

PROPUESTA DE SET-TOP BOX CUBANO EMPLEANDO ALTERNATIVAS DE SOFTWARE LIBRE

Reinier Millo-Sánchez¹, Carlos Morell-Pérez², Irina Siles-Siles³, Carlos García-González⁴, Waldo Paz-Rodríguez⁵

ISPJAE, calle 114 No. 11901 e/ Ciclovía y Rotonda Marianao, La Habana, Cuba

¹rmillo@uclv.cu, ²cmorellp@uclv.edu.cu, ³irinass@uclv.edu.cu, ⁴cgarcia@uclv.edu.cu, ⁵waldopaz@uclv.cu

RESUMEN

El principio básico de la televisión analógica tradicional es distribuir el contenido radiodifundido a los usuarios finales, por lo cual la televisión se considera un medio pasivo. En la actualidad, la televisión digital va más allá de los contenidos televisivos, pues proporciona servicios multimedia que pueden ser interactivos, lo que implica que los usuarios finales han de tener la capacidad de interactuar con la transmisión y requiere el empleo de dispositivos de hardware y software diseñados específicamente con estos fines. En nuestro país, hace algunos años se ha venido implantando la televisión digital bajo la norma China DTMB, a partir del empleo de dispositivos de fabricación china con software privativo diseñados para estos. La no disponibilidad del código fuente del software de dichos dispositivos, las bajas prestaciones de los componentes de hardware y la falta de documentación de estos componentes, imposibilitan el desarrollo de nuevos servicios de valor agregado que brinden una mayor interactividad a la televisión digital en Cuba. Debido a eso, en este trabajo se propone el diseño de los componentes de hardware y software para un prototipo de set-top box empleando una placa base de propósito general y un sistema operativo basado en componentes de software libre, lo que permitirá una independencia tecnológica y brindará facilidades para la implementación de nuevos servicios con un alto valor agregado.

PALABRAS CLAVES: televisión digital, set-top box, dtmb, software libre

ABSTRACT

The basic principle of traditional analog television broadcast is to distribute content to target audience, so television is considered a passive mass media. Today, digital television goes beyond TV content, it provides multimedia services that can be interactive, which means that the target audience must have the ability to interact with the transmission and requires the use of hardware devices and software specifically designed for this purpose. In our country, some years ago it has been implementing digital television under the Chinese DTMB standard, based on the use of Chinese-made devices with proprietary software designed for this. Unavailability of the software source code of these devices, the low performance of the hardware components and the lack of documentation of these components, preclude the development of new added value services that provide greater interactivity to digital television in Cuba. Because of that, in this work the design of hardware and software is proposed for a

set-top box prototype using a general purpose motherboard and an operating system based on free software components, allowing technological independence and will provide facilities for the implementation of new services with high added value.

KEYWORDS: digital television, set top box, dtmb, free *software*

INTRODUCCIÓN

La introducción de la digitalización en la televisión ha evolucionado la forma de visualizar y controlar la calidad de la señal de video. El rápido avance en tecnologías de computadoras y de telecomunicaciones ha llegado a incidir grandemente en la actualidad propiciando que ambas industrias se integren y cambien el paradigma de los terminales audiovisuales y las capacidades de la televisión.

La televisión analógica tradicional tiene como principio básico distribuir el contenido radiodifundido a los usuarios finales, por esto se considera un medio pasivo. A diferencia de esta, la Televisión Digital (DTV) juega un papel más activo, que va más allá de la distribución de contenidos televisivos. La DTV proporciona servicios de multimedia interactivos escalables, lo cual convierte a los usuarios en actores de la DTV [1].

Uno de los elementos fundamentales para la interacción con la señal digital son los dispositivos decodificadores o receptores de televisión digital, también conocidos como *Set-Top Box* (STB). Este dispositivo es el encargado de recibir y procesar la señal digital, para posteriormente visualizar la información y permitir que el usuario interactúe con esta.

Un STB recibe una señal digital en alguno de los estándares de transmisión (DVB-C, DVB-S, DVB-T, IPTV, ATSC, DTMB) y posteriormente se modula esta señal para obtener un flujo de transporte o *Transport Stream* (TS) con los flujos de audio, video y datos previamente multiplexados. Finalmente este flujo es de multiplexado para obtener la información específica de un programa, servicio o canal virtual de televisión o radio [2].

