

La TV Digital de Alta Definición en la UCI: Experiencias.

High Definition Television in the UCI: Experience

Nelson J. Suárez Fabr , Asmel Navarro Camero

Facultad Regional Mártires de Artemisa

njsuarez@hab.uci.cu

Resumen

En el presente trabajo se dejan sentadas las bases para una futura implementación de la Televisión Digital de Alta Definición (HDTV) sobre la red de datos de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI). Para esto se realizó un estudio exhaustivo acerca de las características de esta tecnología, sus antecedentes históricos y estado actual en el mundo de hoy

Se llevaron a cabo una serie de pruebas técnicas y mediciones del tráfico de la red bajo circunstancias diferentes con el objetivo de determinar cuáles son los requisitos necesarios para la implementación de la HDTV sobre la red de datos de la UCI.

El *software* utilizado para medir el tráfico de la red fue el *Traceplus Ethernet*, el cual por sus prestaciones e interfaz gráfica es completamente capaz de ofrecer todos los valores necesarios para enfrentar el objetivo de la investigación planteado.

La idea parte de un análisis realizado sobre el sistema de transmisión de televisión en la Universidad y de su futuro inmediato, el cual se avizora cercano a la televisión sobre el protocolo IP (IPTV); con vista a un mejoramiento que conlleve, entre otras cosas, a mayor interactividad y calidad en la imagen que se ofrece.

Al cierre de esta investigación quedaron establecidos los requisitos antes mencionados, que incluyen algunos referentes al ancho de banda que ocupa la transmisión de una señal de Alta Definición sobre la red, el *bitrate* a que se deben emitir los diferentes videos sin afectar la calidad en las imágenes que se visualizan y sin ocupar un ancho de banda considerable, las características que deben tener los equipos de interconexión y las especificaciones necesarias para el servidor que se vaya a utilizar en la oferta del servicio de video bajo demanda.

Palabras clave: Ancho de banda, televisión digital, video streaming,

Abstract

In this paper the bases for a future implementation of High Definition Digital Television are set on the data net of the University of Information Sciences are settled.

A very careful study of the characteristics of this technology, its background and position in today's world was done.

Some technical tests and measures of the net under different circumstances with the objective of setting the requisites for the implementation of the HDTV on the data net of the UCI were applied.

The Software used to measure the traffic of the net was Traceplus Ethernet; which is totally able to offer the necessary values to meet the requirements of this research paper

The idea emerged from a TV Transmission System in the University and its immediate future, which is closely related to the TV over the IP (IPTV) protocol; with the objective of improving the interchanges and quality of the transmission.

By the end of this research paper the above mentioned requisites will be set, including those referring to the band width of a High Definition signal over the net, the range in which videos should be broadcasted without affecting the quality of images or the band width, the characteristics of the inter connexion equipment and the requirements for the server to be used according to the demands.

Key words: *Digital Television, video streaming, band width*

Introducción

Sin duda alguna, la televisión (TV) es uno de los descubrimientos más importantes en la historia de la humanidad. Sus inicios se enmarcan en un amplio período que abarca desde finales del siglo XIX hasta el año 1935. Pero no sería hasta julio de 1928 cuando se comenzaron a emitir imágenes exploradas con una definición de 48 líneas con cierta regularidad, esto fue en los Estados Unidos.

En el mundo de hoy la tecnología de las emisiones televisivas se encuentra en revolución. La más difundida actualmente es la Televisión Digital Terrestre (TDT), que ofrece mayor calidad en cuanto a definición de las imágenes. Se trata de la grabación en formato digital de la señal de video, parte de una conversión de señal analógica a digital mediante un proceso de codificación binaria.

Esto no impide que se esté pensando en un nuevo paso global en la evolución de la Televisión: la Televisión Digital de Alta Definición (HDTV). La HDTV promete ser la innovación más importante desde la introducción del color. Proporcionará una calidad de imagen cercana al cine de 35 mm con sonido multicanal. Aunque no deja ser una utopía para muchos países, ya algunos de ellos como Japón y Estados Unidos, Canadá, España implementan esta tecnología en algunos canales; en el caso de Japón, este país viene trabajando la HDTV desde hace alrededor de 20 años, aunque comenzó la emisión de señales de este tipo en 1990.

