

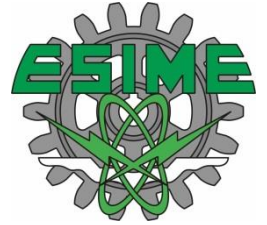


INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



**MODELO Y ARQUITECTURA PARA LA DIFUSIÓN DE
VIDEO MEDIANTE HOLOGRAMAS (TELE-INMERSIÓN) A
TRAVÉS DE UNA RED DE TRANSPORTE, I2**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE
TELECOMUNICACIONES**

PRESENTA:

ING. MAYTE GUADALUPE MELO DÍAZ

DIRECTOR DE TESIS:

DR. HECTOR OVIEDO GALDEANO

México D.F. Noviembre de 2013

AGRADECIMIENTOS

Por todo el tiempo invertido en mi trabajo de investigación, en correcciones, explicaciones, enseñanzas, sus consejos, a esa actitud de mejora continua y sobre todo, en la construcción de un proyecto llamado Tesis, agradezco a mi Director, el Dr. Héctor Oviedo Galdeano.

Agradezco al Dr. Raúl Castillo Pérez por la guía a lo largo del presente trabajo, que ha hecho de este, un trabajo del cual me enorgullece, así como al Maestro Chadwick Carreto Arellano.

A mi Familia le agradezco por el apoyo moral, y por confiar en mí sobre todas las eventos presentados a lo largo de este trabajo. Le debo todo lo que soy a mi querida madre Patricia y a mi querido padre Francisco por su gran ejemplo de superación personal e intelectual, gracias por brindarme su confianza, amor, consideración y apoyo, a mis hermanos Juan y Antonio, por todo su amor y alegría que me alientan a ser mejor cada día.

A mis amigos por todas las convivencias y grandes momentos de experiencias al aprendizaje obtenido a lo largo del presente trabajo, a las mejoras y opiniones dadas para cumplir este trabajo.

A Raymundo Abrego, por el apoyo moral e intelectual en todo momento, pieza fundamental para poder finalizar con éxito este trabajo, y gracias por continuar en este camino a lado mío.

A dios y a la vida por darme la oportunidad de continuar en esta mi casa de estudios que es el Instituto Politécnico Nacional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Resumen.....	iv
Abstract.....	v
Objetivo general.....	vi
Objetivos específicos.....	vi
Justificación.....	vi
Introducción.....	vii
Capítulo I. Introducción	
1.1 Motivación.....	1
1.2 Relevancia.....	2
1.3 Alcances y Contribuciones.....	4
1.4 Organización del trabajo.....	4
1.5 Resumen.....	6
Capítulo II. Estado del arte	
2.1 Introducción.....	7
2.2 Antecedentes.....	7
2.3 Trabajos Relacionados.....	7
Capítulo III Marco Teórico	
3.1 Introducción.....	12
3.2 Antecedentes.....	12
3.3 Modelo de reflexión de una superficie con interacción local.....	13
3.4 Modelo de reflexión de una superficie con interacción global.....	14
3.5 Manipulación de estructuras tridimensionales.....	15
3.6 Geometría en tercera dimensión, transformaciones afines.....	16
3.7 Vectores asociados con el vector normal de reflexión.....	20
3.8 Codificación de video en 3D.....	21
3.9 Codificación de video con múltiples vistas (MVC).....	21
3.10 Componentes de Software y Hardware.....	23
3.11 Enfoques para la percepción de video.....	26
3.12 Enfoques respecto al ancho de banda.....	26

3.13 Reducción de datos y adaptación.....	27
3.14 Generalización de datos.....	28
3.15 Calidad de Experiencia en la difusión de video.....	29
3.16 Relación entre Calidad de Servicio y Calidad de Experiencia.....	29
3.17 Factores de la Calidad de Experiencia.....	30
3.18 Sistemas de medición de la calidad de experiencia en 3DTI.....	31
3.19 Asociación de Internet 2 con el modelo de tele inmersión propuesto.....	32
3.20 Diferencia entre Internet e Internet 2.....	35

Capítulo IV Desarrollo

4.1 Antecedentes Reconstrucción 3D.....	37
4.2 Antecedentes de la holografía.....	37
4.3 Funcionamiento del Holograma.....	38
4.4 Representación y modelado en 3D.....	41
4.5 Ambiente 3DTI.....	45
4.6 Protocolo y arquitectura de sesión en 3DTI.....	48
4.7 Protocolo de coordinación.....	51
4.8 Múltiple Transmisión Coordinada.....	53
4.9 Múltiple transmisión con el protocolo de transporte TCP.....	54
4.10 Transmisión Multicast.....	55
4.11 Asignación de direcciones MAC Ethernet.....	56
4.12 Entorno de trabajo.....	57
4.13 Adaptación basada en un régimen entre flujos.....	60
4.14 Monitor calidad de Servicio.....	61
4.15 Servidor de decisiones.....	62
4.16 Servidor: Cálculo de Varianza.....	64
4.17 Modelo propuesto para la difusión de video holográfico.....	64
4.18 Implementación del modelo propuesto a través de una red WAN simulada.....	69

Capítulo V Experimentos y Resultados

5.1 Antecedentes para el prototipo de la pirámide.....72

5.2 Elaboración de la pirámide, Datos Teóricos.....73

5.3 Elaboración de la pirámide, Datos Prácticos.....75

5.4 Experimentación en el protocolo para la etapa de visualización.....76

5.5 Difusión de video a través de una red WAN.....80

5.6 Configuración de la emisión para el servidor VLC.....86

5.7 Difusión de video Unicast, Configuración.....86

5.8 Difusión de video Multicast, Configuración.....90

5.9 Proyección de Video sobre la pirámide.....104

5.10Calidad de experiencia en el modelo propuesto.....111

Capítulo VI Conclusiones y trabajo Futuro

6.1 Aportes.....119

6.2 Trabajos derivados de la Tesis.....120

6.3 Trabajo Futuro.....120

6.4 El Futuro cercano (10-20 años).....120

6.5 Impacto Social.....121

Apéndice A Código fuente VRML Esfera.....122

Apéndice B Código fuente VRML Video Mapeado en Modelos 3D.....124

Apéndice C Código fuente VRML Objeto trasladado y rotado.....126

Apéndice D Tabla Índice de Refracción.....128

Apéndice E Direcciones Multicast.....130

Apéndice F Trafico UDP utilizando difusión UNICAST.....131

Apéndice G Proyección holográfica con diferentes tipos de superficie.....133

Referencias.....135

Glosario.....138

Trabajos derivados de la tesis.....147

RESUMEN

Hoy en día, se desarrolla una nueva tecnología de comunicaciones que permitirá a las personas interactuar dentro de un entorno simulado, incluso si hay miles de kilómetros de distancia entre ellas. Muchos de los componentes básicos para este tipo de red ya existen para permitir el desarrollo de lo que se conoce como *tele-inmersión*. La videoconferencia permite a usuarios conectarse en tiempo real a lugares remotos y comunicarse con otras personas geográficamente distantes, de forma audible y visual, mediante Cliente-Servidor y el uso de las tecnologías de Internet. La tele-inmersión llevará la videoconferencia al siguiente nivel, permitirá a todo el mundo unirse en una habitación virtual, y nadie tendrá que abandonar su localización física para hacerlo.

La Tele-Inmersión es un sistema avanzado de telecomunicación de alta velocidad, que permite captar los movimientos de los usuarios, para que se retransmitan a través de una red de alta velocidad. Las personas pueden manipular datos, compartir simulaciones y experiencias como si estuvieran reunidas físicamente. El presente trabajo está orientado a buscar una arquitectura desde el punto de vista del sitio local, el transporte de los datos hasta llegar al destino, un sitio remoto. Como resultado, se consigue un modelo que nos ayudara a visualizar un holograma en tiempo real, en el sitio local, se averigua si es necesario tomar en cuenta los parámetros básicos que se utilizan para la difusión de video convencional. El sistema de tele-inmersión es una herramienta que nos permite hacer una video conferencia de alto nivel, como es la tercera dimensión, se podrá hacer la difusión de video de cualquier cosa para cualquier objetivo, ya sea educación, entretenimiento, medicina etc.

Este nuevo medio de telecomunicación, que combina la realidad virtual con la videoconferencia, permite la interacción natural de las personas, la interacción humana tiene elementos verbales y no verbales, en los sistemas de videoconferencia actuales es imposible, por ejemplo, mirarse a los ojos porque la cámara y la pantalla no pueden ocupar la misma posición, esto suele dar un tono frío a las relaciones, ya que el cruce de miradas es casi siempre un medio subconsciente de transmitir confianza. Los participantes tampoco pueden adquirir consciencia de sus posiciones relativas y, por tanto, no disponen de un modo claro de llamar la atención y expresar aprobación o desacuerdo.

La tele inmersión es un nuevo sistema de interacción humana a través de técnicas digitales que confiere al usuario la ilusión de compartir un mismo espacio físico con otras personas, aunque se hallen alejadas miles de kilómetros. Para ello se combinan los procesos de visualización e interacción propios de la realidad virtual con nuevas técnicas de visión que trascienden las tradicionales limitaciones de una cámara. En vez de ceñirse a observar personas y su entorno inmediato desde una sola posición preeminente, las estaciones de tele inmersión las reproducen como "esculturas animadas", sin limitarse a favorecer una perspectiva exclusiva. El objetivo de la tele-inmersión ha sido durante mucho tiempo que las personas en lugares remotos compartan una sensación de presencia. Un sistema de tele-inmersión adquiere la representación 3D del entorno de un colaborador a distancia y los envía por la red en la que se representa en el entorno del usuario.

ABSTRACT

Now days, it develops a new communications technology that allow people to interact within a simulated environment, even if there are thousands of miles away from them. Many of the basic components for this type of existing network to enable the development of what is known as *tele-immersion*. Videoconferencing allows users to connect in real time to remote locations and communicate with other people geographically distant, audibly and visually, using client-server and the use of Internet technologies. The tele-immersive videoconferencing take the next level, let everyone join in a virtual room, and no one will have to leave their physical location to do so.

The Tele - Immersion is an advanced high-speed telecommunications, allowing you to capture movements of users, to be relayed through a high speed network. People can manipulate data, sharing simulations and experiences as if they were physically together. The present work is aimed at finding an architecture from the point of view of the local site, the data transport to destination, a remote site. As a result, it provides a model to help us visualize a real-time hologram in the local site, you find out if you need to take into account the basic parameters that are used for conventional video broadcast. The tele-immersion system is a tool that allows us to do a video conference for high level , as is the third dimension , you can make video broadcasting for any purpose whatever , whether education, entertainment , medicine etc .

This new means of telecommunication, which combines virtual reality with videoconferencing allows natural interaction of people, human interaction is verbal and nonverbal elements in current videoconferencing systems is impossible, for example, eye contact because the camera and the screen cannot occupy the same position, this usually gives a cool tone to relations, as the exchange of glances is almost always half subconscious to convey trust. Participants also can acquire consciousness of their relative positions and therefore do not have a clear way to draw attention and express approval or disagreement.

The tele immersion is a new system of human interaction through digital technology that gives the user the illusion of sharing the same physical space with other people, but is found thousands of miles away. This research combines the visualization and interaction processes own virtual reality with new vision techniques that transcend the traditional limitations of a camera. Instead of sticking to observe people and their immediate environment from a single pre-eminent position, immersion TV stations the play as "animated sculptures", but not limited to favor a unique perspective. The goal of tele-immersion has long been that people in remote locations to share a sense of presence. A tele-immersion system acquires the 3D representation of a collaborator's environment remotely and sends it over the network where it is rendered in the user's environment.

OBJETIVO GENERAL

Proponer una arquitectura, para difundir video a través de una red de transporte en donde se visualice el video con hologramas en tercera dimensión introduciendo nuevas tecnologías de alto nivel para la videoconferencia convencional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Proponer la solución tecnológica para el hardware y software específico a utilizar para la difusión de video holográfico.
2. Obtener los parámetros para la arquitectura en el sitio remoto tanto de hardware como de software para la captura en 2d del usuario en tiempo real y la transmisión de dichos datos.
3. Obtener los parámetros necesarios para la visualización holográfica en tercera dimensión en tiempo real del usuario.

JUSTIFICACIÓN

La tele inmersión tiene el potencial de cambiar significativamente los paradigmas educativos, científicos y de fabricación, un sistema de tele inmersión permitirá a personas situadas en distintos lugares compartir el mismo entorno virtual. Por ejemplo, los participantes en una reunión podrán interactuar con un grupo virtual, casi de la misma forma como lo harían si estuvieran en la misma habitación.

Los usuarios podrán compartir y manipular datos, simulación y modelación de objetos; construcciones físicas; y participar en la simulación, revisión de diseños o procesos de evaluación.

En el instituto no se cuenta con la herramienta de tele-inmersión para la representación holográfica, debido a lo anterior se pretende elaborar un prototipo que genere una proyección de este tipo.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de la tele-inmersión ha sido durante mucho tiempo que las personas en lugares remotos compartan una sensación de presencia. Un sistema de tele-inmersión adquiere la representación 3D del entorno de un colaborador a distancia y los envía por la red en la que se representa en el entorno del usuario. La Adquisición, reconstrucción y transmisión y tienen que ser hechas en tiempo real para crear una sensación de presencia. Este nuevo medio de telecomunicación, que combina la realidad virtual con la videoconferencia, combina los procesos de visualización e interacción propios de la realidad virtual con nuevas técnicas de visión que trascienden las tradicionales limitaciones de una cámara. En vez de ceñirse a observar personas y su entorno inmediato desde una sola posición preeminente, las estaciones de tele inmersión las reproducen como "esculturas animadas", sin limitarse a favorecer una perspectiva exclusiva.

Con adición de recursos básicos de hardware, el paralelismo puede aumentar el volumen de adquisición y la calidad de la reconstrucción de datos en tiempo real. Sin embargo, esto no es tan fácil para la representación, ya que todos los datos deben ser combinados en una sola pantalla. La Tele-Inmersión es la aplicación multimedia que se presenta como una herramienta colaborativa de referencia. La innovación de este concepto reside en la representación de una tercera dimensión y en el seguimiento del usuario para representar la escena correspondiente según su posición en cada instante.

El presente trabajo está conformado por 6 capítulos:

El capítulo 1, se abordan temas como la motivación y relevancia que tiene el presente trabajo así como los alcances y contribuciones.

En el capítulo 2 consiste en describir cómo ha sido tratado el tema del presente trabajo que es la Tele inmersión y la holografía en nuestros días y cuáles son las tendencias de la Tele inmersión.

En el capítulo 3 se abordan los fundamentos teóricos necesarios para el desarrollo del presente trabajo como son los conceptos utilizados a lo largo de esta tesis como reflexión interna total, manipulación de estructuras tridimensionales, codificación de video y la calidad de experiencia en la difusión de video.

En el capítulo 4 se abordan los temas necesarios para el buen desarrollo del presente trabajo que es la difusión de video mediante hologramas, temas como la captura del video, difusión de video, Representación y modelado en 3D.

En el capítulo 5 se aborda la última etapa del proyecto que es la construcción del prototipo para la representación y modelo en 3D (generación del holograma).

En el capítulo 6 se ofrecen las conclusiones y mejoras del proyecto en base a los resultados obtenidos a lo largo de la presente tesis.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 MOTIVACIÓN

Como se comentó anteriormente el objetivo de la tele-inmersión ha sido durante mucho tiempo que las personas compartan una sensación de presencia aunque se encuentren en lugares lejanamente distantes.

No solamente se logra representando al usuario en un escenario con una pantalla en 3D, sino que además dicho escenario se muestra según el punto de vista del usuario, es decir, si el interlocutor mira hacia un punto concreto del escenario remoto, esta pantalla mostrará la vista correspondiente a ese movimiento de ojos o de cabeza. En otras palabras, el efecto generado es el de crear una ventana o una superficie que corresponda a cada cara del usuario entre los dos sitios remotos es decir de ambos usuarios tanto el usuario que se encuentra en un sitio local tanto el usuario que se encuentra en el sitio remoto. De esta forma, el ojo humano tiene la sensación de que los entornos de los interlocutores se funden entre ellos como si de extensiones se trataran, o en otras palabras, la sensación de estar allí (“being there”). Además se permite la posibilidad de compartir e interactuar con objetos, animaciones 3D o herramientas de laboratorio del mismo modo que las aplicaciones convencionales. [1]

Otro aspecto interesante es el alcanzar parámetros de rendimiento suficientes que aseguren una conexión estable sin cortes, ruido o imperfecciones que romperían la sensación de la presencia física. Para lograr este nivel de comunicación deben cumplirse ciertas condiciones:

- Calidad y resolución adecuadas de las imágenes para que el usuario obtenga sensación de realidad y naturalidad.
- Velocidad de sucesión de imágenes suficientemente rápida como para que el usuario no perciba cortes entre los movimientos del interlocutor y de sensación de fluidez.
- Sincronización de imagen y sonido.
- Perspectiva dinámica de la imagen en función de la posición del usuario.
- Mínimo retardo para asegurar la sensación de tiempo real.

La Tele-Inmersión representa la pantalla en 3D, muestra el punto de vista entre los dos usuarios, como por ejemplo crear una ventana en donde la persona A esta del otro lado viendo a una persona B, y viceversa en este caso ya no es necesario utilizar una cámara. Véase fig. 1.1



Fig. (1.1). Aplicación de la Tele inmersión [1]

En la videoconferencia, la imagen está cercana al tiempo real, pero hay retrasos que provocan algunos saltos en la conversación. Lo que también puede ocurrir, es que la persona se levante de su sitio y no la podemos ver en nuestra pantalla. Con la tele-inmersión la persona no podrá salirse de la pantalla. De hecho, la persona podrá estar móvil y seguir viendo la imagen desde distintos ángulos, como si se mirara por una ventana (mediante seguimiento de imágenes).

1.2 RELEVANCIA

Los entornos holográficos son generados por procesadores con velocidades mayores a los procesadores convencionales. Existen varios pasos para construir un entorno holográfico:

- Un procesador que reconoce la presencia y movimientos de las personas y objetos (cámaras IP).
- Las imágenes quedarán registradas por el servidor, para después enviarlas procesadas al medio de transmisión (Servidor VLC).
- Para después proyectar las imágenes en una superficie diseñada para tal fin (Servidor VLC y prototipo).

Las primeras versiones de los prototipos de tele-inmersión requerían que los usuarios se pusieran unas gafas especiales que seguían los puntos de mira hacia la pantalla, en el otro lado, las personas que aparecen como imágenes 3-D, son registradas con un grupo de cámaras, esto habilita la correcta visualización de la profundidad en la pantalla, similar a lo que ocurre cuando se ve una película en 3D en el cine, es decir, los ojos son como cámaras fotográficas que obtienen imágenes planas, de dos dimensiones, debido a la separación que existe entre ambos ojos, esta visión binocular consigue dos imágenes que son ligeramente distintas, y esa diferencia varía en función de la distancia a la que se encuentran los diferentes objetos que caen en el campo de visión. El cerebro es el encargado de interpretar esas imágenes planas de manera que construye la tridimensionalidad a la que se está acostumbrado.

Así que los diferentes sistemas tridimensionales intentan reproducir la forma en que los ojos registran imágenes del mundo real, para que se perciba la imagen proyectada en una pantalla plana como si no fuera bidimensional.

Como parámetros mínimos haciendo una agrupación por etapas del sistema de tele-inmersión [2] (Véase Fig. 1.2) se tienen los siguientes,

Nivel de Captura

- *Cámaras IP, servidores de alta velocidad*

Medio de Transmisión

- *Red de alta velocidad, Internet 2*

Nivel de Visualización

- *Pantallas especiales (Prototipo)*

Por el momento cabe mencionar, que el primer componente es el nivel de captura en 2D que consta de un grupo de cámaras, donde cada grupo reconstruye una cadena de video en 2D. El segundo componente es el medio de transmisión, para enviar los datos en 2D. El tercer componente es la representación del sistema de niveles en Tercera Dimensión (a lo que se le conoce como Video Inmersión)

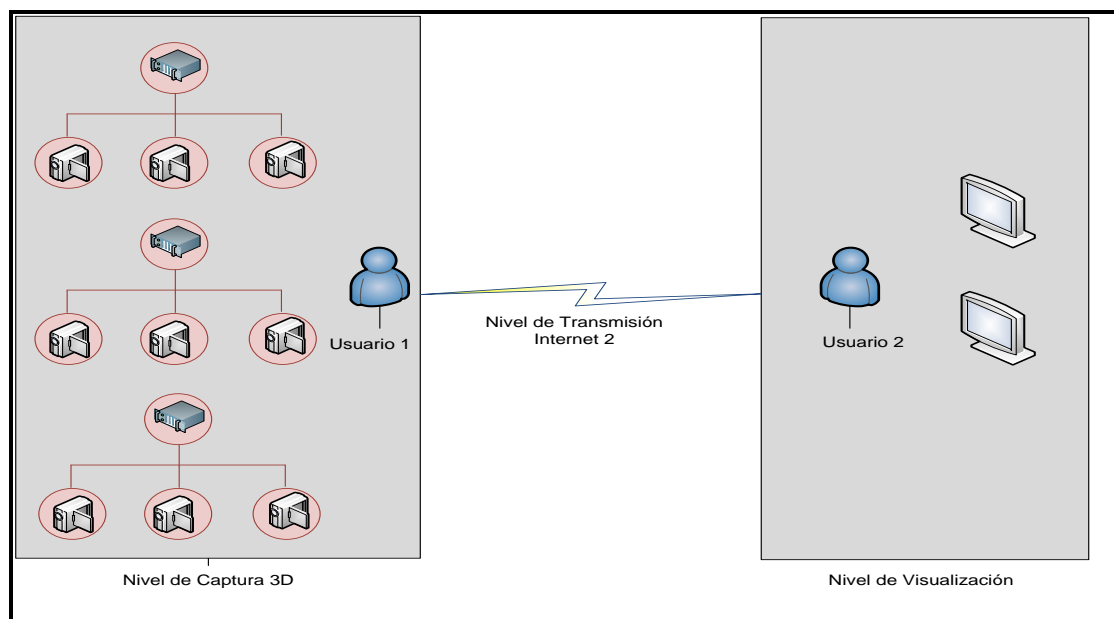


Fig. (1.2) Componentes de la Tele-inmersión (Alto Nivel)[2]

1.3 ALCANCES Y CONTRIBUCIONES

- Describir un sistema tanto a nivel de captura (sitio remoto) como a nivel de visualización (sitio local) que puede ser fácilmente adaptable en cualquier lugar que cumpla con los principios básicos de funcionamiento de un sistema de videoconferencia.
- El desarrollo de este trabajo se puede utilizar en otros ambientes no tan relacionados con videoconferencia, y aprovecharlo como medio de entretenimiento por ejemplo en la visualización holográfica en tercera dimensión de películas cinematográficas.
- Una de las contribuciones es la propuesta de un modelo de carácter general, para la visualización holográfica con ayuda de un prototipo, donde el control de dicho ambiente teleinmersivo es basándose en la calidad de experiencia del espectador.
- Se aprovechan diversos factores humanos (incluyendo preferencias, patrones de control y limitaciones) en los ambientes tele-inmersivos para lograr un control más inteligente y más eficaz en la red. Se prevé muchas oportunidades para aplicar dicho marco en la obtención de la mejor utilización de los recursos en ambientes restringidos. Aunque el presente trabajo se centra en los datos de video, el enfoque es generalmente aplicable a otras modalidades y extensible a otras aplicaciones 3d más allá de la tele-inmersión, como los sistemas de vigilancia y multi-sensoriales en hogares donde se requiere la asistencia a los usuarios.
- Se muestra al usuario centrado en el diseño es decir el usuario será capturado en tiempo real y mostrado de forma holográfica de igual manera en tiempo real, teniendo como parámetros la calidad de experiencia del usuario que ayudara a tener en cuenta que tan perceptible es el video en la estación (prototipo pirámide) y además se presenta un marco de evaluación para sistemas 3dti, y los parámetros, protocolos y herramientas que se necesitan para aplicarlo en la infraestructura de la ESIME Zacatenco. se demuestra que los usuarios tienen un único beneficio para la adaptación de los recursos en el dominio de sistemas tele inmersivos.
- La realización del presente trabajo es precursor en realizar un Modelo para la aplicación de 3dti (Tele inmersión en 3D, mediante holografía) en ESIME Zacatenco, proponiendo los parámetros mínimos para la captura de video, el transporte del mismo, y la visualización de video holográfico.

1.4 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

Dado que el último objetivo de la tele-inmersión es entregar una experiencia convincente para el usuario final, se ha creado la adopción de una perspectiva más centrada en el usuario llamada Calidad de experiencia, es decir, la aceptabilidad global de una aplicación o servicio, tal y como se percibe subjetivamente por el usuario final. Incluye la totalidad de efectos del sistema extremo a extremo (cliente, terminal, red, servicios de infraestructura, etc) y puede verse influenciada por las expectativas de los usuario. Se argumenta que los factores humanos (por ejemplo, las entradas de usuario,

preferencias y limitaciones, etc.) son una parte esencial de los sistemas tele-inmersivos, y debe tenerse muy en cuenta durante el diseño, desarrollo y evaluación del sistema tele-inmersivo.

La percepción de la conciencia del usuario permite desarrollar nuevos enfoques para la gestión de la demanda de recursos en los sistemas complejos de tele-inmersión. Se demuestra, que tomando el control del lazo humano, se puede tener una mejor comprensión de los diversos aspectos de los sistemas 3DTI, la velocidad de fotogramas son en realidad imperceptibles para el ojo humano, por lo tanto innecesarios ante el ojo humano, si se quiere más bien baja velocidad de fotogramas con una mayor resolución espacial o mayor velocidad de fotogramas con menor resolución espacial. Es decir, que los flujos son semánticamente más importantes para los usuarios ya sea en un punto dado en el tiempo, el aumento del número de puntos de vista o la reducción de extremo a extremo de latencia, lo anterior en términos de utilidad percibida por el usuario final.

En la presente tesis se propone un enfoque para 3DTI enfocado al INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL, ESIME Zacatenco. Se propone un marco para la gestión de datos de vídeo y las funciones a través de la canalización de tele-inmersión, además los protocolos que se pueden utilizar, con la infraestructura que cuenta el instituto a nivel de transporte y aplicación. El enfoque es integral, ya que involucra a todos los componentes de la función de vídeo. La Figura 1.3 da una visión general del marco.

Hay que tener en cuenta que siguiendo el sistema 3DTI no sólo contiene el entorno tecnológico, sino también a los usuarios en sitios distribuidos.

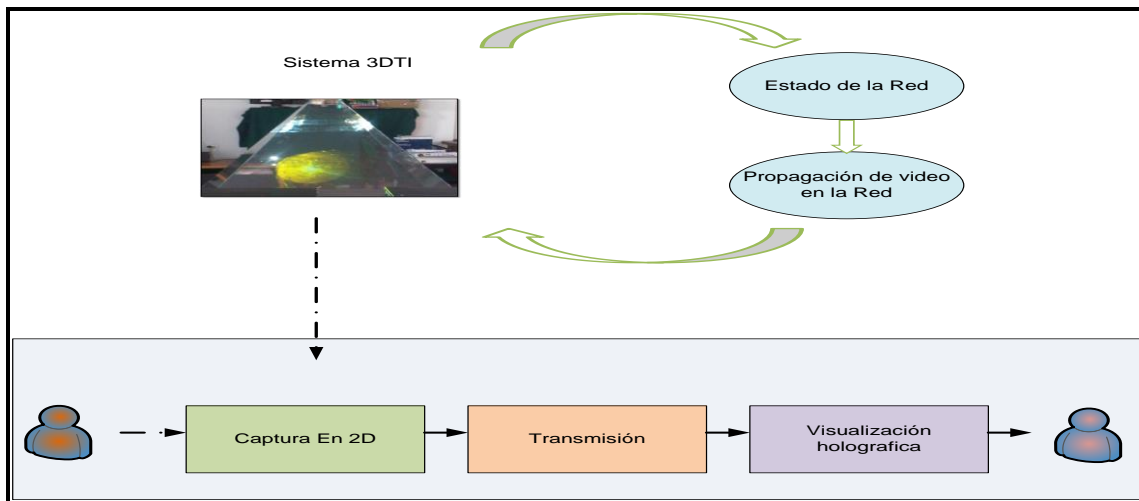


Fig. (1.3) Resumen de la tesis: se propone un enfoque integral, un marco para la gestión de datos de vídeo y funciones a lo largo del sistema de tele-inmersión.

1.5 RESUMEN

Como visión general, se debe abordar la reducción y adaptación de los datos a nivel del transporte dentro de cada secuencia de vídeo en la primera etapa, es decir, la captura en 2D y la reconstrucción Véase Fig. (1.3). Esta solución, es la “compresión”, que reduce considerablemente el tiempo de procesamiento de cada flujo, por lo tanto mejora la interactividad (mejora de la calidad de imagen y reducción de los retrasos, latencia) y la calidad general percibida del sistema.

Sin embargo, con múltiples vistas de las cámaras de captura en una escena, los múltiples flujos de vídeo siguen constituyendo un reto para el recurso de ancho de banda. Al abordar el reto espacial se puede reducir y adaptar los datos en el proceso de difusión o transmisión, significativamente reduce la demanda de ancho de banda de la red y por lo tanto mejora los recursos espaciales, la eficiencia y la calidad general percibida del sistema. Esta parte se presenta en el capítulo 3.

La experiencia del usuario puede ser mejorada teniendo al usuario centrado en enfoques en el diseño y la ejecución de la obra (Calidad de experiencia), es decir en todo momento teniendo en cuenta la opinión del usuario final en la visualización de video holográfico, hasta el momento se han considerado varias métricas de rendimiento del sistema (por ejemplo, la latencia, velocidad de cuadro), así como diferentes métricas en base a la experiencia de los usuarios (por ejemplo, la calidad percibida del video), y además se puede considerar el término la calidad del sistema. Al abordar el reto de la calidad, se considera la última etapa del proyecto, es decir, la representación en 3D o renderización Véase Fig. (1.3), donde los usuarios experimentan la colaboración en sistemas 3DTI. Esta parte se detalla en el Capítulo 5.

CAPÍTULO II

ESTADO DEL ARTE

2.1 INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, y en muchas partes del mundo, han surgido miles de investigaciones en el área de la computación y telecomunicaciones, derivando esto en el surgimiento de nuevos conocimientos y de nuevas áreas de estudio.

En el actual apartado, se hace una evaluación de los trabajos de investigación con relación al tema de tesis y se discriminan aquellos factores que puedan no contribuir al correcto desarrollo del presente trabajo. Además se profundiza en aspectos de realidad virtual que hacen hincapié en la Tele-inmersión.

La interacción humana tiene elementos verbales y no verbales. Pero la videoconferencia parece como si se hubiera ideado específicamente para elementos no verbales. En los sistemas de videoconferencia actuales es imposible, por ejemplo, mirarse a los ojos porque la cámara y la pantalla no pueden ocupar la misma posición. Esto suele dar un tono envarado y frío a las relaciones, ya que el cruce de miradas es casi siempre un medio subconsciente de transmitir confianza. Los participantes tampoco pueden adquirir consciencia de sus posiciones relativas y, por tanto, no disponen de un modo claro de llamar la atención y expresar aprobación o desacuerdo.

2.2 ANTECEDENTES

Como primer punto se tiene un trabajo bastante importante, tomando en cuenta la importancia que desempeña la difusión de video en el sector de las telecomunicaciones y educación, esto significa que partiendo de él es como ha crecido la tecnología hasta nuestros días y por esto ha sido incluido.

La secuencia seleccionada va determinada por el orden cronológico, pero también por la cercanía al desarrollo planteado. Esto permite que sean revisados de mejor manera y facilita en cierto grado la comprensión de lo que pretende alcanzar esta tesis.

La transición de los trabajos de investigación mencionados en el texto no van ligados en su totalidad, ya que las herramientas que utilizan son las que merecen su estudio, mas no del todo su funcionalidad.

2.3 TRABAJOS RELACIONADOS

El video surge con una tecnología íntimamente ligada a la televisión, pues nació como auxiliar de esta para evitar que la programación fuera en directo, facilitando el trabajo de grabación, la planeación de horarios, el almacenaje de programas y la reproducción de los mismos.

La innovación en el registro de imágenes visuales y auditivas en este formato, comienza a finales de los años cincuenta e inicios de los sesentas: es entre 1965 y 1978 cuando se consolida como un medio con singularidad y aplicaciones propias, independiente de la producción televisiva.

Con el auge de la informática, el video ha sufrido una doble transformación: por un lado, su utilización se generaliza en el campo de la cultura, el entretenimiento y la educación.

El video actualmente se considera un híbrido cultural que ha logrado integrar tendencias forjadas en otros medios como la computadora, por otra parte, su influencia social ha adquirido importancia como medio de denuncia y documentación, además de su utilización en el campo de entretenimiento y educación.

En los últimos años se han realizado numerosas investigaciones, especialmente en Europa y Estados Unidos, en la que se demuestra la conveniencia de usar video digital en el aula con el objeto de cumplir objetivos de aprendizaje propuestos. Conveniencia que se fundamenta principalmente en el potencial de expresión y comunicación que ofrece el video y en el hecho de que vivimos en un mundo que es cada vez más visual; pero además en la disminución del costo de las videocámaras digitales y en el desarrollo de tecnologías como el “streaming” que han facilitado el uso y distribución de materiales educativos a través de internet [8].

En la actualidad lo que se requiere para poder hacer uso de un video en internet es que tenga una buena calidad, una buena resolución y que si se hace en tiempo real tanto las imágenes y el audio lleguen sin desfase en las señales lo que se requiere que este sincronizado.

Tradicionalmente los gráficos computacionales han creado imágenes para empezar con una descripción geométrica muy detallada. Sometiendo esto a una serie de transformaciones que orientan al espectador y los objetos en el espacio tridimensional, imitando la realidad al hacer que los objetos se ven sólidos y reales (Renderización) [9].

El núcleo tecnológico usado en un sistema de videoconferencia es la compresión digital de los flujos de audio y vídeo en tiempo real. Su implementación proporciona importantes beneficios, como el trabajo colaborativo entre personas geográficamente distantes y una mayor integración entre grupos de trabajo [10].

Pues en el presente trabajo se busca llegar a un nivel superior de la video conferencia conocido como tele inmersión que es la aplicación multimedia que se presenta como una herramienta colaborativa de referencia. Véase Fig. (2.1) La innovación de este concepto reside en la representación en tercera dimensión y en el seguimiento del usuario para representar la escena correspondiente según su posición en cada instante. Para lograr este nivel de comunicación deben cumplirse ciertas condiciones: Calidad y resolución adecuadas de las imágenes para que el usuario obtenga la sensación de realidad y naturalidad [11]. La Tele-inmersión puede ser el siguiente desarrollo importante en la tecnología de la información. El uso de Teleinmersión, hace posible visitar una persona en todo el mundo, ‘sin poner un pie fuera’.

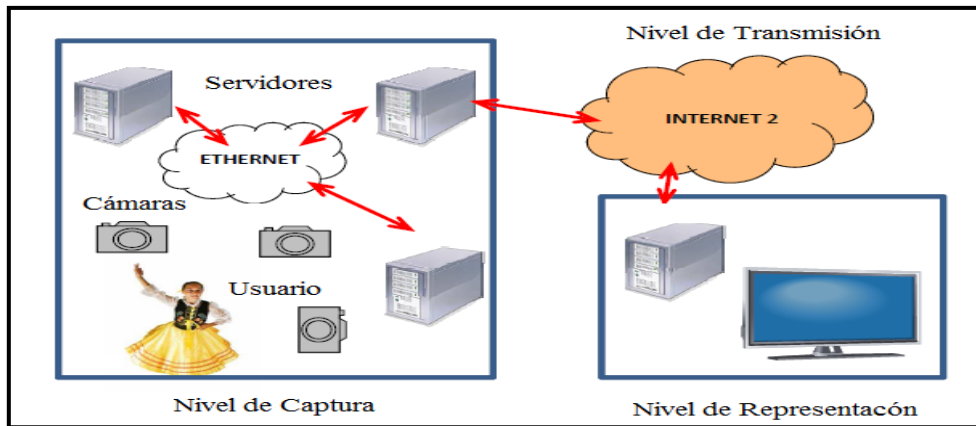


Fig. (2.1) Modelo de Aplicación Tele-inmersivo

La tele inmersión es un nuevo medio que permite a los usuarios compartir un espacio virtual con participantes remotos. Véase Fig. (2.2) El usuario se sumerge en un mundo 3D que se transmite desde un sitio remoto. Este medio para la interacción humana, gracias a la tecnología digital, se aproxima a la ilusión de que una persona se encuentra en el mismo espacio físico que los demás, a pesar de que puede estar a miles de kilómetros de distancia. Se combinan las técnicas de visualización e interacción de la realidad virtual con las nuevas tecnologías de visión por computadora. Así, con la ayuda de esta nueva tecnología, los usuarios en sitios geográficamente distribuidos pueden colaborar en tiempo real en una residencia o en un entorno simulado, sumergirse en sí, tener presencia y se sientan como si estuvieran compartiendo el mismo espacio físico [12].



