


| | |
|---|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

Anteproyecto

Evaluación de la transmisión de flujos de video codificados de acuerdo
con el estándar HEVC/H.265


Presentado ante el:
Comité de posgrado

Por:
Sergio Andrés López Guerrero

Dirigido por:
PhD. Wilder Eduardo Castellanos Hernández

Co-director:
Tito Raúl Vargas Hernández

Maestría en Redes y Sistema de Comunicaciones
Universidad Santo Tomás
Bucaramanga, agosto de 2018

| | |
|---|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

| ELABORADO POR: | REVISADO POR: | REVISADO POR: | APROBADO POR: |
|---|--|--|--------------------|
| Sergio Andrés López Guerrero <hr/> AUTOR <i>Estudiante de Maestría</i> | PhD. Wilder Eduardo Castellanos Hernández <hr/> Director <i>Director del Trabajo de grado</i> | Tito Raúl Vargas Hernández <hr/> Co-Director <i>CoDirector del Trabajo de grado</i> | Comité de posgrado |



| | |
|---|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

Tabla de contenido

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1 | Título | 5 |
| 2 | Antecedentes y Estado del Arte..... | 6 |
| 3 | Definición del Problema | 11 |
| 3.1 | Planteamiento del Problema..... | 11 |
| 3.2 | Formulación del Problema | 12 |
| 3.3 | Sistematización del Problema | 12 |
| 4 | Justificación | 14 |
| 5 | Objetivos | 16 |
| 5.1 | Objetivo general..... | 16 |
| 5.2 | Objetivos específicos | 16 |
| 6 | Marco referencial..... | 17 |
| 6.1 | Marco Teórico | 17 |
| 6.1.1 | Fundamentos de video digital | 17 |
| 6.1.2 | Jerarquía en la secuencia de video..... | 20 |
| 6.1.3 | Fundamentos de Codificación de video | 21 |
| 6.1.4 | Estándares de codificación | 27 |
| 6.1.5 | El estándar HEVC/H.265 (<i>High Efficiency Video Coding</i>) | 28 |
| 6.1.6 | Técnicas para la transmisión de video..... | 31 |
| 6.1.7 | Técnicas para la evaluación de la transmisión de video..... | 34 |
| 6.2 | Marco Conceptual | 39 |
| 6.2.1 | Conceptos de video y codificación | 39 |
| 6.2.2 | Modelado y Simulación | 40 |
| 7 | Diseño metodológico | 42 |
| 7.1 | Línea de investigación..... | 42 |
| 7.2 | Tipo de investigación | 42 |
| 7.3 | Estructura metodológica | 42 |
| 7.4 | Fuentes de información (primarias y secundarias) | 44 |
| 7.5 | Técnicas y herramientas de recolección de información..... | 44 |
| 7.6 | Técnicas para la evaluación de resultados | 45 |
| 8 | Esquema temático del informe final | 46 |
| 9 | Recursos disponibles..... | 48 |
| 10 | Presupuesto..... | 49 |
| 11 | Cronograma..... | 50 |
| 12 | Fuentes de Información | 52 |


| | |
|---|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

La propuesta de trabajo de grado debe provenir del documento llamado TFM-3-PROPUESTA_DE_TRABAJO_DE_GRADO.

IMPORTANTE


Los estilos del documento deben seguir las normas APA, no obstante, las referencias bibliográficas se realizarán en formato IEEE.

A continuación se proponen los apartados, siguiendo los lineamientos de la asignatura Seminarios de Investigación.

| | |
|---|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

1 Título


Evaluación de la transmisión de flujos de video codificados de acuerdo con el estándar
HEVC/H.265

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

2 Antecedentes y Estado del Arte

Los diferentes servicios de difusión de video digital, tales como los servicios de *streaming*¹ de video, han crecido exponencialmente en los últimos años y a su vez, han provocado un incremento significativo del tráfico multimedia en las redes de comunicaciones. Esto se debe, principalmente, a la alta disponibilidad del contenido audiovisual en internet y a la masificación de servicios como Netflix y Youtube. Pero no solamente los servicios de video en “streaming” llaman la atención de los operadores de red. Con la llegada de las arquitecturas inalámbricas de nueva generación, también se abre la posibilidad de transmitir video de mayor calidad y por lo tanto, la implementación de servicios como IPTV, telecirugía [1] y la televisión inmersiva [2]. Uno de los aspectos más relevantes de este tipo de servicios, es el hecho de que el contenido que se transmite es altamente sensible a las variaciones de las condiciones de la red, lo cual supone un reto tecnológico importante, sobre todo si se desea proveer una buena calidad de experiencia (QoE, *Quality of Experience*) a los usuarios. Por otra parte, la alta demanda de los terminales con pantallas de muy alta resolución ha aumentado las expectativas de los usuarios, quienes ya no solo se conforman con visualizar el contenido multimedia, sino que lo desean con una muy alta calidad de imagen. Esto provocará que millones de personas en el mundo estén descargando flujos de video de ultra alta definición simultáneamente por las redes de


¹ *Streaming* se define como la técnica para la transmisión de contenido, en un flujo continuo de datos hacia un receptor, y reproducción continua en este último, sin la necesidad de descargar la totalidad del contenido.

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

comunicaciones. En este contexto, es importante el desarrollo y la evaluación de nuevas técnicas de compresión de video que hagan viable la transmisión de este tráfico.

Recientemente se ha definido un nuevo estándar para la codificación de video (HEVC/*High Efficiency Video Coding*), el cual ofrece un ahorro de hasta 50% de ancho de banda y menores pérdidas en la calidad de video en comparación con el anterior estándar (H.264/AVC – *Advanced Video Coding*) [3]. El estándar HEVC (también conocido como H265) surge como respuesta al incremento en la diversidad de servicios que utilizan formatos de alta definición (*High Definition HD*), y formatos emergentes de ultra alta definición UHD (*Ultra High Definition*), con resoluciones de 4K (3840 x 2160 píxeles) y hasta 8K (7680 x 4320 píxeles). Este nuevo estándar permite actualizar los contenidos de las aplicaciones existentes de H.264/AVC, y enfocarse en dos problemas claves: las altas resoluciones de los videos y el incremento de arquitecturas de procesamiento paralelo [4] [5].

La aplicación del estándar HEVC/H.265 impacta en áreas tales como la televisión, el *streaming* multimedia, las comunicaciones móviles y el almacenamiento de contenido de multimedia/video. En los últimos años ha cobrado especial interés el estudio de la codificación HEVC y la evaluación del impacto producido por la transmisión de estos flujos sobre las redes de comunicaciones. Por ejemplo, en la referencia [6] se describe un estudio sobre las barreras prácticas del estándar HEVC en ambientes reales, y se propuso un borrador de evaluación para contenido codificado con HEVC. El borrador propuesto permite la evaluación y pruebas de flujos de video codificado con HEVC bajo un rango de pérdida de paquetes, restricciones de ancho de banda y retardos de red, escenarios realistas en ambiente de pruebas. Los resultados mostraron una percepción de reducción en la calidad de la imagen,


| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

medida bajo PSNR, que puede ser esperado bajo un rango amplio de limitaciones de red y condiciones de pérdida de paquetes.

En [7], se desarrolló un estudio enfocado en el comportamiento de HEVC sobre diversos escenarios de red. Entendiendo este comportamiento, se llevaría a mejoras futuras en resistencia a error y optimización en la calidad de servicio en un set de condiciones dadas. En este estudio, el desempeño de HEVC sobre redes *best effort* fue explorado y comparado con H264/AVC en diferentes escenarios de red.

Para el año 2013, se realizó un estudio de modelado de QoE para contenido multimedia codificado en streaming HEVC/H.265 bajo condiciones adversas de red. En este trabajo, los usuarios fueron consultados sobre la calidad de los videos codificados de acuerdo a HEVC/H.265 cuando estos fueron transmitidos sobre redes. Dichos videos fueron transmitidos bajo diferentes condiciones de red y finalmente, los videos recibidos fueron evaluados desde el punto de vista de la percepción subjetiva de la calidad. Mediante un análisis estadístico de los resultados, y con métricas de calidad de video tradicionales, se identificaron los principales factores que afectan la percepción de usuario y por tanto la QoE. Con estos factores de impacto, se establecieron los niveles de tolerancia de usuario para la pérdida de paquetes en el *streaming* de video [3].


Como se menciona en [8] y [9], los autores propusieron un esquema para mitigar la pérdida de paquetes en HEVC priorizando y perdiendo paquetes selectivamente en respuesta a las limitaciones de red. Las secuencias de video fueron codificadas usando el modelo de pruebas *Test Model under Consideration* (TMuC HM6) para HEVC. Los resultados de este estudio mostraron que los esquemas propuestos ofrecen una mejora en PSNR, cuando se

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

comparan los flujos de video recibidos contra el original, bajo un escenario de pérdidas descontroladas de paquetes.

En cuanto a los métodos usados para evaluar la transmisión de video, estos se pueden clasificar en métodos objetivos y subjetivos. La evaluación objetiva involucra el uso de métricas como el PSNR (*peak signal-to-noise ratio*) [10], SSIM (evaluación de la similitud estructural - *structural similarity index*) [10] y MSE (*Mean Square Error*) [10], las cuales permiten calcular la degradación de la calidad sufrida por el video durante su transmisión. Por otra parte, la evaluación subjetiva consiste en métodos basados en el análisis estadístico de las apreciaciones que diferentes observadores emiten sobre una imagen a evaluar. La evaluación subjetiva de la calidad perceptual de HEVC se ha enfocado en su desempeño en ambientes libre de pérdidas. En [11], los autores transmitieron empíricamente flujos de video HEVC sobre una red híbrida cableada/inalámbrica en velocidades de banda ancha móvil bajo un rango de condiciones de pérdidas de paquetes, usando resoluciones típicas de *smartphones* y *tablets*. Con este experimento se cuantificó el efecto, en calidad perceptual, de la pérdida de paquetes en flujos de video HEVC, y estableció un umbral de 3% de tasa de pérdidas de paquetes, más allá del cual los usuarios encuentran calidad pobre y un efecto de reducción en su QoE.