Cuba, aunque es un país bloqueado por más de 45 años, nunca ha descartado la posibilidad de desarrollarse de acuerdo con sus posibilidades. Como fruto de este interés por parte del gobierno cubano, surge en el 2002 la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) primera universidad hija de la Batalla de Ideas. Desde sus inicios, la UCI ha perseguido el objetivo de ser la primera Ciudad Digital del país, con esta base se ha trabajado para ofrecer a sus estudiantes, profesores y trabajadores en general una amplia gama de servicios informatizados, entre ellos un sistema de televisión cerrado por cable, el cual ha contribuido tanto a la recreación y el esparcimiento, como al desarrollo y la calidad del proceso docente.

La transmisión de la Televisión en la UCI se lleva a cabo mediante una red de cables que llega a todos los receptores de la Universidad e incluye, además de la programación docente e informativa, la programación de la Televisión Nacional.

El objetivo fundamental del sistema de Televisión de la UCI es la difusión de teleclases y programas educativos. Dado que la UCI lleva la vanguardia en cuanto a desarrollo tecnológico en el país y la HDTV, hoy día, se considera el futuro de las transmisiones televisivas, se ha planteado la necesidad de comenzar a valorar sobre la implementación de la Televisión Digital de Alta Definición en toda la red de la UCI. Esto posibilitaría seleccionar qué programa ver a una hora determinada ofreciéndole a los usuarios una gran interactividad con el sistema, con una calidad muy superior en la imagen y el sonido para ir mitigando las dificultades anteriormente expuestas.

Desarrollo

Características técnicas de la hdtv

De forma general, la alta definición ha tenido varios formatos y estándares. Todos los formatos de alta definición adoptan la misma relación de aspecto de pantalla panorámica 16:9, o sea, es necesario un televisor de pantalla panorámica (*widescreen*) para obtener todos los privilegios de la alta definición.

Existen dos formatos de Televisión de Alta Definición: El formato de Alta Definición 1920x1080i “*Common Image Format*” (*HD-CIF*) y Alta Definición 1280x720p “*Progressive Image Sample Structure*”. (1)

El formato 1080i tiene 1080 líneas activas por imagen y 1920 muestras por línea activa y ofrece 2.07 millones de *píxeles* en una imagen, la “i” viene del término *interlaced* (entrelazado). El modo entrelazado reduce la demanda de ancho de banda. Las líneas son rastreadas alternativamente 60 veces por segundo, suele llamarse también 1080i60, puede ser 1080i50 en dependencia de la norma que se use. El número de atrás (60 ó 50) es la frecuencia en *Hertz* (Hz) a la que se transmite. En este tipo de barrido cada cuadro aparece en pantalla en dos fases. Durante la primera, se trazan todas las líneas de números impares en 1/50 de segundos y, durante la segunda se trazan las líneas de números pares en otros 1/50 de segundos. Una imagen completa se traza 25 veces por segundo. (1)

El formato 720p proporciona 720 líneas activas por imagen y 1280 muestras por línea, ofrece 921.000 *píxeles* por imágenes. La “p” proviene del término *progressive* (progresivo). En un sistema de barrido progresivo se transmite todo el cuadro de *píxeles* en cada secuencia de barrido que sería de 1/50 de segundos, o sea, se refresca todo el cuadro cada vez. Este tipo de formato es más sencillo de comprimir y conduce a tasas de *bits* menores, además de que presenta menos interferencia en la imagen que el 1080i. (1)

