



XVIII SIMPOSIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA (SIE-2019)

Utilización de la plataforma *Raspberry Pi* para incrementar el nivel de interactividad de la señal DTV

Scheme to increase the interactive level of the DTV signal using the Raspberry Pi Platform

Irina Siles Siles¹, Marla Gabriela Hernández Arteaga², Roberto Morffi Ramos³, Reinier Millo Sanchez⁴, Héctor Cruz Enríquez⁵

1. Irina B. Siles Siles. UCLV, Cuba. E-mail: irinass@uclv.edu.cu
2. Marla G. Hernández Arteaga. UCLV, Cuba. E-mail: marla.gabicho@nauta.cu
3. Roberto Morffi Ramos. UCLV, Cuba. E-mail: rmorffi@nauta.cu
4. Reinier Millo Sanchez. , Cuba. E-mail: rmillo@uclv.edu.cu
5. Héctor Cruz Enríquez. , Cuba. E-mail: hcruz@uclv.edu.cu

Resumen: Las oportunidades que brinda la televisión digital han captado la atención tanto de proveedores como de televidentes pues abre el camino a servicios que la televisión analógica tradicional no podía ofrecer al permitir al usuario convertirse en una parte más activa. Los proveedores de contenidos de multimedia nacionales, cada vez más interesados en conocer las necesidades del público dilucidan entre nuevos modelos para determinar las magnitudes de los *ratings* de cada programa tomando en consideración el adelanto tecnológico del que somos sujetos y además computar el número de televisores encendidos/apagados y los cambios de canales virtuales (frecuencia de *zapping*). Luego de varios años del proceso de despliegue de la televisión digital en el contexto nacional se trabaja en obtener un STB (*Set Top Box*) autóctono para aprovechar las bondades que ofrece a cabalidad con total autonomía y soberanía tecnológica. Debido a esta situación en la presente investigación se diseñan esquemas que utilicen la Raspberry Pi como plataforma base de STB para alcanzar un mayor nivel de interactividad en la señal televisiva. Para ello se confecciona una estructura de datos basada en casos de estudio de interés para empresas proveedoras de servicios para la comunicación entre la Raspberry Pi como cliente STB y el proveedor de servicios interactivos. Las pruebas realizadas demuestran que la Raspberry Pi es una opción válida como plataforma de *hardware* base



del STB cubano que puede soportar como canal de retorno las tecnologías que brinda la empresa ETECSA para la informatización de la sociedad.

Abstract: *The opportunities offered by digital television have captured the attention of both providers and viewers as it opens the way to services that traditional analog television could not offer by allowing the user to become a more active part. The providers of national multimedia contents, increasingly interested in knowing the needs of the public elucidate between new models to determine the magnitudes of the ratings of each program taking into account the technological advancement of which we are subject and also compute the number of televisions on / off and virtual channel changes (zapping frequency). After several years of the process of deployment of digital television in the national context there is still no STB (Set Top Box) native and it is found that the benefits offered are not fully exploited. Due to this situation in the present investigation, schemes are designed that use the raspberry pi as the base platform of STB to reach a higher level of interactivity in the television signal. To this end, a data structure is prepared based on case studies of interest to companies that provide services for communication between the raspberry pi as a STB client and the interactive services provider. The tests carried out show that the raspberry pi is a valid option as a base hardware platform of the Cuban STB that can support as a return channel the technologies provided by the company Etecsa for the computerization of society.*

Palabras Clave: Raspberry Pi, STB, canal de retorno.

Keywords: Raspberry Pi, STB, return channel.

1. Introducción

Como parte del objeto social del centro de Investigaciones Sociales del ICRT en Cuba, resulta necesario conocer a priori las necesidades, características, cuantificación de la satisfacción de la teleaudiencia, etc en aras de satisfacer las necesidades de una población "mediática". A la fecha los índices de teleaudiencias y satisfacción se implementan mediante métodos de medios impresos (encuestas) que involucran un gran número de trabajadores, encuestadores, supervisores, recursos tangibles (papel, impresión) y personas a encuestar al azar; este método además de engorroso, rudimentario y costoso resulta demorado, situación que no permite hacer flexible la programación televisiva de modo que los usuarios puedan auto programar su consumo de manera directa.



Con el devenir del tiempo han sido utilizados a nivel internacional para la investigación de audiencias tomando en consideración que ha de ser un proceso fiable, continuo y estrictamente necesario para el funcionamiento del mercado publicitario elementos tecnológicos novedosos. Dicha tecnología ha pasado por el audímetro y los paneles de audiometría, el PPM (*Portable People Meter*), relojes de radiocontrol, dispositivos medidores EMU's (*Electronic Measurement Units*) por solo citar algunos en materia de radio. Para la televisión el audímetro constituyó un elemento preponderante, pasando por investigación telefónica asistida por ordenador, doble pantalla haciendo uso del ordenador o *tablets*, encuestas personales con entrevistas por Internet, mensajes a través de la telefonía móvil, hasta la aparición de los "audímetros de botones" o "*people-meters*" donde no solo se mide el número sino además las características de los televidentes.

Tomando en consideración el contexto nacional y las experiencias a nivel mundial resulta lógico intencionar la realización de audiometrías pasivas, en donde los sujetos no participen activamente ni hagan uso continuo de infrarrojos, lectura de códigos inaudibles e invisibles, código de barra sonoro, marcas de audio, sensores o reconocimientos de rasgos faciales o huellas digitales sino que de manera transparente se obtenga la información necesaria y se le envíe al productor de contenidos de multimedia para su procesamiento. El audímetro asociado al televisor de un hogar recoge información con una cadencia que será parametrizable por el operador de audiometría. A mayor frecuencia de recogida de muestras mejor respuesta a eventos cortos, pero también mayor cantidad de información a almacenar, transmitir y procesar. Podríamos aseverar, consecuentemente, que tomando en consideración los elementos antes planteados en la medición de audiencias de televisión, los investigadores de medios han de poner en la mira nuevas alternativas tecnológicas-metodológicas para hacer frente al reto planteado de modo que las mediciones realizadas en la señal televisiva digital sean consecuente con principios adoptados.

La DTV (del inglés, *Digital Television*) con respecto a la televisión tradicional, permite una mejora en la calidad de la recepción al ser muy robusta a las interferencias y ampliar la oferta disponible tanto en número de canales como en versatilidad del sistema: emisión con sonido multicanal, múltiples señales de audio, teletexto, EPG (*Electronic Program Guide*), canales de radio y servicios interactivos. La DTV proporciona servicios de multimedia interactivos, lo cual convierte a los usuarios en actores de la televisión.



