



17 del 24 al 28 de noviembre de 2014
**CONVENCIÓN CIENTÍFICA
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**
PALACIO DE CONVENCIONES DE LA HABANA



DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN PARA LA DEMULTIPLEXACIÓN DE UNA TRAMA DE TRANSPORTE MPEG-2

Ing. Iván Rodríguez Portas¹, Ing. Lázaro Miguel Pérez Estévez²

¹**LACETEL**, Cuba, Ave. Rancho Boyeros, #34515 (19200), Zona Postal: General Peraza, La Habana

²**LACETEL**

¹e-mail: ivanportas1990@gmail.com

RESUMEN

En la actualidad Cuba se encuentra inmersa en un proceso de migración hacia la Televisión Digital, donde uno de los pilares que se debe alcanzar durante este proceso de transición es la independencia tecnológica, llegando al punto de contar con equipamiento comercializable para la transmisión y recepción de la señal digital. Teniendo en cuenta las necesidades anteriores, se desarrolló una aplicación de software que cubre las etapas esenciales del proceso de demultiplexación del audio y el video de un programa contenido en una Trama de Transporte MPEG-2, siendo el mismo un componente imprescindible en la etapa de recepción de la Televisión Digital.

El presente trabajo describe de forma general el proceso de demultiplexación de una Trama de Transporte MPEG-2, así como las tablas de Información Específica de Programa necesarias. Se culminó con la validación de la aplicación mediante el proceso de compilación con la plataforma de desarrollo Visual Studio, la comprobación de los resultados con el empleo de software comerciales Analizadores de Trama y la correcta reproducción por separado de los archivos de video y audio del programa demultiplexado.

PALABRAS CLAVES: Demultiplexación MPEG-2, Trama de Transporte, Televisión Digital.

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR THE DEMULTIPLEXATION OF AN MPEG-2 TRANSPORT STREAM

ABSTRACT

Today Cuba is immersed in a process of migration to Digital TV where one of the pillars to be reached during this transition process is technological independence, to the point of having marketable equipment for the transmission and reception of the digital signal. Given the above requirements, was developed a software application that covers the essential stages of demultiplexing audio and video content in an MPEG-2 Transport Stream program, being an essential component in the same stage Digital TV reception.

This paper describes the main aspects of the demultiplexe process, including Program Specific Information tables. It is culminated with the validation of the application through the build process of the development platform Visual Studio, checking the results with the use of commercial software Stream Analyzers and the correct separately reproduction of the video and audio files from the demultiplexed program.

KEY WORDS: MPEG-2 demultiplexe, Transport Stream, Digital Television.

1. INTRODUCCIÓN

El despliegue de la televisión digital es un proceso de evolución tecnológica en el cual Cuba se encuentra inmerso con la creación de una Zona de Demostración en La Habana en abril del año 2013, por tanto es indispensable comenzar el proceso de adopción tecnológica que comienza con la etapa de conversión



17 del 24 al 28 de noviembre de 2014
**CONVENCIÓN CIENTÍFICA
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**
PALACIO DE CONVENCIONES DE LA HABANA



automática donde se distribuyen decodificadores de la señal de televisión digital, y algunos telespectadores inician el proceso de cambio. Para continuar el despliegue y poder pasar a la etapa de adopción espontánea es necesario comenzar la penetración del nuevo servicio de Televisión Digital, impulsando la creación de la infraestructura requerida y la adquisición de equipamiento para comenzar el proceso de transmisión-recepción de la señal digital.

Una de las principales ventajas que ofrece la transición hacia la televisión digital radica en la economía de utilización de espectro radioeléctrico con respecto a su homóloga analógica. Uno de los procesos que lo hace posible es la multiplexación en Tramas de Transporte (TS por sus siglas en inglés) MPEG-2, la cual permite encausar la información de múltiples programas en un solo TS. La demultiplexación es necesaria entonces en la recepción de esta señal de televisión digital.

LACETEL[®], Instituto de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones se inserta dentro del programa de despliegue de la Televisión Digital en Cuba como la entidad encargada de asimilar la nueva tecnología. El término asimilación tecnológica forma parte de un término más general: Transferencia de Tecnología. En lo que respecta a los países en desarrollo, adquirir la tecnología a través de la transferencia es más efectivo que generarla por I+D propia, especialmente en el sector de las telecomunicaciones, debido al alto costo de la I+D, el largo proceso del desarrollo y el corto plazo de obsolescencia. En nuestro caso la independencia tecnológica pasa por la asimilación de la nueva tecnología digital de origen chino que se está adoptando e introduciendo en el país, ser capaces de imitar y reproducir el equipamiento que brinda soporte a dicha tecnología y en última instancia innovar para adaptar la tecnología a nuestros requerimientos encaminándonos a una necesaria independencia tecnológica.