Como se ha visto anteriormente la señal digital debe pasar por un proceso de compresión, esto implica una codificación antes de enviarla y una decodificación para poder visualizarla en el receptor. Para esto la HDTV se vale de técnicas basadas en estándares, el más utilizado mundialmente es el MPEG, este compara entre dos imágenes para que puedan ser transmitidas a través de la red y usa la primera imagen como imagen de referencia (denominada *I-frame*), enviando solo las partes de las imágenes siguientes (denominadas *B* y *P-frame*) que difieren de la imagen original. La estación de visualización de red reconstruirá todas las imágenes basándose en la imagen de referencia y en los datos diferentes contenidos en los *B* y *P-frame*. MPEG incluye parámetros como la predicción de movimiento en una escena y la identificación de objetos. Entre los estándares que conforman esta familia se encuentran MPEG-1, MPEG-2 y MPEG-4. (2)

Cualquier receptor HDTV deberá contar con cierta capacidad de proceso y almacenamiento de señales digitales. Será por tanto como un ordenador especializado en el tratamiento de imágenes, perdiéndose de esta forma la barrera entre televisores y computadoras.

La alta definición es la que mejores cambios ha proporcionado en la historia de la transmisión de imágenes en movimiento. La captura de imágenes y la visualización, mezclada con técnicas de codificación y transmisión digital, proporcionan imágenes una resolución cuatro veces mejor que la televisión estándar. Esta última se basa en una pantalla que contiene 450.000 *píxeles* aproximadamente, visualizados a 25 ó 30 cuadros por segundo. La alta definición puede tener hasta 2 millones de *píxeles* vistos a 24, 25 ó 30 cuadros por segundo ó 1 millón vistos a 50 ó 60 cuadros por segundo.

Descripción del sistema de televisión en la uci

Hoy en la UCI se encuentra en funcionamiento un sistema de Televisión cerrado por cable que llega a cada receptor de la Universidad. Además de esto, se brinda el servicio de Inter-nos, donde se publican teleclases, series, películas, etc. Este servicio está soportado sobre la red de datos y juega un papel muy importante en el desarrollo de la vida universitaria y docente de la UCI.

La red de datos con que cuenta la Universidad es bastante rápida, tomando en cuenta la gran cantidad de usuarios y servicios que esta soporta, aunque se está trabajando en hacerla más eficiente. Existe fibra óptica en todo el Backbone principal, también entre los pisos de los edificios y en el caso de la residencia la fibra se usa desde el nodo nivel 2 hasta el paso de escalera. En el interior de los locales se usa generalmente cable UTP (del inglés *Unshielded Twisted Pair*).

Es una red LAN (*Local Area Network*) definida por la interconexión de varios ordenadores y periféricos. Su aplicación más extendida es la interconexión de ordenadores personales y estaciones de trabajo en oficinas, aulas, etc.

Existe un nodo central que administra los demás subnodos dividiendo el componente principal en subredes y estas a su vez en otras menos complejas formando una topología de estrella. Estas subredes son: Área de Residencia, Área de Docencia, IP, Rectorado y Laboratorios viejos.

El sistema de televisión de la UCI fue diseñado para 500 receptores, hoy se cuenta con más de tres mil que reciben el suministro desde una sola cabecera de línea. Solo se han agregado *splitters* y amplificadores de señal, por lo que la señal debe viajar distancias más grandes y llegar a muchos más receptores con casi el mismo equipamiento de transmisión.

Como la señal es analógica se expone a fenómenos como ruido, interferencia, distorsión y atenuación, que se incrementan al pasar por amplificadores, estos amplifican la señal, pero también el ruido que esta lleva consigo, por lo tanto mientras más amplificadores se utilicen empeora la calidad de la señal final. Además de esto, está la cuestión de que la televisión no es interactiva, o sea, no es posible elegir qué programa ver a una hora determinada.

