

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**SISTEMA DE TRANSPORTE POR SATÉLITE PARA LA
TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN EL PERÚ**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:
CARLOS ISAAC RODRIGUEZ ZEDANO**

**PROMOCIÓN
1975-II**

**LIMA-PERÚ
2013**

**SISTEMA DE TRANSPORTE POR SATELITE PARA LA TELEVISIÓN DIGITAL
TERRESTRE EN EL PERÚ**

DEDICATORIA:

A Dios por ser él que guía mi vida,

A mis Padres porque siempre están conmigo.

A mi Hijo, por lo que significa en mi vida.

A mí siempre querida Alma Mater, mi UNI.

SUMARIO

El 23 de Abril del 2009 el Gobierno Peruano hizo pública la decisión de adoptar el estándar japonés-brasileño ISDB-Tb para la implementación de la Televisión Digital de Alta Definición (HDTV) en toda la nación, brindando esta una característica muy importante al proporcionar a los usuarios la posibilidad de interactuar.

Sumándole a esta capacidad de interactuar la transmisión por satélite, se tendría una de las formas más convenientes para llegar a las zonas más alejadas de nuestro territorio, dada la difícil geografía que predomina en este.

El objetivo de este trabajo consiste en poner al alcance de la comunidad de nuestro país, relacionada con la ciencia y tecnología, información privilegiada (recopilada, clasificada y traducida), mostrando así las características que rodean tanto a la Televisión Digital Terrestre (ISDB-Tb) como al Sistema de Transporte Satelital (DVB-S2).

Finalizando esta parte daremos a conocer un análisis comparativo entre el DVB-S2 y el DVB-S para luego concluir con una breve exposición de las perspectivas y tendencias futuras tanto del Estándar DVB-S2 como de la TDT (HDTV).

Se incide particularmente en el sistema DVB-S2 por ser este el Estándar de 2da Generación que sería usado por las Empresas de TV en su compromiso de hacer llegar la señal TDT a provincias. Mostraremos también la estructura de su sistema de transmisión y en el lado correspondiente a la recepción bajo el uso del estándar mencionado DVB-S2, describiremos en forma conveniente los diversos subsistemas o etapas involucrados en estos, acompañando en cada caso un Presupuesto estimado.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Descripción del Problema.....	3
1.2 Objetivo del Trabajo	5
1.3 Evaluación del Problema.....	5
1.4 Alcances del Trabajo	6
1.5 Síntesis del Trabajo.....	8
CAPÍTULO II	
GENERALIDADES Y CONCEPTOS INVOLUCRADOS EN UN SISTEMA DE TRANSPORTE POR SATÉLITE PARA LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN EL PERÚ	
2.1 GENERALIDADES.....	9
2.1.1 El ¿Por Qué? De la Televisión de Alta Definición (HDTV)	9
2.1.2 Televisión Digital de Alta Definición (HDTV) O Televisión Digital Terrestre (TDT).....	11
2.1.3. Revisión de Estándares en el Mundo de Sistemas DTTB (TDT).....	13
2.1.3.a) ATSC (Advanced Television Systems Committee) – Norte Americano USA.....	13
2.1.3.b) DVB-T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial) – Europeo.....	14
2.1.3. c) ISDB-T (Integrated services Digital Broadcasting - Terrestrial) – Japones.....	14
2.1.3. d) DTMB (Digital Televisión / Terrestrial Multimedia Broadcasting) – Chino.....	15
2.1.4 Sistemas ISDB (Integrated Services Digital Broad casting).....	15
2.1.5 Estándar Japonés ISDB-T (TDT o DTTB)	19
2.1.6 Estándar ISDB-Tb Nipo-Brasileño.....	23
2.2 PROXIMA GENERACION DE SISTEMAS TDT (DTTB)	
TECNOLOGIAS CLAVES Y TENDENCIAS EN LA INVESTIGACION.....	23
2.2.1 Estado actual de los Sistemas DTTB de Próxima Generación.....	24
2.2.1. a) DVB-T2 Terrestre Segunda Generación (DVB-T2)	25
2.2.1.b) ATSC--Movil/Handheld (ATSC-M/H)	26
2.2.1. c) ISDB para transmisiones terrestres multimedia (ISDB-T _{MM})	26
2.2.2 Tecnologías Claves y Tendencias a la Investigación de Tendencias DTTB	

Nextgeneration	27
2.2.2. a) Transmisión basada en OFDM.....	27
2.2.2. b) Modulación y Codificación de Canal	27
2.2.2. c) Multiple-Input Multiple-Output (MIMO)	28
2.2.2. d) Canal de Retorno para Servicios Interactivos	28
2.2.2. e) Localización Inalámbrica	28
2.2.2. f) Soporte de Multiservicio	29
2.2.2. g) Otras Tecnologías.....	29
2.2.3 Conclusiones.....	30
2.3 ESTANDAR SATELITAL DE 2DA GENERACIONDVB-S2.....	30
2.3.1 El Proyecto DVB y ubicación del DVB-S.....	31
2.3.2 El Estándar precedente: DVB-S.....	32
2.3.3 El Estándar DVB-S2	33
2.3.4 Diagrama de Bloques del Sistema DVB-S2 (Transmisión)	34
2.3.4. a) Modo y Adaptación de Stream	34
2.3.4. b) Codificación FEC (forward error correction).....	35
2.3.4. c) Mapping Into Constellations	37
2.3.4. d) PL Framing.....	38
2.3.4. e) Modulación en Quadratura	39
2.3.4. f) Modos de Compatibilidad con lo Establecido	40
2.3.5 Recepción DVB-S2.....	40
2.3.5. a) Sincronización.....	40
2.3.5. b) Decodificación LDPC	41
2.3.6 El rendimiento del sistema.....	42
2.3.7 Ejemplos de usos del Sistema en la Televisión por Radiodifusión	44
2.3.8 Conclusiones.....	46
2.4 EL FUTURO DE LA TELEVISIÓN SATELITAL - AMPLIO RANGO DE APLICACIONES Y PERSPECTIVAS DEL ESTÁNDAR DVB-S2.....	47
2.4.1Evolución de los Estándares en la Transmisión Satelital hacia una TV Convergente.....	49
2.4.1. a) Radiodifusión Satelital (Satelite Broadcastings) – Estado del Arte	49
2.4.1. b) DVB-S2: Evolución desde el Broadcasting hacia el acceso en banda ancha ..	51
2.4.2 El Satélite-Principal medio de distribución de servicios de TV de alta calidad	52
2.4.2. a) Televisión de Alta Definición y proyecciones	52
2.4.2. b) Televisión Tridimensional (3DTV) y con Libertad visual (FTV)	52

CAPÍTULO III**PLANTEAMIENTO DE INGENIERIA DE LA SOLUCION**

3.1 Características y Bondades del Estándar DVB-S2	54
3.2 Remultiplexado de la señal BTS	55
3.3 Diagrama de Bloques del Sistema DVB-S2 (Transmisión) - (Ver 2.3.4)	57

CAPÍTULO IV**ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS - ANALISIS DE COSTOS TX Y RX**

4.1 Enlace satelital	61
4.1.1 Enlace Uplink o de Subida	61
4.1.2 El Transpondedor	62
4.1.3 Enlace Downlink o de Bajada	62
4.2 Equipos de la Estación de Cabecera	63
4.3 Equipos de la Estación Terrena de Transmisión	64
4.4 Propuesta de Sistema de Transporte Satelital para la señal TDT	65
4.5 Análisis de Costos para el Sistema satelital de transporte de la TDT	65
4.5.1 Costos para la Estación Terrena de Emisión	65
4.5.2 Costos para la Estación Terrena de Transmisión	67
4.5.3 Costos de alquiler del espectro satelital	69
4.6 Diagrama de Tiempos	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
BIBLIOGRAFIA.....	72

INTRODUCCIÓN

Debido a la facilidad de interacción que nos brinda la TDT, lo cual hace posible una variedad de posibilidades de servicios como salud, educación, negocios etc. que hasta antes de esta tecnología era inimaginable, y si a ésta le sumamos las ventajas de transportar esta información vía satelital, dada las características de difícil geografía que se encuentran a lo largo del territorio nacional, resulta muy fácil de entender que esto beneficiaría a una gran parte de nuestra compatriotas que normalmente forman parte de la sociedad no incluida en lo que se refiere a calidad informativa de nuestra nación.

Adicionalmente a lo antes mencionado observamos que la implementación de esta nueva tecnología de TV de alta definición se encuentra en pleno proceso de ejecución, tratando los empresarios de televisión de cumplir con los plazos de inicio de este tipo de transmisión que el Ministerio de Transporte y Comunicaciones les ha programado.

Es por estas particularidades que se eligió el tema de:

Sistema de Transporte por Satélite para la Televisión Digital Terrestre en el Perú, el cual resulta muy interesante por los beneficios que llevarán a las zonas alejadas de nuestras provincias estas dos tecnologías en constante evolución.

Con el fin de plasmar información de primer orden se ha revisado algunos trabajos de nuestro entorno, tales como algunas monografías, tesis e información a través de internet, encontrándose que la mayor parte de las referencias mencionadas provienen de estudios e investigaciones publicados en el idioma español.

Como es conocido en todo el mundo y en particular por la comunidad académica, profesional e industrial que está inmersa en actividades relacionadas con la ciencia y tecnología en general, la cantidad de publicaciones existentes en el idioma inglés en especial las que tratan sobre investigaciones más recientes en estos campos, superan en forma abrumadora a las que se encuentran en nuestro idioma; esta fue la razón que me motivo a realizar un pequeño aporte al tratar de poner al alcance de cualquier interesado trabajos recientes publicados en el idioma inglés a través de instituciones de reconocimiento internacional los cuales han sido traducidos y presentados en forma coherente. La información clasificada en su mayor parte ha sido publicada entre el 2006 y

el 2012.

Lo expuesto en este informe se ha ordenado en 4 capítulos, los cuales a continuación describiré.

En el Capítulo I se muestra aspectos importantes como son el Planteamiento del Problema, objetivos del trabajo, evaluación del problema, para luego pasar al análisis y síntesis del trabajo.

En el Capítulo II expondremos las generalidades y conceptos teóricos involucrados en la TDT y en igual forma el DVB-S2. Daremos inicio a este capítulo preguntándonos el ¿Por qué? de la Televisión de Alta Definición (HDTV); en igual forma se especificara cuáles son los estándares existentes en el mundo, y concluiremos mostrando en forma un poco más detallada el estándar japonés y su versión brasileña.

En esta parte mostraremos un estudio publicado en *IEEE Communications Magazine* en June del 2012, el cual trata sobre la **Próxima Generación de Sistemas TDT (DTTB), las Tecnologías Claves y Tendencias en su Investigación**; en igual forma expondremos un estudio publicado en *Proceedings of the IEEE* en Enero del 2006 y trata específicamente sobre **Estándar Satelital de Segunda Generación DVB-S2**.

Concluiremos este capítulo exponiendo un reciente estudio extraído de *Proceedings of the IEEE* de Noviembre del 2011, el cual versara sobre **Futuro de la TV Satelital Aplicaciones del DVB-S2 y sus Perspectivas**, centrándonos principalmente en el campo de la televisión.

En el 3er capítulo plantearemos la ingeniería de la solución más aparente para el compromiso que tienen los empresarios de TV de cumplir con el cronograma de llegada a las provincias de nuestro país de la HDTV, evaluándose particularmente 2 alternativas, el transporte satelital o la red dorsal de fibra óptica.

Concluiremos este informe con el capítulo IV, presentando un Sistema de transporte satelital propuesto, describiendo sus etapas y haciendo también una evaluación de los costos de este; con el fin de que los empresarios puedan tener una idea más concreta del nivel de inversión que tendrá que darse.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A lo largo de este capítulo trataremos de exponer con cierta claridad algunos aspectos de nuestra realidad nacional que motivaron el interesarnos en este tema, ya que debido a lo novedoso de estas tecnologías, Televisión Digital Terrestre (TDT).y Sistema de Transporte Satelital; no existe información precisa y agrupada adecuadamente que permita a personas interesadas en estos temas seguir aportando información que pueda servir de ayuda a otras, de forma que de esta manera se puedan difundir los conceptos, necesidades y diversos tipos de servicios, los cuales traerán una mejora en el desarrollo socio-económico y bienestar a lo largo de nuestro país y en particular a las zonas alejadas donde puedan llegar esta nueva tecnologías.

1.1 Descripción del Problema

En agosto del 2009, luego del 23 de Abril del mismo año, día en que el gobierno peruano hizo pública la decisión de adoptar el estándar nipo- brasilero ISDB-Tb; el Ministro de Transportes y Comunicaciones Enrique Cornejo estando en Tokio con el fin de concretar el apoyo ofrecido al Perú por el gobierno Japonés, declaro a través de una emisora local que aproximadamente para el año 2015 ocho ciudades del Perú incluida Lima, tendrán el servicio de Televisión Digital Terrestre (TDT).

Días después, el día 5 de setiembre el MTC anunció que el “**apagón analógico**” como parte final del Plan Maestro de implementación de la TDT en el Perú, se dará en forma progresiva en 4 territorios y sus plazos máximos serán en la forma siguiente:

Zona 1:	Lima y Callao	IV Trimestre 2020
Zona 2:	Arequipa, Cuzco, Trujillo, Chiclayo, Piura y Huancayo.	IV Trimestre 2022
Zona 3:	Ayacucho, Chimbote, Ica, Iquitos, Juliaca, Pucallpa, Puno y Tacna.	IV Trimestre 2024
Zona 4:	Localidades no incluidas en las Zonas 1, 2 y 3.	Indefinido

Más adelante el 29 de marzo de 2010 se publica el Decreto Supremo N° 017-2010-MTC, a través del cual se aprueba el PLAN MAESTRO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DIGITAL DE LA TELEVISIÓN en el Perú. En este documento se da a conocer los plazos establecidos para las diversas Zonas de nuestro País, los cuales se muestran en el cuadro siguiente

Territorios	Localidades	Plazo máximo para la aprobación del Plan de Canalización y Asignación de Frecuencias	Plazo máximo para el inicio de las Transmisiones con Tecnología Digital
Territorio 01	Lima y Callao	III Trimestre del 2010	II Trimestre del 2014
Territorio 02	Arequipa , Cuzco, Trujillo , Chiclayo, Piura y Huancayo	I Trimestre del 2011	III Trimestre del 2016
Territorio 03	Ayacucho, Chimbote, Ica, Iquitos, Juliaca, Pucallpa, Puno y Tacna	IV Trimestre del 2011	IV Trimestre del 2018
Territorio 04	Localidades no incluidas en los Territorios 01, 02 y03	I Trimestre del 2013	I Trimestre del 2024

Tabla N° 1.1 - Inicio de Transmisión con Tecnología Digital

Fuente: MTC – Perú

Elaboración: Propia

Como se puede apreciar en la Tabla N° 1.1, a los territorios 02,03 y 04 se les comienza a vencer los plazos a partir del 3er Trimestre del 2016, fecha en la cual

deberían estar iniciándose las transmisiones con tecnología digital en Arequipa, Cuzco, Trujillo, Chiclayo, Piura y Huancayo; es lógico suponer que los canales de televisión deben ir preparando con la debida anticipación la forma en que harán llegar su señal de televisión digital a provincias.

Para esto tendrán que ir haciendo un análisis comparativo de los sistemas de transmisión o transporte de señal de televisión digital existente en el país, debiendo centrarse básicamente en 3 alternativas a poder usar, la Red Dorsal de Fibra Óptica, el Sistema Satelital o comunicaciones a través de enlaces por micro ondas.

1.2 Objetivo del Trabajo

Ya que existen periodos un tanto apretados de acuerdo a lo programado por el MTC, se observa la necesidad de que cada vez se involucren más profesionales y personas interesadas a las actividades relacionadas con estas tecnologías, para lo cual se hace necesario que dicho grupo humano sepa llegar a fuentes de información lo más confiables posibles, aspecto que al parecer no se está dando con la fluidez pertinente.

Es así que en este informe se trata de hacer un pequeño aporte en ese sentido centrándonos en realizar básicamente un trabajo de recopilación de información de calidad en dichas tecnologías, y que al darlas a conocer se pueda apreciar como a través de ellas se puede llegar a muchas fuentes de información tecnológica de libre disponibilidad y también a través de suscripciones.

También expondremos como una propuesta de solución la implementación de un Sistema Satelital con el fin de llevar la señal TDT a algunas regiones de difícil acceso de nuestro territorio; ampliando con esto a un grupo apreciable de peruanos que todavía no forman parte de la Sociedad Informada; a formar parte de ella.

Para la zona de Lima y Callo, así como para algunas ciudades de la Costa podrían usar alguna de las 3 ya mencionadas antes, dependiendo solo del Análisis de Costos pertinente.

1.3 Evaluación del Problema

Dada la particular geografía de nuestro territorio y que la Red Dorsal de Fibra Óptica actualmente solo está llegando a la costa de nuestro país en forma consistente (Ver Fig. 1.1), es de suponer que en la mayoría de zonas del territorio lo más probable es que se tenga que implementar Sistemas de Transporte por Satélite (STS).

Este sistema también nos aseguraría la posibilidad de llegar a una gran cantidad de pueblos ubicados en zonas de muy difícil geografía y con condiciones ambientales extremas, la única forma que tendrían de recibir la señal TDT es a través de una

transmisión satelital, la cual el sistema ISDB-Tb felizmente también lo permite, usando para dicha transmisión por vía satelital de la señal TDT, el estándar DVB – S2.

Adicionalmente a lo antes mencionado hay que considerar tanto el inicio obligado de la transmisión de la señal TDT para la zona 02 en el 3er trimestre del 2016 (Ver Tabla N° 1.1), como el **Apagón Analógico** que se iniciara en Lima y Callao el 4to trimestre el 2020.

Teniendo en cuenta todo lo descrito hasta ahora y estando las Empresas de Televisión obligadas a decidir en un tiempo prudencial porque medio de transporte (Satelital o Fibra Óptica) hará llegar su señal TDT a las ciudades de las zonas 01 y 02, tendrán que observar que a pesar del Decreto Supremo N° 034-2010-MTC, publicado en Julio del 2010 y a través del cual el gobierno dispuso la obligación de instalar fibra óptica y/o ductos y cámaras en los nuevos proyectos de infraestructura de redes de transmisión eléctrica, gasoductos y carreteras; no se ha logrado un avance sustancial en lo que se refiere a las regiones de Sierra y Selva, excepción hecha de las zonas de Huancayo y Puno como se observa en la Fig. 1.2 y esto es explicable ya que las inversiones privadas en servicios públicos siguen naturalmente el desarrollo económico de las zonas a las cuales piensan hacer llegar sus servicios.

Por lo antes expuesto se observa claramente que las condiciones para pensar en la necesidad de implementar Sistemas de Transporte Satelital para la Televisión Digital Terrestre serán todavía la alternativa más conveniente en muchas zonas de nuestro amplio territorio.

Es a consecuencia de los aspectos tomados en cuenta y a la escasez de información técnica adecuada que este trabajo trata de hacer su aporte brindando información de calidad, con la expectativa de generar un efecto multiplicativo a través del acceso a las referencias indicadas en este trabajo.

1.4 Alcances del Trabajo

Es el ánimo de este informe el poner al alcance de los grupos de personas, profesionales y potenciales inversionistas; información técnica de primer orden relacionada con los Sistemas TDT y su Standard Nipo – Brasileño ISDB–Tb así como también con el Sistema de Transporte Satelital en su Standard de 2da Generación DVB–S2. En forma similar se describirá un Sistema satelital para llevar la señal TDT para las zonas alejadas y con difícil geografía de nuestro país, como la propuesta más conveniente a implementarse, mostrando también un presupuesto tentativo de la inversión que tendrían que hacerse considerando la parte del sistema comprometida desde la salida del multiplexor de transmisión hasta la entrada del multiplexor en la recepción.

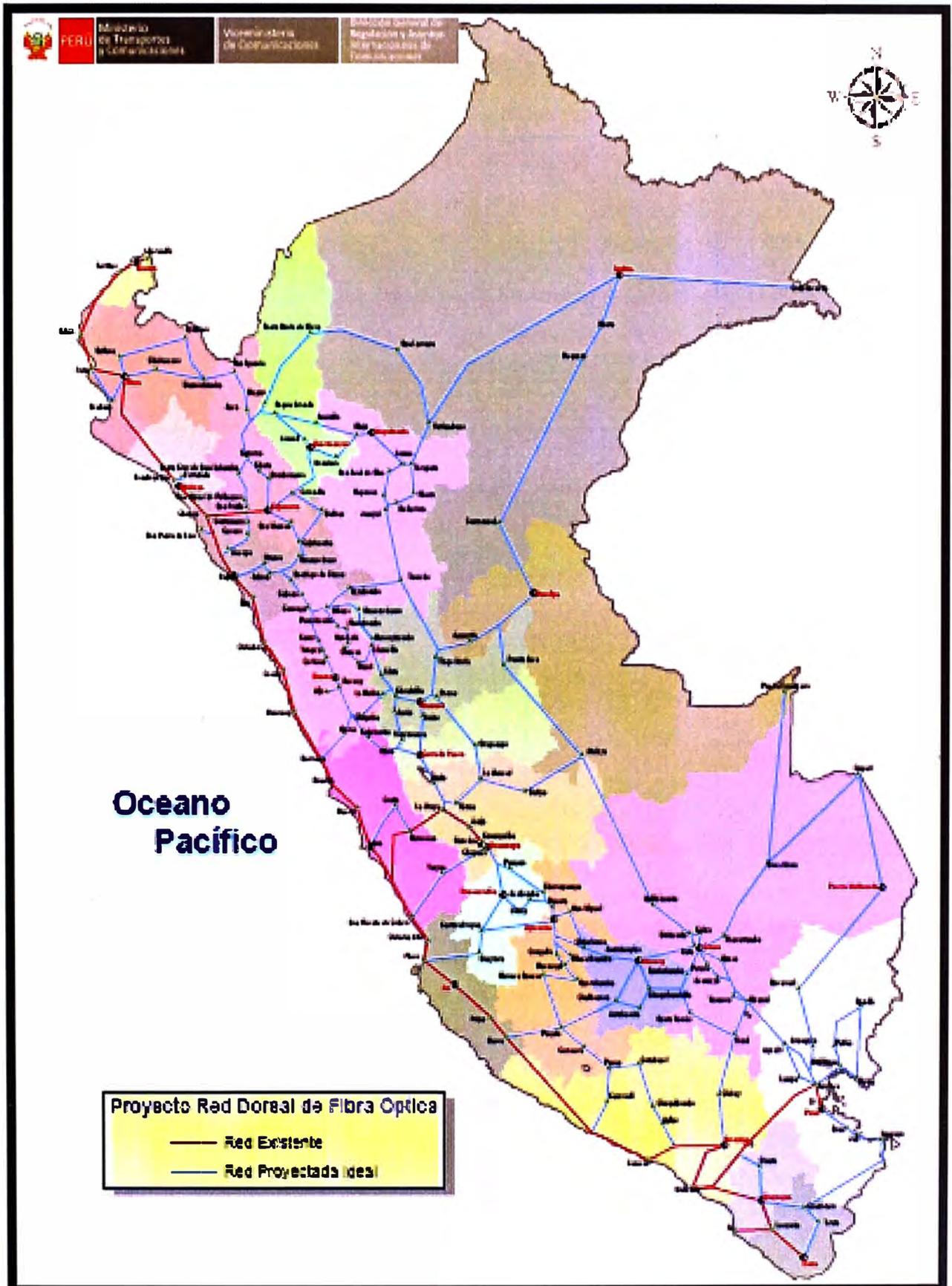


Fig.1.1 Red Dorsal de Fibra Óptica Ideal

Fuente: MTC – Perú

Elaboración: Copia Accesada

24 Dic. 2012

.1.5 Síntesis del Trabajo

Aprovechando mi afiliación desde hace algunos años a la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) y conociendo que esta entidad es una de las más reconocidas en el mundo y que además está compuesta por diversas Sociedades Especializadas, consideré conveniente acceder a información privilegiada proveniente de sociedades como Communications, Consumer Electronics y de la IEEE misma, tales como Spectrum y Proceedings, consiguiendo encontrar información relevante desde Noviembre del año 1981 hasta Junio del 2012, por lo que se tuvo la necesidad de realizar acciones de búsqueda, recopilación, clasificación y traducción de la misma.

Creo importante mencionar que luego de la clasificación realizada se tomó la decisión de que la fuente principal de información de este trabajo este concentrada entre los años 2006 y 2012.

Hacemos también la precisión que básicamente es en el Capítulo II donde se aprecia la información comentada líneas antes, para esto se ha tratado de realizar una traducción lo más cercana posible a lo expuesto por los autores mencionados, extrayendo de cada estudio lo que a mi humilde juicio podrían significar una información que motive a los interesados a continuar en la búsqueda de información lo más rigurosa posible.

Luego continuando con el trabajo expondremos la parte del Sistema satelital en lo que concierne básicamente a la etapa de levante de la información (Uplink) y a la bajada de la misma (Downlink), para lo cual mostraremos nuestro Plan de ingeniería de la solución, el Análisis y presentación de resultados, así como también el Análisis de Costos respectivo.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES Y CONCEPTOS INVOLUCRADOS EN UN SISTEMA DE TRANSPORTE POR SATÉLITE PARA LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN EL PERÚ

2.1 Generalidades

Con el fin de tener una idea clara del significado real que tendría para nuestro país el desarrollo de Sistemas de Transporte por Satélite ligados a la Televisión Digital Terrestre (STS – TDT) en nuestro País y particularmente en las zonas más apartadas de nuestro territorio, creemos necesario precisar en esta parte los antecedentes, características y ventajas que nos llevaron a tener en nuestros días este nuevo sistema digital de Televisión de Alta Definición (HDTV) conocido también como Televisión Digital Terrestre (TDT), finalizando con el estándar ISDB – Tb el cual ha sido adoptado en el Perú.

