventana de 1500nm (Banda C) opera SDH/SONET a larga distancia, esta ventana presenta la menor atenuación (0.2dB/Km). WDM también opera en esta ventana óptica.

Características de SONET

- Permitir la interconexión de redes de diferentes operadores, por lo que fue necesario fijar un estándar de señalización común con respecto a la longitud de onda, la temporización y la estructura de los marcos o frames empleados.
- Unificar los sistemas digitales estadounidense, europeo y japonés, que se basan en modulaciones por modificación

de pulsos codificados PCM de 64 Kbps incompatibles entre sí.

- Garantizar la correcta multiplexación de varios canales digitales en portadoras de gran velocidad
- Proporcionas apoyo a la operación, la administración y el mantenimiento de la red, cuestiones que no habían sido abordadas en estándares anteriores. [15]

Red SONET usando Anillos Duales

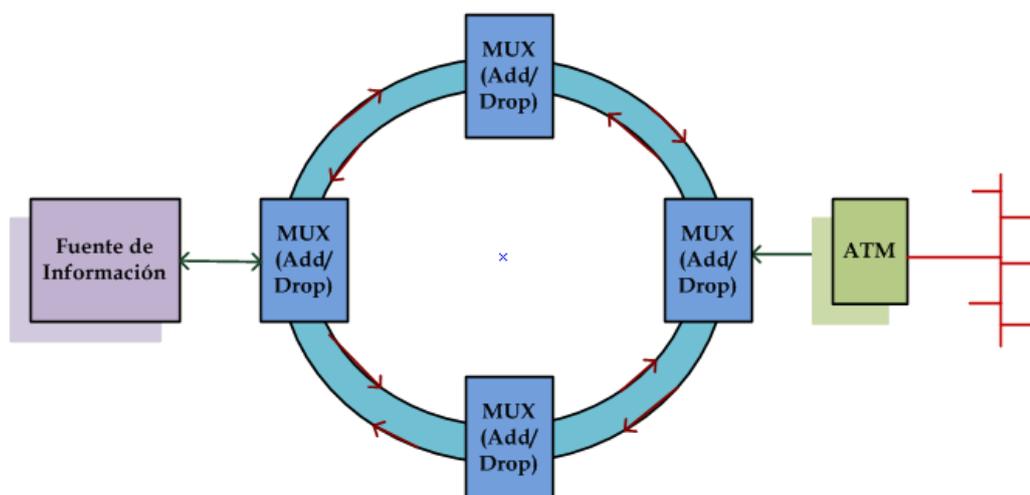


Figura 5.3 Topología anillo dual

5.7 SDH (SYNCRHNOUS DIGITAL HIERARCHY)

SDH, al igual que SONET, es una tecnología para la transmisión o transporte de datos síncronos por medio de fibra óptica. SDH se basa en la capa 1 del modelo OSI, es una red sincrónica, gestiona eficientemente el ancho de banda. La topología de anillo es la más utilizada.

Los estándares de SDH están definidos por la ITU (International Telecommunication Union). SDH es utilizada en el mundo excepto en EEUU, Canadá, Corea, Taiwán, Hong Kong.

Las principales características que encontramos en cualquier sistema de red de transporte SDH implementado hoy en día son las siguientes:

Multiplexión digital: Su función está basada en permitir que las señales de comunicación analógicas sean portadas en formato digital sobre la red. El tráfico digital puede ser portado mucho más eficientemente y permite monitorización de errores, para propósitos de calidad. [15]

Las principales particularidades técnicas de SDH son:

- Velocidad básica de 155Mb/s (STM-1)
- Estructura modular, a diferencia de PDH las velocidades multiplexadas son múltiplos enteros de la velocidad básica.
- Técnica de multiplexado a través de punteros, de esta forma se puede acceder a cualquier canal de 2Mb/s.
- Posee gran cantidad de canales de overhead, utilizados para supervisión, gestión de la red.