Debido a obsolescencia tecnológica y escasos de los elementos del sistema analógico en el mercado internacional comenzó a desplegarse la transmisión de la DTT (*Digital Terrestrial Television*) desde el año 2013 en Cuba; empleando la norma china GB 20600-2006 o DTMB (*Digital Terrestrial Multimedia Broadcast*) [1] donde es actualmente un requisito indispensable para la población contar con STB (*Set Top Box*) o con un televisor híbrido para poder disfrutar de la señal digital. Actualmente la mayoría de los STB comercializados en la red de tiendas recaudadoras de divisas del país son provenientes de China; los cuales solo brindan bajas prestaciones sin acceso de insertarles nuevos servicios para aumentar su nivel de interactividad. Para mejorar esta situación y siguiendo las pautas de lograr la informatización de la sociedad que se ha propuesto el estado cubano en esta investigación se pretende diseñar esquemas que utilicen una Raspberry Pi como plataforma base de STB para incrementar el nivel de interactividad de la señal DTV utilizando el despliegue de las comunicaciones por parte de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA) para la conexión a Internet.

La televisión cubana, en la etapa de simultaneidad que se encuentra actualmente, no cuenta aún con una retroalimentación del televidente; por tanto, existe una inminente necesidad de un canal de retorno para permitir la comunicación entre el receptor de TV con el operador de servicio para mejorar los servicios interactivos. En correspondencia, en esta investigación se diseñaron un conjunto de casos de estudios que combinan tanto aplicaciones que recaudan información de la señal recibida por el STB como servicios que conforman una estructura elaborada para la retroalimentación de información donde el usuario pueda interactuar para autoprogramar su consumo; basados en el modelo de flujo cliente-servidor donde se considera al STB como cliente y un centro de procesamiento de datos en el Instituto Cubano de Radio y Televisión (ICRT) como servidor.

2. Punto de partida para el despliegue de la transmisión de la DTT Interactiva remota.

Es sabido que los primeros pasos de interactividad en el contexto nacional deben estar encausados en "perfeccionar" la señal existente y no sucumbir en cambios de gran magnitud que implicarían cuestiones más serias como el reanálisis de estándares de interactividad o un middleware más complejo; y por tanto, un importante encarecimiento del proceso de transición no viable de acuerdo a la situación actual del país. La anterior



aseveración, conlleva a pensar en tratar de regenerar cuestiones técnico-social-industrial al recaudar información de los usuarios con el fin de incrementar y perfeccionar los servicios ofrecidos por parte de los proveedores; entiéndase estos como análisis de calidad e intensidad de la señal para determinar la cobertura, constatar los programas con más aceptación entre la población e incorporar aplicaciones tanto para garantizar la participación en votaciones como para la auto elección del consumo televisivo por parte del usuario.

En función de comenzar a dar estos primeros pasos este trabajo toma como antecedente o punto de partida el proyecto que se desarrolla en la Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas (UCLV) [2] enfocado en elaborar una propuesta de basado en la plataforma de hardware Raspberry Pi para la sintonización y recepción de la señal de DTV (plataforma de hardware base de STB), según la norma [1] utilizada en Cuba. Debido que luego del estudio de las opciones válidas o prometedoras (costo/beneficio a mediano y largo plazo) de las plataformas abiertas con hardware multipropósito, la Raspberry Pi resultó una excelente opción.

Viabilidad de la transmisión DTT interactiva en el contexto nacional

En la televisión terrestre moderna, la interactividad necesita una conexión adicional del televisor o decodificador de televisión a una red de telecomunicaciones; como se menciona anteriormente, la existencia de un canal de retorno es vital para poder incrementar el nivel de interactividad de la señal de DTV. Este canal de retorno puede ser implementado mediante varias tecnologías existentes en el mercado (cable, red telefónica básica, red celular, WiFi (*Wireless Fidelity*), ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*), vía satélite, IP (*Internet Protocol*)); cada una de las cuales presentan características que pueden ser mejores para determinadas zonas, regiones o países si se toma en cuenta por ejemplo la infraestructura desplegada con anterioridad por los operadores de telecomunicaciones. En el momento tecnológico que vive Cuba se consideran la tecnología WiFi, el uso de la interfaz Ethernet para la tecnología ADSL y la posibilidad de incorporar módulos complementarios de 3G para la comunicación GSM (*Global System for Mobile communications*) como los convenientes para implementar dicho canal de retorno. Esta elección está de acuerdo a las opciones que brinda con sus interfaces la Raspberry Pi, la plataforma de *hardware* base de esta investigación.



3. Diseño de los casos de estudio

En los experimentos se describen escenarios de posible interés en el marco de los primeros pasos de la DTT interactiva en el contexto nacional que emplean las distintas opciones de canal de retorno: tecnología WiFi, ADSL o la comunicación GSM de acuerdo a las oportunidades que ofrece tanto la empresa ETECSA como el *hardware* de la plataforma Raspberry Pi., posibles a utilizar en la comunicación entre el STB y el proveedor de servicios interactivos. Haciendo hincapié en el problema de investigación planteado en la propuesta analizada se incluyen alternativas adicionales con soluciones interesantes para RadioCuba, ICRT, o los usuarios de multimedia. Para la implementación del "*hardware-People Meter*" se toman en consideración diferentes aspectos que resultan atractivos:

- La solución dotaría a la señal digital de mayor interactividad (local y remota)
- Los datos obtenidos no quedarían sesgados únicamente a ser pasivos sino que si el usuario lo quisiera podrían ser activos.
- Representatividad estadística para el reclutamiento de las muestras en caso de requerirlo.
- Facilidades de incorporar nuevas prestaciones o *upgradear* los *software*.
- Utilización de dispositivos pequeños de manera masiva con capacidades de procesamiento y almacenamiento.
- Cumplimentar encuestas personales con entrevistas en internet.
- Aprovechar características sociodemográficas de los individuos.
- La audiencia de un emplazamiento medio de cada ciudad es insuficiente para seleccionar soportes.
- El medidor no es un elemento de *hardware* como los audímetros sino que es un *software* de control que controla y registra los movimientos efectuados y que pudiera incorporar un identificador para cada usuario.

En la Figura 1 se muestra un esquema válido empleado en los casos de estudio, para ofrecer una retroalimentación interactiva desde los televidentes y con las opciones posibles de canal de retorno necesario para la transmisión de los datos que permiten brindar los nuevos servicios interactivos que se ponen en manos de los usuarios en los experimentos diseñados.