Luego de dar a conocer las razones principales que dieron lugar a la aparición de la **Televisión de Alta Definición (HDTV)**, continuaremos dando una visión general del desarrollo de los diversos estándares de TDT existentes en el mundo.

2.1.1 El ¿Por Qué? De la Televisión de Alta Definición (HDTV)

Esta tecnología surge del deseo de poder disfrutar de una experiencia visual más excitante en comparación con la que se tenía a través de la TV Analógica de color.

Esto se convirtió en un real objetivo por parte de los equipos de Investigación y desarrollo (R & D) de la Comunidad Internacional de Productores de Televisión; estaban interesados en crear un estándar de Televisión totalmente nuevo que se pudiese comparar con la calidad y la experiencia visual de una película proyectada en 35 mm.

Este estándar debería proveernos lo siguiente:

-) Una mejorada resolución de imagen
-) Una mejorada resolución de color

-) Una proyección a través de una pantalla más larga y ancha.
-) Una calidad de audio similar a la de un Disco Compacto (CD)

El resultado de estos esfuerzos devino en la norma SMPT 240M (SMPT- Society of Motion Picture and Televisión Engineers) también llamada Estándar para Equipos de Producción 1,115/60 HDTV.

Esta norma fue creada bajo la premisa fundamental siguiente:

“Todo lo relacionado con lo creado y producido en los estudios de televisión así como el intercambio de grabaciones de los programas maestros en HD está separado de todo aquello que estuviese relacionado con la transmisión de la programación HD”

Esta importante separación ha permitido que los diseñadores de equipos se puedan centrar totalmente en la optimización de los Sistemas y Tecnologías relacionadas con la producción sin tener que estar tomando en cuenta algunas limitaciones impuestas por las diversas formas de transmisión ya sean estas satelitales, por emisiones en RF (Terrestre), por fibra óptica o por cable.

Así también hubo la visión en ese entonces que la producción de HDTV iba a desarrollar aplicaciones relacionados con actividades diferentes a la del entretenimiento como originalmente lo fue, como lo son las que se dan en una variedad de negocios e industria; dando lugar a idear una guía de las diversas aplicaciones que se tendría con lo producido por este Sistema Electrónico de Imágenes, (ver Fig. 2.1).

Es conveniente mencionar que en Agosto de 1991, ya existían más de 30 compañías fabricando productos conforme al Standard SMPTE 240M para Equipos de Producción 1125/60 y esto se daba a pesar que aún no existía ningún Standard para Transmisión HDTV.

Por otro lado en aquellos tiempos se estaban dando significativos avances en la implementación de Sistemas de producción de HDTV totalmente digital. Estos avances sumados al crecimiento de la industria de computadores gráficos con aplicaciones en multimedia dieron lugar a la aparición de un nuevo debate relacionado con **“¿Qué Standard en HDTV debería desarrollarse, con el fin de asegurar una convergencia entre la industria del computador y de la televisión.”**

Ciertamente el uso de imágenes generadas por computadores en la producción de programas HDTV aceleró la existencia de un grado de convergencia.

La convergencia de estas dos industrias es mostrada en forma esquemática en la Figura 2.2, obsérvese como esta se da en la parte central en lo referente al

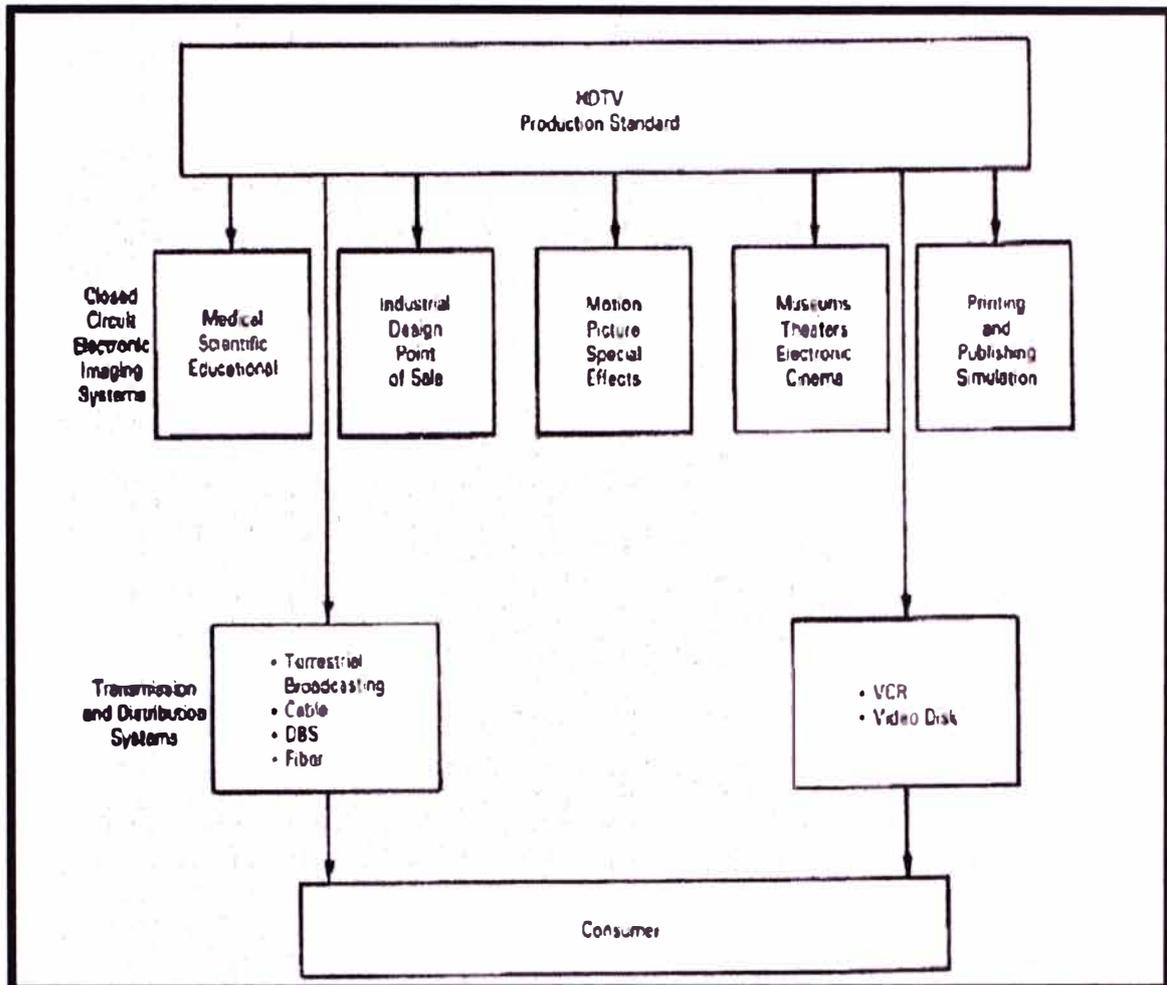


Fig. 2.1 Aplicaciones de la HDTV

Fuente: IEEE Communications Magazine - Agosto 1991

almacenamiento, procesos, manipulación y transmisión; hay sin embargo fundamentales diferencias de criterio para la captura y creación de imágenes en ambos sistemas.

Algo muy parecido pasa en la forma en que se mostraran las imágenes al usuario final. No sería en absoluto conveniente comprometer las esenciales diferencias requeridas para la captura de imágenes y la forma en que estas se muestran, *forzando* una convergencia de parámetros técnicos buscando un estándar *para todo tamaño*. (1)

2.1.2 Televisión Digital de Alta Definición (HDTV) O Televisión Digital Terrestre (TDT)

Los sistemas TDT o también llamados por sus siglas en inglés Sistemas DTTB (Digital Televisión Terrestrial Broadcasting) en las últimas dos décadas han tenido un aumento en su uso que ha sobrepasado sus expectativas de origen y se ha llegado a un punto en que se considera que las tecnologías digitales, en particular las

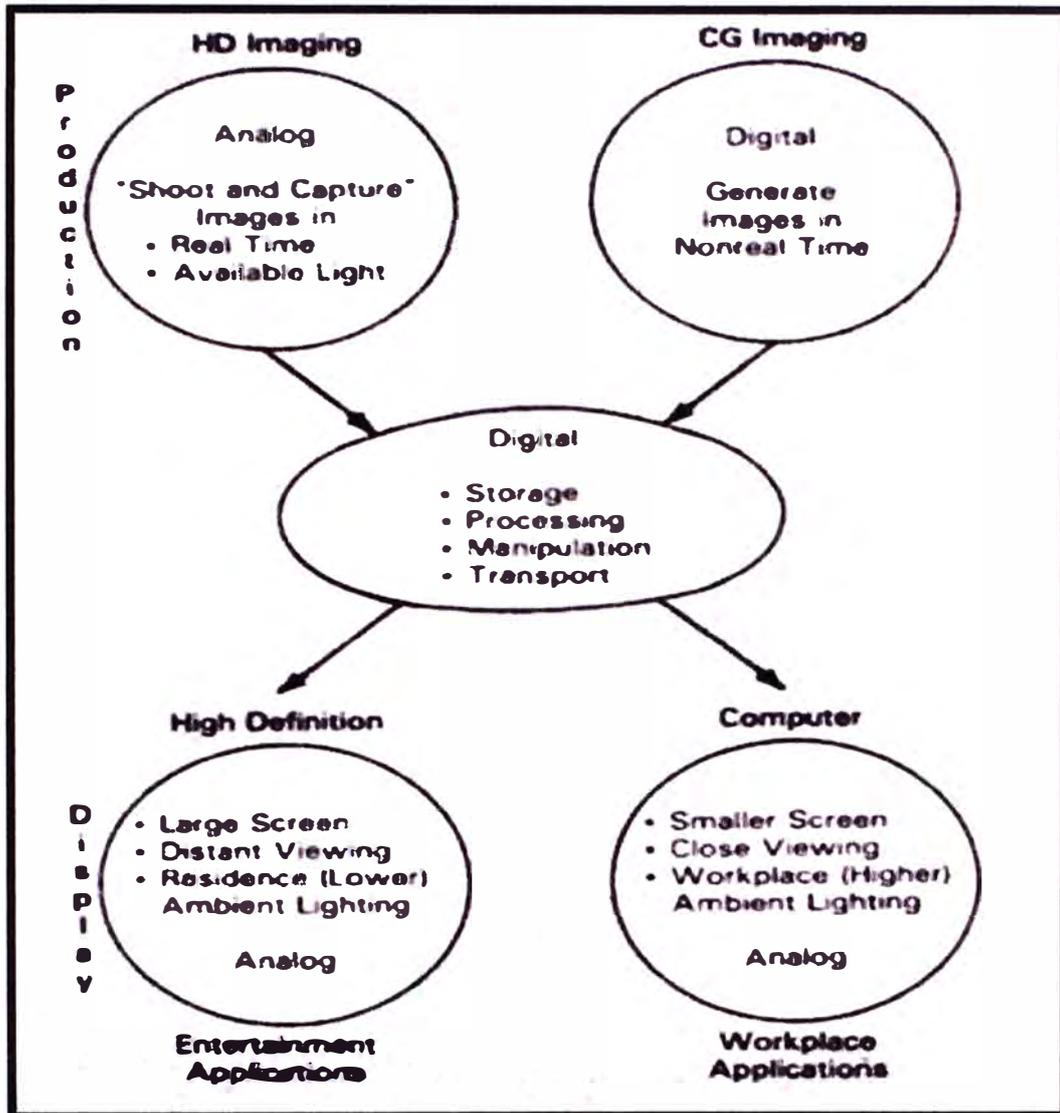


Fig. 2.2 Convergencia entre Industrias de TV y Computadores
Fuente: IEEE Communications Magazine -Agosto 1991

relacionadas con el procesamiento avanzado de las señales, que vienen aplicándose en los Sistemas TDT han dado lugar a que la HDTV actualmente sea considerada una tecnología revolucionaria, siendo una de sus características más destacadas el tener una performance llamada QEF (Quasi error free) o casi libre de error alcanzando un **ratio** de alrededor de 10^{-12} en el BER (Bit error rate) esto significa aproximadamente una hora continua de transmisión a 5 Mb/s y solo con un error no corregible.

Esta TDT no solo emite señales de video y audio libres de interferencia y distorsión sino que además puede hacerlo logrando un uso mucho más eficiente del espectro electromagnético que la televisión análoga.

Tiene también la ventaja que permite una mejor interface con otros sistemas de

comunicación, redes de computadores y medios digitales.

Permite en igual forma la emisión de data o información que no sea ni video ni audio y adicional a todo esto también da lugar a trabajar con servicios de carácter interactivo en multimedia, esto último se constituye en el elemento clave de la siempre continua revolución digital conduciéndonos así a una Sociedad realmente informada.(2)

2.1.3 Revisión de Estándares en el Mundo de Sistemas DTTB (TDT)

Actualmente existen cuatro Estándares Internacionales aprobados por la ITU estos son nombrados por sus siglas A TSC, DVB-T, ISDB-T y DMTV ; aunque estos comparten una similar arquitectura en sus Sistemas también difiere en algunas características esencialmente técnicas. En la figura 2.3 mostramos la arquitectura típica de estos Sistemas DTTB.

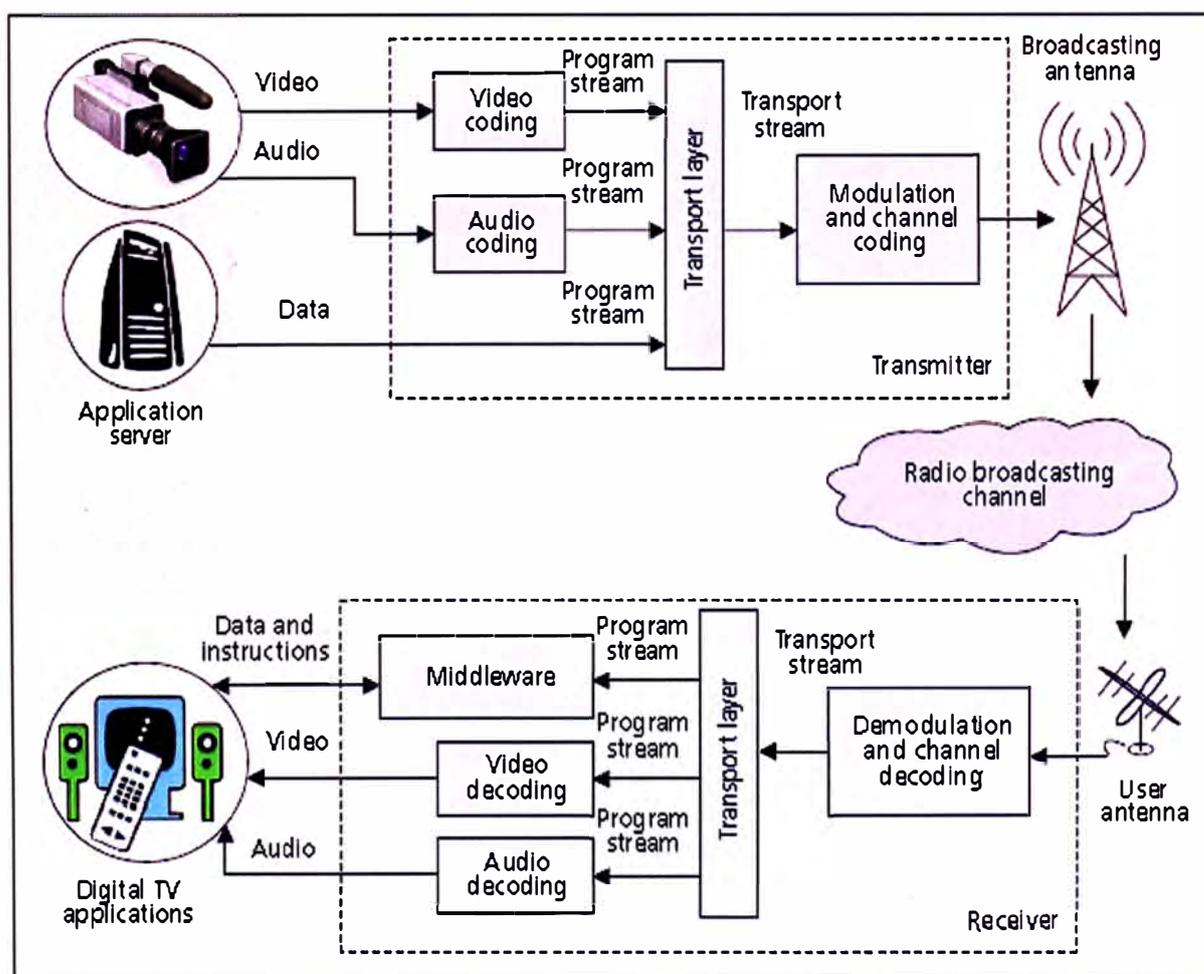


Fig.2.3 Arquitectura de un típico sistema TDT o DTTB

Fuente: IEEE Communications Magazine - Junio 2012

2.1.3.a) ATSC (Advanced Television Systems Committee) – Norte Americano USA

Como el primer estándar propuesto por el ATSC en setiembre del 1995, este adopta la tecnología de transmisión por simple portadora. El objetivo original fue brindar solo una recepción fija de HDTV sobre un canal de 6 MHz a una velocidad (data rate) de 19.39 Mb/s. Aunque la potencia de su transmisor es baja debido a su alta complejidad así como también de los niveles de propagación del error en su etapa de Ecuación por **Decision feedback**; este sistema es muy sensitivo a atenuación en sus canales por el efecto de múltiples caminos de su señal (Multipath), dando como resultado que le sea muy difícil soportar recepción móvil.

2.1.3. b) DVB-T (Digital Video Broadcasting- Terrestrial) – Europeo

Anunciado por ETSI (European Telecommunication Standards Institute) en Marzo de 1997; este sistema DTTB es el estándar más popular usado en más de 60 países.

La fortaleza de este sistema está en su tecnología de Multiplexado por División de Frecuencia Codificado Ortogonalmente (COFDM –Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) y su transmisión por portadora múltiple (multi-carrier), debido a esto combate en forma excelente la interferencia por múltiples caminos.

Permite también una buena recepción fija ya sea por antena externa o interna y en igual forma en dispositivos móviles y portátiles; estos últimos en un canal de 8 MHz a una velocidad que está entre 4.98 y 31.67 Mb/s.

Una de las principales características del DVB-T es el empleo de paquetes MPEG-2, lo cual implica que es transportable cualquier información que sea digitalizable (vídeo, audio, datos multimedia, etc.). Además, se incluyen en las especificaciones un conjunto de canales de retorno para los usuarios con objeto de interactuar con los servicios digitales recibidos.

2.1.3. c) ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial) – Japonés

Desarrollado por Japón en Mayo del 1999 siendo usado principalmente en Brasil, Perú y otros países del centro y sur América. El ISDB-T puede ser considerado un derivado del DVB-T debido a que los parámetros del sistema y sus características técnicas son bastantes similares.

Adicionalmente a estas similitudes ventajosas el ISDB –T tiene dos mejoras destacadas con respecto al DVB-T:

1. La primera es el **entrelazado** el cual con su mayor profundidad permite una adecuada performance en la recepción en los dispositivos móviles; y

2. La segunda su tecnología clave llamada Transmisión por Ancho de banda Segmentado (BST- **B**and **S**egmented **T**ransmission) de la señal OFDM, más conocida como Tecnología BST- OFDM, dándole esta al ISDB-T la capacidad de soportar múltiples servicios

2.1.3. d) DTMB (Digital Televisión / Terrestrial Multimedia Broadcasting) – Chino

Formalmente lanzado por China en Agosto del 2006, fue aprobado como el cuarto estándar de sistemas DTTB por la ITU en Diciembre del 2011, llegando con este a su fin la investigación en los así llamados estándares DTTB de 1ra generación; Mostraremos luego en el capítulo IV las tendencias y perspectivas que se vienen dando ya con los sistemas de DTTB de 2da generación.

Este DTMB ha sido adoptado por China (Incluyendo a Hong Kong y Macao), Laos, Camboya y Cuba. La tecnología clave en este sistema es el esquema de transmisión por portadora múltiple llamada OFDM con Sincronía en el Dominio del Tiempo (TDS - **T**ime **D**omain **S**ynchronous) más conocida como Tecnología TDS-OFDM.

Esta tecnología usa una secuencia conocida como de Ruido Seudo aleatorio (PN – Pseudo Aleatorio) en lugar de la de Ciclo prefijado (CP – **C**yclic **P**refix) como **el intervalo de guarda** entre paquetes de información consecutivos con el fin de lograr una mayor eficiencia espectral así como también una sincronización más rápida.

DTMB también adopta el potente código LDPC (**L**ow-**d**ensity, **p**arity-**c**hek) puesto en cascada por el código BCH (**B**ose-**C**haudhuri-**H**ocquegham) buscando mejorar aún más la performance del sistema.

Este sistema podría alcanzar una velocidad (data rate) de hasta 32.49 Mb/s dentro del ancho de banda de 8 MHz.

En la Tabla N° 2.1 se muestra en forma resumida los principales parámetros de sistema de estos cuatro estándares DTTB (TDT).(3)

También se muestra en la Figura 2.4 la distribución de estos sistemas en el mundo.

2.1.4 Sistemas ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting)

La radio difusión televisiva digital Japonesa está basada en un sistema altamente versátil llamado ISDB el cual fue diseñado específicamente para la era de radiodifusión digital.

Una característica importante es que las empresas emisoras de TV al usar estos sistemas están en capacidad de ofrecer Servicios de Transmisión de datos así como

también TV a los celulares y HDTV a los vehículos móviles.

Los sistemas ISDB fueron diseñados para dar servicios integrados de información

	ATSC	DVB-T	ISDB-T	DTMB
Applicable Standard	A.52/A.53	EN 300 744	ARIB STD-B31	GB 20600-2006
System Bandwidth	6 MHz		6, 7, and 8 MHz	
Source Coding		MPEG-2 transport stream		
Transmission Scheme	Single Carrier	Coded OFDM with 2k and 8k FFT size	BST-OFDM with 2k, 4k and 8k FFT size	TDS-OFDM with 3780 FFT size + Single Carrier
Guard Interval	—	1/32, 1/16, 1/8 and 1/4		1/4 (PN945), 1/7 (PN595), 1/9 (PN420)
Channel Coding	Rate 2/3 trellis code + RS(207,187, t = 10)	Punctured convolutional codes with code rate	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 + RS(204,188, t = 8)	LDPC(7488, 3008/4512/6016) + BCH(762, 752)
Modulation Scheme	8-VSB	QPSK, 16QAM and 64QAM	DQPSK, QPSK, 16QAM, and 64QAM	QPSK, 4QAM-NR, 16QAM, 32QAM and 64QAM
Interleaver	12 to 1 trellis code Interleaver	Bit-wise interleaver + symbol interleaver	Bit-wise interleaver + time and frequency interleaver	Convolutional interleaver
Data Rate	19.39 Mb/s	4.98-31.67 Mb/s	3.65-23.23 Mb/s	4.81-32.49 Mb/s

Tabla N° 2.1 Principales parámetros de Sistema de los Estándares DTTB

Fuente: IEEE Communications Magazine – Junio 2012

digital consistentes en audio, video y data a través de cualquier medio de transmisión ya sea este satelital, terrestre o por la red de televisión por Cable.

Estos sistemas fueron concebidos bajo la idea de tener un Sistema de Radiodifusión Digital para el siglo 21 y nació en la década de 1980 en los Laboratorios de Investigación técnica y científica de la NHK (Corporación Japonés de radio difusión); llegando a dar inicio a un nuevo servicio de transmisión digital por satélite en

Diciembre del año 2000 mientras que la transmisión digital terrestre comenzó en Diciembre del año 2003.

