

ANEXO A

MODELO DE SIMULACION A NIVEL FISICO DEL ESTANDAR DVB-T UTILIZANDO EL LABORATORIO LABMU.

LabMU¹ cubre una cadena completa de transmisión y recepción de televisión digital e integra todas las funciones habituales de un laboratorio de televisión en una única aplicación. Esta herramienta desarrollada por Xpertia® Soluciones Integrales (España), fue adquirida por el Centro de Teleinformática y Producción Industrial del Servicio Nacional de Aprendizaje (Sena), seccional Cauca, para el programa Tecnología de Telecomunicaciones. Gracias a la buena disposición del SENA seccional Cauca, se obtuvieron los permisos necesarios para la utilización de LabMU, con el fin de evaluar el desempeño a nivel físico del estándar DVB-T utilizando los modelos de canal multitrayecto descritos en la norma ETSI EN 300744.

A través de LabMU es posible la configuración en tiempo real de todos los dispositivos hardware que hacen parte del laboratorio de TDT. Algunas de las funciones básicas de LabMU son:

- Tratamiento de señales reales de televisión, no simuladas.
- Selección de diversas fuentes de información.
- Multiplexación de fuentes de información.
- Señalización de Flujo de Transporte (TS, *Transport Stream*).
- Creación de una trama de transporte de televisión digital.
- Creación de una señal real DVB-T.
- Realizar pruebas de transmisión simulando un canal de transmisión con presencia de propagación multitrayecto y ruido AWGN.

El componente hardware más importante del laboratorio es el modulador MO-170, compatible con la norma ETSI EN 300 744. Este modulador genera una señal DVB-T real a partir de fuentes como: contenidos en formato MPEG-2² (audio y video), ficheros de TS previamente almacenados en el servidor de LabMU y sintonización de contenidos DVB-T. Estas fuentes se explican más adelante en este anexo.

¹ LabMU: Laboratorio multiusuario de TDT bajo el estándar DVB-T.

² Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento-2 (MPEG-2, *Moving Pictures Experts Group-2*): Estándar que comprime señales de audio y video, para su respectivo almacenamiento y transmisión, que incluyen televisión digital terrestre, por satélite o cable.

Una función importante del MO-170 es procesar la señal RF de DVB-T utilizando un simulador de canal multitrayecto con hasta seis trayectos, los cuales pueden ser configurados en retardo relativo, potencia relativa, fase y desplazamiento Doppler. Además, es posible adicionar Ruido Gaussiano Blanco Aditivo (AWGN, *Additive White Gaussian Noise*) utilizando un generador de C/N^3 . En el presente trabajo de grado no se realiza la etapa de radiación de la señal, debido al alcance del proyecto y a las restricciones internas del Sena seccional Cauca. Para la evaluación del desempeño a nivel físico a nivel físico del estándar DVB-T se utilizó un modulo hardware adicional de LabMU, que integra todas las funcionalidades de un analizador de radio frecuencia (analizador RF), posibilitando visualizar (después del proceso de simulación del canal de transmisión) diversas medidas de calidad de la señal DVB-T como: BER⁴, MER⁵, distribución de las constelaciones relacionadas con los esquemas de modulación (diagrama de constelación) y respuesta al impulso del canal.

El objetivo de este anexo es describir de manera general a LabMU y sus componentes más importantes. Además, obtener un modelo de simulación a nivel físico del estándar DVB-T, conforme a [1].

A.1 DESCRIPCION GENERAL DEL LABORATORIO LABMU.

Como se visualiza en la figura A.1, el servidor LabMU a través de la interfaz RS-232 gestiona todas las configuraciones en tiempo real del modulador MO-170 y el analizador RF, este servidor está conectado con los clientes LabMU a través de una Red de Área Local (LAN, *Local Area Network*). El cliente LabMU es el encargado de administrar el funcionamiento de toda la cadena de TV digital. Como se muestra en la figura A.1, el MO-170 genera la señal RF de DVB-T, la procesa utilizando su simulador de canal multitrayecto y ruido AWGN, luego esta señal es transmitida al modulo SETI de tarjetas, en donde se encuentran todas las tarjetas de análisis del analizador RF, tarjeta receptora de DVB-T e interfaz DVB-ASI⁶. Los parámetros de la señal DVB-T proporcionados por el analizador RF se envían al servidor LabMU, el cual los distribuye a los clientes dentro de la red del laboratorio.

³ Relación C/N: es la relación entre el nivel de la portadora y el ruido inmerso en el mismo ancho de banda. Sus unidades son en dB.

⁴ Tasa de Error de Bit (BER, *Bit Error Rate*) del sistema.

⁵ Relación de Error de Modulación (MER, *Modulation Error Ratio*). Parámetro que determina la precisión en el diagrama de constelación. Descrito en la sección B.6.1 del anexo B.

⁶ Interfaz Serial Asíncrona DVB (DVB-ASI, *Asynchronous Serial*): está diseñado para el transporte de flujo MPEG-2, principalmente para aplicaciones de televisión, de hasta 270 Mbps.

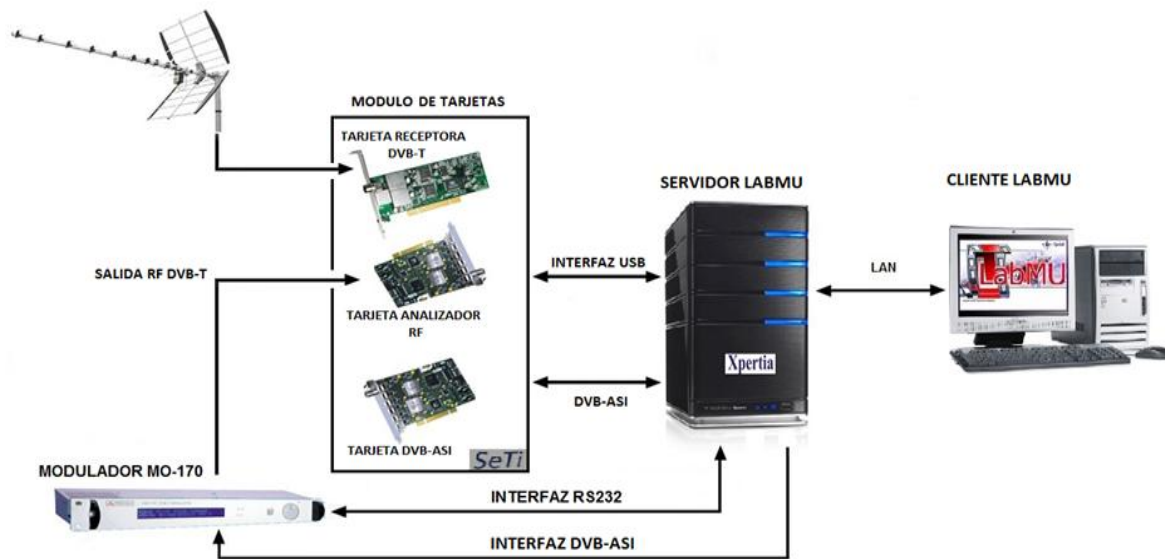


Figura A.1. Esquema del laboratorio TDT LabMU [2].

A.1.1 Modulador MO-170.

El fabricante de este modulador de TV digital es PROMAX⁷, compañía española dedicada al desarrollo de instrumentos especialmente para telecomunicaciones, proporcionando soluciones para sistemas de TDT, satélite y cable.

Las principales características de este dispositivo se destacan:

- Modos de transmisión: 2K y 8K.
- Intervalos de guarda: 1/4, 1/8, 1/16, 1/32.
- Tasa de codificación convolucional: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8.
- Esquemas de modulación: QPSK, 16QAM, 64QAM.
- Transmisión jerárquica para $\alpha = 1, 2$ ó 4 .
- Ancho de banda 6, 7 y 8 MHz.

El modulador es flexible en frecuencia, se puede seleccionar una frecuencia de salida, entre 45 y 875 MHz por pasos de 1 Hz.

El simulador de canal del MO-170 puede ser utilizado en combinación con el generador de C/N para evaluar el desempeño a nivel físico del sistema DVB-T, sobre un canal multitrayecto predefinido (a nivel de simulación), en función de la cantidad de C/N presente en el canal.

⁷ <http://www.promax.es/>

El simulador del canal puede ser utilizado para el estudio de los siguientes escenarios:

- Modelos de canales correspondientes a receptores fijos (Ricean).
- Modelos de canales para receptores portátiles (Rayleigh).
- Modelos de canal con recepción móvil.

A.1.2 Módulos de LABMU.

LabMU fue desarrollado en 2006 como proyecto patrocinado por la Consejería de Innovación Tecnológica de la Comunidad de Madrid. Esta herramienta permite utilizar todas las operaciones habituales de transmisión y recepción de TV Digital.