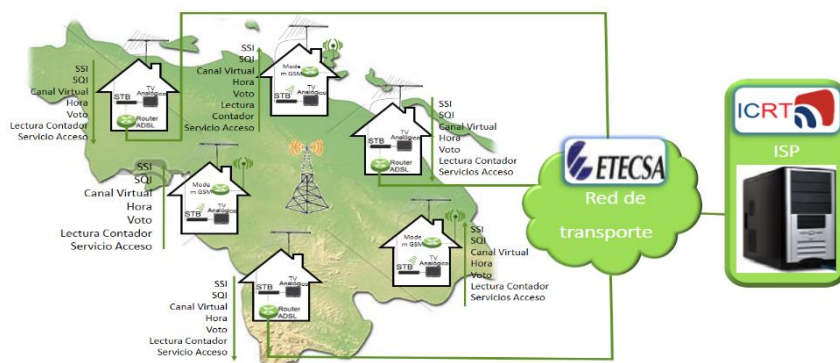


Figura 1: Arquitectura del proceso de transmisión DTT interactiva para los casos de estudio.

Caso de estudio 1: Desempeño de cobertura de la señal digital de televisión

Específicamente en Cuba para la empresa encargada de la radiodifusión, RadioCuba, resulta necesario saber las características que posee la señal de DTV recibida por los diferentes usuarios con el fin de conocer tanto los lugares con buenas condiciones como las distintas zonas con señal digital degradada debido a que se recibe en niveles próximos al umbral causadas por fenómenos como el multitrayecto, ensombrecimiento y obstrucción, o desvanecimiento por lluvia u otros de índole personal.

Entonces, valdría la pena cuestionarse sobre cómo poderle enviar información relacionada con los niveles de señal recibido en cada uno de los hogares a RadioCuba; para que la empresa cumpla su objeto social brindar servicios a los consumidores en cuanto a las quejas y situaciones que se presentan desde la identificación de problemas con los bajantes, mal apuntamiento hacia las estaciones radiantes hasta situaciones relacionadas con pérdidas de potencia de señal por disímiles factores.

Una alternativa válida podría llevarse a cabo utilizando algún mecanismo que asocie a cada usuario de TV con su posición geográfica exacta sin ningún tipo de ambigüedad. Por ejemplo, entiéndase la dirección IP correspondiente a una determinada ubicación geográfica fija del receptor dentro de un dominio de subred, asignada al usuario por la empresa ETECSA tanto en el contrato de Nauta-Hogar como en la comunicación inalámbrica o un módulo GPS que puede contener el STB con el propósito de saber exactamente la localización (longitud y latitud) del lugar donde se está recibiendo la señal. Para este caso, se monitorean los niveles de intensidad (*Signal Strength Indicator*, SSI) y calidad de la señal (*Signal Quality Indicator*, SQI) (ambos parámetros en un rango entre 0-100%, el 100% representa el mejor valor), que hasta el momento son los valores más



relevantes brindados por las cajas decodificadores en propiedad de los televidentes cubanos.

Entonces, como se ve en la Figura 2, para cumplir con los requisitos de este primer caso se necesita enviar dos valores entre 0-100 para la intensidad y calidad de señal televisiva recibida en cada STB, representados en el cuarto y quinto campo de la estructura a enviar. Como se mencionó anteriormente se necesita saber la localización geográfica exacta del receptor, para ello se reservan doce dígitos en el sexto campo de la estructura a enviar representando la dirección IP.

Caso de estudio 2: Análisis de audiencia de los canales

Las audiencias televisivas se han convertido en una herramienta esencial para los distintos sectores implicados en el negocio televisivo, uno de los más importantes tanto económico como social; porque permiten conocer las preferencias de los espectadores, y por tanto adecuar los contenidos a los gustos de dichos espectadores. Esta información constituye la fuente de datos principal para obtener los consumos televisivos y permitir conocer la audiencia de los diferentes canales de una manera que no sea lapidaria, es decir con la mayor premura. Por tanto, es de vital importancia que los datos arrojados sean fiables por lo que debe existir una continua comunicación entre los usuarios y la empresa encargada de realizar las mediciones. Al mismo tiempo, es necesario que el método utilizado para medir las audiencias permanezca totalmente transparente para los usuarios. En cuanto a la información a medir, destaca la audiencia total o *rating*, es decir, el número de hogares que sintonizan un evento televisivo de un determinado canal en la unidad de tiempo especificada (minuto, segundo u otra).

Una necesidad que surge, a la hora de realizar una cuantificación del consumo de aplicaciones interactivas y servicios, es la precisión temporal; tanto a la hora de medir dicho consumo como a la hora de tomar la decisión de si se debe realizar medición o no, dado que el tiempo de visualización no ha sido suficiente como para ser considerado consumo (casos de "zapeo" entre servicios). Esto no es un problema pues las tablas de señalización temporal de la señal digital ofrecen dicha información con una precisión de segundos, de modo que la medición también tendría precisión de segundos (inferior a la precisión de minutos exigida en televisión analógica) [3] . Esto último es especialmente trascendente en el caso de los noticiarios y de los programas de debate, ya que se informa



al instante el *zapping* cuando está en el aire algún comentarista o determinado personaje público que no concita un interés igual al programa que se está viendo.

En el caso de Cuba la medición de la audiencia a un programa supone un reto pues en ocasiones la programación mostrada en la EPG no se corresponde con la programación televisada realmente en los horarios establecidos. La Figura 3 prueba este error, donde en la EPG que se muestra en la Figura 3a) presenta que se transmite en desde las 8:30 La Gran Escena, pero con la situación que provocaron las intensas lluvias de la tormenta subtropical Alberto el Noticiero Estelar tiene duración de una hora (hasta las 9:00pm) y se suspende el programa establecido para las 8:30 pasando a la novela directamente cuando se acaba el noticiero. En ocasiones sí se mantiene íntegra la programación, pero se atrasa treinta minutos a todos los programas después del noticiero.

Este obstáculo es imprescindible resolverlo para que las estadísticas obtenidas sean confiables. Entonces es prioritaria que el servidor sí tenga el conocimiento del programa real que se está transmitiendo sin lugar a errores. Otra de las circunstancias que hacen engorrosa esta medición es que un programa puede ser transmitido por diferentes canales en el mismo o en diferente horario por ende se necesita que el servidor tenga la capacidad de cuantificar la audiencia de un determinado programa tomando en consideración todos los espacios en que es transmitido.

Los valores a transmitir, como consecuencia para este caso son tres números correspondientes con el canal virtual que está sintonizado y seis números (hh:mm:ss) pertenecientes a la hora en que ocurre la muestra para que el servidor pueda correlacionar el programa; ubicados en el octavo y el séptimo campo de la estructura a enviar respectivamente. En la arquitectura presentada en la Figura 2 también se refiere a este caso con el fin de poder cuantificar las preferencias de los televidentes en cuanto a los contenidos emitidos.

En la literatura consultada se muestra que estudios demuestran que afinidades musicales de televidentes son coincidentes en predisposición a partidos políticos; situación válida para conocer para campañas políticas, la fragmentación de las audiencias con la inclusión de la TV de pago incide considerablemente, jóvenes de sexo masculino y de posición socioeconómica alta, ven los mismos programas, .