A partir del año 2013 Cuba ha desplegado la Televisión Digital Terrestre (TDT) empleando el estándar GB 20600-2006[3]. Actualmente el país recibe los STB fabricados en China con un *software* desarrollado por los propios fabricantes, que tienen un enfoque privativo. Esto limita la adaptación de dicho *software* a las características nacionales y la solución de problemas que se presentan durante la implantación, para lo cual es necesario tramitar las modificaciones necesarias con los proveedores chinos.

Aunque aún quedan muchas funcionalidades de la televisión digital por explotar, el futuro desarrollo de la TDT en el contexto nacional ha de estar enfocado a un público cada vez más interesado en cambiar la programación convencional decidido a auto programar su consumo [4]. Además se ha de lograr ir enfocando su desarrollo en pos de lograr una determinada independencia tecnológica.

En la actualidad el proceso de conformación del flujo de transporte, la conformación de la Guía Electrónica de Programa (EPG, *Electronic Program Guide*), la elaboración de los servicios de valor agregado y la creación del *data broadcasting* la difusión de datos se lleva a cabo en la Cabeza de Línea[2]. La experiencia acumulada en el breve tiempo de operación del servicio TDT nacional ha

permitido identificar un conjunto de deficiencias y limitaciones en la implementación que deben ser abordadas.

Algunas de las investigaciones que se han suscitado en el ámbito nacional, han promovido mejoras a algunas de las deficiencias identificadas en la etapa de simultaneidad de sistemas (analógico y digital) y algunas proyecciones futuras[5-8]. Los estudios citados han abordado indistintamente las características e idoneidad de H.264, los problemas existentes en la cabeza de línea, la implementación en FPGA de soluciones nacionales de algunos módulos para televisión y la verificación de las cajas decodificadoras.

Ninguno de estos estudios se ha enfocado en el desarrollo de los componentes de *software* necesarios para el funcionamiento de los STB. De ahí que este trabajo se propone un esquema de *software* para el desarrollo de un STB, empleando en la propuesta componentes de *hardware* importados; pero con componentes de *software* desarrollados a nivel nacional siguiendo los principios del *software* libre.

ESTRUCTURA DE UN SET TOP BOX

Un STB está compuesto por tres componentes de *hardware* fundamentales, un sintonizador, un demodulador y un decodificador [9-11], aunque este último puede estar presente o no, pues la decodificación se puede realizar por *software* o por *hardware*. También puede estar presente o no un componente de demultiplexación de la señal, pues esta tarea se puede realizar también por *software* o por *hardware*. Como se muestra en la Figura 1 el STB puede estar compuesto por otros componentes de *hardware* generales como son los dispositivos de almacenamiento, dispositivos de memoria entre otros.

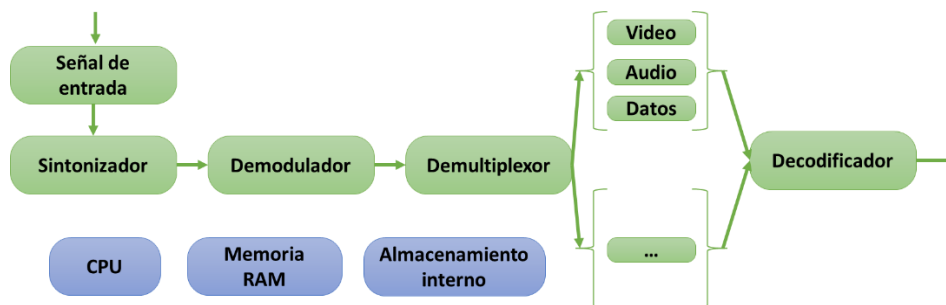


Figura 1: Estructura general de un STB

De forma general los componentes de un STB se pueden organizar en capas, no siendo necesarias todas las capas de *software*:

Capa de *hardware*: incluye todos los componentes físicos de *hardware* que forman el STB (CPU, memoria, sintonizador, demodulador, decodificador en caso de estar presente, entre otros).

Capa de sistema operativo: al igual que una computadora, un STB también necesita de un sistema operativo que controle el funcionamiento de los componentes de *hardware*. En muchas ocasiones esta

capa de *software* está directamente integrada en las otras capas en un *firmware* que se encarga de controlar todo el funcionamiento del STB. En muchos casos se emplean sistemas operativos de tiempo real.