Estándares para SDH Los estándares de la ITU para SDH son los siguientes:

- ITU-T G.707
- ITU-T G.781
- ITU-T G.782
- ITU-T G.783
- ITU-T G.803

Ventajas

- Habilidad para insertar o extraer canales, debido a que los canales están identificados perfectamente,

por lo que se puede conocer la identificación individual de estos en cualquier momento.

- Capacidad de ser monitoreado y gestionado desde un punto centralizado de la red. Incluye mecanismos de protección y recuperación ante posibles fallos en el sistema.
- Los sistemas SDH actuales pueden lograr velocidades de 10Gbits/s (STM-64)
- En el caso de que se presente algún problema en un equipo intermedio SDH permite restablecer las conexiones punto a punto.

Desventajas

- SDH solo puede operar en enlaces punto a punto.
- La cabecera es muy grande, lo cual hace que sea menos eficiente.

Estructura SDH

Las redes SDH están estructuradas por cuatro tipos de elementos:

- Regeneradores (R): Regeneran las señales que se han atenuado en la red.

- Multiplexores terminales (TM): Combinan señales síncronas y plesiócrona en señales STM de mayor velocidad.
- Multiplexor incrementador/decrementador (ADM): Insertan o extraen señales de baja velocidad en el flujo de alta velocidad de SDH.
- Transconectores digitales (DXC): Conmutan el tráfico entre la entrada y la salida. [15]

5.8 WDM (WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING)

WDM (Multiplexación por División de Longitud de Onda) es una tecnología que agrega una alta capacidad de transporte, soporta hasta 4 longitudes de onda, es una de las tecnologías más populares. Puede transportar, al mismo tiempo, varias señales de diferentes longitudes de onda por un solo hilo de fibra sin que haya interferencia entre ellas, esto se logra gracias a las propiedades de la luz.

Para evitar la interferencia intercanal las longitudes de onda tienen que estar apropiadamente espaciadas entre ellas. [1]

Los estándares de la ITU son los siguientes:

- ITU-T G.692
- ITU-T G.694.1
- ITU-T G.694.2

Esta clasificación depende del número de longitudes de onda.

- CWDM
- DWDM

5.9 CWDM (COARSE WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING)

CWDM soporta entre 4 y 18 longitudes de onda. Entre sus principales ventajas es que es mucho más económica que DWDM debido a su prestación, ya que no es necesario usar ciertos componentes altamente precisos y sofisticados.

5.10 DWDM (DENSE WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING)

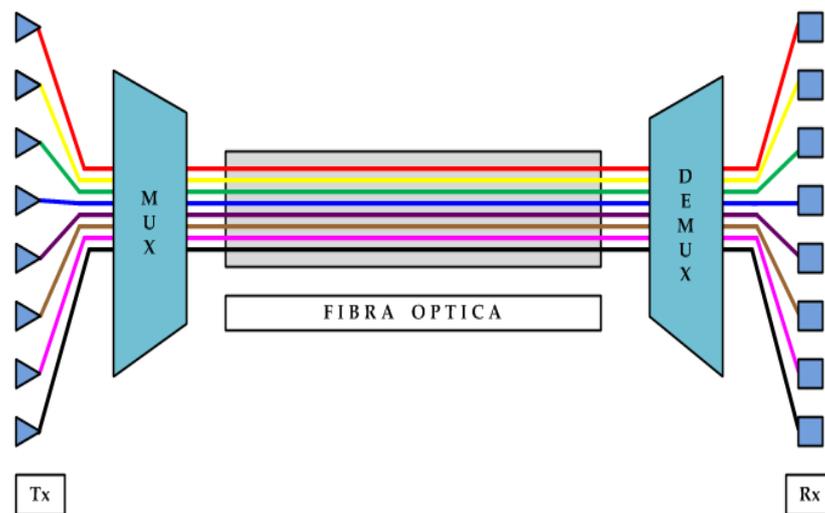


Figura 5.4 DWDM

DWDM (Multiplexación Densa por División de Longitud de Onda) es una tecnología robusta a nivel de redes troncales (backbone) para diferentes tipos de redes, como lo son las redes multiservicios y las redes acceso móvil, combina varias longitudes de onda dentro de una misma fibra sin que haya interferencia entre ellas.