En [12] se evaluó el desempeño de la transmisión de contenido HEVC sobre ambientes de red simulados, para áreas afectadas por desastres y calamidades. La simulación de esta

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

transmisión estuvo sujeta a varios modelos de error en el simulador NS3² (Network Simulator -3). Se evaluaron los efectos de la velocidad y número de *hosts* en el *jitter* y el retardo característicos de una red bajo capas, mientras se transmiten flujos de HEVC basados en contenidos. Se midieron los efectos de los errores de red en la calidad de los flujos de video HEVC en términos de PSNR. Los resultados mostraron que HEVC tiene mejor desempeño hasta con 0.001% de errores de red, y hasta 30 nodos transmitiendo simultáneamente, y con velocidades hasta de 100 m/s.

Por otra parte, en cuanto a la simulación de la transmisión de flujos de video, en [13] se propuso un *framework* altamente flexible para transmitir videos usando mecanismos de transporte poco confiables, combinando MPEG-2 TS, RTP y UDP. En este trabajo, también fueron simuladas diferentes condiciones de red tales como pérdidas de paquetes, retardo y *Jitter*, tanto en la transmisión como en *offline*, a través de la implementación de varios modelos ajustables de distribuciones de probabilidad de error tales como el modelo de *Gilbert-Elliot*.


² NS3 es un simulador de red de eventos discretos, orientado principalmente a uso educativo y de investigación. NS3 está licenciado bajo *GNU GPLv2*, y su meta es desarrollar ambiente de simulación abierto para investigación en *networking* [24].

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

3 Definición del Problema

3.1 Planteamiento del Problema

En la actualidad, el tráfico de contenidos de video tiene un crecimiento acelerado, dada la participación activa de la humanidad y su necesidad de comunicar en eventos sociales, capturar y transmitir en vivo situaciones puntuales, entre otros. Adicionalmente, servicios multimedia emergentes tales como *Youtube*, *Netflix* y las transmisiones en vivo en las redes sociales (como Facebook Live, Instagram, entre otras), han desarrollado nuevos hábitos en el consumo del contenido audiovisual, principalmente debido a que la mayoría de las experiencias se comunican a través de *video streaming*, generando un fuerte incremento de tráfico en las redes. Así mismo, para responder a la necesidad de transmitir este tipo de contenidos con excelente calidad en la imagen, se ha incrementado la implementación de terminales y aplicaciones que utilizan el formato UHD, lo cual llevará a la masificación de dicho formato de video, y su transmisión demandará un mayor consumo de los recursos de red. Por ejemplo, algunos de los parámetros que se verán impactados serán: el ancho de banda, el tiempo de procesamiento, la capacidad de almacenamiento, entre otros. Adicionalmente, teniendo en cuenta el nivel de exigencia en la calidad de imagen por parte del usuario, quien cada vez demanda altas resoluciones en sus videos, y una buena calidad en la reproducción de los mismos, se requiere contar con herramientas y metodologías de evaluación que permitan analizar el impacto que pueden ocasionar factores como el retardo y la pérdida de paquetes sobre la calidad del video durante la transmisión de este tráfico. La evaluación de estos factores corresponde a un tema de creciente interés a nivel internacional.

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

Sin embargo, no existen las herramientas adecuadas que permitan integrar los procesos de codificación junto con el análisis del tráfico de video cuando este se transmite sobre las redes de comunicaciones. Además, los estudios realizados hasta el momento no contemplan escenarios realistas donde las pérdidas de paquetes se originen tanto por las limitaciones de las aplicaciones de red, como por las interferencias transitorias.

Para responder los problemas planteados anteriormente durante la transmisión de contenido de video, este proyecto tiene como objeto evaluar la transmisión de flujos de video con codificación HEVC/H.265 sobre redes de comunicaciones, a través de herramientas de modelado y simulación, con el fin de determinar las principales ventajas de dicha codificación y su comportamiento sobre diferentes condiciones de red.

Con el estudio del comportamiento de los flujos de video bajo condiciones variables de red, se promueve el desarrollo de técnicas de optimización en la transmisión de este tipo de tráfico, que garanticen y mantengan aceptables los niveles de calidad de servicio y experiencia de usuario.


3.2 Formulación del Problema

¿Cómo simular el comportamiento de flujos de tráfico de video con codificación HEVC/H.265 bajo diferentes condiciones de red?

3.3 Sistematización del Problema

¿En qué consiste la codificación HEVC/H.265 y cuáles son sus ventajas?


¿Qué herramientas existen actualmente para simular la transmisión de flujos HEVC/H.265?

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

¿Cuál es la herramienta de simulación adecuada para evaluar la transmisión de flujos HEVC/H.265?

¿Cuáles métricas deben ser evaluadas para cuantificar la calidad de videos transmitidos y el impacto sobre el tráfico de las redes?

¿Cuál es la metodología que se debe utilizar para simular la transmisión de video sobre redes de comunicaciones y cómo se deben interpretar los resultados de dichas simulaciones?


| | |
|---|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

4 Justificación

En el presente trabajo se propone analizar y evaluar la transmisión de flujos de video con codificación HEVC/H.265 sobre redes de comunicaciones, a través de herramientas de modelado y simulación, con el fin de determinar las principales ventajas de dicha codificación.


Con este proyecto se busca estudiar la codificación HEVC/H265 y evaluar la transmisión de flujos de videos con esta codificación, bajo diferentes condiciones de red (variación de las pérdidas de paquetes, variación del retardo, entre otros). También se determinarán cuáles son las técnicas y las herramientas más apropiadas para evaluar el impacto que ocasionará la transmisión de este tipo de tráfico sobre las redes actuales de telecomunicaciones.

Lo anterior permitirá identificar los requerimientos de red necesarios para responder al reto del transporte de videos de ultra alta definición sobre la infraestructura de red actual, situación que se estima compleja para los próximos años debido al aumento significativo de terminales UHD. Dichos terminales han provocado un incremento en la expectativa de los usuarios en cuanto a calidad de video, quienes día tras día demandan cada vez más contenido en UHD, traducándose esto en una sobrecarga importante en las redes de comunicaciones. Adicionalmente, el consumo de video es más habitual y su tendencia es creciente, ya que los usuarios usan los servicios de *streaming* para realizar publicaciones en vivo (redes sociales), juegos en línea, videoconferencia, o descargar contenido de video con variedad de

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

información, la cual se espera siempre tenga buena calidad para tener una excelente experiencia. Como se menciona en [14], en el año 2020 el video supondrá el 79% de todo el tráfico de Internet, siendo el video de UHD el 16% del total. De acuerdo con el estudio desarrollado por Ericsson [15], el video es el principal generador de tráfico en la red, en donde *Youtube*, *Netflix* y las redes sociales mueven la mayoría de experiencias de *video streaming*, lo cual ha generado un incremento de tráfico en las redes, el cual se espera sea de 75% para el año 2022. En este contexto cobra importancia, el desarrollo de un trabajo investigativo en el área de los sistemas de video de ultra alta definición, teniendo en cuenta las características inherentes a este tipo de tráfico y la evaluación de su impacto sobre las redes, tal como es el objetivo del presente proyecto.

Finalmente, con la elaboración del presente trabajo, se busca la aplicación de los conocimientos adquiridos en el programa de Maestría en Redes y Sistemas de Comunicaciones de la Universidad Santo Tomás en Bucaramanga, como respuesta a la creciente demanda del tráfico de video, y motivando futuros aportes investigativos que conduzcan a desarrollar técnicas de manejo óptimo de contenidos de video, siempre garantizando niveles de calidad de servicio y experiencia de usuario.

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |


5 Objetivos

5.1 Objetivo general

Diseñar una metodología para evaluar la transmisión de flujos de video codificados con el estándar HEVC/H.265 sobre redes de comunicaciones, a través de herramientas de modelado y simulación bajo diferentes condiciones de red.

5.2 Objetivos específicos

- Identificar las principales características de la codificación de video en ultra alta definición, así como sus principales aplicaciones, para determinar los requerimientos técnicos necesarios en la transmisión de dicha información.
- Determinar las principales herramientas software utilizadas en la simulación de la transmisión de video, para verificar su posible uso en el estudio del video de ultra alta definición.
- Evaluar la calidad de los videos de ultra alta definición durante la transmisión sobre diferentes escenarios de red, mediante la implementación y ejecución de simulaciones exhaustivas, calculando parámetros de QoS y de desempeño de red.

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

6 Marco referencial


6.1 Marco Teórico

El marco teórico del proyecto está enmarcado principalmente en tres áreas: la codificación de video, las técnicas de transmisión de video y las herramientas software que permiten modelar y simular redes de comunicaciones, y sobre las cuales también es posible evaluar la transmisión de video el modelado y la simulación de redes de comunicaciones.

6.1.1 FUNDAMENTOS DE VIDEO DIGITAL

Los inicios del video o imágenes en movimiento, se dieron en los años 1900, en donde el libro giratorio era la forma más simple de animación usando una secuencia de imágenes con pequeños cambios de una imagen a otra. La tasa de giro de las imágenes es lo suficientemente alta para crear una ilusión de movimiento. Esta técnica está basada en el hecho de que la retina del ojo humano retiene una imagen por un tiempo dado. Así entonces, si la tasa de retención es mayor a 16 imágenes por segundo, el cerebro superpondrá las imágenes, creando una ilusión de movimiento real [16].

Como se muestra en la Figura 1, el video consiste de una secuencia de imágenes o tramas de video individuales, que son visualizadas a cierta tasa (*frame rate*). En un carrete de video tradicional, la cámara captura con una tasa de 24 *frames per second* (fps). Esta tasa da la impresión de movimiento continuo para el ojo humano [16]. La tasa de tramas para el formato NTSC (*National Television Standards Committee*) es de 29.97 fps, o se aproxima a 30 fps. El estándar PAL (*Phase Alternating Line*) utiliza 25 fps. La tasa de *Super8* es de 18

| | |
|---|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

fps. En *sets* de televisión normal, la visualización de las tramas de video es hecha a dos veces esa frecuencia, por lo cual los cambios en las imágenes son capturados con solo enviar la mitad de las líneas las cuales constituyen la resolución de la pantalla completa. A este concepto se la llama *interlacing*, y se fundamenta en que el cerebro humano y los ojos trabajan juntos para eliminar las discrepancias que son causadas por los mecanismos de *interlacing* [16].