Caso de estudio 3: Participación de los televidentes en los servicios interactivos propuestos por determinados programas

Los servicios interactivos, como su nombre lo indica, permiten al usuario interactuar con el contenido del programa de televisión. Entre los ejemplos de servicios interactivos para el usuario se pueden mencionar visualizar las estadísticas, que el usuario quiera ver, de los jugadores en un evento deportivo, participar en concursos y votaciones de televisión o escoger el idioma del subtítulo o audio de una película entre todos los disponibles. El modo de participar para seleccionar la opción deseada es mediante el mando a distancia pulsando un botón determinado para esa aplicación. Este proceso es conveniente que sea lo más sencillo posible, para de esta forma causar las mínimas molestias y, por tanto, la mayor participación. Para esta opción es necesario que todos los usuarios de las audiencias tengan acceso a las aplicaciones interactiva de igual forma como una manera de garantizar su fiabilidad sea tanto para una votación, transferencias comerciales como para servicios de alertas tempranas. En el caso de Cuba sería atrayente utilizarlo para la votación de la popularidad en programas como Lucas, Sonando en Cuba y Bailando en Cuba, que gozan de gran audiencia.

A pesar que en estos momentos se utiliza una aplicación desarrollada por la empresa DESOFT con servicio de SMS, la población debe contar con un dispositivo que utilice el servicio de telefonía móvil de ETECSA y pagar si quiere votar; lo que implica que no todos los televidentes tienen acceso a esta vía por los altos costos de dichos dispositivos y el pago para contratar el servicio de ETECSA. Sin embargo, la alternativa abordada en esta investigación, expuesta en la Figura 2, permite contar con mayor audiencia pues se capta mayor atención de los receptores para votar debido a que puede ejercer su criterio justamente por donde disfrutan de la emisión televisiva durante o inmediatamente después la propia transmisión del programa. En fin, para este caso se ha reservado el noveno campo de la estructura de datos, el cual contiene los dos dígitos a enviar correspondientes al número de una pareja, un video clip o el proveedor de servicios lo puede utilizar para que los televidentes den respuesta a encuestas lanzadas por el canal de radiodifusión

Caso de Estudio 4: Transacciones fuera del ambiente controlado por el *broadcaster*



La interactividad es una herramienta que sin dudas puede atraer interés al sector comercial, conectar con sectores específicos de las audiencias y ofrecer actividades comerciales particularizadas. Esto permite fomentar y motivar la inclusión de nuevos actores al mercado y la penetración de la televisión digital en los hogares con servicios comerciales. Coherentemente con esta intención es interesante para la Empresa de Energía Eléctrica (UNE, Unión Nacional de Electricidad) una aplicación donde el usuario pueda enviar la lectura de su contador.

Esta propuesta podría hacer más raudo y eficaz los servicios que brindan los trabajadores de dicha empresa, como es el cobro a domicilio de la cuota consumida. Esto se debe a que en muchos hogares todos sus integrantes trabajan, estudian o realizan actividades conllevando a no encontrarse en la casa hasta horarios nocturnos; lo que interpone un obstáculo al trabajador de la UNE para acceder a leer o cobrar el contador. En este contexto la aplicación propuesta es una alternativa para resolver este problema y se convierte en una fuente para alentar a la industria en la producción de instrumentos y servicios digitales a través de aplicaciones interactivas. Entonces para este caso el STB debe enviar cinco dígitos correspondientes a la lectura del contador en el último campo de la estructura de datos. También, el proveedor de servicios precisa conocer a que contador pertenece dicha lectura que se puede solucionar con una herramienta GPS para definir la localización geográfica exacta o enviando la identificación del contador. Específicamente en este proyecto se va a transmitir, en el penúltimo campo de la estructura de datos la identificación, de dicho contador con otros seis dígitos. La arquitectura propuesta para ello se muestra en la Figura 2.

Caso de Estudio 5: Servicios de acceso relevantes para la radiodifusión televisiva

Según estudio de [4] existen más de mil millones de personas en la Tierra que sufren discapacidades físicas o mentales. Más o menos graves que dificultan su acceso a los servicios de telecomunicaciones; del mismo muchos adultos tienen problemas de salud que dificultan o imposibilitan el acceso y el uso de programas de radiodifusión. Naturalmente, con la edad, un número creciente de personas tiene problemas de audición y/o visión, así como también reducciones en la movilidad que pueden dificultar el control de los aparatos, dígame por ejemplo operando el control remoto del televisor.



La UIT emitió una serie de Resoluciones pertinentes [5] [6] [7]. Este último se titula "Accesibilidad de las telecomunicaciones / tecnologías de la información y la comunicación para las personas con discapacidad, incluidas las discapacidades relacionadas con la edad", y ordena a los tres Sectores de la UIT "que tengan en cuenta las necesidades de las personas con discapacidad en la labor de la UIT". Tomando en consideración las ideas de [8] [9], el informe de [10] y haciendo eco de ellas en el contexto nacional para este caso de estudio estarían enfocados en la petición o la solicitud de los siguientes servicios de acceso:

- Subtítulos para personas con problemas de audición (así como para minorías).
- Audiodescripción para personas con discapacidad visual.
- Audio limpio (inteligibilidad mejorada del diálogo) para los ancianos y para las personas con agudeza auditiva reducida).
- Pistas de sonido adicionales para minorías.
- Conversión de la tasa de voz para personas adultas y mayores.
- Sistema de navegación multimedia para personas con discapacidad visual.
- Traducción automática a lenguaje de señas con animación CG (computadora-gráfica).
- Balance de sonido de fondo de transmisión para oyentes ancianos (mejora de la inteligibilidad ajustando el volumen de sonidos de fondo [ruido y / o música] a un nivel apropiado).
- Servicio de transmisión de idiomas de fácil lectura y soporte de conversión de idiomas en la comprensión de textos complejos.

Para una correcta organización en la estructura a confeccionar se reserva el campo diez a continuación del campo Votar para la asignación de dichos servicios de acceso con un total de dos dígitos, válidos entre uno y nueve correspondiente al servicio que solicite el usuario utilizando el esquema de transmisión mostrado en la Figura 2. En este caso se estaría dando un enfoque bidireccional pues se estaría solicitando servicios de accesos por parte de los usuarios al servidor y luego de algún modo el servidor de contenido de modo transparente para los usuarios tendría que enviar la información por difusión.

Estructura a enviar al centro de procesamiento de datos

En resumen, el decodificador debe recoger la información del usuario para enviarla hacia el servidor por el canal de retorno, a través del *router* que está conectado a un puerto del



STB. La información a enviar desde el STB al centro de procesamiento de dichos datos debe estar estructurada y contener los campos que se muestran en la Figura 2, los cuales responden a los servicios interactivos que se quieren brindar.