DWDM amplía la capacidad de una red de fibra óptica, soporta grandes tasas de transmisión. El hecho de poder transmitir varias señales en una misma fibra le permite un gran incremento en su capacidad de transmisión, esta es una de sus principales ventajas sobre sus tecnologías predecesoras. Además permite el transporte de señales tanto analógicas como digitales, información sincrónica y asincrónica. También soporta una mayor cantidad de longitudes de onda (más de 16) por lo tanto puede transportar más información.

Ventajas:

- Provee un mayor ancho de banda por canal
- Soporta múltiples protocolos
- Mayor velocidad dentro de la red
- Menor retardo dentro de la red
- Soporta diferentes flujos de transmisión
- Es escalable
- Es transparente a los diferentes formatos de las señales

5.11 MPLS

EL protocolo de comunicación MPLS (Multi Protocol Label Switching). Conmuta los paquetes gracias a la ayuda de etiquetas esto permite que se simplifique el proceso de conmutación. Es decir su fuerte es su capacidad de procesamiento. Hace uso de circuitos virtuales. Es escalable

La arquitectura de este protocolo está formada por:

- LSR: Label Switching Router
- LSP: Label Switched Path
- LDP: Label Distribution Protocol
- LER: Label Edge Router
- FEC: Forwarding Equivalence Class

Cada uno de estos elementos son de vital importancia en este proceso

5.12 Comparación de las tecnologías

IP sobre ATM.- Con esta variación se puede transmitir tráfico IP sobre una red ATM. Se hace uso de las redes

ATM existentes. Entre sus beneficios está un mayor ancho de banda, los beneficios de esta combinación tienen mayor concentración del lado de ATM. Este procedimiento no es escalable, requiere mayor inversión por parte de los proveedores debido a que se debe tener una red ATM y una red lógica IP.

IP sobre SDH.-Con esta variación se puede transmitir tráfico IP sobre una red óptica. SDH usa multiplexación por división de tiempo. Una de las desventajas es que IP/SDH opera en enlaces punto a punto.

IP sobre WDM e IP sobre DWDM.- Con esta variación se puede transmitir tráfico IP sobre una red óptica WDM, aquí el protocolo IP es enviado directamente sobre la fibra lo mismo ocurre con DWDM. Hace uso de las altas prestaciones de los equipos actuales especialmente de la gran capacidad de procesamiento de la información. Además DWDM usa la multiplexación por división de frecuencia y tiene una sola salida.

IP sobre DWDM.- su mayor ventaja es el gran aumento del ancho de banda esto es gracias al uso del protocolo IP que puede transportarse directamente sobre la fibra

óptica y a la tecnología WDM que tiene más capacidad respecto al transporte debido al mayor número de longitudes de onda.

Esta tecnología en la actualidad es usada en combinación con las nuevas tecnologías tales como MPLS, 10GbitEthernet e IPv6.

10GbitEthernet: mayor capacidad de transmisión, comprende las redes LAN, MAN Y WAN

IP sobre DWDM con MPLS.- MPLS ayuda en el procesamiento de los paquetes, hace que esta tarea sea mucho más fácil ya que procesa las etiquetas (conmutación de las etiquetas) y así los routers ya no encaminan los paquetes.

IPv6: tiene mayor capacidad en cuanto a direcciones, procesamiento de paquetes más simple debido a que la cabecera es más pequeña.

Capas de la red tradicional

WDM Amplia la capacidad de la red

SONET/SDH Maneja el transporte de los datos

ATM	Maneja el tráfico de datos
IP	Maneja el transporte de servicios y aplicaciones

Avance de la red tradicional

IP → ATM → SDH → WDM

IP → ATM → WDM

IP → SDH → WDM

IP → WDM

Al pasar los años la estructura de la red fue cambiando, este cambio está basado en los nuevos avances tecnológicos y sus beneficios.