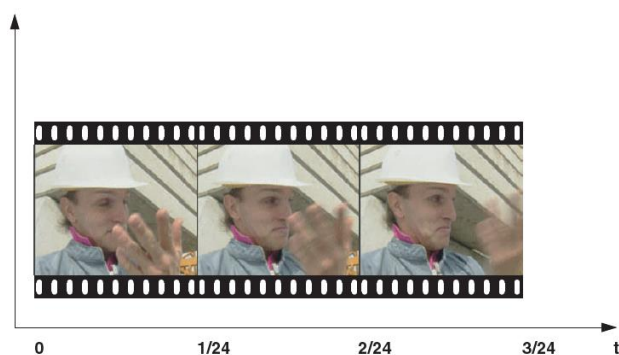



Figura 1. Concepto de captura de movimiento [16]

Cada trama de video individual se compone por elementos de imagen, usualmente llamados *pixeles*. El formato de la trama especifica el tamaño de esta en términos de *pixeles*. El formato ITU-R/CCIR-601 (formato común de TV) tiene 720 x 480 *pixeles*, estos es, 720 *pixeles* en dirección horizontal, y 480 *pixeles* en dirección vertical. El formato CIF (Common Intermediate Format) utiliza 352 x 288 *pixeles*, y el formato QCIF (Quarter CIF) tiene 176 x 144 *pixeles*. En la tabla mostrada a continuación, se listan los formatos más utilizados en codificación de video:


| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

| RELACIÓN DE ASPECTO | FORMATO | RESOLUCIÓN (píxeles) |
|---------------------|------------|----------------------|
| 4:3 | Sub-QCIF | 128 × 96 |
| | QCIF | 176 x 144 |
| | CIF | 352 × 288 |
| | 4CIF | 704 × 576 |
| 16:9 | HD | 1280 × 720 |
| | 2K FULL HD | 1920 × 1080 |
| | 4K | 3840 x 2160 |
| | 8K | 7680 × 4320 |

Tabla 1. Formatos más utilizados en los sistemas de codificación de video [5], [17].

Por otra parte, en cuanto al color, la representación es hecha con base en los tres componentes de color: rojo, verde, azul (RGB). En transmisión de video, los píxeles son representados por tres componentes diferentes: la componente de luminancia (Y), y las dos componentes de crominancia: tono (U) y la intensidad (V). A lo anterior se le conoce como representación de color YUV. Así entonces, se tienen dos representaciones del espacio de color, RGB y YUV, las cuales se pueden convertir utilizando las ecuaciones descritas en [16]; sin embargo, la representación YUV es la más utilizada en esquemas de compresión de video.

El formato YUV tiene diferentes formatos, los cuales pueden ser categorizados por el submuestreo que es usado entre las diferentes componentes, y la forma en la cual los valores son almacenados. Los valores originales de Y, U y V pueden ser almacenados para cada pixel, y este formato se conoce como YUV 4:4:4. Teniendo en cuenta que el ojo humano es más sensible a cambios en luminancia que en las otras componentes, se reduce la información

| | |
|---|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

que se almacena por imagen mediante el submuestreo de crominancia. El submuestreo representa un grupo de cuatro píxeles por sus cuatro componentes de luminancia y un conjunto de dos valores de crominancia. Estos dos valores de crominancia son obtenidos típicamente mediante el promedio de los valores en el grupo. Teniendo en cuenta lo anterior, se tiene el formato YUV 4:2:0, en el cual los cuatro píxeles de luminancia son agrupados en bloques de 2 x 2 píxeles. El formato YUV 4:1:1 agrupa los píxeles de luminancia formando una línea de 4 x 1. Los formatos YUV 4:4:4, YUV 4:2:2 y YUV 4:2:0 son mostrados a continuación:

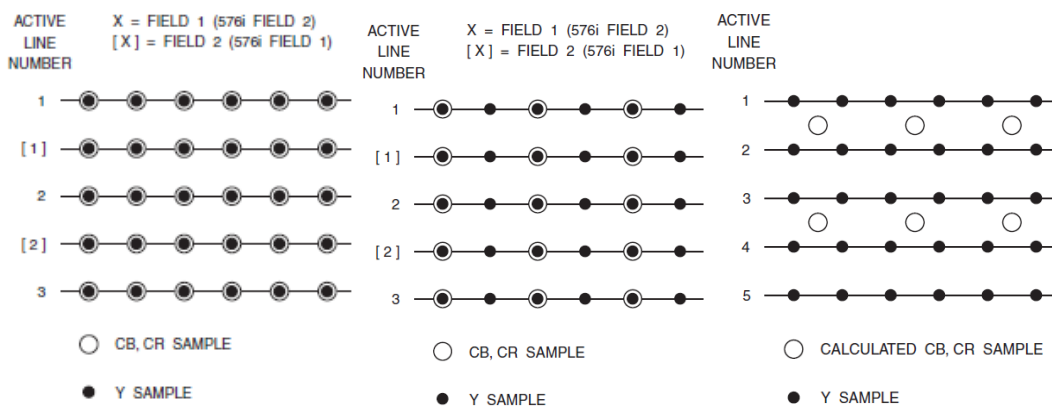



Figura 2. Formatos YUV, de izquierda a derecha: 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0 [18]

6.1.2 JERARQUÍA EN LA SECUENCIA DE VIDEO.

En la *Figura 3* se muestra la jerarquía de los componentes de una secuencia de video:

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

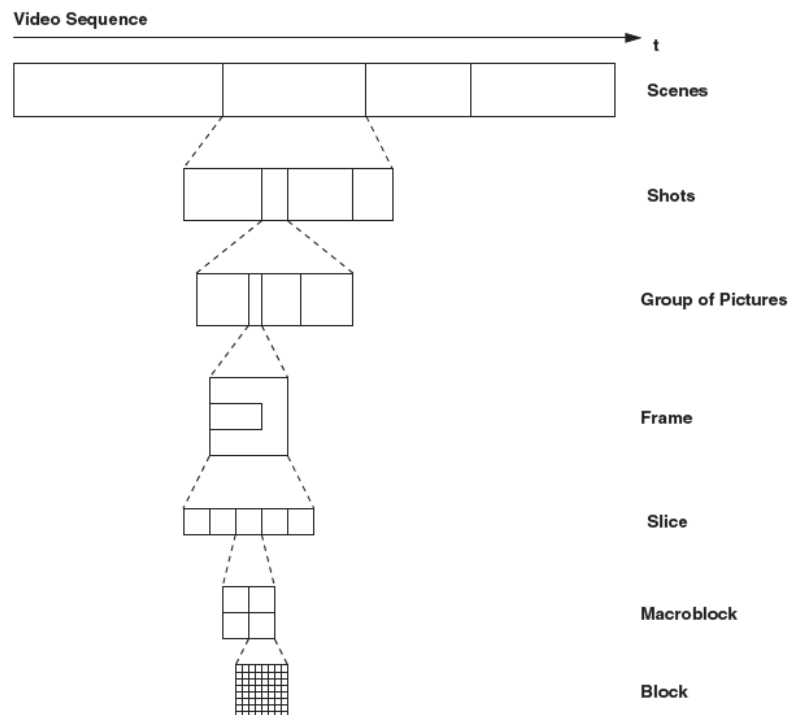



Figura 3. Jerarquía en una secuencia de video. [16]

Una secuencia de video es dividida en escenas, las cuales a su vez se dividen en *shots* que son usados por el director para efectos de dramatización. En el siguiente nivel se encuentran los GoPs (*Groups of Pictures*) que consisten en múltiples video tramas. Una trama o *frame* es dividido en *slices* los cuales consisten de varios *macrobloques* consecutivos. Cada macrobloqueo se compone típicamente de bloques 4x4, donde cada bloque se compone de 8 x 8 píxeles. Los niveles más relevantes para la codificación y decodificación de video son desde el nivel GoPs hacia abajo [16].

6.1.3 FUNDAMENTOS DE CODIFICACIÓN DE VIDEO


Las técnicas de compresión aprovechan las características estadísticas en las secuencias de video (redundancia estadística) y las limitaciones del ojo humano (redundancia

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

de percepción) para reducir información sin generar pérdida de calidad apreciable [17]. La *redundancia estadística* hace correlación entre la redundancia espacial y la redundancia temporal. La *redundancia espacial* hace referencia a que los píxeles en una imagen suelen ser parecidos. Esta circunstancia es aprovechada realizando una transformación al dominio de la frecuencia, para seguidamente pasar a un proceso de cuantificación y codificación entrópica, en donde se reduce la cantidad de información, mediante técnicas de codificación *Intra-frame* [16]. La *redundancia temporal* hace referencia a la similitud o correlación que hay entre imágenes consecutivas. La información de esta redundancia se reduce utilizando técnicas de predicción y estimación de movimiento (técnicas de codificación *Inter-frame* [16]). Por otra parte, la *redundancia de percepción* aprovecha las limitaciones del ojo humano para reducir información no perceptible al espectador (matices de color o crominancias) [17]. La información de esta redundancia se reduce utilizando métodos de muestreo ya vistos anteriormente (ver **Figura 2**).

6.1.3.1 Codificación Híbrida.

Los estándares de codificación MPEG-2, MPEG-4 y H.264 emplean un esquema de codificador híbrido para comprimir el video. Se llama codificador híbrido porque realiza tanto la codificación intra-frame y la interframe, es decir, realiza la compresión de la señal de video reduciendo la redundancia estadística (espacial y temporal) y de percepción [17]. En primer lugar la codificación *intra-frame* se realiza utilizando la DCT *Transformada Discreta del Coseno*; y la codificación *inter-frame* utiliza la estimación y compensación de movimiento entre tramas consecutivas [16].