LabMU es de acceso remoto, multiusuario y capaz de soportar múltiples equipos bajo el estándar DVB-T, características que le permitieron ser acogido como laboratorio de TDT en algunas universidades en España. Los principales módulos de esta herramienta se describen a continuación:

- LabMU-RF. Con este módulo es posible realizar todo tipo de medidas de radiofrecuencia sobre la señal DVB-T, también permite observar el comportamiento de parámetros como BER y MER. Además permite visualizar el diagrama de constelación y la respuesta al impulso del canal de transmisión simulado. Este módulo exige disponer de un hardware externo de análisis (suministrado por Xpertia) y la activación de la licencia cliente.
- Sintonizador DVB-T. Este módulo permite la captura de emisiones DVB-T, para posteriormente observar su contenido y almacenarlo utilizando el módulo Captura TS.
- Fichero de TS. Este módulo permite utilizar archivos en formato TS⁸.
- Fichero MPEG⁹ A/V (Audio/Vídeo). Permite la utilización de archivos de audio/video codificado en MPEG-2.
- Captura TS. Este módulo permite el almacenamiento de TS de cualquier fuente en tiempo real.
- Multiplexor. En este módulo las diferentes fuentes de información son multiplexadas para obtener un único TS.
- Editor SI/PSI. Este módulo permite crear las diferentes tablas PSI/SI¹⁰ descritas en la sección B.1.1 del anexo B.

⁸ Archivo en formato TS: Contiene la cadena final del proceso de codificador MPEG-2, en donde se integra en un único flujo de transporte las señales de audio, video y datos.

⁹ MPEG. Descrito en la sección B.1 del anexo B.

¹⁰ Tablas de Información Específica del Programa/Información de Servicio (PSI/SI, Program Specific Information/Service Information): Tablas de señalización que especifican información de los programas audiovisuales que contiene el flujo de transporte y permiten demultiplexar servicios DVB. Estas tablas están descritas en la sección B.1.1 del anexo B.

- Stream. Este módulo permite la visualización de los servicios de las diversas fuentes y sus contenidos audio/video, y de esta forma comprobar la correcta creación de la trama de transporte.
- COFDM. Este módulo permite la configuración de los parámetros técnicos del nivel físico del estándar DVB-T, en el modulador MO-170.

A continuación, se describe el modelo de simulación del nivel físico del estándar DVB-T utilizando LabMU, aplicando los lineamientos planteados en el documento Metodología de Simulación de Equipos de Telecomunicaciones [1].

A.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y PLAN DE ESTUDIOS.

La metodología plantea inicialmente la formulación del problema y del plan de estudios, que a partir de los objetivos deben identificarse correctamente, para especificar los métodos, procedimientos y servicios del modelo de simulación del nivel físico del estándar DVB-T utilizando el laboratorio LabMU.

A continuación se desarrollan los siguientes pasos, aplicando y adaptando la metodología para obtener el modelo de simulación que permitirá la evaluación y el análisis del desempeño a nivel físico del estándar DVB-T, utilizando LabMU.

- Adquisición información sobre el funcionamiento del sistema.
- Identificación los fines de la simulación de LabMU.
- Formulación de los objetivos.

A.2.1 Adquisición de Información sobre el Funcionamiento del Sistema.

La información relacionada con el funcionamiento general del nivel físico del sistema de televisión digital especificado mediante el estándar DVB-T, se adquiere a través de la formulación de preguntas relacionadas con el funcionamiento a nivel físico de los módulos funcionales Transmisor, Canal y Receptor que lo componen.

A.2.1.1 Transmisor.

- ✓ ¿Qué tipo de señales procesa el transmisor?

El transmisor procesa señales audio y video en formato MPEG-2, datos auxiliares, archivos en formato TS y señales reales DVB-T sintonizadas previamente en el servidor LabMU. Estas señales serán procesadas hasta convertirlas en una señal real COFDM bajo el estándar DVB-T, que viajará a través de un canal inalámbrico a nivel de simulación con propagación multitrayecto.

- ✓ ¿Qué pasos sigue el transmisor para el procesamiento de las señales en cuestión?

Los siguientes pasos describen el proceso que permiten obtener la señal COFDM.

Selección de Fuentes de Información. Los siguientes pasos se relacionan con las fuentes que pueden ser utilizadas.

- Archivo en formato MPEG-2 Este módulo permite seleccionar un archivo de audio/video codificado bajo el estándar MPEG-2, almacenado en el servidor de LabMU.
- Ficheros TS. Este módulo permite seleccionar un archivo en formato TS previamente almacenado en el servidor de LabMU, este archivo incluye por defecto las tablas PSI/SI del TS.
- Señal real sintonizada de emisiones DVB-T. Este módulo de entrada permite sintonizar la señal de un multiplex¹¹, a través de la configuración de parámetros como: número de canal de sintonización y parámetros de recepción de la señal emitida, luego, se almacena la información en un archivo TS mediante la utilización del modulo captura.

Procesamiento. Los siguientes pasos se relacionan con la generación de la señal COFDM, a partir de la multiplexación de fuentes y la creación de las tablas de señalización PSI/SI.

- Proceso de Multiplexación. Este paso permite la multiplexación de fuentes de información, con el objetivo de crear una única trama de transporte.
 - Proceso de Generación de tablas PSI/SI. Este paso permite la creación de las tablas de señalización, una vez las fuentes de información han sido seleccionadas. Estas tablas son utilizadas en el proceso de multiplexación.
 - Proceso de COFDM. Este paso permite la configuración de todos los parámetros a nivel físico del estándar DVB-T, correspondientes a las etapas de codificación, modulación y obtención de la frecuencia del canal RF.
- ✓ ¿Qué factores serán evaluados con la simulación?
 - Visualización de los servicios (audio, video y datos) de la trama TS final.
 - Diagrama de constelación.
 - Nivel RF.

¹¹ Multiplex: Canal radio multiplexado utilizado por varios operadores, los cuales pueden gestionar el ancho de banda que le corresponde, para ofrecer los contenidos que desee.

A.2.1.2 Canal.

- ✓ ¿Qué tipo de señales va a procesar el canal?

El canal recibirá una señal COFDM que utiliza los esquemas de modulación QPSK, 16QAM o 64QAM. La salida del canal de transmisión será una señal afectada por el ruido AWGN y propagación multitrayecto según los modelos de canal utilizados¹².

- ✓ ¿Qué pasos sigue el canal para el procesamiento de las señales en cuestión?

Recibe la señal del transmisor y se le adiciona una componente de ruido AWGN. Además, la señal es afectada por la propagación multitrayecto, de acuerdo a los modelos de canal utilizados.

¿Qué factores serán evaluados con la simulación?

- Respuesta al impulso del canal.

A.2.1.3 Receptor.

- ✓ ¿Qué tipo de señales se procesa en el receptor?

El receptor recibe una señal COFDM que utiliza los esquemas de modulación QPSK, 16QAM o 64QAM, afectada por AWGN y propagación multitrayecto.

- ✓ ¿Qué pasos sigue el receptor para el procesamiento de las señales en cuestión?

Para recibir la señal del canal se utiliza el analizador RF, el cual visualiza diversas medidas de calidad de la señal DVB-T.

- ✓ ¿Qué factores serán evaluados con la simulación?

- Se realiza un análisis de la BER, C/N y MER.
- Diagrama de constelación y respuesta al impulso del canal.

A.2.2 Identificación de los Fines de la Simulación.

El propósito de esta evaluación es realizar una evaluación y un análisis del desempeño de la tecnología DVB-T a nivel físico, a partir de la multiplexación de las diferentes fuentes de información para obtener un único flujo de transporte TS, también son tenidas en cuenta las diferentes etapas de procesamiento de la señal como: multiplexación de fuentes, codificación y COFDM. La señal COFDM se procesa teniendo en cuenta el canal de

¹² Descripción realizada en el capítulo 2.

transmisión con modelos de canal multitrayecto que soporta LabMU, estos modelos de canal son descritos en el capítulo 2. Luego, se utiliza el analizador RF de LabMU para realizar la recepción de la señal DVB-T.

A.2.3 Formulación de los Objetivos.

- Adaptar y aplicar una metodología para la simulación de sistemas de telecomunicaciones [1] para obtener el modelo de simulación e implementarlo en la herramienta de administración LabMU.
- Analizar el desempeño a nivel físico del estándar DVB-T, mediante la variación de los parámetros técnicos del estándar y de los modelos de canal multitrayecto definidos en la norma ETSI EN 300 744, utilizando la herramienta LabMU.

Estos objetivos se realizan teniendo en cuenta parámetros como: C/N, BER, MER, diagramas de constelación y respuesta al impulso del canal.

A.3 RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS.

En esta etapa se identifican los elementos y las respectivas propiedades de cada uno de los módulos involucrados a nivel físico del sistema DVB-T, basándose en las funcionalidades de LabMU. La información recolectada debe ser lo más detallada posible para describir el modelo de simulación; se seguirá el siguiente procedimiento:

- ✓ Identificación de clases y objetos.
- ✓ Identificación de estructuras.
- ✓ Identificación de sujetos.
- ✓ Definición de los atributos.
- ✓ Identificación de servicios o métodos.
- ✓ Notación en la carta de especificaciones.