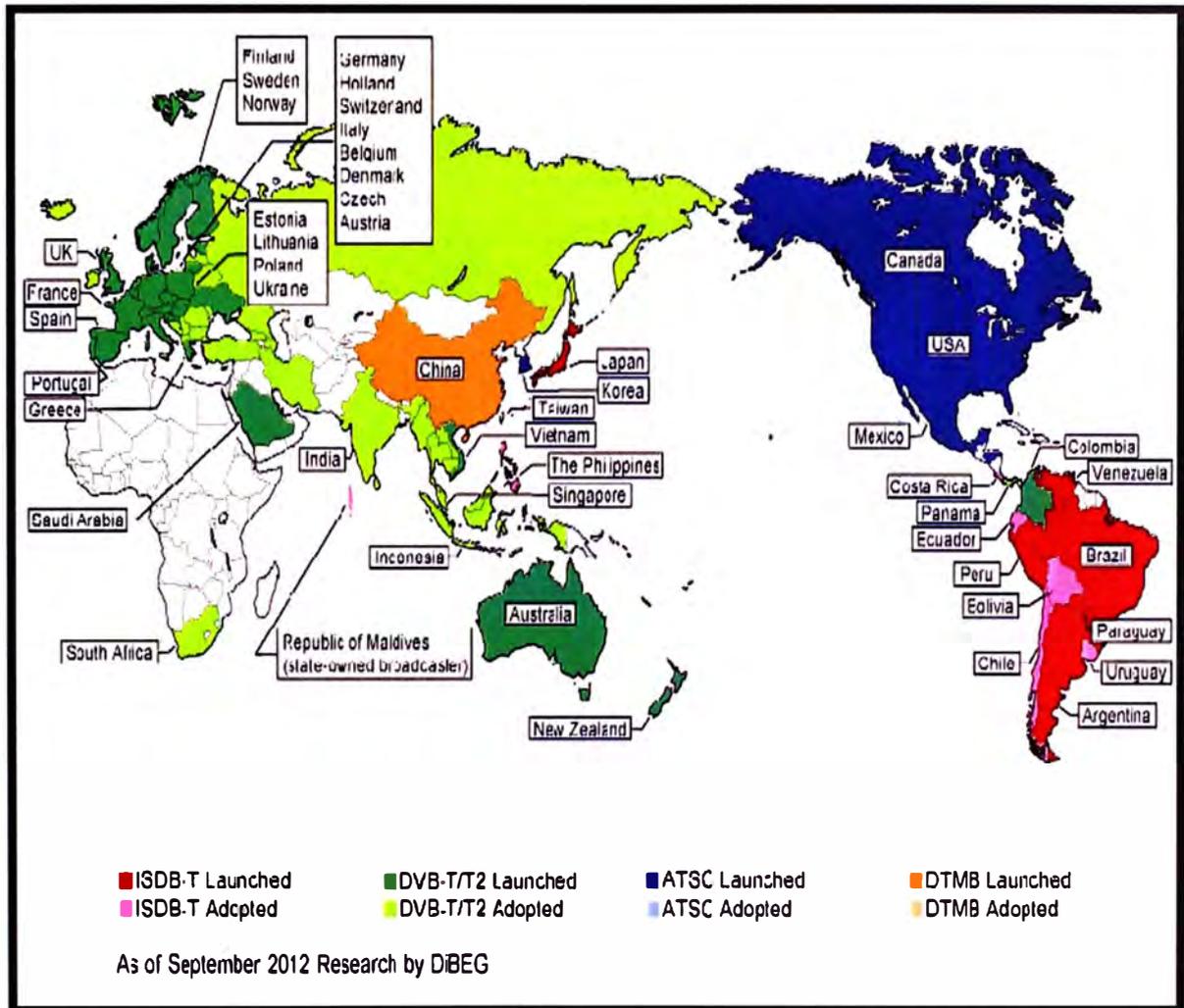


Fig.2.4 Distribución de los Estándares DTTB en el mundo

Fuente: DIBEG - Setiembre 2012

Los conceptos fundamentales en que se basaron estos sistemas en un inicio fueron:

-) Toda la información relacionada con la transmisión tales como audio- video y data multimedia tendría que ser convertida en señal digital en una manera integral para su procesamiento.

-) Todas las señales digitalizadas tendrían que estar disponibles, sin importar el medio de transmisión ya sea a este satelital, terrestre o por red de TV por cable.

-) Explotando las características de cada medio en particular, los usuarios debían estar en condiciones de recibir servicios de alta calidad y obtener la información que ellos desean ya sea en sus hogares o en ruta.(4)

Básicamente el sistema ISDB viene a ser un conjunto de normas creadas en el Japón con el fin de definir las transmisiones digitales tanto de radio como de televisión. El ente institucional que tiene la responsabilidad de elaborar estas normas es la ARIB

(Association of Radio Industries and Businesses), así esta define cuatro tipos de ISDB:

- | | |
|----------------------|------------------------------|
| 1.- ISDB-T | Televisión Digital Terrestre |
| 2.- ISDB-S | Televisión Digital Satelital |
| 3.- ISDB-C | Televisión Digital por Cable |
| 4.- Banda de 2.6 GHz | Para Transmisión móvil |

Japón tiene dos niveles de organización con el objeto de ver todo lo relacionado con la estandarización de las tecnologías involucradas con la transmisión de información (Ver Fig. 2.5), el primero está en el TTC (Telecommunications Technology Council) del actual Ministerio de Asuntos Internos y Comunicaciones (MIC - Ministry of Internal Affairs and Communications) antes era Ministerio de Correos y Telecomunicaciones (MPT- Ministry of Posts and Telecommunications).

En el segundo nivel esta la ARIB, preparando los reportes sobre desarrollos técnicos relacionados con el Comité de Sistemas de Transmisión Digital del TTC, luego que el MIC aprueba estos reportes el ARIB prepara los Estándares Industriales (STD-B series) y los Reportes Técnicos (TR-B series) para la transmisión digital. (2)

En la Tabla N° 2.2 se sintetiza los estándares ARIB relacionados con la radiodifusión digital.

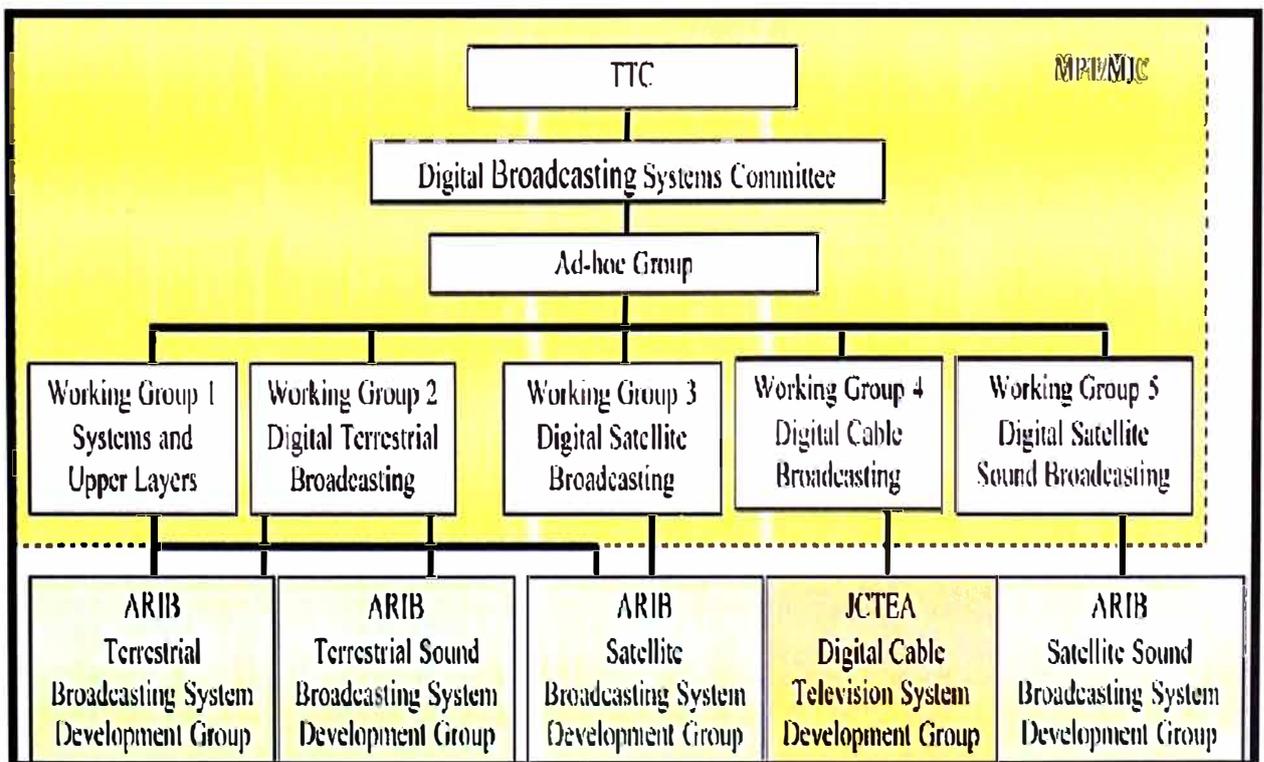


Fig.2.5 Estructura de trabajo de MPT/MIC y ARIB/JCTEA

Fuente: Proceedings of the IEEE – Enero 2006

Tabla N° 2.2

Estándares ARIB para la Radiodifusión Digital

	Digital Televisión		Digital Sound	
System	ISDB-S/ Wide-band CS	ISDB-T	ISDB-T _{SB}	2.6 GHz Satellite
Transmission	STD-B20	STD-B31	STD-B29	STD-B41
Source coding & Multiplex	Coding & Multiplexing		STD-B32	
	Service Information		Std-b10	
Data Broadcasting	Presentation Engine (BML)		STD-B24	
	Execution Engine (GEM-based)		STD-B23	
Home Server	System based on Home Servers		STD-B38	
CAS	Conditional Access		STD-B25	
Receiver	STD-B21		STD-B30	STD-B42
Operational Guideline	TR-B15	TR-B14	TR-B13	TR-B26

2.1.5 Estándar Japonés ISDB-T (TDT o DTTB)

Mientras que la transmisión por satélite provee la posibilidad de una programación a lo largo y ancho del país, la transmisión terrestre ofrece servicios más ligados a cada región; es así que el BW (Ancho de Banda) para la señal digital ISDB-T fue determinado sobre la base que la **“HDTV es esencial aun en el servicio terrestre”** y también que esta deberá coexistir con la televisión análoga.

La transmisión digital por satélite de HDTV y sonido venía dándose años antes que la terrestre por lo que era importante clarificar las ventajas que debía tener este sistema ISDB-T con respecto al satelital.

Adicionalmente a eliminar la interferencia y ofrecer una alta calidad tanto en video como en sonido el ISDB-T debería proveer de atractivos servicios multimedia para lo cual el método de transmisión debía de ser lo suficientemente flexible y expandible.

Por lo que debería tratar de conseguir lo siguiente:

1. Ser capaz de proveer una variedad de servicios de video, sonido e Información (data),
2. Ser lo suficientemente resistente a la interferencia que por multi-caminos (multipaths) y atenuación normalmente se presentan tanto en el caso de recepción portátil o móvil,
3. Dar la posibilidad de tener receptores dedicados para la TV, sonido y data, así como también receptores totalmente integrados,
4. Tener la adecuada flexibilidad para acomodar diferentes configuraciones de servicios y también asegurar un uso flexible de la capacidad de transmisión,
5. Tener la adecuada capacidad de expansión para poder incluir futuras necesidades
6. Proveer la posibilidad de operar con SFN (Single Frequency Network - Red de una sola Frecuencia), esta tecnología SFN hace uso eficiente del espectro de frecuencia
7. Usar en forma efectiva frecuencias vacantes, y
8. Ser compatible con los servicios análogos y otros servicios digitales.

Con el fin de lograr los requerimientos antes mencionados, la NHK desarrollo y propuso un esquema de transmisión de banda segmentada (BST-OFDM) para el ISDB-T.

El canal BST-OFDM consiste de un conjunto de paquetes de frecuencia llamados OFDM – Segmentos los cuales tienen una estructura para uso de una portadora común.

Todos estos segmentos tienen un BW de 3000/7 kHz.

El ISDB-T permite varias combinaciones de esquemas de Modulación de Portadora (DQPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM) y codifica ratios de codificación interna – **innercode** (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8).

Estos parámetros pueden ser seleccionados independientemente por cada Segmento OFDM.

Los parámetros de transmisión del ISDB-T son mostrados en la Tabla N° 2.3 y ejemplos de transmisión en Modo 1 se pueden apreciar en la Fig. 2.6.

Como se muestra en ella, tres tipos de receptores suponemos que tenemos para un sistema ISDB-T teniendo BW (band widths) de 5.6 MHz (wide band ISDB-T) y 430KHz (narrow band ISDB-T):

1. Un receptor integrado con 5.6 MHz, demodulador OFDM y un display HDTV, el cual puede recibir todas las señales
2. Un receptor móvil con 5.6 MHz, demodulador OFDM y un pequeño display SDTV,
3. Un receptor ligero portátil con 430 KHz, demodulador OFDM para sonido y data.(5)

Tabla N° 2.3: Transmission parameters of ISDB-T

Fuente: IEEE Transactions on Consumer Electronics

Elaboración: Propia

Febrero 1999

Modos		Modo 1	Modo 2	Modo3
Number of segments		Ns = 13 (wide band) Ns = (narrowband)		
Band width		3000/7 (kHz)xNs, +250/63(kHz) 5.575...MHz (wideband) 432.5...kHz (narrowband)	3000/7 (kHz)xNs+125/63 (kHz) 5.573...MHz (wideband) 430.5...kHz (narrowband)	3000/7(kHz)xNs+125/126 (kHz) 5.572...MHz (wideband) 429.5...kHz (narrowband)
Number of segments for DQPSK		n_d		
Number of segments for QPSK, 16QAM, and 64QAM		$n_s (n_s + n_d = N_3)$		
Carrier spacing		250/63 = 3.968... kHz	125/63 = 1.984 ... kHz	125/126 = 0.992... kHz
Number of carriers	Total	$108n_s + 1 = 1405$	$216n_s + = 2809$	$432n_s + 1 = 5617$
	Data	$96n_s = 1248$	$192n_s = 2496$	$384n_s = 4992$
	SP ^{*1}	$9n_s$	$18n_s$	$36n_s$
	CP ^{*1}	$n_d + 1$	$n_d + 1$	$n_d + 1$
	TMCC ^{*2}	$N_s + 5v_{n_d}$	$2x n_s + 10x n_d$	$4x n_s + 20x n_d$
	AC1 ^{*3}	$2x N_s = 26$	$4x N_s = 52$	$8x N_s = 104$
	AC2 ^{*3}	$4x n_d$	$9x n_d$	$19x n_d$
Carrier modulations		QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK		
Number of symbols per frame		204		
Effective symbol duration		252 μ s	504 μ s	1,008 ms
Guard interval (GI)		63 μ s (1/4) 31.5 μ s (1/8) 15.75 μ s (1/16) 7.875 μ s (1/32)	126 μ s (1/4) 63 μ s (1/8) 31.5 μ s (1/16) 15.75 μ s (1/32)	252 μ s (1/4) 126 μ s (1/8) 63 μ s (1/16) 31.5 μ s (1/32)
Frame duration		64.26 ms (1/4) 57.834 ms (1/8) 54.621 ms (1/16) 53.0145 ms (1/32)	128.52 ms (1/4) 115.668 ms (1/8) 109.242 ms (1/16) 106.029 ms (1/32)	257.04 ms (1/4) 231.336 ms (1/8) 218.464 ms (1/16) 212.058 ms (1/32)
Inner code		Convolutional code (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)		
Outer code		RS (204,188)		
Interleaving		Tie and Frequency		
Information bit rates (TS rates)		Wideband: 3.651 Mbps (DQPSK, Inner code = 1/2, G1 = 1/4) - 23.234 Mbps (64 QAM, Inner code = 7/8, G1 = 1/32) Narrowband : 280.85 kbps (DQPSK, Inner code = 1/2, GI = 1/4)-1787.28 kbps (64QAM, Inner code = 7/8, GI = 1/32)		
<p>*1: SP (Scattered pilot) and CP (continual pilot) can be used for frequency synchronization and channel estimation.</p> <p>*2: TMCC (transmission and multiplexing configuration control) carries information on transmission parameters.</p> <p>*3: AC (auxiliary channel) carries ancillary information for network operations.</p>				
Band width		3000/7 (kHz)xNs, +250/63(kHz) 5.575...MHz (wideband) 432.5...kHz (narrowband)	3000/7 (kHz)xNs+125/63 (kHz) 5.573...MHz (wideband) 430.5...kHz (narrowband)	3000/7(kHz)xNs+125/126 (kHz) 5.572...MHz (wideband) 429.5...kHz (narrowband)

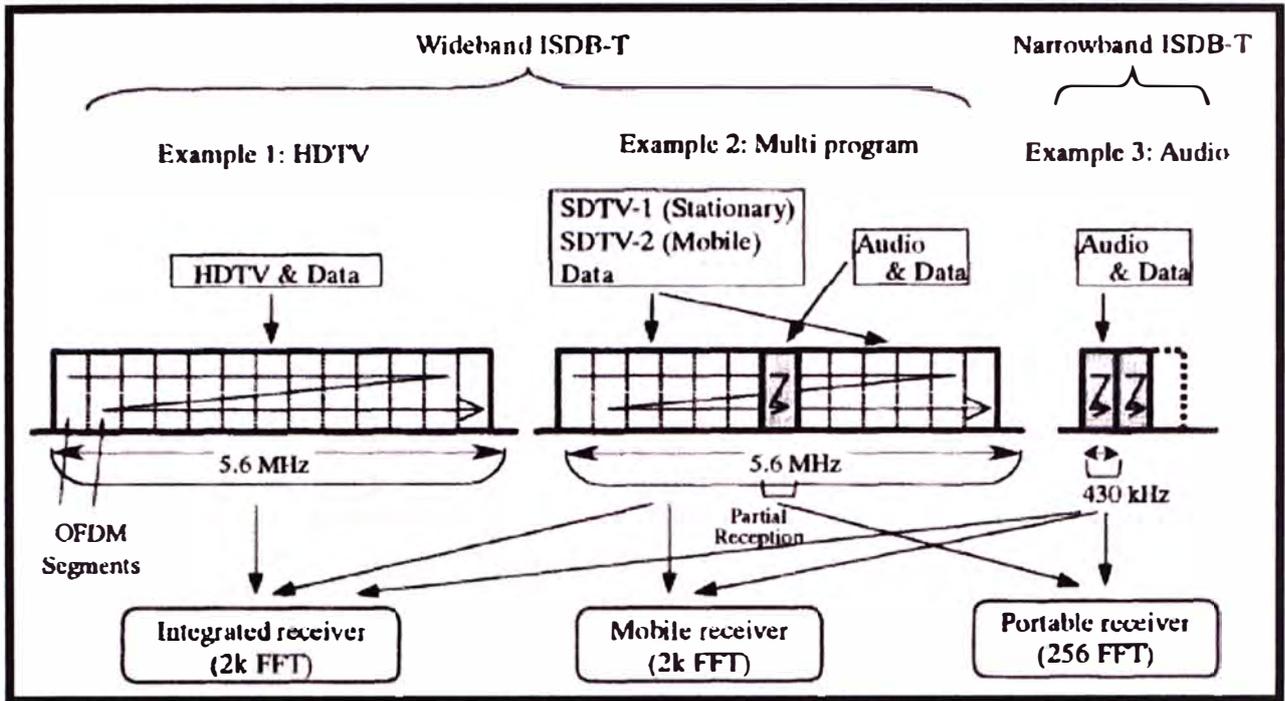


Fig 2.6 Ejemplo de Transmission ISDB-T Modo 1

Fuente: IEEE Transactions Consumer Electronics Febrero 1999

También mostramos en la Fig 2.7 los componentes de un receptor básico para el ISDBT-T japonés.

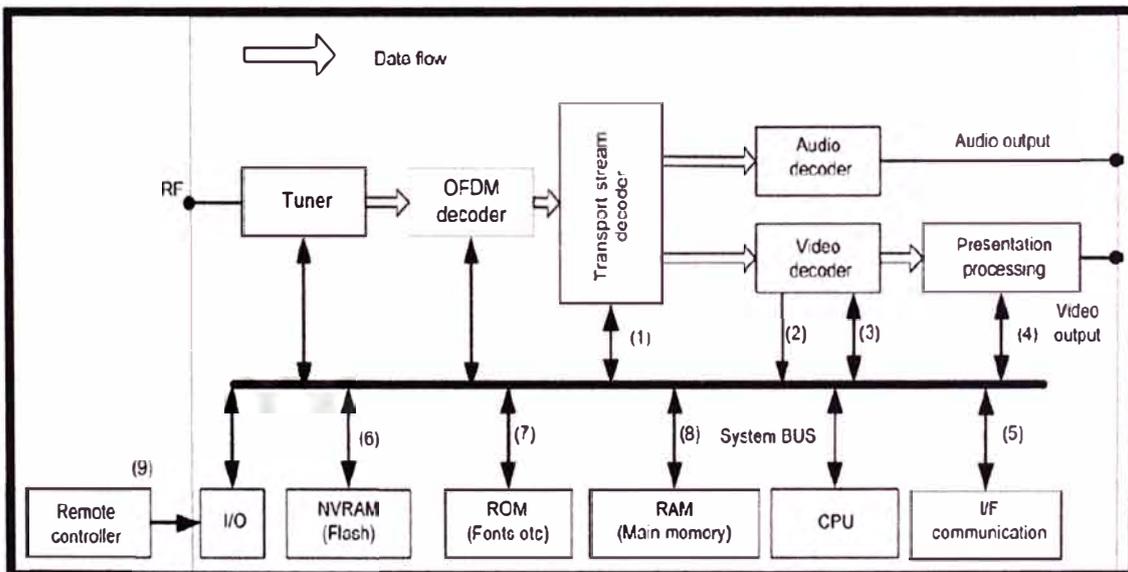


Fig 2.7 Componentes de un receptor básico en el ISDB-T japonés

Fuente: DIBEG – ISDB-T International - Marzo 2012

2.1.6 Estándar ISDB-Tb Nipo-Brasileño

El trabajo de implementación de la TDT en Brasil se dio en los 90's y desde 1998 hasta mayo del 200 se dieron extensas pruebas tanto de campo como en laboratorio con los tres estándares disponibles hasta ese momento (ATSC, DVB-T y ISDB-T)

Estas pruebas dieron una adecuada información para la toma de decisión sobre la tecnología apropiada para un país como Brasil dadas las condiciones muy particulares que este tiene tanto en el aspecto social, económico y ambiental.

Se decidió por el estándar japonés ya que fue considerado el más avanzado de los 3 ya que permitía la transmisión de SDTV Y HDTV a receptores móviles y fijos; también las pruebas realizadas tanto en campo como en laboratorio mostraron que los esquemas de modulación y codificación tenían una mejor performance.

En Diciembre del 2007 se da la primera transmisión en Sao Paulo.

Las innovaciones que trae el sistema brasileño con respecto al Japonés son:

El uso del estándar MPEG-4/H.264 para codificación digital del video a diferencia del MPEG-2, el cual es usado por los otros 3 sistemas TDT.

La plataforma intermedia (Middleware) GINGA, la cual fue diseñada específicamente para el ISDB-Tb

El uso de la tecnología WIMAX como plataforma de comunicación para el canal interactivo.

A continuación en la Fig. 2.8 se muestra el diagrama de bloques estándar para el sistema ISDB-Tb.

En la actualidad este sistema se ha difundido en el 90% de Sudamérica, lo cual se puede apreciar en el mapa mostrado a través del MTC en marzo del 2011, en la Fig.2.9.

(6)

2.2 PROXIMA GENERACION DE SISTEMAS TDT (DTTB)

TECNOLOGIAS CLAVES Y TENDENCIAS EN LA INVESTIGACION

Esta parte del Capítulo II tienen una significativa importancia ya que nos permite ir observando con detenimiento el estado actual de las investigaciones que se están dando en el mundo de los llamados "Next-Generation Digital Televisión Terrestrial Broadcasting Systems", así también se podrá apreciar las tecnologías claves en los que se basan estos sistemas conjuntamente con las futuras tendencias de las investigaciones a realizarse con el fin de que se puedan superar los obstáculos técnicos que se presenten en la

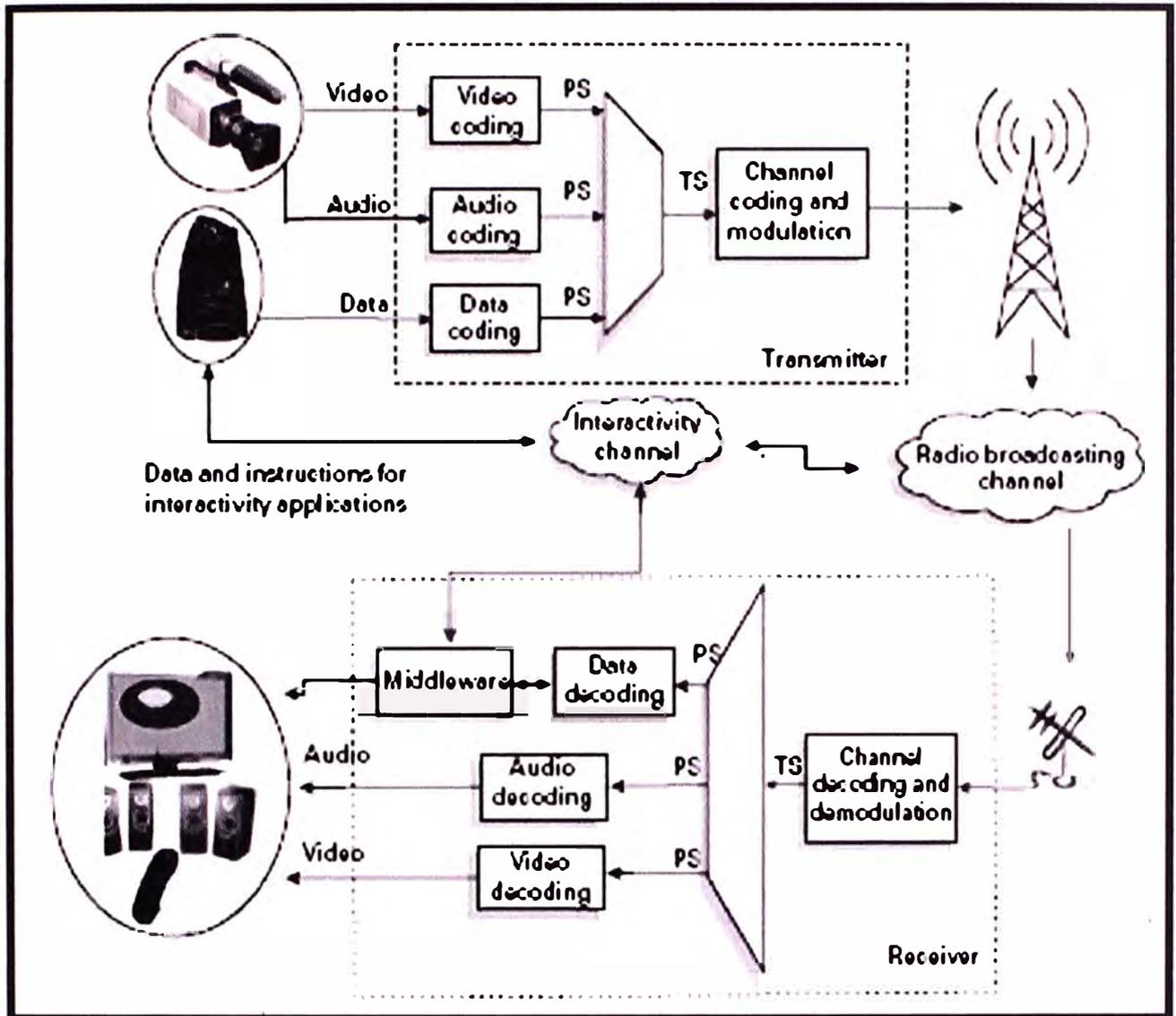


Fig 2.8 Diagrama de Bloques estándar del ISDB-Tb Nipo-brasileño

Fuente: Digital Television Systems - MARCELO SAMPAIO DE ALENCAR - 2009

búsqueda de mejoras a conseguir en estos sistemas.