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

6.1.3.2 Codificación basada en DCT

Con la DCT, la imagen es dividida en bloques que se transforman al dominio de la frecuencia para obtener coeficientes de transformada, que representan los componentes de frecuencia espacial del bloque original. Estos coeficientes son cuantificados para reducir su variación, y eliminar los coeficientes que tienen la información de alta frecuencia que el ojo humano no puede apreciar [17]. Esta cuantificación se realiza a través de una matriz de cuantificación de 8 x 8, que contiene el tamaño de los pasos de cuantificación. Esta matriz de cuantificación se obtiene multiplicando una matriz base por una escala de cuantificación. Si la escala de cuantificación es grande, se obtiene un tamaño pequeño de trama y baja calidad. Los coeficientes cuantificados son escaneados en un proceso de *zig-zag*, y luego codificados por un proceso de *Run-Level* y VLC (codificación de longitud variable) [16]. En la **Figura 4** se resume el proceso de codificación basado en DCT, el cual permite eliminar la redundancia espacial y de percepción

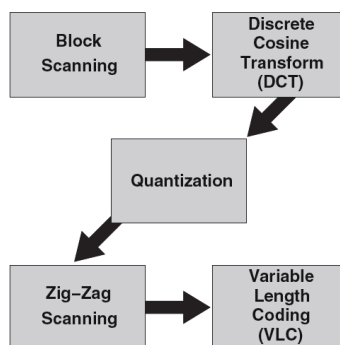



Figura 4. Codificación DCT. [16]

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

Para implementar el codificador híbrido es necesario añadir un proceso de estimación y compensación de movimiento, como lo muestra la Figura 5 , para reducir la redundancia temporal [17]. Esto implica añadir un cuantificador inverso (transformada inversa), para recuperar la imagen codificada y guardarla en memoria, y un bloqueo de estimación y compensación de movimiento para buscar las predicciones de los macrobloques entre las imágenes codificadas anteriormente [17].

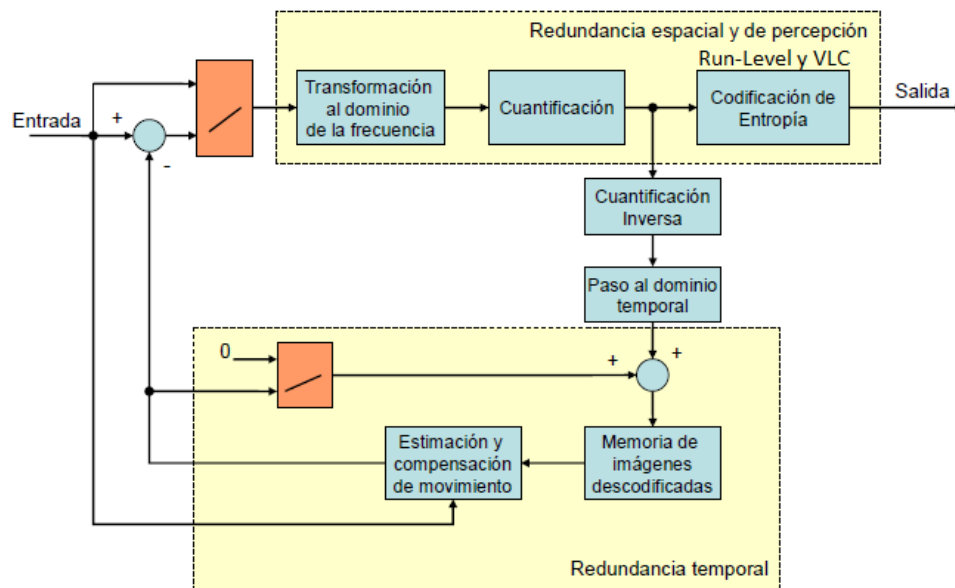



Figura 5. Esquema de codificador híbrido [17].

6.1.3.3 Codificación Interframe: Estimación y compensación de movimiento.

La codificación *inter-frame* se utiliza para reducir la redundancia temporal entre tramas sucesivas. Esta codificación se basa en que el contenido de la trama de video actual es típicamente similar a una trama anterior o futura [16]. El objetivo es realizar una predicción de los macrobloques de una imagen (macrobloque de referencia) a partir de imágenes anteriores y/o posteriores. [17] Para codificar un macrobloque, se realiza una búsqueda en

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

posiciones próximas a la posición que ocupa ese macrobloque en imágenes ya codificadas (área de búsqueda). En la figura a continuación se muestra un ejemplo de la estimación de movimiento basada en imagen anterior.

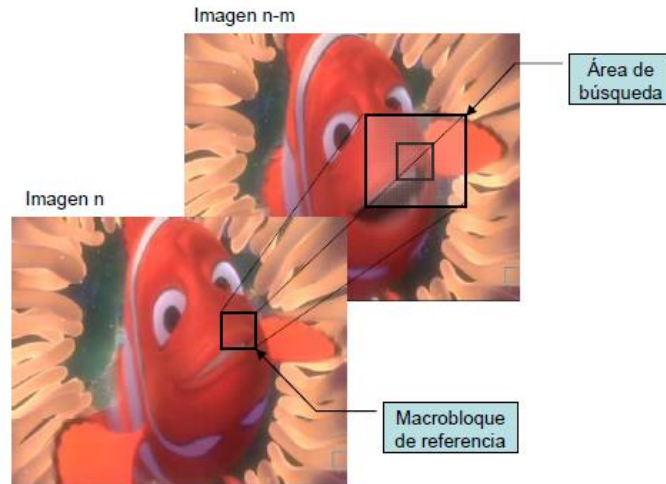



Figura 6. Estimación de movimiento basada en una imagen anterior. [17]

Para los estándares MPEG-2 y MPEG-4, se utiliza para la búsqueda la imagen inmediatamente anterior y/o posterior; mientras que para H.264 se pueden utilizar otras imágenes no consecutivas. La búsqueda del macrobloque está en función de la *Suma de Diferencias Absolutas* (*Sum of Absolute Differences* o *SAD*) y su proceso de búsqueda se explica en [17]. Una vez obtenido el macrobloque de predicción, el codificador codifica la diferencia entre el macrobloque de referencia y la predicción. Así mismo, el codificador obtiene un vector de movimiento que indica, dentro del fotograma $n-m$, el desplazamiento del macrobloque que minimiza la función SAD con respecto al que ocupa una posición homóloga al macrobloque que se está codificando en el fotograma n . Este desplazamiento se puede obtener con precisión entera (1 píxel) o fraccionaria ($1/N$ píxel) dependiendo del estándar de codificación empleado (MPEG-2, MPEG-4 o H.264). Este vector de movimiento

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

se incluye dentro de la trama de bits a transmitir, y es recibida por el decodificador para obtener la predicción del bloque a decodificar [17].

Existen tres métodos básicos para la codificación de imágenes en el dominio temporal: las tramas *Intra-coded* (I), tramas *Predicted* (P) y tramas *Bidirectionally predicted* (B). Las tramas tipo I tienen todos sus macrobloques codificados sin predicción (modo *intra*), por lo cual su codificación no depende de otras tramas. Las tramas tipo P son las que obtienen una buena predicción con base en la trama I o P anterior. Para que una imagen sea de tipo P es necesario que al menos uno de los macrobloques que la componen esté codificado como de tipo P y que ninguno sea de tipo B. Las tramas tipo B son las que contienen macrobloques tipo I, P o B, dependiendo de si el decodificador encuentra una buena predicción en una trama anterior o siguiente [17]. La Figura 7 muestra una organización de los diferentes tipos de tramas codificadas en una secuencia:

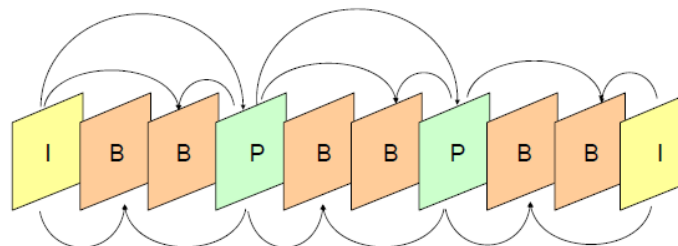



Figura 7. Tipos de imágenes dentro de una secuencia. [17]

Un *GoP* (*Group of Pictures*) comienza con una trama tipo I y termina hasta la siguiente trama tipo I, pero no la incluye. El tamaño del *GoP* está dado por la cantidad de tramas existentes entre dos extremos tipo I, sin incluir uno de ellos. Para una secuencia típica de MPEG, el tamaño del *GoP* es 12. En ese orden de ideas, un *GoP* de 1 indica que no hay tramas tipo B ni P, y todas las tramas I son codificadas individualmente [16].

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

Como se observa en la Figura 8, el orden de codificación de las tramas es diferente al orden natural de las mismas, por lo tanto, se requiere capacidad de almacenamiento en función de la cantidad de tramas tipo B a codificar [17].

| | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|----|---|----|
| Orden natural | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | I | B | B | P | B | B | P | B | B | I |
| Orden codificación | 1 | 4 | 2 | 3 | 7 | 5 | 6 | 10 | 8 | 9 |
| | I | P | B | B | P | B | B | I | B | B |

Figura 8. Orden natural y orden de codificación de una secuencia que incluye imágenes tipo B [17].

6.1.4 ESTÁNDARES DE CODIFICACIÓN

La Figura 9 compara gráficamente los principales estándares de codificación y la ganancia que aporta cada uno de ellos. Es importante resaltar que el estándar *H.265* puede mejorar la tasa de compresión entre 2 y 5 veces con relación al estándar anterior (*H.264*) y hasta 10 veces en relación con el estándar *MPEG-2*.

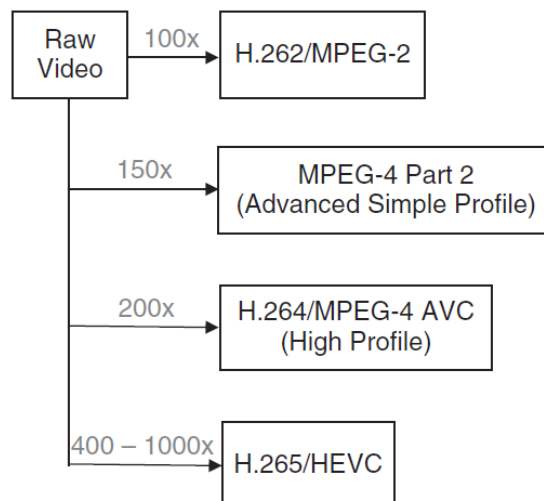



Figura 9. Eficiencias de los estándares de codificación de video. Tomado del libro: *Next-Generation Video Coding and Streaming* [19].

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

6.1.5 EL ESTÁNDAR HEVC/H.265 (*HIGH EFFICIENCY VIDEO CODING*)

En la siguiente figura se muestra el diagrama de bloques de un codificador de video HEVC.