Fig. (2.2) Representación de video mediante Teleinmersión[4]

Síntesis final de las tecnologías de los medios de comunicación:

- Escaneo en entorno 3D
- Tecnologías proyectivas y pantalla
- Tecnologías de seguimiento
- Tecnologías de audio
- Robótica y sensores hápticos (percepciones táctiles como temperatura, textura, forma, dureza, forma, etc)
- Y la creación de redes de gran alcance. Los requisitos importantes para el sistema de tele-inmersión, lo convierten en una de las aplicaciones de red más exigentes

En un entorno tele-inmersivo consiste en reconocer la presencia y los movimientos de personas y objetos, hacer un seguimiento a las personas y las imágenes, y luego les permiten proyectarse en entornos sumamente realistas, y además entornos geográficamente distribuidos. Para ello es necesario el muestreo, así como los rostros de los usuarios y los órganos, lo cual es un nuevo reto que se moverá la gama de tecnologías emergentes, tales como la extracción de escena profundidad y la representación, para llevar a la videoconferencia al siguiente nivel [13].

La tele inmersión, facilita no sólo la interacción entre los propios usuarios, sino también entre los usuarios y los modelos generados por ordenador y simulaciones. Para ello será necesario ampliar los límites de la visión por computadora, el seguimiento, la pantalla y las tecnologías de representación. Como resultado, todo esto permitirá a los usuarios obtener una experiencia atractiva y sentará las bases para un mayor grado de su integración en el sistema.

La Tele-inmersión puede sonar como la videoconferencia convencional. Pero es mucho más. Cuando la videoconferencia ofrece imágenes planas a una pantalla, la tele-inmersión recrea un entorno remoto completo. Aunque no fuera así, la tele-inmersión puede parecer como otro tipo de realidad virtual. La realidad virtual permite a la gente a moverse en una representación pre-programada de un entorno 3D, mientras que la tele-inmersión es la medición del mundo real y transmisión de los resultados en un sistema sensorial.

Un sistema de tele-inmersión está diseñado tanto para adquirir un modelo 3D del usuario local y el medio ambiente para la representación e interacción en sitios remotos, y para proporcionar una experiencia de inmersión para el usuario local a través de seguimiento de la cabeza y la visualización estereoscópica proyectada en pantallas a escala de la vista. Una configuración típica se puede representar de la siguiente manera Véase Fig. (2.3).

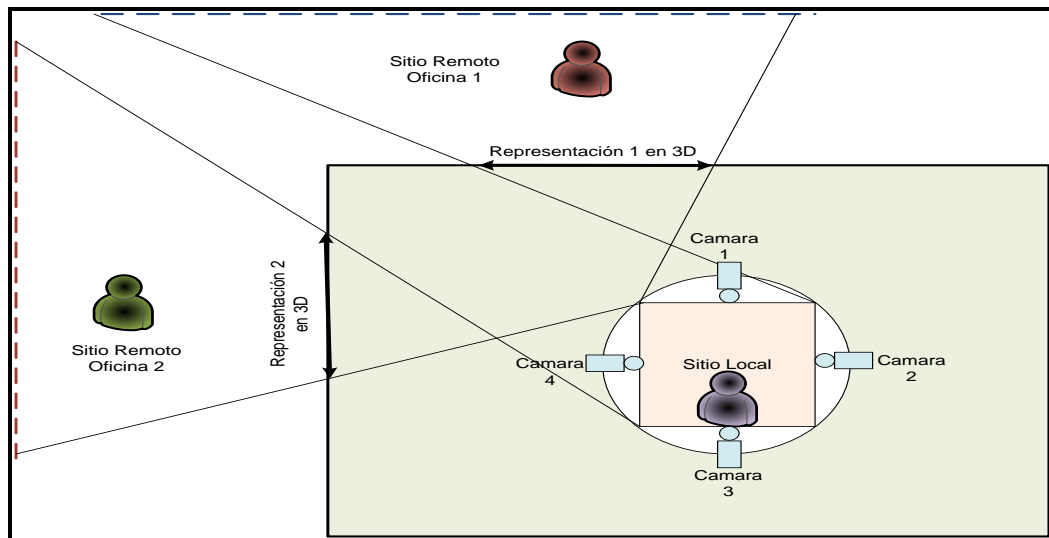


Fig. (2.3) Sistema de tele inmersión básico

Otro de los trabajos representativos dentro del campo, es el realizado con respecto a los parámetros mínimos de la Tele inmersión. El Objetivo es alcanzar parámetros de rendimiento suficientes que aseguren una conexión sin interferencias, ruido o imperfecciones que romperían la sensación de presencia física, para lograr este nivel de comunicación deben cumplirse ciertas condiciones como son las siguientes:

- Calidad y resolución adecuadas de las imágenes para que el usuario obtenga la sensación de realidad y naturalidad.
- Velocidad de sucesión de imágenes suficientemente rápida como para que el usuario no perciba cortes entre los movimientos del usuario o de sensación de fluidez.
- Perspectiva dinámica de la imagen en función de la posición del usuario.

Se pretende que el presente trabajo ayude a posteriores generaciones a materializar lo propuesto en esta tesis., como es el transporte del video a través de una red con I2

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se describen los parámetros necesarios para la difusión de video y la representación holográfica, tomando elementos de referencia, como son los principios de funcionamiento, tanto los componentes de captura, protocolos que se harán uso para la buena transmisión del video y los componentes que se ocuparán para la visualización.

A continuación se tratan aspectos generales de los factores que conforman al presente trabajo de investigación, dividiéndolo en tres grupos: captura, transmisión, y representación.

3.2 ANTECEDENTES

La analogía de una cámara sintética se usa a menudo y esto es una buena alusión para tener en cuenta ciertas limitaciones importantes que no suelen estar disponibles en una cámara de gráficos por computadora (profundidad de campo y desenfoque de movimiento son dos ejemplos). Cuando se hace una toma de un objeto, es tomada en el dominio de la tercera dimensión pero los algoritmos utilizados para la representación de gráficos se hacen en segunda dimensión.

Tradicionalmente los gráficos computacionales han creado imágenes para empezar con una descripción geométrica muy detallada. Sometiendo esto a una serie de transformaciones que orientan al espectador y los objetos en el espacio tridimensional, imitando la realidad al hacer que los objetos se vean sólidos y reales, a este cálculo se le conoce como renderización.

El Software se desarrolla rápidamente para utilizar el hardware que ayudara a reproducir el video, respecto a lo anterior es muy importante tomar en cuenta ya que a lo anterior se le conoce como rasterización, La rasterización es el proceso por el cual una imagen descrita en un formato gráfico vectorial se convierte en un conjunto de píxeles o puntos para ser desplegados en un medio de salida digital, como una pantalla de computadora, una impresora electrónica o un bitmap. Este procedimiento se suele usar en momentos muy concretos:

- Cuando se trabaja con imágenes de una gran complejidad (con muchos objetos independientes y en constante movimiento).
- Cuando se van a aplicar filtros a la imagen resultante, cosa que no se efectúa con los objetos iniciales.

La función de representar el video en forma realista es el cálculo de la luz de interacción de objetos y ésta se divide claramente en dos campos, el desarrollo de los modelos de reflexión local y el desarrollo de los modelos globales. Los modelos de reflexión local o directa, consideran la interacción de un objeto con una fuente de luz como si el objeto y la luz estuvieran flotando en un espacio negro.

Esto es, únicamente la primera reflexión de luz de los objetos considerados, los modelos de reflexión global consideran cómo la luz se refleja desde un objeto y viaja a otro, en otras palabras la luz incide en un punto de una superficie que puede venir de otra fuente de luz (luz directa) o luz indirecta que ha golpeado a otro objeto. Véase Fig. (3.1)

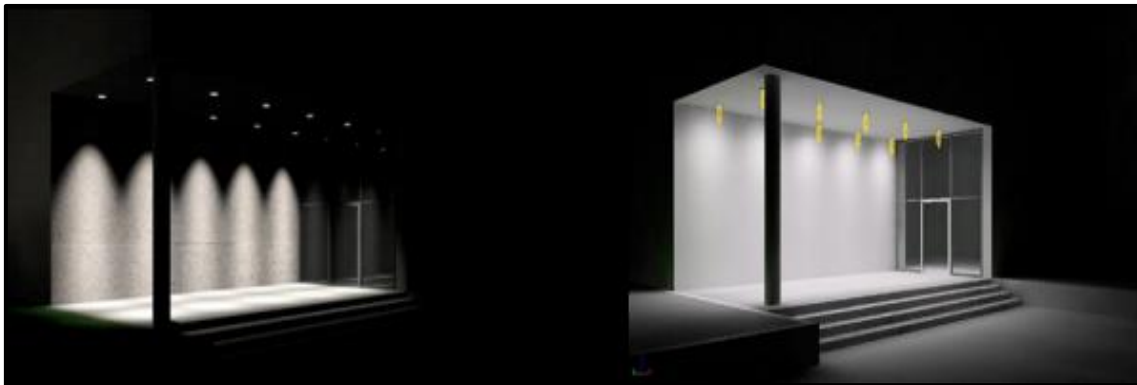


Fig. (3.1) Modelo con interacción local o directa y modelo con interacción global respectivamente

3.3 MODELO DE REFLEXIÓN DE UNA SUPERFICIE CON INTERACCIÓN LOCAL

Dos avances iniciales que van de la mano es el desarrollo de algoritmos para la eliminación de superficies ocultas y las imágenes con sombra, simulando la interacción de un objeto con una fuente de luz. Las imágenes con sombra es el mayor propósito del modelo de reflexión de Phong. Este modelo es muy elegante pero dicho modelo completamente empírico que usualmente termina con un objeto que refleja más luz de la que recibe, estos parámetros son basados en aspectos de la reflexión de luz de una superficie. A pesar de esto, es el modelo más utilizado en servidores para gráficos, responsables de la gran mayoría de las imágenes creadas, teóricamente basado en modelos de reflexión con más precisión y hace que los parámetros tengan un significado físico, esto es, que las mediciones de las superficies se hagan en tiempo real. Por ejemplo, la luz se refleja diferente en una superficie isotrópica tal como el plástico o el papel en comparación con una superficie no isotrópica tal como el aluminio pulido, estos efectos pueden ser imitados para modelar explícitamente las características de la superficie

Estos modelos tratan de imitar el comportamiento de la luz en un nivel de escala 'milimétrica' (donde la rugosidad de la geometría de la superficie es todavía mucho mayor que la longitud de onda de la luz), su propósito es imitar la superficie del material u objeto, como alternativa, los parámetros de un modelo pueden ser medidos en una superficie real y usado para la simulación. El trabajo en los modelos más elaborados o reflexión teórica locales no parece haber ganado la aceptación generalizada en cuanto a que es la implementación de los sistemas de representación se refiere.

Es debido al hecho de que los usuarios no perciben que los costos adicionales de procesamiento valen la mejora en la apariencia del objeto sombreado.

Físicamente los sistemas basados en la representación de Phong es describir el comportamiento de reflexión utilizando la función de distribución de reflectancia bidireccional (BRDF). En un punto dado sobre una superficie de la BRDF es una función de dos direcciones, una hacia la luz y uno hacia el espectador. Las características de la BRDF determinará qué "tipo" de material piensa el espectador es el objeto mostrado, por lo que la elección de BRDF y sus parámetros es importante.

Donde tiene las siguientes propiedades:

1. Cumplimiento de las leyes de conservación de la energía y de reciprocidad.
2. Permite la reflexión anisotrópica, dando la apariencia de pulido visto en los metales.
3. Está controlado por parámetros intuitivos.
4. Representación del comportamiento, donde la especularidad aumenta a medida que el ángulo de incidencia baja.

3.4 MODELO DE INTERACCIÓN GLOBAL

La Interacción global da lugar a fenómenos tales como la determinación de la intensidad de la luz dentro de un área de sombra, la reflexión de los objetos en sí (interacción especular) y un sutil efecto conocido como sangrado de color donde el color de una superficie difusa se transporta a otra superficie cercana (interacción difusa). Los degradados de color es el fenómeno en el que los objetos o superficies son de color por reflexión de luz de color de las superficies cercanas.

El sangrado de color entonces es la transferencia de color entre objetos cercanos o, causados por el reflejo de color de luz indirecta. Este es un efecto visible que aparece cuando una escena se renderiza con radiosidad o iluminación global completa, o de otra manera se puede simular mediante la adición de luces de colores para una escena 3D. Véase Fig. (3.2)



Fig. (3.2) Sangrado de color en tiempo real

La intensidad de la luz dentro de un área de sombra sólo se puede determinar a partir de la interacción global. Un área en la sombra, por definición, no puede recibir directamente la luz de una fuente luminosa, sólo de manera indirecta de la luz que refleja de otro objeto. Cuando una espectador ve los objetos brillantes en una escena que se espera ver en ellas el reflejo de otros objetos. Una superficie muy brillante, tal como cromo plateado, se comporta casi como un espejo que puede tomar todo su detalle de la superficie de su entorno y de distorsión geométrica de acuerdo con esta curvatura de la superficie. Véase Fig. (3.3)

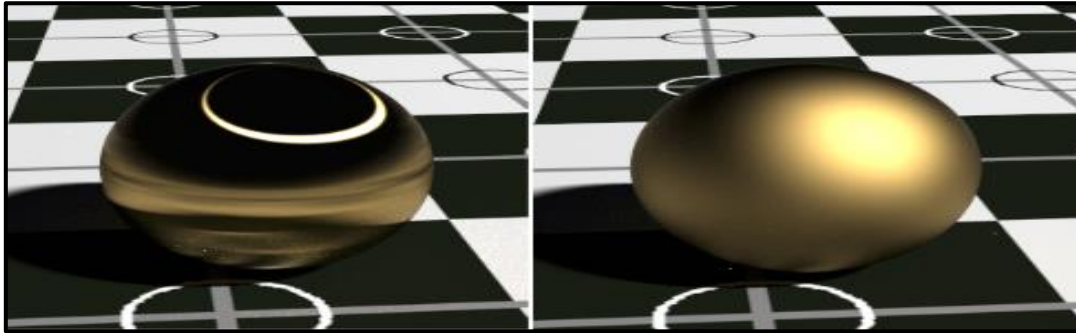


Fig. (3.3) Áreas de Sombra

Los modelos globales son el trazado de rayos y radiosidad. Sin embargo, en su ejecución ambos modelos sólo atienden un aspecto de la iluminación global. La Interacción difusa es común en interiores artificiales que tienden a tener carpetas en el suelo y acabados mate en las paredes Véase Fig. (3.3), áreas en una habitación que no pueden ver la fuente de luz se iluminan por la interacción difusa, mutuamente excluyentes en el que las imágenes creadas por ambos métodos tienden a tener la identificación de "firmas". Imágenes de trazado de rayos se distinguen por perfectos reflejos y refracción recursiva fuerte. La radiosidad de las imágenes suelen ser de interiores suavemente iluminadas y no contienen objetos especulares o brillantes.

3.5 MANIPULACIÓN DE ESTRUCTURAS TRIDIMENSIONALES

Las transformaciones son herramientas importantes en la generación de escenas tridimensionales, que se usan para mover objetos en un entorno para construir una vista de 2 dimensiones en el medio para una superficie. Para representar estos gráficos el método utilizado es el de representar un objeto en una malla de polígonos. Lo anterior se hace mediante la representación de la superficie de un objeto como un conjunto de polígonos planos conectados y cada polígono es una lista de puntos (conectados).

Esta forma de representación ya sea exacta o una aproximación dependiendo de la naturaleza del objeto, pero como se ha estado mencionando que el objetivo del presente trabajo es la representación de personas (difusión de video en tercera dimensión mediante holografía), pero por ejemplo un cubo puede ser representado exactamente por seis cuadrados, un cilindro, por otra parte puede ser aproximado mediante polígonos, por seis rectángulos para hacer la superficie curvada y dos hexágonos para representar las 2 caras que hacen la forma de un cilindro. El número de polígonos usados en la aproximación determinara como exactamente el objeto es representado y si tiene

repercusiones en el costo del modelado, el almacenamiento, el costo de renderización y la calidad que tendrá el video.

El modelo de malla poligonal consiste de una estructura de vértices, cada vértice será un punto en tercera dimensión (voxel), llamado espacio de coordenadas mundo, después se tratara como los vértices serán conectados para formar los polígonos y como los polígonos son estructurados en objetos completos. Pero para poder comenzar, se consideran a los objetos como un conjunto de vértices en tercera dimensión y ver cómo estas transformaciones en un espacio en tercera dimensión se usaran transformaciones lineales.

3.6 GEOMETRÍA EN TERCERA DIMENSIÓN, TRANSFORMACIONES AFINES

Técnicamente se dice que una transformación está compuesta de cualquier combinación de transformación lineal (rotación, escala, y sombreado) seguido de la traslación. El objeto es definido en un sistema de coordenadas mundo la cual es convencionalmente un sistema diestro. Un sistema de coordenadas en tercera dimensión diestro y zurdo Véase Fig. (3.4) son convenciones matemáticas estandarizadas para visualización en el contexto de tercera dimensión, la diferencia entre los dos sistemas es la sensación del eje z. la rotación del eje z con los dedos desde el eje x al eje positivo y, dando una dirección diferente del eje z por el pulgar dependiendo de qué sistema se utilizara. Algunas veces será conveniente definir los objetos en su propio sistema local de coordenadas, hay tres razones para esto, cuando un objeto en tercera dimensión es modelado es usualmente construido mediante los vértices con respecto a algunos puntos de referencia del objeto. Un objeto complejo puede tener un número de sistemas de coordenadas locales, una para cada sub-parte, esto puede ser que el mismo objeto puede aparecer varias veces en una escena y una definición con un origen local es la única forma sensible a este conjunto.

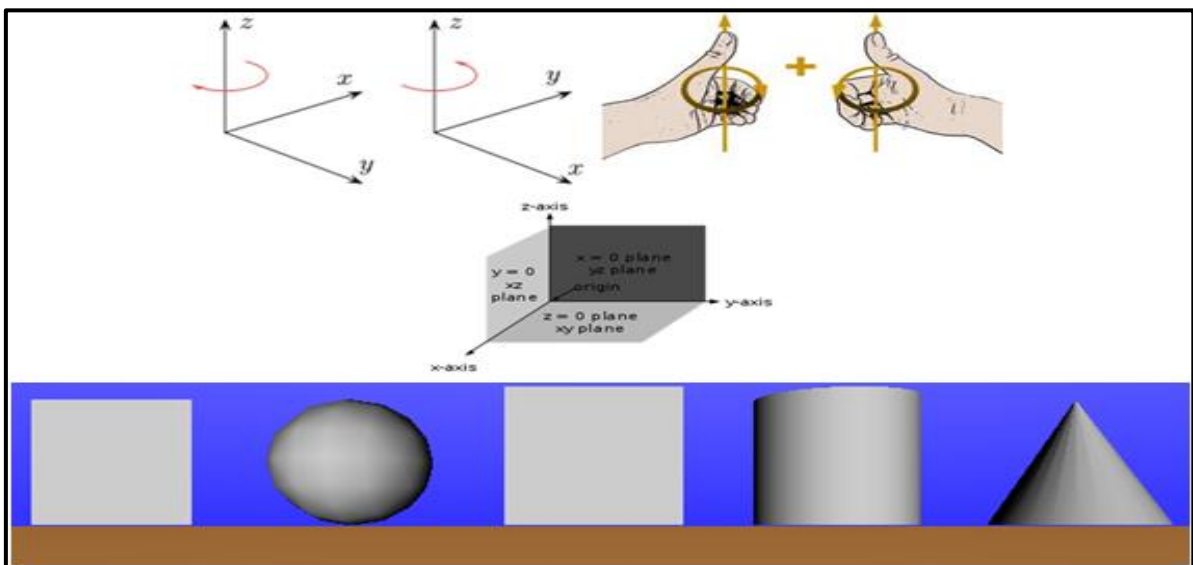


Fig. (3.4) (a) Sistema con la mano Izquierda (b) Sistema con la mano derecha Véase Apéndice B

La creación de instancias de un objeto mediante la aplicación de una mezcla de transformaciones de traslación, rotación y escalamiento pueden ser vistos como una transformación de sistemas de coordenadas locales de cada objeto en un sistema de coordenadas mundo, finalmente cuando un objeto es rotado, es más fácil si la rotación es definida con respecto a un punto de referencia local así como un eje de simetría. Un conjunto de vértices de tres dimensiones (voxeles) que pertenecen a un objeto pueden ser transformados en otro conjunto de puntos por una transformación lineal, ambos conjuntos de puntos pertenecen al mismo sistema de coordenadas. [14]

La notación de matrices será usada para describir la transformación y la convención para tener el punto o vector como una columna de matrices, procedentes por la transformación de la matriz \mathbf{T} , Usando una notación de matriz, un punto \mathbf{V} es transformado bajo la traslación, escalamiento y rotación como se ve a continuación.

$$\mathbf{V}' = \mathbf{V} + \mathbf{D} \quad (1)$$

$$\mathbf{V}' = \mathbf{S}\mathbf{V} \quad (2)$$

$$\mathbf{V}' = \mathbf{R}\mathbf{V} \quad (3)$$

Donde \mathbf{D} es un vector de traslación, \mathbf{S} y \mathbf{R} son matrices de escalamiento y rotación respectivamente, estas tres operaciones son las más comunes para hacer la transformación de un objeto.

En la animación de un cuerpo rígido puede someterse solo a la rotación, transformación y escalamiento para el modelado del objeto, para permitir las transformaciones anteriores serán tratadas y combinadas de la misma manera, se usara un sistema que se le ha llamado coordenadas homogéneas lo cual incrementa la dimensión del espacio. La razón práctica de lo anterior es permitir incluir la traslación como la multiplicación de matrices y así tener un esquema unificado de transformaciones lineales. En un sistema homogéneo de vértices.

$$\mathbf{V}(x, y, z) \quad (4)$$

Es representado como:

$$\mathbf{V}(w.X, w.Y, w.Z, w) \quad (5)$$

Para cualquier factor de escala $\neq 0$. En la representación de coordenadas cartesianas en tercera dimensión es la siguiente:

$$x = \frac{X}{w} \quad (6)$$

$$y = \frac{Y}{w} \quad (7)$$

$$z = \frac{Z}{w} \quad (8)$$

Si se considera w que tiene un valor de 1, la representación de la matriz de un punto es el siguiente:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \tag{9}$$

Ahora la traslación puede ser tratada como una multiplicación de matriz, como las otras dos transformaciones

$$V' = TV \tag{10}$$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & T_x \\ 0 & 1 & 0 & T_y \\ 0 & 0 & 1 & T_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \tag{11}$$

Esta especificación implica que el objeto es trasladado en tres dimensiones aplicando un desplazamiento T_x , T_y y T_z , para cada vértice que define al objeto, la notación de matriz es una forma conveniente de escribir la transformación como un conjunto de tres ecuaciones.

$$x' = x + T_x \tag{12}$$

$$y' = y + T_y \tag{13}$$

$$z' = z + T_z \tag{14}$$

Un conjunto de transformaciones es completado por la rotación y la escala, se verá primero la escala

$$V' = SV \tag{15}$$

$$S = \begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{16}$$

Donde S_x , S_y y S_z son factores de escala, para una escala uniforme $S_x = S_y = S_z$ de otra manera la escala ocurre a lo largo de estos ejes para lo cual el factor de escala es adimensional, nuevamente el proceso puede ser expresado resumidamente por un conjunto de tres ecuaciones, aplicadas a cada vértice del objeto:

$$x' = x \cdot S_x \tag{17}$$

$$y' = y \cdot S_y \tag{18}$$

$$z' = z \cdot S_z \tag{19}$$

Para rotar un Objeto en el espacio en tercera dimensión se necesita especificar el eje de rotación, esto puede tener una orientación espacial en el espacio en tercera dimensión, pero esto es más fácil si se consideran las rotaciones que son paralelas a uno de los ejes de coordenadas, la transformación de matrices en sentido contrario de las manecillas del reloj (mirando a lo largo de cada eje de hacia el origen), la rotación en el eje x, y, z respectivamente.

(a) Matriz Identidad

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (20)$$

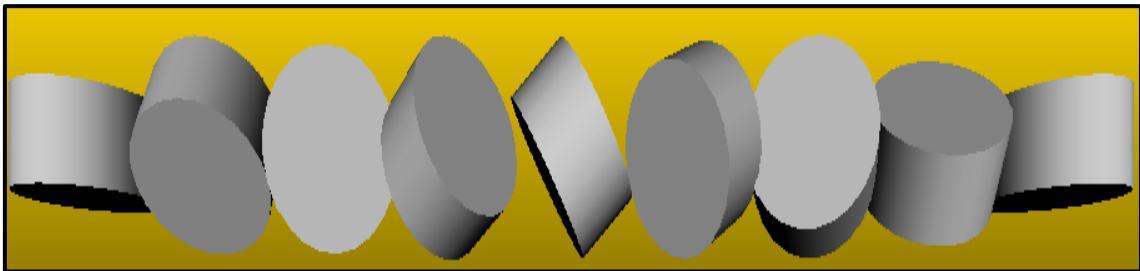


Fig. (3.5) Sistema de transformación de un objeto Véase Apéndice C

La capacidad para concatenar transformaciones para después formar una matriz de transformación completa es muy útil, por ejemplo si se considera rotar el cuerpo alrededor de una línea paralela al eje z la cual pasa a través del punto $(T_x, T_y, 0)$ y también pasa a través de uno de los vértices del objeto, esto implica que el objeto no es el origen y se aplicara la rotación acerca de un punto de referencia en el objeto, en otras palabras se necesita rotar el objeto con respecto a nuestro sistema de coordenadas conocido como el sistema de coordenadas local, no basta con aplicar la matriz de rotación porque esto es definido con respecto al origen y un objeto no es posicionado en el origen, podría rotarse y trasladarse, pero usualmente no es el efecto deseado.

En lugar de lo anterior se podría derivar una transformación completa como a continuación se muestra:

1. Trasladar el objeto al origen.
2. Aplicar la rotación, y
3. Trasladar el objeto atrás de la posición original

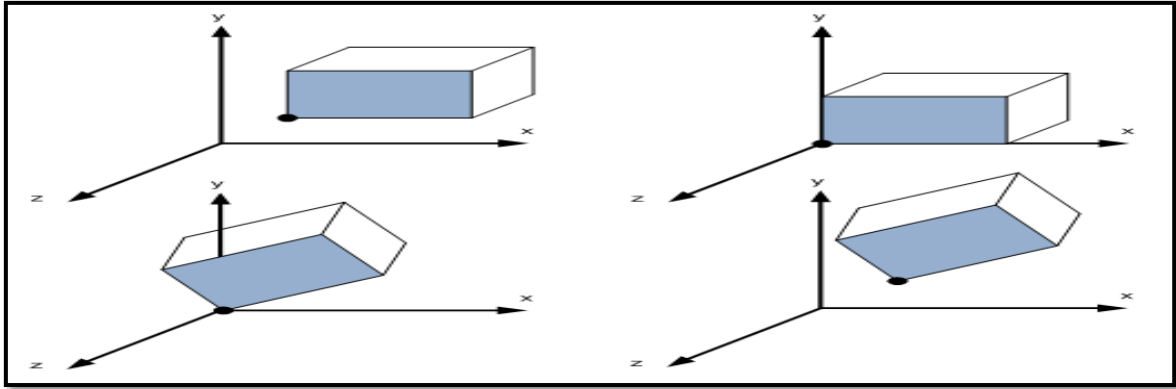


Fig. (3.6). Dos etapas en la construcción de la rotación de un objeto alrededor de uno de sus vértices propios. La rotación es alrededor de un eje paralelo al eje z en el punto $(T_x, T_y, 0)$. Una proyección en dos dimensiones (con el eje z que sale del papel) se muestra por claridad (a) Objeto original en $(T_x, T_y, 0)$ (b) objeto trasladado al origen (c) Objeto girado alrededor del origen (d) Objeto trasladado al punto $p(T_x, T_y, 0)$

3.7 VECTORES ASOCIADOS CON EL VECTOR NORMAL DE REFLEXIÓN

Hay tres vectores importantes que son asociados con la superficie normal, uno es el vector de dirección de luz **L**, el vector de reflexión o vector espejo, **R**, y el vector de vista, **V**. El vector de luz o de dirección **L**, es un vector cuya dirección viene dada por la línea del punto final de la superficie normal a la fuente de luz, lo cual en un contexto simple de sombreado es definido como un punto en una superficie que actualmente se está considerando. Véase Fig. (3.7a). El vector de reflexión **R**, es dado por la dirección de la luz reflejada desde la superficie debido a la luz entrante a lo largo de la dirección **L**, algunas veces llamado dirección espejo, ópticamente el ángulo entrante (incidente) es igual al ángulo saliente (reflejado) Véase Fig. (3.7b)



Fig. (3.7) Vectores asociados con el vector Normal (a) Vector **L**, Vector incidente (b) Vector **R**, Vector de reflexión

3.8 CODIFICACIÓN DE VIDEO EN 3D

Los códec derivan de las palabras compresor y descompresor, son los módulos de software que permiten la compresión y descompresión de los archivos de audio y video para que puedan ser transmitidos en redes de alta y baja velocidad.

Para que el usuario pueda ver las imágenes en el equipo receptor tiene que haber una decodificación de las imágenes si no se hace esta decodificación puede generar problemas como:

- **VIDEO FANTASMA:** Es la forma en que los códecs compensan los elevados flujos de información reduciendo el número de imágenes por segundo el cual puede hacer que los movimientos rápidos se vean borrosos.
- **RETARDO DE AUDIO:** El video descomprimido para ser enviado en calidad de Broadcast requiere un ancho de banda considerable dado en Mbps, entonces los códecs se optimizan para conseguir la mayor calidad posible en bajos índices de transferencia.

Los códecs son usados para codificar el video en tiempo real o pregrabado y ser mandado por la red para que el usuario final solamente con una aplicación lo descomprima y podrá al instante visualizar en su terminal.

Una de las razones de que no es tan común la comunicación basada en video a través de Internet, es porque el video requiere un ancho de banda considerable para ser transmitido por este medio. Una alternativa es ampliar el ancho de banda en los canales de comunicación, la otra alternativa es comprimir el video para poder enviarlo a través de la red.

Para poder hablar de un códec se debe entender primero que es un contenedor de formato, un códec es un algoritmo de compresión para reducir el tamaño del flujo de datos, hay códecs de audio y de video, por mencionar algunos: MPEG-2, MPEG-4, Div X.

Ahora un contenedor de formatos se puede tomar como una caja donde hay un contenido, este contenido es un flujo de audio y/o video, estos flujos pueden ser codificados, En teoría un contenedor puede tener cualquier tipo de códec, pero en la práctica desafortunadamente no es así, hay incompatibilidades, algunos contenedores de formatos pueden ser .mpg, avi, .ogg, .mov, .asf, .mp4.

3.9 CODIFICACIÓN DE VIDEO CON MÚLTIPLES VISTAS (MVC)

Es una extensión de los estándares de compresión de vídeo H.264/MPEG-4 AVC o popularmente conocido como Advanced Video Coding, desarrollado gracias a los esfuerzos conjuntos de MPEG/VCEG, que permite una eficiente codificación de secuencias capturadas simultáneamente desde varias cámaras de vídeo con un único flujo de datos.

El MVC, está orientado a la codificación de vídeo estereoscópico, este sistema de codificación MVC, ha estado pensado para que también sea compatible con H.264/AVC, de forma que permita a los dispositivos antiguos descodificar el vídeo estereoscópico, ignorando la información adicional del segundo punto de vista y mostrando la imagen en 2D.

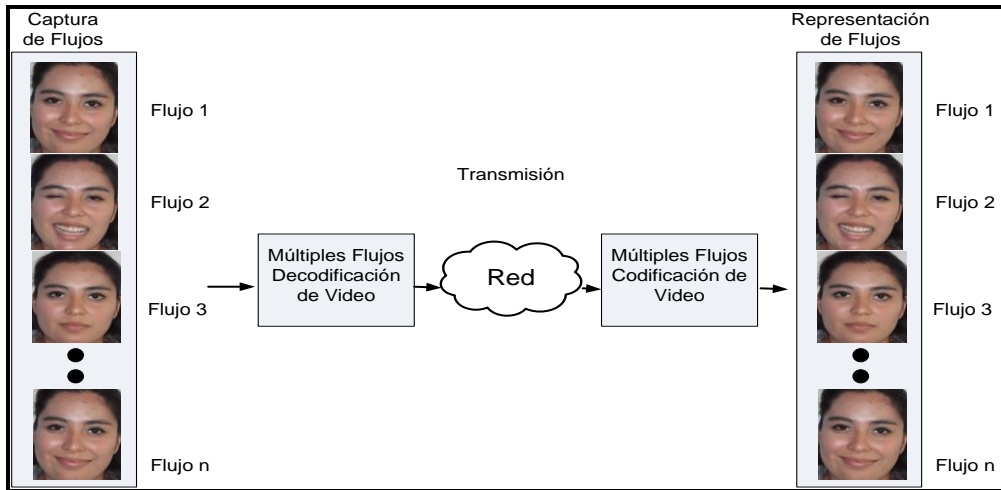


Fig. (3.8) Esquema de Codificación de vídeo

El origen del MVC, surgió con el gran volumen de datos que implica la transmisión de vídeo de múltiples puntos de vista, lo que requiere mucho más ancho de banda que en vídeo tradicional. En consecuencia, la forma de comprimir de forma eficiente el vídeo de múltiples puntos de vista, es muy importante debido a que el vídeo en múltiples puntos de vista consiste en secuencias de vídeo capturadas por varias cámaras desde diferentes ángulos y lugares, la combinación temporal y la predicción de la vista temporal son las claves para hacer codificaciones eficientes en MVC.

Esta predicción se basa en la suposición de que los fotogramas de vídeo desde diferentes puntos de vista, pueden ser libremente intercambiados o simultáneamente disponibles en el codificador, así que, un fotograma de una cámara puede predecir fotogramas de la misma cámara, y también los fotogramas de las segundas cámaras.

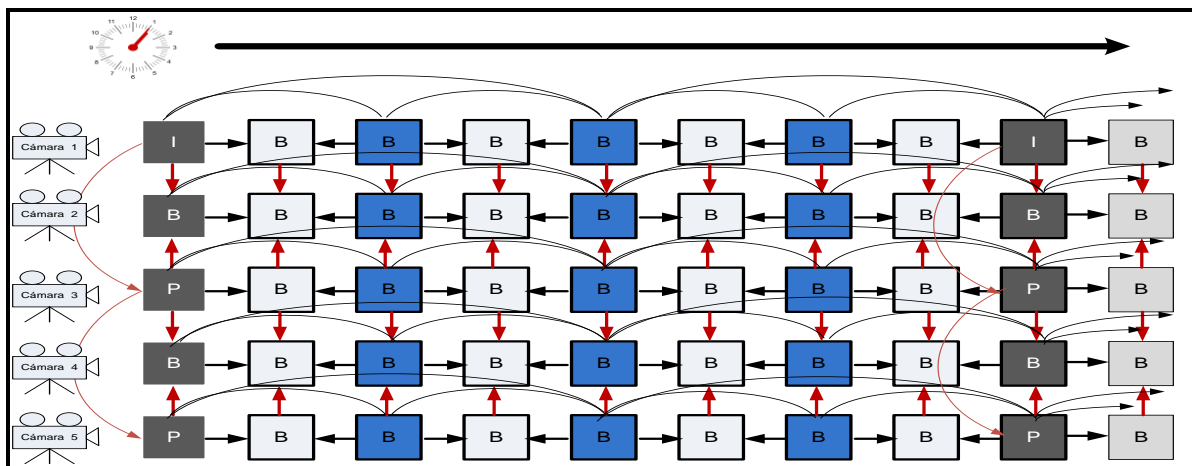


Fig. (3.9) Predicción MVC [5]

Además de la predicción temporal utilizada en los códecs estándares, MVC también utiliza:

- Predicción desde imágenes anteriores.
- Predicción desde imágenes posteriores.
- Predicción desde imágenes interpoladas.
- Predicción desde imágenes modificadas.

El Vídeo 3D (3DV), y Vídeo con Punto de vista libre (FVV) son los nuevos tipos de medios visuales en los que se puede aplicar el MVC, y así ampliar la experiencia del usuario más allá de lo que ofrece el vídeo 2D .

Vídeo 3D:

- Transmite sensación de profundidad dentro de una escena 3D.
- Aplicaciones en videoconferencias, 3DTV.
- Punto de vista libre (FVV).
- Proporciona la capacidad de selección interactiva del punto de vista y dirección dentro de un radio de acción determinado.
- Aplicación en vigilancia, deportes, conciertos, etc.

En el presente trabajo, 3DTI utiliza matrices de cámaras 2D para capturar a los usuarios de diferentes perspectivas, y visualiza todas las representaciones 3D de los usuarios remotos en un ambiente de realidad virtual. Con la asignación de un espacio colaborativo, la tecnología tiene el potencial de mejorar considerablemente la sensación de inmersión y tele presencia de usuarios, algunas aplicaciones para MVC son las siguientes:

Demanda de aplicaciones multimedia

- Holografía
- Video estereoscópico con lentes
- Video con múltiples vistas

Video con múltiples vistas

- FTV (Free Viewpoint Television) , Three-dimensional TV (3DTV)
- Teleconferencia inmersiva

3.10 COMPONENTES DE SOFTWARE Y HARDWARE

Un proceso en 3DTI es severamente exigente con recursos, tal como se ilustra en la Fig. (3.10), temporalmente, la latencia de una vía (o de extremo a extremo de retardo desde el sitio de la captura al sitio de representación) para las aplicaciones interactivas debe ser pequeña, y la tasa de flujo tiene que ser razonable, preferiblemente por encima de 10 fotogramas por segundo (fps), lo que significa que cada cuadro tiene que ser procesado

dentro de los 100 milisegundos. Esto no es trivial, porque las operaciones que hay que aplicar en cada trama, son muy costosos.