Capa de plataforma de aplicaciones o *middleware*: capa intermedia entre las capas de *hardware* y de *software*. Esta capa intermedia brinda una abstracción para el *hardware* lo que hace que las aplicaciones que ejecutan sean aplicaciones totalmente independientes del *hardware*. Permite un desarrollo más eficiente de las aplicaciones y por lo general son empleados para proveer interactividad con la TVD. Ejemplos de *middleware* son MHP [12] y Ginga [13-15], este último difundido en Latinoamérica.

Capa de aplicaciones: en esta capa se encuentran las aplicaciones que se ejecutarán sobre el STB. A diferencia de las demás capas, esta no debe de ser funcional en todo momento, sólo se ejecuta cuando el usuario lo solicita.

El *middleware* puede ser funcionalmente comparado con un sistema de alto nivel con interfaz gráfica de usuario como puede ser Microsoft Windows o un sistema operativo de la familia GNU/Linux, los cuales difieren de un sistema operativo de tiempo real de bajo nivel, tales como FreeRTOS, pSOS, vxWorks, en el que se basa el *middleware*. La Figura 2 ilustra las diferentes capas de *software* de un decodificador de señales mediante un *middleware* en comparación con las capas de una computadora personal (PC).

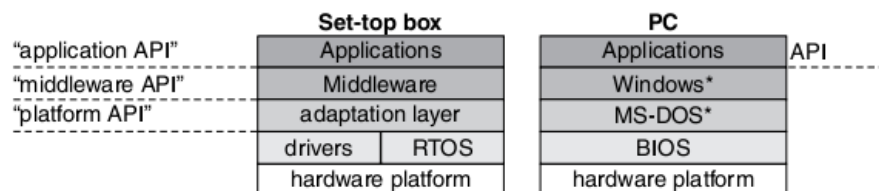


Figura 2: Comparación entre la capa de software de un STB y el sistema operativo de una computadora

Es el *middleware* el que define el aspecto visual y los servicios del STB también se encarga del nivel de interactividad de las aplicaciones que se ofrecen a los programas de usuario, como pueden ser: *pay-per-view*, juegos, servicios específicos que requieren un canal de retorno para el proveedor de servicios, grabación de la señal, etc. Estos niveles de interactividad no pueden lograrse en todos los dispositivos, pues en muchos casos están limitados por las prestaciones del STB y fundamentalmente por la presencia de un canal de retorno o no. En función de la disponibilidad de un canal de retorno o no, la interactividad se puede clasificar en:

Interactividad fuera de línea o local: el usuario sólo puede acceder a los datos que se transmiten cíclicamente a través del canal de datos. No existe un mecanismo en el que el usuario pueda retroalimentar la DTV.

Interactividad en línea: el usuario se encuentra conectado a un servidor a través de un canal de retorno, que puede ser por Modem, Cable, Wifi, Ethernet, 3G u otra vía de comunicación. De esta forma el usuario puede acceder a datos remotos por demanda, además de interactuar directamente con la DTV.

LA TELEVISIÓN DIGITAL EN CUBA

En Cuba, luego de varios años de estudios se implementó el estándar de TDT DTMB definido en la norma GB 20600-2006[16] a partir del año 2013. DTMB permite tasas de transmisión de 4.813Mbps a 32.486Mbps dentro de un canal convencional de televisión UHF/VHF. Puede trabajar en distintas redes de difusión de la señal de TDT, como red de multifrecuencias (MFN) y red de frecuencia única (SFN). Posee varios modos y parámetros de modulación los cuales pueden ser escogidos sobre la base del tipo del servicio y el ambiente de la red para dar más flexibilidad a los servicios, por lo tanto, el sistema también respalda operaciones de modo MFN y SFN mezclados. DTMB permite también la modulación de única portadora ($C = 1$) y de múltiples portadoras ($C = 3780$). La razón de transmisión se puede calcular a través de la ecuación (1).

$$Razón = \frac{3744}{PN+C} * Ri * Rm * 5,67 \text{ Mbps}(1)$$

Donde

- Longitud de la cabecera, $PN=420/545/945$.
- Eficiencia del esquema de modulación, $Rm = 2/4/5/6$;
- Eficiencia del FEC, Ri : 0.4= 3008/7488, 0.6= 4512/7488, 0.8 = 6016/7488.
- Cantidad de portadoras: $C = 3780$

En Cuba de acuerdo a la programación que se quiere brindar en la primera etapa para todo tipo de servicios, se ha seleccionado el siguiente modo de transmisión: $FEC=0.6$, $Rm = 6$, $PN=420$ y $C = 3780$. Este modo de transmisión para una constelación de símbolos 64QAM permite una razón de bits máxima de 18.274 Mbps. Actualmente se transmiten ocho canales de televisión en formato SD, nueve canales de radio, dos canales de televisión en formato HD y un canal de datos.

