



Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 9

TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO EN INFORMÁTICA

Título: Propuesta de un estándar de compresión para el montaje de HDTV en la UCI.

Autores: Yanisleidy Dominguez Peña
Nielys Pérez Salgado

Tutor: Ing. Idelkys Quintana Ramírez
Asesor: Téc. Hédel Núñez Bolívar

Ciudad de la Habana, Julio de 2008

“Año 50 de la Revolución”

“No hay más que asomarse a las puertas de la tecnología y la ciencia contemporáneas para preguntarnos si es posible vivir y conocer ese mundo del futuro sin un enorme caudal de preparación y conocimientos...”

Fidel Castro

DEDICATORIA

Nielys

A mis padres que son lo más grande que existe para mí en el mundo, por siempre estar presentes y brindarme todo su apoyo y cariño cuando más lo necesito.

Especialmente a mi abuela porque sé que siempre ha estado a mi lado ayudándome y sé que debe sentirse muy orgullosa de mí donde quiera que esté.

A mi abuelo y a mi tía por brindarme todo su amor y compañía en tiempos difíciles.

A mi hermana por apoyarme cuando más lo necesitaba.

A mi novio por tener tanta paciencia conmigo, por ayudarme y brindarme su mano y estar siempre presente cuando más lo necesitaba. Te amo con la vida.

A todos mis compañeros que de una u otra forma dejaron huellas en mí de ese sentimiento tan valioso que es la amistad.

En fin, a todos los que me ayudaron a convertir este gran sueño en realidad va dedicada esta tesis.

DEDICATORIA

Yanisleidy

A mi mamita y mi papito, por ser luz y guía en mi vida, por el esfuerzo de cada hora, por la preocupación y el apoyo constante, por la buena educación, porque a pesar de la distancia nunca los he sentido lejos, por ser la razón de mi existir.

A mi hermanita querida, por todo su amor y cariño, por hacerme reír y ser feliz.

A Yuniel, el amor de mi vida, por todos los consejos y el apoyo, por ayudarme a ver la vida de modo positivo, por la paciencia, la comprensión y el amor.

A mi abuelita del alma, la que me ha entregado todo el amor y los mimos desde que nací.

A mi mejor amiga, mi alma gemela, Marisleidy, me estoy graduando por las dos, ¿recuerdas? Gracias por todo...

A mi familia y a la familia de Yuniel, que también es mía, por el apoyo y el cariño.

A los amigos de ayer y de hoy...

A todos los que en algún momento me tienen presente y se preocupan por mi bienestar.

A ustedes va dedicada esta tesis.

AGRADECIMIENTOS

En momentos especiales como suelen ser las graduaciones recordamos a muchas personas que contribuyeron en nuestra formación, dándonos lo mejor de sí para que fuéramos mejores profesionales y personas. Desde nuestras familias, amigos y conocidos hasta los maestros y profes que hemos tenido. Es por eso que deseamos agradecer a todos los que han aportado su granito de arena en este empeño.

Especialmente a los que intervinieron directamente en la realización de este trabajo de diploma:

A Idelkys, nuestra querida tutora que tantos ánimos y consejos nos dio, apoyándonos siempre que hizo falta.

A Hédel, nuestro asesor, muchísimas gracias por todo el tiempo que dedicó a ayudarnos y soportarnos, para compartir sus valiosos conocimientos. Gracias por hacernos correr tanto detrás de ti. ¡Valió la pena!

Gracias a los profes Martinto y Yeleny por sus acertados consejos metodológicos y estadísticos, fueron muy útiles.

A Yuniel, Carmencita, Liumi y Déborah que incondicionalmente brindaron su ayuda cuando los necesitamos.

A Abel por dedicarnos parte de su tiempo.

A los amigos y compañeros de aula por soportarnos y apoyarnos.

A todos lo que preguntaban: ¿Cómo va esa tesis?

Y sobre todo a la Revolución, a Fidel y a la Universidad por tener tanta confianza en nosotros los jóvenes, dándonos la oportunidad de estudiar y ser profesionales preparados.

A todos muchas gracias...

RESUMEN

En la presente tesis se realiza una propuesta de solución para el uso de un estándar de compresión en el futuro montaje de televisión de alta definición o HDTV (*High Definition Television*) en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI). Para lograr el objetivo propuesto se realizó un exhaustivo estudio y análisis acerca de la televisión y los estándares de compresión en el mundo, siempre enfocados en las características y necesidades de la UCI; previendo además un desarrollo futuro en la televisión, basados en que la universidad es favorecida en cuanto a tecnología de punta y recursos se refiere, pues desde su fundación ha estado inmersa en un continuo desarrollo tecnológico. Analizando además los problemas que presenta actualmente la transmisión de la señal de televisión en el centro, debido a que la misma no llega con la misma calidad a todos los lugares, es inevitable la transición hacia una nueva tecnología de televisión que ofrezca mejoras en la calidad del servicio. Unido a este cambio surge la necesidad de un estándar de compresión.

Para resolver esta problemática se definieron objetivos que permitieran obtener como resultado una alternativa real que proporcionara una solución.

Como resultado de esta investigación se propone que el estándar apropiado para la universidad es el MPEG-4(Parte 10) o H.264, también llamado AVC (*Advanced Video Coding*), estándar que proporciona un equilibrio entre compresión y calidad.

PALABRAS CLAVES

- HDTV
- Compresión de video
- Estándar de compresión
- H.264
- Ancho de banda
- MPEG

ABSTRACT

In the present thesis a proposition of solution is made for the use of a compression standard in the future implementation of high definition television in the University of Informatics Sciences (UCI). In order to achieve the objective proposed exhaustive research and analysis were performed concerning television and the standard of compression used worldwide, always taking into consideration the characteristics and needs of the UCI and also foreseeing a future development of television, based on the fact that the aforementioned university is favored regarding the latest technology and resources; as, since its foundation, it has been the center of continuous technological development.

Also analyzing the problems that the current transmission of the television signal presents in our institution, since it does not reach all target areas with the same quality, the transition to a new technology which provides improvement in the quality of the service is unavoidable. Associated to this change arises the need of a compression standard. In order to solve this problem, objectives were defined which will offer an effective alternative which provides a solution.

As a corollary of the intense research performed, it was determined that the standard appropriate for the UCI is MPEG-4(Part 10) or H.264, also called AVC, which provides a balance between compression and quality.

KEYWORD

- HDTV
- Video Compression
- Compression Standard
- H.264
- Bandwidth
- MPEG

INDICE

Introducción.....	3
Capítulo I: Evolución de la Televisión y estándares de compresión asociados.....	6
Introducción del capítulo I.....	6
1.1 Breve historia de la Televisión.....	6
1.1.1 Antecedentes de la televisión en Cuba.....	6
1.1.2 Televisión Analógica y Digital.....	7
1.1.3 Televisión de alta definición.....	9
1.1.4 Televisión en la Universidad de las Ciencias Informáticas. Características tecnológicas.....	10
1.2 Surgimiento de los estándares de compresión.....	11
1.2.1 Estándares de compresión más usados en HDTV.....	13
Conclusiones.....	14
Capítulo II: Propuesta de un estándar de compresión para la UCI.....	15
Introducción del capítulo II.....	15
2.1 Teoría de la compresión de video.....	15
2.1.1 Métodos de compresión.....	15
2.1.2 Tipos de Fotogramas de MPEG.....	16
2.1.3 Técnicas de compresión.....	16
2.1.4 Algoritmos sin pérdidas y con pérdidas.....	17
2.2 La Red de Datos en la Universidad de las Ciencias Informáticas.....	18
2.3 Necesidad de compresión.....	19
2.4 Características Técnicas de los estándares: MPEG-2, H.264 y WMV9.....	20
2.4.1 Tipo de Algoritmo de Compresión.....	20
2.4.2 Formatos de Croma.....	21
2.4.3 Modo de Visualización de video.....	22
2.4.4 Técnicas de codificación.....	22
2.4.5 Niveles y Perfiles.....	23
2.4.6 Aplicaciones.....	25
2.4.7 PSNR.....	26
2.4.8 Restricciones privativas.....	26
2.5 Pruebas realizadas.....	27
2.5.1 Descripción de los softwares utilizados en las pruebas.....	28
2.5.1.1 Adobe Premiere Pro.....	28
2.5.1.2 VLC.....	28
2.5.1.3 MediaInfo.....	29
2.5.2 Descripción de las pruebas.....	29
2.5.3 Validación de las pruebas.....	31
Conclusiones.....	32
Capítulo III: Validación de la investigación.....	33
Introducción del capítulo III.....	33
3.1 Evaluación de la encuesta. Método Delphi.....	33
3.1.1 Elaboración del cuestionario.....	33
3.1.2 Selección del grupo de expertos a encuestar.....	34
3.1.3 Procesamiento y análisis de información.....	34
3.2 Análisis de los resultados de la encuesta.....	35
Conclusiones.....	36
CONCLUSIONES.....	37

RECOMENDACIONES	38
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	39
BIBLIOGRAFÍA CITADA	42
ANEXOS	48
Anexo 1: Ejemplo de bloques y macrobloques.....	48
Anexo 2: Relación entre el valor máximo de una señal y el ruido de cuantificación (PSNR).	49
Anexo 3: Tabla de doble entrada para el procesamiento matemático de información.	50
Anexo 4: Modelo de encuesta realizada.....	51
Anexo 5: Gráfica que refleja el tiempo que demoró la codificación de un video con cada uno de los estándares.	54
Anexo 6: Gráfica que muestra el tamaño final de los videos codificados con cada uno de los estándares.	55
Anexo 7: Gráfica que muestra que el 92% de los expertos están de acuerdo con que el H.264 es el estándar más adecuado para el montaje de HDTV en la UCI.....	56

Introducción

La televisión (TV) es un medio audiovisual de comunicación que nace desde una perspectiva muy asociada a los poderes públicos, en blanco y negro, limitada por los problemas tecnológicos de las ondas electromagnéticas, tanto a nivel de calidad de la emisión y recepción, como a la limitación de los espacios de ancho de banda.

A partir de ese entonces los nuevos cambios tecnológicos comenzaron a afectar la pequeña pantalla. La introducción del color constituyó un gran paso de avance en las expectativas del público. Las nuevas generaciones se desarrollaron interactuando con la pantalla de forma activa y exigiendo una posición mucho más participativa cuando adoptaron el rol de públicos televisivos.

Ahora existe la posibilidad de mezclar las señales digitales de televisión con otro tipo de señales, tales como la telefonía y las redes de datos. Con ello se está logrando que la televisión no sea ya sólo una forma de ofrecer producción audiovisual sino también otros tipos de servicios que hasta ahora nunca habían estado asociados a ella, por ejemplo mensajería instantánea, mensajes de voz, correo electrónico, navegación por Internet, entre otras.

La transición a la Televisión Digital es el próximo gran paso inevitable del mundo audiovisual. Para las grandes potencias tecnológicas del planeta se hace cada vez más común el término de "apagón analógico" en la televisión y esto indica el camino por el cual se mueve el mundo en este sentido. La transición a servicios digitales de distribución de televisión implica una serie de ventajas indiscutibles como la calidad, la interactividad, mejor aprovechamiento del espectro de frecuencias y la posibilidad de un servicio de alta definición. Aunque la alta definición, como concepto, data de hace más de 20 años, las limitaciones tecnológicas en aquellos momentos no facilitaron su auge. Esta tecnología llega renovada al mercado en el año 1998 revolucionando así la calidad de la imagen en la televisión, prometiendo ser la innovación más importante y una verdadera revolución en la resolución para la TV. La precipitada caída de precios de elementos como las pantallas LCD (*Liquid Crystal Display*) de alta resolución, de la tecnología de producción audiovisual de alta definición y de eficientes métodos de compresión de señales ha permitido que la alta definición ya no sea un sueño y esté al alcance de un sector mayor de consumidores. Los fabricantes muestran un marcado interés por esta tecnología y la tendencia actual del mercado es ofrecer equipamiento compatible con la televisión estándar y la alta definición, lo que muestra que no existe ya una

diferencia significativa de precios entre ambas tecnologías. Algunos especialistas no conciben la implementación de la Televisión Digital sin la alta definición.

El montaje de una señal de televisión de alta definición, requiere de algún estándar de compresión para minimizar el coste en cuanto a ancho de banda se refiere, manteniendo la calidad requerida. Estos juegan un papel muy importante en la transmisión de cualquier tipo de señal de TV, apareciendo constantemente en el mercado de las tecnologías de la información. Muchos de estos estándares han sido creados según la necesidad de alguna aplicación en específico. En la actualidad existen tres tipos principales de compresión para HDTV: MPEG-2, MPEG-4parte10 (H.264/AVC) y WMV9.

El montaje de HDTV en la red de datos de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) implica compartir el ancho de banda que llega a cada lugar de la universidad entre datos, voz, video y también la señal de TV, por lo que es necesario escoger el estándar más adecuado y que permita utilizar este servicio. De ahí que el **problema científico** sea: ¿Cuál sería el estándar de compresión más adecuado de acuerdo a las características técnicas de la UCI para el futuro montaje de HDTV en la universidad? Por lo que el **objeto de estudio** serán los estándares de compresión de la señal de TV de alta definición.