Espacialmente, el uso de la representación 3D y múltiples puntos de vista conduce a una elevada demanda de ancho de banda de red, ya que dentro de un flujo no sólo el color, sino también la información de profundidad se codifican y múltiples flujos necesitan ser enviados desde cada sitio con diferentes puntos de vista.

Teniendo como referencia que se necesitan al menos 4 cámaras para generar el video y visualizarlo en tercera dimensión teniendo un ancho de banda aproximadamente de 100 Mbps, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones

Cámaras	Resolución	Velocidad [fps]	Calidad [Bytes]
4	320 x 240	10	3

El ancho de banda es obtenido de la siguiente manera

$$(4 \text{ cámaras}) \times (320 \times 240) \times (10 \text{ fps}) \times (3 \text{ Bytes}) \times (8 \text{ bits}) = 73.72 \text{ Mbps} \quad (21)$$

La demanda de los recursos va depender directamente de la cantidad de procesamiento de datos del video y de la difusión de este.

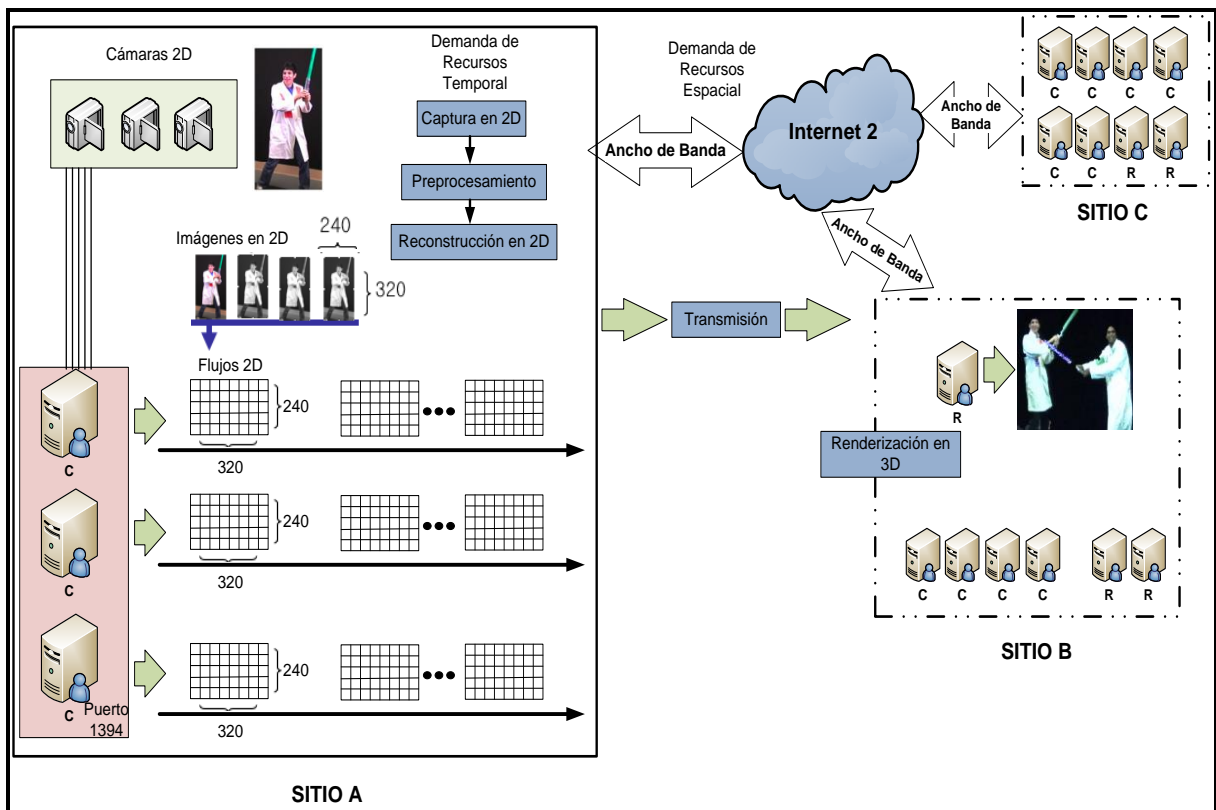


Fig. (3.10) Demanda de recursos temporal y espacial para 3DTI. Tres sitios (A, B, C). Los módulos de Captura/Reconstrucción 2D se detallan en el sitio A (los servers C son los equipos host de cámara, y hay múltiples para la captura de múltiples vistas). La representación 3D / visualización están detallados en el sitio B y C (los servers R son los equipos host de procesamiento están presentes para la representación de múltiple vista) [4]

Además del análisis de la arquitectura que se necesita para 3DTI, también se ha enfocado al estudio de optimizaciones para la difusión de video o reducción de datos, sin hacer a un lado que el usuario quede fuera del sistema, En ella, la asignación de recursos se ejecuta sin tener en cuenta las entradas de usuario, preferencias o semántica. Los datos no son priorizados de acuerdo a las necesidades del usuario, sino más bien se da un trato igual para la competencia de los recursos. Las Compensaciones entre Calidad de Servicio (QoS) no se examinan cuidadosamente en términos de su impacto en la calidad general percibida o Calidad de la Experiencia (QoE) de los usuarios.

Estos enfoques son inherentemente limitadas debido a que los factores humanos son una parte importante e integral de los entornos tele-inmersivos.

Sin una adaptación más inteligente de datos y algoritmos de acompañamiento para el control de las funciones de vídeo de inmersión no sería posible con el hardware y la infraestructura de comunicación.

La inmensa cantidad de datos generados por las cámaras para las múltiples vistas en cada lugar genera múltiples retardos también puede haber problemas con interactividad, tal como velocidad, también es causa de congestión en la red que a su vez provoca la pérdida de paquetes, el retraso prolongado de la red (inconsistencia entre los sitios), y disminución de la velocidad de fotogramas o inestabilidad en el video.

En otras palabras, para promover el rendimiento general del sistema y, finalmente, la calidad percibida por el usuario por lo tanto el objetivo es desarrollar esquemas eficientes e inteligentes y adaptación de los datos para la tele-inmersión.

Sin embargo, este es un gran reto con tres preguntas principales de investigación sin respuesta. En primer lugar, ¿Cómo se puede reducir o adaptar los datos para hacer frente a los retos temporales y espaciales mencionados en una forma que no afecte a la calidad visual percibida?, la eliminación de los datos redundantes para disminuir la carga de recursos, pero intuitivamente se sacrifica a la calidad visual como por ejemplo, eliminando los detalles, o las resoluciones disminuyen. ¿Cómo se puede reducir de forma inteligente la adaptación de los datos para lograr una mejor calidad percibida por el usuario? En segundo lugar, ¿Cómo se puede mejorar el rendimiento de los sistemas, dada la limitación de recursos?

Los esfuerzos para mejorar las cualidades en 3DTI son en gran parte complicada por la demanda extrema de los recursos temporales y espaciales, incluso con datos reducidos. En tercer lugar, ¿Cómo cuantificar la experiencia del usuario, y Cómo relacionarlo con el rendimiento del sistema? ¿Qué es la experiencia del usuario? ¿Se refiere simplemente a la satisfacción del usuario? O es equivalente a la calidad percibida del vídeo, ¿Cómo hacer mediciones técnicas (por ejemplo, velocidad, retardo, etc)?.

3.11 ENFOQUES PARA LA PERCEPCIÓN DEL VIDEO

En el presente trabajo se abordan los recursos temporales con un esquema de adaptación dentro de la secuencia de datos, uno de los inconvenientes es abordar el problema de la velocidad de fotogramas baja y baja interactividad (por ejemplo, sólo 3-5 fps) en sistemas tele-inmersivos.

Mayor interactividad (por ejemplo, al menos 10 fotogramas por segundo) es deseable para las actividades físicas en la tele-inmersión, que implican una gran cantidad de movimiento del cuerpo, como bailar. Como se ha mencionado, la reducción de datos es la solución, de manera que se logre reducir los retrasos en el procesamiento y la transmisión en el sistema y por lo tanto mejorar la interactividad, pero sin afectar a los píxeles o los flujos que pueden degradar la calidad percibida del vídeo.

Así como el desarrollo de un esquema de adaptación dentro de los flujos frente a los problemas de forma transparente la reducción de detalles espaciales que son imperceptibles para el ojo humano. El plan, diseñado en la primera etapa de reconstrucción y captura en 3D, se ejecuta en los equipos de cámaras Véase Fig. (3.10) de imágenes 2D para reducir el procesamiento y la transmisión de los retrasos en todo el sistema.

Otro factor importante es el control humano ya que se debe supervisar los estados de aplicación incluyendo el tiempo de la reconstrucción, la velocidad de fotogramas, cada fotograma de resolución espacial, y así sucesivamente; las funciones que se controlan en el envío de vídeo en la fase de reconstrucción y captura en 3D. Las limitaciones de los recursos que se consideran son principalmente los ciclos de CPU de procesamiento (tiempo) en todas las etapas de 3DTI, así como la limitación humana perceptual que realmente hay que explotar con el propósito de la adaptación basada en la percepción. En esta parte se refiere al enfoque de explotación de limitación visual humano y la reducción de la resolución espacial imperceptible con el fin de reducir la sobrecarga de tiempo (de extremo a extremo de retardo y velocidad de fotogramas) a lo largo del sistema.

3.12 ENFOQUES RESPECTO AL ANCHO DE BANDA

La demanda de ancho de banda es uno de los principales retos en 3DTI, incluso con los detalles espaciales internamente reducidos dentro de cada flujo utilizando esquemas de compresión entre flujos como se mencionara más adelante, la configuración de captura de múltiples vistas en 3DTI, Véase Fig. (3.13) aún se requiere una gran cantidad de ancho de banda para la entrega de los flujos de las cámaras para las múltiples vistas. Por ejemplo desde un sitio de tele-inmersión la velocidad de transmisión puede ser tan alta como 300 Mbps, esta velocidad dependerá de la sobrecarga de movimiento que tenga el colaborador, resolución y la difusión. Supongamos una reducción del 75% en esquemas dentro de los flujos, la demanda de ancho de banda resultante aún puede ser tan desalentador como 75 Mbps para cada sitio. Cuando el número de sitios aumenta en tele-inmersión, la demanda será cada vez más grave. Entonces, ¿Cómo conseguir más datos de reducción o adaptación para evitar la congestión de la red? Además, ¿Cómo

poder difundir los datos de vídeo a través de múltiples sitios que colaboran en las estrictas limitaciones de recursos (ancho de banda, latencia)?

Se puede desarrollar un complemento entre el esquema de adaptación de datos y los flujos para trabajar con un esquema de adaptación dentro de la secuencia de datos. Se abordan los desafíos espaciales en gran parte por la reducción del número de flujos en la difusión de la red (Compresión).

Los recursos de la difusión de datos o transmisión, pertenecen al ancho de banda. Se puede dar prioridad a flujos de vídeo de acuerdo con su contribución a los puntos de vista del usuario, es decir, si un usuario está buscando un compañero de una vista frontal y las cámaras capturan los pares de la espalda no son importantes. Por lo tanto, sólo se puede difundir esos flujos que son importantes al punto de vista de un usuario en el mundo virtual posteriormente se hablara que el punto de vista más importante es la cara del usuario. Tal reducción de los flujos conduce a una reducción sustancial de la congestión de la red, y a su vez conduce a una mejora de la interactividad global (con menos pérdida de paquetes y / o retransmisiones que han sido causados por la congestión). Sin embargo, incluso con importantes flujos de identificación, la construcción de una topología Multicast a las limitaciones de recursos sigue siendo un gran desafío.

Uno de los aspectos más importantes o limitaciones en cuanto a la difusión 3DTI es supervisar los movimientos humanos y se deben tener todas las opiniones de todos los diferentes sitios también la disponibilidad de ancho de banda, y las funciones que se controlan. Las limitaciones de recursos considerados incluyen el ancho de banda de red (a nivel local por sitio), y la latencia de extremo a extremo obligado (a nivel mundial a través de sitios). El ser humano entra en juego donde se da prioridad al flujo principal que se verá más adelante y la topología de distribución basados en visiones de los usuarios.

3.13 REDUCCIÓN DE DATOS Y ADAPTACIÓN

El último objetivo de la tele-inmersión es permitir que las personas interactúen a través de la distancia, como si ellos fueron co-ubicados físicamente. Esto se consigue mediante la fusión de las representaciones 3D de usuarios distribuidos geográficamente en un entorno de realidad virtual en tiempo real. La historia de la tele-inmersión 3D se remonta a una década atrás, cuando los investigadores demostraron la primera red de aplicación de tele-inmersión que podría correr menos de 2 a 3 fotogramas por segundo (fps) [13]. Varios esfuerzos se han hecho para mejorar la eficacia de los sistemas en los diversos componentes, tales como la reconstrucción de profundidad, y además estudios de protocolos de transporte [15] para 3D, renderización [9], así como en tiempo real la compresión de vídeo [10]. A pesar de la notable mejoría, los sistemas de tele-inmersión están todavía lejos de convertirse en una mercancía debido a la demanda de alta interactividad y complejidad computacional.

De hecho, la psicofísica no es nueva para la comunidad multimedia. Por ejemplo El códec JPEG, comprime imágenes mediante la eliminación de detalles de alta frecuencia

que son invisibles al ojo humano. Algoritmos de compresión de audio, tales como MP3, explota los principios psicoacústicos para reducir la información que sea menos audible para el oído humano.

Recientemente, la psicofísica también se está aplicando a la retroalimentación háptica donde las muestras con cambios imperceptibles se eliminan de la red de transmisión. Sin embargo, el contexto es muy diferente de este trabajo en el que el contenido de vídeo contiene muchas diferencias. El requisito en tiempo real en tele inmersión conduce a la aparición de un nuevo inicio de resolución espacial (o de nivel de detalles) que no es aplicable en video 3D-TV.

3.14 GENERALIZACIÓN DE DATOS

La transmisión de los sistemas de 3DTI a menudo implica la existencia de múltiples sitios, con cada sitio participante ser la fuente de múltiples flujos de datos en 3D y también el receptor tendrá muchos flujos de él y además de los otros sitios colaboradores.

La solución de streaming peer- to – peer está enfocada a la construcción de una topología de un solo flujo para una sola sesión, la solución, adecuada sería la topología Multicast [17], La coordinación entre co-existentes, compiten por las sesiones de streaming por lo tanto el problema será la congestión *en la red*. Sin embargo, el protocolo fue diseñado para la colaboración de dos sitios. La interconexión y la construcción de topología entre sitios múltiples no se estudio

Los flujos producidos a partir de un sitio de tele-inmersión están semánticamente relacionados, la topología dinámica en videoconferencia entre pares, se asume que los flujos son independientes e idénticos en términos de prioridad.

Cuando la demanda de los recursos del sistema es demasiado alto, es fundamental adoptar un enfoque priorizado, donde los recursos se asignan primeramente para los datos más importantes aplicados por ejemplo en las múltiples vistas, por eso se debe enfocar a que debe de haber un flujo principal. Se debe explotar y aprovechar la trayectoria de los flujos, y dar prioridad a ellos basados en la visión del usuario.

La mayoría del trabajo existente en Multicast va dirigido a maximizar el uso de recursos (por ejemplo, el ancho de banda total) [17] [18], mientras que en los sistemas de streaming peer-to-peer los sistemas 3DTI, por lo general supone que es estable, pero la dinámica es causada por los cambios de adaptación semántica.

Por otra parte, las soluciones existentes para el problema dinámico es reactivo, tales como el reordenamiento de una topología [18]. *El objetivo es minimizar la interferencia proactiva. Esto es, se selecciona un nodo del mismo nivel que es menos probable que pierda el flujo solicitado debido a la dinámica del sistema.* Este enfoque es ortogonal a las técnicas existentes reactivas, y puede ser combinado con ellos para reducir aún más la interrupción.

3.15 CALIDAD DE EXPERIENCIA EN LA DIFUSIÓN DE VIDEO

La calidad de experiencia (QoE, Quality of Experience) se define como la aceptabilidad global de una aplicación o servicio, tal y como se percibe subjetivamente por el usuario final. Incluye la totalidad de efectos del sistema de extremo a extremo que puede verse influenciada por las expectativas de los usuarios y el ambiente. Esto tiene como consecuencia que la QoE se mida subjetivamente y pueda diferir de un usuario a otro.

La QoE para contenidos multimedia como IPTV también se encuentra definida por la organización de estándares de la industria ETSI TISPAN (European Telecommunications Standards Institute Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking) en su norma TR 102 479. Como la experiencia que tiene el usuario al momento de hacer uso de servicios de comunicaciones o de aplicaciones proporcionadas por el proveedor de servicios, describiendo como le parece el servicio y si este satisface sus expectativas. La anterior definición deja ver un poco la naturaleza subjetiva de la QoE ya que en ella se tienen en cuenta muchos factores diferentes a los relacionados con la calidad de servicio (QoS, Quality of Service), algunos de estos son; el precio del servicio, el ambiente de visualización.

3.16 RELACIÓN ENTRE QOS Y QOE

La calidad de Experiencia QoE, es la visión que los usuarios tienen sobre el rendimiento del sistema, la QoE es una medida del rendimiento de los niveles de servicio del sistema IPTV o sistemas 3DTI bajo la perspectiva del usuario e indica la manera como el sistema puede conocer la opinión del usuario sobre la calidad de los contenidos

Un mecanismo que sirve como métrica para medir la QoE es el MOS (Mean Opinion Score), el cual proporciona una medida subjetiva que cuantifica el impacto que tiene en el usuario la presencia de fallas en el servicio, estas fallas pueden ser determinadas por otras métricas de QoE como la duración de las fallas en el servicio, errores por segundo, y segundos sin disponibilidad del servicio.

QoS por su parte hace referencia al rendimiento y al trato que se le da a los paquetes IP a medida que atraviesan los equipos de la red. La calidad de servicio habilita tecnologías que permiten administrar los efectos que tiene el fenómeno de la congestión sobre el rendimiento de las aplicaciones y servicios, para esto se hace uso de servicios integrados y servicios diferenciados que trabajan sobre los diferentes flujos de datos ó sobre usuarios, como factor de métrica a nivel de capa de red, la QoS mide la cantidad de paquetes perdidos, el retraso y la variación del mismo (Jitter). Véase Fig. (3.11)

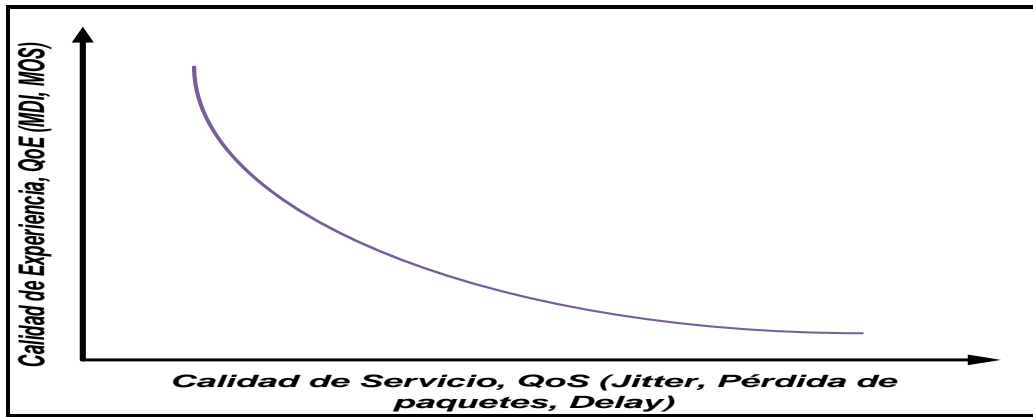


Fig. (311) Relación no lineal que se presenta entre un factor subjetivo de métrica para QoE en este caso MOS, y los factores objetivos del rendimiento de la red como (Pérdida de paquetes, disponibilidad, RETRASO, ETC.)

3.17 FACTORES DE LA CALIDAD DE EXPERIENCIA.

El primer paso para medir la calidad de la experiencia QoE es descubrir e identificar los factores que hacen posible la misma. Por su naturaleza es subjetiva en aplicaciones tele inmersivas reúne muchos factores que de acuerdo a la opinión del usuario generan una buena calidad de la experiencia, a continuación se mencionan algunos de ellos.

- **Calidad de los contenidos (Audio y Video):** Este factor hace referencia a la percepción que tienen los usuarios sobre la calidad de los contenidos multimedia.
- **Confiabilidad:** Este aspecto determina el nivel de disponibilidad y estabilidad del servicio en el sistema tele inmersivo.
- **Seguridad:** Este factor indica que tan seguros están los datos de los usuarios en el sistema, y si estos podrían sufrir algún tipo de ataque contra sus infraestructura o información personal.
- **Escalabilidad:** Indica que el sistema 3DTI puede soportar un crecimiento masivo de usuarios, y como es su rendimiento cuando el número de conexiones simultaneas es grande.
- **Precio y Contenido:** Es un factor difícil de cuantificar y no existen dispositivos que permitan medirlo, pero sin duda la presencia de un precio razonable para el usuario puede mejorar la valoración de la QoE de los servicios 3DTI, esta sección es un tanto cuanto complicada ya que entre mayor contenido y mayor sea la infraestructura será proporcional al precio y contenido.
- **Facilidad de Uso:** Determina si los dispositivos de 3DTI son difíciles de manipular para el usuario, por ejemplo si el uso del control remoto es complicado.

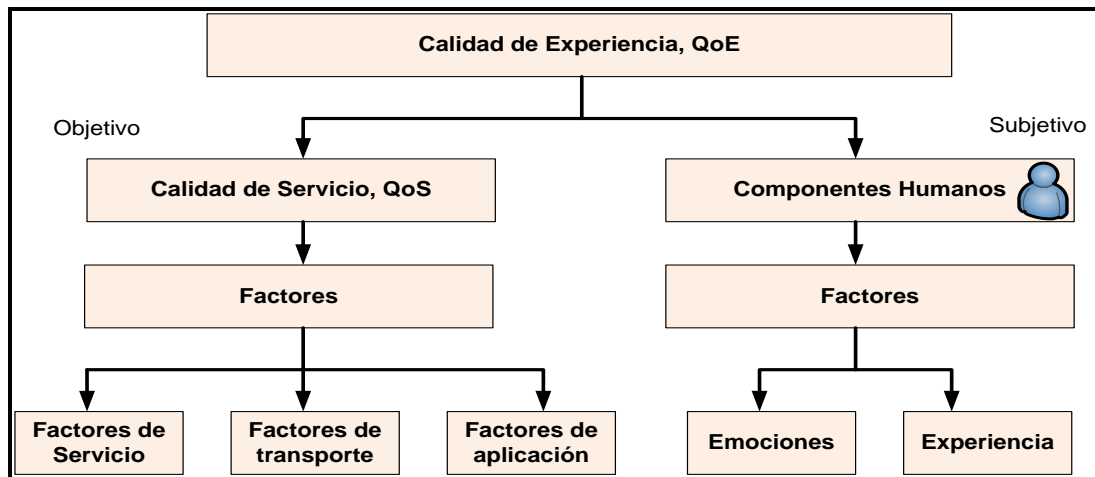


Fig. (3.12) Factores QoS y QoE

3.18 SISTEMAS DE MEDICIÓN DE QOE EN 3DTI

Determinar la calidad de la experiencia en sistemas basados en video, puede hacerse de 3 sistemas o tipos de medidas.

Medidas Subjetivas: La calidad de experiencia (QoE) es medida mediante test subjetivos controlados en los que se reproducen muestras de video a espectadores, a quienes se les pide que las puntúen en una escala. Las evaluaciones asignadas por cada espectador son promediadas para así obtener la puntuación de opinión media (MOS, Mean Opinion Score). El hecho que la calidad de experiencia sea dinámica y que la mayoría de factores situacionales no sea determinísticos determina que la QoE haya de ser medida por unidad de tiempo durante todo el tiempo de duración del servicio. Por ejemplo, si un usuario se ha suscrito al servicio tele inmersivo que ofrece en alta definición en un evento de importancia y la QoE durante tres cuartas partes del tiempo ha sido muy alta pero baja durante la última cuarta parte, la QoE global por parte del usuario será muy baja. Las medidas subjetivas de QoE se realizan en entornos donde participan grupos de personas, las cuales realizan un conjunto de pasos como los que se listan a continuación:

- Elegir las secuencias de video a evaluar.
- Evaluación y calificación numérica por parte de los observadores.
- Depuración de los observadores por fallas en el proceso.
- Calculo de la calidad subjetiva media, mediante el análisis estadístico de los resultados encontrados por los observadores, este valor es conocido como MOS (Mean Opinion Scale).

Medidas Objetivas: Las medidas objetivas de la ejecución de servicios como la pérdida de información y el retardo contribuyen a la QoE. Estas medidas objetivas a la par con componentes humanas como las emociones, la actitud, la motivación, etc. determinan la aceptabilidad global del usuario final. Estos factores están organizados como los relacionados con la QoS y aquellos que pueden ser clasificados como componentes humanos. Los mecanismos de QoS permiten el establecimiento de estrategias de administración de cola que implementan prioridades para las diferentes clasificaciones

de los datos de aplicación. Sin el diseño y la implementación correctos de los mecanismos de QoS, los paquetes de datos se descartan sin considerar las características de la aplicación ni la prioridad. Para realizar estas mediciones habitualmente se utilizan algunas de las técnicas que estos equipos electrónicos implementan son:

- Técnicas basadas en modelos de percepción humana de vídeo
- Técnicas basadas en parámetros que indican deterioro de la red
- Técnicas basadas en el tiempo del deterioro de la señal de vídeo
- Técnicas basadas en los parámetros de las señales de vídeo

Gracias a la implementando de las técnicas anteriormente mencionadas se han logrado desarrollar los siguientes mecanismos de medición objetivos de QoE En Video:

- **PSNR** (*Peak Signal to Noise ratio*): Calcula el valor cuadrático medio de la diferencia entre el video original y los frames recibidos.
- **MQPM** (*Moving Pictures Quality Metric*): Replica la experiencia de un observador humano y las tasas de envío del stream IPTV en una escala de 1 a 5.
- **MDI** (*Media Delivery Index*): Estandarizada en el RFC 4445, MDI es definida como una herramienta de diagnóstico que indica la calidad del video entregado mediante sistemas multimedia, permitiendo observar mediciones exactas del Jitter y retardo en la capa de red, donde se ubica la problemática de la pérdida de calidad en la señal de vídeo. Las medidas del MDI son acumulativas a través de la red y pueden ser medidas desde cualquier punto entre los proveedores de contenidos y los receptores de televisión (conocidos como “Set Top Box”). Los resultados de la medición de MDI se observan en dos valores Delay Factor (DF) y Media Loss Rate (MLR).
- **Medidas Indirectas**: Haciendo usos de la relación QoS y QoE, se hacen mediciones de parámetros que indican la presencia de fallas en la red, y que deterioran la percepción de la calidad del video. (Perdidas de paquetes, retraso, Jitter, etc.)

3.19 ASOCIACION DE INTERNET 2 CON EL MODELO DE TELE INMERSIÓN PROPUESTO

El uso de Internet como herramienta educativa y de investigación científica ha crecido aceleradamente debido a la ventaja que representa el poder acceder a grandes bases de datos, la capacidad de compartir información y facilitar la coordinación de grupos de trabajo.

Internet2 (I2) oUCAID (University Corporation for Advanced Internet Development) es un consorcio sin ánimo de lucro que desarrolla aplicaciones y tecnologías de redes avanzadas, la mayoría para transferir información a alta velocidad.

Es una red telemática desarrollada principalmente por las universidades estadounidenses, construida en fibra óptica y permite altas velocidades con una gran fiabilidad. Es llevado por 212 universidades de Estados Unidos y otras 60

compañías tecnológicas como Comcast, Microsoft, Intel, AMD, Sun Microsystems y Cisco Systems.

Algunas de las tecnologías que han desarrollado han sido IPv6, IP Multicast y Calidad de Servicio (QoS).

I2 Sirve para una comunicación mucho más fácil de los usuarios además es la forma más veloz inventada hasta el actual 2013.

Las velocidades mínimas son:

- 622 Mbps para un miembro de I2 (universidades y socios).
- 50 Mbps para un usuario particular.

Internet 2 es una red de cómputo con capacidades avanzadas separada del Internet comercial actual. Su origen se basa en el espíritu de colaboración entre universidades de diferentes países y su objetivo principal es desarrollar la próxima generación de aplicaciones telemáticas para facilitar las misiones de investigación y educación de las universidades, además de ayudar en la formación de personal capacitado en el uso y manejo de redes avanzadas de cómputo.

El desarrollo de I2 abre las puertas a aplicaciones que usan transferencia masiva de datos, video en tiempo real, investigación y colaboración remota; de igual forma, permite impulsar la creación de nuevas herramientas para la educación superior y la investigación.

Si bien en el presente trabajo no se implementa el modelo propuesto en una red como es I2, se debe tender a difundir el video en tiempo real a diferentes estaciones ubicadas geográficamente distantes utilizando esta red de cómputo, por sus altas velocidades, por la colaboración de diferentes países con I2, por la escalabilidad que requiere el Modelo propuesto Véase Fig. (4.26).

Algunas Redes Académicas y de investigación son las siguientes:

CUDI	Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet	México
REUNA	Red Universitaria Nacional	Chile
RETINA	Red Teleinformática Académica	Argentina
RNP	Red Nacional de Enseñanza e Investigación	Brasil
UCAID	University Corporation for the Advanced Internet Development	Estados Unidos
ABILENE, INTERNET 2		Estados Unidos
CANARIE	Canadian Network for the Advancement of Research, Industry and Education	Canadá
RedIRIS		España
DANTE	Delivery of Advanced Network Technology to Europe	Europa
CLARA	Cooperación Latinoamericana de Redes Avanzadas	Latinoamérica

Entre las aplicaciones de nueva generación producidas para su transporte en Internet 2 se encuentran laboratorios virtuales y remotos en tiempo real, la educación a distancia, las bibliotecas digitales, la medicina a distancia, la tele inmersión y las creaciones artísticas, por mencionar las más importantes.

La UNAM es miembro fundador de la Red Nacional Educativa y de Investigación de la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI) en México, CUDI coordina y facilita el desarrollo, la operación y la transferencia de tecnología para aplicaciones basadas en el uso de redes de cómputo y servicios que promueven la investigación y el desarrollo educativo del país. La investigación conjunta impulsa nuevas generaciones de investigadores y profesores, e incorpora herramientas para el desarrollo de aplicaciones científicas y educativas de alto nivel tecnológico.

La red CUDI cuenta con una dorsal que une a las principales universidades con capacidades de transmisión de hasta 155 Mbps, y todo esto a través de una red nacional de fibra óptica. Esta infraestructura se encuentra disponible en todas las instituciones miembros de CUDI y, a su vez, existe la conexión internacional a otras redes del tipo Internet 2 con el resto del mundo mediante equipos de alta capacidad en ruteo y conmutación. Véase Fig. (3.13)

Esta red mantiene una estructura jerárquica de tres capas, en la que existen los niveles de afiliados, asociados académicos y nodos POPs (Points of Presence). En ese sentido, es mucho más sencilla que Internet convencional, la cual maneja una estructura más compleja no sólo por el número de usuarios, sino por la cantidad de ISPs y proveedores de contenido que la conforman.

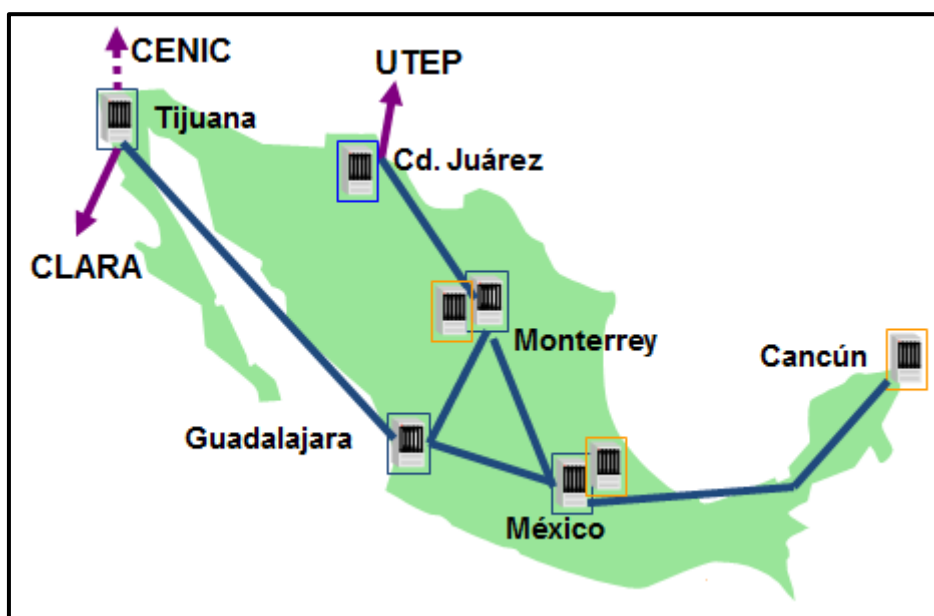


Fig. (3.13) Conectividad de I2 en el país

3.20 DIFERENCIA ENTRE INTERNET E INTERNET 2

El funcionamiento de la red Internet 2 en comparación con Internet es muy similar, inclusive, pueden compartir los mismos medios de comunicación (fibras, enrutadores, etcétera).

La diferencia primordial entre la red Internet e Internet 2 es el uso que se les da, mientras la primera tiene, fundamentalmente, un uso comercial, informativo y de entretenimiento, en cambio I2 es una red de usos educativos, de colaboración científica y de investigación, por este motivo, la divulgación del conocimiento y el aprendizaje constituyen sus principales objetivos.

Otra diferencia importante es que las redes de Internet 2, muchas de ellas son administradas por universidades, lo que permite que sea la misma comunidad de Internet 2 la que defina la forma de operación y los protocolos que deberán ser soportados en ellas, sin tener que esperar a que éstos sean soportados y requeridos por un gran número de usuarios, ejemplo de estos protocolos son Multicast e IPv6, donde el primero ha servido para la creación de access-grid (transmisión de hasta 100 sitios de videoconferencia, , transmisión de video de alta calidad, grids de supercómputo, etcétera).

Internet 2 ha tiene como medio de comunicación a la fibra óptica (dark fiber), lo cual permite crear grandes redes con anchos de banda de 1 a 10 gigabits o, incluso, superiores usando técnicas como DWDM, que permite crear redes con cualquier tecnología óptica, como ejemplo fiber-channel, con la cual, se pueden crear redes de almacenamiento masivo (SAN, Store Area Network), que al tener esta comunicación de fibras entre diferentes países, se puede crear una red de almacenamiento masivo distribuida geográficamente.

En cuanto a la infraestructura física de las redes, Internet 2 fue creado para ser una red de alto desempeño con la finalidad de satisfacer las demandantes aplicaciones que serán transportadas por ella.

Es por lo anterior que se busca que el modelo propuesto tenga escalabilidad, empezando por el Instituto Politécnico Nacional, y difundir el video holográfico en primera instancia en las salas de video conferencia del instituto y así buscar expansión con otras universidades del país, el modelo de tele inmersión propuesto tiene fines educativos y de investigación.

Se estima que las universidades miembros de CUDI representan más de las 2/3 partes de la matrícula en el sistema de educación superior nacional:

- Alumnos: 1,600,000
- Profesores: 160,000
- Carreras profesionales: 2,300
- Computadoras en red: 150,000

Adicionalmente, el 63% de los centros e institutos de investigación del país están incorporados a CUDI.

Avances en el Backbone de la red CUDI

- Es una red patrocinada por Telmex y Avantel.
- El backbone cuenta con enlaces de 155 Mb/s de 8000 km.
- La red se utiliza sólo para aplicaciones de educación e investigación.

Con Internet 2, los Objetos de Aprendizaje tienen la posibilidad de incorporar verdaderos contenidos de multimedia como: sonido, video, animaciones, videoconferencia, etc. Es por esta razón que se busca que el presente trabajo, sea implementado en la red I2.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO

4.1 ANTECEDENTES RECONSTRUCCIÓN 3D

Cabe señalar que el vídeo 3DTI es diferente al vídeo estereoscópico (como en las películas 3D), que crea la ilusión de profundidad con dos secuencias juntas de ajuste de imagen para los dos ojos de los espectadores, respectivamente. A diferencia del vídeo estereoscópico, el vídeo 3DTI se refiere al vídeo con color más la profundidad, y asimismo el video es creado y visualizado en tiempo real.

El presente capítulo se mencionan las herramientas que son necesarias para la tele inmersión mediante holografía, con lo anterior se pretende describir que características debe tener un ambiente tele inmersivo holográfico tanto en el sitio remoto como en el sitio local y su transmisión.