Debido a que la televisión constituye el medio de mayor difusión masiva con mayor penetración en Cuba, que posibilita la inclusión social de todos y que el reciente despliegue de la TDT debe de incidir de manera paulatina, efectiva y eficiente, el cúmulo de inversiones e investigaciones necesarias para la creación y funcionamiento de transmisiones de señales de televisión digital a tono con las aspiraciones y necesidades de nuestros usuarios nacionales y en consonancia con el desarrollo de la ETI (Electrónica, Telecomunicaciones e Informática), ha de ir más allá del aumento significativo de contenidos atractivos (deportes, películas) y de servicios de valor agregado reducidos.

La notoriedad del impacto de la TDT es más significativa no precisamente por la mejora de la señal audiovisual, sino por la inclusión de aplicaciones interactivas que permiten un nivel de flexibilidad intangible con relación a la difusión de la televisión analógica, dotada únicamente de información de datos limitados al *Closed Caption* (CC). Para garantizar la interoperabilidad completa en la tecnología digital de televisión (más allá de la recepción pasiva sencilla de programas de televisión compatible con el estándar DTMB) se hace necesario dotar a los dispositivos receptores de un "motor de interactividad", también conocido como *middleware*.

En nuestro país se han comercializado varios modelos de STB que decodifican la señal digital. Entre estos modelos se encuentran las marcas Gelect, Haier, Soyea, Konka y Mico. Al realizar una inspección de las placas contenidas en estos STB, se pueden identificar algunos de los componentes utilizados:

- Sintonizador: MW120AA P1KG64K C1451.
- Demodulador: GX1503 (NationalChip), GX1503B (NationalChip).
- Decodificador: GX3001 (NationalChip), GX3601 (NationalChip), GX3113 (NationalChip), GX3113B (NationalChip).
- Almacenamiento interno: M2I-120G 30993200 K143926
- Memoria RAM: EM6AB160TSE-5G.

Todos estos componentes se encuentran empotrados directamente sobre la placa y no se dispone de la documentación técnica que permita la reutilización de estos componentes. En la mayoría de los casos los componentes de almacenamiento y procesamiento de información son de bajas prestaciones lo cual limita las funcionalidades del STB. Estos dispositivos son controlados por un *firmware* que ejecuta directamente sobre el *hardware* controlando todo el STB.

Actualmente los STB comercializados a nivel nacional brindan una mejora en la calidad de la señal de televisión, pero no explotan todas las funcionalidades que tiene la DTV. La TDT en Cuba solo emplea el canal de datos con una cantidad de contenidos limitadas por el fabricante y una interfaz estática predefinida también por los fabricantes.

PROPUESTA DE SET TOP BOX

Actualmente muchos STB emplean un *software baremetal* que ejecuta directamente sobre el *hardware*, sobre todo en los dispositivos de bajas prestaciones, pues los STB de mayores prestaciones han comenzado a hacer uso de algunas facilidades que proveen los sistemas operativos de propósito general. Uno de los sistemas más utilizados con estos fines son los sistemas GNU/Linux [11, 14, 17, 18].

El *kernel* de los sistemas GNU/Linux brinda un conjunto de bibliotecas de programación (API) para DVB [19]. Aunque el API se nombra DVB, no está restringido a este estándar, soporta varios estándares de televisión digital y es fácilmente extensible a otros estándares. Los sistemas multimedia desarrollados, empleando el API DVB, tienen una estructura general como se muestra en la Figura 33.