A.3.1 Modelo del Transmisor.

A.3.1.1 Identificación de clases y objetos.

Un objeto es un componente que genera y/o procesa una o varias señales, los objetos identificados en el transmisor son: Fuente de información, Multiplexor y COFDM. Estos objetos rigen su comportamiento según las especificaciones a nivel físico del estándar DVB-T, los cuales permiten la conformación del modelo de simulación del transmisor para su evaluación en LabMU

A.3.1.2 Identificación de las estructuras.

La complejidad de un sistema puede ser manejada empleando el término estructura. En el modelo de simulación del transmisor, se utilizará la estructura Gen-Spec¹³ (Generalización-especificación) para la Fuente de información, y la estructura Whole-Part¹⁴ (Todo-Parte) para el resto del sistema. Es posible identificar las siguientes estructuras en el transmisor.

✓ Fuente de información.

Como se ilustra en la figura A.2, la clase fuente de información está conformada por 3 clases heredadas denominadas: fichero MPEG A/V, fichero de trama de transporte y sintonizador DVB-T, la cual está conformada por la clase captura TS.

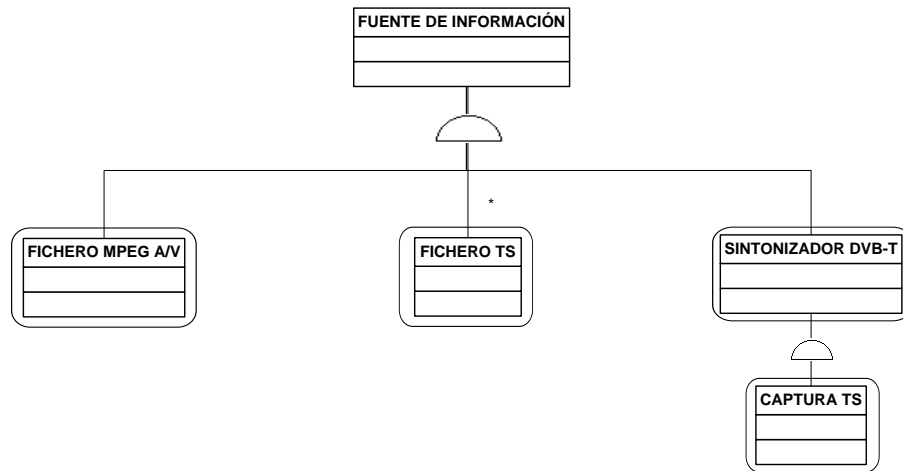


Figura A.2. Estructura de fuente de información.

✓ Multiplexor.

El multiplexor utiliza la estructura Whole-Part, se divide en 2 componentes básicos: editor PSI/SI y multiplexor de servicios y fuentes. Ver figura A.3

¹³ Gen-Spec (Generalización- especificación). Conocida como estructura de clasificación.

¹⁴ Whole-Part (Todo-Parte). Conocida como estructura de ensamblaje.

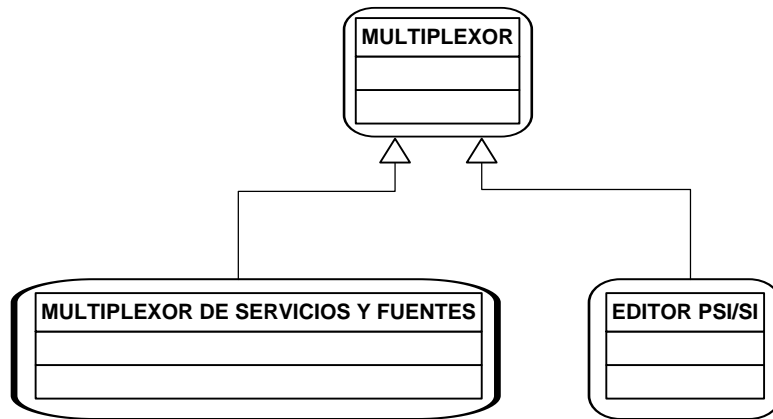


Figura A.3. Estructura del multiplexor.

✓ **COFDM.**

La clase COFDM se divide en 3 componentes: codificador, modulador y RF. Ver figura A.4.

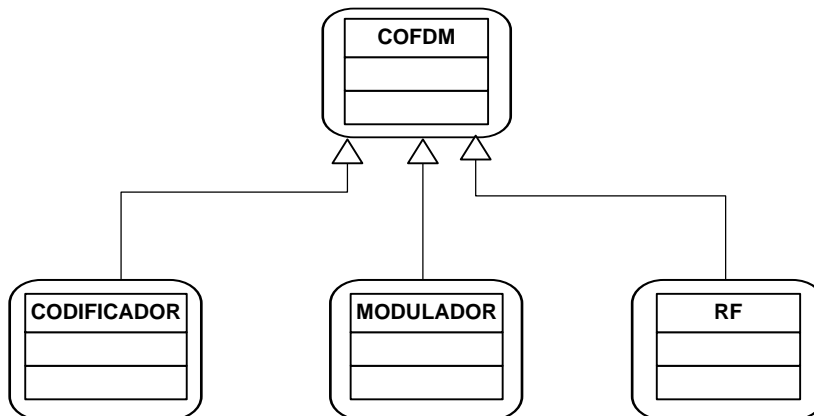


Figura A.4. Estructura de COFDM.

A.3.1.3 Identificación de los sujetos.

El concepto de sujeto está relacionado con la representación del todo de un sistema, visto desde el nivel más alto. Para seleccionar el sujeto se remueve el nivel superior, representándolo por una entidad que represente la estructura.

En el transmisor se identificaron tres sujetos: fuentes de información, multiplexor y COFDM.

A.3.1.4 Identificación de los atributos.

A continuación se describen los atributos de cada una de las clases u objetos que conforman el transmisor, inicialmente se tiene el nombre¹⁵ y seguidamente su descripción.

✓ Identificación de atributos para la Fuente de información.

Según la estructura de la figura A.2, se identifica a continuación los atributos de cada clase que pertenecen a la fuente de información.

Atributos de Fichero MPEG A/V.

- Nombre: Flujo binario de vídeo.
Descripción: Indica la velocidad de bits media del vídeo MPEG-2.
- Nombre: Relación de aspecto.
Descripción: Indica la relación de aspecto del vídeo codificado.
- Nombre: Resolución.
Descripción: Indica la resolución de la imagen de video codificado.
- Nombre: Formato de video.
Descripción: Indica el formato de video MPEG.
- Nombre: Velocidad de bit de audio (*Bitrate*).
Descripción: Muestra el valor de la velocidad de transmisión de los datos correspondientes a los canales de audio.
- Nombre: Tipo de Audio
Descripción: Indica el formato de codificación del audio, habitualmente es MPEG1 y MPEG2.
- Nombre: Modo de Audio.
Descripción: Indica si el canal es estéreo o mono.
- Nombre: Frecuencia de muestreo de audio.
Descripción: Muestra el valor de la frecuencia de muestreo del canal de audio.

Atributos del Fichero TS.

- Nombre: Identificador del flujo de transporte (*Transport_Stream_ID*).
Descripción: Muestra el valor del identificador del flujo de transporte.
- Nombre: Duración estimada.
Descripción: Tiempo aproximado del fichero de transporte.
- Nombre: Nombre de la red (*Network_Name*).
Descripción: Nombre de la red de TS.

¹⁵ Algunos nombres de los atributos del transmisor corresponden a los originales (en inglés) definidos por la herramienta LabMU.

- Nombre: Identificación de la Red (*Network_ID*).
Descripción: Muestra el identificador de red.
- Nombre: Velocidad de bits (*Bitrate*).
Descripción: Indica la velocidad de bits en Kbps.

Atributos del Sintonizador DVB-T.

- Nombre: Canal.
Descripción: Sintoniza un múltiplex seleccionando el número de un canal DVB-T (canal 21 al 69, CCIR - canal 14 al 83, América).
- Nombre: Frecuencia.
Descripción: Sintoniza un múltiplex seleccionando la frecuencia de un canal DVB-T en la banda IV y V (474 MHz - 858 MHz CCIR¹⁶) (473 MHz - 887 MHz América).
- Nombre: Identificación de la red (*Network_ID*).
Descripción: Muestra la identificación de la red sintonizada.
- Nombre: Ancho de Banda.
Descripción: Indica el valor del ancho de banda de la señal sintonizada.
- Nombre: Velocidad de bits (*Bitrate*).
Descripción: Muestra la velocidad de bits correspondiente al TS sintonizado Kbits/s.
- Nombre: Nombre de la red (*Network_name*).
Descripción: Indica el nombre de la red sintonizada.
- Nombre: Identificador del flujo de transporte (*Transport_stream_ID*).
Descripción: Muestra el valor del identificador del TS.