4.2 ANTECEDENTES DE LA HOLOGRAFÍA

El termino holograma fue acuñado en 1947 por el científico húngaro Dennis Gabor, a partir de las palabras “grama” (mensaje), y “halos” (toda, completa). En realidad un holograma contiene más información sobre la forma de un objeto que una fotografía simple, ya que permite verla en relieve. Además, variando la posición del observador se pueden obtener diferentes perspectivas del objeto holografiado.

Un holograma es una imagen tridimensional registrada, procesada e iluminada adecuadamente, la imagen además de estar en 3D, varia de perspectiva según sea la posición del espectador. Existen, básicamente, dos tipos de hologramas, los llamados de transmisión, que son visibles al ser iluminados por detrás y los de reflexión con luz que procede del mismo lado del observador, siendo el segundo tipo que el que se adecua a la presente tesis

La diferencia entre un holograma y una fotografía ordinaria es la capacidad de reproducir una imagen bidimensional obtenida enfocando la luz reflejada por un objeto sobre una placa fotográfica que registra la intensidad de luz que recibe. De esta forma, el mapa bidimensional, una vez revelado, reconstruye la imagen correspondiente al plano enfocado.

4.3 FUNCIONAMIENTO DEL HOLOGRAMA

Las cosas se ven porque "reflejan" la luz hacia los ojos, que la detectan. El realismo del holograma se debe a que constituye un registro exacto de las ondas luminosas reflejadas por el objeto. Cuando la imagen se reconstruye, refleja la luz exactamente igual que el objeto original, lo que da al holograma una sensación muy convincente de realidad. La luz procedente del holograma que perciben los ojos es la misma que la que percibirían ante el objeto real.

El principio básico del holograma es el llamado fenómeno de interferencia, donde una fuente de Luz S_0 , es dividida en S_1 y S_2 , y por su naturaleza ondulatoria, forma un patrón de ondas claras y oscuras, Véase Fig. (4.1)

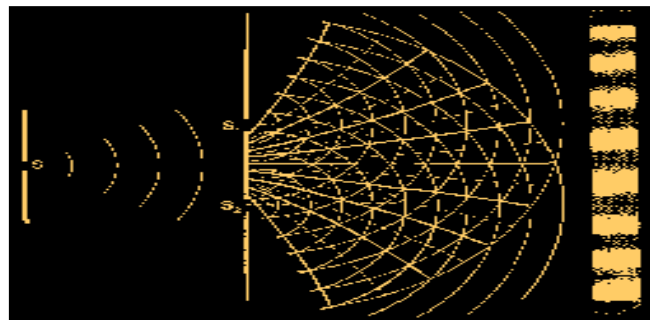


Fig. (4.1) Fenómeno de interferencia

La generación de un holograma de una imagen es diferente a la generación de un holograma en video, ya que el video es una serie de fotogramas consecutivos en tiempo real, lo que permite visualizar un secuencia de video en tiempo real.

En la Fig. (4.2) se muestra un proceso de la generación de un holograma en vídeo y el principio esencial en el que está basado el presente trabajo: se cuenta con un proyector que emite una señal de vídeo contra una superficie reflectante que lo devuelve a una superficie holográfica (Modelo de reflexión global, con una superficie opaca, mediante reflexión difusa). Todo está pensado para que se vea desde un punto en concreto, que puede ser muy amplio como el de un público en un concierto, pero para fines demostrativos no hablamos de algo que se pueda ver en 360 grados en términos de un concierto con miles de personas, en un principio.

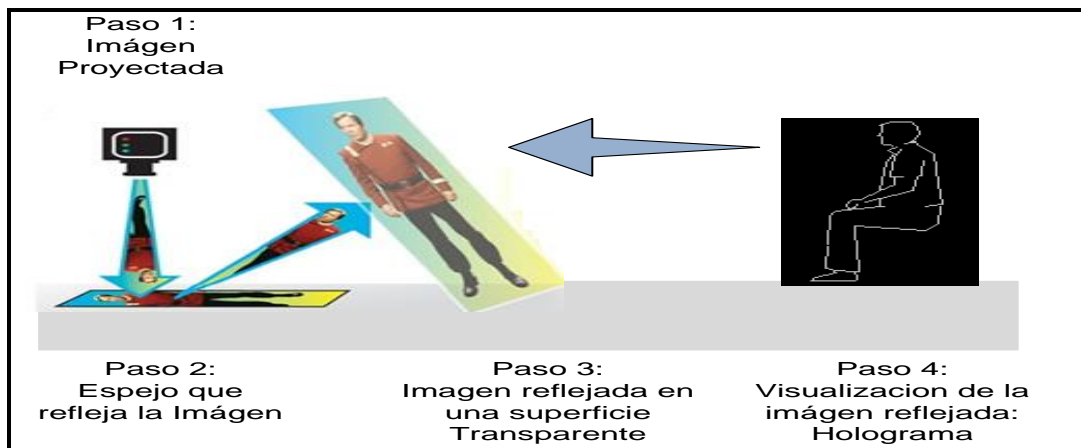


Fig. (4.2) Generación de video holográfico en primer plano

En la figura (4.2) se puede observar que el principio de la generación holográfica se puede crear en forma local, lo que significa que la generación del video, la visualización de un holograma está en un mismo sitio, que es uno de los puntos fundamentales del presente trabajo de investigación.

Con lo anterior se puede observar que los rayos de luz se reflejan cuando inciden sobre una superficie reflectante como por ejemplo un vidrio, la superficie de un lago, un espejo, etc., para que se forme la imagen de un cuerpo debe haber luz en el ambiente, de tal forma que al estar iluminado, refleje parte de la luz que incide sobre él, y ésta a su vez se refleje sobre el espejo.

"La reflexión de la luz es el fenómeno que se produce cuando el rayo luminoso incide sobre una superficie pulida, cambia de dirección, volviendo al medio de donde proviene". Véase Fig. (4.3)

Cuando un haz de luz incide sobre una superficie opaca, ya sea rugosa o pulida, una parte es reflejada y otra absorbida por esa superficie. La proporción en que refleja o absorbe depende de las características y composición del material que lo constituye.

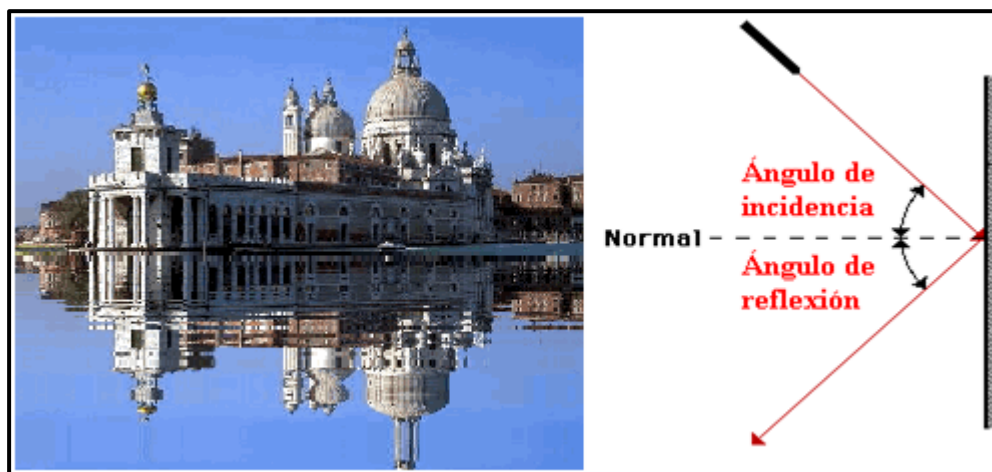


Fig. (4.3) Reflexión de la luz

La luz presenta tres propiedades características:

1. Se propaga en línea recta.
2. Se refleja cuando llega a una superficie reflectante.
3. Cambia de dirección cuando pasa de un medio a otro (se refracta).

Un hecho que demuestra la propagación rectilínea de la luz es la formación de sombras (Modelo con interacción Local). Una sombra es una silueta oscura con la forma del objeto. La reflexión de la luz se representa por medio de dos rayos: el que llega a una superficie, *rayo incidente*, y el que sale "rebotado" después de reflejarse, *rayo reflejado*.

Si se traza una recta perpendicular a la superficie (que se denomina normal), el rayo incidente forma un ángulo con dicha recta, que se llama *ángulo de incidencia*. Véase fig. (4.3) La reflexión de la luz es el cambio de dirección que experimenta un rayo

luminoso al chocar contra la superficie de los cuerpos. La luz reflejada sigue propagándose por el mismo medio que la luz incidente.

La reflexión de la luz cumple dos leyes:

- El rayo incidente, el reflejado y la normal están en un mismo plano perpendicular a la superficie.
- El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

Otra propiedad de la luz es la refracción, que es el cambio de dirección que experimentan los rayos luminosos al pasar de un medio a otro en el que se propagan con distinta velocidad. Por ejemplo, al pasar del aire al agua, la luz se desvía, es decir, se refracta.

Las leyes fundamentales de la refracción son:

- El rayo refractado, el incidente y la normal se encuentran en un mismo plano.
- El rayo refractado se acerca a la normal cuando pasa de un medio en el que se propaga a mayor velocidad a otro en el que se propaga a menor velocidad. Por el contrario, se aleja de la normal al pasar a un medio en el que se propaga a mayor velocidad.

La materia se comporta de distintas formas cuando interacciona con la luz, de lo anterior mencionamos que depende de las características del material que se ocupe para tener una mayor visibilidad de los objetos reflejados, se puede hacer una clasificación de estos materiales:

- **Transparentes:** Permiten que la luz se propague en su interior en una misma dirección, de modo que vuelve a salir. Así, se ven imágenes nítidas. Ejemplos: Vidrio, aire, agua, alcohol, etc. Por esta razón es el material que se ocupara para poder hacer la representación holográfica del video utilizando el vidrio.
- **Opacos:** Estos materiales absorben la luz o la reflejan, pero no permiten que los atraviese. Por tanto, no se ven imágenes a través de estos materiales. Ejemplos: Madera, metales, cartón, cerámica, etc, material que también será usado para la representación holográfica (Modelo de interacción global, e iluminación difusa).
- **Translúcidos:** Absorben o reflejan parcialmente la luz y permiten que se propague parte de ella, pero la difunden en distintas direcciones. Por esta razón, no se ven imágenes nítidas a su través. Ejemplos: folio, tela fina, papel cebolla, etc.

En la Fig. (4.4) se puede observar la aplicación que esta ley tan importante para el buen desarrollo del presente trabajo, que es la reflexión y refracción de la luz.

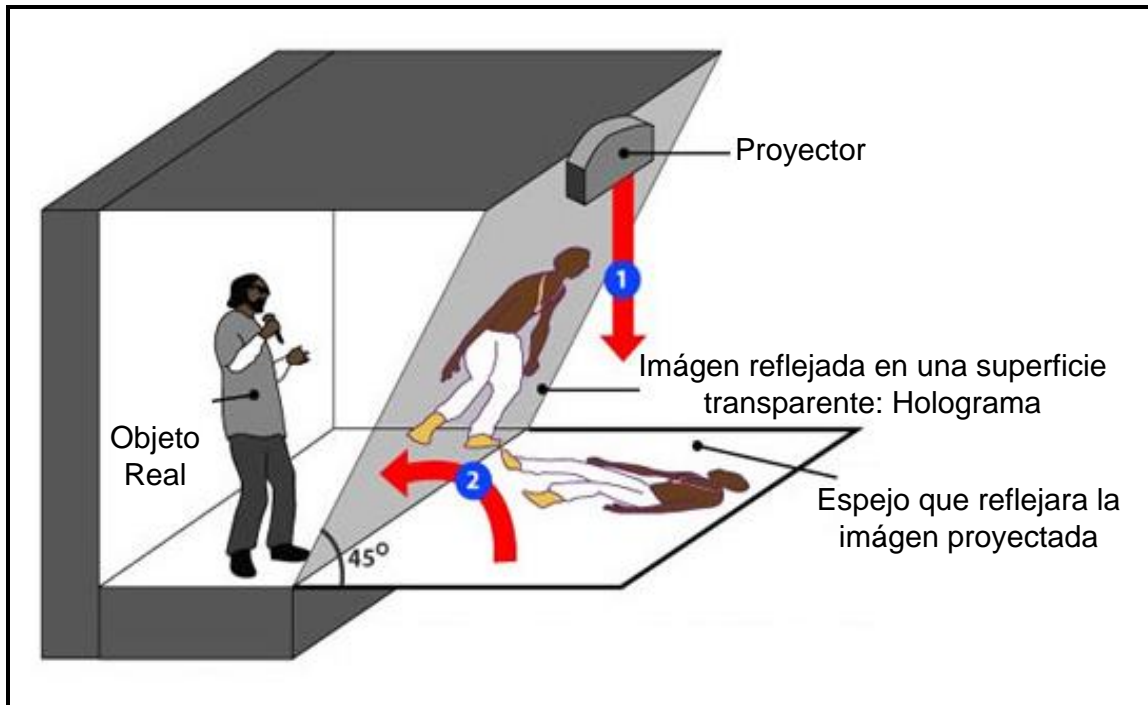


Fig. (4.4) Cabina para generar el holograma en tiempo real en un sitio Local

4.4 REPRESENTACIÓN Y MODELADO EN 3D

El primer objetivo de representar el objeto en tercera dimensión es producir una imagen o una escena en segunda dimensión, para después representarla en 3D, para la presente tesis se trabajó en un modelo para visualizar escenas en tercera dimensión mediante holografía, por lo tanto se hace referencia a difusión de video, modelo con interacción global haciendo uso de la iluminación o reflexión difusa.

El objeto puede ser real o puede ser un objeto ya existente o puede existir únicamente como una descripción computacional. Un ejemplo menos frecuente pero extremadamente importante es donde el acto de una creación entrelazada del objeto modelado y la visualización. La mayoría de las descripciones de los objetos son aproximadas en el sentido de que describen la geometría o forma del objeto sólo en la medida en que se introduzca la descripción a un representador, lo que producirá una imagen de calidad aceptable, el resultado final no será una imagen en tercera dimensión si no un objeto real en tercera dimensión. Véase Fig. (4.5)

El modelado y la representación es una fase general con lo cual será aplicado a cualquiera o todos de los siguientes aspectos de los objetos Véase Fig. (4.6)

- Creación de objetos en tercera dimensión mediante tele inmersión
- La técnica, método o estructura de datos usados para la representación del objeto
- Manipulación de la representación, en particular cambiando la forma de un modelo ya existente.

Se pueden tomar los datos directamente de un dispositivo como una fuente de laser o un proyector, que es la interfaz basada en una técnica de barrido, del colaborador a distancia. Los Métodos de creación dependen de la demanda, es decir para la representación de escenas aumenta y es complejo a partir de aplicaciones como la realidad virtual (VR)

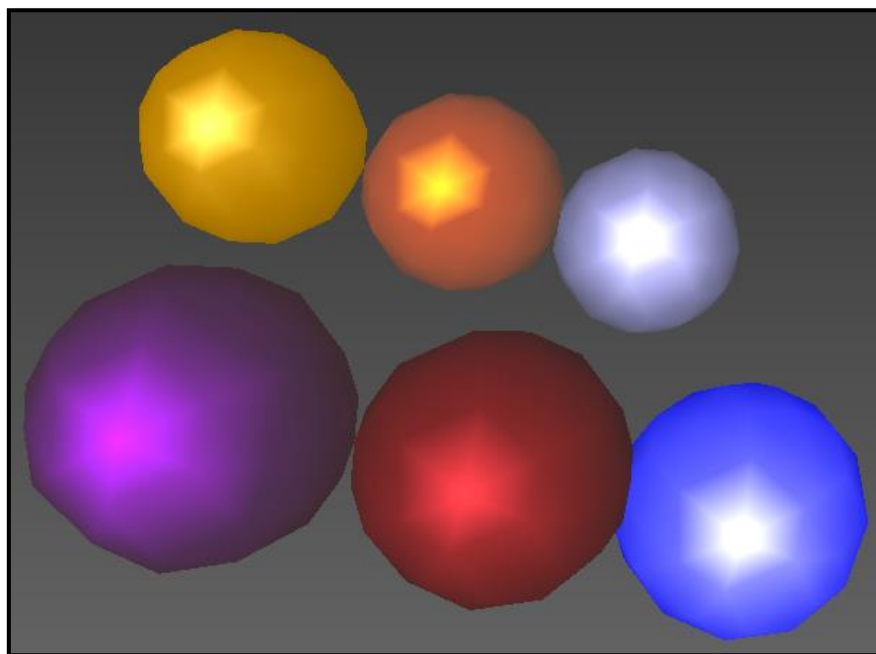


Fig. (4.5) Creación de objetos en tercera dimensión con VRML (Véase Apéndice A)

Los sistemas distribuidos o multi-stream son cada vez más populares en muchas áreas, tales como la tele-inmersión 3D, cámaras múltiples usadas para conferencia y vigilancia de seguridad. Sin embargo, la construcción de tales sistemas en gran escala se ve dificultada por la enorme demanda de los recursos informáticos y de redes y la falta de un modelo de red simple pero potente para manejar la interconexión, la escalabilidad y calidad de servicio (QoS).

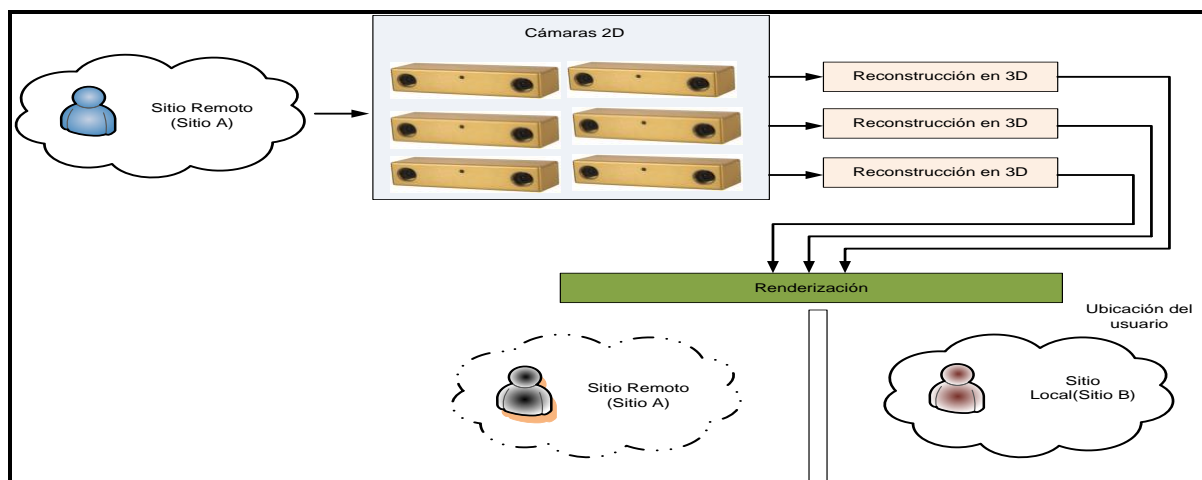


Fig. (4.6) Sistema básico de la tele-inmersión

Se harán dos contribuciones principales al presente trabajo: (1) se propone un modelo generalizado para ViewCast multipartidistas / multi-stream mediadas por sistemas de video que llena el vacío entre el interés del usuario de alto nivel y de bajo nivel por un flujo de gestión, y (2) se demuestra el modelo ViewCast aplicándolo a la multiconferencia inmersiva 3D Tele-(3DTI) la colaboración entre usuarios dispersos geográficamente. Más específicamente, se muestra cómo el modelo ViewCast se utiliza para transmitir flujos de datos, la coordinación y la gestión de múltiples ambientes de 3DTI.

Con la caída de costo continuo de las cámaras digitales en tiempo real los sistemas multi-stream son cada vez más populares, incluyendo entornos 3D de Tele-inmersión (3DTI). El modelo de aplicación multipartidista / multi-stream Véase Fig. (4.7), donde cada parte es un sitio de alojamiento de múltiples cámaras que capturan la información local representada por flujos de vídeo múltiples.

La característica principal de la tele inmersión son los Flujos de diferentes lugares, para después intercambiar y agregarlos a través de la red para proporcionar una representación más amplia de un entorno global más amplio que en el escenario de los entornos 3DTI, lo anterior es la primera etapa de la tele inmersión, que es la captura de diferentes colaboradores a distancia

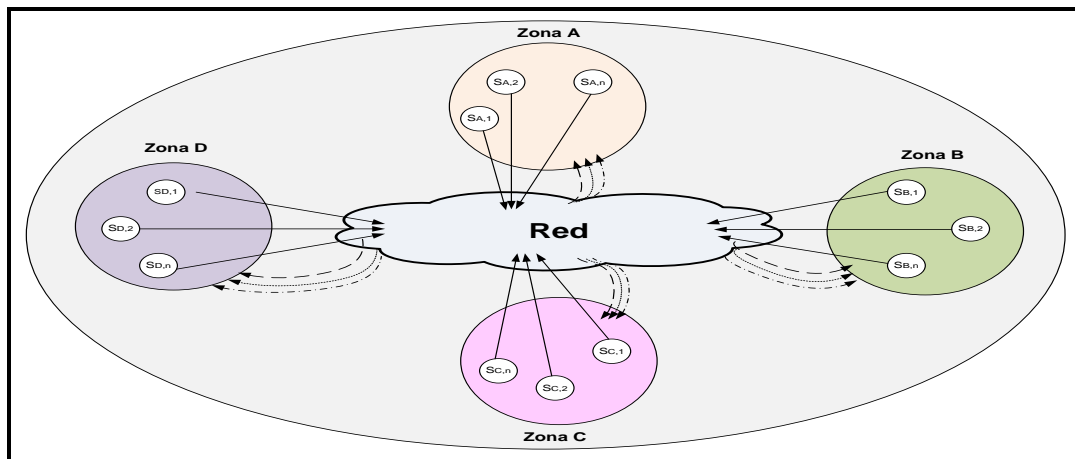


Fig. (4.7) Modelo para una teleconferencia multipartidista [1]

El presente trabajo está motivado por el objetivo de conectar múltiples entornos 3DTI para promover el trabajo colaborativo entre los participantes distribuidos geográficamente como educación, entretenimiento, representación artística, etc. La mayoría de los Sistemas 3DTI se desempeñan través de Internet. La colaboración 3DTI es un reto debido a la gran demanda de trabajo en red y recursos informáticos que limita estrictamente la escalabilidad del sistema.

En los sistemas 3DTI, cada parte representa un entorno en el que se ha instalado una serie de cámaras en 3D desde diferentes ángulos para cubrir un amplio campo de visión (> 180 °) de la escena local. Cuando una persona entra al ambiente inmersivo, el modelo 3D completo es capturado y representado por secuencias de vídeo 3D de cada uno generado desde una cámara 2D. Con la ayuda de un sistema global de coordenadas, las representaciones en 3D de personas de diferentes lugares remotos se pueden

combinar y hecho juntos, creando un espacio virtual de colaboración con una fuerte conciencia de la experiencia de inmersión para todos los participantes. Véase Fig. (4.8)

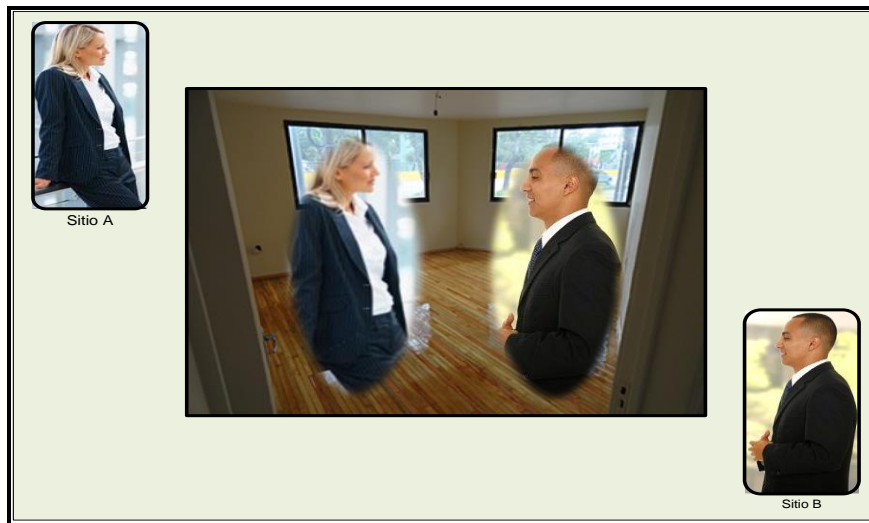


Fig. (4.8) Ambientes colaborativos de tele-inmersión [1]

Para lograr un efecto visual 3D realista el proceso de representación suele requerir múltiples flujos de cada entorno. Para un ambiente tele inmersivo para todos, Tele-immersive Environment for EVERYbody (TEEVE) se necesita una secuencia de vídeo 3D que tiene una tasa básica de más de 30 Mbps (en la actualidad 320×240 de resolución marco y 10 fotogramas / segundo) para apoyar la comunicación interactiva, y cada entorno produce hasta 10 secuencias de este tipo. La resolución de la imagen se debe actualizar a 640×480 . Si todos los flujos son enviados, el ancho de banda total de un entorno pronto superará el nivel de Gbps. El problema se agrava aún más si los n ambientes están conectados. Mientras tanto, el costo de tiempo de renderizado en 3D es aproximadamente 13,7 ms en promedio.

El costo de representación crece linealmente con el número de secuencias aun con técnicas de compresión de vídeo 3D que ayudan para los requisitos de ancho de banda y la representación, los protocolos avanzados de coordinación para multi-stream, adaptación y calidad de servicio de topología de red son necesarios para hacer un uso más eficiente de los recursos informáticos y de redes. Se toma un enfoque, como el de aprovechar el interés del usuario para reducir el consumo de recursos y proporcionar garantías de calidad. Más concretamente, aprovechamos una característica importante y única vista en los sistemas multi-party/multi-stream, que define una perspectiva del usuario QoE.

Por ejemplo, un punto de vista podría ser el entorno de 3DTI o un punto geográfico en el sistema de vigilancia. Para representar un punto de vista particular, el sistema necesita seleccionar y transmitir un subconjunto de secuencias para la composición de la vista para el receptor. La idea básica de ViewCast es que el usuario solamente especifica su vista en su interés.

Algunos de los problemas serian, cómo asignar una vista de determinados flujos y cómo controlar el multi-streaming. La idea es que, con el objetivo final de satisfacer la

calidad de representación de vista particular, el modelo asegura que la capa de transmisión subyacente puede tener más flexibilidad en la personalización de la topología de streaming de mejorar la coordinación y la adaptación de QoS.

Se ha aplicado el modelo ViewCast para unir múltiples entornos 3DTI en una sesión de colaboración. Nuestra solución para la construcción del sistema multi-party/multi-stream destaca la integración de ViewCast con un subyacente a nivel de aplicación multidifusión (por ejemplo, que está recibiendo una atención creciente como una alternativa a la multidifusión IP).

Sin embargo, el proceso de construir y mantener la estructura de difusión ViewCast a través de varios árboles de multidifusión se hace más complicada bajo nuestro escenario. El desafío clave es cómo coordinar múltiples árboles Multicast entre flujos de tal manera que la topología resultante tiene la característica deseada de soporte de QoS, balanceo de carga, alta disponibilidad y capacidad de recuperación al cambio. Se incorpora el concepto ViewCast en la implementación de infraestructura 3DTI como un ejemplo concreto para ilustrar el modelo ViewCast general y cómo se utiliza en la construcción de sistemas de multi-party/multi-stream.

El objetivo para implementar el espacio de colaboración virtual podría ser con tres ambientes principales de captura / visualización 3DTI (con un promedio de 4 flujos por sitio) y una visión, pocos sitios conectados a través de Internet. La estructura de distribución basada en ViewCast permite la representación estable de vista de la calidad del espacio virtual común. Con lo anterior, se indicaría una alta eficiencia, escalabilidad y adaptación de la calidad bajo mayor escala del sistema 3DTI.

4.5 AMBIENTE 3DTI

Hay tres niveles principales del entorno 3DTI: reconstrucción 3D, transmisión y procesamiento. La reconstrucción 3D o captura del video se compone de múltiples cámaras 2D montados en diferentes ángulos en el espacio. Las cámaras deben estar sincronizadas para tomar imágenes en el mismo instante. La trama de salida 2D contiene el color y la información de coordenadas por píxel. Así, cada cámara 2D produce un flujo de tramas correspondientes a su ángulo. Dado que todas las cámaras están capturando la escena física misma simultáneamente, los flujos están semánticamente correlacionados. Su contenido constituye una representación completa de la escena. El nivel de transmisión controla el streaming de vídeo en 2D a través de la red. El nivel de representación que toma los flujos recibidos de varios sitios y los hace en un espacio virtual con la opinión del usuario actual. Se debe Tener en cuenta que, dado que todas las cámaras se calibran con un sistema de coordenadas global, cada uno de los flujos puede ser mostrado de forma independiente.

En general, el concepto de opinión refleja el interés de los usuarios en un nivel superior, que distingue ViewCast de cualquier modelo de red a un menor nivel. El modelo ViewCast básicamente especifica que cuando el usuario recupera el contenido de un sistema de multi-party/multi-stream, sólo el interés de los usuarios de vista es necesario. El modelo ViewCast controla la selección de flujo dinámico de acuerdo con el requisito de vista y el estado de los recursos con el objetivo final de mantener la QoS para la vista representada. Por lo tanto, ViewCast tiene las ventajas de la flexibilidad, la

personalización, la adaptabilidad coordinación, y capacidad de respuesta en un entorno más dinámico y con recursos limitados. Se señalan varias propiedades importantes de ViewCast que se enumeran a continuación. La mayoría de las características pueden aplicarse a los sistemas multi-party/multi-stream entre otros también.

- **Ambiente Multi-party/multi-stream.** Cada sitio de origen de captura, proporciona múltiples flujos correlacionados correspondientes a una sola vista.
- **Correlación Stream Semántica.** La función de correlación semántica es una característica importante en los sistemas con múltiples cámaras, donde el concepto de visión tiene una definición muy intuitiva.
- **Diferenciación de Flujos.** Junto con la correlación semántica es la característica de diferenciación de flujo. Es decir, una de las vistas deberían favorecer algunos de los flujos más que otros. En el entorno 3DTI, la representación de la escena 3D es dependiente de la vista y la contribución de cada flujo a la calidad de representación de la vista podría ser diferente. A medida que el ángulo de una cámara 2D se desplaza desde el punto de vista del usuario, su resolución de imagen efectiva disminuirá debido a la figura y la oclusión. Véase Fig. (4.9), dado el punto de vista del usuario (parte derecha), las cámaras 4 y 5 son las más importantes. Cámaras de 3 y 6 son menos importantes, pero mejorará la calidad visual si se añade.
- **Codificación Independiente entre flujos.** Se asume la independencia de codificación, decodificación entre los flujos es decir, suponemos intra-flujos de codificación. Dado que cada secuencia puede ser transmitida de forma independiente y mostrada. Véase Fig. (4.13), debido a la vista del usuario y la orientación de las cámaras ViewCast puede seleccionar varios subconjuntos de flujos (o cámaras) como {4}, {4,5}, {4, 5, 3} o {4, 5, 3, 6}... en función de la calidad y la escasez de recursos. La codificación entre flujos proporciona una mayor flexibilidad en la selección de flujo y la adaptación de QoS.

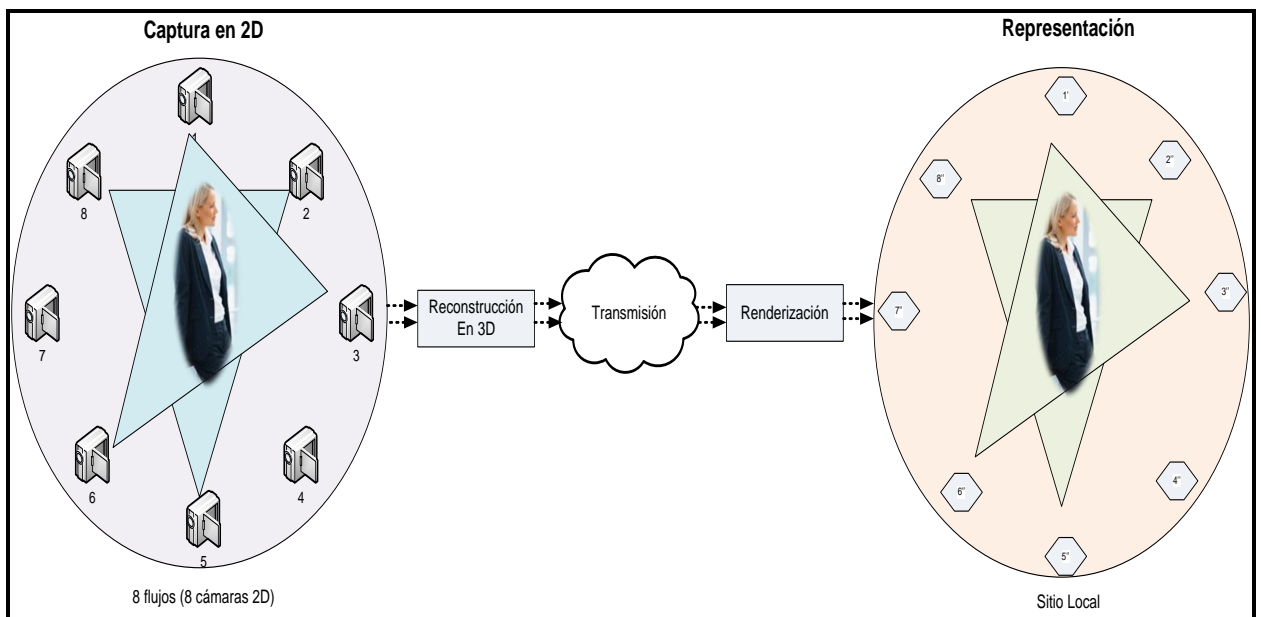


Fig. (4.9) Diferenciación de flujos con respecto a la vista del usuario [1]

- **Modelo Abierto.** Desde el punto de capas de OSI, el modelo ViewCast reside en la capa de presentación. Al trazar entre la semántica de la capa de aplicación y la manipulación de flujos en la capa de sesión. Más específicamente, en entornos 3DTI el modelo ViewCast sólo dicta caracteres deseables de la aplicación (por ejemplo, la definición de vista y calidad) y cómo estos afectan el multi-streaming. Sin embargo, la elección del diseño de las capas superior e inferior están abiertas dependiendo de los requisitos específicos. En primera estancia se identifica una función básica e ideal en la capa de presentación.
- **Cambio de vista.** Como se observa, la operación de cambio de vista puede ocurrir con frecuencia en entornos 3DTI. Existen dos consecuencias del cambio de vista. En primer lugar, la diferenciación de flujos varía con el cambio de vista. Véase Fig. (4.9) cuando el usuario ve los cambios a la posición de la flecha punteada (parte derecha) cámaras 1 y 2 serán los más importantes. Esta variación distingue a ViewCast de otros sistemas basados en la diferenciación de flujo fijo, tal como la codificación y la decodificación de capas múltiples. En segundo lugar, tan pronto como el cambio de vista es detectado, el sistema debe responder por conmutación de flujos en consecuencia. La Conmutación de flujos puede ser costoso. El impacto directo para el usuario es la discontinuidad de la representación. Si el protocolo de multidifusión se utiliza en la capa subyacente, a continuación, el flujo de conmutación en un nodo padre puede afectar los nodos secundarios. La dinámica del cambio de vista presenta un desafío crítico para el diseño de sistemas basado en ViewCast.

La idea clave de ViewCast es que mediante el aprovechamiento de la semántica de alto nivel la opinión de la calidad visual, que está estrechamente relacionada con la visión, puede ser garantizada, mientras que la capa de flujo de bajo nivel de regulación puede tener mayor flexibilidad para topologías de construcción y adaptación de QoS.

Además, la transmisión de la información en un tamaño completo sería muy costosa en ancho de banda de red, así como en la latencia de visualización, dado que la transmisión de hace en múltiples sitios (la naturaleza de la tele-inmersión). Por estas razones, los sistemas 3DTI utilizan un enfoque de modelado poligonal, que se emplea extensamente en tiempo real de gráficos 3D por servidor, para reducir tanto los gastos generales temporales como espaciales.

Una de las preocupaciones de la transmisión de video en 3DTI es acerca de si existen límites de percepción sobre la degradación para efectos de reducción de datos, por lo tanto se puede formular la métrica de la relación de la degradación DR. Por ejemplo denotaremos un flujo de referencia como f_i donde i es el número de flujo y el flujo generado 3D a partir de ella es F_i se asume que $N_0(F_i) \in N^0$ y es el numero de vértices que está en primer plano en f_i si THvar, donde se establece a cero, y $N_v(F_i) \in N^0$ es el numero de vértices en primer plano calculado en f_i si THvar donde se establece que ($v \geq 0$) la relación de degradación en el flujo F_i puede ser expresado como:

$$DR(F_i) = 1 - \frac{N_v(F_i)}{N_0(F_i)} \text{ donde } 0 \leq DR(F_i) < 1 \quad (22)$$

Mientras la relación de degradación sea baja, habrá muchos más vértices para el flujo F_i , habrá una mayor definición y precisión que tendrá una mayor profundidad y una mejor textura en la recepción por lo tanto estereoscópicamente esta potencialmente mejor en función de mecanismos de percepción

4.6 PROTOCOLO Y ARQUITECTURA DE SESIÓN EN 3DTI

La Fig. (4.10) ilustra la arquitectura de sesión 3DTI, que se gestiona en dos capas:

1. En la capa local, cada entorno 3DTI es administrado por su puerta de enlace de servicio (G), que consiste en uno o más servidores. Cuando una cámara 2D (C) inicia, se registra en la puerta de enlace de servicio para guardar los datos de cada flujo. Debido al costo de tiempo de ejecución de la reconstrucción 3D, una vez que un marco 3D se genera es enviada a la puerta de enlace del servicio a través de LAN de alta velocidad para el procesamiento adicional de la compresión de datos y de control de transmisión.