Con la HDTV, todos estos fenómenos mencionados anteriormente desaparecen pues esta es una señal digital. Es por eso que con esta investigación se ha planteado el objetivo de determinar los requisitos necesarios para la implementación de la Televisión Digital de Alta Definición en la red de datos de Universidad, con el fin de realizar un aporte al mejoramiento de las transmisiones televisivas que hoy se llevan a cabo en la UCI, haciendo uso de las virtudes que brinda la fibra óptica y aprovechando que esta llega a todos los locales de la UCI. De esta forma se estaría incorporando un nuevo servicio a la gran gama que ofrece hoy la red de datos con toda su infraestructura creada.

Análisis de las soluciones existentes para transmitir hdtv

Este trabajo, en su desarrollo, centra la atención en la transmisión de HDTV sobre la red de datos de la Universidad. Además de esta existen otras tres vías para la transmisión de HDTV: por satélite, por cable y por aire. El satélite es el que más preparado está para la emisión de este tipo de señal. Con los nuevos *códecs* H.264, de MPEG-4 versión 10, se obtienen casi los mismos resultados con menor ancho de banda.

Las señales vía satélite se llevan a cabo mediante satélites puestos en órbita, elíptica o geostacionaria a 37 000 kilómetros del ecuador. Las señales son recogidas por antenas parabólicas sin la participación de estaciones transmisoras de televisión terrenal.

La cobertura es inmediata, pues el funcionamiento de un sistema de difusión satélite permite la operación del sistema cuando el satélite es puesto en operación sin demoras de ningún tipo. Su implementación es menos costosa que la de una red terrenal de la misma cobertura, esto es porque un haz de la antena del satélite por la cual se transmite puede cubrir un país. Por supuesto, si se cuenta de antemano con el satélite y las antenas parabólicas para captar la señal.

A pesar de lo anteriormente dicho, la desventaja de la transmisión de HDTV vía satélite es el coste, pues en la actualidad el valor de un satélite y una antena parabólica son enormes. Esta solución no es viable para la UCI pues no se está hablando de un área lo suficientemente grande como para incurrir en tales gastos.

La HDTV por cable queda superada por el satélite en cuanto a la calidad del cuadro HDTV que se muestra y la cantidad de programas que podría acoger. Aun así esta solución es un tanto más factible para la UCI pues sería viable de acuerdo al tamaño de la Universidad y de la red que requiere, pero no es la óptima por la gran infraestructura que, como consecuencia, se debería implementar.

Sobre el aire la señal está totalmente libre. Para este tipo de transmisión es necesaria una antena UHF o UHF/VHF para captar la señal; la selección de la antena y el lugar en que se pondrán depende de la distancia a la que se esté del origen de la señal.

Para la transmisión de HDTV por aire es necesario montar una torre de transmisión donde se module la señal y se transmita, esta no debe contar con cierta altura y es preferentemente recomendada para áreas abarcadoras como países enteros, estados o

provincias amplias en extensión. Es por esta razón que no se recomienda en la UCI, porque además se debería contar con cierta infraestructura que no valdría la pena implementar con respecto al tamaño de la Universidad, además al ser el aire el medio de transmisión siempre se está expuesto a ruidos e interferencias.

HDTV sobre la red de datos de la universidad

Generalmente, los servicios de televisión sobre redes de datos se suministran junto con el servicio de conexión a Internet, por medio de un operador de banda ancha sobre la misma infraestructura pero con un ancho de banda reservado.

El hecho de que la señal a transmitir sea de Alta Definición no cambia esto, pues no deja de ser televisión digital. Su eficacia se basa en el estándar de compresión que se elija para comprimir la señal de modo que el ancho de banda necesario para transmitirla no exceda el ancho de banda disponible, pero al mismo tiempo, que no se vea comprometida la calidad del video que se emite. Hay que tener en cuenta además, los requerimientos de cada uno de los tipos de canales.

Para el desarrollo de este trabajo, las pruebas de transmisión se llevará a cabo mediante el video *streaming*, ya sea *streaming* directo, difundido de forma *multicast* y el *streaming* bajo demanda difundido de forma *unicast*.