Debido a que el protocolo IP tiene una gran aceptación a nivel mundial, se ha procedido a combinar las tecnologías de transporte óptico con este protocolo, para así aprovechar las ventajas de cada tecnología.

CAPITULO 6

VENTAJAS E IMPORTANCIA DEL PROYECTO

6.1 Ventajas operativas que provee ASI

El estándar ASI (Asynchronous Serial Interface) provee grandes beneficios para el transporte de la información, entre

ellos la simplificación de la estructura de una cabecera (Headend), disminuyendo de esta manera los costos, ya que se reduce el número de equipos, esto también repercute en la parte física, ya que la estructura se simplifica y ocupa menos espacio.

En el área de la transmisión de datos, su capacidad para transmitir varios programas por un solo canal lo hace altamente atractivo ya que se pueden transmitir varios flujos de información de diferente formato sin que haya algún tipo de interferencia entre ellos.

6.2 Ventajas del Estándar ASI

Entre las ventajas de este estándar tenemos que es capaz de transportar señales de distinto origen, de distinto formato ya sean del formato europeo, americano, japonés o de alguna de sus respectivas variaciones, Todas las señales se unen en un solo flujo de información para ser transportadas por redes capaces de soportar altos flujos de información. La capacidad de este estándar respecto al transporte hace que sea de extrema ayuda, ya que influye en la simplificación de la estructura de transporte, ya que al usar equipos con esta

tecnología se reducen el número de equipos empleados en el transporte de las señales lo cual repercute de forma positiva en la economía de la empresa proveedora.

6.3 Importancia del Proyecto

El presente proyecto está basado en un estudio exhaustivo sobre las nuevas tendencias tecnológicas usadas en telecomunicaciones, refiriéndonos exclusivamente en la televisión digital.

El estándar ASI es uno de los pilares fundamentales en este trabajo, ya que su utilización está basada en la compresión de señales, ya sea de audio, video o datos, esto nos permite transmitir señales de definición estándar (SD) y señales de alta definición (HD).

Este estándar actualmente es muy cotizado por las diferentes empresas de televisión por cable u otros, debido a todo lo que genera un equipo, ya sea en el aspecto técnico, económico, etc.

Cabe recalcar que un medio fundamental como es la fibra óptica, hoy en día brinda un aporte importante para la

tecnología moderna y es así como hemos puesto a conocimiento de su utilización para el proyecto efectuado, demostrando sus aplicaciones y ventajas al usar la tecnología DWDM.

6.4 Pequeño Análisis Económico

La economía mundial en los últimos años ha recibido grandes golpes, sobre todo en el ámbito tecnológico, el área de las telecomunicaciones es una de las principales afectadas y esto ha implicado que se dificulte el avance de la televisión digital de una forma acelerada. Es así que muchos países poseen una escasa tecnología de punta, desconociendo los actuales alcances de la televisión moderna, siendo los principales afectados los usuarios.

Si bien es cierto la televisión digital ha tenido un importante desarrollo y esto ha obligado a las empresas de televisión por cable a realizar grandes inversiones para poder adquirir equipos muy costosos con el objetivo de estar a la altura de la nueva era digital y así ofrecer a sus abonados un mejor servicio permitiéndoles que conozcan el nuevo mundo digital.

Nuestro proyecto se lo realizo pensando en el impacto socio-económico que podría generar y es así que debido a múltiples deliberaciones y análisis llegamos a determinar que la utilización de los equipos para implementar este proyecto es de bajo costo, como es el caso del mecanismo constituido por el estándar ASI, el cual mantiene una gran diferencia económica con los actuales dispositivos utilizados en telecomunicaciones, permitiendo de esta manera reducir las elevadas tasas en los sistemas de audio y video para beneficio de los suscriptores.