La puerta de enlace gestiona la representación, y recupera flujos a nombre de sus renderizadores locales (R). Por lo tanto, la puerta de enlace de servicio es un conjunto de datos a nivel de aplicación y agregación de punto en cada sitio 3DTI.

Se implementa ViewCast en la parte superior del sistema de extremo de multidifusión, que se está convirtiendo en una alternativa atractiva a la multidifusión IP, debido a la ventaja de la flexibilidad y de fácil implementación.

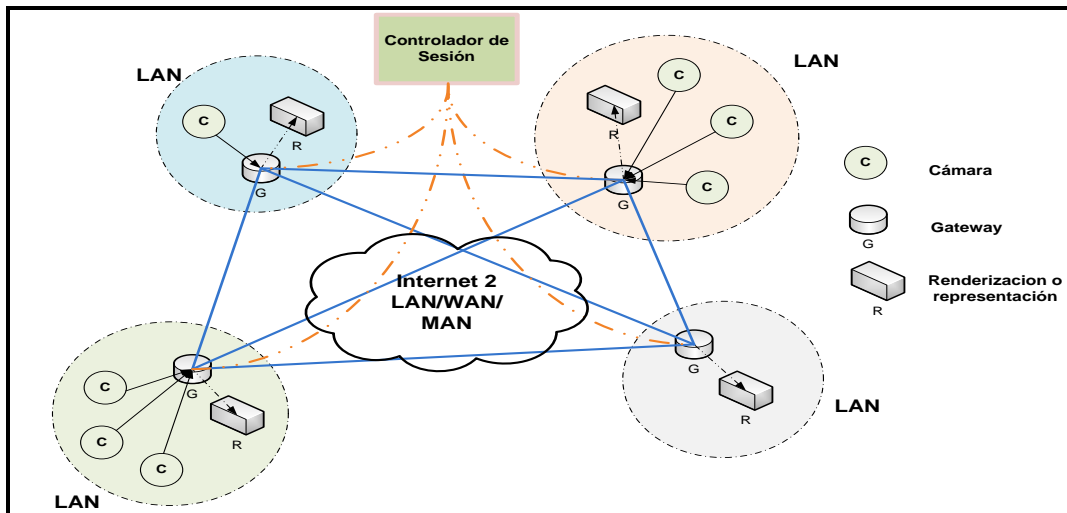


Fig. (4.10) Superposición de Sesión 3DTI [1]

2. Después de la secuencia de arranque del entorno local se completa, la puerta de enlace de servicio registra con el controlador de la sesión central en la capa global. Cuando una puerta de enlace de servicio nueva se une a la sesión, el controlador de la sesión informa a otras puertas de enlace de servicio para permitirle conectarse entre sí. Posteriormente, el controlador de la sesión deberá

recibir y atender las solicitudes de vista para cada nodo y actualizar la estructura de revestimiento en consecuencia

Para simplificar, se asume que todos los Gateway de servicio de enlace participantes deben inscribirse en el controlador de la sesión antes de la sesión en vivo para poder iniciar. Durante una sesión de 3DTI, el usuario puede cambiar su posición de visualización del espacio virtual a través del dispositivo de entrada (por ejemplo seguimiento de la cabeza del colaborador) en el servidor. Si el cambio de punto de vista no se puede resolver, el procesador de la remitirá a la puerta de enlace de servicio. La puerta de enlace de servicio comprueba si dispone de los flujos disponibles para acomodar el cambio de punto de vista. De lo contrario, se envía una solicitud, el controlador de la sesión para calcular una topología Multicast nuevo de la coordinación de multi-streaming. El enfoque es viable en la situación donde el número de puertas de enlace de servicio se encuentra dentro de una escala razonable (≤ 20).

En un sistema Tele inmersivo 3D (3DTI), Idealmente, no existe una perfecta continuidad entre la experiencia del usuario del espacio local y remoto dentro de la aplicación. Dos componentes importantes de la arquitectura 3DTI son la adquisición y reconstrucción de la escena 3D. El primero se compone de un conjunto de cámaras digitales y la captura de escenas a distancia entre una amplia variedad de ángulos de cámara. Las cámaras están calibradas y registradas a un sistema de coordenadas mundo y son diseñados para capturar imágenes en sincronía. Las imágenes se transmiten a una ubicación remota, donde los flujos resultantes independientes dan una vista con profundidad a continuación, se puede representar de cualquier punto de vista según la posición de la cabeza del usuario. Véase Fig. (4.9)

En este trabajo se centra también en el problema de la coordinación multi-streaming entre la adquisición de escena y los componentes de reconstrucción 3D de la arquitectura 3DTI. Sin dejar la consideración el suministro de transporte fiable de los conjuntos de flujos (un conjunto de n fotogramas de vídeo capturadas de las n cámaras en el mismo instante de tiempo) de tal manera que es streaming de agrega lo siguiente:

- En respuesta a la congestión de la red.
- Altamente sincronizado con respecto a las llegadas de los flujos.

La Respuesta de congestión es importante no sólo para prevenir el retardo de los flujos y la posibilidad de congestión colapsen el sistema, pero para minimizar la pérdida innecesaria y las retransmisiones. La reconstrucción en 3D supone una elevada demanda sobre integridad de los datos para tener una eficaz representación, y por lo tanto es un requisito básico en 3DTI que el transporte de datos sea fiable.

El marco de sincronía es la noción de que los flujos dentro del mismo conjunto son recibidos por el subsistema de reconstrucción al mismo tiempo. El problema de la coordinación multi-streaming es importante, ya que representa una instancia de una clase mucho más amplia de aplicaciones multimedia distribuidas que nos referimos como aplicaciones clúster a clúster

Las aplicaciones de extremo a extremo, donde los puntos finales de comunicación son servidores individuales, en una aplicación clúster a clúster (C - C) utilizan colecciones de dispositivos informáticos y de comunicación. Todos los flujos emplean típicamente en una transferencia de datos de C - C entre puntos finales en un grupo y los extremos en otro. Para ser eficaz, una aplicación C - C se debe coordinar el uso de recursos de red a través de estos flujos para reflejar adecuadamente los objetivos de nivel de aplicación y las prioridades. La arquitectura general de una aplicación de C - C. Un clúster se compone de cámaras conectadas a equipos de vídeo capturando y el otro grupo está compuesto por el sistema de reconstrucción distribuida que muestra una vista en 3D del ambiente capturado Véase Fig. (4.11). Algunas características de identificación de esta arquitectura son:

- Una vía intermedia común que se llama la ruta de datos de clúster a clúster. Este es el camino a través de la amplia zona que fluye entre los grupos que compartirán los flujos.
- Un punto de agregación natural por el que todos los datos que salen de un grupo convergerán al mismo host de reenvío. Nos referimos a este punto de agregación como un AP. Típicamente, el AP es la puerta de enlace del primer salto conexión de un clúster para el resto de Internet. En las aplicaciones de clúster a clúster, existen dos puntos de acceso, una delante de cada grupo en cada lado de la trayectoria de C - C de datos.
- Flujos de datos independientes, pero relacionadas que forman parte de la misma aplicación C - C.
- Requisitos de adaptación como las necesidades prioritarias y ancho de banda de los flujos dentro de la aplicación de cambios dinámicamente.

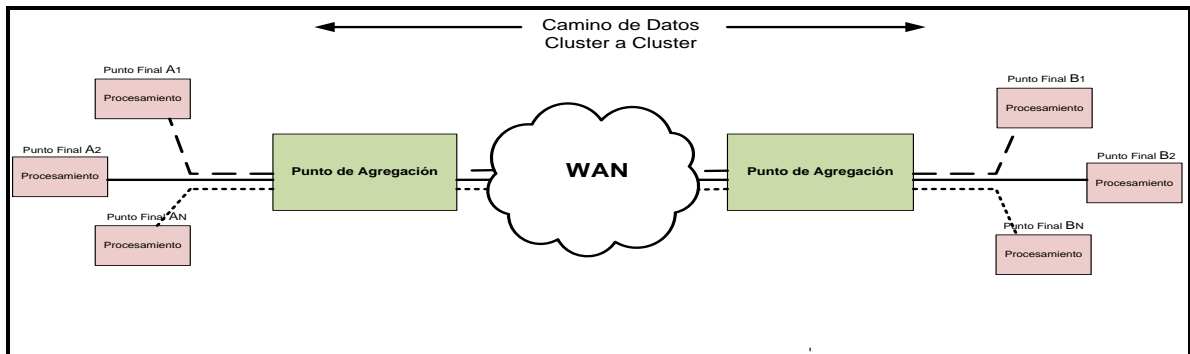


Fig. (4.11) Modelo de Aplicación para 3DTI Clúster a Clúster

En general, la red dentro de un grupo está bajo control administrativo local y se pueden aprovisionar para sostener cómodamente a las necesidades de la aplicación. En contraste, la ruta de acceso entre los grupos se comparte con otros flujos de internet y normalmente no puede ser aprovisionado. Como tal, es la fuente principal de las condiciones cambiantes de la red incluyendo la congestión.

Al considerar las aplicaciones multimedia cada vez más complejas, como la tele-inmersión que presentan una arquitectura de clúster a clúster, la falta de mecanismos para la gestión de paquetes globales de los flujos relacionados se vuelve cada vez más problemática. Los protocolos a nivel de Red como IP que se refiere únicamente al

siguiente salto mientras que a nivel de transporte, protocolos como TCP tienen que ver con la semántica de extremo a extremo, como su fiabilidad. Un vacío que existe entre estos dos niveles para atender las preocupaciones de los flujos relacionados que comparten sólo una parte del camino de extremo a extremo.

El problema a resolver en aplicaciones de clúster a clúster es que la coordinación de flujo, los flujos de aplicaciones comparten un camino común intermediario entre grupos, y sin embargo, emplean protocolos de transporte que operan en forma aislada unos de otros. Como resultado, los flujos relacionados de la misma aplicación pueden competir entre sí cuando los recursos de red llegan a ser limitados en vez de cooperar para utilizar el ancho de banda disponible en la red de datos.

El enfoque para el problema de la coordinación multi-streaming en 3DTI es una arquitectura generalizada para la solución de problemas de flujo de coordinación de aplicaciones C - C de todo tipo. A esto se le llama *arquitectura del Protocolo de Coordinación o CP*, que proporcionara a los extremos de la aplicación, información sobre las condiciones actuales en la trayectoria de C a C de datos, incluyendo el ancho de banda agregado que está disponible para la aplicación como un todo. Simplemente, un clúster es un grupo de múltiples servidores unidos mediante una red de alta velocidad, de tal forma que el conjunto es visto como un único servidor, más potente que los comunes de escritorio.

De un clúster se espera que presente combinaciones de los siguientes servicios:

1. Alto rendimiento
2. Alta disponibilidad
3. Balanceo de carga
4. Escalabilidad

Al mismo tiempo, sirve como un repositorio de información de estado que se puede intercambiar entre los flujos de una manera definida por la aplicación. El resultado es una arquitectura abierta que puede ser explotada por una aplicación de C - C para realizar la coordinación de flujo y capacidad de respuesta de congestión agregada en formas específicas de dominio del problema de la aplicación. CP se puede aplicar para problemas de multi-streaming en 3DTI.

4.7 PROTOCOLO DE COORDINACIÓN

La arquitectura de protocolos CP está diseñada con dos objetivos en mente:

- Para informar a los puntos finales de las condiciones de red a través del camino de datos clúster a clúster, incluyendo ancho de banda total disponible para la aplicación como un todo.
- Proponer una infraestructura ligera para el intercambio de flujos y permitiendo una aplicación para ejecutar su propio plan de coordinación de flujo.

Para llevar a cabo estos objetivos, CP hace uso de un encabezado insertado en paquetes de aplicaciones C - C. Idealmente, la posición de este encabezado se situaría entre la capa de red (IP) y la capa de transporte (TCP, UDP, etc.). Como se mencionó anteriormente, esto hace que sea transparente a los routers en la trayectoria de envío de C - C a nivel de la capa de transporte en el modelo OSI. En cualquier caso, cada flujo de una aplicación de C - C emplea un protocolo de nivel de transporte que hace uso de la información CP de varias maneras.

El mecanismo principal CP se aplica realmente en el punto de agregación (AP). Esto puede ser el router. El AP es parte del entorno de cálculo del clúster local y, como tal, está bajo el control administrativo local. El encabezado de paquetes de CP pertenece a la misma aplicación C - C y son procesados por el AP durante el reenvío de paquetes. Esencialmente, el AP utiliza la información del encabezado de CP para mantener una tabla de estado [apéndice]. Los Flujos de información en la tabla de estado de sus AP locales pasan los paquetes desde un extremo de la aplicación a través de la AP y hacia el clúster remoto.

Los paquetes que viajan en la dirección inversa recogen las entradas de la tabla de estado e informan de ellos al protocolo del nivel de transporte, en capas por encima de CP y / o la aplicación. Además, dos los puntos de acceso conspiran para medir las características de la trayectoria de C - C de datos tales como el tiempo de ida y vuelta, la pérdida de datos, el ancho de banda disponible, etc. Estas mediciones se realizan con todos los paquetes de todos los flujos pertenecientes a la misma aplicación de C - C. Estos valores también se insertan en la tabla de estado. La Fig. (4.12) muestra el encabezado y sus contenidos en diferentes puntos de la ruta de red.

Encabezado de IP	Del Punto Final a AP					De AP a AP					Del AP al Punto Final						
	C-C App ID	Flow ID	V	Protocol ID	Flags	C-C App ID	Flow ID	V	Protocol ID	Flags	C-C App ID	Flow ID	V	Protocol ID	Flags		
	Add ₀	Val ₀				Timestamp				Echo Timestamp	Report ₀				VID ₀		
	Add ₁	Val ₁				Echo Timestamp				Delay Timestamp	Report ₁				VID ₁		
	Add ₂	Val ₂				Echo Delay	Bandwidth Available				Report ₂				VID ₂		
Add ₃	Val ₃				Seq No.				Loss Rate				Report ₃				VID ₃
Encabezado de CP																	
Encabezado de la capa de transporte																	
Paquete de datos																	

Fig. (4.12) Estructura del paquete de CP a medida que atraviesa la ruta de datos de clúster a clúster [7]

Un extremo utiliza un subconjunto de los recursos disponibles de información como la velocidad de envío, (por ejemplo, la estrategia de codificación) para cumplir con los objetivos definidos por la aplicación para la asignación de recursos de red y otras tareas de coordinación, Si bien la visión general de CP es breve, un punto importante a destacar, el papel de CP es proporcionar información útil a los extremos de la aplicación en la ejecución de sus propios esquemas de coordinación. En cierto sentido, no es más que un servicio de información en los paquetes que atraviesan la ruta de datos de clúster a clúster. Por lo tanto, los puntos de agregación no hacen almacenamiento, programación, configuración o vigilancia de los flujos de aplicaciones.

En su lugar, la coordinación es implementada por la aplicación que debe configurarse en extremos para responder a la información con apropiados ajustes del tipo de envío que reflejan los objetivos más elevados de la aplicación.

4.8 MÚLTIPLE TRANSMISIÓN COORDINADA

El sistema de adquisición de escena en 3DTI se encarga de capturar fotogramas de vídeo simultáneamente en múltiples cámaras y transmitiéndolos simultáneamente con una reconstrucción 2D a una ubicación remota. El problema de la captura de imágenes sincronizadas se resuelve utilizando un solo mecanismo desencadenante en todas las cámaras. La activación puede ser manejada de forma periódica o de una manera síncrona de bloqueo en la que los flujos subsiguientes se activan sólo cuando las tramas actuales han sido consumidas. El mecanismo de disparo en sí mismo puede ser basado en hardware (un bus compartido) o basadas en red mediante paso de mensajes (como se mencionó con CP).

En 3DTI se utiliza el bloqueo síncrono y paso de mensajes para activar la captura de imágenes simultáneas en todos los hosts. Una configuración de amo-esclavo se usa en el que cada cámara que está conectada a un host separado (es decir, esclavo) que espera un mensaje de activación a ser transmitido por un huésped de disparo (es decir, maestro). Una vez que un mensaje ha sido recibido, el flujo se captura y se firman en la capa de conexión que maneja streaming a un extremo en el subsistema de reconstrucción a distancia. Tan pronto como las devoluciones de llamada de escritura (es decir, el flujo puede ser acomodado en una capa socket y se envía a un buffer), se envía un mensaje al host local notificando que el host de captura está lista para capturar de nuevo. Cuando un mensaje se ha recibido de todos los hosts, el host apuntador emite un mensaje de activación nuevo y se repite el proceso.

Algunas cuestiones clave del envío de los fotogramas de vídeo en multi-streaming en este contexto incluyen

- Enviar el tamaño del búfer
- La elección de protocolo de transporte
- la capacidad de respuesta global a la congestión de la red, Ancho de banda de utilización, y sincronización a través de los flujos.

En el diseño 3DTI, TCP puede ser elegido para ser el protocolo de nivel de transporte para cada secuencia de vídeo. Normalmente no se conoce como un protocolo de flujo, es una opción atractiva por varias razones. En primer lugar, siempre manda los datos en orden, entrega de datos confiables que, como se ha mencionado anteriormente, es un requisito importante en este dominio del problema. En segundo lugar, es la congestión de respuesta.

El uso de TCP para transmisión múltiple en 3DTI asegura que el tráfico de C - C como un agregado es la congestión sensible por virtud del hecho de que los flujos individuales son congestión de respuesta. Se espera que mediante el uso de redes de gran capacidad relativamente grandes, el rendimiento no sea un problema. El rendimiento de la

aplicación resultante, sin embargo, es pobre, pero no necesariamente debido a las limitaciones de ancho de banda. En su lugar, la operación no coordinada de múltiples flujos TCP entre la adquisición y reconstrucción resultó en porciones grandes de extremo a extremo y latencias de entrega asíncrona de fotogramas por flujos diferentes. Mediante la adición de los mecanismos del CP a la arquitectura y el desarrollo de un servidor basado en un protocolo de nivel de transporte fiable, se demuestra cómo un pequeño fragmento de la coordinación entre los flujos puede viajar un largo camino hacia el logro de los objetivos de toda la aplicación en red.

4.9 MÚLTIPLE TRANSMISIÓN CON EL PROTOCOLO DE TRANSPORTE TCP

La desventaja principal de TCP en el contexto de multi-streaming, es que los flujos individuales operan independientemente de los flujos de pares dentro de la misma aplicación. Cada flujo de TCP independientemente detecta la congestión y responde a eventos de pérdida para aumentar y disminuir el tamaño de la congestión utilizando mecanismos como el tamaño de ventana.

Mientras que el resultado es un agregado sensible de congestión, las diferencias en la detección de la congestión, puede fácilmente resultar en un alto grado de asincronía como detectar algunos flujos con múltiples eventos de congestión, mientras que otros flujos se encuentran con menos o nada de eventos de congestión y manteniendo una ventana de congestión, es decir, en promedio durante el intervalo de transmisión, más grande. El resultado, para los flujos de igual tamaño en todos los puntos finales de captura, es que algunos flujos pueden terminar con transmisión de flujos que pertenecen al mismo conjunto más rápidamente a expensas de los flujos de pares que dieron el ancho de banda en el proceso. Véase Fig. (4.13)

El problema se agrava cuando los fotogramas de vídeo son de tamaño desigual. Este podría ser el caso cuando los host individuales de captura aplican la compresión como parte del proceso de captura. Un flujo con más datos pueden enviarse, en algunos casos, se enfrentan a más eventos de congestión y, como resultado, dar marcha atrás más de un flujo con menos datos para enviar. El resultado es una alta probabilidad de que se detenga, ya que algunos flujos no pueden terminar su transmisión y tienen que esperar a que los flujos restantes completen su transmisión antes de la siguiente transmisión del fotograma para que pueda proceder.

El problema del atascamiento puede ser mitigado, por supuesto, mediante el aumento de nivel de socket se envía a un buffer, pero a expensas de aumentar de extremo a extremo el retraso que es altamente indeseable ya que 3DTI es una forma interactiva, en tiempo real de la aplicación.

Lo que se necesita, es una cantidad adecuada de búfer lo suficientemente grande como para mantener un almacenamiento completo de datos en todo momento, pero lo suficientemente pequeño como para minimizar el retraso innecesario de extremo a extremo y mantener este equilibrio requiere información sobre las condiciones en la ruta de datos de C - C, sin embargo, algo que TCP no puede proporcionar.

4.10 TRANSMISIÓN MULTICAST

El termino Multicast hace referencia a la comunicación entre N fuentes y M destinatarios. Se trata de la visión más global de una comunicación y comprende los casos de Unicast (M=1) y broadcast (N=1), tanto a nivel conceptual como de implementación.

La ventaja principal de las tecnologías, Multicast es eficiente en la utilización del ancho de banda. Con el esquema Unicast, debería establecer una comunicación entre la fuente y cada uno de los destinatarios. Si el número de estos es elevado este esquema resulta inviable y costoso económicamente.

La tecnología *Multicast* representa un servicio de red en el cual un único flujo de datos, proveniente de una determinada fuente (servidor), se puede enviar simultáneamente a diversos receptores interesados (clientes), se transporta este flujo de datos, replicándolo cuando sea necesario, para todos los receptores que registren interés en recibir estos datos. En redes TCP/IP, estos clientes son representados por una dirección de grupo o dirección *Multicast*. Esta dirección de grupo corresponde a una dirección IP que pertenece a la clase D, es decir, en el rango que va entre 224.0.0.0 y 239.255.255.255.

Cada fuente envía paquetes hacia una dirección de grupo (por ejemplo: 233.255.12.42), en el cual estarán asociados diversos clientes. Estos receptores, a su vez se pueden vincular y desvincular en forma dinámica. Cabe mencionar que los dispositivos de red utilizados son los enrutadores, que determinan cuáles de sus interfaces poseen receptores interesados en un grupo *Multicast* y cuáles deberán recibir una copia de los paquetes enviados para ese grupo. *Multicast* está orientado hacia aplicaciones del tipo "uno a varios", y además es orientado a la no conexión.

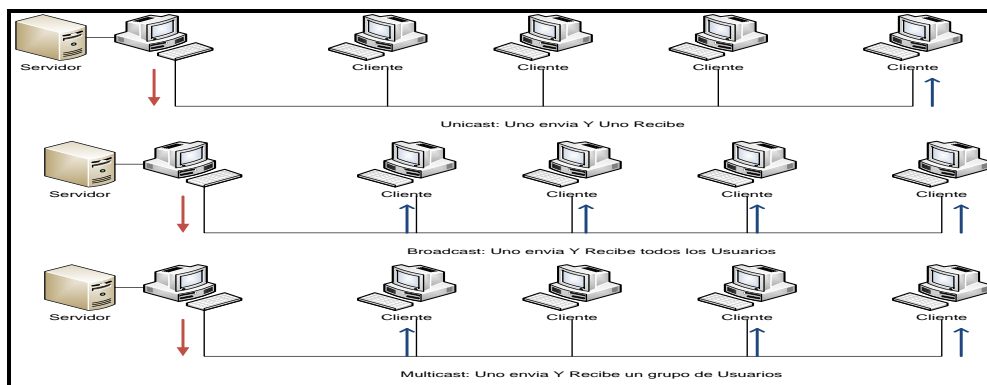


Fig. (4.13) Diferencias entre Unicast, Broadcast y Multicast

El siguiente paso consiste en resolver el encaminamiento a nivel de enlace de datos. La solución más sencilla consiste en realizar un mapeo de las direcciones de red en las direcciones de MAC. En el caso de una LAN IEEE 802.3, se emplea el bit 0 del primer octeto para indicar si se trata de una trama Broadcast o Multicast.

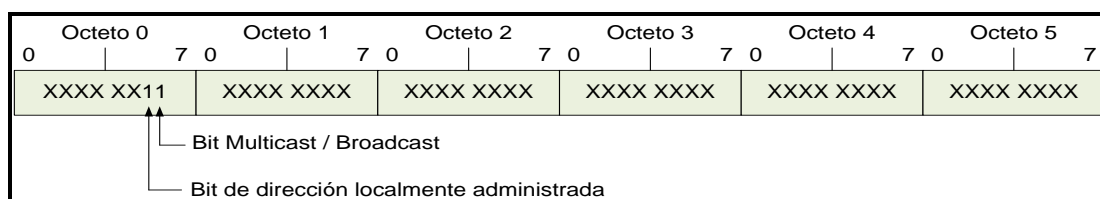


Fig. (4.14) Formato de dirección MAC IEEE 802.3

Este bit indica que el marco está destinado a un grupo arbitrario de host o de todos los hosts de la red (en el caso de la dirección de difusión, 0xFFFF.FFFF.FFFF).

4.11 ASIGNACIÓN DE DIRECCIONES MAC ETHERNET

La IANA posee un bloque de direcciones MAC Ethernet que comienzan con 01:00:05 E en hexadecimal. La mitad de este bloque es asignado para las direcciones de multidifusión. Esto crea que la gama de direcciones MAC Ethernet que va desde 0100.5e00.0000 a 0100.5e7f.ffff. Esta asignación permite 23 bits en la dirección Ethernet para corresponder a la dirección del grupo de multidifusión IP. Hay 23 bits disponibles en la dirección Ethernet para formar el grupo de direcciones Multicast.

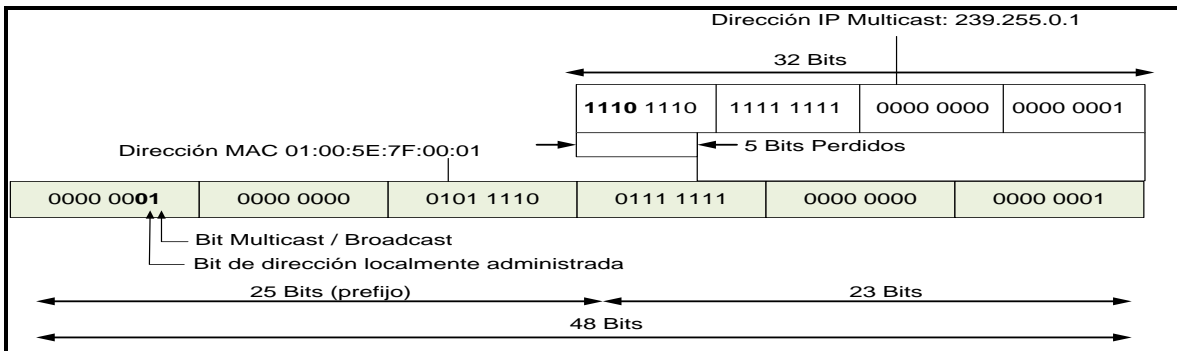


Fig. (4.15) Asignación de dirección IP Multicast a Ethernet

En general, Multicast está basado en el concepto de grupo, que es un conjunto de destinos interesados en recibir cierta información sin ninguna restricción física ni geográfica. En entornos IP se ha definido un rango de direcciones específico (Direcciones clase D). Este rango a su vez, está dividido en cuatro grupos Véase Apéndice E.

IP Multicast pretende reservar el ancho de banda de la red mediante el envío de un único flujo de información a miles de usuarios destino. IP, por su concepción, ofrece un servicio Unicast de tipo best-effort (mejor esfuerzo), El protocolo de red IP no asegura que se pueda transmitir información en un orden o un tiempo determinado, sino que la red hará lo posible por transmitir la información de la manera más rápida y fiable posible.

Sin embargo, en protocolos de transporte como TCP (no así en el protocolo UDP, que no tiene garantías de calidad de servicio) sí que se confirma la recepción de los datos transmitidos, aunque no se asignan recursos de antemano. El sistema de mejor esfuerzo presenta complicaciones para la prestación de servicios que requieren la transmisión de datos en tiempo real, puesto que la llegada de datos desordenados o la pérdida de información pueden ser críticas.

Si la información a transmitir en tiempo real exige que no se pierda información, por lo que son necesarias algunas modificaciones en el protocolo cuando se plantea su utilización en entornos Multicast, ya que, por ejemplo, se requiere inteligencia adicional en la red, lo que supone introducir mayor complejidad en los routers. Tal como se mencionó en temas anteriores.

4.12 ENTORNO DE TRABAJO

En capítulos anteriores se habló sobre cómo crear un entorno de tele inmersión, así como los parámetros necesarios para poder generar una difusión de video sin problemas de retardo, y además cómo hacer eficiente el canal de comunicación para el buen transporte de los datos, esto es utilizando la captura en 2D sin hacer reconstrucción en 3D, lo que implica una mejor utilización respecto al ancho de banda si se hiciera con la reconstrucción en 3D. Ahora lo que importa es como se generara un entorno holográfico que corresponde a la etapa de representación de la tele inmersión. Antes de generar la representación una de las primeras etapas y una de las más importantes es generar la captura 2D del usuario, en el sitio remoto.

Imagine que el usuario se encuentra en una sala de conferencia a miles de kilómetros de donde se desea verlo en un sitio remoto, entonces otro usuario que se encuentra en un sitio remoto, por ejemplo se encuentra en la sala de video conferencia de ESIME Zacatenco, entonces para proceder a hacer la captura en tiempo real se necesitará, al usuario y 4 flujos que corresponden a 4 tomas diferentes e independientes, cada una con diferente posición de captura. Para dejar más clara esta idea se puede asemejar que el usuario se encuentra dentro de un cubo que corresponde a la sala de conferencia de donde él se encuentra, las cámaras estarán posicionadas a la altura de cada cara de este cubo, lo cual cada cámara tendrá una posición diferente respecto a la cara que le corresponde. Véase Fig. (4.16)

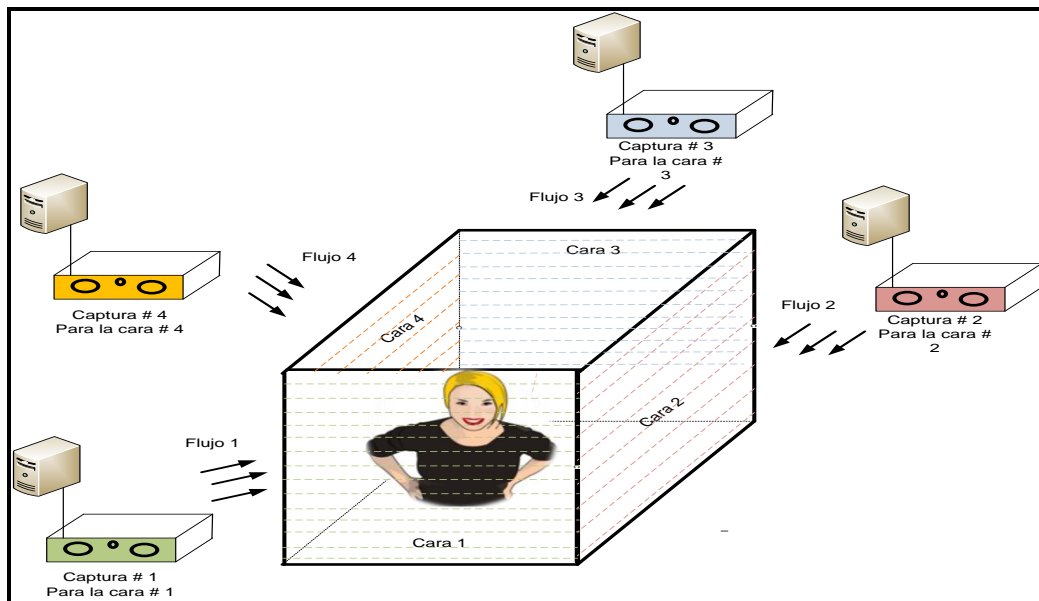


Fig. (4.16) Captura de imágenes para la difusión de video en tiempo real, sitio remoto

El flujo principal es la vista del usuario o el frente del usuario, entonces las cámaras deben estar dirigidas a la vista del usuario con respecto a la normal de la superficie de cada cara del cubo imaginario.

Los cuatro flujos o las cuatro cámaras que se proponen es para tener en el sitio local una vista en tercera dimensión, ahora suponga que el usuario cambia de posición y está en constante movimiento, esto hará que la captura de imagen ya no sea la misma, entonces

para esto se debe buscar que haya un seguimiento de imagen por parte de cada cámara, esto es para tener la sensación de movilidad en el sitio local, este seguimiento de imagen se lograra poniendo un punto en la vista del usuario lo que hará que cada vez que el usuario se mueva el punto se moverá con él.

En primera estancia se deben fijar los límites tanto del sitio remoto como el sitio local, en el sitio remoto el usuario podrá tener movimiento, pero no podrá desplazarse del cubo imaginario donde se encuentra, así por ejemplo, podrá mover sus manos, su cabeza, pero se tendrá que quedar en un sitio lo que significa no podrá desplazarse (recordemos que el flujo principal es el punto que seguirá la vista del usuario), ahora en el sitio local, el usuario que se encuentra, por ejemplo en la unidad Informática de ESIME Zacatenco, de igual manera se encuentra en un cubo imaginario por el momento el solo verá al colaborador y no habrá interacción entre ambos (usuario sitio remoto, usuario sitio local) Véase Fig. (4.17).

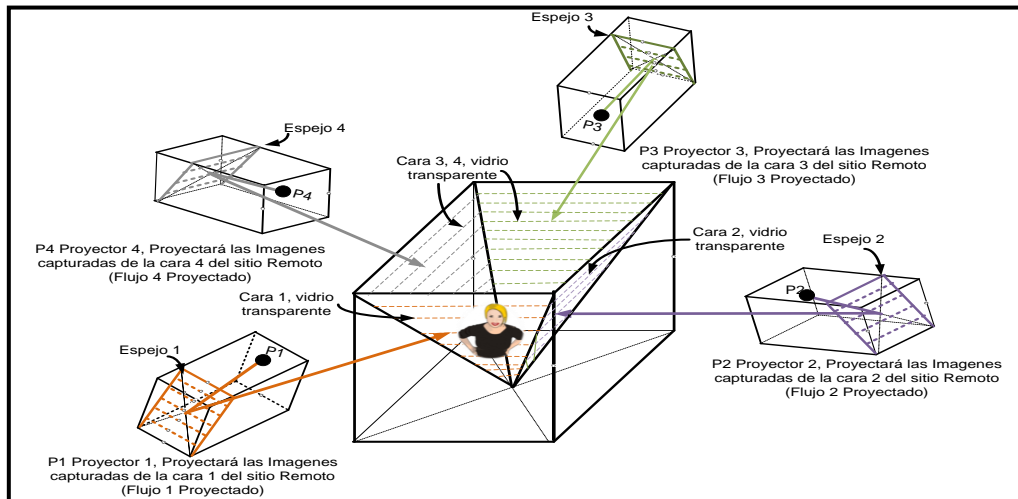


Fig. (4.17) Proyección del Holograma en tiempo real, sitio Local

En la figura 4.18 se muestra detalladamente cómo es que se logra hacer un holograma en base a proyecciones en este caso son 4 proyecciones cada proyección por una cara de nuestra pirámide cuadrangular, esto nos da el efecto de generar un holograma en tercera dimensión utilizando el modelo con interacción global, y en realidad si es un objeto que se está visualizando en tiempo real y además en tercera dimensión, esto se logra mediante reflexión. Por ejemplo un conjunto de rayos incidentes que provienen de un foco luminoso, O, y que se reflejan en un espejo plano pulido. Al observador le parecerá que los rayos reflejados que le llegan provienen del foco O', al otro lado del espejo. O' constituye un foco virtual. La distancia de O al espejo es la misma que hay del espejo a O'. El foco virtual O' es simétrico a O respecto del espejo. Véase Fig. (4.18)

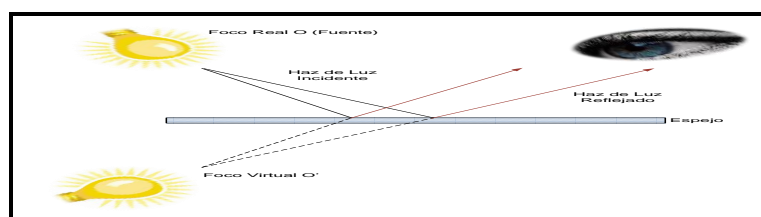


Fig. (4.18) Reflexión de la Luz

Para representar las imágenes reflejadas en una superficie plana especular basta con prolongar por el otro lado de la superficie líneas perpendiculares a la superficie especular desde cada punto de la imagen real hasta una distancia idéntica. Uniendo estos puntos tendremos la imagen reflejada, que es exactamente lo que está sucediendo en la Fig. (4.19) Por la ley de la reflexión y teniendo en cuenta lo comentado, si un usuario se coloca delante de un espejo plano y alza la mano derecha la imagen alzará la mano izquierda. La imagen presenta inversión lateral. En Resumen:

- La imagen formada en un espejo plano es virtual (los rayos reflejados parecen provenir del punto imagen pero no pasan realmente por dicho punto, sólo lo hacen sus prolongaciones).
- La imagen formada en un espejo plano es del mismo tamaño que el objeto.
- La imagen formada presenta inversión lateral (izquierda-derecha).