Un elemento imprescindible, contenido en los equipos receptores de Televisión Digital y en el equipamiento de remultiplexación de canales digitales, lo constituye el módulo demultiplexor de Tramas de Transporte MPEG-2. No existe en la actualidad una solución de producción nacional para el diseño e implementación de un demultiplexor MPEG-2 TS.

2. DEMULTIPLEXACION DE UNA TRAMA DE TRANSPORTE MPEG-2

El flujo de transporte MPEG-2 ofrece, en el caso de la televisión digital, una ventaja importante, y es que una variedad de flujos binarios sin ninguna relación entre sí, pueden mezclarse en un mismo flujo o caudal. La designación apropiada es la de un sistema de conmutación de paquetes, en que cada paquete corresponde a un flujo de información particular y tiene un Identificador de paquete (PID por sus siglas en inglés) específico, de manera que puede seleccionarse fácilmente del grupo de paquetes. [1]

Las señales de audio y video comprimidas son llamadas Tramas Elementales (ES por sus siglas en inglés). Por lo tanto hay tramas de video, tramas de audio y por lo general tramas de datos, esta última conteniendo cualquier tipo de datos, comprimidos o no. Las Tramas Elementales MPEG-2 son divididas en paquetes de longitud variable que se conocen como Tramas Elementales Paquetizadas (PES por sus siglas en inglés). De este modo se convierte el flujo continuo de información de la Trama Elemental en bloques discretos, que permiten un mejor control de su transmisión o almacenamiento. [2]

La Trama de Transporte MPEG-2 se compone de paquetes de 188 bytes, con 4 bytes de cabecera y 184 bytes de carga útil. La carga útil puede contener: flujo PES de video, audio o datos o secciones de Información Específica de Programa (PSI por sus siglas en inglés). Para hacer más eficiente el proceso la cabecera normal es relativamente pequeña pero para propósitos especiales puede ser extendida y en consecuencia la carga útil tendría menor longitud. En la se muestra el proceso de formación de los paquetes TS a partir del flujo de paquetes PES. [2]

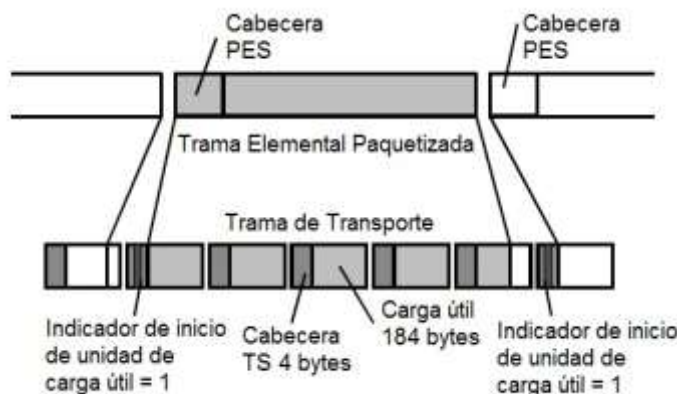


Figura 1 Generación de los paquetes TS.

El número y la estructura de los programas transmitidos en la Trama de Transporte es flexible y abierto por lo que es necesario incluir una lista que muestre la estructura instantánea de programas del TS. Las tablas enviadas en la Trama de Transporte contienen información PSI. La función de estas tablas PSI es hacerle conocer al demultiplexor los PID de los paquetes TS que transportan las Tramas Elementales de video, audio y datos correspondientes a cada programa que está siendo multiplexado en la TS.

La Información Específica de Programa se clasifica en cinco estructuras de tablas, en la Tabla 1 se muestran solamente las de interés para el desarrollo de la aplicación. Con el fin de garantizar un modo en que estas tablas puedan ser regeneradas en el demultiplexor, es necesario segmentar estas estructuras antes de ser enviadas en los paquetes TS. Para ello las tablas se dividen en una o más secciones y se provee un mecanismo para su conformación a partir del contenido de las secciones transportadas en los paquetes TS, algunos con PID predeterminados y otros con PID seleccionados por el proveedor. [3]

Tabla 1 Algunas clasificaciones de la Información Específica de Programa.