Flags	Fuente Señal	Modelo STB	SSI	SQI	IP	Hora	Canal Virtual	Votar	Servicios Acceso	ID Contador	Lectura Contador
11	1	10	3	3	12	6	3	2	2	6	5

Figura 2: Estructura que debe enviarse desde el STB hacia el servidor.

Además, en esta estructura es necesario conocer si el STB visualiza DTV o si la señal procede de un dispositivo externo como una memoria *flash*. En caso de que no esté viendo DTV los restantes elementos se descartarían porque estos son para medir el comportamiento de los usuarios con la señal de televisión digital. Esto está definido por un dígito: que toma valor 1 cuando está sintonizada DTV y valor 0 cuando se visualiza un dispositivo externo. Por otra parte también, se protege la información al agregar un campo corrector de errores (chequeo de suma) pero se propone para estudios futuros el desarrollo e incorporación en la estructura de dicho campo porque este solo sería útil cuando el STB cuente con la API para extraer sus datos. Pero como una “opción” de proteger de los datos, se decide enviar hacia el servidor caracteres que corroboren los campos específicos con información real y útil (campo *Flags*).

Comunicación entre el STB y el proveedor de servicios interactivos (ISP)

Como resultado de los casos de estudio y para demostrar que es viable en el contexto nacional la interactividad con canal de retorno en la DTT se elabora una aplicación (programada en el lenguaje de programación *Python3*, por poseer gran adaptabilidad, sencillez y extendido uso) para la comunicación entre el cliente STB y el servidor a través del envío de la estructura de datos construida. Para la emulación de STB, como se menciona se utiliza la Raspberry Pi; específicamente para implementar el canal de retorno ADSL se emplea la Raspberry Pi 2 modelo B y para el canal de retorno WiFi, la Raspberry Pi 3 modelo B. Estas plataformas tienen instalado el sistema operativo *Raspbian* que es una distribución de *Linux*. El programa está escrito de forma de sencilla y consta de dos ficheros: uno para la Raspberry Pi como cliente STB y otro para el servidor de servicios interactivos (ISP) como servidor. En esta investigación se permitió instalar el código correspondiente al servidor en el Data_Center de la UCLV, para utilizarlo como un



ejemplo de ISP, ubicado en el edificio de la Facultad de Matemática, Física y Computación.

En la aplicación el programa en el cliente envía los datos de las características de la señal recibida, la preferencia de los usuarios, entre otras estadísticas, al servidor. Mientras que, el programa en el servidor permanece pasivo escuchando hasta que llegue información proveniente del usuario de DTV; cuando se recibe la información se guarda de forma organizada en la base de datos, con el fin de que estos puedan ser utilizados posteriormente.

4. Análisis de los resultados obtenidos en las pruebas experimentales diseñadas.

Para validar las propuestas de canal de retorno respondiendo a los casos de estudio con el envío de la estructura de datos mediante el programa cliente-servidor creado se procesan los valores de la señal recibida por 10 STBs situados en distintos lugares de la ciudad de Santa Clara para emular el comportamiento de los receptores en la retroalimentación mediante el canal de retorno. Estas pruebas se realizaron remotamente, permitiendo obtener el rendimiento del sistema en un ambiente real. Durante la ejecución de las pruebas se emplearon equipos con los siguientes roles: la Raspberry Pi para emular el comportamiento del STB como cliente generador de información en un extremo de la transmisión, un *router* para encaminar los datos por el canal de retorno y en el otro extremo de la transmisión el servidor con una base de datos. Para la validación de los resultados, la información fue emulada durante el período de tiempo es de las 8:00am hasta las 12:00am del día para cuantificar los obtenidos se confeccionaron varias tablas que muestran el comportamiento tanto de la señal DTV como del televidente en la selección de los canales

Donde en la Figura 3a) y Figura 3b) expresa los resultados obtenidos del comportamiento de la señal recibida por los 10 STBs examinados en cuanto a la SSI y SQI respectivamente de acuerdo a los momentos donde el televidente está visualizando la DTV. En el Figura 4 representa el comportamiento del usuario en cuanto a la visualización de la señal donde demuestra que el momento donde tiene la mayor audiencia la DTV es de las 5:30pm a las 10:30pm por tanto puede ser la más indicada para hacer encuestas o se puede utilizar que la información transmitida tenga impacto en gran parte de la población.

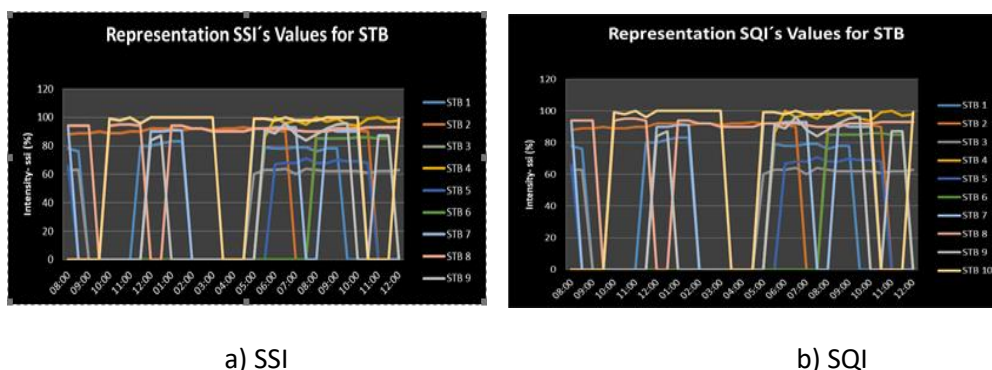


Figura 3: Representación de los parámetros de la señal DTV recibida por los STBs examinados.

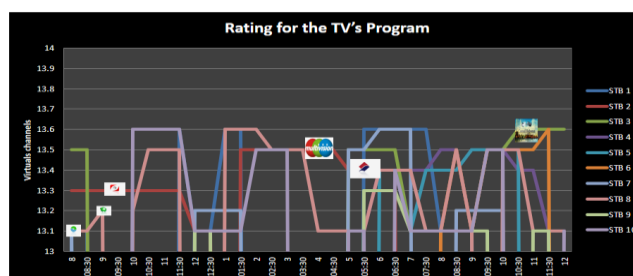


Figura 4: Teleaudiencia de los STBs examinados de acuerdo con el período de tiempo examinados.

La Figura 5 revela una sección de la tabla DataDTV que se obtuvo en la base de datos creada en el *server_dtm* como resultado en la emulación de las respuestas de los STBs. en estas pruebas, se estableció la transmisión periódica cada un minuto que se considera proporcionada y demuestra que es posible en un ambiente real la retroalimentación reiterada, donde se deberá modificar a treinta minutos.