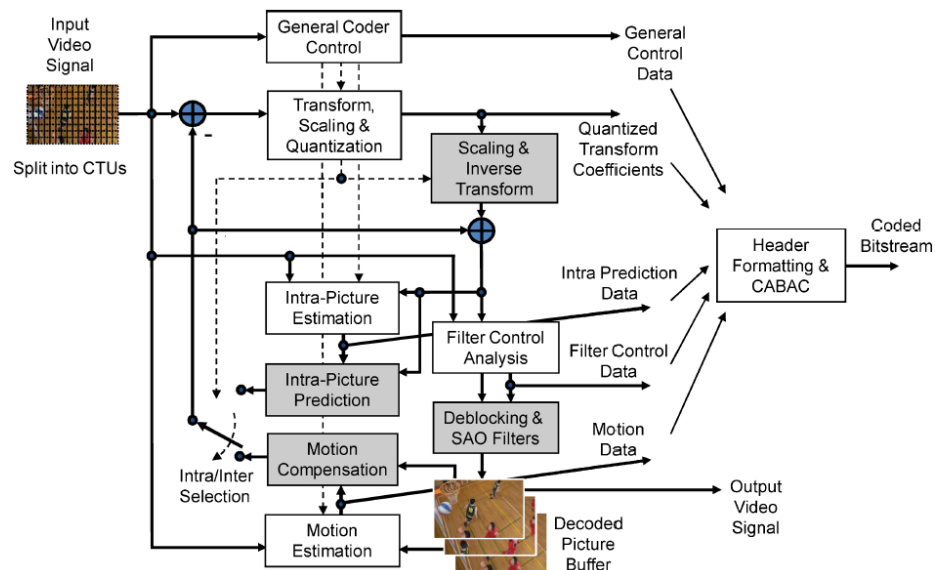




Figura 10. Diagrama de bloques de un codificador de video HEVC. [4]

En HEVC la primera imagen de una secuencia de video es codificada utilizando predicción *intra*, y el resto de imágenes de la secuencia son codificadas utilizando métodos de predicción *inter*. En el proceso de codificación *inter*, se obtienen datos de movimiento y los vectores de movimiento para predecir las muestras de cada bloque. El codificador y decodificador generan señales de predicción *inter* idénticas aplicando compensación de movimiento utilizando los vectores de movimiento. La señal residual de las predicciones *intra* e *inter*, es transformada utilizando transformada espacial lineal. Los coeficientes de transformada son escalados, cuantificados, codificados con entropía y transmitidos junto con la información de la predicción [4].

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

Algunas funcionalidades de la codificación HEVC son:

- Unidades de codificación (*CU*) y bloques de codificación (*CB*): La sintaxis *quadtree* de los CTUs especifica el tamaño y posición de sus *CBs* de luminancia y crominancia. La unidad de codificación *CU* se compone de un *CB* de luminancia y dos *CBs* de crominancia. Un *CTB* se compone de un *CU*, o puede ser dividido en varios *CUs*, donde cada uno contiene unidades de predicción (*PU*) y un árbol de unidades de transformada (*TU*) [4].
- Unidades de predicción y bloques de predicción (*PBs*). La decisión de codificar una imagen con predicción *inter* o *intra*, es realizada por una *CU*. Dependiendo de la decisión en el tipo de predicción, los *CBs* de luminancia y crominancia pueden ser divididos en bloques de predicción (*PBs*). HEVC soporta tamaños de *PB* desde 64 x 64 hasta 4 x 4 muestras [4].
- *TUs* y bloques de transformada. El residuo de la predicción es codificado utilizando bloque de transformadas. Una estructura de árbol *TU*, tiene su raíz en el nivel de *CU*. El residuo de *CB* de luminancia podría ser idéntico al bloque de transformada de luminancia, o podría ser aún más dividido en *TBs* de luminancia más pequeños. La transformada discreta del coseno DCT es definida para *TBs* cuadrados con tamaños de 4×4, 8×8, 16×16, y 32×32. En algunos casos, como por ejemplo en 4 x 4, se utiliza como alternativa la transformada discreta del seno DST [4].

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

6.1.5.1 Predicción *intra* (intraimagen).

Este tipo de predicción funciona de acuerdo al tamaño de TB. Para TBs con tamaños de 4 x 4 hasta 32 x 32, existen 33 diferentes orientaciones para la predicción de dirección, como lo muestra la siguiente figura [4]:

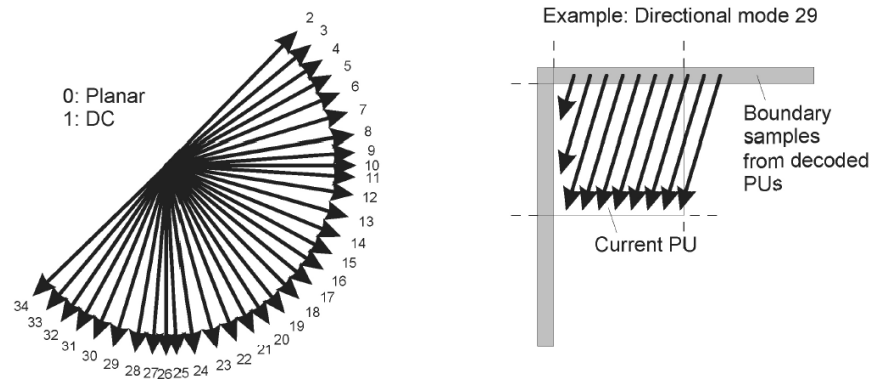



Figura 11. Modos y orientaciones direccionales para la predicción *intra*. [4]

En [4], se resumen algunas técnicas que pueden ser usadas en este tipo de predicción

6.1.5.2 Predicción *inter* (interimagen).

Se fundamenta en las siguientes funcionalidades [4]:

- **Partición PB:** Para este tipo de predicción, HEVC implementa los siguientes modos de partición PB: PART-2N×2N el CB no es dividido, en PART-2N×N el CB es dividido en dos PB horizontalmente de igual tamaño, y PART-N×2N donde el CB es dividido en dos PB verticalmente de igual tamaño.
- **Modo fusión (*Merge mode*):** HEVC implementa este modo para formar una región fusionada con la información de los vectores de movimiento de los bloques vecinos tanto espacialmente como temporalmente.

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

6.1.5.3 Codificación entrópica.

El método de codificación entrópica utilizado en el diseño HEVC es CABAC, y su algoritmo no presenta variaciones. El escaneo de los coeficientes es ejecutado en subbloques de 4 x 4 para todos los tamaños de TBs, y se realiza en tres formas diferentes como lo muestra la siguiente figura [4]:

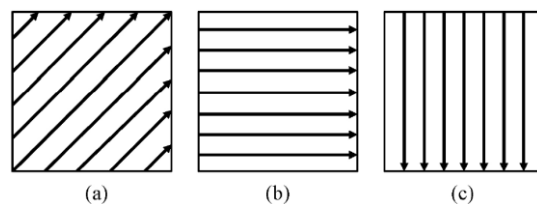


Figura 12. Métodos de escaneo de coeficientes: (a) Diagonal arriba-derecha. (b) Horizontal. (c) Vertical. [4]


6.1.6 TÉCNICAS PARA LA TRANSMISIÓN DE VIDEO

6.1.6.1 Descarga de video.

Con esta técnica, el video es tratado como una cualquier información en internet, es decir, se transmite información a través de protocolos FTP y HTTP, descargando completamente el archivo de video para posteriormente visualizarlo [20].

6.1.6.2 Descarga progresiva.

Utilizando FTP y HTTP, se realiza una descarga progresiva de la información, y se empieza a reproducir a medida que se dispone de la información. Este método utiliza el máximo ancho de banda entre el cliente y el servidor, y no se tiene control sobre la transmisión, esto es, el video se va almacenando en disco conforme se descarga, pero si el


| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

ancho de banda se reduce por debajo del necesario, se presentan saltos en la reproducción [20].

6.1.6.3 Streaming.

Se utilizan protocolos para la transmisión de multimedia en tiempo real y control dinámico de la sesión (*Real Time Protocol* – RTP, y *Real Time Streaming Protocol* – RTSP, respectivamente). No utiliza el máximo ancho de banda disponible entre cliente y servidor, sino el necesario para reproducir el video en tiempo real. En esta técnica no se produce una descarga completa de la información, sino que conforme se descarga se va descartando una vez ha sido utilizado para la reproducción. Para evitar los efectos de las variaciones del retardo (*Jitter*), esta técnica utiliza un *buffer* inicial para almacenar parte del video, y disponer así de la información a reproducir en los momentos en que el retardo aumente. El protocolo RTSP (*Real-Time Streaming Protocol*) controla el *stream* multimedia, permitiendo al usuario tener acciones como retroceder, saltar, pausar, etc. Esto se logra con *streaming*, ya que el video no se descarga linealmente, sino que se reproduce conforme se obtiene. Los datos (audio y video) se transportan por RTP (*Real-Time Transport Protocol*), que es un protocolo que usa UDP para el transporte y permite la transmisión de información multimedia en tiempo real [20].

Existen dos tipos de *streaming* en función de cómo se obtiene la información a difundir: *streaming* almacenado, y *streaming live* (en vivo).

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |


6.1.6.4 Streaming Almacenado.

El contenido multimedia es pregrabado en servidores, a los cuales los clientes envían solicitudes para ver los videos (on demand – por demanda). Algunas compañías como YouTube (Google), Netflix, y Hulu, proveen este tipo de servicio. El streaming almacenado tiene tres funcionalidades [21]:

- *Streaming*: El cliente comienza a reproducir el video pocos segundos después de que comienza a recibir el video desde el servidor. Esto significa que el cliente estará reproduciendo una parte del video, mientras está recibiendo las partes siguientes desde el servidor. Con esta técnica se evita la descarga completa del video, y los retardos prolongados.
- *Interactividad*: Dado que el video es pregrabado, el usuario puede interactuar con el contenido del video, es decir, puede pausar, adelantar, retroceder, avanzar rápido, etc.
- *Reproducción continua*: una vez comienza la reproducción del video, esta debería mantenerse de acuerdo con el tiempo de la grabación.