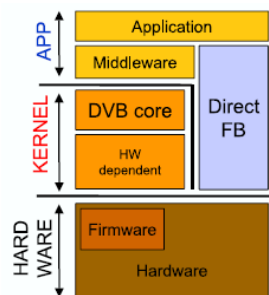


Figura 3: Esquema general de un sistema que emplea el API DVB[20]

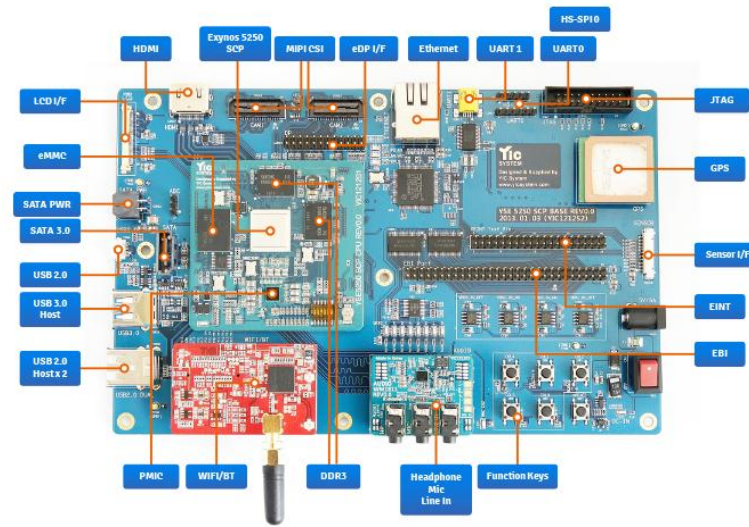


Figura 5: Plataforma de hardware YSE5250

De los componentes de *hardware* que conforman la YSE5250, se tiene toda la documentación técnica necesaria y fuentes del *kernel* de Linux para su puesta a punto sobre la plataforma. En la Figura 6 se muestran las principales características del SoC Exynos5250, de las cuales los componentes gráficos serán utilizados para la decodificación de los flujos de audio y video de la señal digital, por lo que esta propuesta de STB a diferencia de otros no necesita de un decodificador.

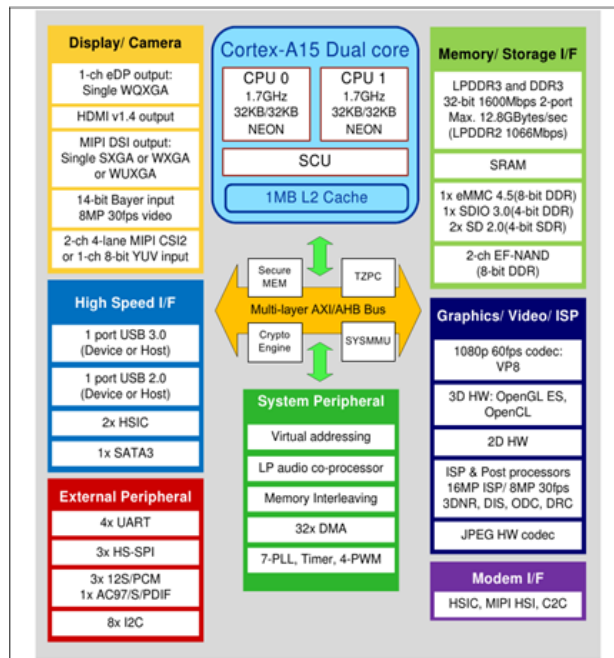


Figura 6: Características del SOC Exynos5250 de la YSE5250

El uso de esta plataforma de *hardware* de propósito general permite el empleo de un *software* más complejo con mayores facilidades de extensión, en este caso un sistema operativo de propósito general que se pueda extender con nuevas funcionalidades que le brinden a la televisión digital nuevos servicios de alto valor agregado. En el caso de la YSE5250, solo se necesita recurrir de forma adicional a un sintonizador y a un demodulador de la señal digital, pues como se mencionó anteriormente esta ya posee una GPU que realizará la decodificación de los flujos de audio y video, no siendo necesaria la utilización de otro componente de *hardware* para esta tarea. El proceso de demultiplexación del flujo de transporte será realizado por *software*, explotando las bibliotecas que provee el sistema que se propone.

Para la captura de la señal digital se hace uso del adaptador USB o *dongle* PadTV PT390. De este dispositivo no se tiene la documentación técnica ni funcional del *hardware*, pero es el dispositivo físico del que se dispone para las pruebas. En la Figura 7 se muestran los componentes que conforman este dispositivo.