Como **objetivo general** se plantea: Determinar un estándar de compresión para la señal de televisión de alta definición. Derivándose los siguientes **objetivos específicos**:

1. Estudiar el estado del arte en cuanto a la televisión.
2. Estudiar el estado del arte acerca de los diferentes estándares de compresión.
3. Comparar estos estándares de compresión.
4. Seleccionar un estándar que se adecue a las características técnicas de la universidad.
5. Estudiar la capacidad de procesamiento que se requiere para comprimir la señal de HDTV, de acuerdo a las condiciones y los recursos tecnológicos de la UCI.

Teniendo en cuenta lo planteado anteriormente el **campo de acción** será: la señal de televisión de alta definición en la UCI.

Conociendo el objeto de estudio y el campo de acción se plantean las siguientes **preguntas científicas**:

1. ¿Cuáles son las características técnicas de una señal de HDTV?
2. ¿Cuáles son las características técnicas de la señal de televisión en la UCI?

3. ¿Cuáles son los estándares de compresión de video de alta definición existentes en el mundo?
4. ¿Cuáles de estos estándares se adecuan a estas características técnicas en la universidad?
5. ¿Cuál es el estándar indicado para la compresión de video en la transmisión de HDTV, de acuerdo a las condiciones tecnológicas de la UCI?

Como **posible resultado** se espera una propuesta de un estándar de compresión para el montaje de HDTV en la UCI.

Con el propósito de descubrir la esencia y las características que no son observables directamente del objeto de estudio, se utilizaron métodos científicos de investigación. Dentro de los métodos teóricos se utilizó el Histórico-Lógico, pues se necesitaba constatar teóricamente como ha evolucionado todo el fenómeno de la HDTV y de los estándares de compresión. Fue utilizado también el Analítico-Sintético, ya que fue muy necesario analizar las teorías y los documentos existentes acerca del tema, el mismo permitió la extracción de los elementos más importantes que se relacionaban con el objeto de estudio. Dentro de los métodos empíricos se empleó la Encuesta, más específicamente la estructurada pues fueron necesarias las opiniones de expertos en el tema, para obtener toda la información referida al actual desarrollo de la HDTV. Como método estadístico se utilizó Delphi, para validar y dar veracidad a la propuesta.

Capítulo I: Evolución de la Televisión y estándares de compresión asociados.

Introducción del capítulo I

La televisión tiene el privilegio de presentar estímulos visuales y auditivos, esto lo hace ser un medio eficaz de comunicación social. Se impone y deja atrás otros medios, como el cine. Llegando a los hogares para formar parte de la vida diaria y de los hábitos del hombre contemporáneo. Con el desarrollo tecnológico cada día se le exige mucho más a este medio, es por eso que van surgiendo tecnologías cada vez más sofisticadas e interactivas, sobresaliendo entre ellas HDTV. Pero la implantación de este sistema requiere de ciertas características, entre ellas la utilización de estándares de compresión que ayuden a minimizar la utilización del ancho de banda y mucho más si este se quiere compartir con otro tipo de servicio. En este capítulo se pretende brindar una base de conocimientos que ayuden a comprender e interiorizar cada detalle explicado a lo largo de la investigación.

1.1 Breve historia de la Televisión.

La televisión nace a partir de la complementación de un grupo de fenómenos e investigaciones simultáneas pero desarrolladas aisladamente. No se pueden dejar de mencionar entre ellos la incursión del mundo en la imprenta y la pintura que a su vez devienen en la telegrafía sin hilos y la fotografía y estos forman parte de los pasos que dieron al traste con el desarrollo de la radio y el cine.

Hoy por hoy la TV constituye el medio de difusión masivo de mayor influencia, pues integra de cierta forma características de otros medios como la radio y la prensa. Reúne imagen, sonido, movimiento, color y es capaz de transmitir a millones de personas en el mundo sucesos en tiempo real.

1.1.1 Antecedentes de la televisión en Cuba.

La televisión nace alrededor de 1930 y es considerado uno de los más relevantes descubrimientos a nivel mundial. Sin embargo Cuba comienza a escribir su historia de la televisión un 24 de octubre de 1950 con la salida al aire del canal 4. (1)

Junto con Brasil y México, la Televisión Cubana se lanza como principiante en las transmisiones televisivas en América Latina y el Caribe. La programación que se transmitía en sus inicios era mayormente noticiosa y musical.

Como producto de los cambios socio-políticos ocurridos el 1ro de Enero de 1959, comienzan a cambiar las comunicaciones en el país. Se empieza a llevar a cabo un plan de inversiones tecnológicas para lograr un mayor desarrollo de las telecomunicaciones. Al mismo tiempo la programación comienza a sufrir cambios, la radio y la televisión fueron encaminados al desarrollo cultural, educativo y al sano entretenimiento, eliminando así la publicidad comercial en los medios. La televisión llega a convertirse en un derecho gratuito de los ciudadanos cubanos.

Todo esto contribuyó a que un 24 de Mayo de 1962 se fundara el Instituto Cubano de Radiodifusión, que más tarde se convierte en el Instituto Cubano de Radio y Televisión (ICRT). A partir de ese entonces dicho instituto se convierte en el corazón de las transmisiones cubanas.

Brindar servicios de televisión es una tarea sumamente compleja para cualquier país, pues influyen condiciones topográficas, distancias entre transmisores y formas de transporte de la señal; por estas razones durante muchos años numerosas zonas del país estaban catalogadas como "zonas de silencio", pues a ellas no llegaba la señal de TV. Esta situación ha sido revertida gracias a la puesta en marcha en mayo del 2005 de una plataforma de televisión digital para la transmisión por satélite, usando el tele puerto de Jaruco en la provincia La Habana. Todas estas zonas de silencio quedaron cubiertas, ahora se pueden ver salas de video en todas las zonas rurales del país, donde antes nunca habían llegado las señales televisivas.(2)

Actualmente la TV en Cuba cuenta con cuatro canales de alcance nacional y uno de alcance internacional. Las nuevas tecnologías han llegado a cada rincón del país, contando así con 16 teles centros provinciales, dos canales equipados con tecnología digital y otro con salida internacional mediante un satélite.

1.1.2 Televisión Analógica y Digital.

El mundo de la televisión se encuentra en un período de transición, de la televisión analógica se pasará a la televisión digital.

Hasta ahora el mundo se ha enfrentado a la televisión analógica, una forma de transmitir televisión con muy pocas ventajas y muchos problemas de calidad de la imagen, problemas de ruido y ajuste. El tratamiento de la señal es muy limitado y con un amplio ancho de banda en la transmisión.

En la televisión analógica la imagen es capturada por medio de cámaras que toman imágenes fijas cada segundo, estas se convierten en líneas y puntos y a cada uno de ellos se les asigna un color, una intensidad y parámetros de sincronía vertical y horizontal, con el objetivo de que el equipo receptor muestre las imágenes en un cinescopio.(3)

A ese conjunto de líneas y sincronías se le denomina Video Compuesto, y para transmitirse a través del aire se requiere de un modulador de radio frecuencia (RF), además de una antena que dispersa la señal en forma de ondas. Las bandas más comunes son UHF (*Ultra High Frequency*) y VHF (*Very High Frequency*), cuyos canales van del 14 al 83 y del 2 al 13, respectivamente. De esta manera, el video compuesto se emite como una onda de amplitud modulada (AM) y el audio como una onda de frecuencia modulada (FM). (3)

Tanto en la televisión analógica como en la digital las señales pueden ser difundidas vía terrestre, satelital y por cable. La diferencia radica en que en el primer tipo de televisión mencionada las señales se transmiten tal y como son, no sufren cambios para su emisión; sin embargo esta tecnología se opone a la digital, donde cada señal está representada únicamente por ceros y unos. Se puede convertir una señal analógica en una digital tomando muestras de la misma, de tal forma que se pueda reproducir posteriormente la señal original sin ninguna pérdida de calidad. (4)

Con el desarrollo de las nuevas tecnologías se llegó a la solución de casi todos los problemas que traía consigo la televisión analógica: la televisión digital.

El proceso de digitalización es sin duda el gran desafío para todos los agentes del sector audiovisual. Esta nueva forma de hacer televisión llegó al mundo para ofrecer nuevas facilidades, llegando a nuevas plataformas; como las computadoras personales o PC (*Personal Computer*) y los móviles, abriendo así la posibilidad de aplicaciones interactivas, siendo capaz de codificar sus señales de forma binaria. La televisión digital se basa en cuatro plataformas (por satélite, por cable, terrestre y por ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*)).

La tecnología digital permite enviar muchos más canales a menor coste y con mayor calidad. Una gran ventaja de la plataforma digital por satélite es que llega donde no lo hacen ni la televisión tradicional, ni el cable, sólo se necesita estar dentro del área de cobertura del satélite, disponer de una antena parabólica orientada y un decodificador conectado al televisor. Además las ofertas de canales son superiores a la ofrecida por otras tecnologías, ya que tienen más espectro para enviar canales.

La Televisión Digital por Cable es el resultado de la aplicación de la tecnología digital a la señal de televisión, para luego distribuirla por medio de redes híbridas de fibra óptica y cable coaxial. Junto con la señal de Televisión Digital, a través de estas redes se pueden proporcionar servicios como: radio, telefonía fija y acceso a Internet.(5)

La tecnología ADSL permite mayor velocidad de conexión y logra transmitir centenares de canales y brinda servicios de interactividad. Y es considerado por muchas compañías en el mundo un método de difusión más barato que el de cable, pues aprovecha la infraestructura telefónica.(6)

La Televisión Digital Terrestre (TDT) es el resultado de la aplicación de la tecnología digital a la señal de televisión, para luego transmitirla por medio de ondas hercianas terrestres, es decir, aquellas que se transmiten por la atmósfera sin necesidad de cable o satélite y se reciben por medio de antenas UHF convencionales. (7)

1.1.3 Televisión de alta definición.

La televisión de alta definición supone el mayor avance para la televisión desde la aparición del color. La idea de HDTV no es nueva, y los sistemas de HD (*High Definition*) llevan ya muchos años desarrollándose, es un paso necesario para lograr una mayor definición de la imagen.

Esta nueva tecnología tiene como principal característica permitir la emisión de señales televisivas con mayor calidad digital y mayor resolución, maximizando la diferenciación entre la televisión analógica y la digital en pantallas de mayores dimensiones. Su principal ventaja es el importante aumento de impacto y realismo para los consumidores.

Usando técnicas de codificación y transmisión digital, la captura y visualización de imágenes en alta definición es de mayor calidad, claridad, nitidez y detalle ya que tiene más resolución al tener mayor número de píxeles, llegando alcanzar una cifra de hasta 2 millones de ellos vistos a 24, 25 ó 30 de

framerate. La imagen de alta definición tiene un tamaño de hasta 1920 x 1080 píxeles (8). Para tener una mayor visión se requieren de pantallas o monitores HDTV de alta calidad.

Cuando se dice “alta definición” también se hace referencia a resoluciones del tipo 1080i ó 720p, entrelazada y progresiva respectivamente.

Ambos se refieren al sistema de exploración. En un formato entrelazado, la pantalla muestra cada línea impar en una exploración de la pantalla, y las líneas pares en una segunda exploración. Puesto que hay 30 marcos mostrados por segundo, la pantalla muestra a una mitad del bastidor cada 1/60 de segundo. Para pantallas más pequeñas esto es menos sensible. En las pantallas en grandes el problema con el entrelazamiento es el parpadeo. La exploración progresiva muestra el *frame* entero, la línea es mostrada cada 1/60 de segundo. Esto prevé un *frame* mucho más liso, pero requiere de un mayor ancho de banda.

Es clara la importancia de la alta definición ya que ofrece una oportunidad para la diferenciación entre competidores, especialmente en operadores por satélite donde el ancho de banda es menos crítico, aunque la llegada de nuevas tecnologías de compresión de la señal audiovisual puede llevar a que en un futuro cercano el sistema de difusión de la señal no sea un factor crítico.

1.1.4 Televisión en la Universidad de las Ciencias Informáticas. Características tecnológicas.

La Universidad de las Ciencias Informáticas cuenta con una red de televisión por cable o también llamada CATV (*Community Antenna Television*) de televisión analógica por la cual se le distribuye a los usuarios los canales del Sistema Nacional de Televisión, canales propios de apoyo a la docencia y canales propios de carácter extensionista e informativo.

Hasta mediados del presente curso la señal de los canales nacionales se recepcionaba mediante la señal terrestre en la cabeza de línea (*Headend*), de donde parten todos los servicios de televisión, ahí se demodulaba y luego se volvía a modular en otra frecuencia, según el canal asignado dentro de la red CATV. Los canales internos se reproducen localmente cada uno en una PC convencional con tarjeta de video por la cual sale la señal de video compuesto, la misma entra junto a la de audio a un modulador de RF según le corresponda. La salida de todos los moduladores va a un combinador que multiplexa todas las señales en el mismo cable y este se distribuye por todo el área universitaria.