CONCLUSIONES

En el presente capítulo vamos a dar a conocer una serie de conclusiones relevantes, las mismas que están sintetizadas en base a una ardua investigación con respecto a una de las grandes y nuevas tendencias en el área de las telecomunicaciones, denominada TELEVISIÓN DIGITAL y su relación con una reciente herramienta como lo es el estándar ASI. Entregando un aporte esencial para las presentes y futuras generaciones, con el propósito de que se involucren en los avances de la época moderna de las comunicaciones.

1. Al culminar este proyecto podemos concluir que la televisión digital en este último periodo de tiempo, se ha convertido en una tecnología vanguardista, por lo cual podemos expresar que su análisis lo hemos desarrollado basándonos en los últimos avances de la nueva era tecnológica, ya sea en la recepción, transmisión y difusión de señales, con la finalidad de ofrecer un amplio conocimiento y utilización de esta técnica a los proveedores.
2. Es por ello que hacemos hincapié en el uso del estándar ASI como uno de los principales aportes a la televisión digital, con la finalidad de proveer una mejor calidad de servicio a los subscriptores.
3. Debido a las grandes exigencias de la tecnología innovadora, es importante hacer conocer mediante esta investigación, los grandes beneficios que se pueden obtener ya sea en lo productivo, económico y social, y así ser más competitivos y estar a la altura de las grandes empresas de comunicaciones.
4. Podemos mencionar que el estudio del estándar ASI es poco común en el medio, proporcionando la razón a que es una técnica transformadora en el área de las telecomunicaciones, pero su esencia

se fundamenta en las múltiples utilidades y facilidades que ofrece al cliente.

5. Debemos enfatizar que el backbone o redes troncales, a nivel de transporte, depende principalmente del estándar ASI ya que este facilita un adecuado funcionamiento del sistema, permitiendo así que el transporte de la información sea eficiente y seguro.

6. Es importante poner a conocimiento del lector el uso de las diferentes técnicas empleadas para la consecución de este proyecto, como el caso de la paquetización de la información, siendo un eje fundamental en el desarrollo de este estudio en lo concerniente a la recepción y entrega del servicio.

7. La fibra óptica se ha convertido en la ayuda primordial en la nueva era tecnológica, es por ello que para el presente proyecto esta herramienta se ha afianzado como el instrumento ideal, debido a que brinda una adecuada utilización como medio de transmisión a magnas distancias y a velocidades muy apropiadas.

8. Todo este proceso, desde el inicio de la investigación, hasta la última etapa de composición, nos ha permitido adquirir una importante experiencia personal, e incrementar el conocimiento autónomo ya que

es importante dar a conocer que en nuestro país el uso y ciencia del estándar ASI es muy limitado, pese a que es una herramienta fundamental para la televisión digital. Es así que hemos considerado enfatizar en este proyecto el aspecto técnico como un aporte al desarrollo de las telecomunicaciones y el aspecto económico como un gran beneficio para los proveedores y consumidores.

RECOMENDACIONES

Durante la elaboración de la investigación, se obtuvo diferentes interrogantes las mismas que fueron despejadas con la recopilación de información necesaria para cubrir cada uno de los objetivos trazados. Es por esto que damos a conocer ciertas recomendaciones importantes.

Es importante tener un conocimiento completo en base al desarrollo tecnológico de la Televisión Digital, como respaldo para tener una adecuada utilización, implementación y sus diversas relaciones con los estándares presentes en telecomunicaciones.

1. Tener presente la calidad del estándar ASI como una herramienta necesaria en el progreso de la tecnología moderna y proporcionar el enfoque apropiado en base a sus diversas aplicaciones que se pueden dar a conocer.
2. Establecer un análisis comparativo por parte de los consumidores de televisión, entre la televisión digital y la televisión analógica, dando a conocer los avances de esta nueva tecnología como un aporte a la nueva era de las telecomunicaciones.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Brice Richard, “Newnes Guide to Digital TV” Editorial British Library Cataloguing, Segunda edición, Publicación 2003.

[2] Broadcast System & Equipment, “ASI Transport Streams”, <http://www.rcc.ryerson.ca/smpte/media/smpteasi.pdf>, Publicación (22-09-2002).