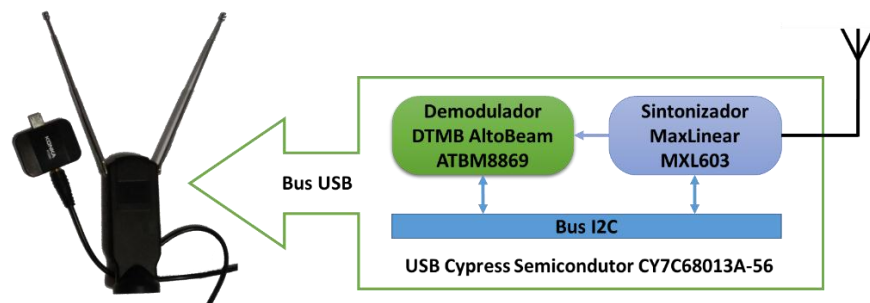


Figura 7: Componentes internos del PadTV PT390

Actualmente el *kernel* de Linux tiene soporte para el demodulador Altobeam8830 el cual se desconoce si es compatible con el Altobeam8869, presente en el dispositivo. Para la implementación del Altobeam8869 se dispone de una versión de *kernel* de Linux de Amlogic con soporte para el mismo, siendo necesaria la adecuación de este controlador a la estructura del *kernel* 4.2.0.

En el caso del sintonizador MaxLinear MXL603, tampoco se tiene soporte en el *kernel* de Linux pero se dispone de una implementación de este controlador para el receptor DVB-T Spark7162, el cual fue programado en un proyecto de Duckbox Developers. Este controlador sí debe ser completamente reprogramado para la arquitectura del *kernel* de Linux y su integración con el API DVB. El controlador USB de Cypress tiene soporte en el *kernel* de Linux por lo que no es necesario realizar un controlador para este dispositivo, solamente será reutilizado el controlador actual del *kernel*.

Definidos ya los componentes de *hardware* que conforman el STB y sus controladores de dispositivos, solo falta la integración de estos con la interfaz gráfica que será mostrada de cara al usuario. Para la puesta a punto del STB en su totalidad se usará Kodi como *software* de interfaz gráfica, controlador y

reproductor de señal digital. Hay que destacar que no existe preferencia alguna por un *software* multimedia, se decidió emplear el Kodi por sus facilidades de extensión mediante módulos y porque a valoración de los autores este posee una interfaz gráfica más atractiva e intuitiva que otros de los

sistemas existentes a nivel internacional, como pueden ser: MythTV, LinuxTV, Tvtime, GeeXBox, entre otros. En la Figura 8 se muestra la estructura general del STB propuesto.

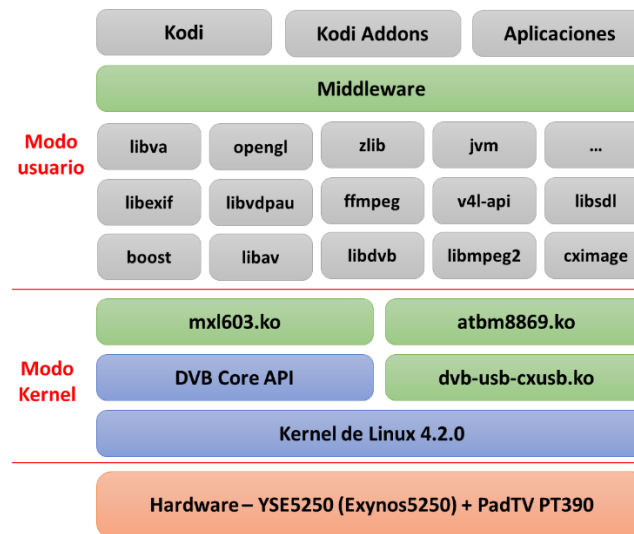


Figura 8: Estructura general del STB propuesto

En esta estructura no se representan todos los elementos, solo se han señalado los principales componentes del sistema. En el espacio de *kernel* se resaltan en verde los módulos del *kernel* relacionados con los componentes del PadTV PT390, los cuales están siendo implementados. En el espacio de usuarios, se ha resaltado el componente del *Middleware* pues el sistema está pensado para soportar un *middleware* pero aún no se ha definido cual utilizar, aunque Kodi brinda casi todas las funcionalidades que brindan estos, y en una primera versión de la propuesta el objetivo es obtener un STB con las mismas funcionalidades que tienen los STB comercializados a nivel nacional.