Lo que mostraremos a continuación ha sido extraído de un estudio realizado por los Sres. Linglong Dai, Zhaocheng Wang y Zhinxiang Yang de la Universidad de Tsinghua-China, publicado en la IEEE Communications Magazine de Junio del 2012. (3)

2.2.1 Estado actual de los Sistemas DTTB de Próxima Generación

Después de la amplia difusión y aplicación exitosa de los sistemas DDTB, tecnologías avanzadas sobre procesamientos de señal están continuamente emergiendo mientras tanto el público está demandando sistemas DDTB más poderosos con mayor velocidad (data rate) y una performance más confiable.



Fig 2.9 Avance de la ISDB-Tb en América Latina – Setiembre del 2012

Fuente: MTC - www.mtc.gob.pe/

Alrededor del año 2000 el trabajo de investigación para los estándares DTTB de nueva generación fueron comenzados en todo el mundo y recientemente 3 sistemas han sido anunciados

2.2.1. a) DVB-T2 Terrestre Segunda Generación (DVB-T2)

En septiembre del 2009 ETSI formalmente anuncio el estándar de nueva generación DTTB llamado DVB-Terrestre Segunda Generación (DVB-T2), cuya versión actualizada optimizada para recepción móvil fue introducida en Abril del 2012 basada pero no compatible con su estándar precedente DVB-T, el DVB-T2 permite un mejor uso

del espectro con una eficiencia espectral incrementada en un más de 30%, la cual es lograda integrando a plenitud las tecnologías de procesamiento de señal como transmisión OFDM, estructura de cuadro flexible (flexible framestructure), LDPC/BCH, diversidad de transmisión, rotación de constelación, relación pico a potencia promedio (PAPR-peaktoaveragepower ratio), etc.

Hasta ahora el DBV-T2 es el sistema DTTB más avanzado con una alta eficiencia espectral, performance confiable y configuración flexible.

2.2.1. b) ATSC–Movil/Handheld (ATSC-M/H)

En Abril del 2009 EEUU financió un nuevo estándar para la próxima generación DTTB: ATSC-Movil/Handheld (ATSC-M/H). Este nuevo estándar es compatible con el anterior ATSC y puede soportar servicios interactivos en tiempo real. La característica más importante de este sistema es la recepción móvil. Parte del rendimiento de los disponibles 19.39 Mb/s en el ATSC es usada por el ATSC-M/H para soportar servicios portables y móviles en los cuales y gracias a un esquema de corrección de error muy potente llamado **código convolucional concatenado en serie** (ECCC–series concatenated convolutional code). Además superponiendo secuencias de esparcimiento ortogonal con la potencia de -30dB sobre señales de televisión sin afectar la normal recepción de los programas de televisión, ATSC-M/H puede proveer la capacidad de localización inalámbrica.

2.2.1. c) ISDB para transmisiones terrestres multimedia (ISDB-T_{MM})

En Julio del 2010, fue anunciado el estándar DTTB de nueva generación japonés llamado ISDB para transmisiones terrestres multimedia (ISDB-T_{MM}). Este estándar es altamente compatible el ISDB-T, además puede proveer una variedad de servicios interactivos mejorando la tecnología existente “One segment”. Material multimedia como libros electrónicos, noticias, música, imágenes y películas podrían ser bajadas dispositivos de mano con alta velocidad.

A través de varias combinaciones de los grupos de 13 segmentos (un ancho de banda total de 5.61Mhz) y un segmento (de ancho de banda 0.429Mhz), sin la necesidad de una banda de protección, el ISDB-T_{MM} podría en forma flexible soportar transmisiones con ancho de banda variable yendo desde 13 segmentos a 33 segmentos (el máximo ancho de banda de 14.2Mhz).

El receptor podría realizar una recepción parcial dentro de cualquier segmento.

Mientras tanto Japón está estudiando la tecnología multiple-input multiple-

-output(MIMO) para sistemas DTTB y tomando en cuenta el uso de esquemas de modulación más altos tal como 1024 QAM para maximizar la capacidad del sistema.

2.2.2 Tecnologías Claves y Tendencias a la Investigación de Tendencias DTTB Nextgeneration

Vamos a generalizar las tecnologías claves detrás de los diversos sistemas DTTB nextgeneration, también expondremos las tendencias de la investigación futura de estas tecnologías.

2.2.2. a) Transmisión basada en OFDM

Debido a su excelente fortaleza con respecto a la atenuación de canales por selección de frecuencia y a la capacidad de permitir una alta velocidad de data rate, OFDM se está convirtiendo en el componente estándar de los sistemas DTTB y de comunicación inalámbrica por venir. Futuras investigaciones alrededor de OFDM- based transmisión pueden incluir diseños de estructura adecuados flexibles con alta eficiencia, rápido y confiable sincronización en tiempo y frecuencia.

2.2.2. b) Modulación y Codificación de Canal

El orden más alto de esquema de modulación soportado por los sistemas DDTB de first generation es de 64 QAM, mientras tanto el esquema de modulación de mayor orden para los sistemas de nextgeneration se espera que sea de 256 QAM.

La capacidad de soportar esquema de modulación de mayor orden como 521 QAM. O aún más, como 1024 QAM permanece como un tópico de investigación a enfrentar.

Otra excitante nueva técnica para la modulación es rotación de constelación donde la constelación estándar es rotada por un cierto ángulo a fin de relacionarlo con los componentes originalmente independientes I y Q.

En sistemas DTTB el canal inalámbrico está expuesto a varias interferencias y la codificación del canal nos permite una eficiente forma para mejorar sustancialmente la confiabilidad. La codificación del canal es un eterno e interesante tópico a investigar para la comunidad relacionada con la teoría de la información, debido a esto numerosos esquemas de codificación de alta performance han sido estudiados y usados exitosamente. Entre ellos y debido a su baja complejidad y excelente performance, el código LDPC es ampliamente reconocido como el candidato más prometedor para los sistemas DDTB Next-Generation así como también sistemas de comunicación inalámbricos.

Convencionalmente la modulación y la codificación del canal son estudiados e implementados separadamente, actualmente ellos están siendo optimizados en forma conjunta por la bien conocida tecnología de modulación modificada y BICM-ID es un potente esquema de modulación codificada el cual se está convirtiendo en la técnica más adoptada sobre los canales con desvanecimiento (fading channels) por ejemplo DVB-T y ISDB-T han adoptado el BICM-ID con el mapeado gris 64 QAM para mejorar la confiabilidad del sistema.

Investigaciones futuras para la modulación codificada caen o se basan en los esquemas de mapeo por óptima constelación (incluyendo APSK y QAM).

2.2.2. c) Multiple-Input Multiple-Output (MIMO)

MIMO es ampliamente reconocido como una forma eficiente de incrementar la capacidad del sistema y mejorar la confiabilidad de la transmisión, actualmente MIMO y OFDM se están convirtiendo en las tecnologías physical layer para la mayoría de sistemas de transmisión emergentes.

Cuando la mayoría de los estándares DTTB First-Generation fueron constituidos en los 90 del siglo XX, MIMO era solo una técnica emergente en ese entonces de tal forma esos estándares no lo consideraron. Sin embargo con el rápido desarrollo de la tecnología MIMO numerosas investigaciones y experimentos han sido realizados por sistemas DTTB basados en MIMO para mejorar la performance del sistema.

La clave del reto para sistemas MIMO, a gran escala, incluyen la ubicación adecuada de la antena para asegurar independientes canales MIMO.

2.2.2. d) Canal de Retorno para Servicios Interactivos

Los sistemas convencionales DTTB podían solo proveer enlaces de transmisión unidireccionales para los usuarios. Actualmente la necesidad cada vez mayor de servicios interactivos como video por demanda, votación remota, juegos, etc. Requiere la interacción de proveedores de contenido y usuarios. Servicios Interactivos en tiempo real requieren un canal de retorno para que se concrete la interactividad de forma bidireccional.

2.2.2. e) Localización Inalámbrica

Servicio basado en ubicación (LBS-Location Based Service) está considerado como una de las aplicaciones más prometedoras dentro de las tecnologías de información. Global Navigation Satellite System (GNSS) como el bien conocido Global Positioning

System (GPS) gobernado por las fuerzas armadas norteamericanas es la forma más popular de localización inalámbrica donde gracias a que docenas de satélites son usados para determinar las ubicaciones de usuarios/vehículos/estaciones o bases con la seguridad de alrededor de 10 a 3 metros usando la tecnología ortogonal.

2.2.2 . f) El Soporte de Multiservicio

Actualmente la gente no está satisfecha con ver HD TV solo en su hogar, sino que también esperan tener este servicio confiable usando un dispositivo de mano, los famosos handset, más aun servicios múltiples incluyendo noticias, información en tiempo real de los almacenes, eventos deportivos, navegación por internet, correo electrónico, etc. Son altamente esperados, lo cual hace que sea una tendencia inevitable para los sistemas DTTB entregar múltiples servicios con diferentes requerimientos de calidad de servicio. Cuando los dispositivos móviles son usados el consumo de energía es el elemento crucial.

2.2.2. g) Otras Tecnologías

Además de aquellas tecnologías mencionadas atrás, hay algunas otras a las cuales deberían ponerse atención, por ejemplo: diseño del preámbulo para el sistema de señalización de una portadora confiable, el marco uniforme para transmisión por simple y múltiple portadora y así sucesivamente.

Adicionalmente apartándonos un poco de los sistemas DTTB, podemos observar que otras infraestructuras de información como la internet esta también experimentando un cambio revolucionario principalmente debido al requerimiento de una mayor velocidad de información.

Basado en la propiedad social de la información que una inmensa cantidad de gente está interesada en similares o contenidos idénticos, como por ejemplo: videos populares y sitios llamados hotweb, los cuales son transmitidos de forma repetida del mismo servidor a cientos de miles de personas en todo el mundo, sería mucho más conveniente difundir estos contenidos comunes a servidores locales cerca de los usuarios finales a través de sistemas de radiodifusión (nótese que un día un sistema DTTB de 40 MB/s podría difundir alrededor de 40 GB de contenido a un número ilimitado de servidores locales) y entonces los usuarios tendrían acceso a aquellos materiales a través de servidores más cercanos en vez del internet. En esta forma la performance requerida del internet sería sustancialmente reducida. Mientras tanto la potencialidad de los sistemas DTTB más allá de solo enviar programas más establecidos será explotada en forma completa en el futuro.

2.2.3 Conclusiones

Este artículo apunta a las tecnologías claves y tendencias en la investigación de los sistemas DTTB de próxima generación. La primera categoría de las tecnologías está orientada a la performance, las cuales son consideradas en este tipo dentro de estas están consideradas la transmisión basada en OFDM, codificación de canal y modulación, MIMO (multiple input - multiple output), mientras la segunda categoría está orientada a la aplicación y dentro de esta están consideradas: servicios interactivos a través de canal de retorno, localización inalámbrica y soporte de múltiples servicios.

Aunque grandes logros han sido conseguidos, algunos problemas técnicos permanecen a aun no resueltos y mejoras adicionales especialmente en el aspecto de tecnologías orientadas a la aplicación están siendo esperadas con alta expectativa.

Esperamos que el brillante futuro de los sistemas DTTB próxima generación no solo nos den servicios de alta calidad sino también jueguen un rol importante en la solución de problemas relacionados con la expansión de la información a través de la convergencia del internet y la radiodifusión.

2.3 ESTANDAR SATELITAL DE 2DA GENERACION DVB-S2

Siendo el estándar natural a usar para el Transporte Satelital de la TDT el DVB-S2 y continuando con uno de los objetivos de este trabajo, pondremos a disposición de la comunidad académica y profesional afín a estas tecnologías, información de calidad que pueda satisfacer algunas de las interrogantes relacionadas con las tecnologías involucradas con este estándar, partiendo desde la intención con la que se creó y a través de que institución se hizo. Mostraremos también el futuro y perspectiva de la TV Satelital en lo referente a la radiodifusión de TV Digital y HDTV.

Con el fin de cumplir con lo anteriormente mencionado y poder plasmarlo en esta tercera parte, se seleccionó el estudio que se muestra a continuación, el cual constituye la fuente principal tomándose las partes más relevantes y traduciendo estas casi textualmente con el fin de no perder la esencia y rigurosidad de estos.

El estudio seleccionado fue el siguiente:(7)

Titular: "DVB-S2: The Second Generation Standard for Satellite Broad –band Services"

Publicado en "Proceedings of the IEEE" – Enero del 2006

Autores: Alberto Morello y Vittoria Mignone

Ambos desarrollan sus actividades en el Research and Technology Center, RAI, Torino, Italia.

Introducción

El estándar DVB-S2 consiste en un grupo de especificaciones de segunda generación desarrollados por el Proyecto DVB (Digital Video Broadcasting Project) en el 2003.

Este estándar viene a ser el resultado de una evolución del anterior DVB-S, este fue anunciado a fines del año 1993 y viene siendo usado por muchas empresas de difusión por satélite alrededor del mundo en los servicios de Televisión DTH (**D**irect **t**o **H**ome).

2.3.1 El Proyecto DVB y ubicación del DVB-S

El Proyecto DVB es un consorcio el cual lidera la industria constituido en la actualidad por más de 260 Empresarios de difusión, fabricantes, operadores de redes, desarrolladores de software, instituciones reguladoras etc., pertenecientes a más de 35 países comprometidos a diseñar especificaciones técnicas, con el fin de difundirlas alrededor del mundo relacionadas con los servicios de información y televisión digital.

Esta institución fue creada oficialmente en Setiembre de 1993, sus miembros han firmado un **Memorándum de Entendimiento** en el que se describe los objetivos del proyecto.

Todas sus actividades no son patrocinadas ni controladas por entes políticos, más bien ha desarrollado sus propios objetivos, políticas y reglas de procedimientos basadas en el conocimiento de que el entorno tanto de los medios electrónicos como de difusión requieren un conocimiento de las tendencias del mercado de forma que esto ayude al desarrollo de nuevas tecnologías.

El principal objetivo de DVB es el usuario privado, el cual hará uso de las especificaciones en su hogar, lógicamente también se aplicaran en el campo profesional, siendo también posible la recepción de señales digitalizadas por receptores portables y móviles, un típico escenario de las aplicaciones que tendrían en casa se muestran en la Fig.2.10

Es importante observar que el estándar DVB-S forma parte del grupo de los estándares que son establecidos por el DVB para los medios de trasmisión como satélite (DVB-S), cable (DVB-C) y terrestre (DVB-T); siendo este último el más complejo de los tres. Las especificaciones para este fueron concluidas a comienzos de 1996 casi dos años después de la especificación del DVB-S.(8)

2.3.2 El Estándar precedente: DVB-S

El mismo año en que se constituye el Proyecto DVB (Setiembre de 1993), esta lanza su primera estándar, el DVB- S para la transmisión satelital; el cual se convierte hasta nuestros días el que preferentemente se usa en el servicio de Televisión DTH (Direct to Home).

El DVB-S está basado en modulación QPSK y convolucional corrección de error FEC (Forward Error Correction) concatenado por una codificación Reed-Solomon; esto dio lugar a que también estos enlaces DVB-S fueran propuestos para las transmisiones profesionales punto-a-punto de programas de televisión enviados directamente al centro de difusión, este podía ser audios o videos originados en estudios de televisión y/o desde localidades muy remotas ya sea a través de camionetas acondicionadas para la transmisión o dispositivos portátiles especiales para levante de información (Portable uplink terminals) sin requerir acceso local a la red fija de telecomunicaciones. A este tipo de servicio se le llamo Recopilación de Noticias por Satélite Digital (Digital Satellite News Gathering – DSNG).

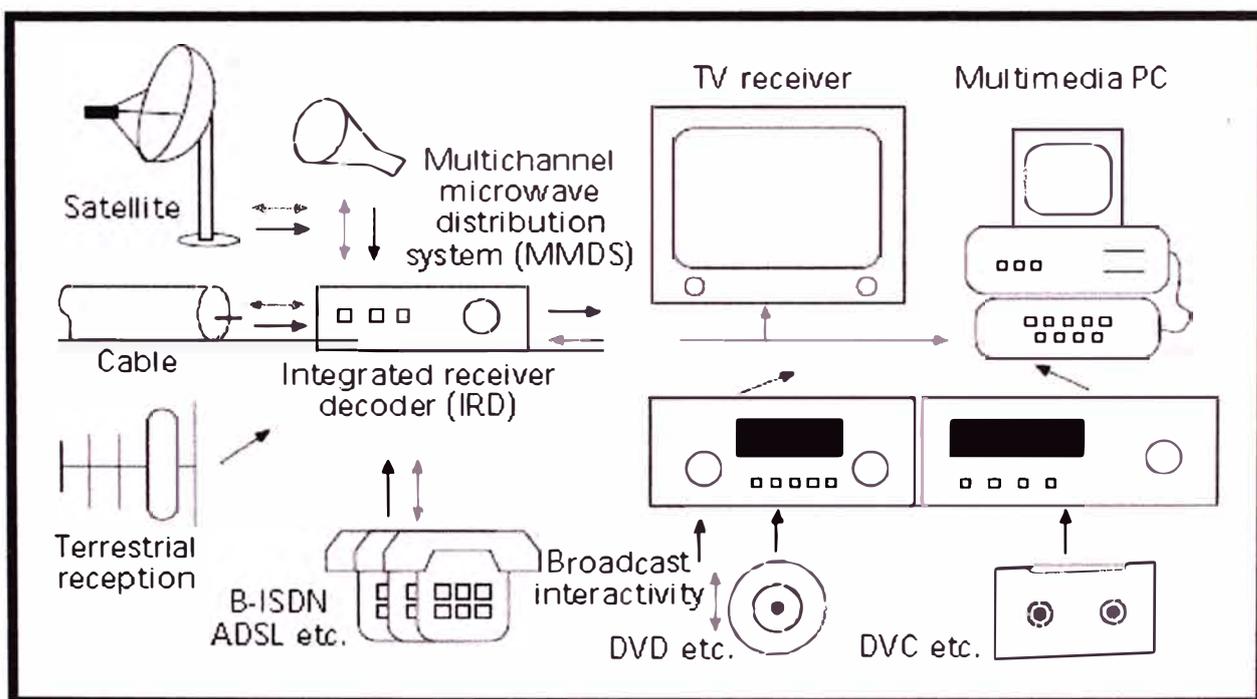


Fig.2.10 Aplicaciones en el Hogar de estándares DVB

Fuente: IEEE Communications Magazine – Junio 1998

En 1998 DVB produce su segundo estándar para aplicaciones satelitales, el DVB-DSNG, ampliando la funcionalidad del DVB-S a través de incluir modulaciones de mayor

orden (8PSK y 16QAM) para DSNG y otras aplicaciones para la TV por satélite.

2.3.3 El Estándar DVB-S2

En la última década, estudios en el campo de las comunicaciones digitales y en particular las técnicas de corrección de error, las cuales se adecuaron muy bien en la decodificación reiterativa; trajeron un nuevo impulso a la innovación de las tecnologías.

Como resultado de estas nuevas tendencias a los cuales se sumó el incremento en la demanda tanto de operadores como consumidores por mayor capacidad y nuevos tipo de servicios por satélite, el Proyecto DVB devino en definir en el año 2003 el sistema de 2da generación para servicios de banda ancha por satélite, DVB-S2; reconocido desde el 2005 como estándar ITU-R y estándar ETSI.

El DVB-S2 ha sido diseñado para diferentes tipos de aplicaciones:

Emisión de televisión estándar definición y también de alta definición (SDTV y HDTV);

Servicios interactivos incluyendo acceso a Internet para aplicaciones en el nivel de consumidor, tanto a través de IRD's (integrated receivers–decoders) como de PC's;

Aplicaciones a nivel de profesionales tales como programas para TV digital producidos en estudios convenientes así como también levantamiento de noticias.

Este estándar ha sido especificado alrededor de tres conceptos claves:

-) la mejor performance en la transmisión,
-) total flexibilidad y
-) una razonable complejidad en el receptor.

Para lograr una conveniente relación performance – complejidad, cuantificable en alrededor de un adicional de 30% de capacidad de ganancia en relación al DVB-S, el estándar DVB-S2 se beneficia de los más recientes desarrollos realizados tanto en codificación como en la modulación de canal.

En el caso de aplicaciones interactivas punto-a-punto tales como IP Unicasting, la adopción de la funcionalidad de la técnica de Modulación y Codificación Adaptiva (ACM- Adaptive Coding and Modulation) permite la optimización de los parámetros de transmisión por cada usuario sobre una base de cuadro por cuadro, dependiendo de las condiciones de camino o ruta y bajo un control lazo-cerrado vía un canal, de retorno (Conectando el IRD/PC a la estación Uplink DVB-S2 por enlace terrestre o satelital,

señalando la condición en la recepción en el nivel IRD/PC) . Esto da como resultado en un incremento adicional en la eficiencia en el uso del espectro en relación con el DVB-S, permitiendo la optimización del diseño del espacio del segmento, haciendo posible de esta forma una drástica reducción en el costo de los servicios IP basados en satélites.

El DVB-S2 es tan flexible que se puede adaptar a las características de cualquier transpondedor satelital existente, con una amplia variedad de eficiencias en el uso del espectro y requerimientos asociados de relación señal a ruido (SNR).

Adicionalmente está diseñado para manejar una variedad de formatos de audio/video avanzados, los cuales el Proyecto DVB define regularmente. DVB-S2 acomoda cualquier formato en la entrada, incluyendo simple o múltiple MPEG Transporte Streams-TSs (caracterizados por paquetes de 188bytes), IP así como también paquetes ATM en continuos **Bit Streams**.

2.3.4 Diagrama de Bloques del Sistema DVB-S2 (Transmisión)

El sistema de transmisión del DVB-S2 está estructurado como una secuencia de bloques funcionales esquemáticamente mostrados en la Fig.2.11

La generación de señal está basada en dos niveles de estructuras con las cuales se da forma a los cuadros (Frames):

-) BBFRAME en el nivel de banda- base (BB), llevando una variedad de bits de señalización para configurar la flexibilidad del receptor de acuerdo al escenario de aplicación;
-) PLFRAME en el nivel **physical layer** (PL), llevando unos cuantos bits de señalización altamente protegidos con el fin de dar una robusta señalización y sincronización en el **physical layer**.

2.3.4. a) Modo y Adaptación de Stream

Dependiendo de la aplicación, la secuencia en la entrada del DVB-S2 puede ser simple o múltiple MPEG TSs, simple o múltiple Stream genérico, empaquetado o continuo.

Los bloques que conforman este subsistema proveen al Stream de entrada la acción de interface, sincronización, y otras opcionales herramientas requeridas para la ACM y la codificación CRC para la detección de error en el receptor en el nivel de empaquetado (NO activo para Stream continuo)

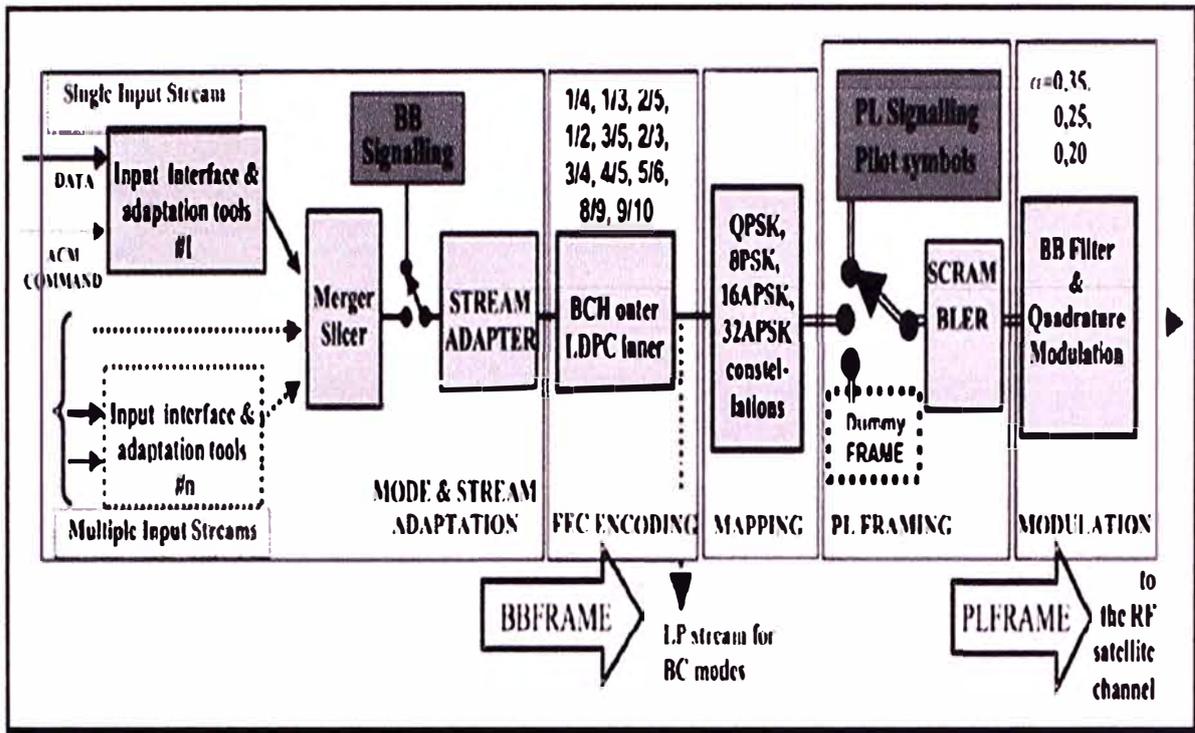


Fig.2.11 Diagrama Funcional de Bloques de un sistema DVB-S2
Fuente: Proceedings of the IEEE – Enero 2006

2.3.4. b) Codificación FEC (forward error correction)

La FEC conjuntamente con la modulación es el subsistema clave para lograr una excelente performance por satélite en presencia de altos niveles de ruido e interferencia.