En la etapa inicial de la universidad no se previó que la televisión creciera tanto por lo que el crecimiento acelerado de la misma, sin un estudio profundo, provocó que la red se fuera construyendo a base de “soluciones temporales” que a largo plazo han influido en la calidad del servicio, pues en algunos lugares de la residencia, la pérdida de señal es tan grande que resulta imposible ver algún canal por la propia red de cable.

Por esta razón la Dirección de Gestión Tecnológica y la Dirección de Televisión Universitaria trabajan de conjunto en la búsqueda de una solución al problema, de forma que los usuarios puedan consumir este servicio. El primer paso en esta dirección se dio con la creación y arrancada del nuevo Nodo Central de Televisión en el cual quedó implementada en Enero una nueva cabeza de línea que cuenta con recepción satelital de las señales de los canales nacionales, que anteriormente se realizaba por vía terrestre. Se tuvo en cuenta la posibilidad de perder la recepción satelital por problemas atmosféricos o de otra índole, por lo cual se dejó la recepción terrestre también con un *switch* inteligente que conmuta entre ambas señales en cada canal para entregar a la red la fuente con mejor calidad de video.

La televisión analógica sobre el cable coaxial presenta limitaciones, como la cantidad de canales a transmitir, que es limitada, pues el aumento de más canales provocaría el solapamiento de los mismos y se crearían interferencias entre unos y otros. Además padece de las deficiencias propias de los sistemas analógicos: fantasma, llovizna, más consumo de energía, alta sensibilidad a introducción de ruidos externos al sistema y grandes impedimentos con la interactividad. Además la extensión del cableado estructurado es ya bastante grande por lo que el aumento de dispositivos activos, las fuentes de ruido e interferencias son mayores.

Por esta razón se estudia en estos momentos la sustitución de forma gradual del sistema analógico de RF por un sistema de distribución por el protocolo de *Internet* IP. Para esta tarea se realizan estudios de codecs, parámetros de los equipos servidores, clientes y el comportamiento de la plataforma de transmisión, que en esta solución sería la red IP (datos) de la Universidad de las Ciencias Informáticas.

1.2 Surgimiento de los estándares de compresión.

Los estándares de video han sido desarrollados con el fin de satisfacer una amplia gama de aplicaciones, como son: el almacenamiento digital, transmisión y recepción de multimedia, CATV, DVD (*Digital Versatile Disc*), video conferencia, indexado de multimedia, cinema digital, entre otras. Los estándares de video

logran una alta compresión utilizando varios métodos que explotan las redundancias temporales y espaciales.

Desde principios de los años 90's, el grupo de expertos en codificación de video (VCEG (*Video Coding Expert Group*)) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector Telecomunicaciones (ITU–T (*International Telecommunication Union– Telecommunication sector*)) y el grupo de expertos para imágenes en movimiento (MPEG (*Moving Picture Expert Group*)) de la ISO/IEC (*International Standard Organization/ International Electrotechnical Commission*), enfocaron sus investigaciones en las diferentes técnicas de codificación de video para diversas aplicaciones. (9)

En un principio la ITU-T desarrolló el estándar H.261 para aplicaciones de video conferencias. Al mismo tiempo MPEG para lograr un mayor avance en la tecnología de compresión procesó el MPEG-1 cuyo objetivo inicial era el almacenamiento de video en discos compactos o CD (*Compact Disc*). Más tarde el mismo grupo de expertos desarrolló el estándar MPEG-2 como una extensión de su antecesor (MPEG-1), el cual comenzó a aplicarse en la televisión digital estándar o STD (*Standard Television Digital*) y en la HDTV. A la par de MPEG la ITU-T adoptó a este estándar como el H.262.

Un poco más tarde se desarrolla el estándar MPEG-4 parte 2, creado por la ISO/IEC debido a la necesidad de cubrir un mayor rango de aplicaciones. Este operaba de dos formas, la primera basada en la división de los *frames* de entrada en porciones de video, y la segunda, en la segmentación de objetos de video para que el usuario pueda interactuar con ellos. Junto al surgimiento de este estándar la ITU-T desarrolla el estándar H.263 con el objetivo de obtener una mayor compresión que en el H.261. Este era aplicable en video teléfonos y compatible con el MPEG-4 parte 2.

Un poco después el grupo de expertos de la ITU–T y el grupo de expertos de la ISO/IEC, se unieron para conformar el equipo conjunto de video o JVT (*Joint Video Team*) y trabajar en el desarrollo de un nuevo estándar, con un mejor desempeño, tanto en la calidad del video como en la eficiencia de codificación. El nombre del nuevo estándar es el H.264 o MPEG–4 parte 10 y cuenta además con especificaciones simples de su sintaxis, lo cual proporciona una mejor integración con todos los protocolos actuales y arquitecturas múltiples. Esto permite incluir otras aplicaciones, tales como la transmisión de video y video conferencia en redes fijas e inalámbricas y en diferentes protocolos de transporte.(9). Este nuevo estándar de compresión de video supera a los estándares de video anteriores.

Por otra parte la empresa Microsoft desarrolló un conjunto de algoritmos de compresión que insertó en su set propietario de tecnologías de video, al cual le dio el nombre de WMV (*Windows Media Video*). El mismo no se construyó sólo con tecnología interna de Microsoft, pues a partir de la versión 7 (WMV1), Microsoft utilizó su propia versión no estandarizada de MPEG-4.

La versión 9 del formato utilizado por Microsoft fue remitida a la SMPTE (*Society Motion Picture and Televisión Engineers*) para su aprobación como estándar, bajo el nombre en clave VC-1. Este códec es también utilizado en la distribución de video de alta definición.

Una vez entendido como surgieron los estándares de compresión se puede llegar a la conclusión de que todos han sido desarrollados con un único fin, el de satisfacer una amplia gama de aplicaciones, logrando así una alta compresión utilizando varios métodos.

1.2.1 Estándares de compresión más usados en HDTV.

En HDTV se destacan varios estándares de compresión y cada uno de ellos va surgiendo con el objetivo de disminuir el nivel de compresión y mantener la calidad de la imagen. Para el tema que se trata en esta investigación, existen diferentes formatos de compresión que se agrupan de acuerdo a la función que realizan: los destinados a la producción del video (HDCAM, HDCAM SR, DVCPRO HD, ProHD, entre otros) y los de distribución del video al usuario, en los que se basa este trabajo.

Los principales son el MPEG-2 que también se le puede encontrar como H.262, el MPEG-4 Parte 10, llamado también H.264 o AVC y el Windows Media Video 9 conocido además como VC-1.

El MPEG-2 fue aprobado en 1994 como estándar y fue diseñado para video digital de alta calidad (DVD), TV digital de alta definición, medios de almacenamiento interactivo o ISM (*Interactive Storage Media*), retransmisión de video digital o DVB (*Digital Video Broadcasting*) y CATV.(10)

Este estándar se utiliza para la codificación genérica de imágenes en movimiento y el audio asociado, admitiendo flujos de video escaneado de manera tanto progresiva como entrelazada.

Este es una ampliación del formato de compresión MPEG-1. La principal característica y diferencia con MPEG-1 es que MPEG-2 brinda un soporte para imágenes entrelazadas.

El MPEG-4 es usado principalmente en el flujo de medios audiovisuales, la distribución en CD, la transmisión bidireccional por videófono y emisión de televisión. Reutiliza características de sus antecesores (MPEG-1 y MPEG-2) y al ser estas muy variadas pueden o no estar disponibles en su implementación.

Para manejar esta variedad, el estándar incluye el concepto de perfil o *profile* y nivel o *level*, lo que permite definir conjuntos específicos de capacidades que pueden ser implementados para cumplir con objetivos particulares.

MPEG-4 está formado por varios estándares llamados “partes” y cada uno de ellos con aplicaciones diferentes que describen estándares de compresión de video y de audio, así como partes a nivel del sistema que describen características tales como el formato de archivo MPEG-4.

Una de las partes, es decir MPEG-4 parte 10, nombrada H.264 es uno de los estándares más recientes que ofrece mejoras tanto en la calidad del video como en la compresión. Proporciona un alto rendimiento en compresión y es más robusto a errores de transmisión que sus antecesores.

Y por último el WMV9, este sistema de compresión de audio y video fue desarrollado por Microsoft. Es similar a MPEG-4 AVC y tiene un rendimiento equivalente o ligeramente mejor; ya que posee un sistema de procesamiento menos complejo. Se planea su uso para la transferencia de contenido en HD DVD.

Permite crear video basado en pantalla para su uso en aplicaciones tales como cursos de software, demostraciones y material para departamentos de soporte. Esta tecnología permite capturar contenido directamente de una pantalla de una PC, comprimir el contenido y enviarlo a través de una red de comunicaciones (por ejemplo *Internet* o una red corporativa) y descomprimirlo posteriormente para verlo.

Conclusiones

“Apagón analógico” en la televisión es un término que se utiliza mucho por estos días. Con el avance de las tecnologías se va abriendo paso la televisión digital y aún sin que esté extendida a nivel mundial surgen brechas de luz que guían el camino a un nivel mayor muy asociado a esta digitalización, centrado en la televisión de alta definición; ligado a estas dos últimas tecnologías surgen los estándares de compresión para dar facilidades y mayor calidad a la transmisión de la señal.

Capítulo II: Propuesta de un estándar de compresión para la UCI.

Introducción del capítulo II

Comprimir, obviamente significa reducir de tamaño algo, es decir hacerlo más pequeño. El objetivo principal de cualquier sistema de compresión es facilitar el almacenamiento o envío a través de la red de cualquier archivo, describiendo la misma información de este con un conjunto de datos de menor magnitud.

Pero, ¿Por qué es importante reducir la magnitud de los datos necesarios para representar una información determinada?

Esta y otras interrogantes serán respondidas a lo largo del capítulo en el cual se abordarán con más detalles los estándares de compresión que abarcan el proceso de la investigación para construir las bases que darán al traste con la propuesta de solución.

2.1 Teoría de la compresión de video.

Los **métodos de compresión** que existen actualmente están basados en procedimientos de compresión de datos, pues aprovechan propiedades o características de la imagen, como puede ser la redundancia espacial, la correlación entre puntos cercanos, la mínima sensibilidad del ojo humano para los detalles de color y brillo de las imágenes fijas y la redundancia temporal entre las imágenes sucesivas.

2.1.1 Métodos de compresión.

La **compresión *intra-frame* o codificación espacial** trata cada fotograma como una foto independiente. Es decir las imágenes son comprimidas de forma individual, sin hacer referencia a las demás. Se aprovecha la redundancia de información que hay en la imagen de cada fotograma.

La **compresión *inter-frame* o codificación temporal** crea fotogramas de referencia para luego comparar los anteriores o posteriores con él. Es decir se tienen en cuenta la redundancia de información entre imágenes sucesivas.

Este tipo de codificación proporciona altos factores de compresión aunque tiene la desventaja de que cuando una imagen previa es quitada en la edición los datos de diferencia pueden ser insuficientes para recrear la imagen siguiente, pues cada imagen individual existe en términos de la diferencia entre imágenes previas.

2.1.2 Tipos de Fotogramas de MPEG.

Existen tres tipos de fotogramas:

- **I (*intra-frame*)**: Son los únicos fotogramas completos en una cadena MPEG. Son posibles puntos de acceso aleatorio.
- **P (foto predicha)**: Es un fotograma basado en uno anterior pero conteniendo sólo las diferencias.
- **B (*frames* bidireccionales)**: Estos fotogramas tienen referencias tanto a uno anterior como a uno futuro. Nunca se usan como referencias, pues son los que menos espacio ocupan.

Las imágenes comprimidas I, P y B se transmiten en grupos de hasta 12 ó 15 imágenes. Cada grupo de imágenes se denomina GOP (*Group-of-Pictures*) y comienza con una imagen tipo I extendiéndose hasta la siguiente imagen I. Entre ellas se transmiten, con un orden preestablecido, las imágenes P y B.

2.1.3 Técnicas de compresión.

Entre las técnicas de compresión utilizadas por los estándares de compresión están:

Compensación de movimientos

Esta técnica determina cómo los fotogramas P o B se relacionan con los fotogramas de referencias. Primeramente divide cada imagen en bloques de 16x16 píxeles y los compara con bloques equivalentes en otro fotograma, si son similares, se obtiene entonces una compresión óptima y si detecta movimiento, es decir muchas diferencias, entonces almacena un vector de movimiento. Esa técnica se hace a nivel de macrobloques.

Redundancia espacial

Esta técnica comprime aún más, pues describe las diferencias entre los bloques. Usa el proceso matemático de la DCT (*Discrete Cosine Transform*). Los macrobloques son divididos en bloques de 8x8, dándole seguimiento a los cambios de color y brillo en el tiempo. Los macrobloques son el conjunto de 16x16 píxeles de la imagen original, a partir de los cuales se obtienen los bloques de luminancia y crominancia. (Ver Anexo I)

2.1.4 Algoritmos sin pérdidas y con pérdidas.

Los algoritmos de compresión en cuanto a su fidelidad se pueden clasificar como **algoritmos sin pérdidas** o también conocidos como *lossless*, estos se usan para datos; y **algoritmos con pérdidas** o *lossy*, que normalmente se usan en audio y video. Ambos algoritmos se basan en detectar las redundancias tanto temporales como espaciales de las imágenes para luego codificarlas y reducir así el ancho de banda. Los *lossless* preservan toda la información presente en la imagen original, por esta razón con ellos no se consiguen altas tasas de compresión.