6.1.6.5 Streaming Live (En vivo)

Este tipo de transmisión le permite al usuario recibir el contenido en vivo a través de internet. Utiliza distribución multicast en redes P2P o CDN (Content Delivery Network). Cada flujo multimedia en vivo debe tener un throughput promedio más grande que la tasa de consumo del video. En este tipo de transmisión, se pueden tolerar retardos hasta de 10 segundos, desde que el usuario elige la transmisión en vivo, o desde que el video comienza

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

a reproducirse. Algunas características de este tipo de transmisión son: buffer inicial de retardo, uso adaptativo de ancho de banda, y las CDNs [21].


Algunas de las aplicaciones más utilizadas para *Live Streaming* son: *Periscope – Twitter, Facebook Live – Facebook, YouTube Live – Google – Hangouts, Streamup, YouNow, Hang W, Livestream, Stringwire, Ustream, Nom, Meerkat, Snapchat Live Stories* [22] [23].

6.1.7 TÉCNICAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA TRANSMISIÓN DE VIDEO.

6.1.7.1 Simuladores de Red.

La utilización de simuladores de red con propósitos de análisis de desempeño de red en la transmisión de tráfico de video, diseño de servicios, calidad de servicio (QoS), entre otros, es actualmente una tendencia dentro de la comunidad investigativa. El análisis del tráfico de video se realiza a través de trazas, que facilitan su evaluación con respecto a modelos establecidos, QoS, y otros parámetros. A continuación se mencionan algunos simuladores de red utilizados por la comunidad de investigación en *networking* [16]:

Network Simulator – NS II: Simulador de eventos discretos. Utiliza la interfaz NAM (*Network Animator*) para generar una representación visual del fenómeno a simular. Utiliza TCL-scripts para el desarrollo de los programas o escenarios a simular [16].

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

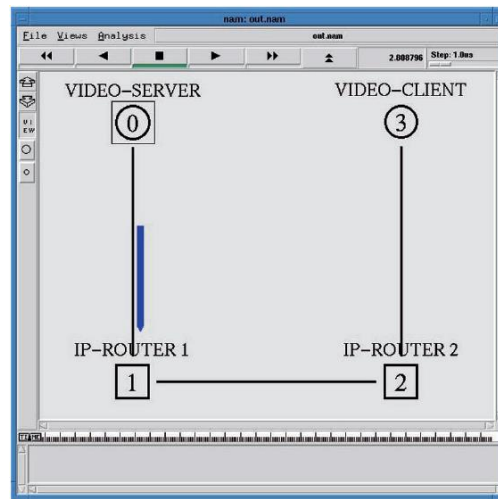



Figura 13. Simulación de traza de video con NS 2. [16]

Network Simulator – NS3: es un simulador de red de eventos discretos, orientado principalmente a uso educativo y de investigación. NS3 está licenciado bajo *GNU GPLv2*, y su meta es desarrollar ambiente de simulación abierto para investigación en *networking* [24].

Omnet++: Es un simulador de eventos discretos basado en librerías de simulación de C++. Sus funcionalidades se aplican en redes de sensores, redes inalámbricas ad-hoc, protocolos de internet, modelado de desempeño, redes ópticas, etc. OMNET++ ofrece un ambiente de simulación grafico Eclipse-based IDE. Tiene extensiones para simulación de tiempo real, emulación de red, integración de base de datos, integración SystemC, y otras funciones [25].

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

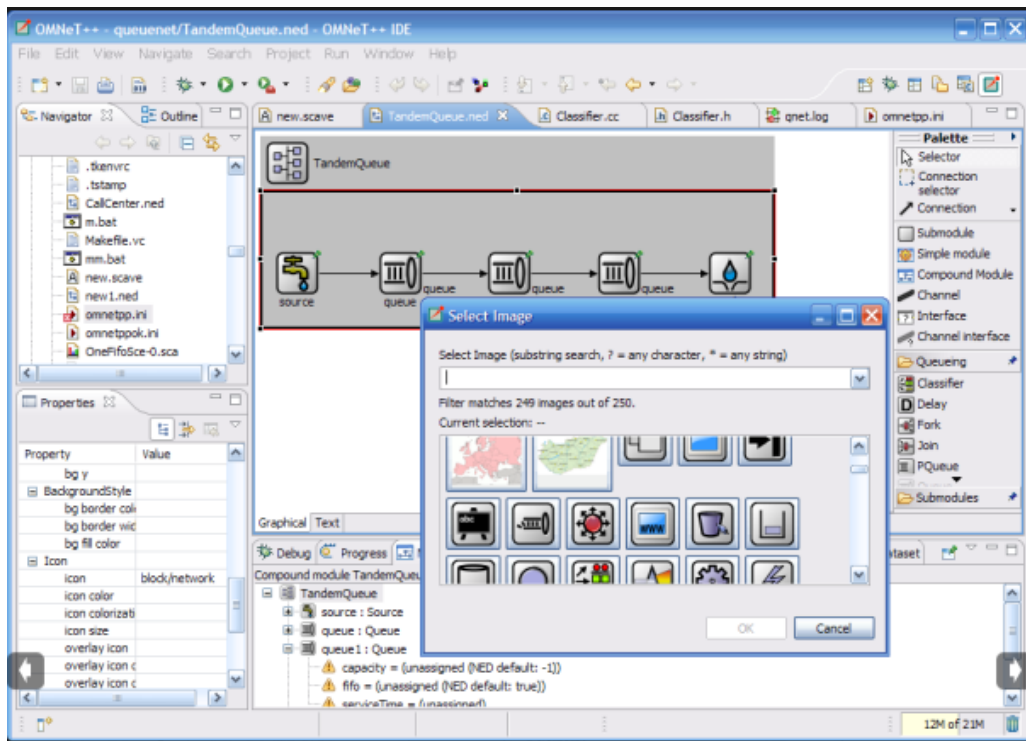



Figura 14. Editor gráfico NED - OMNeT++. [25]

Riverbed Modeler (OPNET): Es un motor de simulación de eventos discretos. Consta de un paquete de protocolos y tecnologías de red para comparar el impacto de diferentes diseños tecnológicos en el comportamiento extremo a extremo. Tiene interfaz abierta para interactuar con librerías externas y otros simuladores. Consta de ambiente gráfico para modelar y analizar las simulaciones [26] [27].

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

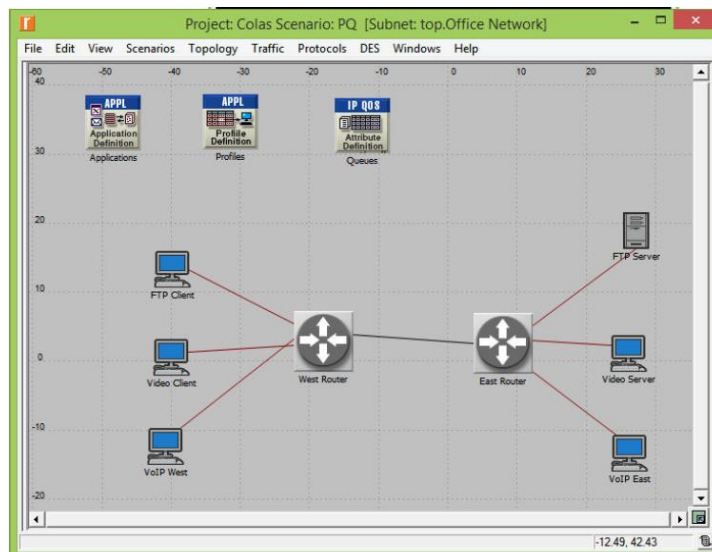



Figura 15. Ambiente gráfico de Riverbed Modeler. [27]

6.1.7.2 Evaluación con parámetros de Calidad de imagen.

En cuanto a parámetros de calidad de imagen, algunas herramientas para la evaluación de tráfico de video son:

EvalVid: Es una herramienta de evaluación de calidad de video transmitido sobre una red de comunicaciones real o simulada. Está dirigida a investigadores para evaluar diseño de red y configuración, en términos de la calidad de video percibida por el usuario. Además de medir parámetros de QoS de red, como tasa de pérdidas, retardo y Jitter, las métricas estándar de calidad de video como PSNR y SSIM y una métrica de evaluación subjetiva de calidad de video son proporcionadas. Soporta H.264, MPEG-4 y H.263. AAC es soportado, aunque la evaluación de calidad percibida tiene que ser hecha por herramientas externas como PESQ o PEAQ [28].

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

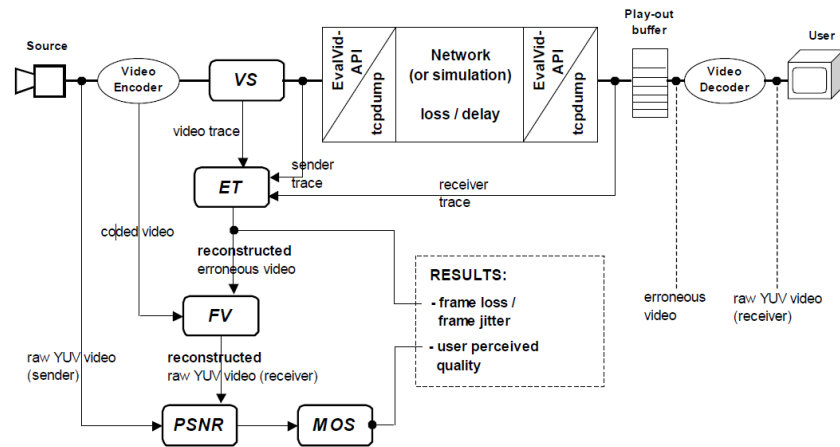


Figura 16. Esquema de modelo de evaluación en EvalVid. [29]

Calculadora RMSE y PSNR: Calcula la diferencia entre los componentes de una secuencia de video fuente YUV y una secuencia de video codificado. Ambos videos deben estar en el formato sin comprimir .YUV 4:2:0. Esta herramienta calcula el Error cuadrático medio RMSE, y el pico de señal a ruido PSNR [16].