Atributos de Captura TS.

- Nombre: Nombre de archivo.
Descripción: Determina el nombre del nuevo archivo de captura.
- Nombre: Tamaño del archivo
Descripción: Determina el tamaño máximo en Mbytes del archivo de captura.
- Nombre: Duración.
Descripción: Determina la duración máxima de captura en horas, minutos y segundos.

✓ **Identificación de atributos para el Multiplexor.**

Según la estructura de la figura A.3 y considerando cada objeto de forma independiente se obtiene los atributos del multiplexor de servicios y fuentes.

¹⁶ CCIR: Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones.

Atributos del Multiplexor de servicios y fuentes.

- Nombre: Fuente de entrada.
Descripción: Muestra las diferentes fuentes de información disponibles para el proceso de multiplexación.
- Nombre: Fuente de salida.
Descripción: Muestra las fuentes de información seleccionadas para el proceso de multiplexación.
- Nombre: Velocidad de transmisión total.
Descripción: Indica la velocidad de transmisión del flujo de transporte de salida, se actualiza a medida que se agregan nuevos servicios.
- Nombre: PID¹⁷ de origen.
Descripción: Número de identificador del paquete TS de origen asociados a cada fuente de información.
- Nombre: PID de salida.
Descripción: Número de identificación del paquete TS de salida asociados a cada fuente de información.

Atributos del Editor PSI/SI.

- Nombre: Nombre de la red (*Network_name*).
Descripción: Determina el nombre de la red utilizada por el sistema. Este atributo hace parte de la tabla de señalización NIT.
- Nombre: Identificación de la red (*Network_id*).
Descripción: Determina la identificación de la red utilizada. Este atributo hace parte de la tabla de señalización NIT. Puede tomar valores como 0x01 (Astra Satellite), 0x029 (Hispasat) [3], entre otros.
- Nombre: Nombre del servicio (*Service_name*).
Descripción: Determina el nombre del servicio. Este atributo hace parte de la tabla de señalización SDT.
- Nombre: Identificación del servicio (*Service_id*).
Descripción: Identifica de forma exclusiva un servicio dentro de un flujo de transporte. Este atributo hace parte de la tabla de señalización SDT.
- Nombre: Proveedor del servicio (*Service_provider*).
Descripción: Determina el nombre del proveedor del servicio. Este atributo hace parte de la tabla de señalización SDT.
- Nombre: Tiempo UTC (*UTC_time, Universal Time Co-ordinated*)
Descripción: Determina la hora y fecha actuales, este atributo pertenece a la tabla de señalización TDT.

¹⁷PID (Packet Identification): Campo de 13 bits, se emplea para distinguir los paquetes de transporte asociados a un determinado flujo de transporte.

- Nombre: Número de programa (*Program_number*).
Descripción: Muestra el número de cada programa presente en un flujo de transporte (TS), puede tomar valores enteros entre 1 y 65535. Este atributo hace parte de la tabla de señalización PAT.
- Nombre: PID de mapa de programa (*Program_map_PID*).
Descripción: Identifica el PID de la tabla PMT de cada programa audiovisual. Este atributo hace parte de la tabla de señalización PAT.
- Nombre: Tipo de servicio (*Service_type*).
Descripción: Indica el tipo de servicio, puede tomar valores como 0x01 (servicio de televisión digital), 0x02 (servicio de radio digital), 0x03 (servicio de teletexto) [6]. Este atributo hace parte de la tabla de señalización SDT.
- Nombre: Tipo de flujo (*Stream_type*).
Descripción: Número que indica el tipo de flujo de fuente de información, algunos valores posibles son: 2 (0x02) para un flujo de video en formato MPEG-2, y 3 (0x03) para audio en formato MPEG-1. Este atributo hace parte de la tabla de señalización PAT.

Según la figura A.4 y considerando cada objeto de la estructura COFDM de forma independiente se obtiene los siguientes atributos:

Atributos del Codificador¹⁸.

- Nombre: Tasa de codificación interna HP¹⁹.
Descripción: Indica la tasa de codificación interna para el flujo de TS de alta prioridad. Los valores que puede tomar son: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 y 7/8.
- Nombre: Tasa de codificación interna LP²⁰.
Descripción: Indica la tasa de codificación interna para el flujo de TS de baja prioridad. Los valores que puede tomar son: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 y 7/8.

Atributos del Modulador.

- Nombre: Constelación.
Descripción: Indica el tipo de modulación utilizada, los valores que puede tomar son QPSK, 16QAM y 64QAM.
- Nombre: Modo de Transmisión.
Descripción: Indica el número de portadoras moduladas, puede tomar valores como 2K o 8K (1705 o 6817 portadoras por símbolo COFDM, respectivamente).

¹⁸ El laboratorio LabMU permite solo configurar la tasa de codificación interna convolucional (HP ó LP), la Codificación externa RS(204,188, t=8) se ha establecido para el sistema DVB-T no variable.

¹⁹ HP (High Priority): tasa de codificación interna de alta prioridad, descrita en la sección B.4 del anexo B.

²⁰ LP (Low Priority): tasa de codificación interna de baja prioridad, descrita en la sección B.4 del anexo B.

- Nombre: Intervalo de guarda.
Descripción: Indica el intervalo de tiempo que se inserta entre dos símbolos para reducir los efectos de la propagación multitrayecto. Los valores posibles son: 1/4, 1/8, 1/16 y 1/32.
- Nombre: Factor α^{21} .
Descripción: Puede tomar tres valores: $\alpha=1$ (modulación uniforme), $\alpha=2$ y $\alpha=4$ (modulación no uniforme).
- Nombre: Ancho de Banda.
Descripción: Parámetro que indica el ancho de banda del canal. Puede tomar diferentes valores tales como 6 MHz, 7 MHz y 8 MHz.

Atributos de RF.

- Nombre: Frecuencia.
Descripción: Determina la frecuencia RF de transmisión.
- Nombre: Canal.
Descripción: Determina el canal de radiofrecuencia utilizado en la transmisión, los valores posibles son: canal 21 al 69 (CCIR), canal 14 al 83 (América)

A.3.1.5 Identificación de servicios o métodos.

Los servicios o métodos se pueden definir como el comportamiento específico que puede presentar un objeto; a continuación, se describen los servicios correspondientes al transmisor.

✓ Identificación de servicios para la Fuente de información.

Según la figura A.2, se identifica a continuación los servicios de cada clase que pertenece a la fuente de información.

Servicios de Fichero MPEG A/V.

- Nombre: Selección del fichero MPEG A/V.
Descripción: Selecciona el archivo MPEG A/V almacenado previamente en el servidor LabMU.
- Nombre: Identificación de los paquetes TS.
Descripción: Identifica los paquetes de transporte TS del archivo MPEG-2.
- Nombre: Visualización de los atributos MPEG A/V.
Descripción: Visualiza los atributos del fichero MPEG A/V.

²¹ Factor α : Indica la distancia que existe entre dos puntos adyacentes de distintos cuadrantes dentro del esquema de modulación utilizado. Si $\alpha=1$, los puntos de la constelación tienen la misma distancia con sus adyacentes; α puede ser 2 ó 4, produciendo que cada punto de la constelación se multiplique por dicha constante.

Servicios de Fichero TS.

- Nombre: Selección del fichero TS.
Descripción: Selecciona el fichero TS de un archivo almacenado previamente en el servidor LabMU.
- Nombre: Visualización de los atributos TS.
Descripción: Visualiza los atributos del fichero de trama de transporte.

Servicios del Sintonizador DVB-T.

- Nombre: Sintonización de la señal DVB-T.
Descripción: Sintoniza la señal de un multiplex mediante la introducción del número del canal de sintonización²², o de forma manual, mediante la configuración de algunos parámetros técnicos de recepción (frecuencia, Intervalo de guarda, tasa de codificación LP, tasa de codificación HP, ancho de banda, tipo de modulación).
- Nombre: Visualización de los atributos de sintonización.
Descripción: Visualiza los atributos de la sintonización DVB-T.

Servicios de Captura TS.

- Nombre: Captura.
Descripción: Captura el flujo de transporte proveniente del sintonizador DVB-T y realiza el almacenamiento en un archivo con extensión TS.

✓ **Identificación de servicios para el Multiplexor.**

Según la figura A.3, se identifica a continuación los servicios de cada clase que pertenece al Multiplexor.

Servicios del Multiplexor de servicios y fuentes.

- Nombre: Multiplexación de las fuentes.
Descripción: Realiza la multiplexación de servicios de video, audio, datos y las correspondientes tablas de señalización procedentes de las diferentes fuentes, es decir, crea una única trama de transporte de salida.

Servicios del Editor PSI/SI.

- Nombre: Configuración del nombre de la red (*network_name*).
Descripción: Permite establecer el nombre de la red utilizada por el sistema.
- Nombre: Selección de la identificación de la red (*network_id*).
Descripción: Permite fijar el valor que identifica la red utilizada.