Formación de imágenes en un espejo plano

1. Desde el punto A_1 se trazan dos rayos luminosos. Uno de ellos es normal al espejo y se refleja retrocediendo en la misma dirección. El otro incide con un cierto ángulo i en el espejo y se refleja formando un ángulo igual. La prolongación de los dos rayos reflejados da lugar a A_2 , imagen virtual de A_1 .
2. Si procedemos de igual modo con B_1 , obtendremos B_2 .
3. A_1 unir A_2 con B_2 obtendremos la imagen del objeto Véase Fig. (4.19)

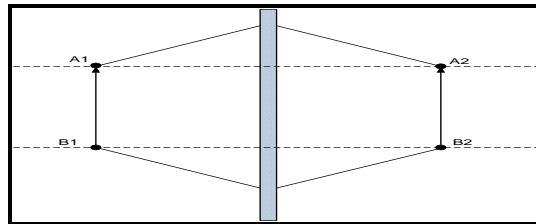


Fig. (4.19) Formación de imágenes en un espejo plano

Existe la posibilidad de combinar espejos planos para producir una imagen sin inversión lateral, por ejemplo, situando dos espejos de forma que formen un ángulo de 90° . Las imágenes Im_1 e Im_2 se obtienen directamente, como hemos visto. Im_3 es la proyección de I_1 en el hipotético espejo AB o de I_2 en el hipotético CA. Para un observador, las rayas parecen proceder de I después de la doble reflexión, observemos que La imagen Im_3 no presenta inversión lateral.

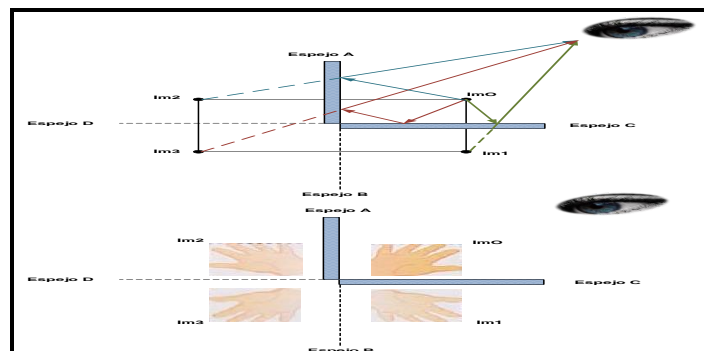


Fig. (4.20) Formación de imágenes en un espejo plano sin inversión lateral

4.13 ADAPTACIÓN BASADA EN UN RÉGIMEN ENTRE FLUJOS

Los Parámetros de calidad de servicio se caracterizan por requisitos espaciales (intra-frames) y temporales (inter-frames). Para vídeo 3DTI, el parámetro espacial se refiere a la distribución espacial (incluyendo el eje z), y el parámetro temporal corresponde a la velocidad de fotogramas.

Las aplicaciones 3DTI suelen aplicarse sin tener en cuenta el equilibrio temporal-espacial. Esta adaptación ofrece a la tele-inmersión una herramienta de gran alcance para controlar la complejidad de los detalles del vídeo, y a su vez controlar el tiempo de procesamiento de tramas o la velocidad de fotogramas. Una implicación importante es que la degradación transparente sobre la resolución espacial (CZLoD) es posible lograr un ahorro de recursos sin que el usuario sea consciente de ello, es decir, por CZLoD degradante a un nivel donde la distorsión sea imperceptible.

Además, cuando la velocidad de fotogramas decrece en un determinado nivel, la degradación en CZLoD puede aumentar aún más (todavía dentro de rangos aceptables) para reducir la carga de datos y por lo tanto se debe elevar la velocidad de fotogramas, por ejemplo, las mejoras en la velocidad de fotogramas se hacen menos visibles por encima de aproximadamente 10 fotogramas por segundo. Por lo tanto, cuando las tasas de velocidad son mayores de lo necesario, la relación de degradación CZLoD se puede disminuir (si es posible) para recuperar o promover la calidad lo que reduce la velocidad de fotogramas. En pocas palabras, podemos manipular la relación de degradación CZLoD para lograr un equilibrio entre la calidad temporal (velocidad de cuadro) y la calidad espacial (CZLoD).

Se propone una interacción humana, en tiempo real, dentro de flujos en un régimen de adaptación (en el lado del servidor) para vídeo 3DTI. Se propone una adaptación que se podría hacer en el servidor como un bucle de realimentación cerrado para el control de calidad detallada en vídeo 3DTI, además se proponen tres componentes principales: Monitor de QoS, y un servidor de decisiones, y un servidor que podría monitorear la varianza. El Monitor de QoS es responsable de la recolección y el análisis de series temporales de parámetros de calidad de servicio (por ejemplo, el tiempo de procesamiento de flujos, el tamaño, tiempo de reconstrucción), y extracción de información en línea significativa para notificar al servidor que tomara las decisiones para la activación de la adaptación. El servidor de la toma de decisiones calculara un objetivo apropiado CZLoD para proporción de degradación para el proceso de reconstrucción 3D. Véase Fig. (4.21)

Desde que la relación de degradación se controlará realmente mediante la manipulación del umbral de varianza, el primer componente que es el servidor que monitorea la varianza se usa por lo tanto, para calcular el umbral de varianza correcta dada una relación de degradación de destino del servidor de la toma de decisiones. Sin embargo, un reto es que el mapeo de una proporción de degradación CZLoD deseada a un umbral de varianza es impredecible debido a su dependencia de las escenas (por ejemplo, textura de la ropa, colores de la piel, la presencia de objetos, la iluminación). Por lo tanto, el servidor que monitoree la varianza aprende dinámicamente un modelo

cuantitativo entre la proporción de degradación CZLoD y el umbral de varianza apropiado. Basado en el modelo, se calcula el umbral de varianza apropiado dado una razón degradación de destino, y la inyecta al proceso de reconstrucción 3D de la adaptación calidad de vídeo.

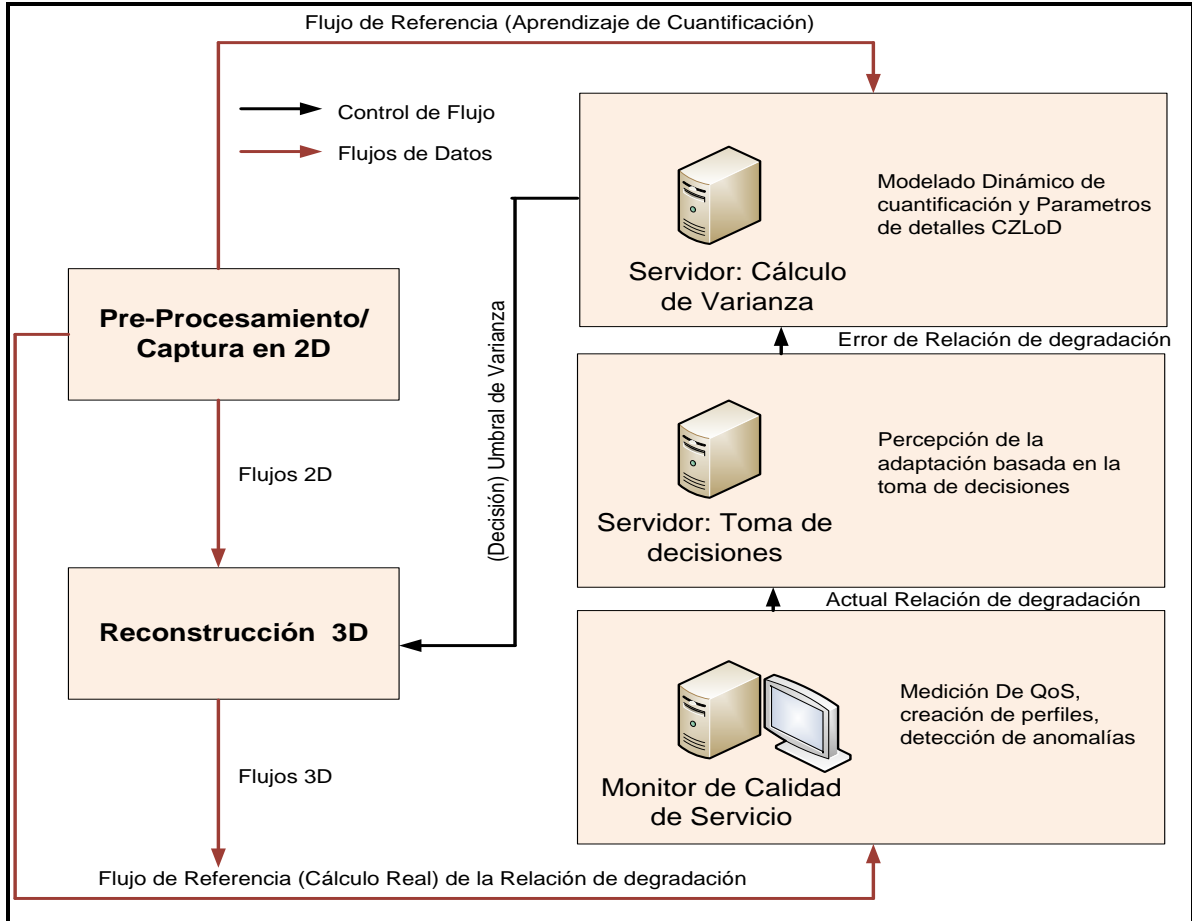


Fig. (4.21) Componentes de la adaptación del esquema lado remitente y relación de la degradación

4.14 MONITOR CALIDAD DE SERVICIO

Varios CZLoD relacionados con los parámetros de QoS son interdependientes en la tele-inmersión. El monitoreo de QoS recogerá continuamente series cronológicas de meta-datos de estos parámetros para cada fotograma y realizará el análisis de perfiles, y proporcionará una retroalimentación, el servidor de decisiones servirá para la realimentación que incluye dos tipos: (A)

Los eventos de velocidad de cuadro (demasiado alta o demasiado baja) para la activación de aumento o disminución de la relación de degradación, y (b) relación de degradación real DRA (F_i) de cada flujo F_i .

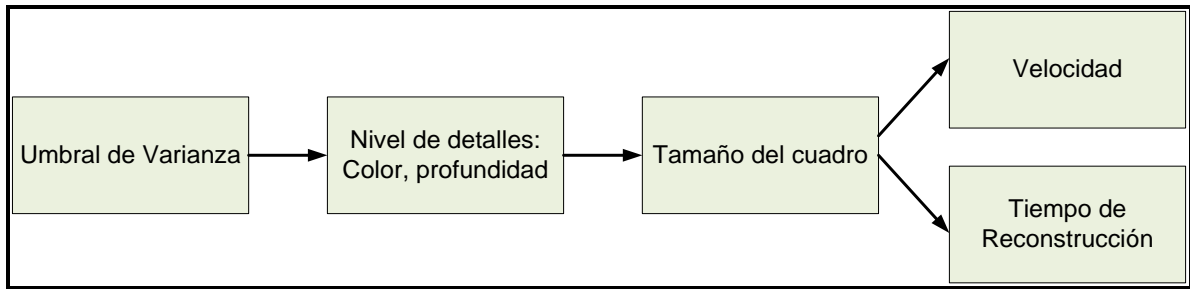


Fig. (4.22) Esquema de la dependencia de los parámetro de monitoreo para QoS

Si se proporciona una retroalimentación en tiempo real en el circuito de control es una clave, y eficiente para la evaluación la velocidad de fotogramas, En esencia, si la velocidad de fotogramas cae por debajo de un umbral de límite inferior $TH_{tramas}^{nivel\ bajo}$, el servidor de decisiones tiene que ser notificado para el incremento de la tasa de degradación (baja calidad), si la velocidad de fotogramas aumenta más allá de un umbral de límite superior $TH_{tramas}^{nivel\ alto}$, el servidor de decisiones tiene que ser notificado para que haya un decremento en la tasa de degradación (alta calidad) Véase Fig. (4.23). Los umbrales deben fijarse de acuerdo con las características perceptuales de la velocidad de fotogramas.

Por ejemplo si $TH_{tramas}^{nivel\ bajo} = TH_{tramas}^{nivel\ alto}$, El intervalo de umbrales es importante para evitar el efecto de parpadeo que puede ocurrir cuando un parámetro constante cambia entre los niveles bajo y alto como se pasa cerca del umbral. Por la misma razón, la velocidad de fotogramas no se calcula en cada trama, pero en promedio sobre una ventana de tamaño W (frames).

La idea es que con colecciones de datos se pueda adquirir un perfil de la gama normal de frecuencia de imagen con tamaños de estructura variable. El Monitor de QoS el objetivo de este es monitorear continuamente el tamaño de las tramas y el tiempo de reconstrucción de cada marco Fi, y además determinar si es un valor atípico por la medición de la desviación [54].

4.15 SERVIDOR DE DECISIONES

El fundamento de la lógica de la adaptación es un servidor de Decisiones que se basa en los umbrales de percepción, en la resolución espacial de color más profundidad del video. Los umbrales de la calidad de vídeo CZLoD en 3DTI se han basado en tres zonas: zona blanca donde la distorsión es mínimamente perceptible, una zona gris en la que la distorsión se convierte gradualmente en una zona notable aún todavía aceptable, y negro, donde la degradación es inaceptable. La idea básica del servidor de decisiones es para ajustar dinámicamente la proporción de degradación prevista, sobre todo en la zona gris, excepto con algunos márgenes, Véase Fig. (4.23)

Si se denota el margen como B_n y B_a ($0 \leq B_n, B_a \leq 1$) entonces la zona de adaptación puede ser definida de la siguiente manera: $[AP - B_n; AC - B_a]$, en términos de relación de degradación.

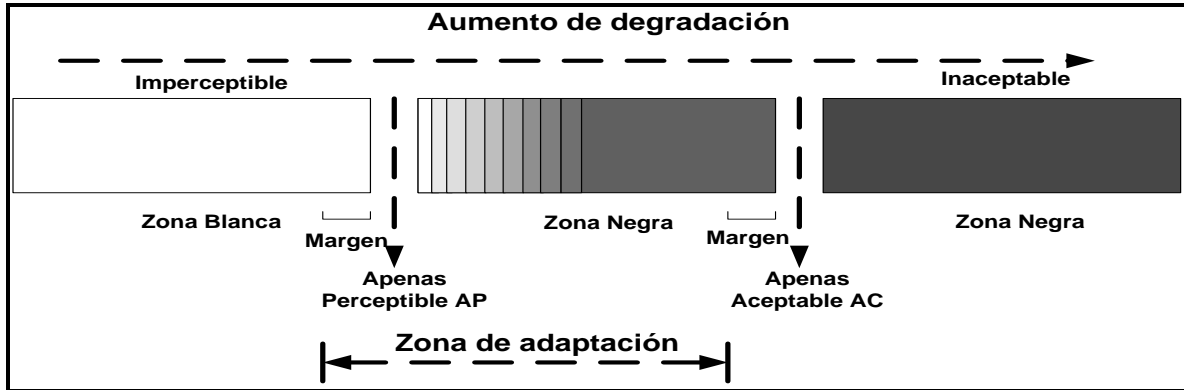


Fig. (4.23) Esquema Aumento de la degradación [4]

El servidor de decisiones recibe dos tipos de información del Monitor de QoS: (a) la tasa de fotogramas anormal, y (b) El DRA de cada fotograma. Tras la recepción de alarmas de velocidad de cada fotograma anormal, el servidor de decisiones calculará una tasa de degradación apropiada, básicamente una tasa de fotogramas bajo, sería lo anormal $FR_i < TH_{fr}^{nivel\ bajo}$ significa que se necesita una menor calidad CZLoD (o mayor proporción de degradación), con lo que el servidor de decisiones calcula la relación de la degradación como $DR^t(F_i) = DR^a(F_{i-1}) + \Delta_d$ donde $DR^t(F_i)$ es la tasa de degradación, un mayor DR significa una mayor degradación, $DR^a(F_{i-1})$ significa la tasa actual de degradación del último fotograma F_{i-1} que es reportado por el monitor de QoS y por ultimo Δ_d denota el tamaño de ajuste para DR.



Fig. (4.24) Degradación de Imagen

Esta tasa es usada para todas los fotogramas antes del siguiente tiempo de adaptación sea activado, Similarmente, una tasa innecesaria de fotogramas alto $FR_i > TH_{fr}^{nivel\ alto}$, acciona el servidor de decisiones para producir una relación de degradación deseado como $(F_i) = DR^a(F_{i-1}) + \Delta_u$ donde Δ_u es el ajuste para el decremento de DR, los ajustes de Δ_d y Δ_u pueden estar basados en varios protocolos, por ejemplo AIMD, que significa Aumento aditivo / decremento multiplicativo, es un algoritmo de control de realimentación mejor conocido por su uso en la evitación de congestión TCP. AIMD combina el crecimiento lineal de la ventana de congestión con una reducción exponencial cuando tiene lugar una congestión.

Aunque tales cambios, puede resultar en un tiempo de reacción más rápido, también pueden incurrir en cambios más bruscos en la resolución que detalla al vídeo. Se encuentra que el simple tamaño pequeño constante es suficiente efectivo para responder a enmarcar las anomalías de velocidad, mientras que ser capaz de mantener un cambio gradual y suave que se puede notar menos. [4]

4.16 SERVIDOR: CÁLCULO DE VARIANZA

Dada la tasa de degradación DR^t , el servidor que calcula la varianza es responsable para determinar el valor propio para los parámetros de detalle TH_{var} para la reconstrucción en 3D, el mapeo \mathcal{F} de $DR^t \rightarrow TH_{var}$, depende de condiciones externas como la complejidad de la grabación de la escena.

El proceso se llevará a cabo sólo cuando el servidor de decisiones señala que el error de adaptación $EA = |DR^a(F_i) - DR^t(F_i)|$ es más alto que cualquier umbral. Este servidor que es el encargado de calcular la varianza debe aplicar repetidamente la reconstrucción en 3D en los Flujos F_i con valores incrementándose exponencialmente de TH_{var} y los valores resultantes de $DR^a(F_i)$ serán registrados.

Este proceso se ejecuta en paralelo con el proceso real 3DTI y por lo tanto es discreta. Entonces, los valores utilizados de TH_{var} y sus valores resultantes $DR^a(F_i)$ se introducen en un módulo de regresión de los mínimos cuadrados para desarrollar un modelo exponencial de la siguiente manera [16].

Con este modelo disponible, el servidor de varianza será capaz de establecer un umbral de varianza apropiado después de pre-procesamiento 2D y 3D para la reconstrucción antes de una relación de degradación deseada. [4]

4.17 MODELO PROPUESTO PARA LA DIFUSIÓN DE VIDEO HOLOGRÁFICO

A lo largo del presente trabajo se ha estado hablando sobre los parámetros necesarios para difusión de video holográfico, en posteriores líneas se describe el modelo propuesto que se utiliza para la visualización del video, tales parámetros contemplan las tres etapas significativas de la presente tesis, que es la *captura de video*, *transporte de video* y *visualización holográfica*. Véase Fig. (4.25)

Para la captura de video se deben tener las siguientes consideraciones, para posteriormente difundir el video en una estación (prototipo pirámide), cabe mencionar que el modelo propuesto consta de la captura de video y difusión de 4 flujos correspondientes a 4 tomas capturadas independientes entre sí, que da en su totalidad, la representación holográfica en la tercera etapa.

La tele inmersión está enfocada para que la captura, difusión y visualización sea en tiempo real, así que posteriormente se hablarán de los parámetros necesarios para su transmisión en tiempo real, es decir no se necesita que el video sea grabado de forma continua, lo anterior requiere espacio en disco duro, recursos de procesamiento en el servidor, solo basta que la captura de video se transmita en tiempo real

La velocidad de imágenes por segundo debe cumplir los siguientes parámetros, para que el modelo se cumpla satisfactoriamente deben tenerse las siguientes contemplaciones.

1 a 6 fps	10-20 fps	Más de 20 fps
<p>Cuando el nivel de actividad de la escena es bajo, y que para nuestro modelo no es la velocidad más conveniente ya que la visualización del video tiende a degradarse. Puede emplearse esta velocidad, si la captura son objetos que son pasivos</p>	<p>El nivel de captura es intermedia, aunque no se requiere información detallada, la calidad y velocidad de video se considera buena, es decir, no se percibe degradación de la visualización del video, para el presente modelo, es la velocidad mínima que se necesita para la difusión de video</p>	<p>Esta velocidad es recomendada para objetos que se mueven rápidamente y objetos que están próximos a las cámaras, objetos que necesitan estar libres de distorsión, por ejemplo en áreas que se requieran precisión en el modelado de objetos como en telemedicina, ingeniería.</p>

Otro parámetro importante, es la resolución con la que se puede transmitir la imagen es decir, cuánto detalle puede observarse en esta. Por lo tanto ayudará a describir cuán nítida es la imagen, tener mayor resolución se traduce en obtener una imagen con más detalle y calidad visual. Para las imágenes digitales, la convención es describir la resolución de la imagen con dos números enteros, donde el primero es la cantidad de columnas de píxeles (cuántos píxeles tiene la imagen a lo ancho) y el segundo es la cantidad de filas de píxeles (cuántos píxeles tiene la imagen a lo alto). Por lo tanto en el presente modelo se necesita que la imagen cuente con una resolución de al menos 320 x 240 para una buena calidad de la imagen y aun aceptable para su transmisión, se puede trabajar con una resolución de 640 x 480 sin afectar el procesamiento de datos en el servidor de video y tener una mayor calidad en el video.

Es decir si se toman los parámetros mínimos y máximos anteriormente descritos, para contemplar el ancho de banda que se necesita aun sin comprimir el video, es el siguiente.

$$B_W = (NC)(R)(V)(RGB)(8) \tag{23}$$

B_W = Ancho de banda (bps)

NC = Número de cámaras (adimensional)

R = Resolución minima (adimensional)

V = Velocidad minima (fps)

RGB

= composición del color en términos de la intensidad de los colores primarios de la luz, rojo

= 1 Byte, Verde = 1 Byte, Azul = 1 Byte

Una vez descrita la formula anterior para contemplar el ancho de banda con los parámetros que se requiere para transmitir el video sin comprimir, se tiene lo siguiente.

$$B_{wMIN} = (4)(320X240)(10 \text{ fps})(3 \text{ Bytes})(8) = 73.72 \text{ Mbps} \tag{24}$$

$$B_{wMAX} = (4)(640X480)(30 \text{ fps})(3 \text{ Bytes})(8) = 884.73 \text{ Mbps} \tag{25}$$

Lo descrito anteriormente depende de la demanda de recursos que van ligados directamente de la cantidad de los datos de video para procesar, como la velocidad de fotogramas, resolución de imagen y la cantidad de cámaras a utilizar. Por lo tanto se debe contemplar un tipo de compresión en la captura de video, la compresión mínima que se debe hacer para la buena difusión es utilizando MPEG-4 ya que ayudara a disminuir el tamaño de video digital hasta un 50% comparado con un archivo MJPEG, si bien la mejor técnica de compresión a utilizar es H.264 ya que puede reducir el tamaño de video hasta un 80% comparado con un archivo MJPEG, aprovechando mejor el ancho de banda, el tipo de compresión dependerá de las cámaras IP que se utilicen en la implementación, en el presente trabajo, se utilizaron cámaras IP, que trabajan con compresión MPEG4, además de contar con audio bidireccional que permite a los usuarios escuchar y hablar de forma remota.

Si bien la tele inmersión emplea sistemas avanzados de telecomunicaciones de alta velocidad, lo cual permitirá la retransmisión a través de una red de alta velocidad como lo es Internet2 (I2).

La implementación del modelo debe tener tendencia a desarrollarse sobre I2 ya que esto permitirá a las instituciones educativas emplear herramientas que facilitarán los métodos de enseñanza, aprendizaje y evaluación con mucho más velocidad en su transmisión, puesto que la tendencia es hacia la educación virtual. La tele inmersión brinda la posibilidad de cumplir estas expectativas, ya que facilita el intercambio de datos en tiempo real y por lo tanto provee mecanismos de interacción adecuados para mejorar los procesos de comunicación, aprendizaje y orientación en el Instituto Politécnico Nacional.

Aunque en el modelo propuesto no se implementa sobre I2, se trabaja con una red WAN simulada sobre Ethernet dando pauta qué parámetros son los mínimos necesarios para la transmisión de los 4 flujos, lo que da como resultado que este modelo puede implementarse más allá de la tecnología Ethernet, es decir con redes con mucho más alta capacidad de ancho de banda.

Si bien la tele inmersión debe estar enfocada a I2 que es una red de computo con altas capacidades de manejo y acceso a la información en el orden de los Gbps. En el presente trabajo se demuestra que la transmisión de flujos se puede enviar mediante Ethernet necesitando un ancho de banda como mínimo de 70 Mbps sin compresión, y aplicando recursos de la captura como la compresión y difusión de video Multicast da como resultado que se necesita como mínimo un ancho de banda total de 500 kbps para transmitir los 4 flujos hacia una estación.

En el presente trabajo se ocupa una red local (LAN) con tecnología 100BaseT, donde la velocidad nominal de la red es de 100Mbps. Por esa parte no se puede esperar que realmente viajen más de $100 \times 40\% = 40$ Mbps, por lo tanto haciendo analogía con la velocidad que se necesita para los 4 flujos que es 500 kbps, es decir se podrían visualizar hasta: $40\text{Mbps} / 500 \text{ kbps} = 80$ estaciones sobre la misma red.

Una vez teniendo en cuenta el modelo que se debe utilizar contemplando recursos como resolución de la imagen, complejidad de la imagen, etc. ahora debe contemplarse

la técnica de difusión de video utilizada que es Multicast, y el protocolo de enrutamiento a utilizar para la transmisión de video que es PIM.

Para la difusión de video, se hace uso de hardware y software que es el servidor de video que ayudará a difundir el video con la técnica Multicast y transportar el video con el protocolo UDP (User Datagram Protocol) y el protocolo RTP (Real-Time Protocol), Véase Fig. (5.30), y un cliente de video que servirá para proyectar cada flujo de video enviado por el servidor, con ayuda del protocolo RTSP (Real Time Streaming Protocol), este software que servirá tanto de servidor como cliente es VLC.

Por lo tanto en primera instancia la tecnología *Multicast* representa el servicio de red en el cual un único flujo de datos, proveniente del servidor de video, puede enviar simultáneamente a diversas estaciones interesadas. La infraestructura de red transporta este flujo de datos, replicándolo cuando sea necesario, para todos los receptores que registren interés en recibir estos datos, haciendo uso de direcciones IP Multicast del tipo 239.192.12.X Véase Fig. (5.34).

Una vez teniendo en cuenta el tipo de difusión a realizar (Multicast), se provee el protocolo a utilizar para el transporte que es UDP, teniendo como base que el transporte está basado en el intercambio de datagramas, que no es fiable, lo que permite que el envío de estos datos a través de la red no se haya establecido previamente una conexión (orientado a no conexión). UDP no tiene confirmación ni control de flujo lo que hará que los datos viajen con mayor velocidad y no se sature al equipo de enrutamiento con procesamiento innecesario, por lo que los paquetes pueden adelantarse unos a otros y no hay confirmación de entrega o recepción por lo tanto esta no está garantizada.

UDP se utilizó en el transporte porque no hay tiempo para reenviar paquetes perdidos cuando se está escuchando al usuario y viendo el vídeo en tiempo real. Resulta más importante transmitir con velocidad que garantizar el hecho de que lleguen absolutamente todos los bytes.

Como UDP no cuenta con control de flujos se hace uso del protocolo RTP (Real-Time Transport Protocol), que se encuentra en la capa de sesión del modelo OSI, RTP se establece en el espacio de usuario y se ejecuta sobre UDP, ya que posee menor retardo que TCP. Por tanto con UDP se gana velocidad a cambio de sacrificar la confiabilidad que TCP ofrece, por lo tanto RTP no garantiza la entrega de todos los paquetes, ni la llegada de éstos en el instante adecuado.

La función básica de RTP es multiplexar varios flujos de datos en tiempo real en un solo flujo de paquetes UDP, enviándolo a múltiples destinos (Multicast). Los paquetes son numerados de la siguiente manera: se le asigna a cada paquete un número mayor que su antecesor. Esto será útil para que la aplicación conozca si ha fallado algún paquete o no en la transmisión. Si ha fallado, al no tener un control de flujo, de errores, de confirmaciones de recepción ni de solicitud de transmisión, la mejor opción es la interpolación de los datos.

Otra característica muy importante es el time-stamping (marcación del tiempo). La idea es permitir que el origen asocie una marca de tiempo con la primera muestra de cada

paquete. Las marcas de tiempo son relativas al inicio del flujo, por tanto, solo importa las diferencias entre dichas marcas de tiempo. Con este planteamiento, el destino es capaz de almacenar un pequeño buffer e ir reproduciendo cada muestra el número exacto de milisegundos después del inicio del flujo reduciendo los efectos de la fluctuación y sincronizando múltiples flujos entre sí.

Por último en la capa de aplicación del modelo OSI se hace uso del protocolo RTSP, RTSP es un protocolo de control que funciona conjuntamente con RTP para proporcionar el video a los clientes.

Si la dirección URL de conexión usa RTSP (por ejemplo, `rtsps://servidor/punto_de_publicación/archivo`), RTSP negocia automáticamente el mejor mecanismo de entrega del contenido. A continuación, indicará al protocolo RTP que entregue el contenido de transmisión mediante UDP. Véase Fig. (5.30).

De igual manera que los protocolos anteriores, RTSP es un protocolo no orientado a conexión, en lugar de esto el servidor mantiene una sesión asociada a un identificador, en la mayoría de los casos RTSP usa TCP para datos de control del reproductor y UDP para los datos de audio y vídeo.

La última etapa del modelo, es la representación del video, con ayuda del prototipo pirámide propuesto. Para todos los efectos prácticos, un holograma es por lo general considerado como una fotografía (una imagen tridimensional), que parece real cuando es proyectada de una forma en particular o es vista bajo cierto tipo de iluminación.

En el presente trabajo se desarrolla un prototipo pirámide que sirve como medio para la visualización holográfica, haciendo uso de una interacción global que es la combinación de la iluminación en una superficie difusa para después ser refractada en una superficie transparente como es el vidrio.

Si bien para la captura se trabajó con 4 flujos correspondientes a cada cara del objeto, en la visualización del video solo basta proyectar dichos flujos correspondientes a cada cara, es decir cada cara de la pirámide funge como una pantalla para la visualización individual de cada flujo holográfico dando la sensación total de un objeto en 3d.

Para la visualización de cada cara holográfica debe hacerse uso de los grupos Multicast que se configuran en el servidor de video, en la etapa de la captura.

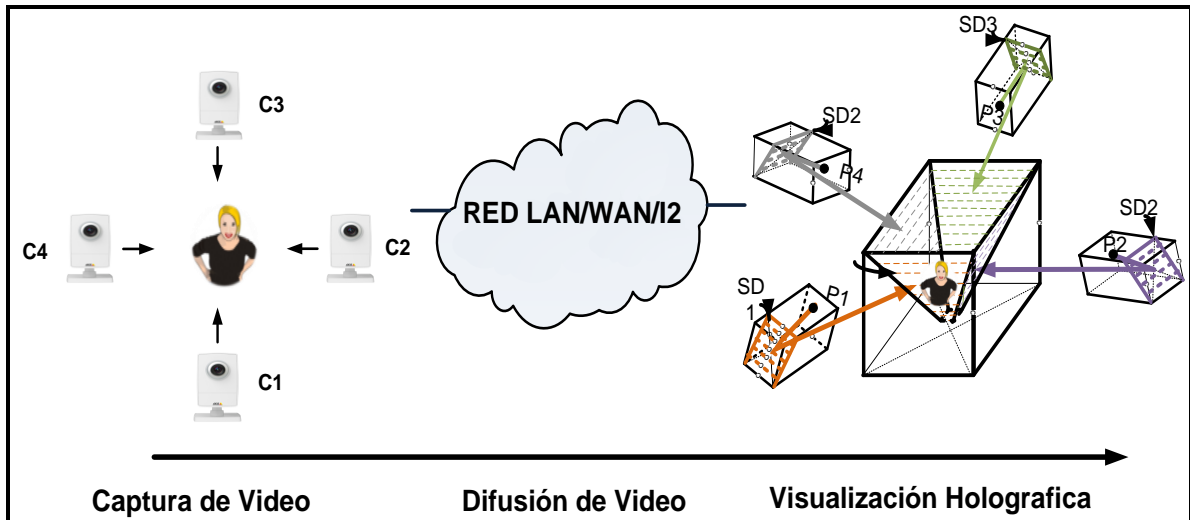


Fig. (4.25) Modelo general propuesto para la difusión de video holográfico

4.18 IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO PROPUESTO A TRAVES DE UNA RED WAN SIMULADA

Para la implementación como se comentó anteriormente se debe contemplar una difusión Multicast, cada proyección holográfica corresponderá a un grupo Multicast, que se ha configurado previamente en el servidor de video, dicho servidor se encuentra en la etapa de captura, que estará ligado directamente a las cámaras que harán la tarea de capturar el video.

Los equipos que se encargaran del enrutamiento del video deben tener la configuración que se muestra en la Fig. (5.28), los routers deben contar con el protocolo de Multicast Independiente en modo denso (PIM-DM, RFC 3973), PIM (RFC 1812) es un Protocolo de enrutamiento que crea una estructura de árbol de distribución entre los clientes Multicast formando dominios, teniendo diferentes formatos como PIM Sparse Mode (PIM-SM) y PIM Dense Mode (PIM-DM).

El protocolo configurado en los equipos de enrutamiento para difundir las capturas con Multicast, es PIM Dense Mode (PIM-DM) que es un protocolo donde muchos nodos se suscriben para recibir paquetes multicast. Básicamente crea árboles inundando de tráfico Multicast todo el dominio y luego podando las ramas que no hay receptores presentes, que es el utilizado en el presente trabajo.

Se debe tener en cuenta que el protocolo de enrutamiento y conectividad de ambas redes, es decir captura y visualización, es EIGRP, en el capítulo 5 se detallan características del protocolo dicho protocolo. Si bien todos los equipos configurados deben contar con un direccionamiento IPV4, en el presente modelo se trabaja con direcciones IPV4 de clase C, es decir direcciones del rango 192.0.0.0 - 223.255.255.255, el servidor de video será el encargado de difundir el video, con direccionamiento de clase D, es decir con rango de direcciones 224.0.0.0 - 239.255.255.255, la configuración del servidor se encuentra en la fig. (5.30).

En la Fig. (4.26) Se muestra el modelo que se propone para la difusión de video holográfico, se muestra una red completa desde la etapa de captura hasta la etapa de visualización, contando con equipo de enrutamiento que ayudara a difundir el video con Multicast y que proporcionara la conectividad y enrutamiento para que el video llegue a su destino, que son las proyecciones en el prototipo pirámide.

Cada uno de los equipos mostrados tiene funciones y características específicas para el buen desarrollo del presente trabajo:

COMPONENTES EN LA ETAPA: CAPTURA DE VIDEO	COMPONENTES EN LA ETAPA: VIDEO HOLOGRÁFICO
Equipo de enrutamiento Véase Fig. (5.12) protocolo configurados: EIGRP, IGMP, PIM-DM	Equipo de enrutamiento Véase Fig. (5.12) protocolo configurados: EIGRP, IGMP, PIM-DM
Equipo de Switcheo	Equipo de Switcheo
Equipo de Captura 4 cámaras configuradas con una resolución de 640x480, con una 30 fps, y una compresión MPEG-4	Equipo de proyección 4 proyectores conectados a los clientes VLC
Servidor de video Procesador Intel Pentium Dual CPU T2390 1.87GHz, Memoria RAM 4GB, Disco Duro: 250GB, el Servidor de video VLC, tiene la función de difundir el video con la técnica Multicast y protocolo de transporte UDP, y protocolo de sesión RTP Véase Fig. (5.22)	Cientes del video holográfico Procesador Intel Pentium Dual CPU T2390 1.87GHz, Memoria RAM 4GB, Disco Duro: 250GB, el Cliente de video VLC, tiene la función de mostrar el video con las características enviadas por el servidor de video, utilizando el protocolo de aplicación RTSP.