Tesis x Roberto

10.12.112.221

Run Server

Copy CSV

Search:

ID	Flags	Source	Model	SSI	SQI	IP	TIME Client	TIME Server	VIRTUAL CHANNEL	INT	HELP SERV	ID Counter	Num counter
15	b'111111110011	1	KHDT885BD	59	100	192.168.43.109	21:42:32.000000	20:42:48.302314	136	0	0	509757	0'
16	b'111111110011	1	KHDT885BD	67	98	192.168.43.109	21:45:37.000000	20:45:57.380101	136	0	0	509757	0'
17	b'111111110011	1	KHDT885BD	63	100	192.168.43.109	21:46:38.000000	20:47:01.916659	135	0	0	509757	0'
10	b'111111111111	1	DSHL215B	46	96	192.168.43.92	21:33:29.000000	20:34:24.048769	133	2	8	402469	00424'
11	b'111111111111	1	DSHL215B	44	100	192.168.43.92	21:34:15.000000	20:35:18.015456	133	5	2	402469	00424'
12	b'111111111100	1	DSHL215B	46	98	192.168.43.92	21:40:25.000000	20:41:56.787383	133	23	3	0	0'
14	b'111111111100	0	DSHL215B	0	0	192.168.43.92	21:42:14.000000	20:42:48.296990	0	0	0	0	0'
18	b'111111110100	1	DSHL215B	48	99	192.168.43.92	21:46:46.000000	20:47:22.849501	132	0	9	0	0'
19	b'111111110100	1	DSHL215B	100	72	192.168.43.92	21:47:17.000000	20:47:54.788428	135	0	5	0	0'

Showing 11 to 19 of 98 entries

Previous 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Next

© Copyright © Tesis 2018

Figura 5: Tabla DataDTV resultado de la comunicación entre la Raspberry Pi y el servidor.

5. Desempeño de la aplicación cliente-servidor en el canal de retorno

Para el análisis del desempeño de la aplicación desarrollada se toma como punto de partida el Escenario 3 que emplea la red PSTN como canal de retorno y brinda entre todos los estudiados el ancho de banda más reducido en la comunicación, convirtiéndose en el peor de los escenarios evaluados. Para los cálculos se necesita conocer la demora en transferir al servidor de interactividad la carga de datos útiles de la aplicación en cuestión.

En la Figura 6 se encuentra la captura de los paquetes de datos interactivos enviados al server_dmtb (dirección IP 10.12.112.221) utilizando la herramienta Wireshark, en su versión para Raspbian. Nótese que se puede obtener el número de bytes de carga útil enviados por el cliente (sin incluir las cabeceras utilizadas para el transporte de los datos) para cualquiera de los 3 canales de retornos analizados, el cual es 89 Bytes.

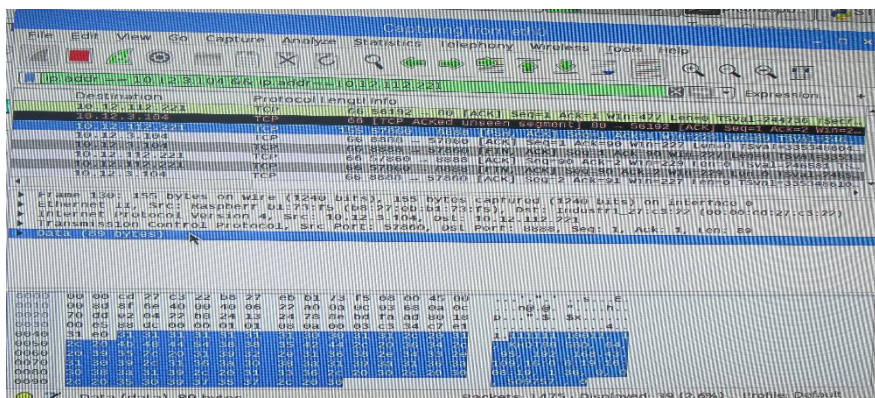


Figura 6: Captura del Wireshark de los paquetes transmitidos por la Raspberry Pi al server_dmtb

En una conexión punto a punto usando el servicio Dial-Up o de línea conmutada, se implementa el protocolo PPP (del inglés, Point-to-Point Protocol) a nivel de enlace con la estructura de trama que se muestra a continuación:

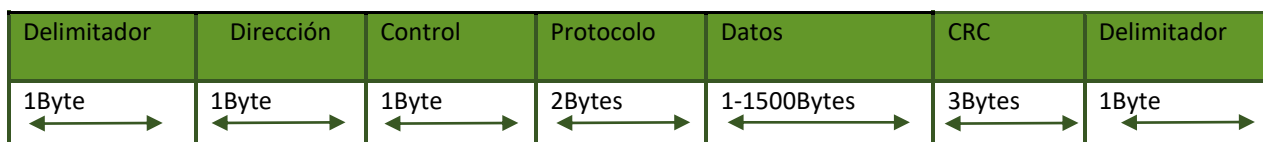


Figura 7: Estructura de trama del protocolo PPP para la transmisión de información entre el cliente y el servidor en esta aplicación

Para este tipo de aplicación de acuerdo a los datos establecidos a transmitir, la cantidad de información útil a enviar en la trama es de 89 Bytes correspondiente a la información de la estructura de datos diseñado para la interactividad, adicionando 52 Bytes



pertenecientes a las cabeceras de la capa de red y transporte¹ y añadiendo los 8 Bytes representados en la Figura 3.14 de la cabecera PPP del nivel de enlace de datos, haciendo un total de 149 Bytes como se muestra en la Ecuación 1.

$$\#Bytes_{min} = \text{Carga Útil} + \text{Cabeceras de red y transporte} + \text{Cabecera PPP} \quad (1)$$

$$\#Bytes_{min} = 89\text{Bytes} + 52\text{Bytes} + 8\text{Bytes} = 149\text{Bytes}$$