²² Canal de sintonización: número de canal DVB-T, canal 21 al 69 definidos por CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radiofrecuencia), canal 14 al 83 en América.

- Nombre: Configuración del nombre del servicio (*service_name*).
Descripción: Permite fijar el nombre del servicio que se va a crear.
- Nombre: Selección de la identificación del servicio dentro de un flujo de transporte (*service_id*).
Descripción: Permite fijar el valor que identifica el servicio utilizado.
- Nombre: Configuración del nombre del distribuidor del servicio (*service_provider*).
Descripción: Determina el nombre de distribuidor del servicio seleccionado.
- Nombre: Configuración de la hora y fecha de creación del flujo de transporte (*UTC_time*).
Descripción: Configura la fecha y hora actuales de creación del flujo de transporte.

✓ **Identificación de servicios para COFDM.**

Servicios del Codificador.

- Nombre: Codificación.
Descripción: Realiza la codificación externa de tipo Reed Solomon al flujo de transporte TS de alta prioridad (HP) o de baja prioridad (LP). Además, realiza a codificación interna y el proceso de perforado.

Servicios del Modulador.

- Nombre: Configuración de los modo de transmisión.
Descripción: Configura el número de portadoras que transmite el símbolo de COFDM.
- Nombre: Configuración del esquema de modulación.
Descripción: Configura el esquema de modulación, seleccionando entre QPSK, 16 QAM y 64QAM.
- Nombre: Selección del factor α .
Descripción: Selecciona el valor de α para elegir entre modulación uniforme ($\alpha=1$) y modulación no uniforme ($\alpha=2$ y $\alpha=4$).
- Nombre: Configuración del intervalo de guarda.
Descripción: Configura la duración del intervalo de guarda para fortalecer la señal frente a la propagación multitrayecto.

Servicios de RF.

- Nombre: Configuración RF.
Descripción: Selección de la frecuencia central del canal de radiofrecuencia, además, configura el número de canal utilizado.

A.3.1.6 Notación de la carta de especificación

Se considera cada objeto de forma independiente, en la figura A.5 se muestra la carta en notación de especificaciones del codificador, en el anexo D se encuentra la totalidad de cartas en notación de especificaciones de cada uno de los objetos que conforman el sub-sistema transmisor.

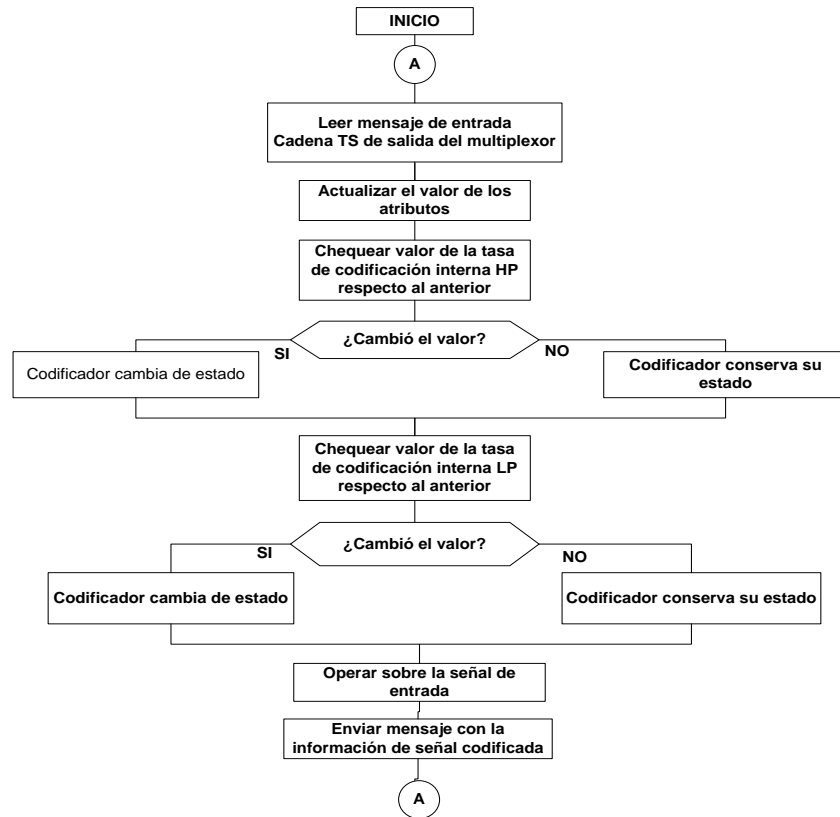


Figura A.5. Notación en cartas de especificaciones del codificador.

A.3.2 Modelo del Canal.

A.3.2.1 Identificación de clases y objetos.

El modelo del canal está compuesto por propagación multitrayecto con desvanecimiento tipo Ricean y Rayleigh, este fenómeno de propagación se debe a múltiples trayectos de la señal con: retardos relativos, diferentes potencias relativas, desplazamiento en frecuencia y diferentes fases. Además, los múltiples trayectos de la señal se afectan con ruido AWGN. Los objetos identificados en el modelo de canal son: canal multitrayecto y canal AWGN.

A.3.2.2 Identificación de estructuras.

En el modelo de simulación del canal, se utilizará la estructura Gen-Spec para el canal multitrayecto y la estructura Whole-Part para el canal AWGN. Es posible identificar las siguientes estructuras en el canal.

✓ Canal Multitrayecto.

Como se ilustra en la figura A.6, la clase canal multitrayecto está conformada por 2 clases heredadas denominadas: Ricean y Rayleigh.

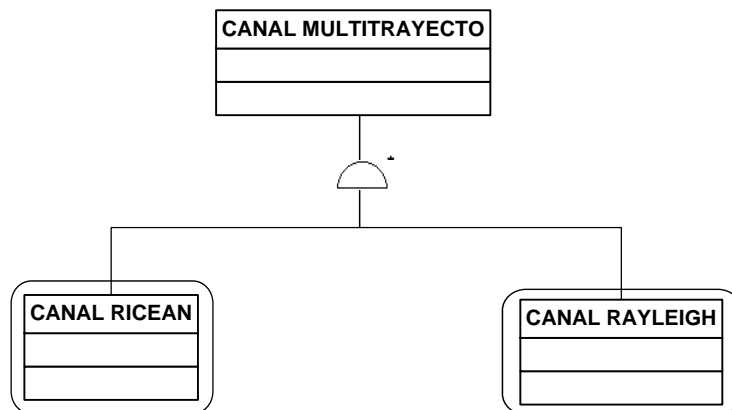


Figura A.6. Estructura del canal multitrayecto.

✓ Canal AWGN.

El canal AWGN no tiene ningún componente que lo conforme. Su estructura se muestra en la figura A.7.

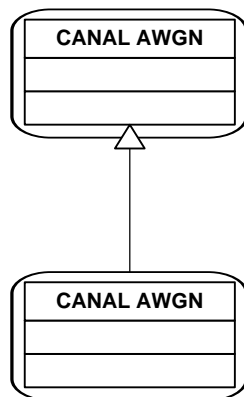


Figura A.7. Estructura del canal AWGN.

A.3.2.3 Identificación de los sujetos.

En el modelo del canal se identificó dos sujetos: canal multitrayecto y AWGN.

A.3.2.4 Identificación de los atributos.

A continuación se describen los atributos de cada una de las clases u objetos que conforman el canal de transmisión.

✓ Identificación de atributos para el canal multitrayecto.

Según la estructura de la figura A.6, se identifica a continuación los atributos de cada clase que pertenecen al canal multitrayecto.

Atributos para el canal Ricean.

- Nombre: Trayecto con línea de vista.
Descripción: Define la existencia del trayecto con línea de vista entre el transmisor y el receptor.
- Nombre: Número de trayectos.
Descripción: Determina el número de trayectos presentes en el canal Ricean, puede tomar valores de 1 a 6.
- Nombre: Potencia relativa.
Descripción: Define el valor de potencia de un trayecto, con relación al trayecto de línea de vista. LabMU permite un rango de 0 a -40 dBc²³ en pasos de 0.1 dB.
- Nombre: Desplazamiento Doppler²⁴ del trayecto de línea de vista.
Descripción: Especifica el desplazamiento de frecuencia del trayecto de línea de vista. LabMU permite un rango de desplazamiento Doppler entre -830 Hz y 830 Hz en pasos de 0.1 Hz.
- Nombre: Desplazamiento Doppler Máximo.
Descripción: Especifica el desplazamiento de frecuencia de los trayectos presentes en el canal Ricean. LabMU permite un rango de desplazamiento Doppler entre -830 Hz y 830 Hz en pasos de 0.1 Hz.
- Nombre: Retardo relativo.
Descripción: Especifica el retardo de los trayectos respecto al trayecto de línea de vista. LabMU permite los siguientes rangos de retardo relativo:

²³ dBc: decibel relativo a la señal de máxima potencia relativa.