Unicast identifica la comunicación punto a punto, o sea cuando hay solo un emisor y solo un receptor. En el caso del *streaming* de audio y video se requiere de gran ancho de banda si se emplea el *unicast*, pues habría que mandarle el paquete de datos a todos los receptores y esto colisionaría la red si este número llegara a ser demasiado grande; no obstante, se aconseja el *streaming* de forma *unicast* para los servicios de VOD (*Video on Demand*) pues es la única vía en que el usuario podría disponer de pausas y adelantos en el video que está visualizando.

El problema del ancho de banda radica en que las redes están limitadas en cuanto a la cantidad de tráfico que puedan soportar. En la UCI la red es el servicio más importante pues soporta correo electrónico, chat, conexión a Internet, etc.

El ancho de banda se encuentra muy relacionado con el *bitrate* y la velocidad de transmisión. El *bitrate* no es más que la tasa de bit, o sea, la cantidad de bit que se envían en una unidad de tiempo, esta característica suele mitigarse con el empleo de códec de video y audio que eliminan información de las imágenes y que aún así no atentan contra la calidad del video pues estos cambios son imperceptibles para el ojo humano. La velocidad de transmisión depende sin duda del ancho de banda y la tasa de bit que se esté enviando.

Multicast es la solución ideal para realizar el *streaming* directo, pues de este modo se envían paquetes a ciertas direcciones especiales que pertenecen a grupos *multicast* específicos. Estos paquetes se envían a la dirección *multicast* de la red y de aquí son enviados a los diferentes miembros del grupo, los que reconocen los paquetes que son de su interés y los aceptan. (3)

La topología de un grupo *multicast* se asemeja a un árbol, con la fuente de datos como nodo principal y las ramas llegando a cada miembro del grupo. En el punto en que una rama se divide en otras está presente un *router* o encaminador. El papel que desempeñan estos dispositivos es el de copiar o replicar estos paquetes cuando pasa por dos o más interfaces en su camino para llegar a los miembros del grupo. (4)

En la UCI, se implementa *multicast* haciendo uso de IGMP para llevar a cabo las operaciones antes mencionadas que lo componen y hacen usable en cualquier entorno donde se vaya a utilizar *multicast*. Como protocolo de ruteo se ha escogido PIM-DM, la densidad se determina teniendo en cuenta la cantidad de ordenadores con *multicast* habilitado en comparación con el total de ordenadores de la institución. Es el protocolo de ruteo más empleado en el mundo entero ya sea en su modo esparcido o denso.

Software a utilizar para el desarrollo del trabajo

Se escogió el *Traceplus Ethernet* para el monitoreo del tráfico porque es capaz de ofrecer lo necesario para dar cumplimiento al objetivo general de esta investigación, los datos que arroja son suficientes para determinar con seguridad como se comporta

la red cuando se esté haciendo *streaming* de video. A pesar de que los tres prestan principal atención al ancho de banda, el uso de memoria y la velocidad de transmisión entre otros factores que describen el tráfico desde el punto de vista que interesa, el *Traceplus* ofrece una mejor interfaz gráfica y mayor variedad de prestaciones que podrán apreciarse en el transcurso de las pruebas a realizar.

Para el *streaming* de video, sea cual sea, se utilizará el VLC Media Player. Este es un *software* gratuito para video desarrollado bajo licencia GNU. Puede funcionar, en su faceta de servidor, como servidor de *streaming* o realizar envíos *unicast* o *multicast*.

Provee gran variedad de interfaces, además de la predeterminada interfaz gráfica con la que es posible actuar sobre la aplicación. Así, se puede emplear tanto desde línea de comandos, como vía telnet o web. Igualmente existe la posibilidad de emplear distintos tipos de filtros así como el volcado de video entre disco y red en un sentido y en otro. (5)

Posibilita el volcado de red y la transcoding del contenido que se quiere emitir hacia todos los formatos de video existentes en la actualidad incluso en tiempo real. Esto lo hace una eficaz herramienta para hacer *streaming* de video, pues soporta varios protocolos de *streaming*. Otra de sus ventajas es que no necesita de ningún tipo de códec para reproducir los archivos y posibilita el ajuste de video y ratio de aspecto durante la reproducción, además de un consumo de procesador muy bajo.