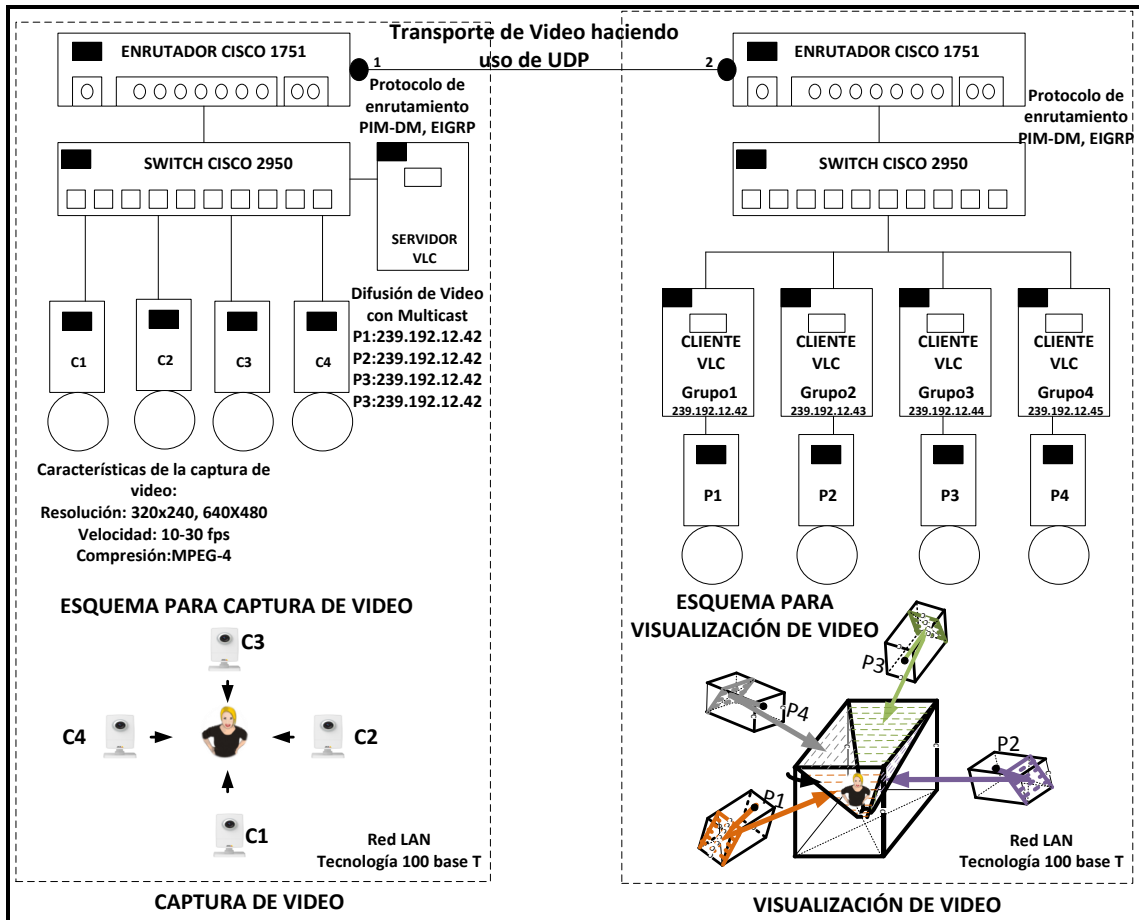


Fig. (4.26) Diagrama del modelo propuesto para la difusión de video holográfico

Cabe mencionar que en el modelo propuesto se busca que la aplicación tele inmersiva sea la visualización de video holográfico en tercera dimensión, proponiendo que la transmisión de dicho video sea en 2d, la gran diferencia de proyectar la imagen en 3d utilizando como medio, la pirámide, es que el ancho de banda no se ve afectado desde el principio (etapa de captura), contemplando que los 4 flujos se envían de manera independiente a través de la red utilizando grupos Multicast, y teniendo en cuenta ciertas características en la captura de imagen, como resolución, complejidad de la escena, compresión de la imagen, se puede aprovechar el ancho banda, teniendo muchas posibilidades de aplicar el modelo propuesto en diferentes tecnologías de red que cuenten con velocidades arriba de los 100 Mbps, como puede ser 1000BaseX que maneja 1 Gbps nominal sobre fibra óptica, sin perder de vista que la Tele inmersión debe estar enfocada a una red como es I2, esta red puede ser el punto 1 y 2 en la Fig. (4.26), por las altas velocidades que maneja, y la capacidad de ser escalable a n estaciones de visualización en el Instituto Politécnico Nacional.

CAPÍTULO V

EXPERIMENTOS Y RESULTADOS

5.1 ANTECEDENTES PARA EL PROTOTIPO DE LA PIRÁMIDE

Para proceder con el desarrollo se hicieron primeramente las pruebas de la etapa de visualización. Iniciando con una pirámide en escala pequeña para después proceder a prototipo de una escala mayor.

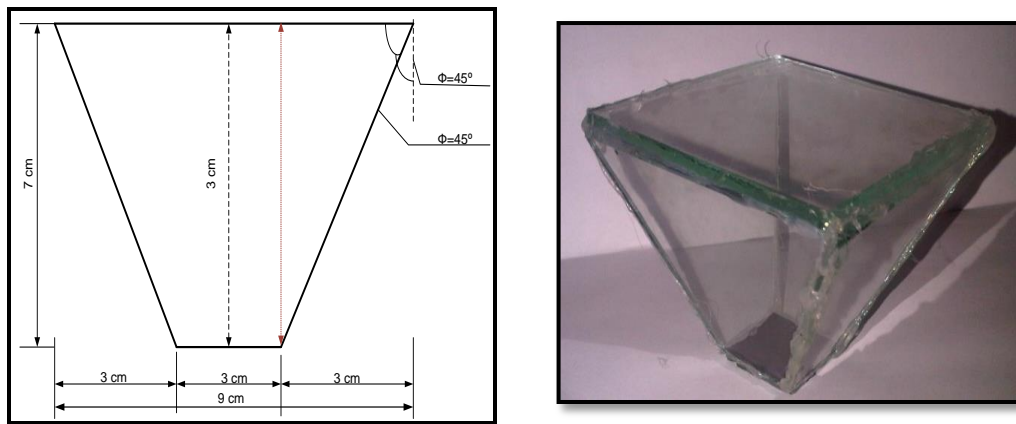


Fig. (5.1) Datos Prácticos prototipo pirámide en escala pequeña

Con la pirámide anterior se realizan las primeras pruebas de cómo generar un holograma, teniendo como herramienta una fuente de luz que generara la imagen para después proyectarla en la pirámide, un celular fungirá como fuente de luz y la difusión será una imagen, como un balón o a una persona de la siguiente manera. Para poder generar el holograma en tercera dimensión, es necesario contar con la imagen a proyectar de las cuatro caras del objeto, en este caso como las primeras pruebas se hicieron con un objeto simétrico como un balón las caras del objeto son las mismas, por tanto cada cara se proyectara en una cara de la pirámide. En la Figura (5.2) se puede observar que la imagen a proyectar en un balón, siendo cada figura una imagen proyectada en cada cara de la pirámide; Lo cual se obtendrá un holograma de cada cara, generando así, el objeto en tercera dimensión en forma de holograma.

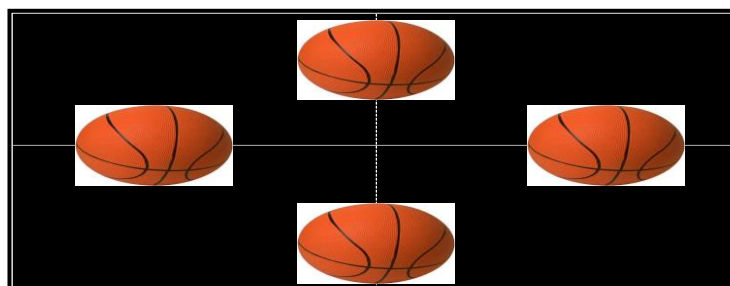


Fig. (5.2) Imagen Proyectada en el prototipo escala pequeña

En la Fig. (5.3) se puede observar la proyección de la imagen sobre la pirámide, obteniendo el holograma en cada cara, dando como resultado el objeto en tercera dimensión

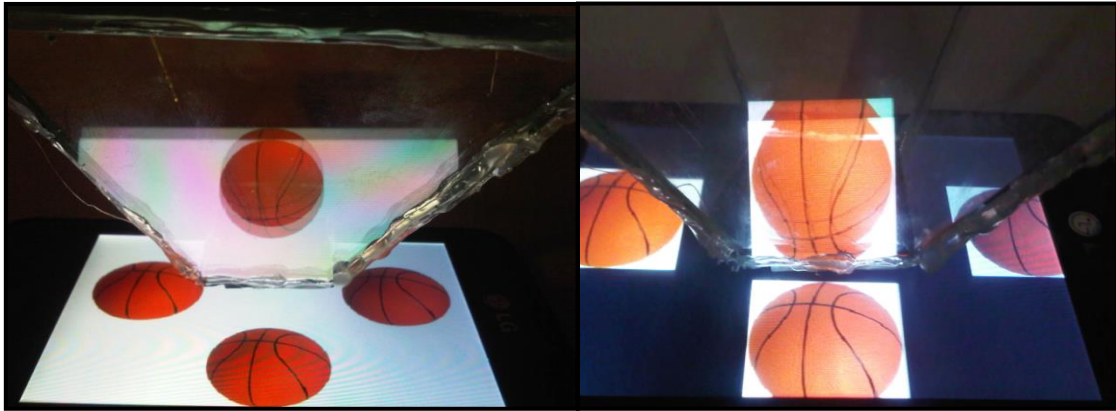


Fig. (5.3) Proyección de una imagen

5.2 ELABORACIÓN DE LA PIRÁMIDE, DATOS TEÓRICOS

Una vez hechas las pruebas para visualizar el holograma a través de una fuente de luz que fue el celular, se procede a realizar los cálculos teóricos para el prototipo de la pirámide

En un principio, se pretende tener un ángulo de 65° , y una altura de la pirámide de 1 metro, a partir de lo anterior se obtienen los demás datos como la base e hipotenusa de la pirámide.

El propósito de proponer la pirámide es obtener el holograma de la persona en tercera dimensión, cada cara de cristal de la pirámide servirá para la visualización de cada cara del objeto capturado remotamente, Las pruebas realizadas demuestran que el ángulo puede ser con una inclinación de $40 < \theta < 70$, para obtener una reflexión de la luz y así poder visualizar la imagen deseada

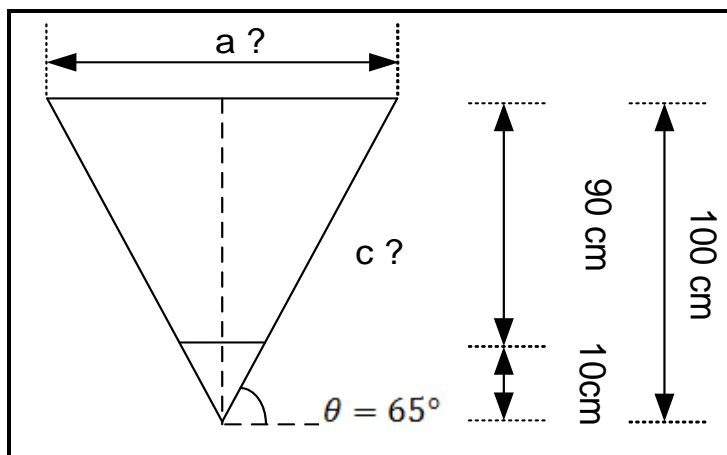


Fig. (5.4) Datos Teóricos para el prototipo a gran escala de la etapa de visualización

Altura b de la pirámide

$$b = 100 \text{ cm}$$

Inclinación de la pirámide respecto al piso θ

$$\theta = 65^\circ$$

Cálculos Matemáticos:

$$\sin \theta = \frac{b}{c} \quad \text{Para obtener la medición de } c \quad (26)$$

$$\cos \theta = \frac{a}{c} \quad \text{Para obtener la medición de } a \quad (27)$$

De Ec. (26) se despeja c

$$c = \frac{b}{\sin \theta} = \frac{100}{\sin(65^\circ)} = 110.3 \text{ cm} \quad (28)$$

De Ec. (27) se despeja a

$$a = (c)(\cos(\theta)) = (110.3)(\cos(65)) = 46.6 \text{ cm} \quad (29)$$

Pero la base es el doble de a por lo tanto

$$a' = (46.6 \text{ cm} * 2) = 93.3 \text{ cm} \quad (30)$$

Teniendo como resultado, las dimensiones de la base

$$a' = 93.3 \text{ cm}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$c = 110.3 \text{ cm}$$

5.3 ELABORACIÓN DE LA PIRÁMIDE, DATOS PRÁCTICOS

Una vez comprobada la elaboración de la pirámide de escala pequeña para la generación del holograma y los datos obtenidos del prototipo de la pirámide donde se generará el video holográfico se obtienen los siguientes datos de la pirámide prototipo.

Altura de la Pirámide a' [cm]	Base de la Pirámide b' [cm]	Hipotenusa de la Pirámide c' [cm]
80	93	100

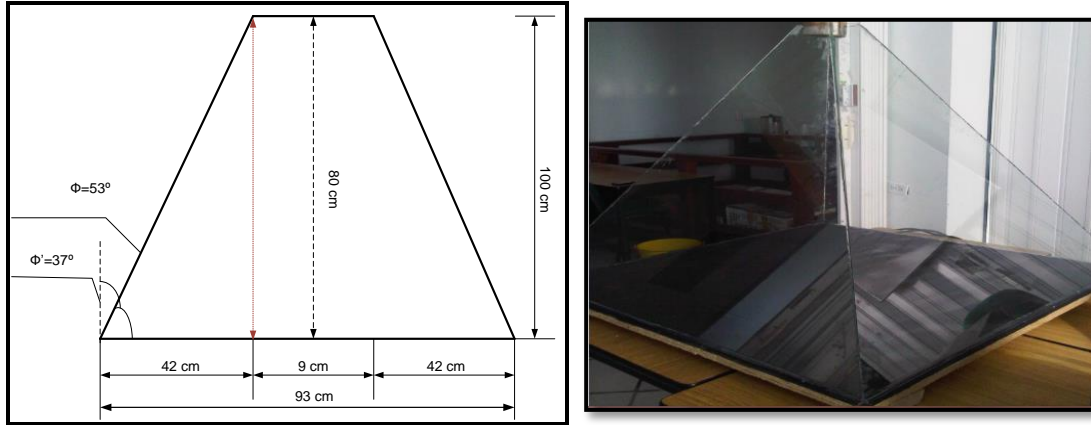


Fig. (5.5) Datos Prácticos para el prototipo a gran escala de la etapa de visualización

Para obtener el ángulo de inclinación de la pirámide se hacen los cálculos correspondientes

$$\sin \theta = \frac{c.o}{hip} \tag{31}$$

De ecuación (31) se obtiene el ángulo interno de 53°

$$\sin \theta = \frac{c.o}{hip} = \sin \theta = \frac{a}{c} = \sin \theta \frac{80 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} \tag{32}$$

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{80 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} \right) = 53.1^\circ \tag{33}$$

$$\theta + \theta' = 90^\circ \tag{34}$$

De ecuación (34) se obtiene la inclinación de la pirámide

$$\theta' = 90^\circ - 53^\circ = 37^\circ \tag{35}$$

5.4 EXPERIMENTACIÓN EN EL PROTOTIPO PARA LA ETAPA DE VISUALIZACIÓN

Aunque se hicieron las pruebas en el prototipo de la pirámide de escala pequeña, las diferencias en la pirámide real, cambia el método en cómo se proyectan las imágenes, una de estas diferencias es que la fuente de luz que se utiliza son proyectores, es decir luz proyectada que tiene la característica de ser una extensión de luz puntual y la dirección de emisión es anisotrópica, dichos proyectores son colocados a una cierta distancia de la pirámide, para poder refractarse sobre la superficie de la pirámide.

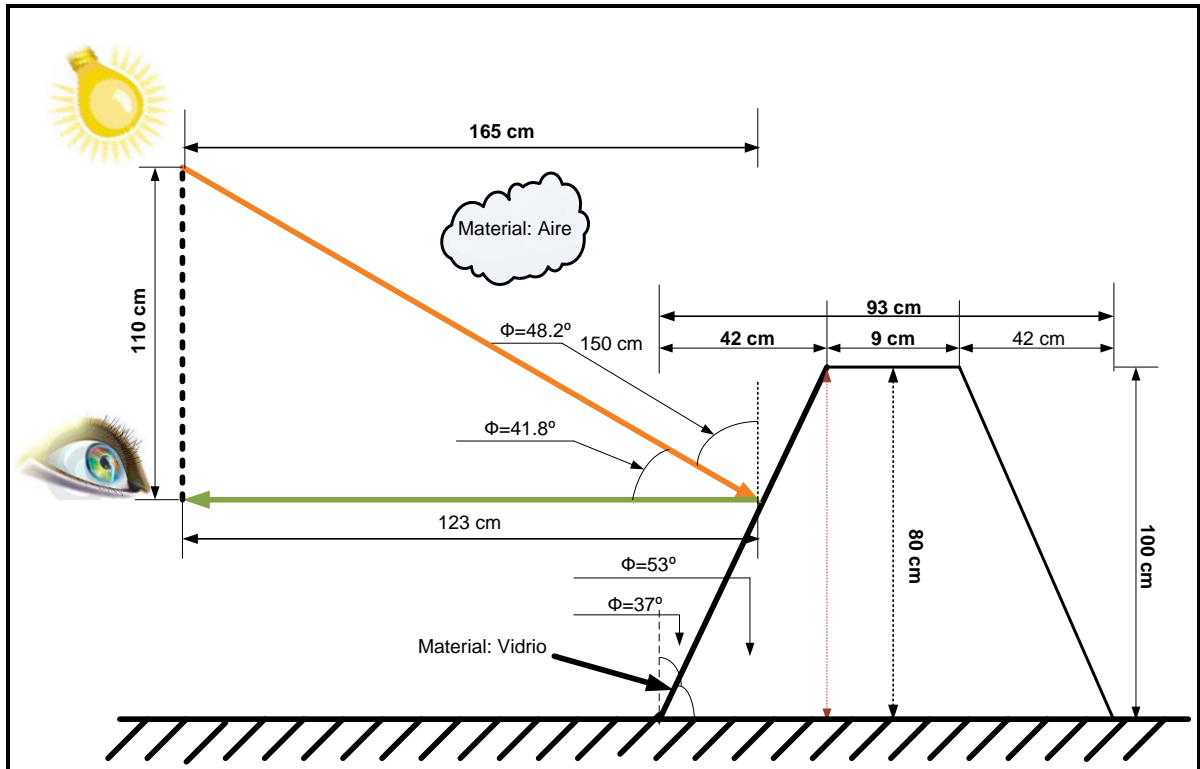


Fig. (5.6) Diagrama visualización, Datos Prácticos para el prototipo a gran escala

Cálculos matemáticos:

De la figura (5.6) se obtienen los datos como el ángulo de incidencia, para obtener una mayor reflexión, para la visualización de la imagen sobre la pirámide.

Teniendo como datos los índices de refracción de ambos materiales, y la distancia del haz de incidencia que hay desde la fuente de luz hasta llegar a la superficie de la pirámide.

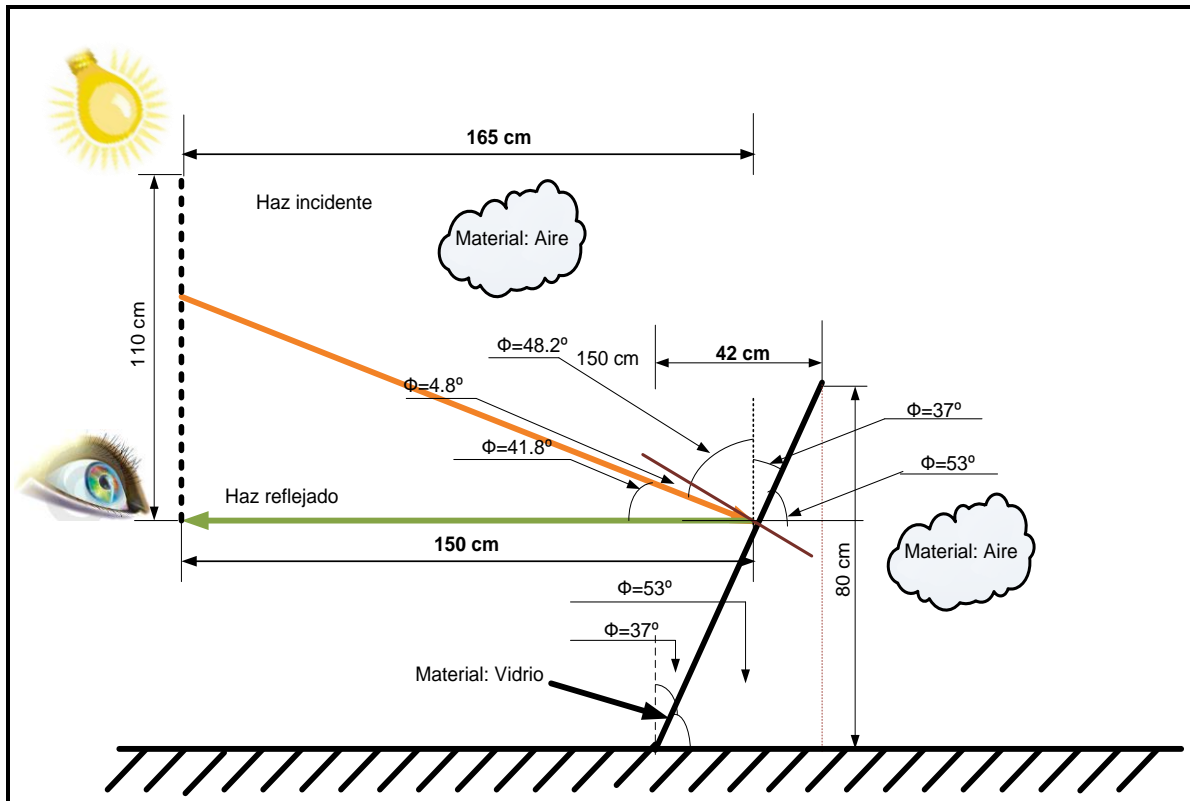


Fig. (5.7) Reflexión de la luz en un medio aire-vidrio en el prototipo

Cálculos para el Angulo crítico:

Datos:

Índice de refracción del aire $n_1 = 1.00$

Índice de refracción del vidrio $n_2 = 1.526$

Teniendo en cuenta en ángulo que se ha calculado de acuerdo a las medidas tomadas como las distancias entre la fuente de luz y la superficie de la pirámide.

$$\sin \theta = \frac{c.o}{hip} \tag{36}$$

$$\sin \theta = \frac{110 \text{ cm}}{165 \text{ cm}} \tag{37}$$

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{110 \text{ cm}}{165 \text{ cm}} \right) = 41.8^\circ \tag{38}$$

$$\theta + \theta_1 = 90 \tag{39}$$

$$\theta_1 = 90 - \theta = 90 - 41.8 = 48.2^\circ \tag{40}$$

Pero utilizando el principio de reflexión y refracción véase fig. (4.3), capítulo 4, el ángulo de incidencia con respecto a la norma es $\theta_1 = 48.2^\circ$

El *ángulo crítico* o *ángulo límite* también es el ángulo mínimo de incidencia en el cual se produce la reflexión interna total. El ángulo de incidencia se mide respecto a la normal de la separación de los medios. Donde $\theta_1 = 90^\circ$

$$n_1 \text{sen} \theta_1 = n_2 \text{sen} \theta_2 \tag{41}$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left\{ \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1 \right\} \tag{42}$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left\{ \frac{n_1}{n_2} \right\} \tag{43}$$

Donde θ_2 es el *ángulo crítico*, dando como resultado $\theta_2 = 40.9^\circ$

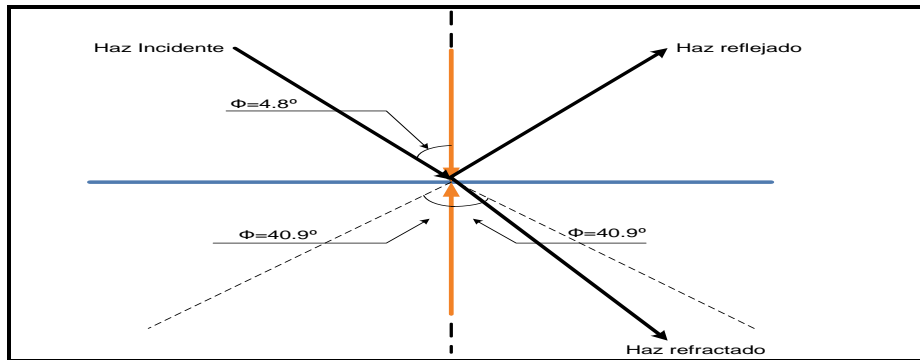


Fig. (5.8) *Ángulo crítico interfaz aire-vidrio* $\theta_1 = 90^\circ$

Haciendo un análisis de diferentes ángulos de incidencia, para obtener el ángulo refractado respectivamente se obtienen datos como el ángulo de incidencia de 0° se tiene un ángulo de refracción da como resultado 0° , y un ángulo de incidencia de 90° da como resultado un ángulo de refracción de 40.94° , justo el que se necesita para obtener una reflexión para la visualización del video en la pirámide, coincidiendo este ángulo de refracción como el ángulo crítico. Véase Apéndice D , a medida que aumenta el ángulo de incidencia aumenta el ángulo de refracción hasta llegar a 90° , superando ese valor es apreciable que los rayos no son refractados sino reflejados en un fenómeno llamado reflexión total interna. Véase Fig. (5.9)

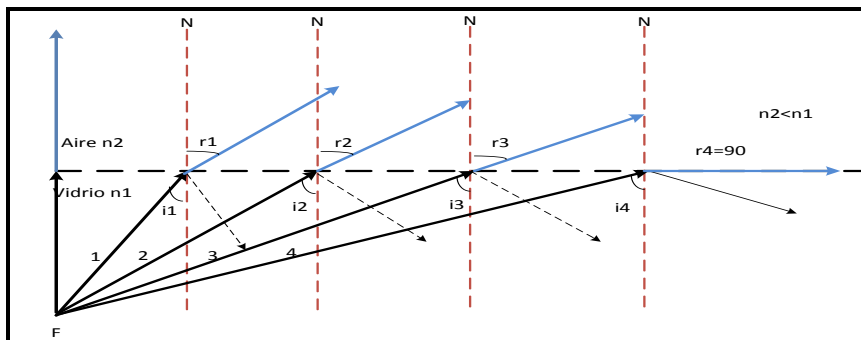


Fig. (5.9) *Reflexión Interna Total*

Si se pasa un haz de luz en una interfaz aire-vidrio, el ángulo límite es el mismo pero con $i = 90^\circ$. Se acerca a la normal. Se observa que los cuatro haces 1, 2, 3 y 4, divergen de la fuente sumergida. El rayo A pasa al medio 2 en dirección normal (vertical) a la entrecara. El ángulo de incidencia y el ángulo de refracción valen cero en este caso especial. El rayo B incide con un ángulo θ_1 y se refracta alejándose de la normal con un ángulo θ_2 , el cual es mayor que θ_1 porque el índice de refracción para el medio 1 es mayor que para el medio 2 ($n_1 > n_2$).

Cuando el ángulo de incidencia θ_1 aumenta, el ángulo de refracción θ_2 , también aumenta hasta que el rayo refractado C emerge en forma tangencial a la superficie. El ángulo de incidencia θ_c en el cual esto ocurre, se conoce como el *ángulo crítico*.

El ángulo crítico θ_c , es el ángulo de incidencia límite en un medio más denso, que da por resultado un ángulo de refracción de 90° .

Un rayo que se aproxime a la superficie con un ángulo mayor que el ángulo crítico es reflejado de nuevo al interior del medio 1. El rayo 4 de la figura anterior, no pasa al medio de arriba, sino que en la entrecara *se refleja internamente en forma total*. Este tipo de reflexión obedece a las mismas leyes que cualquier otro tipo de reflexión; esto significa que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión. *La reflexión interna total puede ocurrir únicamente cuando la luz incidente procede de un medio de mayor densidad ($n_1 > n_2$).*



Fig. (5.10) Representación de una esfera en tercera dimensión

Para la representación de objetos en tercera dimensión se trabajó en lenguaje VRML que es un lenguaje para modelado de realidad virtual, lo cual posibilita la descripción de una escena compuesta por objetos 3D a partir de prototipos basados en formas geométricas básicas Véase Anexo 1 o de estructuras en las que se especifican los vértices y las aristas de cada polígono tridimensional y el color de su superficie Véase Anexo II, lo cual es diferente para la difusión de video, ya que lo último, primeramente se debe capturar el objeto en segunda dimensión para después representar en tercera dimensión, por lo anterior se hace uso de las 4 caras de la pirámide.

5.5 DIFUSIÓN DE VIDEO A TRAVÉS DE UNA RED WAN

Una red WAN es un tipo de red que cubre distancias de entre unos 100 y unos 1.000 kilómetros, lo que le permite brindar conectividad a varias ciudades o incluso a un país.

Para poder realizar las pruebas para la difusión de video, se trabajó con el esquema de una red WAN, donde se cuenta con tres redes diferentes 192.168.1.0/24, 192.168.2.0/24, 192.168.3.0/24. Esto es para demostrar que además de trabajar con una red local también se trabajó con una red adicional para poder demostrar un escenario más real en el campo En tanto se propone el siguiente escenario, contando con equipo para una red WAN como equipos de enrutamiento y conmutación, véase Fig. (5.12).

Donde la red B pertenece a la etapa de captura del usuario, la red A es la etapa de transmisión que es medio por el cual se transmitirán los datos de la etapa de captura a la red C que es la etapa de visualización del holograma, véase Fig. (5.11).

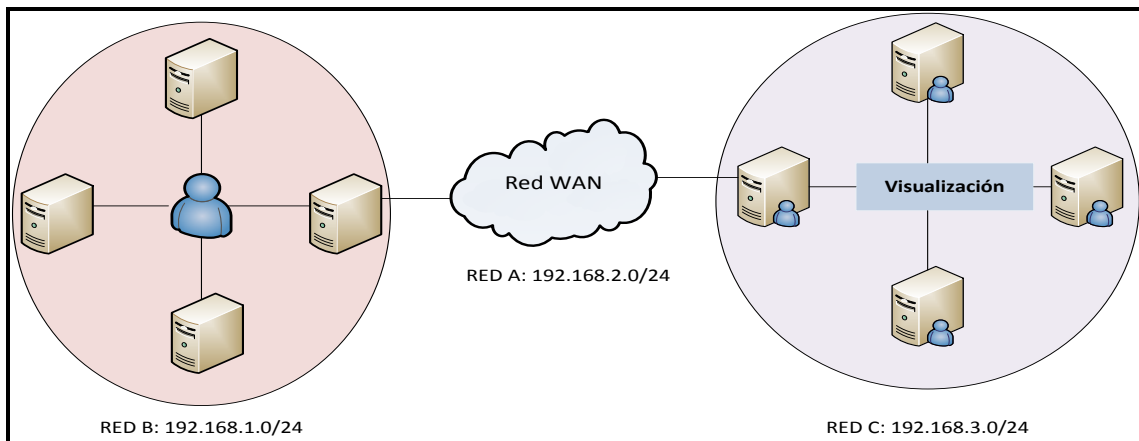


Fig. (5.11) Difusión de video a través de una red WAN

Routers: 2 Routers CISCO Modelo 1751 [Equipo para enrutamiento]

No Router	Nombre del Router	Redes directamente conectadas	Dirección IP Interfaz Serial	Dirección IP Interfaz 10/100 Ethernet	Mascara	Perteneciente a la Red
1	GAD	2	192.168.2.1	192.168.1.1	255.255.255.0	B
2	BHM	2	192.168.2.2	192.168.3.1	255.255.255.0	C

Switches: 2 Switches CISCO Catalyst 2950 [Equipo para conmutación]

No Switch	Redes directamente conectadas	Rango de Direcciones IP	Puerta de Enlace	Mascara	Perteneciente a la Red
1	1	192.168.1.0	192.168.1.1	255.255.255.0	B
2	1	192.168.3.0	192.168.3.1	255.255.255.0	C

Servidor: 1 [Servidor para la difusión de video]

No Servidor	Redes directamente conectadas	Dirección IP Interfaz 10/100 Ethernet	Puerta de Enlace	Mascara	Perteneciente a la Red
1	1	192.168.1.50	192.168.1.1	255.255.255.0	B

Cámaras IP: 4 Cámaras IP de la Marca TP-Link Modelo SC3130

No Cámara	Nombre de la Cámara	MAC	Dirección IP	Mascara	Puerta de Enlace	Perteneciente a la Red
1	Cam1(Vista Frontal)	94:0C:6D:B0:6B:7D	192.168.1.10	255.255.25.5.0	192.168.1.1	B
2	Cam2 (Vista Lateral Derecho)	94:0C:6D:B0:6B:3F	192.168.1.20	255.255.255.0	192.168.1.1	B
3	Cam3 (Vista Lateral Izquierdo)	F8:D1:11:7C:39:C4	192.168.1.30	255.255.255.0	192.168.1.1	B
4	Cam4 (Vista Posterior)	F8:D1:11:7C:38:D7	192.168.1.40	255.255.255.0	192.168.1.1	B

Clientes: 4 Computadoras [servidores para la proyección de video]

No Cliente	Computadora	MAC	Dirección IP	Mascara	Puerta de Enlace	Perteneciente a la Red
1	Vista Frontal	00:24:21:30:AE:61	192.168.3.50	255.255.255.0	192.168.3.1	C
2	Vista Lateral Derecho	00:50:56:C0:00:08	192.168.1.60	255.255.255.0	192.168.3.1	C
3	Vista Lateral Izquierdo	00:1E:90:D3:8B:F8	192.168.1.70	255.255.255.0	192.168.3.1	C
4	Vista Posterior	00:24:21:B4:F4:C1	192.168.1.80	255.255.255.0	192.168.3.1	C

Una vez configurados los equipos como son los clientes y las cámaras con el direccionamiento mencionado anteriormente, se proceden a configurar los equipos de enrutamiento para la conectividad entre Cliente-Servidor en la red WAN.



Fig. (5.12)Equipo utilizado router CISCO Modelo 1751 y Switch CISCO Catalyst 2950 para Red B y Red C

Una vez hecha la aclaración de cuál será el direccionamiento para cada dispositivo se presenta a continuación el escenario propuesto de una red WAN, véase Fig. (5.13).

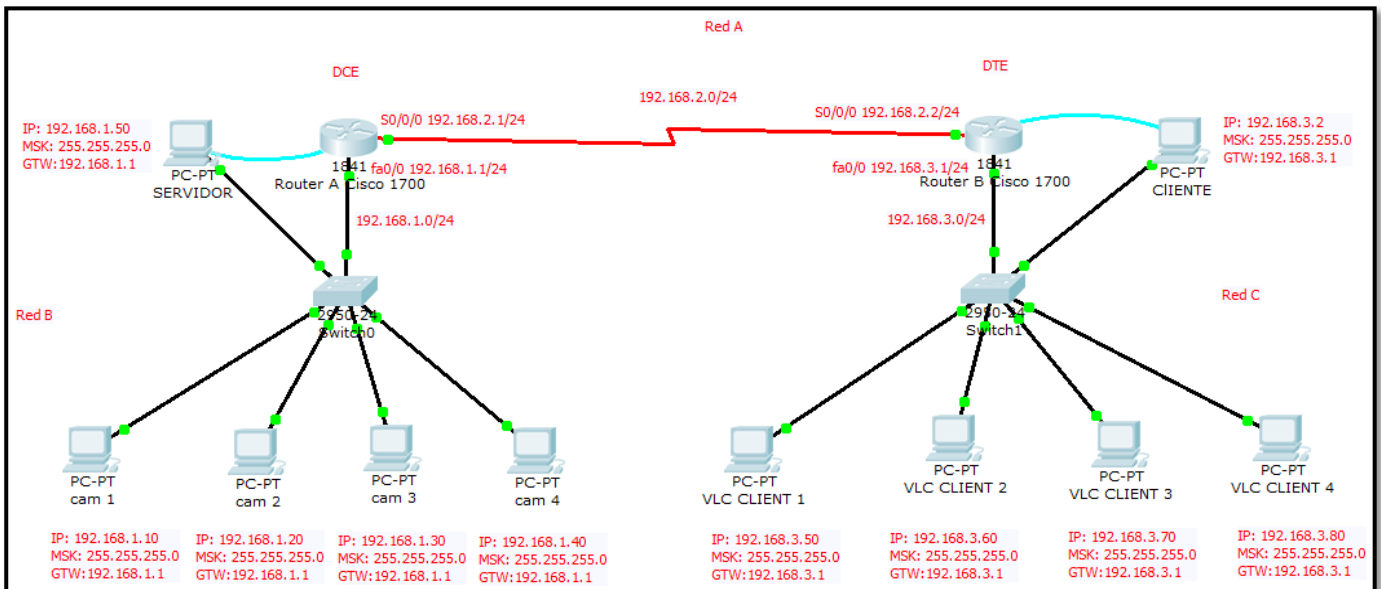


Fig. (5.13) Escenario de la red 3DTI

Cabe señalar que el escenario se trabajó tanto como simulación (Packet Tracert) como en tiempo real, la siguiente configuración mostrada véase Fig. (5.14), es la configuración real de los routers utilizados CISCO 1751, Con un protocolo de Enrutamiento EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol, Protocolo de enrutamiento de gateway interior mejorado), que es un protocolo de enrutamiento vector distancia y un protocolo de enrutamiento de estado de enlace, propiedad de Cisco Systems, que ofrece lo mejor de los algoritmos de vector de distancia y del estado de enlace. Se considera un protocolo avanzado que se basa en las características normalmente asociadas con los protocolos del estado de enlace.

Las características más relevantes de EIGRP son: Protocolo de transporte confiable (RTP), Actualizaciones Limitadas, Algoritmo de actualización por difusión (DUAL), Establecimiento por adyacencias, Tablas de vecinos y topología Los routers EIGRP

mantienen información de ruta y topología a disposición en la memoria RAM, para que puedan reaccionar rápidamente ante los cambios. Al igual que OSPF, EIGRP guarda esta información en varias tablas y bases de datos.