CONCLUSIONES

En este trabajo se propusieron los componentes de *hardware* y una propuesta de *software* para conformar un STB cubano. El desarrollo de este proyecto es de gran importancia pues brindará al país una independencia tecnológica en la televisión digital, pues el componente de *software* que controla el STB será realizado en el territorio nacional aprovechando componentes de *software* libre. La adición de nuevas funcionalidades o modificación de las existentes podrán realizarse directamente sobre el *software* sin tener que ser tramitadas con los fabricantes de *hardware* con un alto coste económico.

La implementación del *software* del STB sobre una plataforma de propósito general con mayores prestaciones, a los comercializados actualmente a nivel nacional, permitirá ir incorporando nuevos servicios interactivos en la televisión digital con alto valor agregado. La propuesta de STB cubano permitirá una mayor y mejor explotación de todas las facilidades que brinda la televisión digital y que actualmente no son explotadas eficientemente.

REFERENCIAS

1. KIM, Junghak et al. "Home Appliance Control Framework Based on Start TV Set-top Box". IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2015, vol. 61, núm. 3, pp. 279-285.
2. BENOIT, Hervé. *Digital Television Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework*. Elsevier, 2008.
3. Especificaciones técnicas y de operación mínimas que tienen que cumplir los televisores empleados para la recepción de la Televisión Digital en el territorio nacional. In *Resolución No. 47/2015*. Cuba, 2015.
4. CASTILLO POMEDA, José Maria. "El futuro de la televisión". Comunicación y Hombre, 2015, vol. 2015, núm. 11.
5. PINA AMARGÓS, Joaquín Danilo. "Propuesta de mejoras en la conformación de los datos de valor agregado de la TDT cubana". En actas de *3er Foro Internacional de Televisión Digital de La Habana*, La Habana, Cuba, 2015.
6. YAUNNER NÚÑEZ, Osmany "Objective Video Quality Test oriented to SDTV System". En actas de *3er Foro Internacional de Televisión Digital de La Habana*, La Habana, Cuba, 2015.
7. RODRÍGUEZ PORTAS, Iván; PÉREZ ESTÉVEZ Lázaro Miguel. "Desarrollo de una aplicación para la demultiplexación de una trama de transporte MPEG-2". En actas de *17 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura*, La Habana, Cuba, 2014.
8. ALCATÚ SAMPERA, Yadira; GUILLÉN NIETO Glauco. Calidad de recepción de televisión. In. La Habana, Cuba: Instituto de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones (LACETEL), 2013.
9. MVUNGI, Nerey H. "Set-Top-Box for Terrestrial Digital Broadcasting: Compatibility Issues". En actas de *International Conference on Computer Science and Information Technology*, Pattaya, 2011.
10. SUNDARESHMAN, Balaji. Digital Set Top Box (STB) - Open Architecture/Interoperability Issues. In.: Indian Institute of Technology Delhi, 2009.
11. WAHYU, Yuyu et al. "Development of Set Top Box (STB) for DVB-T2 standard television based on android". En actas de *8th International Conference on Telecommunication Systems Service and Applications*, 2014.
12. REIMERS, Ulrich. *DVB, The Family of International Standards for Digital Video Broadcasting*. 2005. ISBN 3-540-43545-X.
13. Harmonization of the instruction set for the execution engine for interactive TV applications. In *Rec. ITU-R BT.1722-2*. 2011.
14. DÁVILA SACOTO, Miguel Alberto. "Diseño de una plataforma de software para Televisión Digital interactiva de un canal de deportes utilizando GINGA-NCL LUA". Director: Ing. Edgar Ochoa Figueroa. Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana, 2012.
15. LEMOS DE SOUZA FILHO, Guido et al. "Ginga-J: the procedural middleware for the Brazilian digital TV system". Journal of the Brazilian Computer Society, 2007, vol. 12, núm. 4.
16. Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television Terrestrial Broadcasting System (DTMB). In *GB-20600*. China, 2006.
17. JOHN, Adam. Droidplayer Android TV Box XBMC/Kodi HD Streaming Media Player—Free Movies and TV. In., 2015.
18. MCCOLM, Charles. *Instant Xbmc*. Packt Publishing Ltd, 2013. ISBN 184969687X.
19. Linux Media Subsystem Documentation. In.: LinuxTV Developers, 2016.
20. HUNOLD, Michael. Linux DVB API Version 4. In.: Linux DVB Developers, 2004.