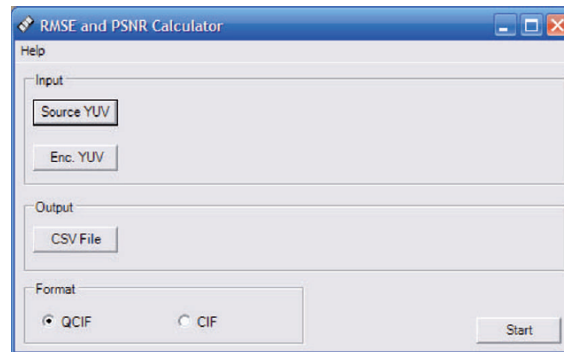



Figura 17. Calculadora RMSE y PSNR. [16]

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

6.2 Marco Conceptual

Para complementar el marco teórico expuesto en el capítulo anterior, a continuación se presentan los principales conceptos de: codificación de video, modelado y simulación; lo cual es la base fundamental para el desarrollo de este proyecto:

6.2.1 CONCEPTOS DE VIDEO Y CODIFICACIÓN


Streaming: Hace referencia a la técnica para la transmisión de contenido, en un flujo continuo de datos hacia un receptor, y reproducción continua en este último, sin la necesidad de descargar la totalidad del contenido.

Throughput del canal: Característica influenciada por el bit rate del canal de transmisión y la cantidad de overhead en la corrección de errores y protocolo del sistema de transmisión [30].

Delay (Latencia de inicio y retardo de extremo a extremo): Los retardos son influenciados por muchos parámetros, entre ellos el retardo de procesamiento, retardos estructurales de codecs de video y canal, y la velocidad en la cual los datos son conducidos hacia el canal de transmisión [30].

Jitter: Corresponde a la variación de los retardos de encolamiento que un paquete experimenta en los *routers* de las redes. Esta variación (paquete a paquete) corresponde a la fluctuación que hay en el tiempo desde que un paquete es generado en la fuente, hasta que es recibido en el destino [21].

Predicción: Es el proceso por el cual un conjunto de valores de predicción es creado, y es usado para predecir los valores de las muestras de entrada, tal que los valores que necesitan

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

ser representados sean solamente los diferentes a los valores predecidos. A tales diferencias se les llama valores residuales [30].


Transformación: Es un proceso muy relacionado a la predicción, y consiste en formar un nuevo set de muestras a partir de una combinación de muestras de entrada, frecuentemente usando una combinación lineal. Las dos transformadas frecuentemente usadas son la transformada discreta del coseno (DCT), y la transformada de Karhunen-Loèv (KLT) [30].

Cuantización: Es un proceso por el cual la precisión usada para la representación de un valor de muestra, es reducida para disminuir la cantidad de datos necesarios en la codificación [30].

Codificación Entrópica: Proceso por el cual los símbolos de fuente de valor discreto son representados de manera que toman ventaja de las probabilidades relativas de los posibles valores de cada símbolo fuente. Un método bien conocido de codificación entrópica es la codificación de longitud variable VLC, la cual establece un árbol estructurado de tabla de códigos que usan caracteres binarios para representar valores que ocurren con frecuencia, y caracteres binarios más largos para representar los valores menos probables. El método VLC más conocido es el Código Huffman [30].

6.2.2 MODELADO Y SIMULACIÓN

Modelo de sistema: Representación simplificada de un sistema o proceso, que se diseña para experimentar o conocer su funcionamiento frente a diferentes condiciones o escenarios de uso [27].

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

Modelo de Sistema Continuo: Sus variables de estado pueden cambiar infinitas veces en un intervalo finito de tiempo [31].

Modelo de Sistema Discreto: Sus variables de estado cambian de valor solo un numero finito de veces en un intervalo de tiempo [31].


Experimento: Proceso que transforma una entrada en una salida. Existen dos tipos de experimentos: El *experimento determinístico* es aquel en donde una entrada produce siempre la misma salida en cada repetición del experimento; y el *experimento aleatorio* es aquel en el cual una entrada produce diferentes salidas en cada repetición del experimento [31].

Simulación: Es una imitación o representación de una operación de un sistema real para propósitos de evaluación. La definición según *Shannon*: “Simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema” [32].

Las ventajas de las simulaciones son [27]:

- Permite estudiar sistemas complejos.
- Evaluar sistemas antes de desarrollarlos.
- Evaluar funcionamiento de un sistema existente frente a condiciones diferentes de uso.
- Estudia la evolución de un sistema en periodos largos de funcionamiento.

Resultado: Datos que permiten estimar parámetros de un sistema [27].

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

7 Diseño metodológico

7.1 Línea de investigación


La línea de investigación en la que se enmarca el presente proyecto es ***comunicaciones multimedia***, dado el análisis que se va a realizar con flujos de video codificados con el estándar HEVC.H265, y el impacto que tiene sobre la transmisión de contenidos de ultra alta definición.

7.2 Tipo de investigación


El presente proyecto corresponde a una investigación aplicada con enfoque experimental y cuantitativo. Es de carácter experimental dado que se realizarán diferentes experimentos o simulaciones aleatorias para eventos discretos, buscando evaluar el impacto en el desempeño de la transmisión de flujos de video de ultra alta definición, al modificar parámetros de red como retardo, pérdida de paquetes, ancho de banda, entre otros. Tendrá análisis cuantitativo sobre los resultados en los parámetros de calidad de imagen (PSNR).

7.3 Estructura metodológica

Buscando alcanzar los objetivos propuestos en este proyecto de investigación, se propone seguir la metodología planteada por el *Método de Ingeniería*. Como se menciona en la tesis doctoral “*Gridcole, un sistema maleable basado en servicios grid para el apoyo del aprendizaje colaborativo guiado*” [33], el método de ingeniería establece que el proceso de investigación debe seguir la siguiente secuencia de fases o etapas:

| | |
|---|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

- Observar las soluciones existentes:** En esta etapa se identifican los problemas a solucionar, a partir del estudio de trabajos ya realizados. Por lo anterior, se propone en este proyecto evaluar el desempeño de los flujos codificados con HEVC.H265 bajo diferentes condiciones de red, definiendo una metodología para la implementación de simulaciones que permitan evaluar la transmisión de estos flujos en términos de calidad de imagen.
- Proponer una mejor solución:** En la segunda etapa se debe proponer una solución que lleve a obtener respuesta a los problemas planteados en la etapa anterior, que supere las limitaciones detectadas en soluciones existentes. Para esto, se propone determinar las herramientas existentes para evaluar la transmisión de flujos de video codificados con el estándar HEVC.H265, y definir una metodología para la implementación de simulaciones que involucren la transmisión de este tipo de contenidos.
- Desarrollar la nueva solución:** Se desarrollará un set de simulaciones que permitan evaluar la transmisión de contenido de ultra alta definición, y obtener mediciones de calidad de imagen (PSNR) para diferentes condiciones de red.
- Evaluar la nueva solución:** En la etapa final del método de ingeniería, se debe mostrar que el modelo propuesto soluciona los problemas expuestos en la primera etapa. Para esto, se mostrarán los resultados obtenidos luego de las simulaciones ejecutadas, definiendo así los requerimientos técnicos para la transmisión de flujos de video de ultra alta definición, y su impacto en calidad de imagen cuando se modifican las condiciones de red.

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

7.4 Fuentes de información (primarias y secundarias)


Para el desarrollo del presente proyecto se contemplan las siguientes fuentes de información, según su naturaleza:

- **Fuentes Primarias:** En el desarrollo de antecedentes y marco teórico se utilizaron documentos primarios como libros, artículos científicos, definiciones de estándares, informes técnicos, entre otros. Adicionalmente, se consideran fuentes primarias los resultados obtenidos de las simulaciones a ejecutar para la evaluación de la transmisión de flujos de video de ultra alta definición. Esta información es primaria dado que se obtienen directamente desde herramientas de simulación, y son manipulados expresamente para alcanzar los objetivos propuestos en el proyecto.
- **Fuentes Secundarias:** Corresponden a los artículos científicos resultado de otras investigaciones, trabajos de investigación (tesis), material académico, informes estadísticos y demás apoyo bibliográfico para el desarrollo del marco teórico.

Es importante mencionar que todas las fuentes de información utilizadas para el desarrollo de este proyecto, están debidamente referenciadas en la sección de bibliografía.

7.5 Técnicas y herramientas de recolección de información

Dado que el desarrollo del presente proyecto se fundamenta en la ejecución de simulaciones por software, la técnica implementada es *observación directa* sobre los resultados obtenidos en las pruebas o experimentos a desarrollar. Se utilizarán sets de simulaciones, con suficientes repeticiones para lograr una desviación mínima en error. Estas simulaciones


| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

tienen números aleatorios para garantizar la independencia estadística entre los diferentes experimentos.

Las herramientas a utilizar corresponden a los paquetes software para la ejecución de las simulaciones mencionadas anteriormente. En algunos casos, se evaluará el ajuste de las herramientas mediante parches o actualizaciones para garantizar la correcta medición de los escenarios planteados. Son herramientas de simulación: Network Simulator NS-2, NS-3, Riverbed Modeler, entre otros, y se utilizará la que mejor se ajuste a los requerimientos del proyecto.

7.6 Técnicas para la evaluación de resultados

Dado que el presente proyecto es considerado como investigación experimental, en la evaluación de los resultados se considerarán parámetros estadísticos, como promedios, análisis de variables de dispersión de datos (desviación estándar, intervalos de confianza, intervalos de error), valores medios y picos de PSNR para medir la calidad de los videos, y algunos parámetros de red como valores medios del retardo de los paquetes, Jitter, Throughput, etc. Teniendo en cuenta las variables mencionadas anteriormente, con el análisis de los resultados se busca definir los requerimientos técnicos de red para la transmisión de flujos de video de ultra alta definición.

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

8 Esquema temático del informe final

El informe final del presente proyecto pretende contemplar la siguiente estructura temática:

Búsqueda y análisis de la información bibliográfica.

Fundamentos de video digital.

Jerarquía en la secuencia de video.

Fundamentos de Codificación de video.

Codificación Híbrida

Codificación basada en DCT.

Codificación Interframe: Estimación y compensación de movimiento.

Estándares de codificación.

El estándar HEVC/H.265 (High Efficiency Video Coding)

División de CBs en PBs y PUs

Predicción intra (intraimagen).

Predicción inter (interimagen).


Codificación entrópica.

Análisis de herramientas Software para transmisión de video.

Pruebas sobre herramientas ya conocidas para la transmisión de video.

Ajuste de herramientas existentes para la simulación de la transmisión de videos codificados con el estándar HEVC/H.265.

Diseño y ejecución de experimentos o simulaciones de transmisión de video

| | |
|---|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

Metodología para la implementación de simulaciones que involucren la transmisión de videos de ultra alta definición.