Nombre de la estructura	Tipo de trama	Número de PID	Descripción
Tabla de Asociación de Programa (PAT por sus siglas en inglés)	ITU-T Rec. H.222.0 ISO/IEC 13818-1	0x00h	Asocia números de programa y PID de la Tabla de Mapa de Programa.
Tabla de Mapa de Programa (PMT por sus siglas en inglés)	ITU-T Rec. H.222.0 ISO/IEC 13818-1	Asignación indicada en la PAT	Especifica valores de PID para componentes de uno o más programas.
Tabla de Descripción de Servicios (SDT por sus siglas en inglés)	ETSI EN 300 468	0x0011h	Proporciona información acerca de los servicios contenidos en el TS actual u otro

En la Figura 2 se muestra en forma de ejemplo el proceso de demultiplexación de una Trama de Transporte. Primero se ha de analizar la tabla PAT para así conocer los PID de los paquetes TS que contienen la tabla PMT asociada a cada programa. Luego a partir de esta información, y en función de la elección del programa a



visualizar por el usuario, se obtienen los flujos elementales de audio, video y datos de ese programa y son finalmente entregados a los respectivos decodificadores. [2]

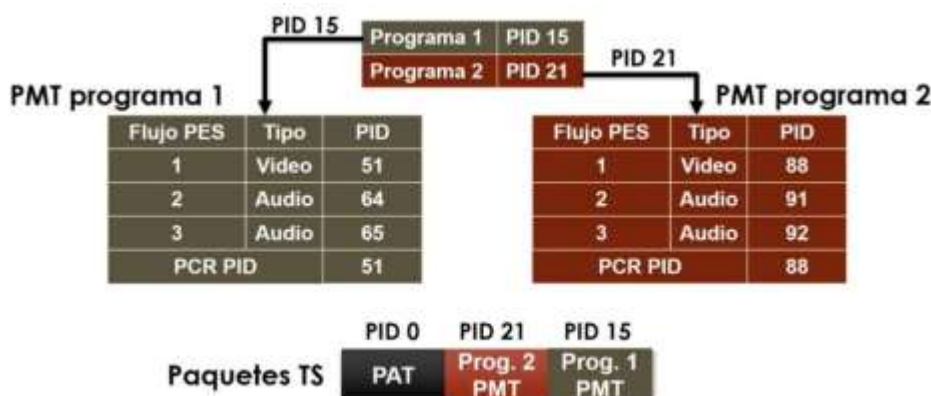


Figura 2 Ejemplo de demultiplexación de una Trama de Transporte.

3. ESPECIFICACIONES DEL SOFTWARE DESARROLLADO

El desarrollo y compilación del software se realizó a través del programa Visual Studio 2008. Visual Studio consta de una suite de herramientas para la creación de aplicaciones tanto de escritorio como de Web Empresarial. Al igual que en el software de referencia, el lenguaje de programación utilizado fue ANSI C debido a la compatibilidad que posee con el módulo de desarrollo de software (SDK por sus siglas en inglés) de Xilinx. Como la aplicación desarrollada constituye la base de un diseño más complejo, se utiliza un enfoque software para lograr validar un diagrama en bloques de forma más sencilla. De forma tal que luego de obtenido un diseño que se comprueba su funcionamiento, se puedan implementar en hardware aquellos bloques que sean necesarios para lograr una optimización en cuanto a tiempo de procesamiento, que es el punto débil del enfoque software. En la Figura 3 se muestra el diagrama en bloques de la aplicación implementada, a continuación se realiza una breve descripción de estos bloques.

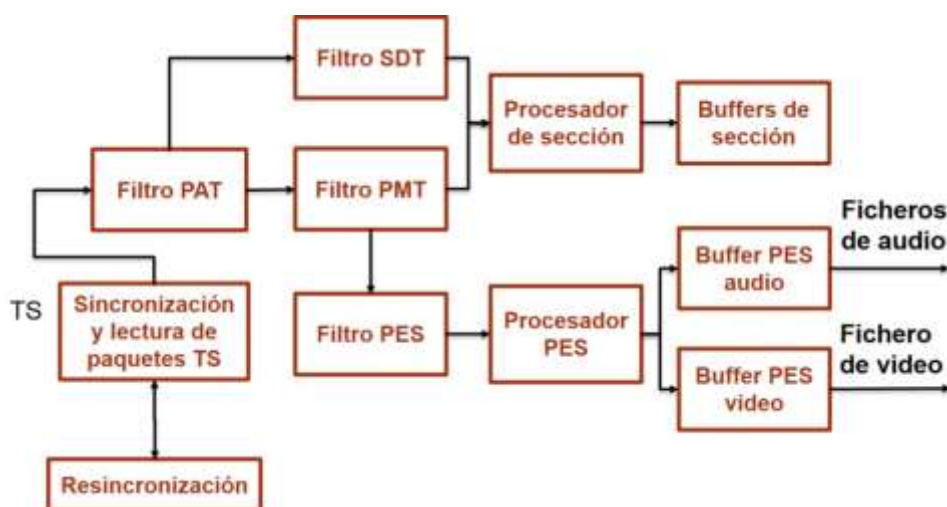


Figura 3 Diagrama en bloques de la aplicación desarrollada.