Uno de los elementos que se tiene en cuenta en los algoritmos de compresión con pérdida es la frecuencia espacial, esta se refiere a la variación en la información de los datos de acuerdo a su localización. Debido a esto un valor alto de frecuencia espacial indica que en un pequeño espacio el dato varía notablemente y un valor bajo especifica una variación más suave.

La ciencia ha demostrado que el ojo humano es mucho más sensible para distinguir los cambios en las luminosidades que para distinguir los cambios en los colores. De esta manera, los cambios de alta frecuencia espacial de los colores que puede presentar una imagen no pueden ser detectados por el ojo humano. (11)

De aquí que no tiene mucho sentido utilizar ancho de banda enviando información de cambios de colores de alta frecuencia, ya que de todos modos el ojo humano no será capaz de detectarlos.

Por lo explicado anteriormente es posible prescindir de información que en definitiva no va a poder ser apreciada y lograr así valores más altos de compresión. Es por eso que para lograr un compromiso entre calidad de imagen y ancho de banda en la transmisión de HDTV en la UCI se debe utilizar la **codificación con pérdidas**.

Otra forma de lograr compresiones importantes es aplicando técnicas en los cambios de escenas como puede ser utilizar información obtenida de escenas anteriores en escenas siguientes, disminuyendo drásticamente la información que se envía.

2.2 La Red de Datos en la Universidad de las Ciencias Informáticas.

Actualmente la Universidad de las Ciencias Informáticas cuenta con una red con topología tipo estrella, la cual está conformada por un nodo central con cuatro enlaces a nodos nivel 1:

N.N1: Infraestructura productiva.

N.N1: Residencia.

N.N1: Docencia.

N.N1: Rectorado.

Cada uno de estos nodos posee un *switch* capa 3. La velocidad de conexión del nodo central hacia los tres primeros nodos nivel 1 mencionados anteriormente es de 10 GB *Ethernet* a través de una fibra óptica monomodo, no siendo así para el último nodo nivel 1, ya que la velocidad de conexión hacia él es de 1 GB *Ethernet* a través de una fibra óptica multimodo.

A su vez cada uno de estos nodos nivel 1 le presta servicios a subnodos nivel 2:

El nodo nivel 1 Docencia, le presta servicios a los subnodos Docente 1, Docente 2, Docente 3, Docente 4 y Docente 5 a una velocidad de conexión de 1GB, sobre fibra óptica multimodo. Cada uno de los docentes tiene 4 enlaces, uno para cada piso (1er piso, 2do piso y 3er piso, etc.). Todos estos enlaces a una velocidad de 1 GB *Ethernet*. El cuarto enlace sería al repartidor del piso de oficinas.

De los repartidores a los laboratorios el enlace es mediante cable UTP categoría 5e, a 1 GB *Ethernet*, de igual manera a las oficinas y los CASIE.

El nodo nivel 1 Infraestructura productiva brinda servicios a los módulos 1, 2, 3, 6 y 8.

El nodo nivel 1 Residencia es un área muy distribuida, por lo que necesita ser dividida en pequeñas zonas, es por eso que surge la necesidad de crear subnodos de nivel 2, los cuales están ubicados en la biblioteca

y en los edificios 58, 123 y 133. Cada edificio está conectado a su subnodo de nivel 2 correspondiente mediante fibra óptica multimodo a una velocidad de de 1GB *Ethernet* y de los *switch* de cada edificio a cada apartamento la conexión se realiza mediante cable UTP categoría 5 a 100 MB *Ethernet*.

Las facultades regionales creadas en estos últimos años están conectadas a través de un módem. La conexión es según la disponibilidad de ETECSA (Empresa de Telecomunicaciones de Cuba Sociedad Anónima), en estos momentos es de 512 Kbps aunque se espera que sea de 2 MB, no siendo así con la facultad regional de Artemisa la cual está conectada por fibra óptica monomodo.

Debido a esta estructura de la red y al tipo de conexión que llega a cada lugar de la Universidad es que es muy necesario determinar un estándar de compresión que minimice el ancho de banda para lograr compartirlo entre todos los servicios que son transmitidos a través de la red. Uno de estos servicios es el *streaming* de video, el cual necesita un ancho de banda de acuerdo al estándar de compresión utilizado en el video a transmitir.

2.3 Necesidad de compresión.

El video digital tuvo gran auge inicialmente en aplicaciones de post-producción, pues la producción de video generaba 200Mbps de datos aproximadamente, por esta razón era necesario tener gran capacidad de almacenamiento o un ancho de banda grande para su transmisión.

Para solucionar estos inconvenientes era necesaria una forma de codificación del material de audio y/o video, en la cual se requirieran menos datos para representar al material. MPEG consigue llevar a cabo este objetivo, mediante el procesamiento de la secuencia de video, de manera tal que se codifique sólo lo necesario y eliminando en la mayoría de los casos determinada información no tan crítica para el observador.(12)

Gracias a los continuos avances en la era de las informaciones: la convergencia de las nuevas tecnologías, el surgimiento de la telemática, la expansión y desarrollo de Internet, surgen nuevas posibilidades de servicios sobre las redes de datos. Uno de los que está logrando una mayor demanda en la actualidad es la transmisión de televisión de alta definición. Resulta evidente que para la transmisión sobre las redes de datos, este servicio normalmente demanda un elevado ancho de banda y a menudo crea cuellos de botella en las redes; este es el gran problema al que está sometida la transmisión de HDTV.(13)

Sin las técnicas de compresión de video sería casi imposible brindar este servicio, dado el tráfico de datos existente en la Universidad de las Ciencias Informáticas.

2.4 Características Técnicas de los estándares: MPEG-2, H.264 y WMV9.

Luego de realizar una búsqueda ampliada se determinó que los estándares de compresión de video más comunes que se utilizan en HD son MPEG-2, H.264 y WMV9. Para poder realizar la propuesta de uno de ellos en la UCI se verán a continuación características particulares de estos, reflejadas a través de comparaciones.

En la eficiencia de un estándar se tienen en cuenta aspectos importantes como el algoritmo de compresión, los formatos de croma, el modo de visualización, las técnicas de codificación, entre otras. A continuación se desarrollan cada uno de estos aspectos y se explica el por qué ofrecen mejoras al estándar logrando que sea más eficiente.

2.4.1 Tipo de Algoritmo de Compresión.

Los tres estándares de compresión mencionados anteriormente utilizan un esquema híbrido de compresión para imágenes en pleno movimiento. Esto facilita la compresión ya que aprovechan las redundancias tanto espaciales como temporales de la imagen, logrando así una menor compresión con pérdidas.

Se nombra esquema híbrido debido a que adopta un algoritmo híbrido de predicción y transformación para la reducción de la correlación espacial y de la señal residual, control de la velocidad binaria o *bitrate*, predicción por compensación de movimiento para reducir la redundancia temporal, así como la codificación de la entropía para reducir la correlación estadística.

Sin embargo el H.264 proporciona mayor eficiencia de codificación pues incluye predicción intra-cuadro (INTRA), transformación por bloques de 4x4 muestras cuyos coeficientes transformados resultan enteros, referencia múltiple para predicción temporal, tamaño variable de los macrobloques a comprimir, precisión de un cuarto de píxel para la compensación de movimiento, filtro de desbloqueo y codificador de entropía mejorado. Todas estas mejoras vienen acompañadas de un aumento en la complejidad de la implementación del algoritmo. Al igual que MPEG-4 parte10, VC-1 representa una lógica evolución tecnológica en compresión de video en comparación con el MPEG-2. Por lo antes expuesto, los estándares H.264 y VC-1, a pesar de ser más complejos poseen un conjunto de características que hacen que el

algoritmo de compresión sea más eficiente y esto conlleva a que sobresalgan como candidatos a aplicarse en la UCI.

2.4.2 Formatos de Cromo.

Todos los estándares de compresión utilizan formatos de croma para captar la información de luminosidad y color presentes en una escena para luego transformarla en una señal manejable y discreta.

Para representar los formatos de cromas se utiliza la abreviatura de la forma Y: Cb: Cr, el primer número hace referencia a la luminancia (Y) y los dos últimos a la crominancia.

La información de luminosidad en todos se mantiene intacta para ahorrar ancho de banda y crear formatos más económicos.

No todos utilizan el mismo formato ya que todos no ofrecen la misma calidad posible que puede poseer una señal de video.

Los formatos de croma que utiliza el estándar MPEG-2 son: 4:2:0 y 4:2:2. Esto hace que la imagen sufra pérdida de color. Es por eso que a veces no es recomendable MPEG-2 para comprimir una señal de video, pues no se obtendría una imagen con la suficiente calidad requerida.

El H.264 es otro de los estándares a investigar. Este utiliza los mismos formatos de croma que el MPEG-2, pero se le une a este grupo uno nuevo: el formato 4:4:4. La integración de este formato de croma a este estándar hace que este le proporcione la luminancia y el color necesario a una imagen brindándole a esta una calidad óptima.

El VC-1 como códec de compresión ofrece muy poca calidad de la imagen ya que este sólo trabaja con el formato de croma 4:2:0, el cual ofrece muy poca información de color a la imagen del video a comprimir. Es por eso que no se hace recomendable su uso.

Una vez explicado qué formato utiliza cada estándar a investigar se puede llegar a la conclusión que el más adecuado sería el H.264 ya que es el único capaz de brindar toda la información de luminancia y color que se requiere para llegar a obtener un video con la mayor calidad requerida.

2.4.3 Modo de Visualización de video.

Existen dos modos de visualizar video: escaneo entrelazado (1080i) y escaneo progresivo (720p). En el entrelazado cada imagen se transmite en dos mitades o campos: el primer campo contiene las líneas impares y el segundo contiene las líneas pares; por el contrario el progresivo muestra el cuadro entero. Ambos son usados en formatos de compresión utilizados en HDTV, proporcionando el último más ventajas que el primero ya que las imágenes que muestra son cualitativamente superiores.

Cada uno de estos estándares utilizados en alta definición utiliza escaneado tanto progresivo como entrelazado, lo que hace que a la hora de transmitir la señal de video el parpadeo sea imperceptible para el ojo humano. También el hecho de que estos utilicen esta técnica hace que la compresión sea más eficiente, logrando así un menor *bitrate* y generando imágenes de alta calidad al capturar ya desde el principio cuadros con información completa de la imagen.

Es por esto que a la hora de seleccionar uno de los estándares ya mencionados (H.264, MPEG-2 o WM9V) en cuanto al tipo de escaneo se podría elegir cualquiera de ellos ya que todos visualizan el video de igual modo.

2.4.4 Técnicas de codificación.

Todos los estándares de compresión usan técnicas de codificación haciendo uso tanto de la compresión espacial como temporal. Estas han sido creadas para reducir el ancho de banda existente en la red, basadas en un conocimiento preciso y exhaustivo de cómo el cerebro y los ojos trabajan en combinación para formar el complejo sistema visual humano.

Cada uno de los estándares a investigar (MPEG-2, H.264 y WMV9) usa diferentes técnicas para la codificación de video. A continuación se explicará qué técnica de codificación emplea cada uno de ellos para determinar cuál sería más eficiente.

En un video la imagen es dividida en macrobloques, estos son codificados individualmente mediante el algoritmo matemático de la DCT. Así ocurre para los tres estándares a investigar.

En el caso de MPEG-2 dicha transformada (DCT) trabaja con bloques de 8x8 y valores no enteros, lo que proporciona mayor riesgo de errores de redondeo, no siendo así en H.264 y WMV9, siendo este último el

codificador de video más difundido en la serie de Windows Media 9. En estos dos últimos estándares la DCT trabaja con bloques de 4x4, eliminando posibles errores de redondeo.

En cuanto a la técnica de codificación, por lo anteriormente planteado, los estándares H.264 y WMV9 superan al MPEG-2, puesto que trabajan con un algoritmo de codificación más óptimo y menos propenso a errores, lo que indica que continúan presentando características relevantes que permiten su aplicación en la UCI.

2.4.5 Niveles y Perfiles.

Dentro de cada estándar de compresión se definen niveles y perfiles. Un perfil es básicamente el grado de complejidad de un algoritmo esperado en el codificador. Un nivel es un conjunto de parámetros tales como el tamaño, *framerate* de la imagen o el *bitrate* usado en ese perfil.