Definición de escenarios de red para evaluar el impacto en la calidad de los videos codificados con HEVC/H265.


Recolección y análisis de resultados

Requerimientos técnicos para la transmisión de video codificado con el estándar HEVC.H265.

Evaluación de la transmisión de flujos de video HEVC.H265 bajo diferentes condiciones de red.

Análisis cuantitativo de parámetros de calidad de imagen en las simulaciones de transmisión de video HEVC.H265.


Conclusiones y Referencias bibliográficas.

| | |
|---|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

9 Recursos disponibles

Para el desarrollo de este proyecto se cuenta con los siguientes recursos:

- En cuanto a la búsqueda y recolección de material bibliográfico, se dispone con el acceso a las bases de datos de las principales fuentes de investigación, a partir de cuentas proporcionadas por la Universidad Santo Tomás. Así mismo, material guía proporcionado por el director de este proyecto.
- En equipo Hardware, se dispone de un computador portátil DELL Vostro, con especificaciones de procesador Intel Core i5 CPU 2.3 GHz, Memoria Ram de 6 GB, Disco duro de 500 GB.
- En Software, se dispone de sistema operativo Windows 7 con SP1, suite de Microsoft Office para la documentación del proyecto y una máquina virtual con sistema operativo Linux Ubuntu. En cuanto a herramientas software para la simulación y evaluación de la transmisión de flujos de video, se dispone de Network Simulator – NS II, Network Simulator – NS3, de manera opcional se evalúa la utilización de Riverbed Modeler (OPNET), y herramientas de evaluación como EvalVid.
- Como recurso humano, se dispone del acompañamiento y dirección del PhD. Wilder Eduardo Castellanos Hernández, quien, con tiempo y material de apoyo, orientará el desarrollo de este proyecto. Así mismo, la capacidad intelectual y académica del autor, como cumplimiento al programa académico para optar al título de Magíster en Redes y Sistemas de Comunicaciones.

| | |
|---|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

10 Presupuesto

El desarrollo del presente proyecto se presupuesta a continuación:

| Detalle | Tipo de Recurso | Unidad | Cantidad | Valor unitario | Valor Total |
|-------------------------------|-----------------|----------|----------|-----------------|-------------------------|
| Acceso a Base de datos | Bibliográfico | Unidad | 1 | \$ 500,000.00 | \$ 500,000.00 |
| Computador portátil | Hardware | Unidad | 1 | \$ 3,000,000.00 | \$ 3,000,000.00 |
| Servicio Internet | Consumible | Horas | 1000 | \$ 2,000.00 | \$ 2,000,000.00 |
| Memoria USB | Consumible | Unidad | 1 | \$ 50,000.00 | \$ 50,000.00 |
| Papel | Consumible | Resma | 2 | \$ 20,000.00 | \$ 40,000.00 |
| Tinta impresión | Consumible | Cartucho | 4 | \$ 50,000.00 | \$ 200,000.00 |
| Otros papelería | Consumible | Unidad | 1 | \$ 200,000.00 | \$ 200,000.00 |
| Otro generales | Consumible | Unidad | 1 | \$ 100,000.00 | \$ 100,000.00 |
| Dirección de trabajo de grado | Humano | Horas | 96 | \$ 100,000.00 | \$ 9,600,000.00 |
| Ingeniero | Humano | Horas | 1000 | \$ 20,000.00 | \$ 20,000,000.00 |
| TOTAL | | | | | \$ 35,690,000.00 |


Tabla 2. Presupuesto para el desarrollo del proyecto



ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS
FECHA: SEPTIEMBRE 2015
ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015


MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE
COMUNICACIONES

[illegible]

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |


12 Fuentes de Información

- [1] W. D. Mattos y P. R. Gondim, «M-Health Solutions Using 5G Networks and M2M Communications,» *IT Professional*, vol. 18(3), pp. 24-29, 2016.
- [2] D. R. Bull, *Communicating Pictures: A Course in Image and Video Coding*, Academic Press, 2014.
- [3] J. Nightingale, Q. Wang, C. Grecos y S. Goma, «Modeling QoE for streamed H.265/HEVC content under adverse network conditions,» *ICWMMN2013 Proceedings*, 2013.
- [4] G. J. Sullivan, J.-R. Ohm, W.-J. Han y T. Wiegand, «Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard,» *IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY*, vol. 22, n° 12, December 2012.
- [5] V. Sze, M. Budagavi y G. J. Sullivan, *High Efficiency Video Coding (HEVC) Algorithms and Architectures*, Springer, 2014.
- [6] J. Nightingale, Q. Wang y C. Grecos, «HEVStream: A Framework for Streaming and Evaluation of High Efficiency Video Coding (HEVC) Content in Loss-prone Networks,» *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 58, n° 2, 2012.
- [7] B. Oztas, M. T. Pourazad, P. Nasiopoulos y V. C. M. Leung, «A Study on the HEVC Performance Over Lossy,» *IEEE*, 2012.
- [8] J. Nightingale, Q. Wang y C. Grecos, «Scalable HEVC (SHVC)-Based Video Stream Adaptation in Wireless Networks,» *2013 IEEE 24th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications: Services, Applications and*, pp. 3573-3577, 2013.
- [9] J. Nightingale, Q. Wang y C. Grecos, «Priority-based methods for reducing the impact of packet loss on HEVC encoded video streams,» *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering - Real-Time Image and Video Processing*, vol. 8656, n° 86560E, 2013.
- [10] Z. Wang y A. C. Bovik, *Modern Image Quality Assessment*, Morgan & Claypool, 2006.
- [11] J. Nightingale, Q. Wang, C. Grecos y S. Goma, «Subjective Evaluation of the Effects of Packet Loss on HEVC Encoded Video Streams,» *2013 IEEE Third International*

| | |
|---|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

Conference on Consumer Electronics - Berlin (ICCE-Berlin), nº 14024837, pp. 358-359, 2013.

- [12] S. u. Rehman y G. Raja, «Performance Evaluation of HEVC over Broadband,» 2014.
- [13] A. Dethof, W. Robitza y M.-N. Garcia, «StreamSim: A Video Streaming Simulation Toolchain for Unreliable Transport Mechanisms,» de *QoMEX – Eighth International Conference on Quality of Multimedia Experience*, Lisboa, 2016.
- [14] CISCO, «Noticias de CISCO,» Lewis, [En línea]. Available: <http://cisco.mwnewsroom.com/es/es/release/El-tr%C3%A1fico-IP-global-se-multiplicar%C3%A1-casi-por-tres-entre-2015-y-2020-2367113>.
- [15] Ericsson, «Ericsson Mobility Report,» [En línea]. Available: <https://www.ericsson.com/assets/local/mobility-report/documents/2016/ericsson-mobility-report-november-2016-rlam.pdf>.
- [16] P. Seeling y F. H. Fitzek, *Video Traces for Network Performance Evaluation*, Dordrecht: Springer, 2007.
- [17] F. Pescador del Oso, Tesis doctoral - Contribución a las metodologías de optimización del tiempo de ejecución de algoritmos de decodificación de video sobre DSPs, Madrid, 2011.
- [18] J. Kelth, *Video Demystified A Handbook for the Digital Engineer*, Elsevier Newnes, 2007.
- [19] B. Bing, *NEXT-GENERATION VIDEO CODING AND STREAMING*, New Jersey: Wiley, 2015.
- [20] G. UPV, «GRC - Grupo de Redes de Computadores,» [En línea]. Available: <http://www.grc.upv.es/docencia/tm/practicas/P3.pdf>.
- [21] J. F. Kurose y K. W. Ross, *Computer Networking: A top-down approach*, Sixth ed., Pearson, 2013.
- [22] Hipertextual, «La vida en directo: apps móviles de livestreaming,» 20 Octubre 2016. [En línea]. Available: <https://hipertextual.com/2016/10/aplicaciones-moviles-livestreaming>.
- [23] PracticalEcommerce, «12 Apps for Live-streaming Video,» 08 May 2016. [En línea]. Available: <http://www.practicalecommerce.com/12-Apps-for-Live-streaming-Video>.

| | |
|---|--|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA B U C A R A M A N G A | ANTEPROYECTO |
| MAESTRÍA EN REDES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES | ELABORADO POR: COMITÉ DE POSGRADOS FECHA: SEPTIEMBRE 2015 ACTUALIZADO: SEPTIEMBRE 2015 |

- [24] NS-3 Consortium, «ns-3,» [En línea]. Available: <https://www.nsnam.org/overview/what-is-ns-3/>.
- [25] OMNeT++, «Introduction,» openSim Ltd, [En línea]. Available: <https://omnetpp.org/intro>.
- [26] Riverbed, «Riverbed Modeler,» Riverbed Technology, 2017. [En línea]. Available: <https://www.riverbed.com/mx/products/steelcentral/steelcentral-riverbed-modeler.html>.
- [27] W. E. Castellanos, *Material de clase - Introducción a la simulación de redes de comunicaciones*, Bucaramanga, 2016.
- [28] T. -. T. N. Group, «EvalVid - A Video Quality Evaluation Tool-set,» [En línea]. Available: <http://www.tkn.tu-berlin.de/research/evalvid/>.
- [29] J. Klaue, B. Rathke y A. Wolisz, «EvalVid - A Framework for Video Transmission and Quality Evaluation,» *13th International Conference on Modelling Techniques and Tools for Computer Performance Evaluation*, pp. 255-272, 2003.
- [30] G. Sullivan y T. Wiegand, «Video Compression - From Concepts to the H.264/AVC Standard,» 2005.
- [31] J. J. Padilla Aguilar, «CURSO: MODELADO Y SIMULACION DE REDES DE TELECOMUNICACIONES,» [En línea]. Available: <http://jpadilla.docentes.upbbga.edu.co/Simulacion%20redes/1-Introduccion%20Modelado%20y%20simulacion%20redes.pdf>.
- [32] N. Fernández Soto, «La simulación como herramienta de la investigación. Doctorado Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones,» Junio 2009.
- [33] M. L. Bote Lorenzo, Tesis doctoral - Gridcole, un sistema maleable basado en servicios grid para el apoyo del aprendizaje colaborativo guiado, Valladolid, 2005, pp. 9, 10.