17 del 24 al 28 de noviembre de 2014
**CONVENCIÓN CIENTÍFICA
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**
PALACIO DE CONVENCIONES DE LA HABANA



Sincronización y lectura de paquetes TS

Luego de almacenar el paquete TS en el buffer se compara el primer byte con el valor 0x47h. De ser diferente se procede a realizar la resincronización con la Trama de Transporte.

Resincronización

El proceso de resincronización se realiza de forma similar a lo planteado en la recomendación y a lo implementado en el código de referencia. Se recorre el paquete almacenado en busca de un byte que concuerde con el valor del byte de sincronismo. Después de encontrado se comprueba que cada 188 bytes y durante 5 veces consecutivas se obtenga nuevamente el valor 0x47h, si es positiva la comparación para todos los casos se da por finalizado el proceso de resincronización y se deja almacenado en el buffer el último paquete del ciclo.

Filtros PAT, PMT, SDT y PES

Como ya se ha analizado, el primer paso para lograr una demultiplexación exitosa de la información enviada en el TS es el procesamiento de los paquetes que transportan las tablas PSI, en la aplicación desarrollada solo fueron procesadas la tabla PAT, la tabla PMT de cada programa y, de existir, la tabla SDT. El procesamiento de dichas tablas brinda un esquema general de los servicios contenidos en la Trama de Transporte.

Inicialmente se compara el PID de cada paquete leído con el PID nulo, identificador de los paquetes portadores de secciones de la PAT. Solamente después de procesar la información completa de la PAT se comienzan a aplicar los filtros para obtener cada una de las PMT correspondientes a todos los programas presentes en la trama. Estas funciones son semejantes a las implementadas durante el proceso de demultiplexación normal del software de referencia. El filtrado de los paquetes TS con datos PES se comienza a realizar después de encontrada la PMT del programa cuyos flujos PES se desean obtener.

Solamente se realiza el filtrado de paquetes PES asociados a un programa determinado almacenando en ficheros creados cada uno de los flujos de audio y de video para su posterior reproducción. Si en la Trama de Transporte se envía además la tabla SDT, los paquetes que transporten dicha información se almacenarán para su posterior procesamiento.

Procesador de secciones PSI

Posteriormente, el procesamiento de los paquetes solamente se realiza si su PID corresponde a alguno de los filtros PSI abiertos, de ser positivo se envía la información correspondiente al bloque funcional encargado de procesar dichos paquetes. Se realiza inicialmente el análisis de los siguientes campos de la cabecera del paquete TS:

- Contador de continuidad

Al inicio del proceso el registro donde se almacena el valor del último contador de continuidad indica que no se ha procesado ningún paquete de un determinado PID mostrando el valor -1. Luego se utilizan para validar la continuidad de los paquetes en la trama pues el contador de continuidad obtenido del paquete en procesamiento debe ser consecutivo con respecto a ese valor. En caso de no ser válida la comprobación de la continuidad se descarta el paquete TS.

- Control de campo de adaptación

Este campo es analizado con el objetivo de detectar la presencia en el paquete TS del campo de adaptación. En caso de solamente tener campo de adaptación sin carga útil se descarta dicho paquete. De estar presente el campo de adaptación se obtiene el valor de su longitud a partir del campo correspondiente; esto es utilizado para conocer el inicio de la carga útil del paquete TS.



- Indicador de inicio de unidad en la carga útil (PUSI por sus siglas en inglés)

De estar activado este campo compuesto de un bit, indica que una sección inicia en la carga útil del paquete TS. A partir del puntero de sección se identifica el inicio de la sección y se obtiene el valor del campo identificador de tabla. En función del valor de este campo se realiza el almacenamiento de la sección en el buffer correspondiente. En el caso de ser una sección PMT se identifica el programa al que pertenece en función del filtro PMT que detectó el paquete TS. De no estar activado el bit PUSI se procede a almacenar la continuación de la sección en el buffer correspondiente al filtro PSI que detectó el paquete TS.