Mecanismos para la obtención de los resultados

El papel fundamental lo protagonizan las pruebas de *streaming* a realizar, a continuación se explica de forma más detallada en que consistirán estas pruebas.

Las pruebas se realizaron en un ambiente controlado, es decir, las condiciones fueron semejantes para cada escenario de prueba.

Lo que se quiere es medir el tráfico de red en el servidor, en la PC Terminal y en los equipos de interconexión. Empleando el *software* anteriormente expuesto y explotando sus posibilidades para lograr establecer parámetros que describan como se comporta la red de datos al efectuar *streaming* de video de alta definición. Siempre manteniendo como premisa la alta calidad del video que se emite.

Con el fin de realizar pruebas con distintos tipo de cargas, se han recogido una serie de videos con diferentes características en cuanto a bitrate, duración y tamaño de cuadro se refiere. Ya que no es lo mismo el *streaming* de una imagen estática que una en la que hayan bruscos movimientos de cámara.

De este modo, se podría esperar que a mayor tasa de *bit*, la calidad del video vaya en detrimento a medida que crece la cantidad de peticiones.

Para poder evaluar la calidad del servicio que se está probando, se optará por realizar conjuntamente observaciones subjetivas desde el punto de vista del usuario final en cuanto a la calidad del video servido junto con las medidas obtenidas por el *software*.

Resultados. Requisitos para la implementación de la HDTV en la UCI

Una vez llevadas a cabo las pruebas, el primer requisito a destacar es que las máquinas clientes deben tener, al menos, 246 MB de RAM y un procesador a 2.40 GHz.

El ancho de banda necesario para transmitir videos de alta definición suele ser más grande que el necesario para transmitir Televisión en cualquier otra norma, para dar un ejemplo: el ancho de banda para transmitir video HD sin comprimir en el formato 720p está cerca de los 354 Mbps, y en formato 1080i cerca de 1.5 Gbps; estas aplicaciones solo están disponibles para redes de alta velocidad como Internet 2.

Normalmente este video se comprime; en esta tesis se optará por proponer el códec H.264 con base en una investigación que se llevó a cabo de forma paralela a esta, con tema: Propuesta de un estándar de compresión para el montaje de HDTV en la UCI. (6)

El *bitrate* con que se deben comprimir los videos por medio del *códec* antes mencionado debe ser entre 4 Mbps y 6 Mbps, esto para mantener un equilibrio entre calidad de imagen y consumo de ancho de banda; de forma tal de que no influya de forma exagerada sobre el ancho de banda con que se cuenta. Según las mediciones realizadas se logró este objetivo, se pudo visualizar el video en las máquinas que fungieron como clientes y el porcentaje de ancho de banda ocupado por los flujos *unicast* y *multicast* nunca sobrepasaron el 20%, o sea el ancho de banda ocupado nunca fue mayor que 20 Mbps. En el caso en que se comprometió la PC con un proceso de copia FTP y un chat el rendimiento no sobrepasó el 50%.

En el caso de la medición que se hizo distribuyendo un flujo de video de forma *unicast*, al disponer de un solo cliente, el ancho de banda ocupado estaba cerca de los 10 Mbps y disponiendo de dos clientes cerca de los 20 Mbps; según estos valores se puede asegurar que el crecimiento en cuanto al uso de ancho de banda al conectarse más clientes para visualizar el *streaming* será en valores cercanos al obtenido con una y dos máquinas. Dado esto, cuando hallan 100 usuarios conectados el ancho de banda estará cerca de 1 Gbps, siendo este el ancho de banda que llega hoy hasta el *Switch* de los edificios de residencia, pues de ahí a los apartamentos es de 100 Mbps. Por lo tanto, al contar con alrededor de 7 000 computadoras esta velocidad de conexión no es suficiente.