Los Codigos de chequeo de paridad en baja densidad (LDPC-low density parity check), fueron descubiertos por R. G. Gallager en 1960 pero la tecnología de aquel entonces no era capaz de realizar una implementación eficiente.

El éxito de la decodificación iterativa motivo a MacKay y Neal a proponerlo nuevamente en 1995.

Los códigos LDPC son bloques lineales caracterizados por matrices $H_{(N-K) \times N}$ de chequeo de paridad esparcidas, donde cada block de K bits de información son codificados a una palabra de código (codeword) de tamaño N . Ellos pueden ser representados en forma equivalente por medio de **Gráficos bipartitos** los cuales conectan cada ecuación de chequeo (checknode, $N - K$) a sus bits participantes (bit nodes, N). El número de extremos adyacentes a un nodo es llamado el **Grado** del nodo.

Un ejemplo de código LDPC con tamaño de codeword $N=8$ y ratio $1/2(K=4)$ se muestra en la Fig.2.12

Con el fin de evitar posibles pisos de error en bajos ratios de error (para los cuales

es difícil, si no imposible medirlo con seguridad) códigos outer concatenados BCH son introducidos con la misma longitud de bloque del código LDPC y una capacidad de corrección de error de 8 a 12 bits, dependiendo de la configuración del código inner LDPC.

El tamaño del block BCH&LDPC es de 64800 bits para aplicaciones con delays no tan críticos, 16200 bits si lo son.

Los códigos de velocidad (rate) de 1/4, 1/3 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9 y 9/10 están disponibles dependiendo de la constelación seleccionada y la aplicación del sistema. En particular la velocidad de codificación 1/4, 2/3 y 2/5 han sido introducidas para operar, en combinación con QPSK, bajo excepcionalmente condiciones pobre de enlace, para razones de señal a ruido E_s / N_0 menores a 0 dB.

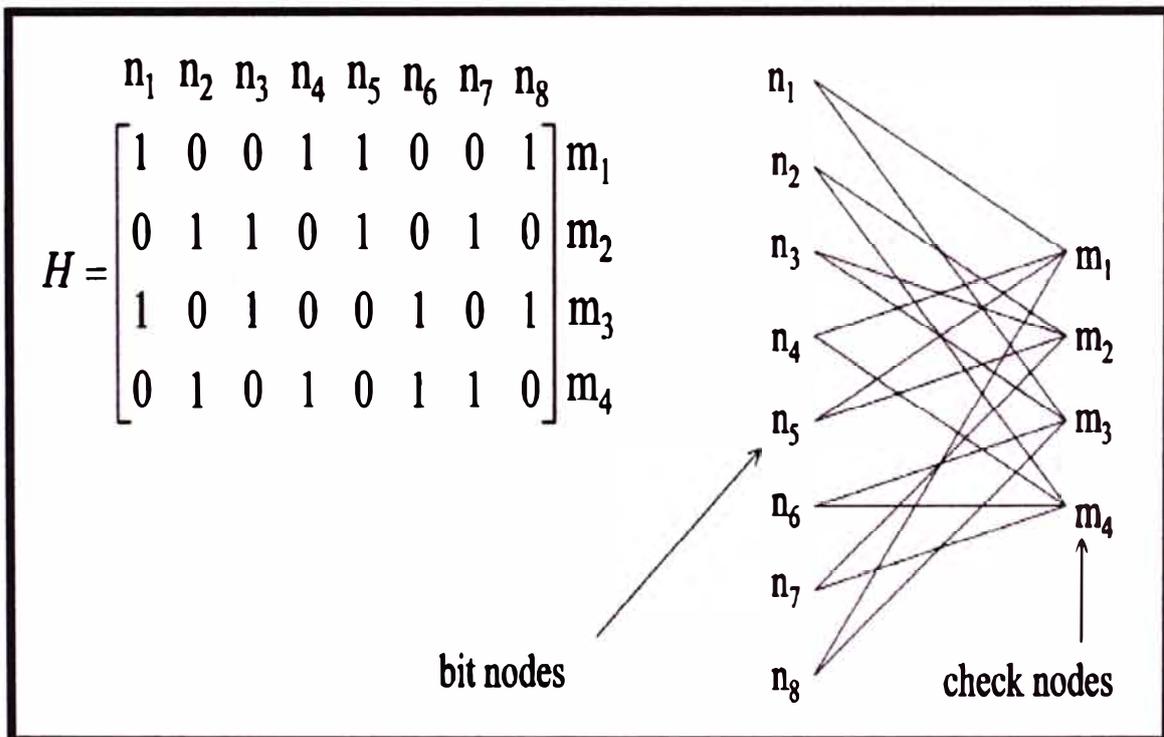


Fig. 2.12: Matriz Parity check y correspondiente Gráficos bipartitos de un código LDPC.

Fuente: Proceedings of the IEEE – Enero 2006

FEC y módulos de modulación son constantes dentro de un cuadro (frame) pero pueden ser cambiados en diferentes cuadros, cuando ACM es usada; además la señal transmitida puede contener una mezcla de bloques de códigos normal y cortos. El entrelazado de los bits es entonces aplicado a los FEC-code bits en 8 PSK, 16 APSK y

32 APSK para separar, uno de otro, el mapeado de bits sobre la misma señal de transmisión.

Los requerimientos de los niveles de error para el DVB-S2 son muy exigentes 10^{-7} MPEG TS packet error rate (PER), aproximadamente correspondiendo a menos de un paquete erróneo por hora para una velocidad de servicios de 5 Mb/s. La Fig.2.13 muestra la excelente performance del DVB-S2 FEC en el canal AWGN para varias velocidades de código y modulaciones, con FEC-codeblocks de 64800 bits y menos de 50 iteraciones de decodificación en el receptor. Bloques de código corto generalmente dan una performance levemente desmejorada debido a la dimensión más pequeña del cuadro.

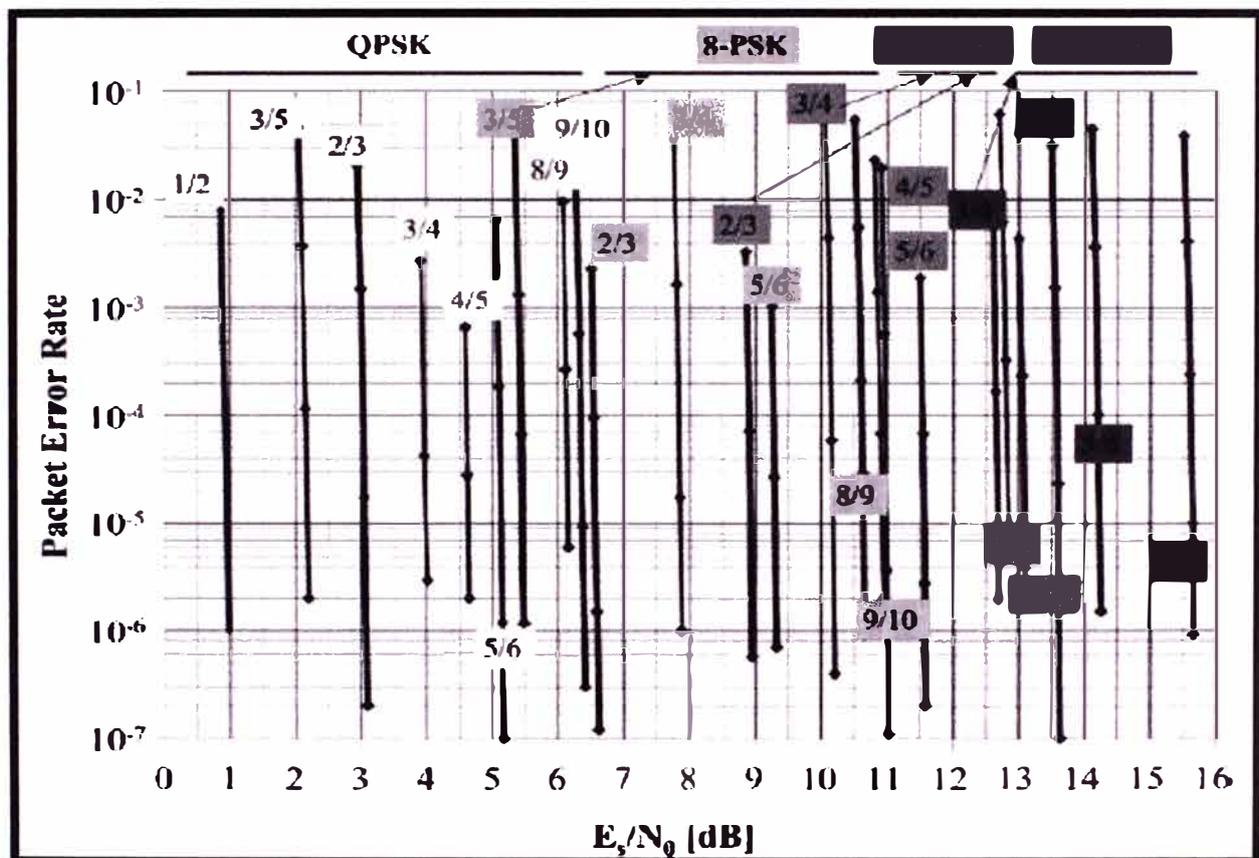


Fig. 2.13 El rendimiento del DVB-S2 FEC (BCH&LDPC) en el canal AWGN:

Varias velocidades de código (coderrates) y configuraciones de modulación son consideradas para bloques codificados de 64 800 bits. Es/No es la SNR después de la recepción en el filtro machado (receiving matched filter).

Fuente: Proceedings of the IEEE – Enero 2006

2.3.4. c) Mapping Into Constellations

Cuatro modos de modulación pueden ser seleccionados para la carga transmitida (ver Fig.2.14): QPSK, 8PSK, 16PSK, y 32APSK dependiendo del área de aplicación.

Las constelaciones 16PSK, y 32APSK han sido optimizadas para transponders

satelitales no lineales poniendo los puntos en los círculos.

QPSK y 8PSK son típicamente propuestas para aplicaciones de Broadcasting ya que estas son modulaciones virtualmente de envueltas constantes y pueden ser usados en transponders satelitales no lineales excitados cerca a su nivel de saturación.

Los modos 16PSK y 32APSK están principalmente dirigidos a aplicaciones profesionales, debido a su mayor requerimiento en términos de SNR disponible, pero también pueden ser usados para Broadcasting. Mientras estos modos no son tan eficientes en potencia como otros modos, su eficiencia en el uso del espectro es mucho mayor. Ellos necesitan que el transponder satelital opere en la región cuasi-lineal o alternativamente adoptar métodos avanzados de predistorsión en la estación uplink con el fin de minimizar el efecto de la no linealidad del transponder.

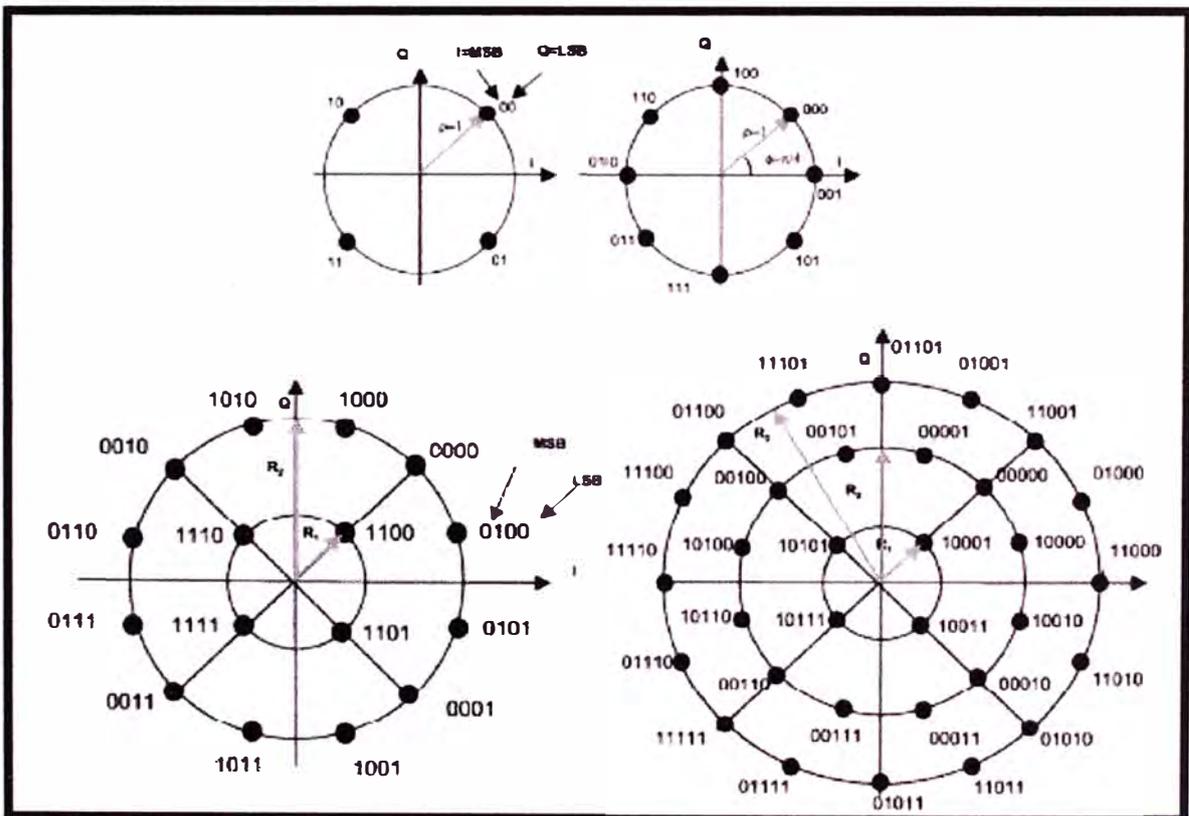


Fig. 2.14 Las cuatro constelaciones DVB-S2 antes de la acción en el PL.

Fuente: Proceedings of the IEEE – Enero 200

2.3.4.d) PL Framing

La señal PL está compuesta de una regular secuencia de cuadros (Frames) dentro de la cual la modulación y el esquema de codificación es homogéneo como se muestra en la Fig. 2.15.

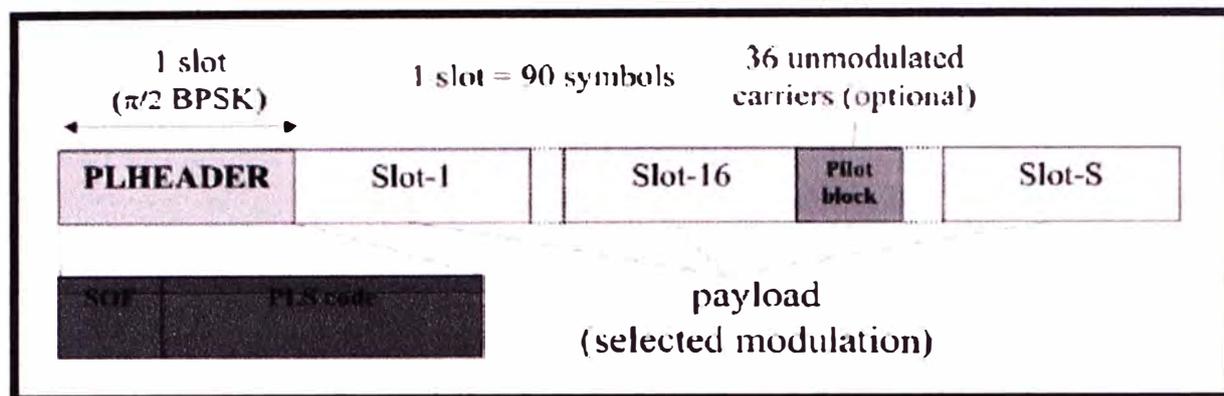


Fig. 2.15 Esquema de un PL frame.

Fuente: Proceedings of the IEEE – Enero 2006

Cada cuadro está compuesto de un **payload** de 64800 bits en la configuración “**Normal Frame**”, 16200 bits en la “**Short Frame**” correspondiendo a un block de código FEC.

A **header** de 90 binarios símbolos de modulación preceden la **payload**, conteniendo información para la señalización y sincronización, con el fin de permitir al receptor sincronizar y detectar la modulación y parámetros de codificación antes de la demodulación y la decodificación FEC.

Los primeros 26 símbolos binarios del PL header identifica el comienzo del cuadro PL [SOF (start of frame)], los restantes 64 símbolos son usados para la señalización de configuración del sistema. Ya que el PL header es la primera identidad a ser decodificada por el receptor no puede estar protegido dentro del esquema FEC (BCH&LDPC). Por otro lado este tenía que ser perfectamente decodificable bajo la peor condición de enlace (SNR aproximadamente -2.5 dB, ver Fig. 2.16). Por tanto para mínimamente expresar la eficiencia espectral total, la información de señalización a este nivel ha sido reducida a 7 bits, 5 de los cuales son usados para indicar la configuración tanto en la modulación como en la codificación (MODCOD field), 1 para longitud de cuadro (64800 o 16200), 1 para los pilotos de presencia/ausencia con el fin de facilitar la sincronización del receptor.

2.3.4. e) Modulación en Cuadratura

Es la etapa donde aplicando modulación en Cuadratura y otras técnicas se dan la forma a la señal del espectro y para generar la señal RF. Hay tres valores permitidos para el factor de atenuación (rolloff): 0.35 como en el estándar DVB-S, más 0.25 y 0.2 para restricciones de anchos de banda más ajustados.

2.3.4. f) Modos de Compatibilidad con lo Establecido

El gran número de receptores DVB-S ya instalados hace muy difícil para muchos empresarios establecidos pensar en un cambio brusco de tecnología en favor de los sistemas DVB-S2, en tales escenarios una compatibilidad con lo ya instalado se hace necesaria durante el periodo de migración, permitiendo la operatividad de estos equipos, simultáneamente se va dando adicional capacidad y servicios a los nuevos receptores.

Al final de la migración, cuando la sociedad haya migrado al DVB-S2, la señal transmitida pudiese ser modificada y no contemplar la compatibilidad aprovechando de esa manera la total potencialidad de este nuevo estándar.

2.3.5 Recepción DVB-S2

2.3.5. a) Sincronización

La sincronización del sistema DVB-S2 en el nivel del receptor es una tarea muy difícil por las siguientes principales razones: el amplio rango de posibles configuraciones del sistema y la presencia de modos de operación trabajando en una muy baja SNR. Para modos ACM, una dificultad adicional es la variación de cuadro por cuadro del esquema de modulación, y el hecho que en una ubicación de recepción dada la SNR podría ser insuficiente para mantener la sincronización durante todos los cuadros; por tanto la sincronización en el receptor tiene que ser adquirida “al vuelo” (on the fly) para los cuadros decodificables. Adicionalmente considerando que los usuarios probablemente no cambiaran sus unidades **outdoor** cuando cambien del DVB-S al DVB-S2, el algoritmo de recuperación de la portadora del DVB-S2 debería ser capaz de lidiar adecuadamente con la performance menos exigente del LNB requerido por la modulación QPSK del DVB-S, con una protección contra el ruido por fase (phase noise – modulación por fase no deseada) la cual puede resultar crítica para modulaciones de mayor orden.

A continuación especificaremos los subsistemas de sincronización los cuales sirven para demodular de forma coherente la señal recibida antes de pasar al decodificador FEC. Otros esquemas de sincronización menos sofisticados no requieren la transmisión de pilotos y pueden ser usados para modos de transmisión DVB-S2 no críticos.

Los subsistemas de sincronización son los siguientes:

- 1) Recuperación del CLOCK.
- 2) Sincronización del Physical Layer Frame.
- 3) Recuperación de la Coarse Carrier Frequency.

- 4) Recuperación de la Fine Carrier Frequency.
- 5) Recuperación de la Carrier Phase Recovery.
- 6) Control Automático Digital de Ganancia.
- 7) Recuperación de la Fine Phase.

Todos estos subsistemas concretan su acción a través de diversos y sofisticados algoritmos diseñados e implementados para cumplir con tales acciones.

2.3.5. b) Decodificación LDPC

La decodificación LDPC está basada en un intercambio iterativo de información entre nodos bit y nodos check (Ver 2.3.4. b)), para determinar los valores de bit transmitidos. La decodificación comienza asignando los valores del canal recibido a todos los bordes salientes (outgoing edge) desde el correspondiente nodo bit hasta su adyacente nodo check. Al recibirlos, los nodos check hacen uso de las ecuaciones de chequeo de paridad para actualizar la información del nodo bit y enviarla de regreso. Luego cada nodo bit realiza una elección mayoritaria entre la información alcanzándola desde los nodos check adyacentes. En este punto, las decisiones complicadas a cerca de los bits satisfacen todas las ecuaciones de chequeo de paridad, esto significa que una palabra codificada (codeword) ha sido encontrada y el proceso se detiene. De otra manera los nodos bits continúan enviando los resultados de su elección mayoritaria a los nodos check.

Los detalles de una decodificación contemplan las siguientes etapas:

- 1) *Inicialización.*
- 2) *Actualización del Nodo Check.*
- 3) *Actualización del Nodo Bit.*
- 4) *Elaboración de la Decisión Compleja (Hard Decision):*

Si la decisión compleja satisface todas las ecuaciones de chequeo de paridad significa que una *codeword* valida ha sido encontrada, y por tanto el proceso se detiene. En caso contrario otra actualización del nodo check y nodo bit será ejecutada. Si la convergencia no es lograda después de un número predeterminado de iteraciones, tal resultado es mostrado y una falla en la decodificación puede ser declarada.

Es importante mencionar que cada una de estas etapas involucra algoritmos avanzados diseñados con el fin de obtener la decodificación pertinente.

2.3.6. El rendimiento del sistema

Dependiendo de la velocidad del código seleccionado y la constelación de modulación, y asumiendo la demodulación ideal, el sistema puede operar con un PER residual menor a 10^{-7} en el canal AWGN (Additive White Gaussian Noise), a una velocidad de señal de ruido de -2.4 dB usando QPSK 1/4 a 16 dB usando 32APSK 9/19, (ver Fig.2.16). La distancia desde la modulación ajustada al límite de Shannon con un rango de 0.7 a 1.2 dB. El resultado da típicamente un aumento de capacidad de 20% - 35% sobre DVB-S y DVB-DSNG bajo las mismas condiciones de transmisión y, alternativamente, un aumento de 2 - 2.5 dB de recepción para un mismo espectro eficaz.

Spectrum efficiency versus required C/N on AWGN channel

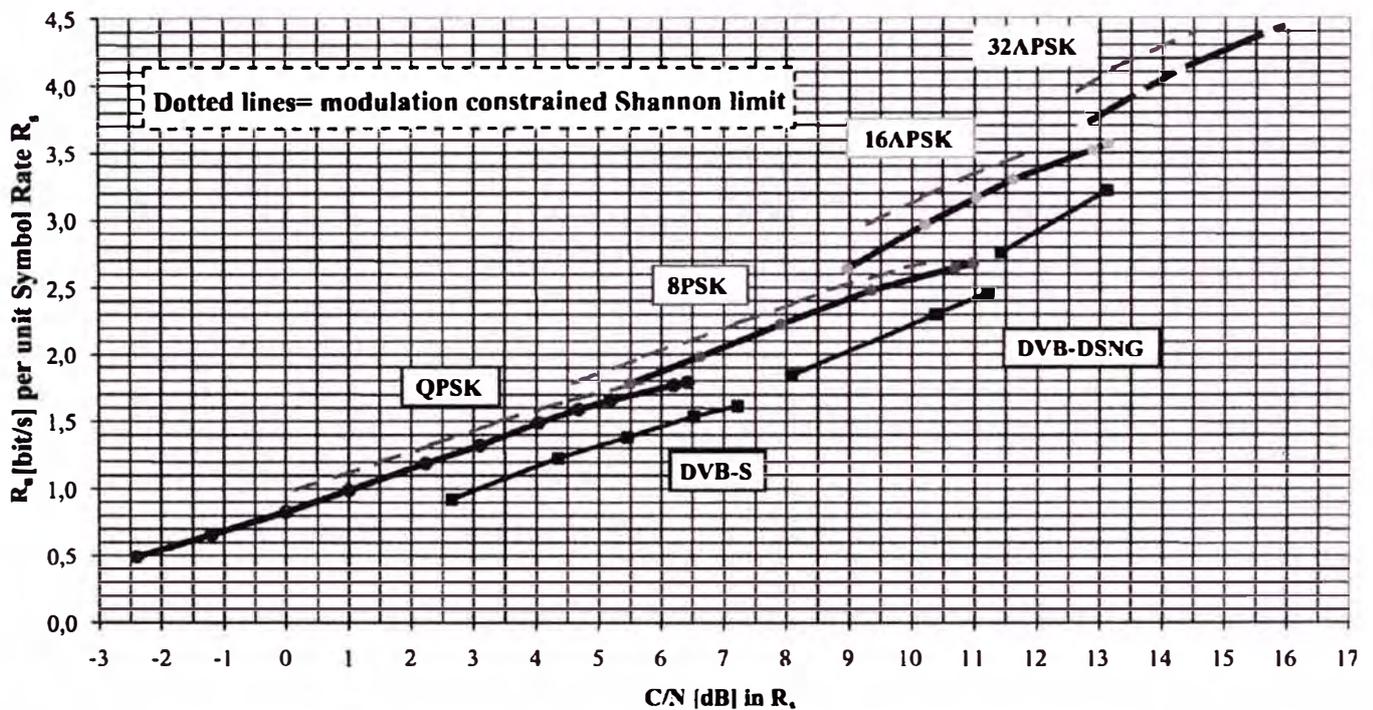


Fig. 2.16 Relación requerida de E_s/N_0 VS Eficiencia en el Espectro en el canal AWGN (Demodulación ideal).