El procesamiento de la sección PSI se realiza cuando se completa de forma íntegra su almacenamiento en los buffers de sección. En el caso de la PAT, el procesamiento se basa en recorrer el lazo de programa para obtener el número de cada programa y el valor de PID de los paquetes que transporten la PMT correspondiente, guardando el valor de estos campos en la estructura destinada a la PAT.

El procesamiento de la PMT es más complejo ya que esta tabla transporta más información que la previamente analizada. A pesar de no ser objetivo del programa la obtención y procesamiento del campo PCR de los paquetes, se almacena el valor de PID de los paquetes que contienen dicha información para que en versiones posteriores del programa se pueda hacer dicho análisis. La aplicación se centra en la obtención del PID de cada flujo perteneciente al programa así como la identificación de los códec empleados en la codificación de cada Trama Elemental. Todos estos datos son almacenados en la estructura perteneciente a la PMT.

El procesamiento de la SDT se realiza recorriendo los diversos lazos de los posibles descriptores presentes en la estructura de esta tabla y almacenando la información referente al estado y nombre de los servicios presentes en la Trama así como el nombre de sus proveedores.

Procesador de paquetes PES

El análisis inicial de los paquetes TS filtrados por el bloque **Filtro PES** se realiza de forma similar al empleado en los paquetes TS que transportan tablas PSI. Luego se comprueba el bit PUSI y en caso de iniciarse un paquete PES en la carga útil del paquete TS se almacenan los campos longitud del paquete PES y stream_id de su cabecera.

El almacenamiento de los flujos PES en los archivos externos se realiza de un paquete PES a la vez, lo que significa que la carga útil de los paquetes TS se va copiando en el buffer correspondiente al tipo de Trama Elemental que sea. Cuando se detecte un paquete TS con el bit PUSI activado esto implica que el paquete PES previo perteneciente a su misma Trama Elemental concluyó, procediéndose luego a copiar el contenido de ese buffer al archivo de salida correspondiente. El tamaño de los buffers es de 200 KB.

4. VALIDACIÓN DEL SOFTWARE DESARROLLADO

Metodología experimental

La segunda simulación tiene como objetivo comprobar la correcta demultiplexación de un programa contenido en una Trama de Transporte de múltiples programas. Esto se realiza verificando la obtención de las tablas PAT, PMT y SDT¹, así como el almacenamiento del flujo de paquetes PES de audio y video en los ficheros de salida. La Trama de Transporte corresponde a un fragmento de 45 segundos de duración de la transmitida por la Televisión Cubana.

La Trama de Transporte es analizada con los programas MPEG-2 TS Packet Analyser 2.4.5.0 y MPEGTSUtils. El empleo de estos programas proporciona la información de la trama que resulta de interés y permite corroborar los resultados obtenidos de la simulación. Mediante el programa MPEG-2 TS Packet Analyser es

¹ Esta es una tabla privada que puede estar presente o no en una Trama de Transporte.



posible conocer el total de paquetes de la trama y los valores de PID presentes en esta, además fue utilizado para mostrar el contenido de la cabecera de los paquetes PES, mientras que el programa MPEGTSUtils muestra el contenido de las tablas PSI. La reproducción de los ficheros de audio y video fue realizada mediante el programa KMPlayer, reproductor profesional de archivos multimedia utilizando la versión 3.5.0.81.

Resultados esperados

Los resultados esperados de la compilación son que el software procese los paquetes portadores de las tablas PSI además de obtener en los ficheros de salida el flujo de paquetes PES de audio y video de uno de los programas que permitan su posterior reproducción utilizando un decodificador externo.

Durante el procesamiento de la PAT se debe registrar la siguiente información: la longitud de la sección, el número de cada programa, el PID de cada PMT asociada a cada programa y el total de paquetes TS que contienen secciones PAT. Además se deben obtener los datos correspondientes a la PMT de los tres programas contenidos en la Trama de Transporte. Se debe registrar la siguiente información en las estructuras correspondientes: la longitud de la sección, el PID de los paquetes de audio y video así como el tipo de trama asociado, el valor del campo *PCR_PID* y el total de paquetes TS que contienen secciones PMT.

Mediante programa MPEGTSUtils se comprobó la existencia en la trama de la tabla SDT así que la aplicación deberá procesar y mostrar los datos relacionados con el tipo de servicio proporcionado por cada programa, así como los nombres del programa y del proveedor de servicio. Se espera obtener también la longitud de paquetes PES de audio y video almacenados en los ficheros de salida así como el identificador de trama y el PID de los paquetes TS que los transportaron.