El ancho de banda necesario para la transmisión efectiva de HDTV depende del formato de compresión empleado y de la audiencia que se tenga. La norma de máxima concurrencia más utilizada en el mundo es la de 1 a 10. Utilizando dicha norma podemos calcular una audiencia simultánea de 700 receptores en la UCI. Debe entenderse en este caso, que se cuentan como receptores para VOD las 7 000 computadoras.

Los cálculos pertinentes para calcular el ancho de banda necesario para VOD de forma *unicast* son los siguientes:

- Total de PCs: 7 000
- Según norma máxima de concurrencia: 700 conectadas simultáneamente.
- Valor obtenido en las pruebas realizadas (redondeado): 10 Mbps por cada PC cliente.

Por tanto:

$$700 \times 10 \text{ Mbps} = 7\,000 \text{ Mbps.}$$

$$7\,000 \text{ Mbps} / 1024 = 6.84 \text{ Gbps} \approx 7 \text{ Gbps.}$$

De esta forma se puede decir que si el *streaming* video *unicast* se implementa para que sea visto por los 10 000 receptores se necesitará de un servidor a 10 Gbps, y si se implementa para ser visualizado por los 3 000 televisores solamente será necesario un servidor a 3 Gbps.

Esta solución llegará a ser mucho más factible una vez que se lleve a cabo la puesta en práctica de varios servidores Inter-nos en diferentes localizaciones de la Universidad, cosa que está en planes de realizarse.

Por otro lado, los resultados obtenidos referentes al tráfico *multicast* distan mucho de los anteriores si tomamos en cuenta que en esta prueba el máximo ancho de banda obtenido fue de 4.5 Mbps. Lo que permite concluir que es posible transmitir HDTV de forma *multicast* en la UCI una vez que se cuente con equipos de interconexión que soporten el protocolo IGMP para el tráfico *multicast*, pues se pudo constatar que es esta la mejor manera de transmitir HDTV por la red de datos.

Si se logra cumplir con estos requisitos, los autores del presente trabajo garantizan que es posible, que se lleve a cabo la implementación de la Televisión Digital de Alta Definición en la UCI.

Topología de red en anillo

Una de las estrategias trazadas por el DGT es la de cambiar la topología de estrella actual con que cuenta la red de la UCI por una de anillo, esto mejoraría considerablemente las condiciones para llevar a cabo la transmisión de señales de alta definición a través de la red. En una topología anillo las estaciones están unidas unas con otras formando un círculo por medio de un cable común. El último nodo de la cadena se conecta al primero cerrando el anillo. Las señales circulan en un solo sentido alrededor del círculo, regenerándose en cada nodo. Con esta metodología, cada nodo examina la información que es enviada a través del anillo. Si la información no está dirigida al nodo que la examina, la pasa al siguiente en el anillo.

Estas características otorgan a esta topología algunas ventajas dentro de las cuales están las siguientes:

Proporciona cierta redundancia y, por tanto, elimina el punto crítico de fallo: todos los nodos tienen un camino alternativo a través del cual pueden ser alcanzados.

Es fácil variar el número de estaciones.

Se pueden conseguir velocidades de transmisión elevadas.

La red no depende de un nodo central.

Los fallos se pueden aislar.

Cada estación tiene un transmisor y un receptor y por tanto, cada una actúa como un repetidor de la señal cuando pasa a la siguiente estación.

Posibilidad de múltiples protocolos.

Buen comportamiento ante situaciones de alto tráfico.

Permite políticas de priorización de tramas.

Utilizan menos cable que la topología estrella.

El nivel de redundancia y la velocidad de transmisión elevada contribuyen enormemente en el tráfico de paquetes de video HD *multicast* sobre la red. Con esto se logra que este servicio funcione perfectamente.

Si se logra cumplir con estos requisitos, los autores del presente trabajo garantizan que es posible, que se lleve a cabo la implementación de la Televisión Digital de Alta Definición en la UCI, o al menos el *streaming* directo de forma *multicast*.