Fuente: Proceedings of the IEEE – Enero 2006

La Fig.2.16 indica también ejemplos de la capacidad útil de velocidad del bit R_u realizado por el sistema en diferentes configuraciones de modulación /codificación, para una unidad de velocidad del símbolo R_s , por ejemplo $R_s = 1$ baudio. La velocidad del símbolo R_s corresponde los -3 dB de ancho de banda de la señal modulada, mientras que $R_s(1+\alpha)$ corresponde, teóricamente, al total ancho de banda de la señal siguiente al modulador, con α representando el factor de atenuación de la modulación. El uso de coeficientes de atenuación más reducidas, $\alpha = 0.25$ y $\alpha = 0.20$, puede permitir un

incremento de capacidad de transmisión, pero puede también producir degradaciones no lineales más largas para una operación de satélite de un portador.

Cuando el DVB-S2 es transmitido por satélite, las modulaciones cuasi-constantes, tales como QPSK y 8PSK, son eficientes en potencia en la configuración de una sola portadora por transpondedor (single-carrier-per-transponder), ya que pueden ser operados en transpondedores diseñados para trabajar cerca a su nivel de saturación. 16APSK y 32 APSK, son inherentemente más sensibles a distorsiones no lineales y requeriría transpondedores cuasi-lineales (con mayor OBO-output back off) los cuales podrían ser mejorados en términos de eficiencia en potencia usando técnicas de compensación en la estación uplink.

DVB-S2 puede ser usado en un "única portadora por transpondedor" o en "múltiple portadora por transpondedor"(FDM-frequency division multiplexing).

Las Figuras 2.17 y 2.18 muestra el rendimiento de los cuatro esquemas de modulación en canales AWGN y no lineales (asumiendo optimo IBO), con y sin pérdidas en el rendimiento debido a la sincronización imperfecta y ruido en la fase (PN-phasenoise).

La Tabla N° 2.4 sintetiza las totales degradaciones del rendimiento del sistema DVB-S2 obtenidas por simulaciones en computadora bajo varias condiciones: con y sin pre distorsión en la estación uplink, con y sin pérdida en la **fase ruido/sincronización**. C_{SAT} es la potencia de la portadora no modulada en el nivel de saturación en el amplificador de alta potencia (HPA-high power amplifier), OBO es la razón de la potencia medida (en dB) entre la portadora no modulada en saturación y la portadora modulada (después de OMUX). La pérdida total es computarizada sumando la pérdida o potencia no lineal (la medida OBO) a las pérdidas por distorsión (por ejemplo E_s/N_0 en dB entre los canales no lineal y AWGN-gráficas en las Figuras 2.17 y 2.18 con un BER= 10^{-5}).

Las figuras muestran la gran ventaja ofrecida por el uso de la pre distorsión dinámica de 16APSK y 32APSK la gran degradación fase ruido cuantificada por la APSK y en particular por 32APSK puede ser considerada como la pesimista, ya que se refiere a un consumidor tipo NLB, mientras que para aplicaciones profesionales mejor es front-ends podrían ser adoptados con un costo adicional despreciable.

En configuraciones FDM donde múltiples portadores ocupan el mismo transpondedor éste debe ser mantenido en la región de operación cuasi-lineal (con un grande OBO) para evitar excesiva interferencia por intermodulación entre las señales.

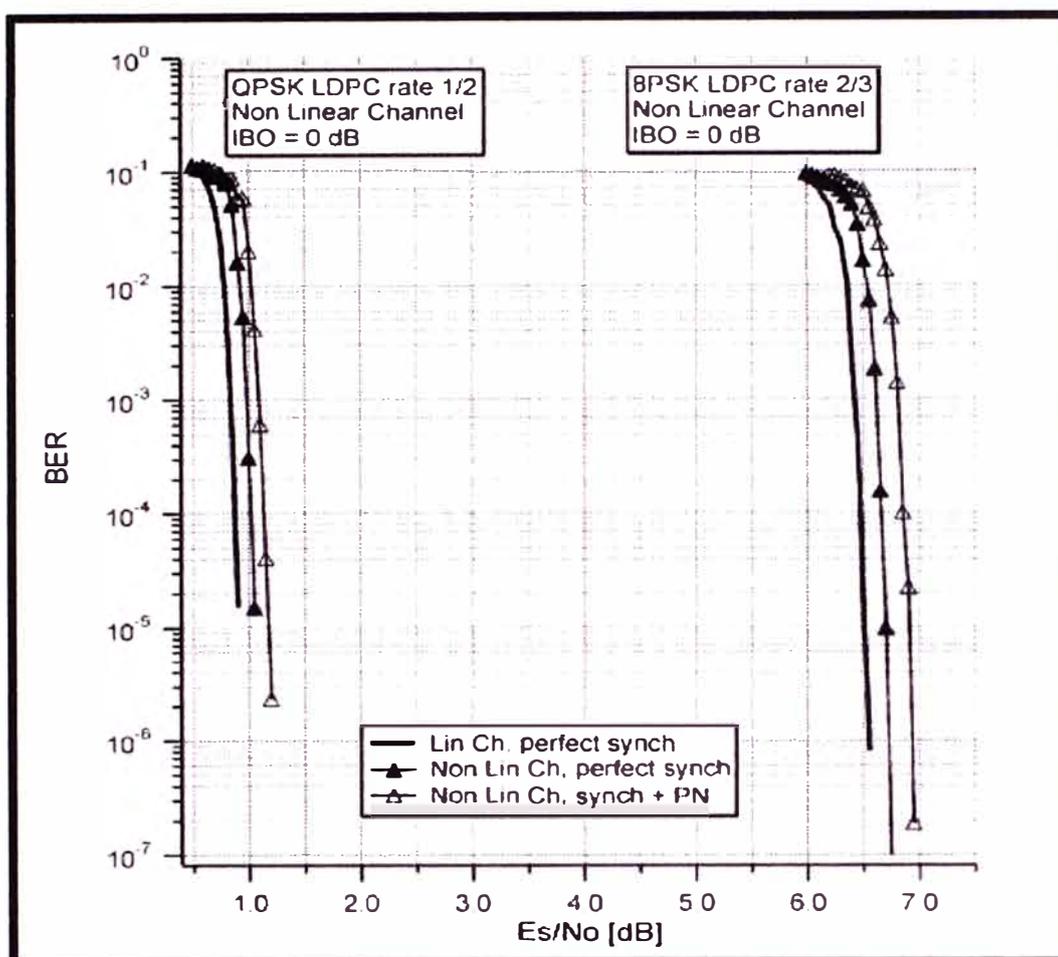


Fig. 2.17 Comparación de curvas BER para QPSK 1/2 y 8PSK 2/3 en canales No lineal y AWGN (con y sin pérdidas por sincronismo)

Fuente: Proceedings of the IEEE – Enero 2006

En este caso las figuras de la performance del AWGN pueden ser consultadas para el cálculo del presupuesto del enlace.

2.3.7 Ejemplos de usos del Sistema en la Televisión por Radiodifusión

Los siguientes ejemplos muestran las ventajas del sistema DVB-S2 ofrecidas por su excelente rendimiento y flexibilidad con respecto a los estándares de primera generación DVB-S y DVB-DSNG.

Analizando la radiodifusión por televisión la Tabla 2.5 compara estos servicios entre el DVB-S2 y DVB-S a través de transpondedores satelitales de 36 MHz a -3 dB, con satélites EIRP de 53.7 dBW en el entorno cercano del área del servicio, usando antena de recepción de 60 cm de diámetro. La requerida C/N de los dos sistemas DVB-S y DVB-S2 ha sido balanceada explotando diferentes modos de transmisión (codificación constante y modulación y por el ajuste fino del factor de atenuación y la velocidad de modulación (symbol rate) del DVB-S2. Los resultados confirman que la ganancia en

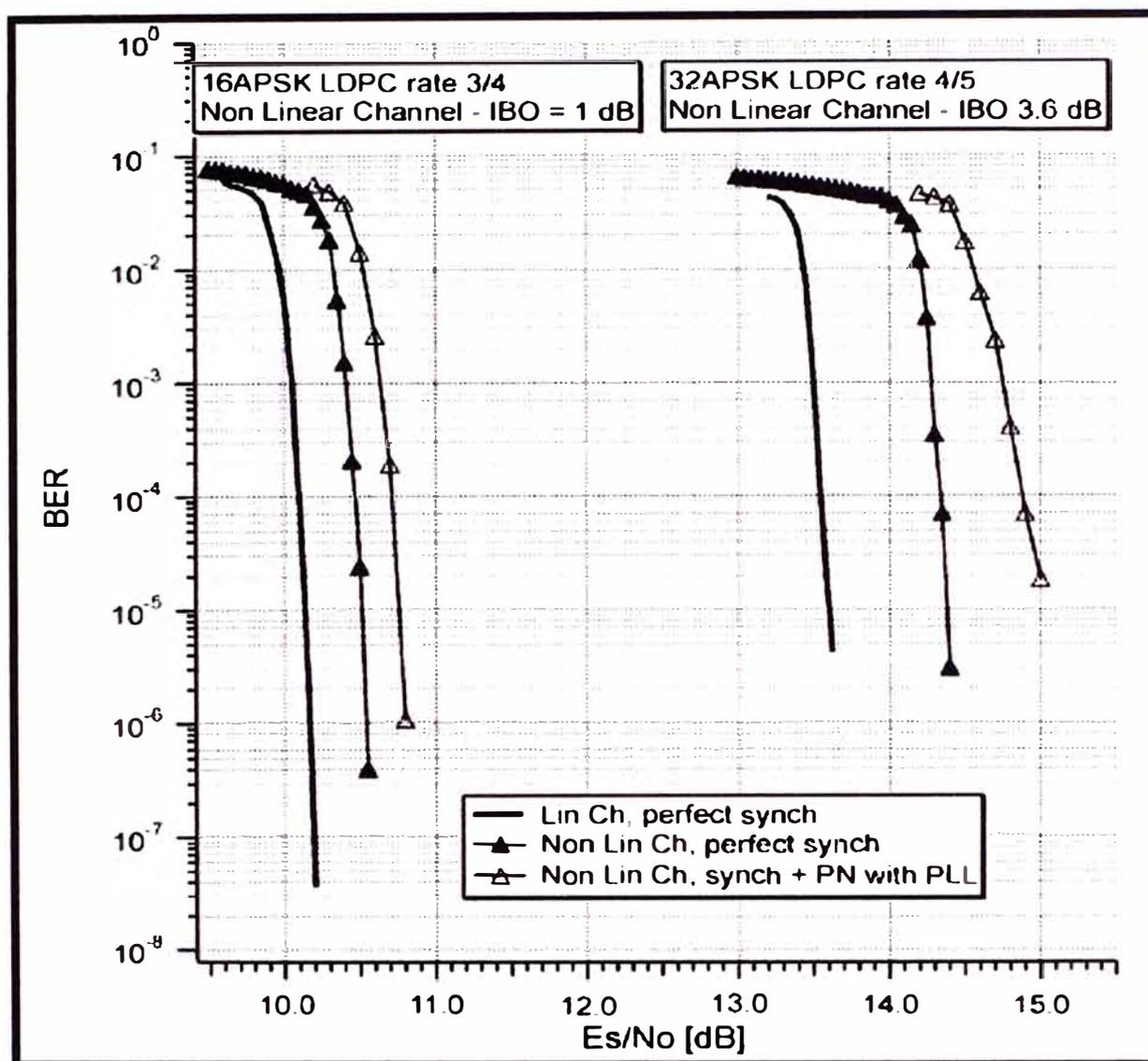


Fig. 2.18. Comparación de curvas BER para 16APSK 3/4 y 32APSK 4/5 en canales No lineal y AWGN(con y sin pérdidas por sincronismo)

Fuente: Proceedings of the IEEE – Enero 2006

Tabla N° 2.4: C_{SAT} / N Perdida [dB] en el canal satelital

Transmission Mode	Nopre-distortion		Dynamic pre-distortion
	No Phase Noise	Dynamic pre-distortion Phase Noise	
QPSK 1/2	0.6 (OBO=0.3)	0.5 (IBO = 0; OBO = 0.4)	0.6
8PSK 2/3	1.0 (OB=0.4)	0.6 (IBO = 0; OBO = 0.4)	0.9
16APSK 1/4	3.2 (OBO = 1.7)	1.5 (IBO = 1.0; OBO = 1.1)	1.8
32 APSK 4/5	6.2 (OBO = 3.7)	2.8 (IBO = 3.6; OBO = 2.0)	3.5

Tabla N° 2.5**Ejemplo Comparativo entre DVB-S y DVB-S2 para TV/HDTV Broadcasting**

Satellite EIRP (dBW)	53.7	
System	DVB-S	DVB-S2
Transmission mode	QPSK 7/8	8PSK 2/3
Symbol-rate (Mbaud)	27.5 ($\alpha = 0.35$)	29.7 ($\alpha = 0.25$)
C/N (in 27.5 MHz) (dB)	7.8	7.8
Useful bit-rate (Mbit/s)	44.4	58.8 (GAIN=32%)
Number of SDTV	10 MPEG-2	13 MPEG-2
Programmes	20 MPEG-4	26 MPEG-4
Number of HDTV	2 MPEG-2	3 MPEG-2
Programmes	5 MPEG-4	6 MPEG-4

Fuente: Proceedings of the IEEE
Enero 2006

Elaboracion propia

capacidad del DVB-S2 sobre el DVB-S excede en un 30%.

Adicionalmente combinando el DVB-S2 y la codificación MPEG-4/H.264, un impresionante número de 26 canales SDTV por transpondedor son obtenidos, reduciendo así dramáticamente el costo por canal de la capacidad satelital. La combinación del DVB-S2 y los nuevos esquemas de codificación MPEG-4 pueden favorecer la introducción de nuevos servicios HDTV, con un adecuado número de programas por transpondedor, reduciendo el incremento del costo de la capacidad satelital con respecto a los servicios acostumbrados SDTV (Standard Definition TV), el ejemplo de la velocidad de los bits de codificación de video son 4.4 Mb/s (SDTV) y 18 Mb/s (HDTV) usando la codificación tradicional MPEG-2, o 2.2 Mb/s (SDTV) y 9 Mb/s (HDTV) usando los sistemas de codificación de video avanzado MPEG-4/H.264 los cuales el Proyecto DVB está normalmente definiendo para futuras aplicaciones.

2.3.8 Conclusiones

El Proyecto DVB no ve al DVB-S2 reemplazando al DVB-S en un corto tiempo en lo que se refiere a las aplicaciones de difusión de TV.

Millones de decodificadores DVB-S siguen operando en forma confiable

contribuyendo al éxito de los negocios relacionados con satélites digitales alrededor del mundo. Nuevas aplicaciones están siendo previstas para los servicios satelitales tales como la entrega de HDTV al usuario final y también de los servicios basados en IP donde el DVB-S2 pudiese encontrar una rápida aplicación. Dos ejemplos pueden resaltar la revolución que tenemos frente de nosotros. Combinando DVB-S2 y nuevos esquemas de codificación de audio y video (MPEG-4/H.264), 20-25 SDTV o 5-6 HDTV programas pueden ser emitidas en una convencional banda *Ku* con un transpondedor de 36 MHz, (mientras aun es capaz de codificar servicios DVB-S). En el área de servicios interactivos de información, el instrumento ACM-DVB-S2 podría bajar los costos de la capacidad satelital hasta la mitad, y así se podría relanzar la perspectiva de una rápida internet por satélite, por lo menos en áreas rurales y en países subdesarrollados donde las infraestructuras terrestres por DSL no son disponibles.

2.4 EL FUTURO DE LA TELEVISIÓN SATELITAL – AMPLIO RANGO DE APLICACIONES Y PERSPECTIVAS DEL ESTÁNDAR DVB-S2

Entendiendo lo importante que es en el campo de tecnologías tan dinámicas como las que mostramos en este trabajo, estar al tanto de lo que ya se está investigando y las proyecciones que investigadores y estudiosos están visualizando en un futuro a corto y mediano plazo y siguiendo además con el ánimo de mostrar información relevante al grupo de gente interesada en estos campos y manteniendo el formato del tema antes mencionado, en esta parte expondremos un trabajo seleccionado relativo a lo descrito en 2.4.

El estudio que se seleccionó fue el siguiente:(9)

Titular: “The Future of Satellite TV: The Wide Range of Applications of the DVB-S2 Standard and Perspectives”.

Autores:

- Vittoria Mignone, perteneciente al Research and Technology Center, RAI, Torino, Italia.

María A. Vásquez Castro, pertenece al Dpto. de Ing. Sistemas de la Universidad Autónoma de Barcelona - España

Thomas Stockhammer, pertenece al Nomor Research GmbH, Munich - Germany.

Introducción

Las dos primeras generaciones de radiodifusión por televisión son casi historia, por lo menos desde la perspectiva de la estandarización. Ambas, distribución por satélite digital y análogo han dominado los mercados de forma masiva.

Los sistemas de televisión de próxima generación están cercanos al despliegue de la hora con mayor demanda de la televisión (entre las 20:00 y 22:00 horas), algunos de estos son: HDTV, 3DTV, servicios interactivos, servicios híbridos e innovaciones adicionales las cuales dominaran estos sistemas.

Con la eficiencia y madurez del estándar DVB-S2, la distribución satelital tendrá una adecuada performance eficiencia-costo y una bien establecida tecnología de radiodifusión con un potencial significativo para extenderse.

Debe ponerse especial atención a que las soluciones innovadoras en la transmisión satelital están basadas en ACM (Adaptive Modulation and Coding), Codificación tanto del Canal como de la Fuente y también las Técnicas de Recuperación de Error; y en el caso de la TV se debe poner especial atención a las perspectivas de la TV Híbrida y la IPTV analizando en un escenario satelital los pro y contras de cada una de ellas.

En esta parte nos centraremos en las futuras perspectivas de la radiodifusión de la televisión digital y la HDTV, ya que alrededor de estas se seguirán desarrollando nuevas investigaciones las cuales traerán consigo nuevas estandarizaciones.

Es ampliamente reconocido que la radiodifusión de TV digital y las tecnologías de banda ancha están llegando a un punto de inflexión empujada por la llegada inminente de la conjunción de los contenidos tanto de internet (banda ancha) como de la televisión (radiodifusión).

El último objetivo es dar a los consumidores un acceso innovador a una amplia selección de contenido agregado con una experiencia sin precedentes combinando televisión, webs, y características de cine.

Pero, ¿Cuáles son los servicios habilitados por la televisión de próxima generación? Y ¿Cuáles son las tecnologías que lo están permitiendo? Los sistemas de tercera generación se espera que no sean limitados por un simple servicio si no que ellos requerirán facilitar una total flexibilidad a los proveedores de servicios con el fin de combinar redes de distribución que óptimamente permitan satisfacer los intereses de negocios locales y las limitaciones geográficas. Un aspecto clave para el éxito de esta distribución y servicio ha sido siempre los estándares abiertos (open standards): ellos permiten la interoperabilidad, mercados horizontales y difusión masiva. El desarrollo de

los estándares abiertos claramente también allana el camino para los estándares de distribución de la televisión de próxima generación los cuales vendrán con todas las ventajas de la independencia de plataformas y neutralidad de los vendedores. Los estándares deberían cubrir accesibilidad al contenido, dispositivos, conectividad de redes, y dispositivos e interoperabilidad.

Por otro lado las tecnologías no estandarizadas normalmente excluyen las inversiones individuales tanto en las regiones rurales y menos desarrolladas. Por tanto los estándares abiertos que permiten la convergencia de los servicios y la tecnología proveerá el camino para productos económicamente más viables.

Notablemente la convergencia de los contenidos de banda ancha y radiodifusión claman por la interoperabilidad entre las diferentes redes de distribución por ejemplo móvil y fijo, terrestre y satélite, etc., lo que en verdad implica ciertamente una interoperabilidad entre diferentes estándares abiertos.

2.4.1 Evolución de los Estándares en la Transmisión Satelital hacia una TV Convergente

Desde los primeros experimentos de la TV digital por satélite en los 80's la transmisión satelital ha evolucionado en forma impactante y en la década siguiente a través del primer estándar (DVB-S) y a los avances en las comunicaciones digitales particularmente en las técnicas de corrección de error aplicadas en la decodificación, lograron que la tendencia evolutiva se mantenga, gracias a la cual y conjuntamente con la aparición del reciente estándar para codificación de video MPEG-4 AVC/H.264 y cada vez más demanda por mayor capacidad y servicios innovadores por satélite, condujo a que se definiera el DVB-S2 en el 2003.

Los sistemas de 2da Generación para la transmisión satelital no solo cubren radiodifusión satelital si no también una cada vez más amplia gama de aplicaciones de banda ancha.

Inmediatamente después de la estandarización del DVB-S2, el Proyecto DVB comenzó a trabajar en el DVB-SH, para cubrir los dispositivos o terminales portátiles (Handheld) considerando para esto la acción conjunta de la cooperación terrestre – satelital entre redes involucradas con este tipo de terminales portátiles.

2.4.1. a) Radiodifusión Satelital (Satellite Broadcastings) – Estado del Arte

Desde la oficialización del DVB-S2 (2003) infinidad de programas de HDTV han estado ofreciéndose por satélite principalmente en la banda Ku. El próximo gran paso es

la 3DTV; DVB acaba de definir una especificación para la compatibilidad con estos sistemas y está trabajando para una segunda fase de la 3DTV, se espera que el número de receptores 3DTV se incremente sustancialmente en los próximos años.

Gracias a la mejor capacidad de ganancia (30%) del DVB-S2 sobre el DVB-S, combinada con la codificación MPEG-4 AVC, permite acomodar casi el mismo número de programas por canal cambiando de STDV a HDTV. Adicionalmente esto permite adoptar nuevas técnicas de codificación y transmisión, como por ejemplo el reciente estándar de Codificación de Video Escalable (SVC-scalable video coding) extensión del H.264/AVC junto con la Protección por error diferenciado, logrando así aceptables niveles de degradación, velocidades y adaptación de formato.

Finalmente la TV de Ultra Alta Definición (UHDTV), con 16 veces la definición de la HDTV también conocida como de Super Alta Visión (SHV), como fue propuesto por la NHK japonesa no está lejos. La transmisión satelital exitosa en la banda Ku que se demostró en un trabajo conjunto realizado por la NHK, la BBC y la RAI y presentado en Amsterdam de la International Broadcasting Conference(IBC) en el 2008, donde la señal SHV fue difundida desde la RAI en Italia a través del Eutelsat, ver Fig. 2.19.