Resultados obtenidos

El flujo binario brindado por el archivo de Trama de Transporte permitió la comprobación del funcionamiento del segmento de código destinado a la resincronización. El primer paquete de la trama no inicia en el primer byte del fichero sino que se localiza luego de 147 bytes con valor 0xFFh, lo cual se debe a que el inicio de la grabación de la trama no coincidió con el inicio de un paquete TS. La resincronización se realizó de forma correcta por lo que el análisis comienza en el paquete número 6. La Figura 4 muestra la posición del byte de sincronismo en la posición 148 de la trama.



Figura 4 Primer paquete TS obtenido del fichero.



En la Figura 5 se observa el contenido de la estructura PAT donde fueron almacenados los datos procesados de cada paquete TS con PID 0. Destacar que la cantidad de programas encontrados concuerda con los resultados esperados de la simulación.

pat_ptr 0x00dee788 struct PAT pat_ts1 {cant_packet=429 section_length=69 cant_prog=14 ...}

cant_packet	429
section_length	69
cant_prog	14

Arreglo de estructuras donde se almacenó la información referida a los 14 programas

[0]	{prog_nmb=0 pmt_pid=16 }
[1]	{prog_nmb=15 pmt_pid=4111 }
[2]	{prog_nmb=14 pmt_pid=4110 }
[3]	{prog_nmb=13 pmt_pid=4109 }
[4]	{prog_nmb=12 pmt_pid=4108 }
[5]	{prog_nmb=11 pmt_pid=32 }
[6]	{prog_nmb=10 pmt_pid=4106 }
[7]	{prog_nmb=1 pmt_pid=4097 }
[8]	{prog_nmb=2 pmt_pid=4098 }
[9]	{prog_nmb=3 pmt_pid=4099 }
[10]	{prog_nmb=4 pmt_pid=4100 }
[11]	{prog_nmb=5 pmt_pid=4101 }
[12]	{prog_nmb=7 pmt_pid=4103 }
[13]	{prog_nmb=8 pmt_pid=4104 }
[14]	{prog_nmb=9 pmt_pid=4105 }

Cantidad de paquetes TS procesados, longitud de la sección PAT y cantidad programas detectados

Figura 5 Contenido de la estructura PAT.

Los datos correspondientes a las PMT de cada uno de los programas fueron almacenados en un arreglo de estructuras donde cada posición del arreglo corresponde a un programa de la Trama de Transporte. En la Figura 6 se muestra el contenido de esta estructura después de analizados todos los paquetes de la trama.

pmt_ts1 0x00dea878 struct PMT *pmt_ts1 {cant_packet=0 section_length=0 video_type=0 ...}

[0]	{cant_packet=0 section_length=0 video_type=0 ...}
[1]	{cant_packet=428 section_length=18 video_type=0 ...}
[2]	{cant_packet=428 section_length=18 video_type=0 ...}
[3]	{cant_packet=428 section_length=18 video_type=0 ...}
[4]	{cant_packet=428 section_length=18 video_type=0 ...}
[5]	{cant_packet=428 section_length=18 video_type=0 ...}
[6]	{cant_packet=428 section_length=18 video_type=0 ...}
[7]	{cant_packet=428 section_length=29 video_type='+' ...}

Arreglo de estructuras que muestra el registro de los 15 programas

cant_packet	428
section_length	29
video_type	27 '+'
video_pid	257
audio	0x00dec5f4 {audio_type='l' audio_pid=513 }
pcr_pid	257
last_cc	5
pmt_found	1
section_found	1
pmt_section	0x00dec614 "1"
section_ptr	183

Información referida al programa número 1

Figura 6 Contenido de la posición 7 del arreglo de estructuras PMT.



Igualmente la información de cada uno de los servicios presentes en la Trama es almacenada en un arreglo de estructuras, donde cada estructura contiene el tipo de servicio (radio o televisión), y el nombre de programa digital así como de su proveedor. En este caso el primer programa televisivo de la Trama de Transporte transmitida en nuestro país se corresponde con Cubavisión como se muestra en la Figura 7.