Conclusiones

Al concluir este trabajo se han cumplido todos los objetivos trazados al inicio del mismo. Por medio de un estudio profundo se valoró sobre las tendencias actuales de la HDTV en el mundo y se logró un acercamiento a los fundamentos teóricos que sirven de base a esta tecnología.

Se distribuyó una señal de Alta Definición en diferentes localizaciones de la UCI para llevar a cabo pruebas técnicas acerca del comportamiento del tráfico de la red de datos. Hecho esto, se realizó un análisis exhaustivo de los resultados obtenidos para darle cumplimiento al objetivo general de la investigación que era el de determinar los requisitos necesarios para la implementación de la Televisión Digital de Alta Definición en la Universidad; requisitos que incluían al ancho de banda que ocupa la transmisión de una señal de Alta Definición sobre la red, el *bitrate* a que se deben emitir los diferentes videos sin afectar la calidad en las imágenes que se visualizan y sin ocupar un ancho de banda considerable, las características que deben tener los equipos de interconexión y las especificaciones necesarias para el servidor que se vaya a utilizar para ofrecer el servicio de video bajo demanda.

A esta altura se han sentado las bases para el desarrollo de esta tecnología, se conoce cuales son sus características así como sus requerimientos técnicos, las formas en que se puede transmitir y los formatos posibles para hacerlo. Se ha logrado entrar

en el mundo de la televisión en general para entender un poco más todo el proceso de transmisión de imágenes y sonido y se es capaz de seguir investigando y superándose en este campo, hecho este que la Universidad y el país requieren para su desarrollo tecnológico.

Referencias Bibliográficas

1. *Alta Definición. Los Estándares.* publicado el: 15 de septiembre de 2004 de arreglar actualizado el 14 de junio de 2006, última actualización: 15 de septiembre de 2004. [Consultado el: 13 de diciembre de 2007]. Disponible en: http://www.hdtv.video-computer.com/2_Estandars_HDTV.htm.1.
2. *Compresión de Video Digital.* publicado el: agosto de 2004 de última actualización: agosto de 2004. [Consultado el: 30 de noviembre de 2007]. Disponible en: http://www.axis.com/es/documentacion/compresion_video_es.pdf.
3. CEJUDO, J. F. B.; BERMEJO, D. F., *et al. La Televisión Digital Terrenal.* asenmac.com, [Consultado el: 13 de diciembre de 2007]. Disponible en: <http://www.asenmac.com/tvdigital/index.html>.
4. DOYLE, J. *Understanding and Implementing Multicast Services.* Juniper Networks, Inc., 2003. [Consultado el: 10 de marzo de 2008]. Disponible en: http://www.juniper.net/solutions/literature/app_note/350034.pdf.
- 5 RICHARD A. MCMAHON, S. *Introducción a las Redes.* Editado por: Services, E. Disponible en: <http://biblioteca.uci.cu/titdigitales.htm#tinf>. [Consultado el: 8 de junio de 2008]
- 6 PEÑA., Y. D. y SALGADO., N. P. *Propuesta de un estándar de compresión para el montaje de HDTV en la UCI.* Tutora: Ing. Idelkys Q. R. Trabajo de Diploma para optar por el título de Ingeniero en Ciencias Informáticas, Universidad de las Ciencias Informáticas, 2008.
- 7 SEBASTIÁN, F. J. I. *Evaluación de la plataforma VideoLAN como servidor de Video Bajo Demanda.* [Consultado el: 15 de enero de 2008]. Disponible en: www.grc.upv.es/docencia/tm/trabajos2007/Francisco%20Javier%20Izquierdo%20Sebastián_vlc-vod.pdf.
- 8 STALLINGS, W. *Comunicación y Redes de computadoras.* Editado por: Hall, P. vol. 6ta Edición, Disponible en: <http://biblioteca.uci.cu/titdigitales.htm#tinf>. [Consultado el: 8 de junio de 2008]