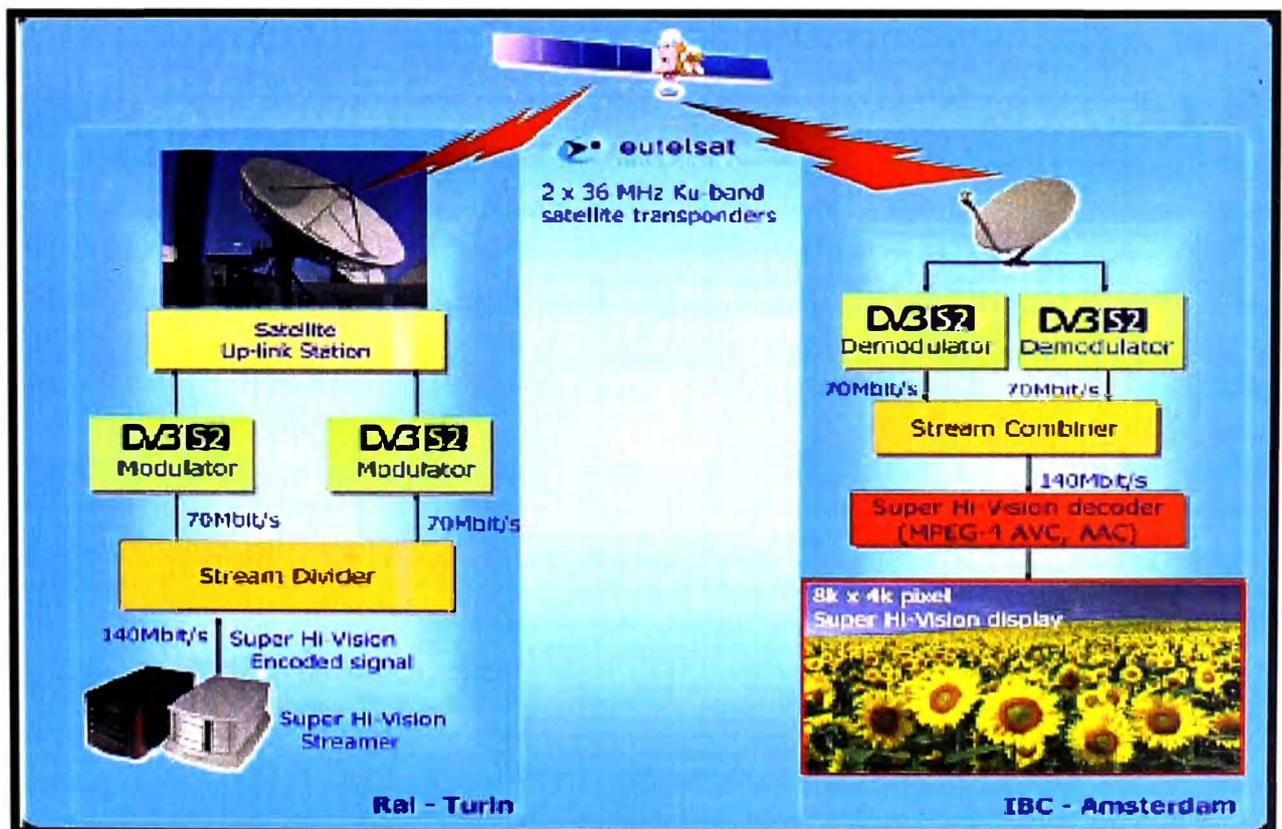


Fig. 2.19. SHV- Transmisión Internacional en la IBC-2008.

Fuente: Proceedings of the IEEE – Noviembre 2011

Dado que la banda Ku es ya altamente usada hoy en día, análisis de la banda Ka y aun de las bandas Q/V se vienen dando en los centros de investigación para el uso de nuevos servicios en banda ancha.

El mayor obstáculo a vencer es la **Alta Atenuación por Lluvia** de estas bandas y para esto sofisticadas tecnologías son requeridas, como por ejemplo:

1. Control de la Potencia dinámico a nivel del satélite,
2. Covertura Multispot combinada con ACM, o
3. SVC (Scalable Video Coding) combinado con VCM (Variable Coding and Modulation)

Téngase en cuenta que VCM y ACM son técnicas que ya están incluidas en el DVB-S2, la ACM puede ser usada como una potente medida con el fin de contrarrestar las atenuaciones por lluvia.

Por lo que se ha mencionado se observa que la banda Ka junto con las tecnologías recientes mencionadas puede ser un natural vehículo para TV de Última Generación-SHV, la cual demanda una gran capacidad de recursos.

2.4.1. b) DVB-S2: Evolucion desde el Broadcasting hacia el acceso en banda ancha

El DVB-S2 ha sido diseñado para cubrir diferentes tipos de aplicaciones: Ver 2.3.3. Con el fin de poder cumplir con dichas áreas de aplicaciones, manteniendo niveles desde complejidad razonables en el Decodificador tipo Single – chip, el DVB-S2 ha sido estructurado como un **toolkit**, permitiendo así que los productos o aplicaciones puedan ser usados por un amplio sector tanto para profesionales como para un nicho de mercado.

Esto es consistente con los 3 conceptos claves bajo los cuales se ha especificado el DVB-S2: la mejor performance en la transmisión, total flexibilidad y un nivel de complejidad razonable en el receptor.

A modo de ejemplo, en el DVB-S2 4 modos de modulación pueden ser seleccionados, QPSK, 8 PSK, 16 APSK, and 32 APSK, dependiendo del área de aplicación:

QPSK y 8 PSK son típicamente propuestos para radiodifusión, ya que ellos tienen una modulación constante y pueden ser usados en transpondedores satelitales no lineales cerca del nivel de saturación.

Los modos 16 APSK y 32 APSK principalmente son direccionados para

aplicaciones profesionales, debido a un mayor requerimiento de SNR, estos también pueden ser usados para radiodifusión. Aunque estos modos no son tan eficientes en potencia si lo son en el uso del espectro de frecuencia.

2.4.2 El Satélite-Principal medio de distribución de servicios de TV de alta Calidad

2.4.2. a) Televisión de Alta Definición y proyecciones

La distribución satelital hizo de la televisión digital de alta definición (HDTV) un servicio muy común. La combinación de DVB-S2 con el códec H.264/MPEG-4 AVC estimuló el inicio de los servicios HDTV en muchos países el alrededor del mundo. Los servicios HDTV distribuidos a través del DBV-S2 son por ejemplo disponibles en muchas partes de Europa, África, Asia, y Norte y Centro América.

Este servicio es acondicionado fácilmente encapsulando el flujo de audio y video en MPEG-2 Transporte Streams-TSs y la entrega sobre DVB-S2.

El MPEG-2 TS junto con apropiada información de servicio permite la distribución de HDTV sobre los existentes sistemas de distribución satelital.

Mirando hacia el futuro 3 tendencias en producción y codificación en señal de video son obvias: ultra alta resolución de video, terminologías de comprensión más allá de lo que permite H.264/MPEG-4 AVC, y video multiventana.

El UHDTV (4320p@60p) es un formato de video digital experimental actualmente propuesto por la Nippon Hoso Kyokai (NHK) de Japon en colaboración con Radio televisión Italiana (RAI), European Broadcast Union (EBU), y la British Broadcasting Corporation (BBC) .

Inicialmente apuntando a tener presencia en el mercado en forma masiva el 2025, existen ahora consideraciones para tenerla disponible dentro de 10 años.

Los retos son muchos y variados: producción, codificación, distribución y visualización.

EBU y NHK consideran usar un sistema satelital operando en la banda de 21GHz, el BW del canal asignado a esta banda es de 600 MHz por lo que podría manejar velocidades (bit rate) extremadamente altas.

Es de esperar que estas investigaciones conduzcan a nuevas estandarizaciones en los próximos años.

2.4.2. b) Televisión Tridimensional (3DTV) y con Libertad visual (FTV- Free view TV)

El estado del arte en los sistemas 3D está basado en un sistema de imagines

estereoscópicas en un plano, es decir dos imágenes (izquierda y derecha) las cuales son arregladas para verse simultáneamente, los usuarios requieren lentes especiales que les permiten apreciar en forma incrementada la profundidad en la escena consiguiendo una vista más cercana a la natural.

Más allá del video estereoscópico, las investigaciones están direccionándose hacia una TV con múltiples vistas (Multipleview) y con libertad visual (FTV).

El FTV es un sistema para una visión natural del video, permitiendo al usuario controlar en forma interactiva el punto de visión y generar nuevas vistas de una dinámica escena desde una posición tridimensional, los primeros están ya disponibles pero nuevos formatos y una Codificación para video con Múltiple vista (MVC - multiview video coding) es requerida.

Nuevos formatos de representación del contenido de videos 3D incluyendo mapas de profundidad son necesarios para la generación de vistas virtuales.

Nuevas actividades de estandarización para direccionar estos casos de uso avanzados están actualmente siendo discutidos en MPEG.

La integración de estas nuevas aplicaciones en los servicios de radiodifusión satelital se constituirán en el reto de la próxima década.

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO DE INGENIERIA DE LA SOLUCION

Ya anteriormente se ha dejado traslucir que la solución de Ingeniería para el compromiso que tienen los empresarios de TV de llevar la señal TDT a provincias, pasa por hacerlo a través de un Sistema satelital, ya que la Red Dorsal de Fibra Óptica en nuestro país solo está llegando a la costa y a solo algunas de ciudades en provincias de nuestra Sierra Central y Sur.

Tampoco se podría llevar la señal TDT a provincias vía enlaces por microondas debido a lo accidentado de nuestro territorio, lo cual daría lugar a un enorme presupuesto con el fin de vencer la diversidad de obstáculos que nuestra tan variada geografía nos presente.

En el caso de Lima y Callao no habría mayor problema ya que en este caso pueden ser usados los tres tipos transporte de la señal TDT, es decir: Satélite, Fibra Óptica y Microondas.

Haremos referencia a lo expuesto en 2.3.3, parte en la cual se describe con cierto detalle las razones por las que en nuestra solución escogemos el estándar DSB-S2; mencionándose en dicha parte sus características y bondades, así como también la gama de nuevos servicios que tal estándar ofrece.

3.1 Características y Bondades del Estándar DVB-S2

Como resultado de estas nuevas tendencias a los cuales se sumó el incremento en la demanda tanto de operadores como consumidores por mayor capacidad y nuevos tipo de servicios por satélite, el Proyecto DVB devino en definir en el año 2003 el sistema de 2da generación para servicios de banda ancha por satélite, DVB-S2; reconocido desde el 2005 como estándar ITU-R y estándar ETSI.

El DVB-S2 ha sido diseñado para diferentes tipos de aplicaciones:

Emisión de televisión estándar definición y también de alta definición (SDTV y HDTV);

Servicios interactivos incluyendo acceso a Internet para aplicaciones en el nivel de

consumidor, tanto a través de IRD's (integrated receivers–decoders) como de PC's;

Aplicaciones a nivel de profesionales tales como programas para TV digital producidos en estudios convenientes así como también levantamiento de noticias.

Este estándar ha sido especificado alrededor de tres conceptos claves:

-) la mejor performance en la transmisión,
-) total flexibilidad y
-) una razonable complejidad en el receptor.

Para lograr una conveniente relación performance – complejidad, cuantificable en alrededor de un adicional de 30% de capacidad de ganancia en relación al DVB-S, el estándar DVB-S2 se beneficia de los más recientes desarrollos realizados tanto en codificación como en la modulación de canal.

Para nuestra solución nos avocaremos a la parte comprendida desde la salida del multiplexor de transmisión hasta la entrada del multiplexor de recepción, usando como medio de transporte de la señal TDT, el sistema satelital. (Ver Fig. 3.1).

A la salida del primer multiplexor se tiene la señal de estudio, conocida como BTS, que encapsula las señales provenientes de los codificadores de audio y video (HD, SD, One Seg) en un paquete de datos de tasa fija de 32Mbps. A continuación, este paquete será modulado utilizando el estándar para transmisión digital vía satélite DVB-S2, para luego ser amplificado (HPA) y finalmente ser enviado al satélite.

En la etapa de recepción, la señal que llega a la antena será llevada al Receptor y Decodificador del tipo Integrado (IRD) donde se sincronizarán los canales de la señal, se llevará a cabo la demodulación y se decodificará el audio y video. Luego la señal resultante será demultiplexada.

Con la finalidad de que la solución resulte viable para las empresas emisoras de contenido, se buscará la forma de reducir la tasa de la señal BTS antes de la etapa de modulación DVB-S2, ya que esta requiere un ancho de banda excesivo en el transpondedor y debido a ello la distribución a través de satélite no sería viable desde el punto de vista económico.

El DVB-S2 es tan flexible que se puede adaptar a las características de cualquier transpondedor satelital existente, con una amplia variedad de eficiencias en el uso del espectro y requerimientos asociados de relación señal a ruido (SNR).

3.2 Remultiplexado de la señal BTS

El método de remultiplexado de la señal BTS elegido es el implementado en Brasil,

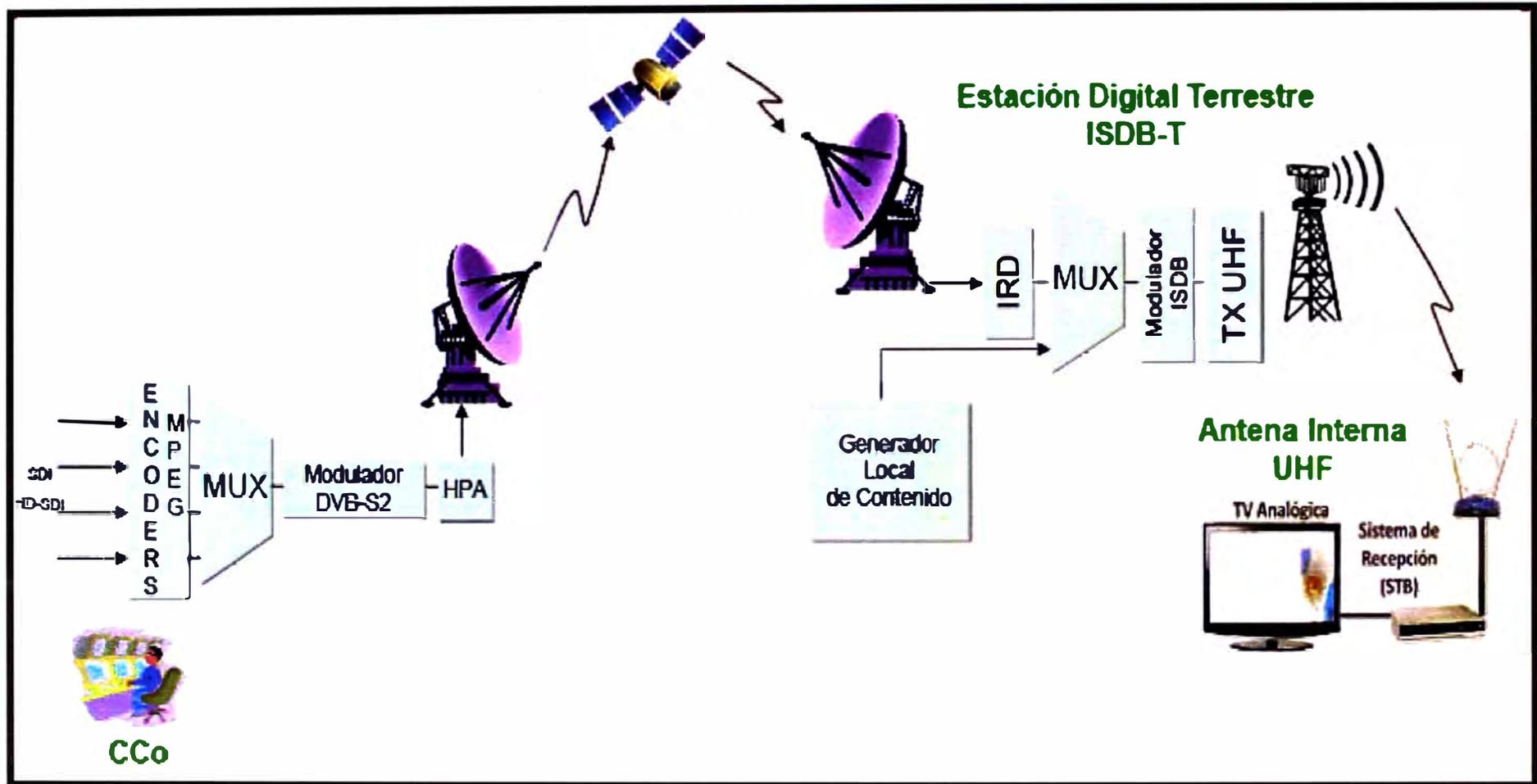


Fig.3.1 Sistema de Red Nacional con el Estándar DVB-S2

Fuente: puesta en marcha del Sistema Argentino de televisionDigital terrestre

Ing. Mariano Goldschmidt – Gerente Comercial ARSAT

debido a las reducidas tasas de bits que logra obtener, su fácil implementación y ser completamente transparente y libre de errores.

Es un algoritmo basado en lenguaje C++ que, en la etapa de transmisión, encapsula la señal BTS a la salida del multiplexor en un MPEG-Transport Stream (MPEG-TS) de 188 bytes sin TSP nulos mediante un TS-Adapter. Este TS se conecta a un adaptador de red que puede ser un enlace por microondas, fibra óptica o satélite. En la recepción, la señal a la salida del adaptador de red se conecta a un BTS Adapter que reconstruye la trama BTS multiplexada con los TSPs nulos y los bytes innecesarios (dummy bytes).

3.3 Diagrama de Bloques del Sistema DVB-S2 (Transmisión) - (Ver 2.3.4)

En esta parte del trabajo mostraremos por comodidad el Diagrama de Bloques del Sistema DVB-S2, descrito con más detalle en el subcapítulo 2.3.4.

El sistema de transmisión del DVB-S2 está estructurado como una secuencia de bloques funcionales esquemáticamente mostrados en la Fig.2.11

La generación de señal está basada en dos niveles de estructuras con las cuales se da forma a los cuadros (Frames):

-) BBFRAME en el nivel de banda-base (BB), llevando una variedad de bits de señalización para configurar la flexibilidad del receptor de acuerdo al escenario de aplicación;
-) PLFRAME en el nivel **physical layer**(PL), llevando unos cuantos bits de señalización altamente protegidos con el fin de dar una robusta señalización y sincronización en el **physical layer**.

El módulo DVB-S2 es considerado el más importante del enlace de subida satelital y tienen como función principal **procesar la** señal MPEG-TS, haciéndola pasar por una serie de subsistemas que le permitirán obtener a la salida una señal, IF o en Banda-L, robusta y altamente eficiente en el uso de espectro.

A continuación pasaremos a describir los subsistemas del modulador DVB-S2:

-) Modo y Adaptación de Stream

Dependiendo de la aplicación, la secuencia en la entrada del DVB-S2 puede ser simple o múltiple MPEG TSs, simple o múltiple Stream genérico, empaquetado o continuo.

Los bloques que conforman este subsistema proveen al Stream de entrada la

acción de interface, sincronización, y otras opcionales herramientas requeridas para la ACM, y la codificación CRC para la detección de error en el receptor en el nivel de empaquetado (NO activo para Stream continuo).

-) **Codificación FEC (forward error correction)**

La FEC conjuntamente con la modulación es el subsistema clave para lograr una excelente performance por satélite en presencia de altos niveles de ruido e interferencia.

Los Codigos de chequeo de paridad en baja densidad (LDPC-low density parity check), fueron descubiertos por R. G. Gallager en 1960 pero la tecnología de aquel entonces no era capaz de realizar una implementación eficiente.

El éxito de la decodificación iterativa motivo a Mac Kay y Neal a proponerlo nuevamente en 1995.

-) **Mapeo en las Constelaciones**

Cuatro modos de modulación pueden ser seleccionados para la carga transmitida (ver Fig.2.14): QPSK, 8PSK, 16PSK, y 32APSK dependiendo del área de aplicación.

Las constelaciones 16PSK, y 32APSK han sido optimizadas para transponders satelitales no lineales poniendo los puntos en los círculos.

QPSK y 8PSK son típicamente propuestas para aplicaciones de Broadcasting ya que estas son modulaciones virtualmente de envueltas constantes y pueden ser usados en transponders satelitales no lineales excitados cerca a su nivel de saturación.

Los modos 16PSK y 32APSK están principalmente dirigidos a aplicaciones profesionales, debido a su mayor requerimiento en términos de SNR disponible, pero también pueden ser usados para Broadcasting. Mientras estos modos no son tan eficientes en potencia como otros modos, su eficiencia en el uso del espectro es mucho mayor. Ellos necesitan que el transponder satelital opere en la región cuasi-lineal o alternativamente adoptar métodos avanzados de pre distorsión en la estación uplink con el fin de minimizar el efecto de la no linealidad del transponder.

-) **PL Framing (Entramado de la capa física)**

La señal PL está compuesta de una regular secuencia de cuadros (Frames) dentro de la cual la modulación y el esquema de codificación es homogéneo como se muestra en la Fig.2.15.

Cada cuadro está compuesto de un **payload** de 64800 bits en la configuración "**Normal Frame**", 16200 bits en la "**Short Frame**" correspondiendo a un block de

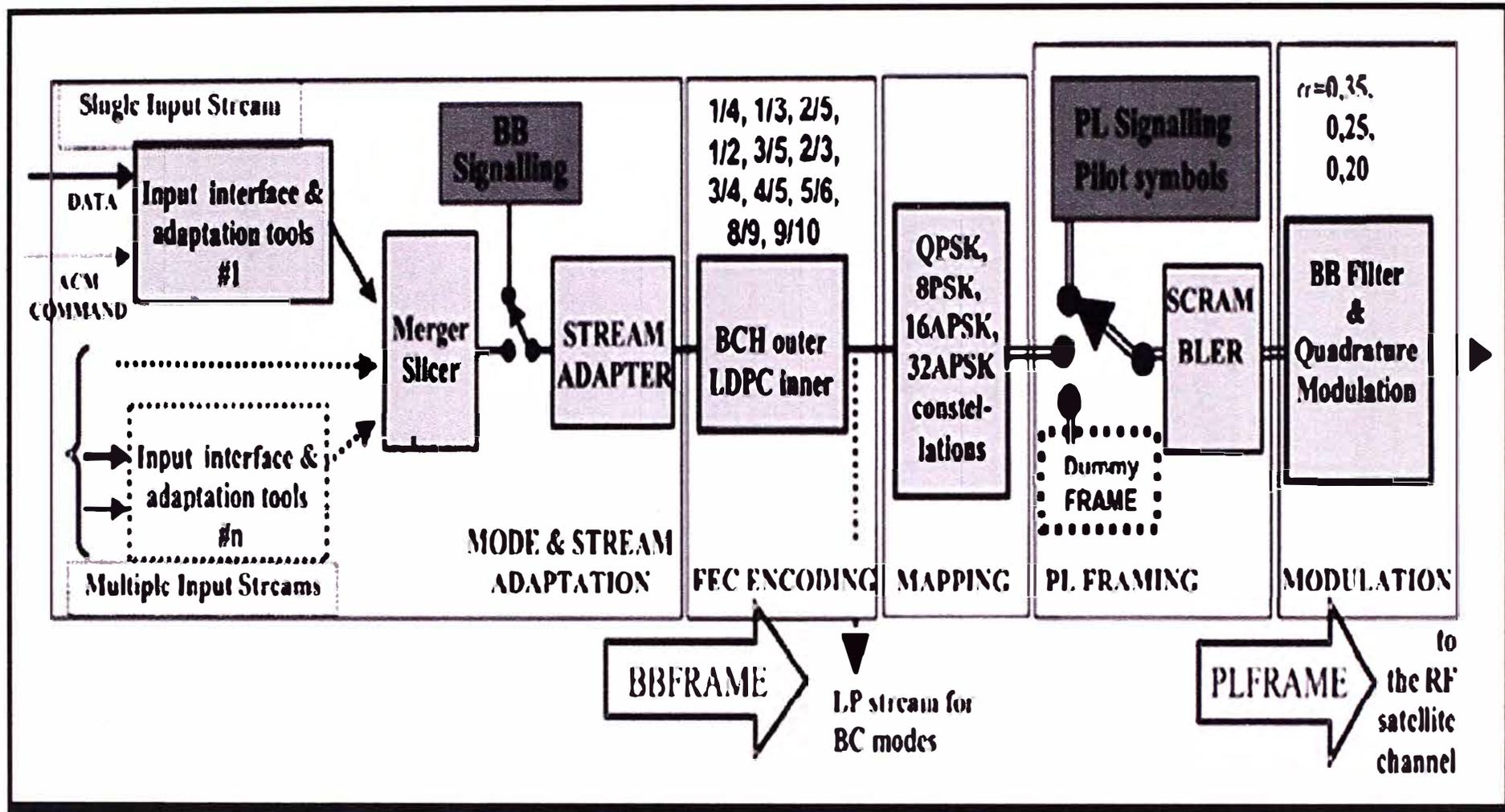


Fig.2.11 Diagrama Funcional de Bloques de un sistema DVB-S2
Fuente: Proceedings of the IEEE – Enero 2006

código FEC.

-) **Modulación en Quadratura**

Es la etapa donde aplicando modulación en Quadratura y otras técnicas se dan la forma a la señal del espectro y para generar la señal RF. Hay tres valores permitidos para el factor de atenuación (rolloff): 0.35 como en el estándar DVB-S, más 0.25 y 0.2 para restricciones de anchos de banda más ajustados.

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS
ANÁLISIS DE COSTOS TX Y RX

A pesar de que nuestra televisión no ha cambiado por muchos años, no puede dejar de mencionarse que en lo que se refiere a renovación de equipos si lo han venido haciendo ya desde algunos años, teniendo así sus equipos totalmente digitalizados.

Esta realidad resulta conveniente para el momento que se vayan venciendo los plazos para el inicio de transmisiones con tecnología totalmente digitalizada, ya que solo se tendrá que hacer los cambios en las etapas correspondientes a la transmisión y el transporte.

La propuesta que se está presentando básicamente es un Sistema de Transporte de la señal TDT al interior del país usando para esto el medio satelital bajo el estándar DVB-S2 el cual llevara la señal ISDB-Tb.(11)

Las etapas que comprende este Sistema de transporte para la TDT son:

Estación terrena de Emisión, Estación terrena de transmisión y el Enlace satelital.

Explicaremos en cada caso los diversos subsistemas existentes y la comunicación existente entre ellos.

4.1 Enlace satelital

Un Enlace satelital comprende 3 etapas, de las cuales una se encarga de procesar la señal para la emisión (Uplink), otra para la recepción (downlink), la etapa restante ocurre en el espacio donde la señal de emisión o subida será enviada de regreso a la tierra con una frecuencia menor de la que fue transmitida. Este proceso se realiza en el transpondedor del satélite

4.1.1 Enlace Uplink o de Subida

Comprende las siguientes etapas :

Modulador de la señal en banda base a una frecuencia intermedia (IF), utilizando FM, PSK y QAM, para la transmisión.