²⁴ Desplazamiento Doppler: Es el desplazamiento de frecuencia de la señal producido por el movimiento relativo entre el emisor y el receptor.

- 0 a 447.9 s por pasos de 100 ns en un canal de 8 MHz.
 - 0 a 511.9 s por pasos de 100 ns en un canal de 7 MHz.
 - 0 a 597.2 s por pasos de 100 ns en un canal de 6 MHz.
- Nombre: Fase.
Descripción: Especifica la fase de cada uno de los trayectos del canal Ricean. LabMU permite un rango para la fase de 0 a 359.9° por pasos de 0.1°.

Atributos para el canal Rayleigh.

- Nombre: Número de trayectos.
Descripción: Determina el número de trayectos presentes en el canal Rayleigh.
- Nombre: Potencia relativa.
Descripción: Define el nivel de potencia de un trayecto, con relación al trayecto de mayor potencia presente en el canal Rayleigh. LabMU permite un rango de 0 a -40 dBc²⁵ en pasos de 0.1 dB.
- Nombre: Desplazamiento Doppler Máximo.
Descripción: Especifica el desplazamiento de frecuencia de los trayectos presentes en el canal Rayleigh. LabMU permite un rango de desplazamiento Doppler entre -830 Hz y 830 Hz en pasos de 0.1 Hz.
- Nombre: Retardo relativo.
Descripción: Especifica el retardo de los trayectos respecto al trayecto de línea de vista. LabMU permite los siguientes rangos de retardo relativo:
 - 0 a 447.9 s por pasos de 100 ns en un canal de 8 MHz.
 - 0 a 511.9 s por pasos de 100 ns en un canal de 7 MHz.
 - 0 a 597.2 s por pasos de 100 ns en un canal de 6 MHz.
- Nombre: Fase.
Descripción: Especifica la fase de cada uno de los trayectos del canal Rayleigh. LabMU permite un rango para la fase de 0 a 359.9° en pasos de 0.1°.

✓ **Identificación de atributos para el canal Ricean.**

- Nombre: Nivel de ruido AWGN.
Descripción: Determina el nivel de ruido AWGN acorde al nivel de potencia de la señal. LabMU permite un rango de 3 a 40 dB en pasos de 0,5 dB.

²⁵ dBc: decibel relativo a la señal de máxima potencia relativa.

A.3.2.5 Identificación de servicios o métodos.

✓ **Identificación de servicios para el canal multitrayecto.**

Según la figura A.6, se identifica a continuación los servicios de cada clase que pertenece al canal multitrayecto.

Servicios del canal Ricean.

- Nombre: Generación de trayectos Ricean.
Descripción: Añade los efectos de distorsión de la señal causados por: el desplazamiento Doppler del trayecto de línea de vista, los retardos relativos, las potencias relativas, el desplazamiento Doppler máximo y las fases presentes en los múltiples trayectos que implementa el modelo de canal Ricean.

Servicios del canal Rayleigh.

- Nombre: Generación de trayectos Rayleigh.
Descripción: Añade los efectos de distorsión de la señal causados por: los retardos relativos, las potencias relativas, el desplazamiento Doppler máximo y las fases presentes en los múltiples trayectos que implementa el modelo de canal Rayleigh.

✓ **Identificación de servicios para el canal AWGN.**

- Nombre: AWGN.
Descripción: Adiciona ruido AWGN dependiendo del nivel de potencia.

A.3.3 Modelo del Receptor.

El receptor está representado mediante un módulo de LabMU, que posee todas las funcionalidades de un analizador de campo de TV digital, como decodificación, visualización del diagrama de constelación, respuesta al impulso, y monitoreo de los parámetros de calidad de la señal recibida.

A.3.3.1 Identificación de clases y objetos.

El modelo del receptor está conformado por el analizador RF, el cual se puede identificar como el objeto.

A.3.3.2 Identificación de las estructuras.

En la figura A.8 se visualiza el modelo del receptor. El analizador RF se divide en 2 componentes: sintonizador y monitoreo; una vez configurada la frecuencia central del canal de radiofrecuencia, el sintonizador realiza la recepción de la señal, y el monitoreo visualiza diversos parámetros y diagramas de calidad de la señal.

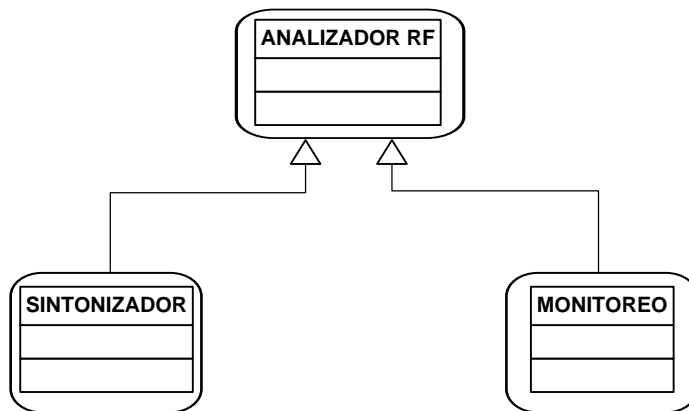


Figura A.8. Estructura del analizador RF.

A.3.3.3 Identificación de los sujetos.

Se identificó un único sujeto, el analizador RF.

A.3.3.4 Identificación de los atributos.

- Nombre: Frecuencia.
Descripción: Define la frecuencia en Hz de la señal TDT modulada a sintonizar.
- Nombre: Nivel RF.
Descripción: Indica el nivel de potencia de la señal sintonizada en dBm.
- Nombre: BER
Descripción: Indica la tasa de bits errados calculada después de Viterbi y antes del proceso de Reed Solomon.
- Nombre: MER
Descripción: Indica el valor de la relación de error de modulación, expresada en dB.
- Nombre: Ancho de Banda.
Descripción: Define el ancho de banda del multiplex a sintonizar.

A.3.3.5 Identificación de servicios o métodos.

- Nombre: Sintonizar.
Descripción: Sintoniza la señal modulada mediante la frecuencia.
- Nombre: Monitorear.
Descripción: Realiza el proceso de monitoreo y visualización de los atributos: nivel RF, BER y MER.
- Nombre: Visualizar diagrama de constelación.
Descripción: Muestra la constelación del multiplex sintonizado en la banda UHF.
- Nombre: Visualizar respuesta al impulso del canal de transmisión.
Descripción: Muestra en forma grafica la respuesta al impulso de canal sintonizado.
- Nombre: Visualizar parámetros del nivel físico de transmisión.
Descripción: Indica el valor de los parámetros del nivel físico de transmisión de la señal TDT sintonizada (tasa de codificación HP y LP, modo de transmisión, tipo de modulación, intervalo de guarda, tipo de jerarquía).

A.4 MODELO DE SIMULACIÓN.

Después de la recolección y el procesamiento de los datos del sistema, se procede a plantear un modelo de simulación mediante una abstracción que cumpla con el estándar DVB-T descrito en la norma ETSI EN 300 744. El modelo propuesto es una combinación de objetos y clases anteriormente descritos, siguiendo un flujo de datos secuencial. Dividiendo el sistema total en tres subsistemas:

- ✓ Transmisor. Contiene la multiplexación de las diferentes fuentes y sus respectivas tablas de señalización. Además, realiza todo el proceso de codificación y generación de símbolos COFDM, de acuerdo al esquema de modulación determinado.
- ✓ Canal. Realiza la simulación de un canal con condiciones de propagación multitrayecto.
- ✓ Receptor. Representado por el analizador RF.

La estructura del modelo a implementado en LabMU se visualiza en la figura A.9.

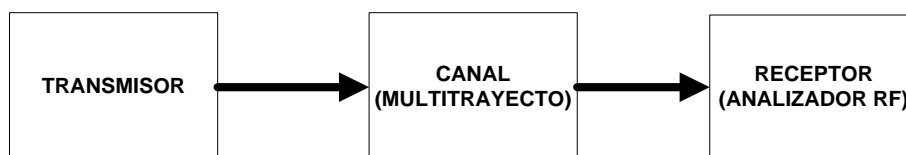


Figura A.9. Estructura del sistema.

A.4.1 Modelo de Simulación: Transmisor

El modelo de simulación del transmisor en un alto nivel de abstracción se visualiza en la figura A.10.

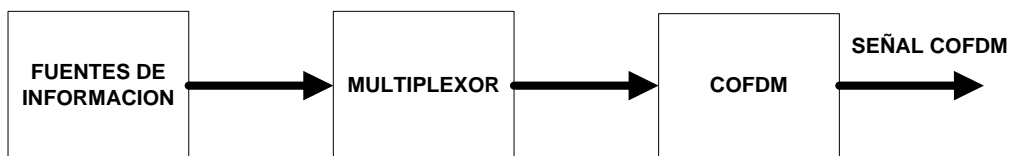


Figura A.10. Estructura del transmisor.