Un parámetro importante en el desempeño de una aplicación de interactividad es el tiempo de transferencia (t_{Transf}), que garantice una interacción eficiente con el usuario. Este tiempo se corresponde con la Ecuación 2, donde RTT es el retardo de ida y retorno que sufre la información, t_{Tx} es el tiempo de transmisión de los datos

$$\begin{aligned} T_{\text{Tranf}} &= \text{RTT handshaking} + t_{\text{Tx}} + \frac{\text{RTT}}{2} \text{ propagación en un solo sentido} \\ &= 1.5 \times \text{RTT} + t_{\text{Tx}} \end{aligned}$$

como se puede observar en la Ecuación 2 se precisa para el cálculo el valor de RTT (*Round-Trip delay Time*) que sufre la información, el cual fue obtenido de forma experimental como se muestra en la Figura 3.15. El valor correspondiente al RTT promedio (RTT_{avg}) fue de 288.19ms.

```

pi@raspberrypi:~$ ping -c 248 10.12.112.221
64 bytes from 10.12.112.221: icmp_seq=231 ttl=122 time=213 ms
64 bytes from 10.12.112.221: icmp_seq=232 ttl=122 time=212 ms
64 bytes from 10.12.112.221: icmp_seq=233 ttl=122 time=332 ms
64 bytes from 10.12.112.221: icmp_seq=234 ttl=122 time=304 ms
64 bytes from 10.12.112.221: icmp_seq=235 ttl=122 time=214 ms
64 bytes from 10.12.112.221: icmp_seq=236 ttl=122 time=212 ms
64 bytes from 10.12.112.221: icmp_seq=237 ttl=122 time=211 ms
64 bytes from 10.12.112.221: icmp_seq=238 ttl=122 time=210 ms
64 bytes from 10.12.112.221: icmp_seq=240 ttl=122 time=212 ms
64 bytes from 10.12.112.221: icmp_seq=241 ttl=122 time=351 ms
64 bytes from 10.12.112.221: icmp_seq=242 ttl=122 time=331 ms
64 bytes from 10.12.112.221: icmp_seq=243 ttl=122 time=332 ms
64 bytes from 10.12.112.221: icmp_seq=244 ttl=122 time=212 ms
64 bytes from 10.12.112.221: icmp_seq=245 ttl=122 time=211 ms
64 bytes from 10.12.112.221: icmp_seq=246 ttl=122 time=210 ms
64 bytes from 10.12.112.221: icmp_seq=247 ttl=122 time=210 ms
64 bytes from 10.12.112.221: icmp_seq=248 ttl=122 time=240 ms
^C
-- 10.12.112.221 ping statistics --
248 packets transmitted, 129 received, +99 errors, 47% packet loss, time 251944ms
rtt min/avg/max/mdev = 193.846/288.194/ 282.207/274.844 ms, pipe 4
pi@raspberrypi:~$
  
```

Figura 8: Obtención experimental del RTT desde el cliente Raspberry Pi 3 hasta el servidor 10.12.112.221 utilizando la red PSTN como canal de retorno

Además se requiere determinar el tiempo de transmisión (t_{Tx}) definido por la Ecuación 3, el cual depende del número total de Bytes transmitidos y de la razón de transmisión nominal disponible (B), el cual alcanzó en dicha conexión el valor de 48 Kbps.

$$t_{\text{Tx}} = \#Bytes \text{ trama} / B \quad (3)$$

¹ En la literatura siempre se considera 40 Bytes para las cabeceras TCP/IP, pero lo de la captura realizada se constatan un total de 52 Bytes en su totalidad pues utiliza 12 Bytes de los campos adicionales



Calculo de parámetros considerando una carga útil de 89bytes, por tanto para un tamaño de la trama es de 149 bytes

De acuerdo a la Ecuación (3) el tiempo de transmisión es:

$$t_{Tx} = \frac{149\text{Bytes} \times 8}{48\text{Kbps}} = 24.83\text{ms}$$

Entonces:

$$t_{Transf} = 1.5 \times RTT + t_{Tx} = 1.5 \times 288.194\text{ms} + 24.83\text{ms} = 457.121\text{ms}$$

Con estos datos se puede calcular el *throughput* (R_t) (ver Ecuación 4) y la eficiencia o utilización del canal (η) (ver Ecuación 5):

$$R_T = \frac{\text{tamaño datos útil}}{t_{Transf}} = \frac{89\text{Bytes} \times 8}{457.121\text{ms}} = 1.56\text{Kbps} \quad (4)$$

$$\eta = \frac{R_T}{B} \times 100\% = \frac{1.56\text{Kbps}}{48\text{Kbps}} \times 100 = 3.25\% \quad (5)$$

El tiempo de transferencia de los datos es el parámetro de mayor interés pues en aplicaciones como los servicios de acceso explicados en el Caso de Estudio 6, la respuesta rápida es necesaria para que el usuario disfrute de forma prácticamente instantánea los servicios escogidos. A esto responden los cálculos anteriores donde los bajos valores del R_t y (η) no influyen para que el tiempo de transferencia obtenido (aproximadamente 458ms), que garantice una óptima interacción entre el ISP y el televidente.

En casos de insertarle a la estructura de datos nuevos servicios interactivos como darle la posibilidad al usuario de compartir sus fotos enviándolas a programas como:

- “Gol 360” donde incitan al televidente que comparta el ambiente y el lugar donde disfruta del partido de fútbol.
- “60 Semanas y más” que muestran las familias que prefieren el programa y el crecimiento de los bebés que la integran mediante imágenes.
- “Barquito de papel” para los más pequeños de la casa donde los niños puedan fotografiar sus dibujos y enviarlos.

Estos programas podrían hacer más eficaz la comunicación del usuario con sus programas favoritos e incrementa el tamaño de los datos enviados lo que mejoraría el comportamiento de los parámetros R_t y η a expensas de que se afecte el tiempo de transferencia. Aunque en este tipo de aplicaciones donde el proveedor de servicios almacena la información para luego utilizarla, se toleran tiempos de transmisión mayores



y el parámetro t_{transf} no resulta tan trascendente. Los cálculos que se muestran a continuación corroboran el anterior planteamiento y utilizan como ejemplo una foto de tamaño 1 MByte.

Cálculo de parámetros considerando el tamaño máximo de carga útil en una trama PPP a nivel de enlace (1500 Bytes), se deben descontar las cabeceras de red y transporte utilizadas por la aplicación de interactividad (52 Bytes), resultando en una Carga útil resultante de 1448Bytes.

Para 1 MByte (1MB = 2^{20}) en la comunicación *half duplex* de la red PSTN, información es segmentada en 724 segmentos tal y como se muestra en la ecuación (6). Por tanto existe un ACK por cada segmento enviado lo que conlleva que para cada paquete transmitido habrá un RTT asociado.

$$\begin{aligned} \#segmentos &= \frac{2^{20} \text{Bytes}}{1448 \text{Bytes}} \\ &= 724.15 \sim 724 \text{ segmentos} \end{aligned} \quad (6)$$

Entonces, adecuando la ecuación (2) se puede obtener la siguiente expresión para determinar el tiempo de transferencia:

$$\begin{aligned} t_{Transf} &= RTT_{handshaking} + RTT \times \#segmentos + t_{Tx} \\ &\quad + \frac{RTT}{2} \text{ propagación en un solo sentido} \end{aligned} \quad (7)$$

De acuerdo a la Ecuación (3) el nuevo tiempo de transmisión es:

$$\begin{aligned} t_{Tx} &= \frac{1 \text{MBytes}}{48 \text{Kbps}} \\ &= \frac{2^{20}}{48 \text{Kbps}} \end{aligned}$$