[3] Paulsen Karl, “Asynchronous Interfaces for Video Servers”, <http://www.tvtechnology.com/media-servers/0150/asynchronous-interfaces-for-video-servers>, Publicación (11-12-2003).

[4] Zamanillo José Ma. Y Pérez Vega Constantino, “Fundamentos de Television Analogica y Digital”, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria, Publicación (04-04-2003).

[5] Altera Corporations, “Asynchrnous Serial Interface (ASI) MegaCore Fuction” <http://www.altera.com>, Publicación (10-06-2011).

- [6] Lara Eduard, "Television Digital",
<http://personals.ac.upc.edu/elara/documentacion/IMSO%20-%20UD5%20-%20Television%20Digital.pdf>, Publicación (04-05-2008).
- [7] Adda Jerome, Ottaviani Marco, "La transición a la televisión digital",
<http://www.economic-policy.org/abstract.asp>, Publicación (enero de 2005).
- [8] G.W Collins, "Fundamental of Digital Television Transmission", John Wiley & Sons, Publicación (febrero 2001).
- [9] S. Grunwald, "Digital TV Rigs and Recipes Part 4 DVB-T", Rohde & Schwarz Broadcasting Division, Publicación (febrero 2001).
- [10] Perez Vega Constantino, "Transmisión de televisión",
<http://personales.unican.es/perezvr/pdf/Introduccion%20a%20los%20sistemas%20transmisores%20de%20TV>. Publicación (Agosto 2005).
- [11] Sosa Plata Gabriel, "Tv Digital", <http://www.mediatelecom.com.mx>
Publicación (29-07-2011).

[12] Gomez Germano Gustavo, “La radio y la televisión en la era digital”,
http://legislaciones.amarc.org/mordazas/Investigaciones_digital.pdf

Publicación (Febrero 2007).

[13] Era Digital, “Que es Multiprogramación Digital”
<http://www.eradigital.com.ar/blog/?p=1111> Publicación (22-10-2010).

[14] J. Refi, “Fibras ópticas para redes ópticas”, Bell Labs Technical
Journal, Vol 4 No 1, Publicación (Enero 1999).

[15] Tsaniov Igor A. “SDH Backbone” <http://www.rad.com>, Publicación
(Diciembre 2002)

[16] Zambrano Adrian, “Multiprogramación”,
[http://www.jadrianzam.themambosite.com/index.php?option=com_content
&task=view&id=42&Itemid=44](http://www.jadrianzam.themambosite.com/index.php?option=com_content&task=view&id=42&Itemid=44), Publicación (18-04-2011).

[17] Wikipedia, “Asynchronous serial interface (ASI)”,
http://en.wikipedia.org/wiki/Asynchronous_serial_interface Publicación
(Noviembre 2010).

- [18] Lattice Semiconductor Corporation, “Digital Video Broadcasting – Asynchronous Serial Interface (DVB-ASI)”, <http://www.latticesemi.com/documents/ipug90.pdf>, Publicación (Diciembre 2010).
- [19] Morris Steve y Smith-Chaigneau Antony, “Estándares de Televisión Interactiva”, Focal Press, Publicación (Junio 2003).
- [20] Gomez Vieites Alvaro y Veloso Espiñeira Manuel, “Redes de computadoras de internet”, Alfa omega grupo editorial-Mexico, Publicación (Marzo 2009).
- [21] PROMAX Electronicx SA, “Digital to TV” <http://www.promaxelectronics.eu> Publicación (Enero 2010).
- [22] Fischer Walter, “Signals and Communication Technology” Springer Third Edition, Publicación (Diciembre 2009)
- [23] Martinez Tatiana, “Informática y convergencia tecnológica”, <http://tatianammcun.blogspot.com/>, Publicación (30-09-2012).

[24] Wikitel, "Redes de Comunicaciones"

http://wikitel.info/wiki/Redes_de_comunicaciones, Publicación (Enero 2005).