- Convertidor ascendente constituido por un mezclador y un filtro pasa bandas que se encarga de convertir la señal de IF a frecuencias dentro del rango de las Microondas de transmisión (RF).
- Amplificador de alta potencia para que la señal llegue al satélite.
- Antena parabólica que se encarga de radiar las ondas EM hacia el satélite. (10)

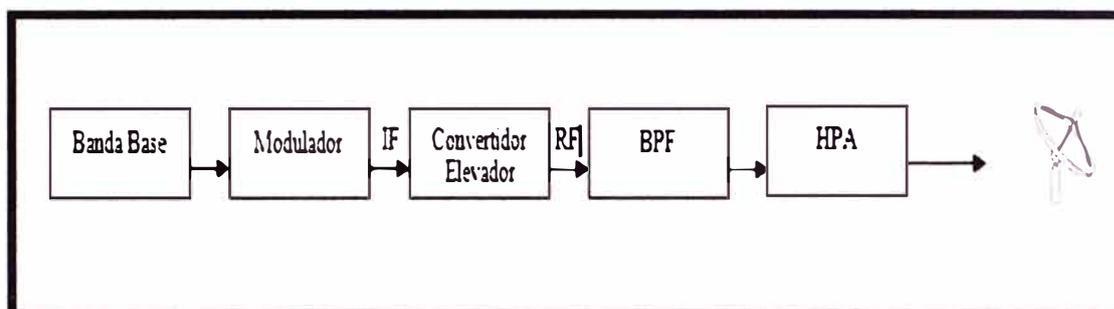


Fig. 4.1 Diagrama de Bloques del UPLINK

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 El Transpondedor

En el satélite, la señal con el contenido pasará por el transpondedor, el cual está constituido por las siguientes etapas:

- Filtro pasa banda (BPF) que se encarga de eliminar el ruido que la señal adquiere durante la trayectoria de subida y también de seleccionar el canal. Cada canal satelital requiere un transpondedor por separado.
- Amplificador de bajo ruido que recibe la señal de cada canal y, en conjunto con un oscilador, se encarga de convertir la alta frecuencia de la señal de subida a una banda baja de salida.
- Amplificador de baja potencia que amplifica la señal de RF para el enlace de bajada.
- Filtro pasa banda correspondiente a cada canal del transpondedor que se encarga de limpiar la señal.
- Sumador que juntará las señales provenientes de los diferentes canales del transpondedor en una sola señal resultante que será enviada a tierra. (10)

4.1.3 Enlace Downlink o de Bajada

El modelo de enlace de bajada está conformado por las siguientes etapas:

- Antena parabólica que recibe la señal RF proveniente del satélite.
- Filtro pasa banda que limita la potencia de la señal de entrada.

- Amplificador de bajo ruido (LNA) que elimina las interferencias de la señal.
- Convertidor descendente de la señal RF a frecuencias dentro de las microondas para el uso de la información, conversión a IF
- Demodulador se encarga de bajar la frecuencia de la señal de información a banda Base.

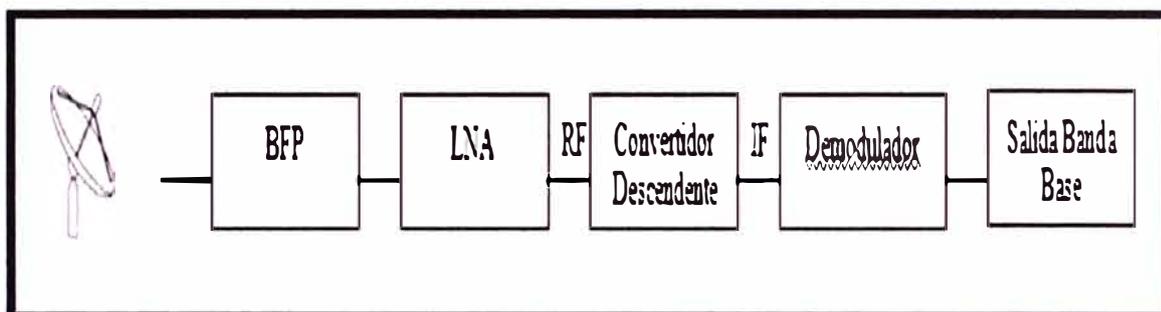


Figura 4.2 – Diagrama de bloques del Downlink

Fuente: Elaboración Propia

4.2 Equipos de la Estación de Cabecera

También denominada “Head-End Station”, es donde se genera la señal que va a ser distribuida. Representada la estación en este caso por la Empresa de TV, la cual cuenta con equipos de estudio, transmisión y broadcasting.

Enumeraremos la gama de equipos de acuerdo al estándar ISDB-T que deberá ser añadido a la infraestructura de las empresas de TV, con el fin de que puedan distribuir su señal en forma satelital:

- Encoder HD/One-seg Z3 MVE-20
- Mux/Remux EITV Playout Professional
- TS-Adapter: PC + Dektec DTA-140
- Modulador DVB-S2 Comtech EFData DM240XR
- High Power Amplifier – CPI 750W Outdoor TWT Amplifier
- Antena parabólica Vertex RSI Tx/Rx

Para el presente diseño, el modulador DVB-S2 se configurará de la siguiente manera para obtener una señal robusta de cara a las diferentes condiciones geográficas y climáticas del territorio peruano, y eficiente en cuanto a uso espectral:

Tabla N° 4.1: Configuración modulador DVB-S2 y resultados – MPEG-TS

Fuente: "DVB-S & DVB-S2 Bitrates Calculator". (12)

TsBitrate Neto	11.650 Mbps
Factor de roll-off	0.25
DVB-S2 Frame	64800bits
FEC	3/4
Modulacion	8 PSK
BW Modulacion 8PSK	5.2673 MHz
BW Asignado	6.5358 MHz

De acuerdo a la Tabla N° 4.1 podemos verificar que el MPEG-TS de 11.650 Mbps ocupará un ancho de banda espectral de 5.2673 MHz como resultado del "Bitrate +FEC + Modulación"; sin embargo, el operador del satélite suele incrementar este ancho de banda por un factor en el rango de 1.2 a 1.4 para permitir la separación de portadoras en el transpondedor, y se denomina Ancho de Banda Asignado. El valor asignado es de 6.5358 MHz y este será el que se cobrara como alquiler.

4.3 Equipos de la Estación Terrena de Transmisión

También se le conoce como "Relay Station", es donde se recibe la señal proveniente del enlace satelital para procesarla, acomodarla y distribuirla localmente. En este caso, las estaciones de las casas televisoras estarían ubicadas en los diferentes departamentos de nuestro país, de tal forma que desde allí puedan distribuir la señal de TV Digital a todas sus provincias.

A continuación se enumerara el equipamiento que debe ser necesariamente añadido a la arquitectura de las estaciones retransmisoras para que puedan realizar las funciones mencionadas anteriormente. Se empezará por el equipamiento de recepción para el enlace de bajada (downlink):

Antena parabólica ProdelinRxOnly
LNB Norsat PLL 3000 High Stability

Demodulador DVB-S2 EITV Replay
 BTS- Adapter: PC + dektec DTA- 140
 Mux/Remux EITV Replay
 ISDB-T Modulator/Transmitter UBS DTX-1200U
 GPS Receiver 10 MHz

4.4 Propuesta de Sistema de Transporte Satelital para la señal TDT

Considerando la gama de equipos enumerados en 4.2 y 4.3 ya podemos esbozar la arquitectura del sistema de transmisión satelital que se propone para enviar la señal de TV Digital (ISDB-T BTS) a provincias, ver Figura 4.3. Se considerará las interfaces involucradas en cada etapa:

1. Enc. HD,SD, One-Seg Z3-MVE-20
2. EITV Playout Professional
3. TS-Adapter: PC+Dektec DTA-140
4. Comtech EFData DM240XR
5. CPI 750W Outdoor TWT Amplifier
6. Vertex RSITx/Rx 4.8m
7. Prodelin Rx Only 3.7m
8. Norsat PLL 3000 High Stability
9. EITV Replay DVB-S2 Receiver
10. BTS-Adapter: PC+Dektec DTA-140
11. EITV Replay Mux/Remux
12. UBS DTX 120W UHF ISDB-T Transmitter
13. GPS Receiver 10 MHz

4.5 Análisis de Costos para el Sistema satelital de transporte de la TDT

Expondremos en esta parte los costos que tendrán que ser asumidos por las Empresas de TV en la implementación del Sistema satelital propuesto en este capítulo.

Se hace notar que en el análisis de costos se incluirá el TS/BTS Adapter, este es importante incluirlo debido a que ayuda a disminuir la elevada tasa de bits de la señal BTS, también se incluirán los gastos de alquiler del espectro satelital.

4.5.1 Costos para la Estación Terrena de Emisión

Comenzaremos con los equipos especializados en el estándar ISDB-T que tienen que ser

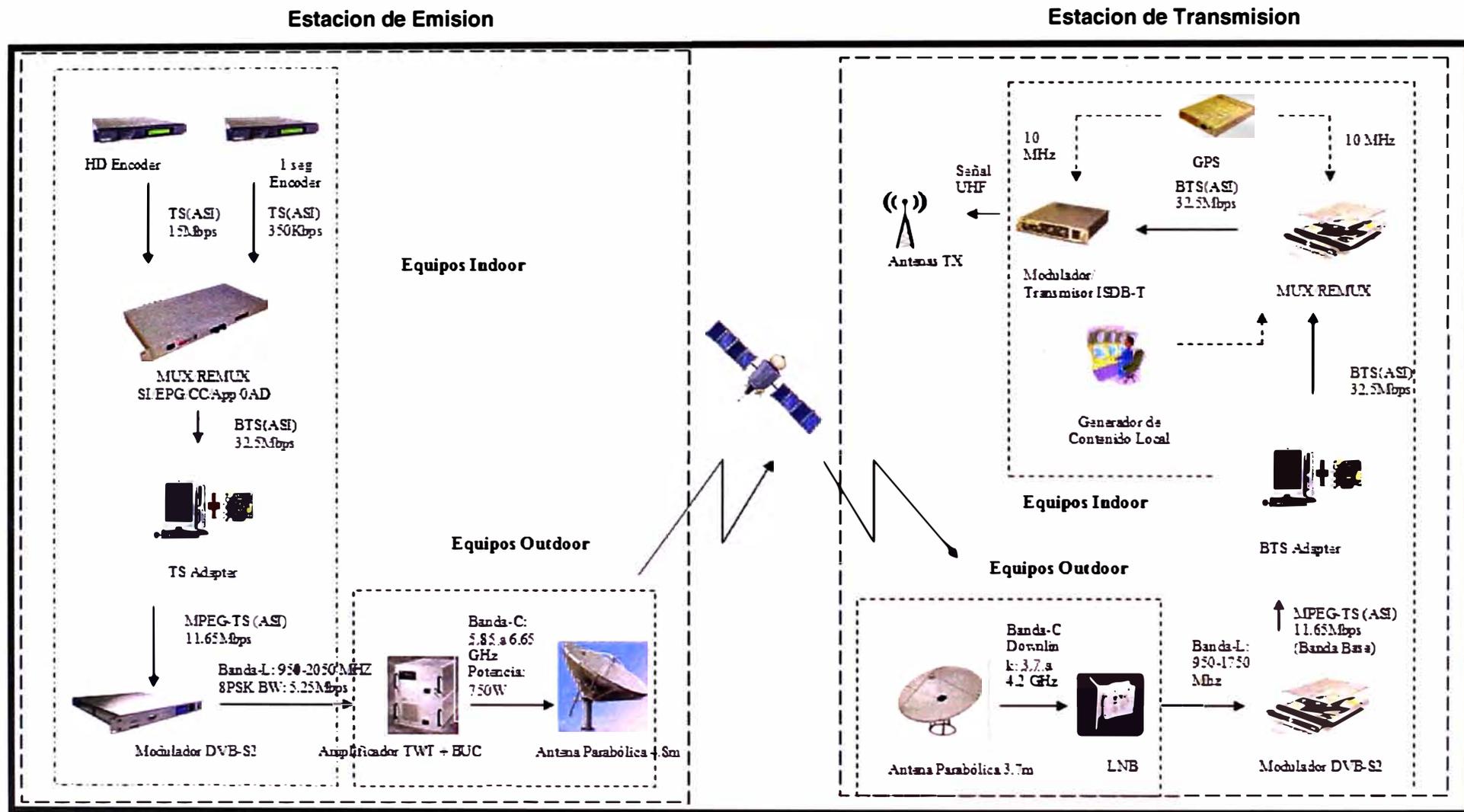


Fig.4.3 : Sistema de Transmision Satelital para la Señal ISDB-T BTS

Fuente: PUCP – Lima Perú

necesariamente adquiridos con el fin de que puedan asumir en forma adecuada una tecnología totalmente digital.

Tabla N° 4.1: Costos de Equipos ISDB-T – ETE

Fuente: Elaboración propia

Cantidad	Equipo	Part Number	Precio (US \$)
1	Z3 Technology Dual Channel HD H.264 Encoder	Z3MVE20	\$ 11,100.00
1	EITV Playout Professional - All functions	ETPO-HW	\$ 36,850.00
1	SW TS/BTS- Adapter	---	\$ 3,000.00
1	PC+Dektec DTA-140	---	\$ 2,490.00
SUBTOTAL			\$ 53,440.00

Puntualizamos que estamos incluyendo el costo de la licencia para usar el Software TS/BTS Adapter, así como también el costo de la PC junto con la tarjeta especial que le permita recibir la señal BTS.

Mostraremos ahora los costos de los equipos para el enlace Uplink (Subida satelital)

Tabla N° 4.2: Costos de Equipos para el Uplink

Fuente: Elaboración propia

Cantidad	Equipo	Part Number	Precio (US \$)
1	Comtech EFData Sateliite Modern L Band	DM240XR	\$ 9,800.00
1	CPII 750W Outdoor TWT Amplifier + BUC	VZC-6967V7	\$113,500.00
1	VertexRSI Antenna Tx/Rx C,Ku Band 4.8m	---	\$25,820.00
SUBTOTAL			\$149,120.00

4.5.2 Costos para la Estación Terrena de Transmisión

En forma similar al caso anterior empezaremos presentando los costos de los equipos especializados en el estándar ISDB-T que tienen que ser necesariamente añadidos a la instalación de las empresas de TV:

Reiteramos nuevamente que estamos incluyendo el costo de la licencia para usar el Software TS/BTS Adapter, así como también el costo de la PC junto con la tarjeta especial que le permita recibir la señal MPEG-TS.

Tabla N° 4.3: Costos de Equipos ISDB-T – ETE

Fuente: Elaboración propia

Cantidad	Equipo	Part Number	Precio (US \$)
1	EITV Replay HW	ETRP-HW	\$ 10,100.00
1	Modulo adicional - DVB-S2 / DVB-S signal reception	ET-DVBS2	\$ 705.00
1	Modulo adicional - 1 ASI output and 1 external 10MHz clock input	ET-DTA2145	\$ 3,300.00
1	Soporte Técnico y Software Update - 12 meses	ETRP-SUP	\$ 950.00
1	UBS 120W UHF Tx with ISDB-T Modulator/Transmitter	ET-DTX1200U	\$ 18,100.00
1	GPS Receiver 10 MHz & 1PPS	ET-GPR1140	\$ 2,250.00
1	1 PC+Dektec DTA-140	---	\$ 2,490.00
SUBTOTAL			\$ 37,895.00

Reiteramos nuevamente que estamos incluyendo el costo de la licencia para usar el Software TS/BTS Adapter, así como también el costo de la PC junto con la tarjeta especial que le permita recibir la señal MPEG-TS.

Mostraremos ahora los costos de los equipos para el enlace Downlink (Bajada satelital)

Tabla N° 4.4: Costos de Equipos para el Downlink

Fuente: Elaboración propia

Cantidad	Equipo	Part Number	Precio (US \$)
1	Prodelin Antenna C-Band Rx Only 3.7m	-	\$ 2,600.00
1	Norsat PLL 3000 High Stability	-	\$ 550.00
SUBTOTAL			\$ 3,150.00

Los costos de los dos equipos presentados en el cuadro anterior se han obtenido del catálogo de la empresa brasilera EITV.

Hasta este punto se han presentado los costos de todos los equipos involucrados en el diseño propuesto en el capítulo anterior. Al sumar los subtotales, se obtiene que el costo total en equipamiento para poder implementar el sistema de transmisión es de **US\$243,605**.

Hay que considerar que los gastos en equipamiento en la Estación Terrena de Emisión, ubicada en Lima, serán de **US\$202,560** y tendrán que ser afrontados una sola vez por parte de las casas televisoras.

Por otra parte, los gastos en equipamiento en la Estación Terrena de Transmisión

serán de **US\$41,045**. Sin embargo, este gasto tendrá que realizarse por cada estación retransmisora que se quiera poner en las diferentes provincias de nuestro territorio, para poder cumplir con lo establecido por el Plan Maestro de TDT.

4.5.3 Costos de alquiler del espectro satelital

Para definir los costos de alquiler de espectro satelital es necesario definir el ancho de banda que tendrá la señal MPEG-TS a la salida de la etapa de modulación DVB-S2 y esto definirá el ancho de banda de la portadora satelital. Sin embargo, esto ya se realizó en el capítulo anterior (Tabla 4.1) y se obtuvo un ancho de banda espectral asignado de **6.5358 MHz**, por el cual, las empresas emisoras de contenido tendrán que pagar alquiler a algún operador de satélites.

Actualmente, en el mercado de los satélites, el costo de alquiler mensual por **1MHz** es de **US\$3,939**, considerando un margen de ganancia del 30% para el operador satelital.

Por lo tanto, el costo mensual de alquiler de espectro satelital para las casas televisoras será de **US\$25,744.52**.

4.6 Diagrama de tiempos

En la Fig. 4.4 se muestra el Diagrama de tiempos (GANNT) asociado a la instalación y puesta en operación del Sistema de Transporte Satelital de la TDT propuesto en la Fig. 4.3

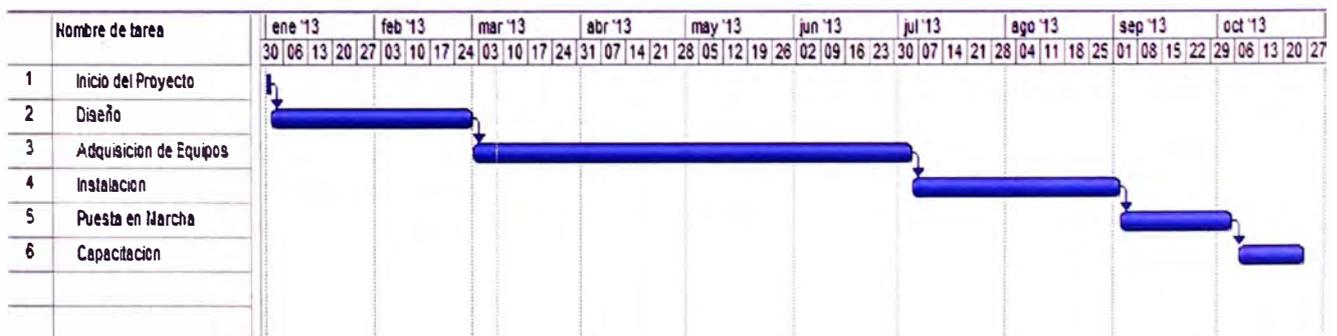


Fig: 4.4 Diagrama de tiempos

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Dada la particularidad de la geografía de nuestro país y la realidad económica no tan favorable que existe en muchas localidades apartadas, existe un amplio sector de nuestra población para el cual la única forma de informarse o comunicarse es a través de los sistemas de radiodifusión normalmente establecidos como son la radio y la televisión. Es así que esta nueva tecnología la TDT, la cual se transmite en forma similar a la Televisión Analógica que conocemos permitiendo además la característica de la interacción, se convertirá en un medio masivo con variadas opciones de servicio (Salud, educación, comercio, etc.) tanto por parte del sector público como el privado, generándose así un paso muy significativo en lo que se refiere al acceso a la información para las zonas más apartadas de nuestro país.

2. Con el avance de las tecnologías en el campo de las comunicaciones, la cada vez mayor actividades relacionadas con la estandarización y en particular la aplicación de estas en los sistemas satelitales; se aprecia como consecuencia una disminución en los costos, tanto en equipamiento como en el costo del transporte satelital a través de las empresas que ofrecen este servicio. Esto incidirá favorablemente en el nivel de inversiones que se realicen en Sistemas de transporte satelital de la TDT, como así ha sucedido en otros países.

3. Una de las principales ventajas de la TDT es que permite transmitir diferentes tipos de programas como por ejemplo de HDTV, varios SDTV, audio y la mayor novedad de esos sistemas como es la posibilidad de interacción entre los proveedores de este servicio y los usuarios.

4. Se observa la necesidad de que las empresas operadoras al tener que cumplir con las fechas programadas como límite máximo para la distribución de la señal de TV Digital del Plan Maestro de la TDT, deban incluir en su planificación a los sistemas de transporte satelital dada la escasa infraestructura para el transporte de las comunicaciones electrónicas en el interior del país, sumándose a esta realidad la

difícil geografía peruana que dificulta el uso de otros medios de transmisión como los radioenlaces a través de microondas y la fibra óptica.

5. A través de la no tan poca (aproximadamente 100) documentación accesada y luego clasificada, entre artículos y estudios a través de fuentes de reconocida rigurosidad, he podido observar la inmensa gama de información de tecnologías puestas a disposición de los interesados a través del mundo provenientes de los diversos centros de investigación, a un costo asequible en unos casos y de libre disponibilidad en otros.

6. Al concluir este informe, quedo con la satisfacción de descubrir todo un campo de oportunidades a través del conocimiento de tecnologías de avanzadas que se encuentra alrededor de cada uno de nosotros, siempre y cuando nuestras fuentes de información nos permitan avanzar en el conocimiento de todo lo relacionado con estas tecnologías en forma sólida y consistente.

RECOMENDACIONES

1. Ya que los sistemas DTTB cada vez irán permitiendo más aplicaciones y estas estarán relacionadas con las particularidades que existen entre los grupos humanos de una u otra región del país, es muy recomendable ir analizando la diversa gama de oportunidades que puedan darse gracias a los servicios interactivos que esta tecnología permite.

2. Así como se da la posibilidad de nuevos tipos de servicios, la puesta en marcha de ellos también dará lugar a que se presenten algunos problemas de carácter técnico los cuales requerirán de soluciones imaginativas, por lo cual se sugiere ir imaginando posibles escenarios que requieran de soluciones imaginativas.

3. Otro aspecto importante a considerar es el hecho que la banda **Ku** hoy en día es usada en una gran proporción, por lo que ya en la actualidad existen centros de investigación analizando la banda **Ka**, en la cual el principal obstáculo a vencer es la **Alta Atenuación por Lluvia**; por lo tanto es conveniente que desde ya nos involucremos con las sofisticadas tecnologías que ayudan a superar esta problemática como por ejemplo:

Control de la Potencia dinámico en el satélite o Cobertura Multispot combinada con ACM.

BIBLIOGRAFIA

- [1] William G. Connolly, "High Definition Televisión Studio Equipment", IEEE Communications Magazine – pags. 42-44 - Agosto 1991.
- [2] Yiyang Wu, Fellow IEEE, Shuji Hirakawa, Fellow IEEE, Ulrich H. Reimers, Senior Member IEEE, and Jerry Whitaker, member, IEEE, "Overview of Digital Television Development Worldwide", Proceedings of THE IEEE, pag. 8, Enero 2006.
- [3] Linglong Dai, Zhaocheng Wang, and Zhixing Yang, Tsinghua University, "Next-Generation Digital Televisión Terrestrial Broadcasting Systems: Key Technologies and Research Trends", IEEE Communications Magazine, pags.150-151, Junio 2012.
- [4] Hiroshi Asami and Makoto Sasaki, "Outline of ISDB Systems", Proceedings of the IEEE, pags. 248-249, Enero 2006.
- [5] M. Uehara, M. Takada, and T. Kuroda NHK (Japan Broadcasting Corporation) Science and Technical Research Laboratories, "TRANSMISSION SCHEME FOR THE TERRESTRIAL ISDB SYSTEM", IEEE Transactions on Consumer Electronics, pags. 101-103, Febrero 1999.
- [6] Marcelo Sampaio De Alencar, Federal University of Campina Grande, "Digital Televisión Systems", pags. 176-181, 2009.
- [7] Alberto Morello y Vittoria Mignone, Research and Technology Center, RAI, Torino, "DVB-S2: The Second Generation Standard for Satellite Broad band Services", Proceedings of the IEEE , pags.210-225, Enero del 2006
- [8] Ulrich Reimers, Brunswig Technical University, "Digital Video Broadcasting", IEEE Communications Magazine, pags. 104-105,, Junio 1998.
- [9] Vittoria Mignone, Mariá A´ngeles Vazquez-Castro, Senior Member IEEE, and Thomas Stockhammer, Senior Member IEEE, "The Future of Satellite TV: The Wide Range of Applications of the DVB-S2 Standard and Perspectives", Proceedings of the IEEE, pags. 1905-1912, Noviembre 2011.
- [10] PEREDO ÀLVAREZ, Sergio.
"Software para análisis del presupuesto de enlace para comunicaciones vía satélite.", Tesis Licenciatura. Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones

Puebla: Universidad de las Américas Puebla, Escuela, 2004

[11] CARHUAMACA ESPINOZA, ANDRES

“Diseño del sistema de transmisión satelital para el transporte de la señal ISDB-T BTS”, Tesis Ingeniería en Telecomunicaciones, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2011.

[12] Satellite Calculations “DVB-S & DVB-S2 Bitrates Calculator”. 2011
URL:<http://www.satellite-calculations.com/Satellite/bitrates.htm>