A continuación una pequeña explicación de los perfiles y niveles que usa MPEG-2:

- Perfil Simple o Simple Profile: Es el que ofrece pocas herramientas.
- Perfil Principal o Main Profile: Tiene herramientas extendidas o mejoradas del perfil simple y predicción bidireccional. Tendrá mejor calidad para la misma velocidad binaria que el perfil simple.
- SNR Escalable: Soporta toda la funcionalidad del *Main* y codificación escalable de SNR (Relación Señal-Ruido)
- Perfil Alto o High Profile: Este incluye todas las herramientas de las versiones anteriores y mejoradas. Tiene la habilidad de codificar diferencias de color entre líneas simultáneamente.
- Nivel Bajo o Low Level: Tiene un formato de entrada el cual es un cuarto de la imagen definida en el registro ITU-R 601.
- Nivel Principal o Main Level: Tiene una trama de entrada completa definida en el registro ITU-R 601.
- Nivel Alto 1440 o High 1440 Level: Tiene un formato de alta definición con 1440 muestras por línea.
- Nivel Alto o High Level: Tiene un formato de alta definición con 1920 muestras por línea (para aplicaciones sin cualquier limitación en velocidades de datos).

En el H.264, se definen diferentes perfiles y niveles dentro de cada uno, los cuales especifican restricciones en el tren de bits o *bitstream*.

A continuación aparecen explicados cada uno de los perfiles.

- Línea base o *Baseline*: Se aplica a los servicios de conversación en tiempo real, como video conferencia y video teléfono.
- Principal o *Main*: Se usa en aplicaciones de almacenamiento digital de video y datos, así como de transmisión de televisión.
- Extendido o *Extended*: Es aplicable a servicios de multimedia en Internet.

H.264 utiliza 15 niveles, los cuales indican diferentes parámetros en una imagen. Cada perfil utiliza la misma definición de niveles, pero las aplicaciones individuales sólo pueden utilizar un nivel diferente en cada uno. Por lo general, la carga de procesamiento del decodificador y la capacidad de memoria para un perfil dado se desprende de los diferentes niveles.

Por otra parte WMV9 también tiene definido diferentes perfiles y niveles para operar de acuerdo a los diferentes niveles de complejidad que requieren las aplicaciones. Este estándar trabaja con los perfiles *Simple* y *Main* implementados en anteriores estándares y con el *Advanced* que es el último paso en su especificación que proporciona contenido de alta definición, ya sea entrelazado o progresivo a través de cualquier medio y en cualquier dispositivo. Permite transmitir contenido a velocidades de transmisión de datos 1/3 más bajas que MPEG-2 manteniendo la misma calidad. Usa los niveles *Low*, *Main* y *High*, también implementados en estándares anteriores además de 5 niveles implementados en el perfil *Advanced*.

Como se puede apreciar todos los estándares de compresión utilizan niveles y perfiles para lograr una mayor eficiencia en la compresión. En cualquiera de los estándares anteriormente mencionados, al combinar un perfil y un nivel se logra la adaptación a las diferentes necesidades de los usuarios.

2.4.6 Aplicaciones.

A continuación se muestran algunas de las aplicaciones más conocidas de los estándares de compresión.

MPEG-2:

- Es usado en la codificación de audio y video para señales de transmisión, que incluyen televisión digital terrestre, por satélite o cable.
- En DVD y en los *Super Video CD (SVCD)*.
- En PPV (*Pay Per View* o pago por visión) y VOD (*Video On Demand*), proporcionando nuevos niveles de interacción.
- En medios de almacenamiento interactivo.
- En la retransmisión de video digital.

H.264:

- Multimedia móvil: La posibilidad de transmitir imágenes o video entre terminales de telefonía móvil, haciendo posible, entre otras, aplicaciones tales como la videoconferencia entre estos equipos, unido a la gran aceptación que este tipo de servicios tiene actualmente auguran muy buenas perspectivas para MPEG-4 en esta área.
- *Internet*: La posibilidad de reproducir video y audio en tiempo real a través de Internet, mediante la integración de *plug-ins* MPEG-4 en los navegadores debe ser seriamente considerada. En esta línea MPEG-4 puede reemplazar, con ventaja, muchas de las aplicaciones actuales.
- Juegos: No debe olvidarse este sector del mercado, ya que genera unos ingresos enormes y despierta cada día mayores expectativas. MPEG-4 permite aquí ofrecer un abanico de nuevas posibilidades, haciendo posible una diferenciación entre jugador, escenario y elementos del juego, lo que permitirá sensaciones mucho más realistas e impactantes.
- En videoconferencias y televisión digital sobre satélite o por cable, ofreciendo un servicio de alta calidad a bajo costo y permitirá nuevas aplicaciones de video que fueron previamente imprácticas debido a factores económicos y tecnológicos.
- En Televisión de Alta Definición sobre DVD, video sobre telefonía móvil y video conferencias sobre conexiones de bajo ancho de banda serán muy prácticas.

WMV9

- Es usado por algunas películas en soporte HD-DVD.
- Es utilizado en la Videoconsola Xbox 360, y los desarrolladores de juegos pueden utilizar VC-1 para las escenas de video incluidas en los juegos.
- En la radiodifusión de video profesional.

Por lo expuesto queda demostrado que el H.264 tiene una amplia gama de aplicaciones y es el estándar más usado en el mundo audiovisual. Supera a MPEG-2 y a WMV9 ya que estos no son de gran aplicación.

2.4.7 PSNR.

Uno de los parámetros que influye en la calidad de la imagen es la relación que existe entre el valor máximo de una señal y el ruido de cuantificación, es decir la relación señal a ruido de pico o PSNR (*Peak Signal-to-Noise Ratio*). En un video entre mayor sea el PSNR, menor ruido tendrá la señal, es por eso que en el rendimiento de un códec entre mayor sea la relación entre la señal y el ruido, más eficiente será la compresión. Se han realizado pruebas y se han llevado los resultados a una grafica y todo indica que el estándar H.264 ofrece una compresión ligeramente mejor que WMV9 y mucho más superior que MPEG-2. (Ver Anexo 2)

2.4.8 Restricciones privativas.

Debido a que en Cuba la mayor parte de los sistemas informáticos en la actualidad están basados en Windows, propiedad de la empresa norteamericana Microsoft, el país está alerta ya que la misma tiene la capacidad legal de reclamar que no siga utilizando un sistema operativo de su propiedad, basada en leyes de propiedad industrial por las cuales también Cuba se rige; esto provocaría una interrupción inmediata del programa de informatización de la sociedad que como parte de la batalla de ideas está desarrollando el país, esta es una de las razones por la cual Cuba ha optado por la migración hacia Software Libre y se están dando pasos para sustituir progresivamente Windows por Linux.

Uno de los principales centros que cuenta con tecnología informática de punta es la Universidad de las Ciencias Informáticas, la misma está inmersa en un proceso de migración hacia software libre ya que la política que plantea este está muy ligada a la filosofía socialista que sigue Cuba.

Teniendo en cuenta lo planteado, se debe tener conciencia de los problemas privativos que podría traer consigo la adopción de cierta tecnología, para realizar la propuesta del estándar de compresión para la UCI.

Acercas de WMV9 hay que especificar que utiliza un codificador llamado Windows Media Encoder, esta herramienta es propiedad de Microsoft, lo que hace que WMV9 sea un códec propietario. Por esta razón no es apropiado su uso en la UCI.

Con respecto a MPEG-2 y MPEG-4 existe una compañía nombrada MPEG LA (*MPEG License Agreement*), que es líder mundial en licencias de patentes de estándares de tecnología integrada, y es ella quien gestiona y administra sus patentes, ofreciendo condiciones justas y razonables para el uso de estos estándares.

Sin embargo existe un códec llamado X.264, que es una librería libre para codificar cadenas de video [H.264/MPEG-4 AVC], es decir su algoritmo de codificación está basado en el estándar H.264. Las ventajas de este formato son su soporte para *streaming* (posibilidad de reproducir el video en plena transferencia) y una alta resolución de imagen en un espacio relativamente menor (mejor relación calidad/tamaño con respecto a otros formatos de compresión). Fue liberado bajo la licencia pública GPL (*General Public License*).

Una de las razones por la cual se hace más sólida la decisión de proponer el H.264 es el hecho de que no existen muchos problemas privativos en su uso.

2.5 Pruebas realizadas.

Con el objetivo de comprobar prácticamente cuál o cuáles de los estándares de compresión descritos en este capítulo se adecua a las condiciones tecnológicas de la Universidad y ofrece mejoras en la calidad del video se realizaron un conjunto de pruebas. Dichas pruebas consistieron en la compresión de un video de alta definición con cada uno de estos estándares. En este epígrafe se tratarán las diferentes herramientas que se emplearon en estas pruebas y los resultados obtenidos.

2.5.1 Descripción de los softwares utilizados en las pruebas.

Para poder realizar las pruebas que se detallarán más adelante, se hizo necesaria la ayuda de algunos softwares. A continuación una breve descripción de estos.

2.5.1.1 Adobe Premiere Pro.

Adobe Premiere es la herramienta definitiva para la edición, el montaje y la composición de video. Adobe Premiere Pro constituye una versión mejorada y optimizada de la aplicación, que conserva los aspectos esenciales del producto original y a la vez añade gran funcionalidad y soporte para un amplio número de formatos de audio y video, permitiendo la edición no lineal en tiempo real y la incorporación de transiciones y efectos especiales. (14)

La variedad de opciones de edición que brinda le permite al editor administrar los proyectos con mayor rapidez y efectividad.

2.5.1.2 VLC.

VLC es un reproductor multimedia del proyecto Video LAN; es un libre distribuido bajo la licencia GPL. Es el reproductor multimedia más atractivo y eficaz de su generación. Soporta muchos codecs de audio y video, así como diferentes tipos de archivos, además soporta los formatos de DVD, VCD y varios protocolos *streaming*. Puede ser utilizado como servidor en *unicast* o *multicast* en una red de banda ancha.

Es uno de los reproductores más independientes en cuanto a plataforma se refiere, con versiones para Linux, Microsoft Windows, Mac OSX, BeOS, BSD, Pocket PC, Solaris.

VLC es capaz de decodificar bastantes formatos dependiendo del sistema operativo. Su arquitectura le permite actuar como servidor y su entorno gráfico pone el enfoque sobre toda una serie de funciones entre las cuales se destaca el movimiento a cámara lenta, los avances rápidos, pausa, selección de escenas y el cambio del idioma de los subtítulos (DVD).

Tiene la ventaja de ser de código abierto por lo que su desarrollo es casi constante con la colaboración de un equipo de programadores distribuidos por el mundo que trabajan bajo el nombre de *Video LAN Project*.

2.5.1.3 MediaInfo.

MediaInfo es un analizador de archivos multimedia que proporciona información técnica sobre un archivo de video o audio, tal como los códec utilizados, características de las pistas de video y audio (*bitrate*, *framerate*, frecuencia...), etc. Servirá para saber los datos técnicos de un archivo y así por ejemplo conocer qué códec se necesita para poder reproducirlo.

Puede obtenerse información de una gran cantidad de formatos de video y audio. Además se puede exportar la información a los formatos HTML, TXT, etc.

2.5.2 Descripción de las pruebas.

Para realizar las pruebas con los diferentes estándares, se importó un video de alta definición en Adobe Premiere Pro, y se exportó a un formato HD, dándole una configuración específica para cada estándar, que se explica más adelante. Para obtener todos los datos técnicos de los videos codificados se utilizó la herramienta MediaInfo y como reproductor el VLC (*Video LAN Client*).

Las pruebas se realizaron en una PC con las siguientes características:

- Procesador: Intel P4
- CPU: 3.00 GHz
- Memoria RAM: 1GB
- Sistema Operativo: Microsoft Windows XP Professional

El video a codificar tenía un tiempo de duración de 1: 45 min, se configuró con un *framerate* de 29.97 fps y el *bitrate* fue variando en dependencia de las necesidades y la calidad que requería cada estándar.

La primera prueba se realizó con MPEG-2, HDTV 1080p, 29.97 *High Quality* y un *bitrate* de 5 MB/s. La codificación duró 0:30:07 min., en este tiempo el uso del CPU se mantuvo entre un 98 y 99 %, y el uso de memoria osciló entre 430 y 450 MB.

La segunda prueba se realizó con H.264, HDTV, 1080p, 29.97 *High Quality* y con el mismo *bitrate* anterior de 5 MB/s, comportándose el uso del CPU entre un 98 y 99 % y el uso de memoria osciló entre 440 y 460 MB, para un tiempo total de 0:32:08 min.

Como conclusión parcial se comprobó que la calidad del video comprimido con MPEG-2 era inferior con respecto a la compresión con H.264, se realizó entonces otra prueba con el MPEG-2, con las mismas características, pero con un *bitrate* de 8 MB/s, y con este alcanzó entonces una calidad similar a la alcanzada por H.264 con 3 MB/s.

La tercera prueba se realizó con WMV9, HDTV, 1080p, 29.97 *High Quality* y un *bitrate* de 5 MB/s, comportándose el uso del CPU a un 98 % y el uso de memoria osciló entre 445 y 465 MB, para un tiempo total de 0:29:56 min. La calidad del video final se acercó grandemente a la calidad del video codificado con H.264.