El tiempo de transferencia resultante sería:

$$\begin{aligned} t_{Transf} &= 1.5 \times RTT + 724 \times RTT + \frac{2^{20}}{48 \text{Kbps}} = 725.5 \times RTT + \frac{2^{20}}{48 \text{Kbps}} \\ &= 230.93 \text{ seg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{Transf} &= 230.93 \text{ seg} \\ &= 3 \text{ minutos y } 51 \text{ segundos} \sim 4 \text{ minutos} \end{aligned}$$

Con estos datos se puede calcular el nuevo *throughput* (R_t) (ver Ecuación 5) y por tanto la eficiencia (η) (ver Ecuación 6):

$$R_t = \frac{1 \text{MByte}}{230.93 \text{seg}} = \frac{2^{20} \text{bits}}{230.93 \text{seg}} = 36.33 \text{Kbps}$$



$$\eta = \frac{36.33\text{Kbps}}{48\text{Kbps}} \times 100\% = 75.6\%$$

Como se observa si se aumenta el tamaño de los datos transmitidos aumenta la eficiencia y el *throughput*, para 1 MByte ascienden a 75.6% y 36.33 Kbps respectivamente. Pero estos valores no son definitorios pues estos parámetros son relativos a la cantidad de información que se envíe. Sin lugar a dudas la relación queda evidenciada puesto que el tiempo de transferencia aumenta a 4 minutos para 1 MByte en contraste con los 458 milisegundos (medio segundo) para 89 Bytes; entonces la caracterización de los parámetros de la aplicación va a depender de los servicios que se quieran brindar al usuario. Por tanto se considera que la aplicación elaborada en esta investigación en la variante de enviar 89 Bytes con 458 milisegundos como tiempo de transferencia de la información es adecuada para complacer al televidente ofreciéndole respuesta rápida a sus peticiones y lograr así un proceso de interactividad exitoso en el marco de sus exigencias.

6. Conclusiones

Como resultado de la presente investigación se arriba a las siguientes conclusiones:

El estudio bibliográfico llevado a cabo constató que el tema tratado resulta de interés y constante evolución a nivel mundial; para el caso del contexto nacional tras el análisis de la situación actual se podría considerar como un aporte y una alternativa prometedora para la mejora de la señal interactiva. Se confeccionó una estructura de datos siempre basada en casos de estudio que resultaron de interés de un modo concreto y eficiente a la hora de la determinación de los campos que la componen. Esta estructura se puede modificar en función de otras necesidades identificadas por los proveedores de servicio o nuevos servicios interactivos a ofrecer. Por ejemplo, una futura implementación de un hardware-PPM conseguiría afinar mucho más que el sistema propuesto; entiéndase que resulta menos favorable cuantificar a todos los componentes de una familia de forma global, que poder registrar específicamente el tipo de comportamiento que cada uno de ellos tiene ante la programación. De esta forma, no sólo se puede saber cuántas personas son espectadores de un espacio. Sino que también conseguimos analizar las franjas de edad, la condición social, el sexo. Una concreción cada vez más relevante para el mundo de los medios de comunicación.



Para la implementación de un *hardware*-PPM para la medición de sintonías habría que tomar en consideración experiencias precedentes:

- Negativa de los integrantes del hogar seleccionado aleatoriamente a permitir la incorporación de los dispositivos ante las incomodidades de permitir el ingreso de los instaladores, la ignorancia respecto de una hipotética falta de privacidad o de eventual espionaje hogareño y sobre todo la ausencia de incentivos que justifiquen los costos de una autorización de invasión al hogar cuyos beneficios no se advierten.
- El rigor aplicativo de la teoría del muestreo el reemplazo de los hogares seleccionados por otros de iguales características sociales no resuelve el problema y conduce a estimaciones sesgadas.
- La muestra que se empleen han de contemplar un tamaño considerable de hogares; como las unidades muestrales son personas la muestra aumenta considerablemente dando una seguridad estadística al estudio.
- Necesidad de incentivos o regalías que logren una vinculación total de los participantes.

El programa cliente-servidor elaborado demuestra a través de los experimentos diseñados que es una aplicación factible a recurrir en el momento que se decida aumentar el nivel de interactividad y que el ISP necesite retroalimentarse con cualquier tipo de información proveniente de los usuarios. La Raspberry Pi es una opción válida como plataforma de hardware base del STB cubano con soporte de canal de retorno para dotar de un mayor nivel interactividad a la señal de televisión digital.

En el marco de la informatización de la sociedad las tecnologías que brinda la empresa ETECSA en Cuba resultaron viables su empleo como canal de retorno, ya sea tanto la tecnología GSM, WiFi, ADSL así como red PSTN. Para los días de hoy resulta muy factible el tratar de implementar tecnologías soberanas que estén acorde a las necesidades y las tendencias IBB que resulten tentativas económicamente.

Por lo que se puede concluir que la creación de un computador del hogar que permita visualizar la DTV es una alternativa realizable a través de la Raspberry Pi, utilizando una de las tecnologías que brinda ETECSA para la conexión a Internet. Esta solución permite aprovechar las oportunidades que brinda la DTV y no se han comenzado a explotar en



II Convención Científica Internacional 2019
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD. PERSPECTIVAS Y RETOS

Cuba brinda la DTV; mediante la retroalimentación usando el programa cliente-servidor elaborado.

REFERENCIAS

- [1] S. A. o. t. P. s. R. o. China, "Chinese National Standard GB 20600—2006. Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television Terrestrial Broadcasting System (DTMB)," ed, 2007.
- [2] C. M.-P. Reinier Millo-Sánchez, Irina Siles-Siles, Carlos García-González, Waldo Paz-Rodríguez, "Propuesta de SET-TOP BOX cubano empleando alternativas de software libre " presented at the Foro Internacional de Televisión Digital, Habana, Cuba, 2015.
- [3] M. Á. G. G. Carlos Cano Inés, Ignacio Pedraza Villarrubia, "Estudio de una solución para la medición de audiencias en la Televisión Digital Terrestre (TDT)," Facultad de Informática, Universidad Complutense de Madrid, 2006.
- [4] W. H. Organization, "World report on disability-World Health Organization," 2011.
- [5] *Resolución 70* 2008.
- [6] "Resolución 58," presented at the Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones, Hyderabad, 2010.
- [7] "Resolución 175," presented at the Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT, Guadalajara, 2010.
- [8] P. O. Looms, "'Making Television Accessible'," ITU Telecommunication Development Bureau and G3ict, Geneva2011.
- [9] . "NEM Position Paper on Access Policy Suggestions – Opening doors to Universal Access to the Media," 2016.
- [10] I. T. Union, " Informe UIT-R BT.2207: Accesibilidad a los servicios de radiodifusión para personas con discapacidad."