En esta estructura se muestran los tres sujetos definidos en la sección anterior para el transmisor, a continuación se realiza una descripción detallada.

A.4.1.1 Estructura interna y caracterización de la fuente de información.

Conformado por las clases encargadas de generar las cadenas de flujo de transporte TS de los diversos contenidos (video, audio y datos). Esta información queda a disposición del multiplexor para generar un único TS. Como se definió en la sección anterior, las clases que representan la fuente de información son: Fichero MPEG A/V, Fichero de trama de transporte y Sintonizador DVB-T. A continuación se describen con mayor detalle.

- **Fichero MPEG A/V.**

El fichero MPEG A/V permite seleccionar una fuente de vídeo con su correspondiente señal de audio, bajo en estándar MPEG-2; dicho archivo debe estar almacenado en el servidor LabMU. Después del cargar el video, se puede visualizar su contenido, para posteriormente identificar el flujo de transporte MPEG-2 correspondiente a la cadena de transporte TS, esto se ilustra en la figura A.11.

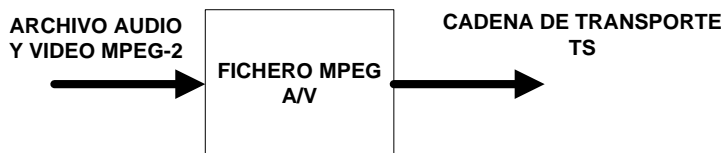


Figura A.71. Estructura interna del fichero MPEG A/V.

La descripción de la fuente de Fichero A/V se realiza a continuación:

Señales de entrada:

Archivo de video almacenado en el servidor LabMU, codificado bajo el estándar MPEG-2.

Señal de salida:

Cadena de transporte TS. Este flujo de datos está conformado por paquetes de transporte MPEG-2 de 188 bytes de longitud, como se describe en la sección B.1 del anexo B.

- **Fichero TS.**

Esta fuente permite seleccionar un archivo TS previamente almacenado en el servidor LabMU, para posteriormente llevar la trama de TS al multiplexor, como se ilustra en la figura A.12.



Figura A.82. Estructura de fichero de trama de transporte.

La descripción del Fichero trama de transporte se realiza a continuación:

Señales de entrada:

Archivo TS almacenado en el servidor LabMU.

Señal de salida:

Cadena de transporte TS. Flujo de datos conformado por paquetes de transporte de 188 bytes de longitud, descritos en la figura B.2 del anexo B.

- **Sintonizador DVB-T.**

En la figura A.13 se visualiza la estructura interna del sintonizador DVB-T, el cual sintoniza la señal de TDT (múltiplex). Después del proceso de sintonización se procede a la grabación del flujo de transporte, mediante el servicio de captura se obtiene el archivo TS para entregarlo al multiplexor.

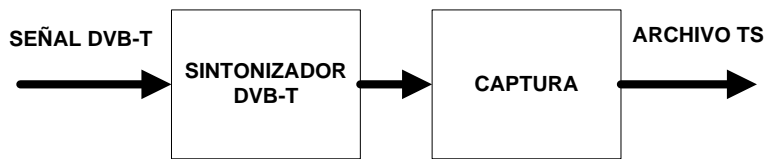


Figura A.93. Estructura interna del sintonización DVB-T.

Señales de entrada:

Señal RF proveniente de emisiones de DVB-T.

Señal de salida:

Archivo conformado por el flujo de transporte (extensión TS). Es almacenado en el servidor LabMU.

A.4.1.2 Estructura interna y caracterización del Multiplexor.

La estructura interna del multiplexor se visualiza en la figura A.14. El proceso de multiplexación inicia mediante el servicio *multiplexar fuentes*, para crear una única trama de transporte de salida, a partir de las diferentes fuentes de información. Además, se utiliza el servicio *editar tablas de señalización*, para crear y editar las tablas PSI/SI correspondientes.

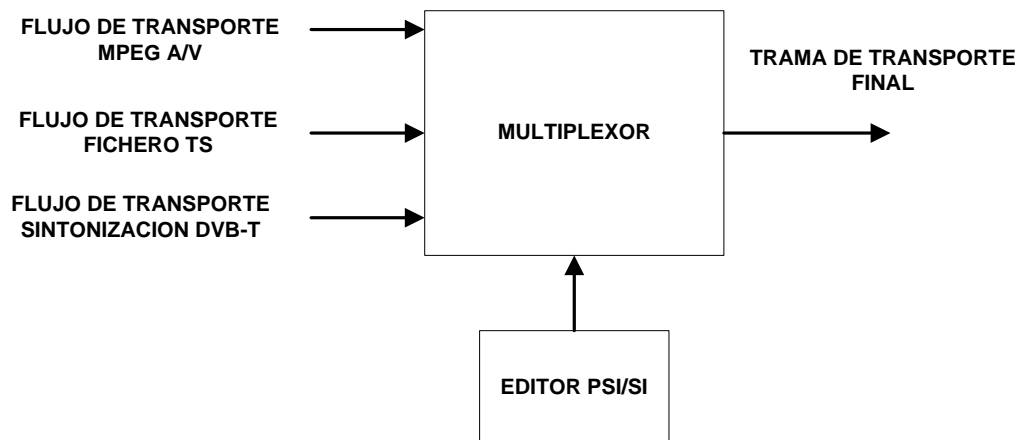


Figura A.104. Estructura interna del multiplexor.

Señales de entrada:

Las señales de entrada son constituidas por las fuentes de información, así:

- ✓ Flujo de transporte MPEG/AV, proveniente del fichero MPEG A/V.
- ✓ Flujo de transporte Fichero TS, proveniente del fichero de trama de transporte.

- ✓ Flujo de transporte sintonización DVB-T, proveniente del archivo TS resultante del proceso de sintonización DVB-T.

Señal de salida:

Cadena final de transporte TS. Flujo de datos conformado por paquetes de transporte de 188 bytes de longitud, que contiene los servicios de las diferentes fuentes de información.

A.4.1.3 Estructura interna y caracterización de COFDM.

La estructura interna de COFDM se visualiza en la figura A.15. Este modulo de LabMU es representado por un objeto, en él, se realiza la codificación de canal necesaria para TDT, además se configura todos los parámetros de modulación definidos por el estándar DVB-T, y el número de canal o frecuencia RF a utilizar para la transmisión.

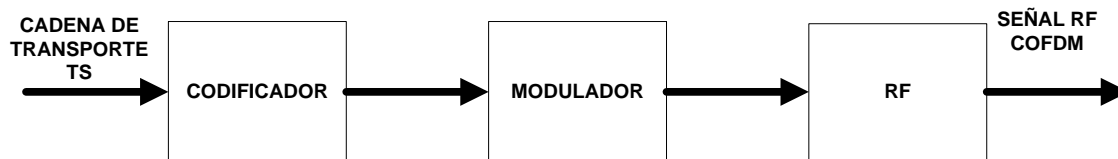


Figura A.115. Estructura interna de COFDM.

La caracterización de COFDM se describe a continuación:

Señales de entrada:

Cadena de transporte TS proveniente del multiplexor.

Señales de salida:

Señal COFDM en radiofrecuencia.

Señales propias de procesos internos.

El modulador COFDM, posee internamente 3 componentes que contienen sus respectivas señales y variables, las cuales se describen a continuación.

- ✓ **Codificador.**

Este componente hace parte del modulo COFDM, en el se realiza los procesos: codificación externa, entrelazador externo, codificación interna y entrelazador

interno. Estos procesos pertenecen a la arquitectura del sistema transmisor DVB-T descritos en la sección B.5 del anexo B.

Señal de entrada:

Cadena de transporte TS proveniente del multiplexor.

Variables de entrada:

Valor de la tasa de codificación interna para los flujos de información LP y HP.

Señal de salida:

Vector de salida Y del entrelazador interno, descrito en la ecuación (B.11) del anexo B.

✓ **Modulador**

Este componente realiza el proceso de modulación para obtener la señal COFDM.

Señal de entrada:

Señal proveniente del codificador.

Variables de entrada:

Tipo de modulación.

Modo de transmisión.

Valor del intervalo de guarda, factor α y ancho de banda.

Señal de salida:

Señal modulada en COFDM bajo el estándar DVB-T.

✓ **RF**

Este componente genera la señal COFDM en RF.

Señal de entrada:

Señal proveniente del modulador.

Variables de entrada:

Frecuencia RF y canal de transmisión.

Señal de salida:

Señal COFDM en radiofrecuencia.

A.4.2 Modelo de Simulación: Canal.

El modelo de simulación del canal en su nivel de abstracción más alto se visualiza en la figura A.16.