Para obtener una visión más clara en cuanto a los tiempos de codificación de los estándares para el video de prueba, se realizó una comparación entre ellos. Pudiéndose observar que el H.264 a pesar de que presenta un mayor tiempo de codificación, no se aleja mucho de los tiempos de los otros estándares, y sin embargo ofrece mucha más calidad.(Ver Anexo 5)

A partir de estos resultados se puede concluir que la mayor calidad en HD para el video codificado se obtiene codificando con H.264 ya que con él se logra un menor consumo de ancho de banda, debido a que con un *bitrate* de sólo 5 MB/s se obtuvo un video de 40.4 MB, mostrando siempre una calidad superior. (Ver Anexo 6)

Después de haber realizado una profunda investigación, basada en los estándares de compresión utilizados en televisión de alta definición y realizar comparaciones entre ellos teniendo como base sus características técnicas se llegó a la conclusión que la propuesta para la UCI es el estándar MPEG-4 parte 10/H.264/AVC.

Requerimientos de Hardware.

Para lograr mayor rapidez en la codificación es necesario definir algunos requerimientos de hardware como base para una futura implementación:

Procesador: *Intel Core Duo* 2.00 GHz

Memoria RAM: 2 GB

O en su defecto, la utilización de equipamiento dedicado a la compresión por hardware.

2.5.3 Validación de las pruebas.

La validación de las pruebas realizadas resulta un elemento muy importante para darle fiabilidad a la investigación. Es por esto que se empleó un método de calidad de video subjetivo, específicamente el *Double Stimulus Impairment Scale* (DSIS), estandarizado y descrito en la BT.500 de la ITU-T. En el mismo, cada experto ve una referencia intacta del video original seguida de una versión dañada del mismo video. El experto valora entonces el video dañado utilizando una escala que va desde “los daños son imperceptibles” hasta “los daños son muy molestos”.

Las pruebas se realizaron de conjunto con un equipo de técnicos de la Dirección de Televisión Universitaria, compuesto por especialistas de los departamentos técnicos y de producción de la propia Dirección. Estuvieron presentes: Ing. Abel Valdés Gómez, Ing. Serguei González García, Ing. Ramón Torres Méndez y el Téc. Hédel Nuñez Bolívar, quienes participaron directamente en las pruebas y validaron la calidad de las diferentes compresiones que se realizaron.

Durante la visualización se tuvieron en cuenta elementos que permitieran medir la calidad visual como por ejemplo:

- **Escenas de movimientos extremos que complejizan la codificación:** Usando codificación con *bitrate* variables se evidencia el aumento del flujo en estos momentos y el aumento del uso del procesador durante los procesos de codificación y decodificación, pero usando los niveles indicados, la pérdida de información es inapreciable al ojo humano.
- **Comparación con definición estándar:** Se realizaron pruebas comparando los materiales comprimidos en alta definición con los mismos materiales comprimidos en definición estándar (MPEG-2 720x480). Se evidenciaron las diferencias de manera notable: la alta definición permite ver detalles que la definición estándar pasa por alto y más allá del aumento de calidad de imagen (en este caso atendiendo al aumento de resolución, como un elemento de consumo en el mercado) se pudo apreciar como la realización de materiales de corte docente y de formación con tecnología de alta definición permite llevar al televidente más información en la pantalla que resulta imposible con menores resoluciones. Por ejemplo, es posible disminuir el tamaño de la fuente de textos en pantalla, incluso resulta muy práctico en la rama de la Informática para la realización de video tutoriales.

Conclusiones

Como conclusión de un estudio detallado y comparaciones minuciosas entre los estándares de compresión utilizados en HDTV se determinó que la propuesta para la UCI es el estándar H.264. Se realizaron un conjunto de pruebas donde se comprimió un video con cada uno de los estándares descritos, a partir de los videos resultantes se hizo la validación de su calidad mediante un métrica subjetiva que consistió en la observación de expertos. Esto arrojó que con el estándar de compresión de video H.264 se pueden lograr imágenes de muy buena calidad con menos ancho de banda que con MPEG-2 y WMV9 y es mucho menos vulnerable a errores en la codificación.

Capítulo III: Validación de la investigación.

Introducción del capítulo III

En este capítulo se realiza la validación de la investigación basada en el método estadístico Delphi, con el objetivo de evaluar cualitativa y cuantitativamente la propuesta, viendo su integración con los objetivos propuestos y reflejando además el cumplimiento de los mismos en las preguntas a los encuestados.

Es de gran importancia demostrar la validez de la investigación, pues es la cualidad que la hace creíble y da testimonio del rigor con que se realizó, además de que implica relevancia entre la propuesta y los objetivos.

3.1 Evaluación de la encuesta. Método Delphi.

Para realizar la validación de la investigación se utilizará el método Delphi. Este es una técnica prospectiva para obtener información esencialmente cualitativa, pero relativamente precisa, acerca del futuro y es considerado como uno de los métodos subjetivos de pronóstico más confiables. Consiste básicamente en solicitar de forma sistemática las opiniones de un grupo de expertos, pero prescindiendo de la discusión abierta, lo que permite evitar los inconvenientes de ésta (influencia de factores psicológicos: persuasión, resistencia al abandono de las opiniones públicamente manifestadas, efecto de la opinión mayoritaria, etc.). Todo esto con el fin de poner de manifiesto convergencias de opiniones y deducir eventuales consensos.

La calidad de los resultados depende, sobre todo, del cuidado que se ponga en la elaboración del cuestionario y en la elección de los expertos consultados.

3.1.1 Elaboración del cuestionario.

Se debe tener en cuenta los principios de la teoría de la comunicación y, además, crear mecanismos que reduzcan los sesgos en las respuestas. También, en principio, ha de iniciarse la encuesta con preguntas abiertas, a manera de enfoque pre-investigativos del problema, y en los cuestionarios subsiguientes ir concretando las preguntas. Se le debe facilitar al experto para que valore alternativas a sus respuestas y solicitar; que exponga sus argumentos; esto último permitirá la ramificación de las preguntas en las próximas rondas de encuestas. La inclusión de preguntas que determinen la capacidad de valoración del tema por parte del experto, constituye un elemento importante para derivar posteriormente la encuesta

hacia los expertos, cuya opinión pueda ser significativa. En el Anexo 4 se puede ver el modelo de encuesta realizada.

3.1.2 Selección del grupo de expertos a encuestar.

Para seleccionar los expertos se debe tener en cuenta las siguientes características esenciales:

- Competencia.
- Creatividad.
- Disposición a participar en la encuesta.
- Conformismo.
- Capacidad de análisis y de pensamiento.
- Efectividad de su actividad profesional.
- Espíritu colectivista y autocrítico.

Además de las mencionadas se tuvieron en cuenta datos de control obtenidos en la encuesta, como nivel de escolaridad, participación en eventos y principalmente los años de experiencia en la Televisión.

Por eso para un total de 25 encuestados se seleccionaron 12 expertos, que cumplieran con los parámetros establecidos; tienen más de 15 años de experiencia en la TV, con nivel de escolaridad universitario para el 100 % de los expertos y el 95 % de ellos ha participado en eventos tanto nacionales como internacionales, predominando principalmente Fóruns de Ciencia y Técnica.

3.1.3 Procesamiento y análisis de información.

Para procesar y analizar la información se incluye un análisis matemático y estadístico de la misma, ya que estos comprenden un tratamiento diferenciado a la información según sean las respuestas correspondientes a preguntas de tipo cualitativo o cuantitativo, en dependencia del objetivo que se persiga en la investigación y en consecuencia, del enfoque que se le dé a las preguntas, y por tanto, a las respuestas que se obtengan.

Para realizar el procesamiento matemático de la información obtenida en las encuestas, se le dio un valor numérico a cada pregunta, tomando como variables las posibles respuestas. El valor asignado a cada

variable estuvo en dependencia de si las respuestas eran correctas o no, según lo esperado en la investigación.

En preguntas como la 1, la 7 y la 2, se le dio un valor de 0 a 4 según el nivel de conocimiento, obteniendo 4 puntos la respuesta de mayor relevancia. En el caso de la 2, como es una pregunta de respuesta múltiple, se sumaron los valores de las variables que fueron marcadas.

Al resto de las preguntas se les dio un peso de 0 ó 1, siendo 1 cuando la respuesta era correcta.

Una vez asignados los valores a las variables en las preguntas se calculó el coeficiente de concordancia entre los expertos para una pregunta dada, mediante la siguiente fórmula:

$$C_C = (1 - V_N / V_T) * 100$$

donde:

C_C : Coeficiente de concordancia

V_N : Cantidad de expertos en contra del criterio predominante

V_T : Cantidad total de expertos

Estos resultados permiten definir la concordancia entre los expertos para un criterio dado. Luego de obtenerlos se valoran para que estén un rango de $60 \leq C_C \leq 85$ de acuerdo al grado de precisión y con este se hace un ordenamiento que permite valorar las preguntas críticas. El ordenamiento queda de la siguiente forma:

P7, P6, P5, P3, P4, P2, P1

En este no se excluye ninguna pregunta, pues a pesar de que las preguntas 1, 2 y 4 tienen un 58% de concordancia y no entran en el rango antes expuesto, se acercan bastante al 60 %.

3.2 Análisis de los resultados de la encuesta.

La encuesta fue realizada con el objetivo de evaluar el dominio que posee el personal que trabaja en los estudios de TV acerca de los estándares de compresión que son usados en la televisión de alta definición.

Realizarla permitió interactuar con el personal técnico que más relacionado está con este tema de la compresión y darle credibilidad a la propuesta final.

Después de analizar los resultados de la encuesta que están a continuación se reafirma la validez de la propuesta realizada.

De acuerdo al nivel de concordancia entre los expertos se puede concluir que el 58 % de ellos tienen un conocimiento promedio acerca de los estándares de compresión de video existentes en el mundo, esto se debe a que es un tema nuevo para ellos ya que en Cuba actualmente es que se está incursionando en la Televisión Digital y por ende no existe la suficiente experiencia, también concuerdan en que los estándares MPEG-4(Parte 10)/H.264, MPEG2 y el códec WMV9 poseen un alto nivel de compresión y coinciden además en que el nivel de importancia concedido a los estándares está dado según el orden descendente: H.264, MPEG-2 y WMV9.

Además un 83 % concuerda en que conoce los estándares usados en la Televisión de Alta Definición y que el H.264 es el adecuado para reducir el ancho de banda.

Un 92 % de los expertos concierda en que el estándar H.264 es el adecuado para el montaje de HDTV en la UCI y que es de gran importancia la utilización de los mismos para la transmisión de video a través de una red IP. (Ver Anexo 3)

Conclusiones

En este capítulo se logró mostrar resultados cuantitativos y cualitativos que reflejaron la opinión de expertos en el tema referente a los estándares de compresión. Los resultados demuestran la validez de la propuesta, reflejado con el 92 % de concordancia entre los expertos para preguntas claves referentes al H.264.

Además se logró comprobar el poco conocimiento que existe en esta área, y la necesidad de incursionar mucho más en estos temas.

CONCLUSIONES

Al concluir con el presente trabajo de diploma, se han cumplido los objetivos propuestos paso a paso:

- Se realizó un estudio del estado del arte de la televisión.
- Se investigó acerca de los estándares de compresión de video utilizados en televisión de alta definición.
- Y se realizaron comparaciones entre ellos enmarcadas en la realidad de la UCI.

Con la realización de las pruebas se logró comprobar la efectividad del H.264 en la compresión.

Todo esto contribuyó a que se diera cumplimiento al objetivo general planteado al iniciar la investigación: Determinar un estándar de compresión para la señal de televisión de alta definición.

El H.264 ofrece mejoras en la compresión y con un ancho de banda razonable es capaz de ofrecer un video con calidad. Para la Universidad trae consigo varias ventajas, específicamente para Inter-Nos, ya que con su uso se logra reducir el tamaño de los archivos, facilitando la transmisión hacia los aproximadamente 10 000 terminales, es decir 8000 computadoras y 2000 televisores. Además, es usado como códec por los reproductores servidores de video utilizados en la UCI, ejemplo: el Media Server, el VLC y el Flash Media Server.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que este trabajo se ponga a disposición de la comunidad universitaria para que sirva de documentación y referencia para interesados en el tema, que deseen profundizar.

Que sirva de consulta además para el proyecto UCITeVe, como base para otras investigaciones de este tipo.

Que se realicen pruebas similares con el estándar propuesto en sistemas operativos de software libre como Linux.