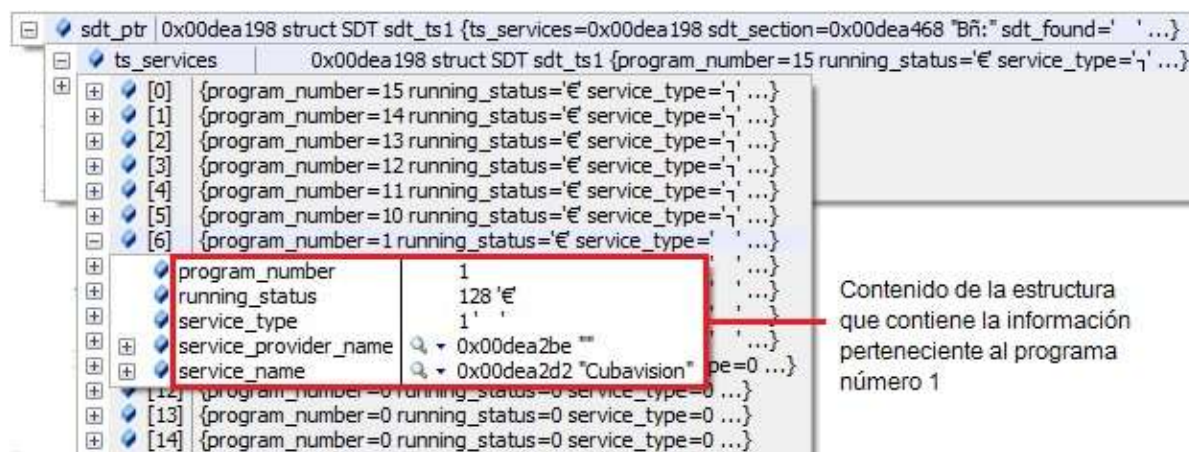


Figura 7 Contenido de la posición 6 dentro de la tabla SDT

La información referente a las tramas de audio también es almacenada en un arreglo debido a la presencia en algunos programas con más de una Trama Elemental de audio. El valor del campo *stream_type*(129) indica que en la codificación del audio de este programa se utilizó el códec AC3. El valor del campo *stream_type*(2) indica que en la codificación de los cuadros de video de este programa se utilizó el códec MPEG2.

En la Figura 8 se observa la estructura donde se almacenó la información relacionada al flujo de paquetes PES de cada audio del programa demultiplexado, entre las que se encuentran: la cantidad de paquetes procesados así como el PID de los paquetes TS que los transportaron. Destacar que cada programa transmitido en esta trama está asociado a dos flujos de audio que se corresponden con una posterior reproducción estéreo del programa. En el caso particular de la simulación los flujos PES pertenecen al tercer programa dentro de la trama.

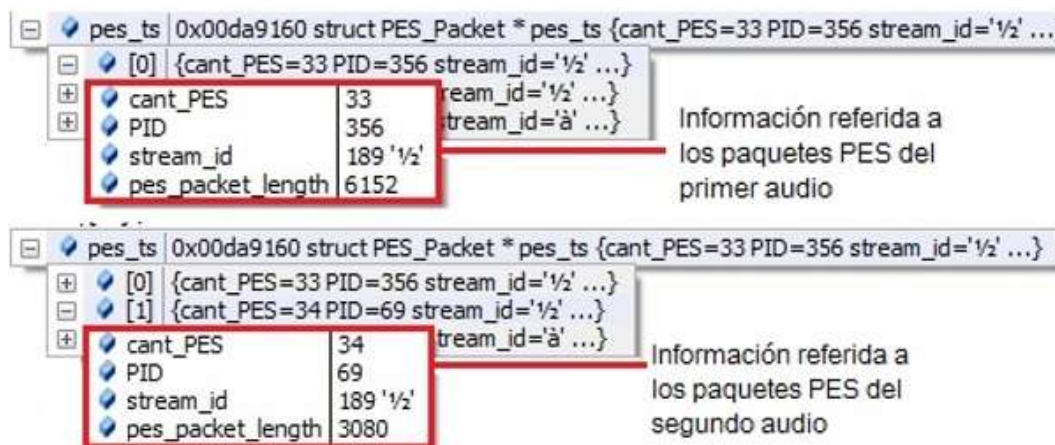


Figura 8 Estructura PES de los flujos de audio demultiplexados.



La Figura 9 muestra los campos de la cabecera de los paquetes PES de video que se obtuvieron como resultado de la compilación. La longitud de los paquetes PES detectada coincide con la longitud nula esperada.

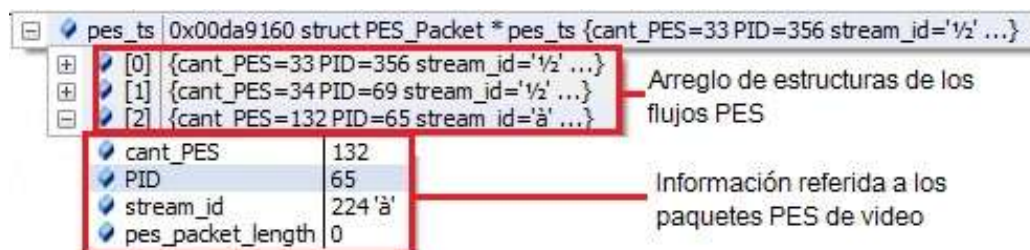


Figura 9 Estructura PES del flujo de video demultiplexado.