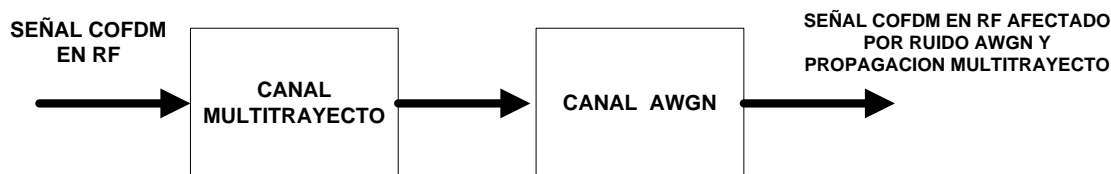


Figura A.126. Estructura interna de canal de transmisión.

En la estructura de la figura A.16 se muestran los dos sujetos definidos en la sección A.3.2.2 para el canal, a continuación se realiza una descripción detallada.

A.4.2.1 Estructura interna y caracterización del canal multitrayecto.

Este tipo de canal simula la propagación multitrayecto de la señal COFDM RF con características definidas por las clases heredadas, es decir el canal Ricean y el canal Rayleigh, los cuales son recomendados para el estándar DVB-T en la norma ETSI EN 300 744, y se diferencian en la existencia o ausencia del trayecto de línea de vista. A continuación se describen con mayor detalle.

- **Canal Ricean.**

Este tipo de canal simula las condiciones de propagación de la señal DVB-T en un escenario con línea de vista.

Señal de entrada:

Señal proveniente del modulador RF.

Variables de entrada:

Trayecto con línea de vista.

Número de trayectos.

Potencia relativa de cada trayecto.

Desplazamiento Doppler del trayecto de línea de vista.

Desplazamiento Doppler máximo.

Retardo relativo de cada trayecto.

Fase correspondiente a cada trayecto.

Señal de salida:

Señal afectada por multitrayecto.

- **Canal Rayleigh.**

Este tipo de canal simula las condiciones de propagación de la señal DVB-T en un escenario sin línea de vista.

Señal de entrada:

Señal proveniente del modulador RF.

Variables de entrada:

Número de trayectos.

Potencia relativa de cada trayecto.

Desplazamiento Doppler máximo.

Retardo relativo de cada trayecto.

Fase correspondiente a cada trayecto.

Señal de salida:

Señal afectada por multitrayecto.

A.4.2.2 Estructura interna y caracterización del canal AWGN.

Adiciona ruido AWGN a las múltiples señales que brinda el canal multitrayecto. Este canal degrada la información proveniente del transmisor.

Señal de entrada:

Señal proveniente del canal multitrayecto.

Variables de entrada:

Nivel de ruido AWGN.

Señal de salida:

Señal COFDM en RF afectada por el ruido AWGN y la propagación multitrayecto.

A.4.3 Modelo de Simulación: Receptor

El modelo de simulación del receptor en su nivel de abstracción más alto se visualiza en la figura A.17.



Figura A.137. Estructura interna de receptor.

Señal de entrada:

Señal proveniente del canal de transmisión.

Variables de entrada:

Valor de la frecuencia de la señal a sintonizar.

Valor del ancho de banda del multiplex a sintonizar.

Señal de salida:

Ninguna.

A.5 FORMULACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN.

El modelo propuesto es una combinación de los módulos funcionales de LabMU, representados por los objetos instanciados a partir de las clases anteriormente descritas, siguiendo un flujo de datos secuencial. A partir de cada una de las fuentes de información se constituye la señal en RF de DVB-T. En la figura A.18, se puede apreciar la representación del flujo de datos a través de los diferentes sujetos que conforman los subsistemas del modelo de simulación utilizando LabMU, conformado por tres secciones, la primera sección corresponde a la gestión de señales reales (no simuladas) que se

procesan con los equipos hardware de TDT del laboratorio. La segunda sección se encuentra en un entorno de simulación para el canal de transmisión. En la tercera sección se encuentra el analizador RF.

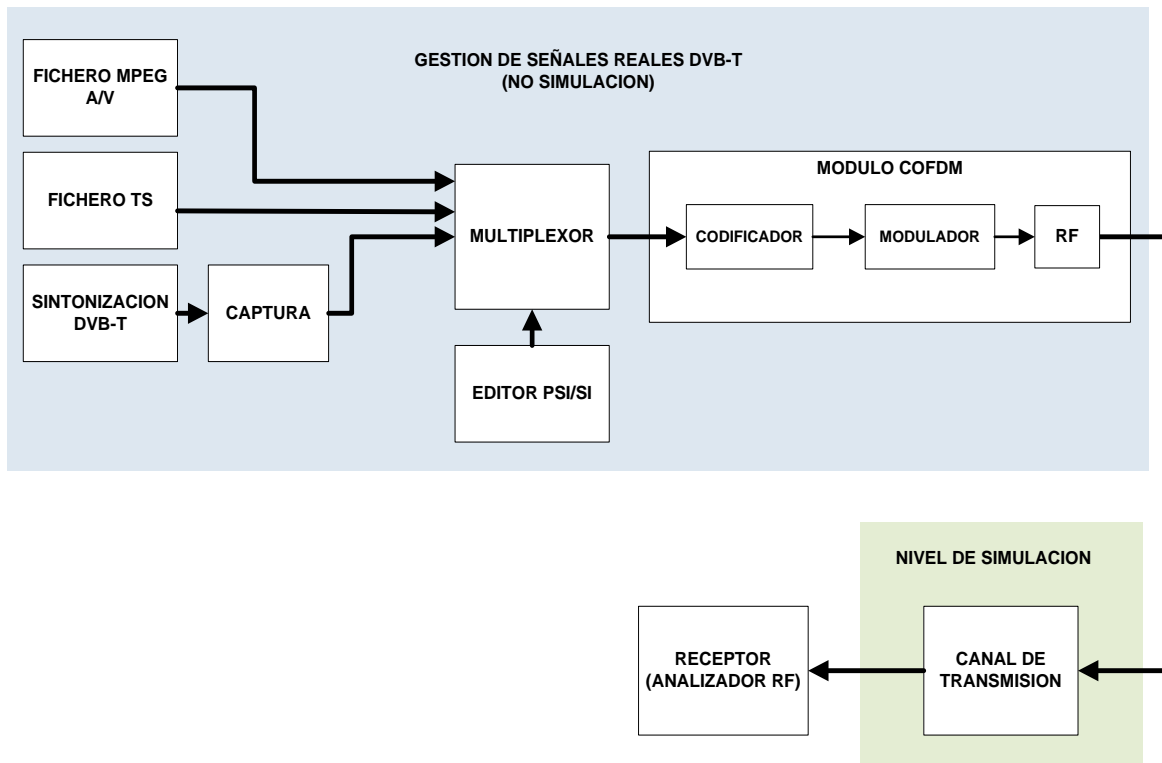


Figura A.148. Modelo de simulación.

A.6 EVALUACIÓN DEL MODELO Y LOS PARÁMETROS ESTIMADOS.

Mediante el empleo de las cartas de notación de especificaciones se realiza el análisis del modelo de simulación, evaluando cada una de las clases que conforman el transmisor, canal y receptor. Este proceso permite realizar las siguientes evaluaciones del modelo:

- **Evaluación de la correcta descripción de variables.** Haciendo el análisis respectivo de cada uno de los objetos con base en el estándar DVB-T, se puede decir que las variables de entrada y de salida del modelo de simulación del nivel físico del estándar (utilizando LabMU), son suficientes para clasificar e identificar el tipo de información que se suministra al sistema, así como la información que el proveerá.

- **Evaluación de la complejidad resultante de cada objeto.** La complejidad que presenta cada uno de los objetos que conforman el sistema, sus variables y las interacciones presentes son lo suficientemente sencillas para permitir la fácil interpretación del modelo de simulación a nivel físico del estándar DVB-T utilizando LabMU.
- **Evaluación de los objetivos.** El modelo permite realizar el análisis de los resultados de los procesos de transmisión y recepción (analizador RF). Se debe considerar que la cantidad de datos es aceptable en virtud de la dimensión del sistema.
- **Complejidad del proyecto.** Se cumple con el objetivo planteado de obtener el modelo de simulación de la capa física del estándar DVB-T e implementarlo en LabMU.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. C. Muñoz y J. Muñoz, "Metodología para la Simulación de Equipos de Telecomunicaciones," Proyecto de Grado, Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia, 1995.
- [2]. Xpertia Soluciones Integrales, "LabMU: Laboratorio multiusuario," *Xpertia Soluciones Integrales*. [En línea]. Disponible: http://www.xpertiasi.com/Archives/Brochure%20LabMU_optim.pdf. [Consultado: junio 25, 2010].
- [3]. European Telecommunications Standards Institute, "Digital Video Broadcasting (DVB): Digital broadcasting systems for television, sound and data services; Allocation of Service Information (SI) codes for Digital Video Broadcasting (DVB) systems," *European Telecommunications Standards Institute*, ETR 162. [En línea]. Disponible: http://www.etsi.org/deliver/etsi_etr/100_199/162/01_60/etr_162e01p.pdf. [Consultado: junio 25, 2010].