Y que se considere la utilización del mismo en las pruebas para IPTV que se están llevando a cabo en la actualidad.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. GOLDMAN, M. A comparison of MPEG-2 Video, MPEG-4 AVC, and SMPTE VC-1(Windows Media 9 Video) Disponible en: http://video ldc.lu.se/pict/WM9V-MP4AVC-MP2V_comparison-Goldman.pdf.
2. CORPORATION, M. S. D. M. "Compresión de datos." 2008.
3. COMMUNICATIONS, A. Compresión de Video Digital Revisión de los Métodos y los Estándares a usar para la Transmisión y el Almacenamiento de Video. Disponible en: www.axis.com/es.
4. OCHOA-DOMÍNGUEZ, H. D. J.; MIRELES-GARCÍA, J., et al. Descripción del nuevo estándar de video H.264 y comparación de su eficiencia de codificación con otros estándares. 2007, Disponible en: <http://scielo.unam.mx/pdf/iit/v8n3/v8n3a4.pdf>.
5. H.DE J. OCHOA-DOMÍNGUEZ, J. M. G., J. DE D. COTA-RUÍZ. Descripción del nuevo estándar de video H.264 y comparación de su eficiencia de codificación con otros estándares. 2007, vol. 8, 157-180 p. Disponible en: http://scielo.unam.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432007000300004&lng=es&nrm=iso. ISBN 1405-7743.
6. KEEPENCE, B. El circuito cerrado de TV por video IP y el H.264. Disponible en: <http://www.indigovision.com/files/international/IP%20Video%20and%20H.264%20Article-Latin-Spanish-Final.pdf>.
7. El circuito cerrado de TV por video IP y el H.264. Disponible en: www.indigovision.com.
8. LEÓN, R. A. H. y GONZÁLEZ, S. C. El paradigma cuantitativo de la investigación científica. EDUNIV 2002, ISBN 959-16-0343-6.
9. Entender la alta definición Disponible en: www.avid.es/es/documents/GuiaHD.pdf
10. DIGITAL, S. D. T. A. D. D. F. T. D. L. T. Foro Técnico de la televisión digital: ALTA DEFINICIÓN

11. GONZÁLEZ, M. J. G.; LACRUZ, M. C. R., et al. Grupo de diseño electrónico y microelectrónico (GDEM) Madrid: Disponible en: <http://www.upm.es/canalUPM/revista/n6/idi.pdf>.
12. HDTV AND THE TRANSITION TO DIGITAL BROADCASTING. 2007, Disponible en: http://www.elsevier.com/wps/find/bookdescription.cws_home/710758/description. ISBN 978-0-240-80904-5.
13. FUENTES, S. HDTV, la televisión de alta definición: todo lo que necesitas saber. 2005, Disponible en: <http://xataka.com/2005/12/09-hdtv-la-television-de-alta-definicion-todo-lo-que-necesitas-saber>.
14. INSTITUTO CUBANO DE RADIO Y TELEVISION-ICRT. 2006, Disponible en: <http://www.tvcubana.co.cu/?mod=noticias&tipo=1&id=237>.
15. ZAMUDIO, F. R. La verdadera TV digital. 2003, Disponible en: <http://www.enterate.unam.mx/Articulos/2003/septiembre/tvdigital.htm>.
16. FONSECA, L. C. y FALCÓN, A. L. A. Propuesta de sistema de televisión digital para la UCI. Investigativa, Facultad 9. Universidad de las Ciencias Informáticas, 2007.
17. ¿Qué es la TDT? Disponible en: <http://www.televisiandigital.es/Terrestre/Que/Que.htm>.
18. ¿Qué es la TDT? 2008, Disponible en: <http://www.televisiandigital.es/Terrestre/Que/Que.htm>.
19. BERMEJO, D. J. Tecnologías de Audio y Video Alta Definición Madrid: Disponible en: http://www.gatv.ssr.upm.es/tavd/TAVD_Presentacion.pdf.
20. Televisión Digital por Cable. Disponible en: <http://www.televisiandigital.es/Cable/>.
21. Televisión Digital por Tecnologías IP (ADSL) en España. Disponible en: <http://www.televisiandigital.es/ADSL/OperadorADSL/>.
22. 2007, E. "Televisión interactiva."
23. Todo lo que necesitas saber sobre la TDT. 2004, Disponible en: <http://www.formulatv.com/1,20041211,666,1.html>.

24. BUENO, J. R. C. Un breve recorrido por los diferentes estándares MPEG España: Disponible en: <http://www.dinel.us.es/grupos/tsc/cn/TSC-2000-CN-08.pdf>.

25. Video basado en pantalla en la empresa. 2008, Disponible en: http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia/es/Enterprise/WMinEnterprise/WM9S_Platform/WMV9_Screen/default.aspx.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. INSTITUTO CUBANO DE RADIO Y TELEVISION-ICRT. 2006, Disponible en: <http://www.tvcubana.co.cu/?mod=noticias&tipo=1&id=237>.
2. FONSECA, L. C. y FALCÓN, A. L. A. *Propuesta de sistema de televisión digital para la UCI*. Investigativa, Facultad 9. Universidad de las Ciencias Informáticas, 2007.
3. ZAMUDIO, F. R. *La verdadera TV digital*. 2003, Disponible en: <http://www.enterate.unam.mx/Articulos/2003/septiembre/tvdigital.htm>.
4. *Todo lo que necesitas saber sobre la TDT*. 2004, Disponible en: <http://www.formulatv.com/1,20041211,666,1.html>.
5. *Televisión Digital por Cable*. Disponible en: <http://www.televisiandigital.es/Cable/>.
6. *Televisión Digital por Tecnologías IP (ADSL) en España*. Disponible en: <http://www.televisiandigital.es/ADSL/OperadorADSL/>.
7. *¿Qué es la TDT?* 2008, Disponible en: <http://www.televisiandigital.es/Terrestre/Que/Que.htm>.
8. DIGITAL, S. D. T. A. D. D. F. T. D. L. T. *Foro Técnico de la televisión digital: ALTA DEFINICIÓN*
9. H.DE J. OCHOA-DOMÍNGUEZ, J. M. G., J. DE D. COTA-RUÍZ. *Descripción del nuevo estándar de video H.264 y comparación de su eficiencia de codificación con otros estándares*. 2007, vol. 8, 157-180 p. Disponible en: http://scielo.unam.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432007000300004&lng=es&nrm=iso. ISBN 1405-7743.

10. COMMUNICATIONS, A. *Compresión de Video Digital Revisión de los Métodos y los Estándares a usar para la Transmisión y el Almacenamiento de Video*. Disponible en: www.axis.com/es.
11. *Difusión y Multimedia*. 2007, Disponible en: <http://neutron.ing.ucv.ve/comunicaciones/Asignaturas/DifusionMultimedia/>
12. BERMEJO, D. J. *Tecnologías de Audio y Video Alta Definición* Madrid: Disponible en: http://www.gatv.ssr.upm.es/tavd/TAVD_Presentacion.pdf.
13. LEGATO, R. *Adobe Premiere Pro CS3* Disponible en: <http://www.adobe.com/es/products/premiere/>.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Ancho de banda:

En conexiones a Internet el ancho de banda es la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado. El ancho de banda se indica generalmente en bits por segundo (BPS), kilobits por segundo (Kbps), o megabits por segundo (Mbps).

En las redes de ordenadores, el ancho de banda a menudo se utiliza como sinónimo para la tasa de transferencia de datos - la cantidad de datos que se puedan llevar de un punto a otro en un período dado (generalmente un segundo). Esta clase de ancho de banda se expresa generalmente en bits (de datos) por segundo (bps). En ocasiones, se expresa como bytes por segundo (Bps).

Bit:

Es un dígito del sistema de numeración binario. Es la unidad mínima de almacenamiento empleada en informática, en cualquier dispositivo digital, o en la teoría de la información. Puede representar sólo dos valores 0 ó 1.

Bitrate:

Define el número de bits que se transmiten por unidad de tiempo a través de un sistema de transmisión digital o entre dos dispositivos digitales.

Cinescopio:

Es conocido también como Tubo de Rayos Catódicos (CRT del inglés *Cathode Ray Tube*), es un dispositivo de visualización, empleado en monitores y televisores. Es el elemento más importante del receptor de televisión, se encarga de convertir los impulsos eléctricos de la señal de televisión en haces coherentes de electrones que inciden sobre la pantalla final del tubo, produciendo luz y una imagen continua.

Cableado estructurado:

Es el medio físico a través del cual se interconectan dispositivos de tecnologías de información para formar una red. Un sistema de cableado estructurado es una red de cables y conectores en número, calidad y flexibilidad de disposición suficientes que permite unir dos puntos cualesquiera para cualquier tipo de red (voz, datos o imágenes). Consiste en usar un solo tipo de cable para todos los servicios que se quieran prestar y centralizarlo para facilitar su administración y mantenimiento.

Cabeza de línea o Headend:

Ofrece la facilidad de recibir señales de televisión que luego se procesan y distribuyen sobre un sistema de televisión por cable.

Códec:

Los codecs de video son programas que permiten comprimir y descomprimir los archivos de videos digitales. Las iniciales de códec vienen dadas por las palabras COmpresor / DECompresor. La función de los códec de video es reducir el tamaño de la información de los videos.

Crominancia:

Componente de la señal de vídeo que contiene las informaciones de color.

Frame:

Se le denomina *frame* a un fotograma o cuadro, una imagen particular dentro de una sucesión de imágenes que componen una animación. La continua sucesión de estos fotogramas producen a la vista la sensación de movimiento, fenómeno dado por las pequeñas diferencias que hay entre cada uno de ellos.

Framerate:

El *framerate* es la frecuencia de reproducción de las imágenes o *frames*. Es decir, la velocidad de los *frames* en un segundo.

GOP:

Se le denomina a la mínima cadena MPEG completamente decodificable por sí sola.

Imagen:

Representación visual de un objeto mediante técnicas diferentes de diseño, pintura, fotografía y video.

IPTV:

Internet Protocol Television se define para sistemas de distribución por suscripción de señales de televisión y video, usando conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP.

Luminancia:

Representa el brillo o las componentes blanco y negro de una señal de video.

Multicast:

Multicast es un servicio de red en el cual un único flujo de datos, proveniente de una determinada fuente, puede ser enviada simultáneamente para diversos destinatarios.

Píxeles:

Son los elementos individuales de la imagen dispuestos en filas y columnas que conforman la imagen de televisión.

Post producción:

Consiste en la manipulación de material digital, usada para cine, publicidad, programas de televisión o radio. Usada para producir efectos digitales y edición en el material.

Unicast:

Se basa en un proceso de envío de una información en una o más unidades de datos (datagramas IP) desde una máquina origen a una única máquina destinataria o receptor final.

Resolución:

Es el número de líneas y el número de píxeles por línea de una imagen de televisión y en la HDTV se ha incrementado sustancialmente respecto a la televisión convencional.

Streamings:

Tecnología que permite transmitir de forma eficiente audio y vídeo a través de la red sin necesidad de descargar los archivos en el disco duro del ordenador de usuario.

Televisión de alta definición:

Según la norma ITU-RBT.709-5 es: sistema diseñado para observar la imagen a una distancia aproximadamente tres veces superior a su altura, de forma que el sistema sea virtualmente o casi virtualmente transparente a la calidad de la presentación que habría percibido en la escena o representación original para un observador capacitado con agudeza visual normal.

Transmisión IP:

Transmisión sobre una red de datos basada en el protocolo IP, inalámbrica o con cableado, desde una fuente a hardware variado de grabación o visualización (por ejemplo un servidor de PC's).

Televisión:

La televisión es un sistema de telecomunicación para la transmisión y recepción de imágenes en movimiento y sonido a distancia.

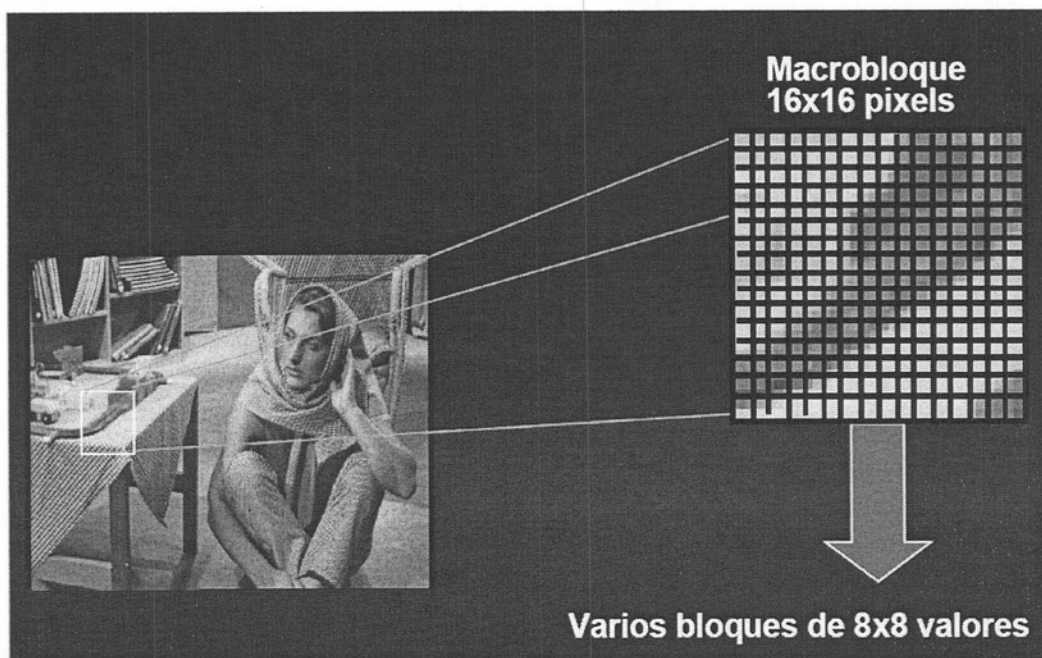
La TV es la técnica de transmisión de imágenes animadas a gran distancia, utilizando como medio de propagación el espacio.