Al reproducir los ficheros se pudo comprobar la correcta demultiplexación de la información contenida en el TS, mediante la correcta reproducción de los dos audios por separado y el video extraído sin audio. El cumplimiento de los objetivos propuestos se verifica a partir de los resultados obtenidos. La validez de estos resultados se comprueba a través de su concordancia con los resultados esperados al inicio de la simulación.

5. ANALISIS DE FACTIBILIDAD ECONOMICA

Para el desarrollo de esta aplicación no se suscitó ningún gasto referente al costo del software empleado como plataforma de desarrollo, en este caso Visual Studio 2008, ni por concepto de salarios devengados o pagos adicionales debido a la condición de estudiantes de los ejecutores del mismo.

La continuación posterior del proyecto requiere un análisis de costo más detallado. La incorporación de las funcionalidades restantes para obtener un código en C de un remultiplexor e implementarlo en un sistema embebido sobre FPGA conlleva costos de salario que devengarán los desarrolladores en cuestión, así como el valor de los materiales necesarios en este caso la tarjeta de desarrollo DK-V5-EMBD-ML507-G, que contiene el FPGA Virtex 5 XC5VFX70T, la cual asciende a un valor de 2816.66 USD.

En este caso existe un importante mercado cautivo en materia de receptores digitales durante la etapa de despliegue de la Televisión Digital en Cuba que se extenderá según la proyección hasta el año 2020 con la llegada del llamado apagón analógico.

Adicionalmente, contar con este tipo de equipamiento de producción nacional disminuirá el nivel de incertidumbre sobre el funcionamiento de los mismos, otorgando la flexibilidad necesaria para adaptarse a los requerimientos del cliente y permitiendo abaratar los procesos de mantenimiento y reparación.

6. CONCLUSIONES

La aplicación propuesta es capaz de procesar un archivo de Trama de Transporte y obtener las tablas PSI necesarias para la adquisición de los flujos PES de un determinado programa permitiendo así realizar la demultiplexación del audio y el video de este. El desarrollo de esta aplicación se logra a partir de la asimilación y dominio del lenguaje de programación ANSI C, la descripción de un software de referencia para el proceso de demultiplexación y el estudio del estándar ISO/IEC 13818-1 que permitió dominar lo referente a la estructura del paquete de una Trama de Transporte y de las tablas PSI.

El trabajo desarrollado constituye la etapa inicial del proyecto de desarrollo de un sistema demultiplexor de Tramas de Transporte MPEG-2 sobre sistemas embebidos sobre FPGA. Este es un paso importante en la obtención de una solución nacional que facilitará el camino hacia la necesaria independencia tecnológica



17 del 24 al 28 de noviembre de 2014
**CONVENCIÓN CIENTÍFICA
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**
PALACIO DE CONVENCIONES DE LA HABANA



mediante la efectiva transferencia de la tecnología que parte de la asimilación lograda y la posterior imitación desarrollada como objetivo de este trabajo.

RECONOCIMIENTOS

Los autores desean agradecer a los ingenieros Yosmany Sánchez y Yandrié Oyarzábal Estopiñán por su colaboración en los resultados obtenidos.

REFERENCIAS

1. CHEN, Xuemin. *Transporting Compressed Digital Video*. Kluwer Academic Publishers, 2002.
2. WATKINSON, John. *The MPEG Handbook*. Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP: Focal Press, 2004.
3. ISO. *Information technology — Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems*. ISO Standard 13818-1. ISO/IEC Office. Geneva. Switzerland. 2000.

SOBRE LOS AUTORES

Ing. Iván Rodríguez Portas: La Habana, 20 de diciembre de 1990. Graduado de Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica, CUJAE, La Habana, Cuba, 2014. Posición Actual: Reserva Científica, **LACETEL**, Cuba, Ave. Rancho Boyeros, #34515 (19200), Zona Postal: General Peraza, La Habana.

Ing. Lázaro Miguel Pérez Estévez: La Habana, 10 de septiembre de 1990. Graduado de Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica, CUJAE, La Habana, Cuba, 2014. Posición Actual: Reserva Científica, **LACETEL**, Cuba, Ave. Rancho Boyeros, #34515 (19200), Zona Postal: General Peraza, La Habana.