Video:

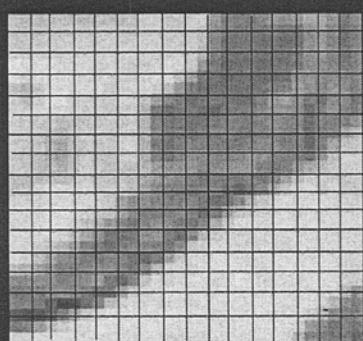
Es una tecnología de captura electrónica, grabación, tratamiento, almacenamiento, transmisión, y reconstrucción de una secuencia de imágenes que representan escenas en movimiento.

ANEXOS

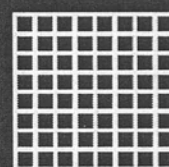
Anexo 1: Ejemplo de bloques y macrobloques.



- **Macrobloque es un conjunto de 16x16 pixels**
- **Bloque es un conjunto de 8x8 valores**
- **De cada macrobloque se obtienen varios bloques**



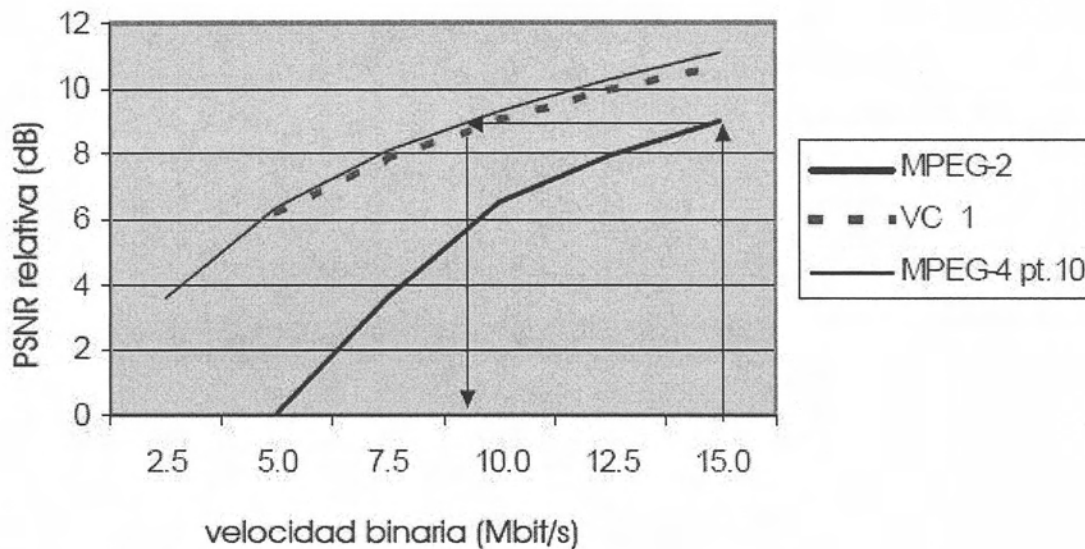
Macrobloque



Bloque

Hay bloques de Y
 Hay bloques de C_R
 Hay bloques de C_B

Anexo 2: Relación entre el valor máximo de una señal y el ruido de cuantificación (PSNR).



Anexo 3: Tabla de doble entrada para el procesamiento matemático de la información.

Preguntas	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇
Expertos							
E ₁	3	7	1	1	1	1	4
E ₂	3	9	1	1	1	1	3
E ₃	4	7	1	1	1	1	4
E ₄	3	0	0	0	0	0	4
E ₅	4	6	1	0	1	1	4
E ₆	4	9	1	1	1	1	4
E ₇	4	9	1	1	1	1	4
E ₈	3	9	0	1	1	1	4
E ₉	3	9	1	0	1	1	4
E ₁₀	3	9	1	0	1	1	4
E ₁₁	3	9	1	1	1	1	4
E ₁₂	4	6	1	0	0	1	4
R _J	41	89	10	7	10	11	47
C _C	58	58	83	58	83	92	92

Donde:

E_i: Cantidad de expertos.

P_j: Cantidad de preguntas.

R_J: Cantidad de expertos que evalúan la pregunta j ($E_j \leq E$).

C_C: Coeficiente de concordancia.

$$R_J = \sum C_{EP}$$

C_{EP}: Opinión del experto E para la pregunta P.

Anexo 4: Modelo de encuesta realizada.

Compañero (a):

Como parte del proceso de elaboración de un Trabajo de Diploma, sobre los estándares de compresión usados en HDTV, las autoras se encuentran realizando la presente encuesta para conocer criterios sobre este importante tema, bajo las condiciones de las nuevas tecnologías, y con vista al establecimiento de mejoras en la calidad de la transmisión. No es necesario que ponga su nombre, sólo le pedimos su más sincera respuesta. Lea detenidamente cada una de las preguntas.

Muchas gracias.

1. ¿Conoce usted acerca de los estándares de compresión de video existentes en el mundo?
(Marque con una cruz (X) una sola respuesta)

		Mucho	Medio	Poco	Bastante	Nada
					poco	
A.	Si	1()	2()	3()	4()	5()

2. De los estándares que le mostramos diga los que usted conoce como estándares con alto nivel de compresión (Marque con una cruz (X) los que considere)

- A. () Moving Picture Expert Group 4 (MPEG4)
- B. () Moving Picture Expert Group 1 (MPEG1)
- C. () Moving Picture Expert Group 3 (MPEG3)
- D. () Moving Picture Expert Group 2 (MPEG2)
- E. () Windows Media Video 9 (WMV9)

3. ¿Específicamente en la televisión de alta definición conoce los más usados? Mencíónelos

4. Organice de forma descendente los siguientes estándares según la importancia que usted le concede. (MPEG-2, H.264, WMV9)

5. ¿Según el nivel de compresión que proporcionan los estándares cuál Ud. considera adecuado para reducir el ancho de banda? (Marque con una cruz (X) una sola respuesta).

- A. MPEG-2
- B. H.264
- C. WMV9
- D. Otro, cuál _____

6. ¿Si se fuera a hacer el montaje de HDTV en un centro de grandes avances tecnológicos como la UCI, a su juicio, cuál sería el estándar adecuado? (Marque con una cruz (X) una sola respuesta).

- A. MPEG-2
- B. H.264
- C. WMV9
- D. Otro, cuál _____

7. ¿Que nivel de importancia le concede usted a la utilización de los estándares de compresión para la transmisión de video a través de una red IP? (Marque con una cruz (X) una sola respuesta).

- | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Muy Alta | Alta | Media | Baja | Ninguna |
| A <input type="checkbox"/> | B <input type="checkbox"/> | C <input type="checkbox"/> | D <input type="checkbox"/> | E <input type="checkbox"/> |

8. Centro de trabajo: _____

9. Ocupación laboral: _____

10. Edad

Menos de 20 años

11. Nivel Escolar

Primaria

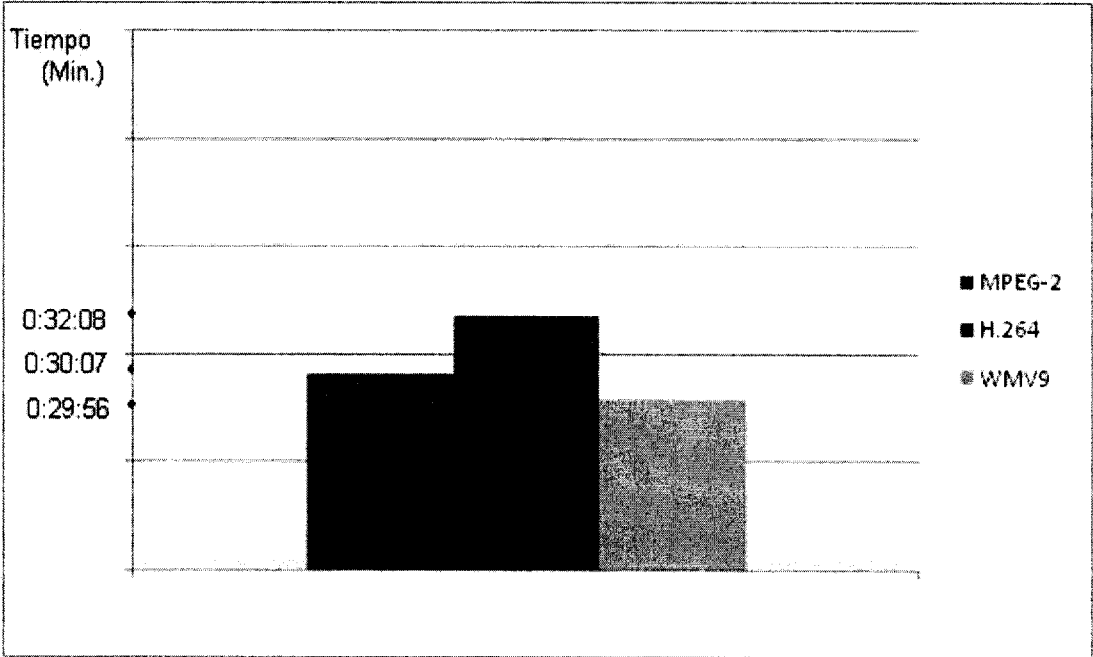
- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> De 21 a 30 años | <input type="checkbox"/> Secundaria |
| <input type="checkbox"/> De 31 a 40 años | <input type="checkbox"/> Preuniversitario o tecnológico |
| <input type="checkbox"/> De 41 a 50 años | <input type="checkbox"/> Universitario |
| <input type="checkbox"/> De 51 a 60 años | |
| <input type="checkbox"/> Más de 60 años | |

12. Años de experiencia trabajando en la TV.

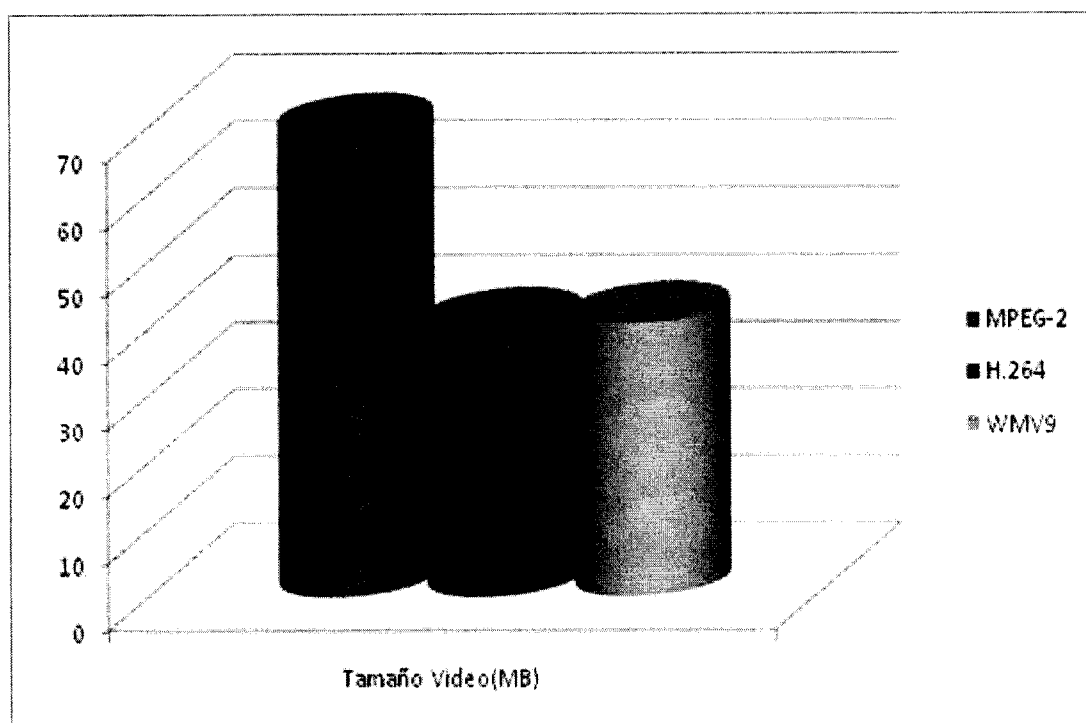
- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Menos de 5 años | <input type="checkbox"/> De 6 a 10 años | <input type="checkbox"/> De 11 a 15 años |
| <input type="checkbox"/> De 16 a 20 años | <input type="checkbox"/> Más de 21 años | |

13. Ha participado en festivales de TV, fórum de ciencia y técnica, otros... Detállelos con sus nombres o siglas.

Anexo 5: Gráfica que refleja el tiempo que demoró la codificación de un video con cada uno de los estándares.



Anexo 6: Gráfica que muestra el tamaño final de los videos codificados con cada uno de los estándares.



Anexo 7: Gráfica que muestra que el 92% de los expertos están de acuerdo con que el H.264 es el estándar más adecuado para el montaje de HDTV en la UCI.