Configuración Actual para el Router 1	Configuración Actual para el Router 2
<pre> Current configuration : 953 bytes ! version 12.4 service timestamps debug datetime msec service timestamps log datetime msec no service password-encryption ! hostname GAD ! boot-start-marker boot-end-marker ! enable secret 5 \$1\$sk9u\$Leoq19EYsaSxW3t/P2grP0. enable password cisco ! no aaa new-model ! resource policy ! mmi polling-interval 60 no mmi auto-configure no mmi pvc mmi snmp-timeout 180 ip subnet-zero ip cef ! ! no ip dhcp use vrf connected ! no ip ips deny-action ips-interface ! interface FastEthernet0/0 ip address 192.168.1.1 255.255.255.0 speed auto ! interface Serial0/0 ip address 192.168.2.1 255.255.255.0 ! router eigrp 150 network 192.168.2.0 network 192.168.1.0 auto-summary ! ip classless ! </pre>	<pre> Current configuration : 953 bytes ! version 12.4 service timestamps debug datetime msec service timestamps log datetime msec no service password-encryption ! hostname BHG ! boot-start-marker boot-end-marker ! enable secret 5 \$1\$67oZ\$oCH2PCXa5M6F6zk6GwGX6. enable password cisco ! no aaa new-model ! resource policy ! mmi polling-interval 60 no mmi auto-configure no mmi pvc mmi snmp-timeout 180 ip subnet-zero ip cef ! ! no ip dhcp use vrf connected ! no ip ips deny-action ips-interface ! interface FastEthernet0/0 ip address 192.168.3.1 255.255.255.0 speed auto ! interface Serial0/0 ip address 192.168.2.2 255.255.255.0 ! router eigrp 150 network 192.168.2.0 network 192.168.3.0 auto-summary ! ip classless ! no ip http server </pre>

```

no ip http server
no ip http secure-server
!
control-plane
!
line con 0
password cisco
login
line aux 0
line vty 0 4
password cisco
login
!
end
GAD#

no ip http secure-server
!
control-plane
!
line con 0
password cisco
login
line aux 0
line vty 0 4
password cisco
login
!
end
BHG#
    
```

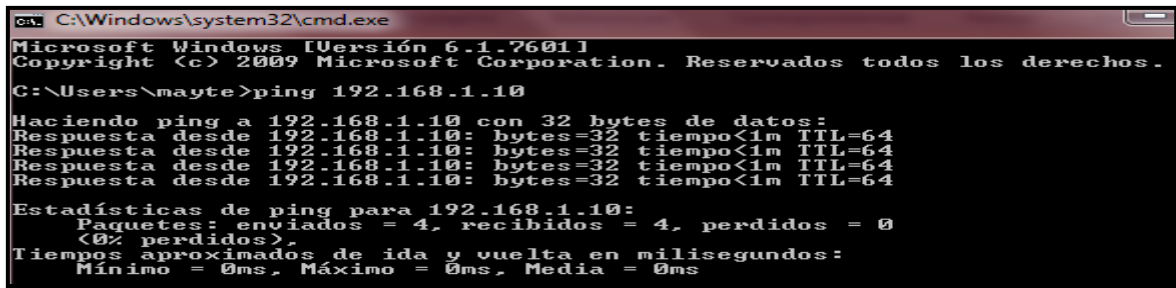
Fig. (5.14) Configuración actual de R1 y R2 para poder tener conectividad entre la RED A y la red B

Antes de Verificar el Escenario se hace la configuración de red de cada una de las cámaras en el rango 192.168.1.0/24 como se muestra en la Fig. (5.13), accediendo mediante http de forma local, se tiene la siguiente configuración de cada una de las cámaras. Véase Fig. (5.15)

Camera	MAC address	IP address	Subnet mask	Default gateway
Cam 1	94:0C:6D:B0:6B:7D	192.168.1.10	255.255.255.0	192.168.1.1
Cam 2	94:0C:6D:B0:6B:3F	192.168.1.20	255.255.255.0	192.168.1.1
Cam 3	F8:D1:11:7C:39:C4	192.168.1.30	255.255.255.0	192.168.1.1
Cam 4	F8:D1:11:7C:38:D7	192.168.1.40	255.255.255.0	192.168.1.1

Fig. (5.15) Configuración de cámaras correspondientes a la Red B

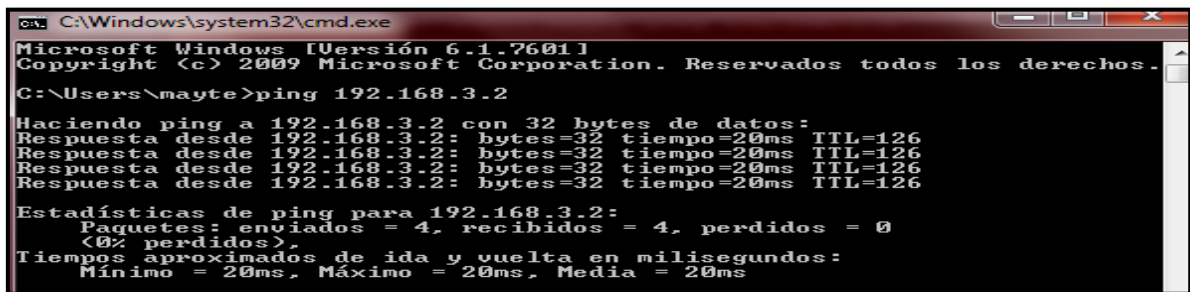
Una vez terminada la configuración del escenario se procede, a verificar conectividad véase Fig. (5.16) de forma local, es decir lanzando un ping desde el Servidor hacia las cámaras correspondientes pertenecientes a la red B, tanto del servidor como las cámaras.



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
C:\Users\mayte>ping 192.168.1.10
Haciendo ping a 192.168.1.10 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Estadísticas de ping para 192.168.1.10:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (<0% perdidos)
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
```

Fig. (5.16) Conectividad en la red Local desde el Servidor (192.168.1.50) hacia una de las cámaras (192.168.1.10)

Una vez hecha la verificación de conectividad, se procede a verificar la conectividad hacia los clientes véase Fig. (5.17), es decir desde el servidor hacia maquinas que contenga direcciones del rango 192.168.3.0/24.



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
C:\Users\mayte>ping 192.168.3.2
Haciendo ping a 192.168.3.2 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.3.2: bytes=32 tiempo=20ms TTL=126
Respuesta desde 192.168.3.2: bytes=32 tiempo=20ms TTL=126
Respuesta desde 192.168.3.2: bytes=32 tiempo=20ms TTL=126
Respuesta desde 192.168.3.2: bytes=32 tiempo=20ms TTL=126
Estadísticas de ping para 192.168.3.2:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (<0% perdidos)
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 20ms, Máximo = 20ms, Media = 20ms
```

Fig. (5.17) Conectividad en la red WAN desde el Servidor (192.168.1.50) hacia una de las Maquinas (192.168.3.2)

Se puede observar que en una red local el TTL es mucho menor que en la red WAN, esto se debe a que en la red local los paquetes no atraviesan los equipos de enrutamiento, teniendo un TTL por default de 128 (dependerá de cada sistema operativo), el TTL en la red local es de 64 que es la mitad de 128, esto se debe al envío de paquetes de solicitud y respuesta, sin restar 1 por cada router atravesado.

En cambio en la red WAN los paquetes atraviesan 2 equipos de enrutamiento, por lo tanto si el TTL por default es 128 menos 2 da un total de un TTL de 126.

Lo anterior va ligado directamente con el tiempo que le toma al ping a llegar a su destino, es decir, entre mayor sea el número de saltos el tiempo incrementara, se puede observar que en la red local el tiempo promedio es de 0 mseg, en cambio en la red WAN, el tiempo promedio es de 20 ms, el tiempo va relacionado en parte, a que tan fluido se verá el video en los clientes, con un tiempo de 20 mseg, la calidad de video no se ve afectada, la distorsión es imperceptible, de qué dependerá la variación de este tiempo, pues del número de saltos que atraviesen los paquetes, es decir entre más equipos de enrutamiento se tengan, el tiempo incrementará.

5.6 CONFIGURACIÓN DE LA EMISIÓN PARA SERVIDOR VLC

Comprobada la conectividad en cuanto al direccionamiento del escenario propuesto, se procede a realizar las pruebas de la difusión de video tanto locales como a nivel WAN, esto es desde el punto de vista de difusión tanto Unicast como Multicast.

Utilizando tanto como servidor de video como cliente de video un programa de software libre Nombrado VLC, es un reproductor multimedia y framework multimedia libre y de código abierto desarrollado por el proyecto VideoLAN. Es un programa multiplataforma con versiones disponibles para muchos sistemas operativos tanto Linux como Windows. VLC es un reproductor de audio y video capaz de reproducir muchos códecs y formatos de audio y video, además de capacidad de streaming. Es software libre, distribuido bajo la licencia GPL.

5.7 DIFUSIÓN DE VIDEO UNICAST, CONFIGURACIÓN

Como se ha mencionado anteriormente se cuenta con 4 flujos independientes que se deben transmitir, en una red de alta velocidad para poder obtener en el sitio remoto el holograma deseado.

La mayoría de las direcciones IP se refieren a un único destinatario, se denominan direcciones Unicast. Las conexiones Unicast especifican una relación uno-a-uno entre un origen y un destino, dicho lo anterior es una las principales pruebas que se hicieron para la difusión de video, para después demostrar la diferencia de usar la técnica Unicast con Multicast haciendo la última, base fundamental para el buen desarrollo del presente trabajo, véase Fig. (5.18)

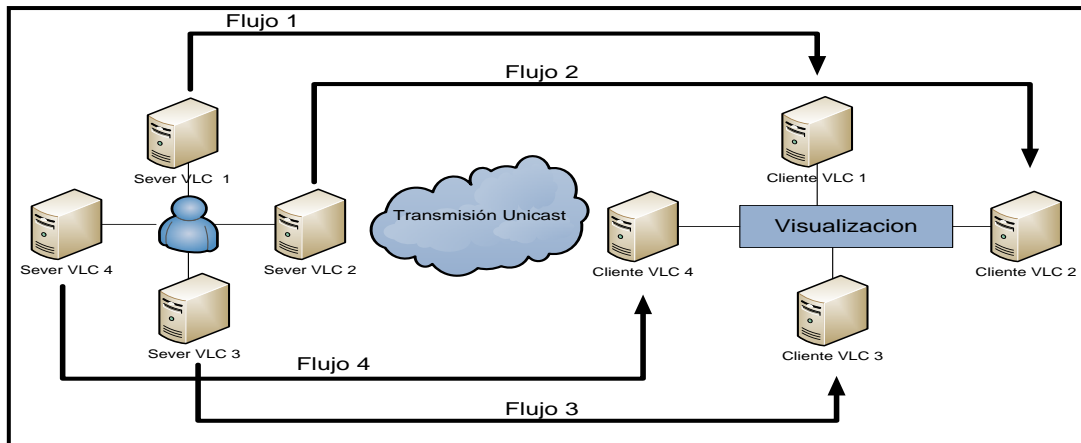


Fig. Fig. (5.18) Aplicación de la difusión de video mediante Transmisión Unicast

Para realizar la difusión de video, primeramente se debe configurar el servidor de video para su correcta difusión, esto es, la dirección IP de la cámara (Fuente) y la dirección IP destino que será el cliente Local (proyección), véase Fig. (5.19).

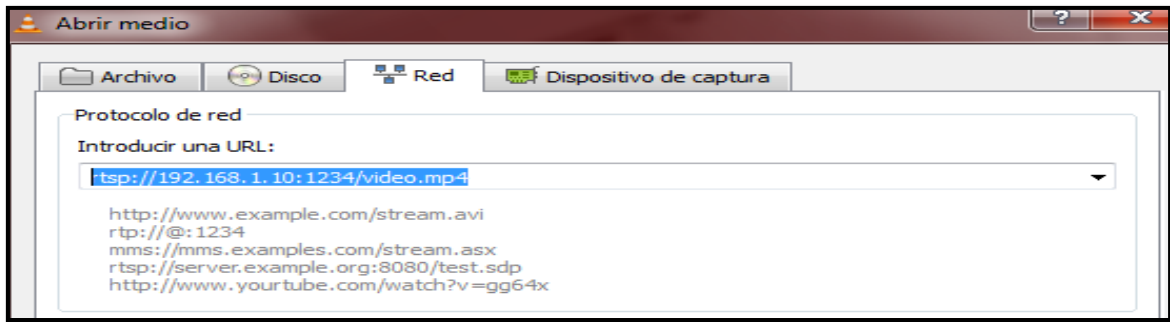


Fig. (5.19) Configuración para la difusión de Video de la cámara 1

Se puede observar que el protocolo utilizado para la reproducción de video es RTSP un protocolo de flujo en tiempo real que establece y controla uno o muchos flujos sincronizados de datos, ya sean de audio o de video. RTSP actúa como un mando a distancia mediante la red para servidores multimedia., con un puerto 1234 previamente configurado en cada una de las cámaras, véase Fig. (5.20)

RTSP es un protocolo no orientado a conexión, en lugar de esto el servidor mantiene una sesión asociada a un identificador, en la mayoría de los casos RTSP usa TCP para datos de control del reproductor y UDP para los datos de audio y vídeo aunque también puede usar TCP en caso de que sea necesario. En el transcurso de una sesión RTSP, un cliente puede abrir y cerrar varias conexiones de transporte hacia el servidor por tal de satisfacer las necesidades del protocolo.

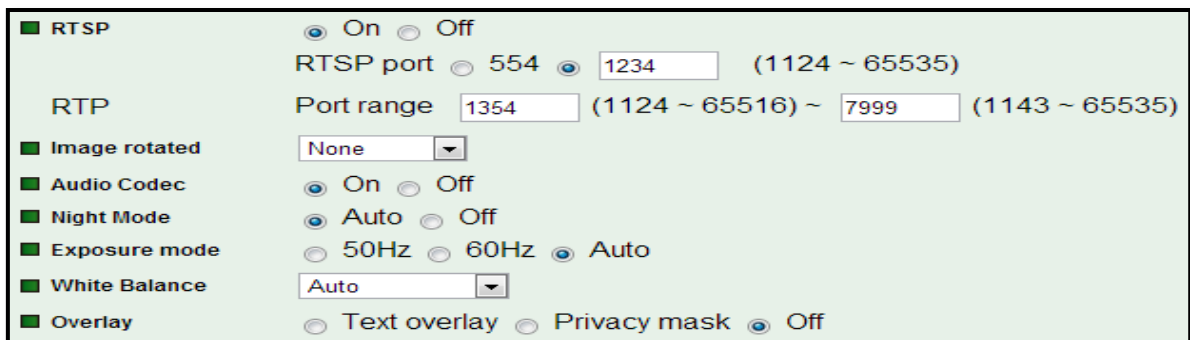


Fig. (5.20) Configuración del protocolo RTSP de cada una de las cámaras para la Visualización de Video de las cámaras

Una vez hecha la configuración de red del servidor se emite el video al cliente con una dirección IP local 192.168.1.70, para comprobar que la fuente será la cámara, antes de hacer la emisión se comprueba, con la siguiente ventana, véase Fig. (5.21)

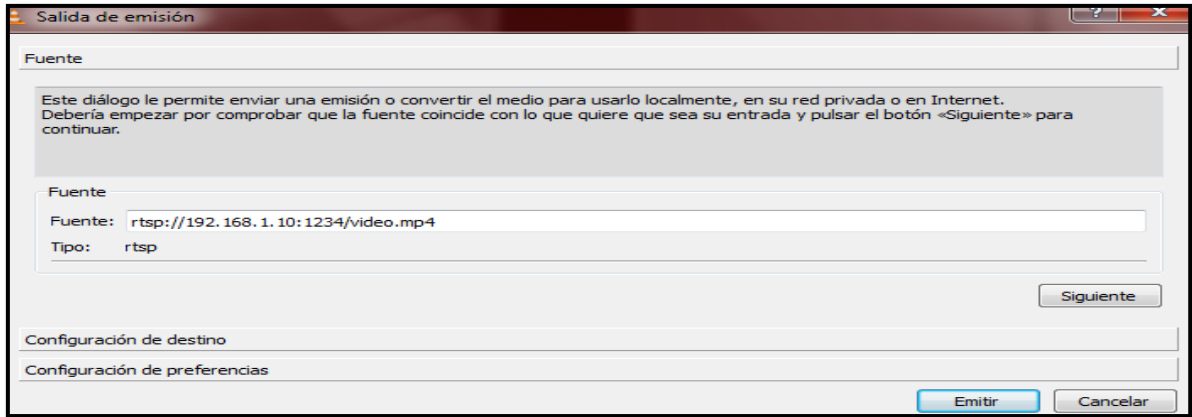


Fig. (5.21) Resultado de la configuración de red de la cámara, antes de ser emitido el video

Ahora se procede a realizar la configuración de la codificación del video utilizando como protocolo RTP/MPEG, véase Fig. (5.22) RTP es un protocolo de transporte de tiempo real, es un protocolo de nivel de sesión utilizado para la transmisión de información en tiempo real, como por ejemplo audio y vídeo en videoconferencia

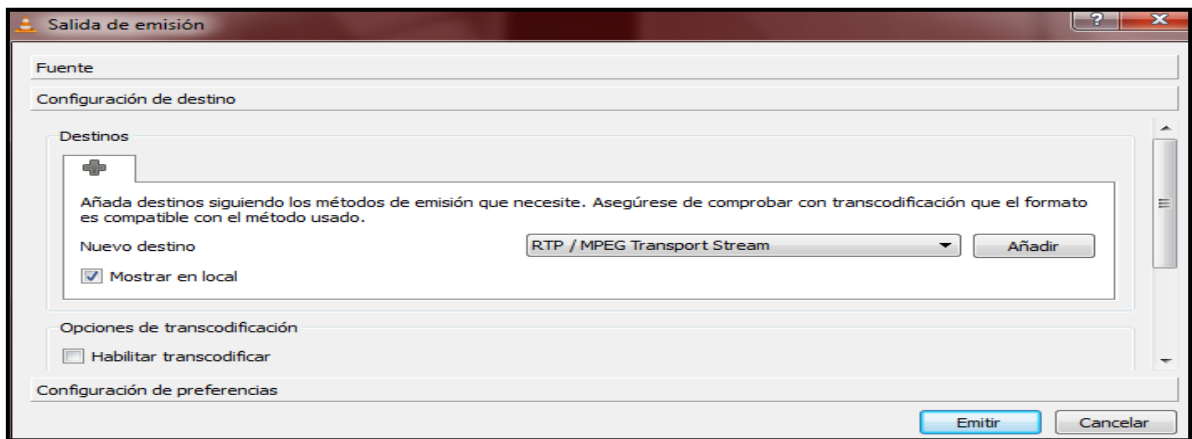


Fig. (5.22) Codificación del video a enviar

Una vez configurada la codificación de formato se añade el destino que es la dirección IP Local donde se visualizara el Video con Una dirección IP 192.168.1.70/24, véase Fig. (5.23)

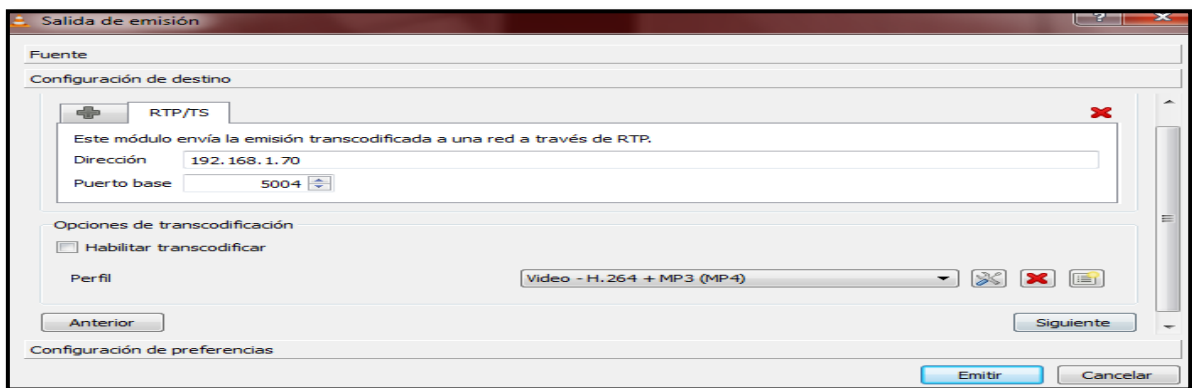


Fig. (5.23) Configuración de Red del Destino

Lo último a configurar, es el TTL, para poder realizar la difusión de video satisfactoriamente, y además con buena calidad se hicieron algunas configuraciones extras, como es el TTL (Time To Live) en el servidor VLC, que es el tiempo de vida de los paquetes IP, es decir un TTL, de 5, quiere decir que el flujo atravesara en 4 routers, véase Fig. (5.24)

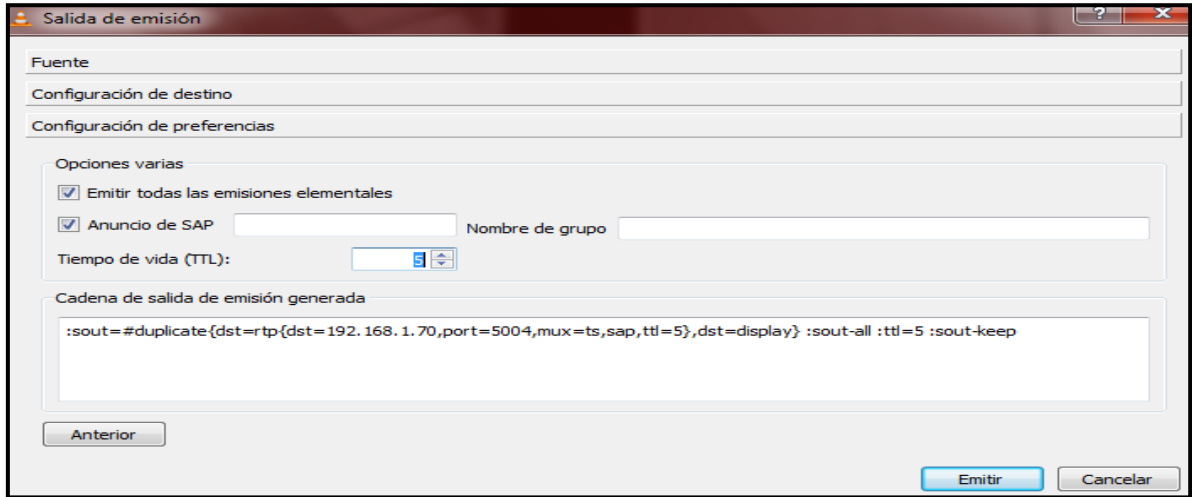


Fig. (5.24) Configuración Final para la Difusión de Video

Una vez hecha la configuración en el servidor, en el cliente se hace la configuración de red véase Fig. (5.25), para la visualización de Video Véase Fig. (5.27)

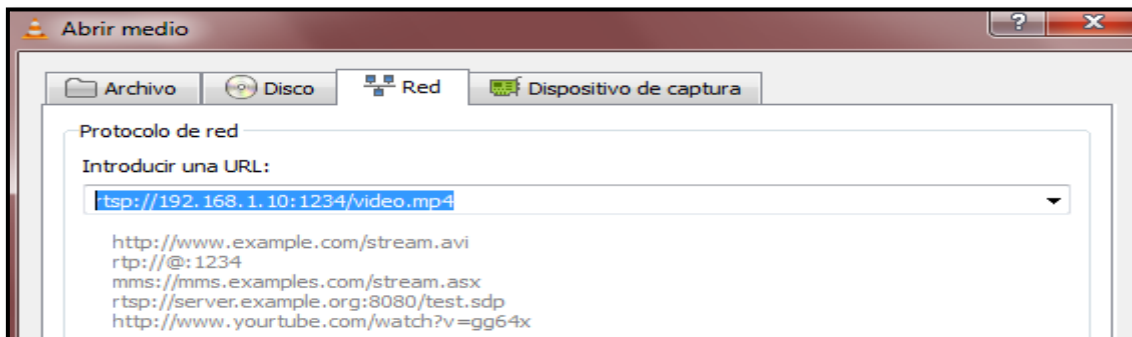


Fig. (5.25) Configuración de red en el Destino

Utilizando un analizador de tráfico se puede observar el tráfico UDP visto desde los clientes no es mismo que en el servidor, Véase Apéndice F. Esto se debe a que se está utilizando la técnica Unicast, lo que quiere decir es que a medida que se incremente el número de clientes la demanda de ancho en el servidor será mayor.

La transmisión por Internet de contenidos multimedia puede significar un reto mayor. De igual manera a como se establece la conexión con otra computadora, la recuperación de un acervo en audio o video implica el uso de cierto porcentaje del ancho de banda disponible, que se multiplica proporcionalmente conforme los accesos a los servidores aumentan. A esta forma de conexión, punto a punto, donde el cliente establece un enlace con el servidor y recibe o envía una cadena de datos independiente a las que se estén trabajando con otros clientes se le conoce como *Unicast*.

Diversos servicios en vivo como la videoconferencia, audio conferencia son distribuidos de esta manera tradicionalmente. Los servicios asíncronos, como el audio y video en demanda, sólo pueden proporcionarse bajo este formato. Dicho de otra manera: los clientes crean un canal exclusivo con el servidor, un canal por separado, *sumándose el consumo de ancho de banda conforme más usuarios se vayan conectando*. Véase Apéndice F Fig. (5.1 d) Teniendo como resultado la visualización de video en los clientes Véase Fig. (5.26) de la siguiente manera:

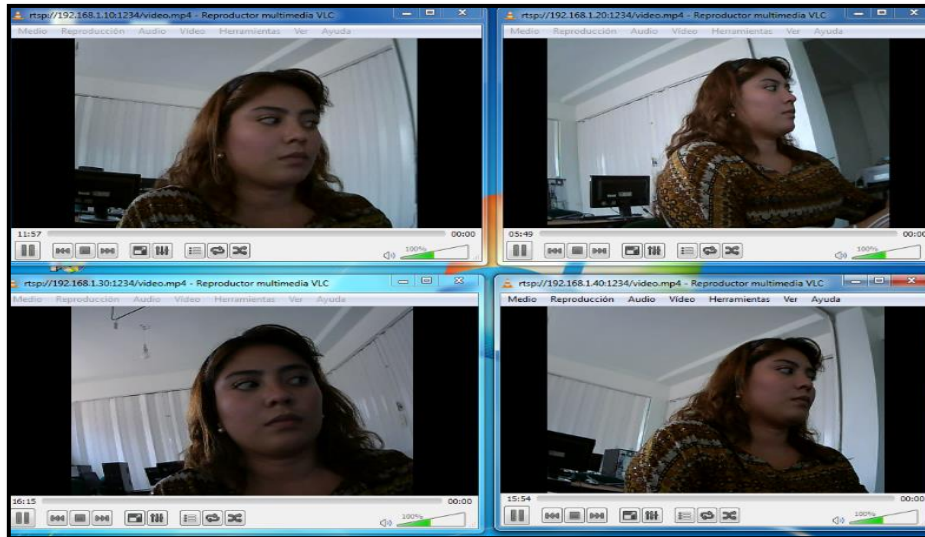


Fig. (5.26) Visualización de video con Unicast

5.8 DIFUSIÓN DE VIDEO MULTICAST, CONFIGURACIÓN

Cuando el ancho de banda es reducido o bien la cantidad de accesos esperados superara la capacidad de conexión a la red local o a Internet del o los servidores involucrados, conviene emplear la tecnología de *Multicast*: una sola copia de la información multimedia se envía a una dirección (dirección *Multicast*) que puede corresponder a un router en Internet con capacidad de replicar la cadena de datos, sin consumo superior del ancho de banda.

Por ejemplo: si una transmisión de audio a 56kbps se proporciona en Unicast, cada conexión de los usuarios restará al ancho de banda disponible 56Kbps. Si el servidor tiene una tarjeta de red de 10 Mbps, a lo más podrá atender cerca de 150 clientes simultáneos *Unicast*. Por el contrario, si se habilita la transmisión *Multicast*, sólo se emplearían 56 Kbps del ancho de banda del servidor hacia la red, logrando tener tantos usuarios como la red donde reside el *router* de *Multicast* permita.

Sin embargo esta tecnología no es compatible con la mayoría de las estrategias de seguridad de las redes locales, institucionales o corporativas. Una secuencia de paquetes de datos *Multicast* es interpretada por gran parte de *enrutadores* y Firewall como un ataque a la red, evitando el paso de esa información, por lo que los usuarios detrás de esas protecciones no pueden acceder al contenido de una emisión en ese formato. Paralelamente, las conexiones *Multicast* emplean una variante de protocolo de paquetes, conocido como UDP, el cual no requiere de verificación del sitio de destino (a diferencia de TCP, que si valida la presencia del punto remoto). Los distribuidores de contenidos que deseen tener control de los accesos y registro de los visitantes a sus acervos sin duda deberán usar *Unicast* en lugar de *Multicast*.

A continuación se observa el caso de la transmisión Multicast local, se puede observar que para dicha transmisión si se hace uso de un servidor para transmitir el video (Unicast), y la reproducción de video a los clientes (Multicast) Véase Fig. (5.27)

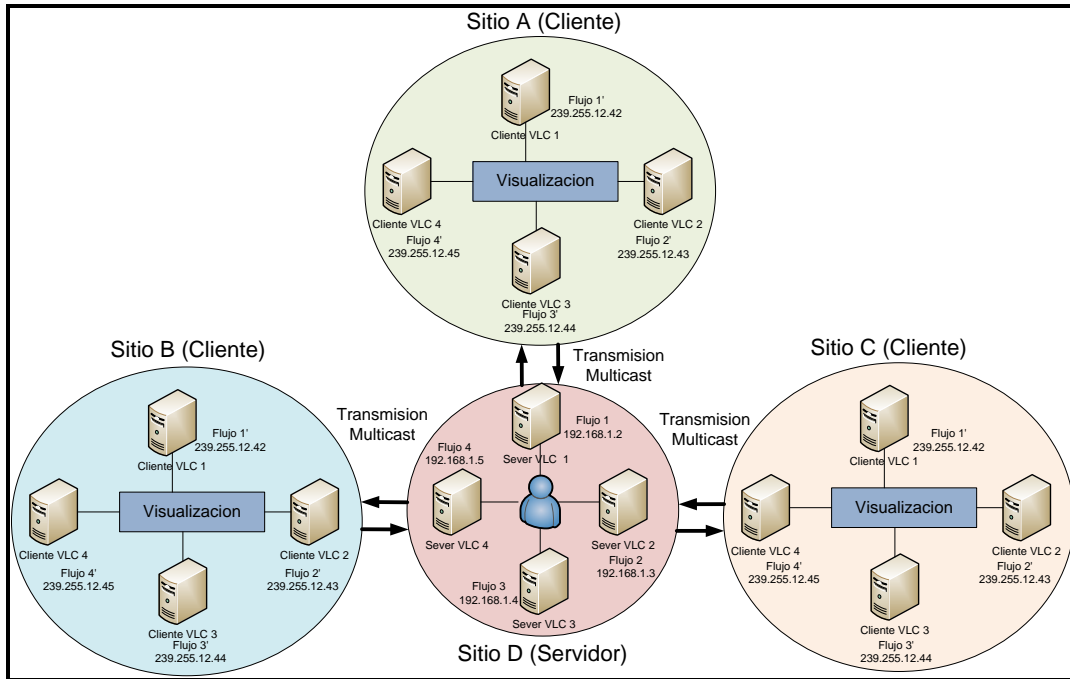


Fig. (5.27) Aplicación de la difusión de video mediante Transmisión Multicast a Nivel WAN

En la figura anterior se puede observar que para la transmisión Multicast a nivel ya no local, si no de redes diferentes, el enrutamiento es distinto, con lo cual se debe asegurar que en lo clientes se testifique que haya recepción Multicast.

Una vez lanzada la sesión Multicast, se puede observar que en el resto de los host en otras LAN no se reciben las sesiones nuevas anunciadas, simplemente porque no se tiene todavía enrutamiento Multicast. Para solucionarlo, se debe utilizar PIM-DM. En estos momentos no debe haber ningún receptor Multicast conectado, sólo el emisor del paso anterior. Para configurar todos los routers que ejecuten IP Multicast, IGMP y PIM, hay que introducir el siguiente comando en modo global de configuración:

Router(config)#ip multicast-routing

A continuación, para activar PIM-DM, hay que ir interfaz por interfaz y en *todas* ellas y en *todos* los routers, configurarse como se muestra para un caso general *xxx/yyy*

Router(config)#interface xxx/yyy

Router(config-if)#ip pim dense-mode

Es importante configurar *todas* las interfaces, dado que PIM utiliza la tabla de rutas *Unicast* para el RPF (Reverse path forwarding) que es una técnica utilizada en los routers para efectos de garantizar que se esté libre de bucles de reenvío de paquetes de multidifusión de enrutamiento Multicast y para ayudar a prevenir la suplantación de direcciones IP en el enrutamiento Unicast, y por tanto, si las interfaces trabajan en Unicast, también lo deben de hacer para Multicast.

Se Observa la configuración actual, para verificar la configuración de enrutamiento Multicast y PIM-DM, en todas las interfaces Véase fig. (5.28).

Router 1	Router 2
<pre> Current configuration : 1112 bytes ! version 12.4 service timestamps debug datetime msec service timestamps log datetime msec no service password-encryption ! hostname GAD ! boot-start-marker boot-end-marker ! enable secret 5 \$1\$kbU7\$SEVZnr9z8lGwqbYe9EYte0 ! no aaa new-model ! resource policy ! mmi polling-interval 60 no mmi auto-configure no mmi pvc mmi snmp-timeout 180 ip subnet-zero ip cef ! ! no ip dhcp use vrf connected ! ! ip multicast-routing no ip ips deny-action ips-interface ! interface FastEthernet0/0 ip address 192.168.1.1 255.255.255.0 ip pim dense-mode ip route-cache flow speed auto ! interface Serial0/0 ip address 192.168.2.1 255.255.255.0 ip pim dense-mode no fair-queue clockrate 14400 ! interface Serial0/1 </pre>	<pre> Current configuration : 1043 bytes ! version 12.4 service timestamps debug datetime msec service timestamps log datetime msec no service password-encryption ! hostname BHM ! boot-start-marker boot-end-marker ! enable secret 5 \$1\$JB0f\$Wa/LiXbu8CsfxrIy0By1O/ ! no aaa new-model ! resource policy ! mmi polling-interval 60 no mmi auto-configure no mmi pvc mmi snmp-timeout 180 ip subnet-zero ip cef ! ! no ip dhcp use vrf connected ! ! ip multicast-routing no ip ips deny-action ips-interface ! interface FastEthernet0/0 ip address 192.168.3.1 255.255.255.0 ip pim dense-mode ip route-cache flow speed auto ! interface Serial0/0 ip address 192.168.2.2 255.255.255.0 ip pim dense-mode ! router eigrp 150 network 192.168.2.0 network 192.168.3.0 </pre>

```

no ip address
shutdown
!
interface Serial1/0
no ip address
shutdown
!
interface Serial1/1
no ip address
shutdown
!
router eigrp 150
 network 192.168.1.0
 network 192.168.2.0
 no auto-summary
!
ip classless
!
!
no ip http server
no ip http secure-server
!
control-plane
!
line con 0
 password cisco
 login
line aux 0
line vty 0 4
 password cisco
 login
!
end

```

Fig. (5.28) Configuración actual con la configuración Multicast de R1 y R2

Una vez hecha la configuración de ambos routers, Siguiendo el mismo procedimiento de la transmisión Unicast, con la diferencia que el destino será direcciones de clase D en el rango 224.0.0.0-239.255.255.255.

Configurando en el servidor cada una de las fuentes, que son las cámaras con sus respectivas direcciones, Véase Fig. (5.29)

<i>Nombre</i>	<i>Dirección IP</i>	<i>No Cliente</i>	<i>Dirección IP</i>	<i>Dirección IP Multicast [Grupo Multicast]</i>
Cam1	192.168.1.10/24	1	192.168.1.60/24	239.192.12.42
Cam2	192.168.1.20/24	2	192.168.1.70/24	239.192.12.43
Cam3	192.168.1.30/24	3	192.168.1.80/24	239.192.12.44
Cam4	192.168.1.40/24	4	192.168.1.90/24	239.192.12.45
Server	192.168.1.50/24	-	-	-

Fig. (5.29) Configuración de los clientes con direcciones Multicast (Red Local)

Se puede observar en la tabla anterior que la transmisión Multicast que se está realizando es en forma local, se puede notar que los clientes cuentan con direcciones pertenecientes a la Red B. Y que el grupo al que pertenecen cada cliente, se hace uso de dirección Multicast, lo anterior significa que cada Dirección IP Multicast representa un grupo, es decir el cliente 1 pertenece al grupo 239.19.12.42, así respectivamente para los clientes restantes, el motivo de escoger este rango es por la siguiente razón:

Alcance limitado (limited scope)

- Rango 239.0.0.0 - 239.255.255.255
- Restringidas a ser usadas dentro de una organización
- Similares en concepto a las IP privadas (10.0.0.0/8)

Con lo anterior se procede a configurar el servidor, empezando por la cámara 1, que será nuestra fuente (Unicast), una vez configurada la fuente se procede a configurar el destino, en este caso es el grupo al que pertenece nuestro cliente 1, que es la dirección 239.192.12.42. Véase Fig. (5.30)

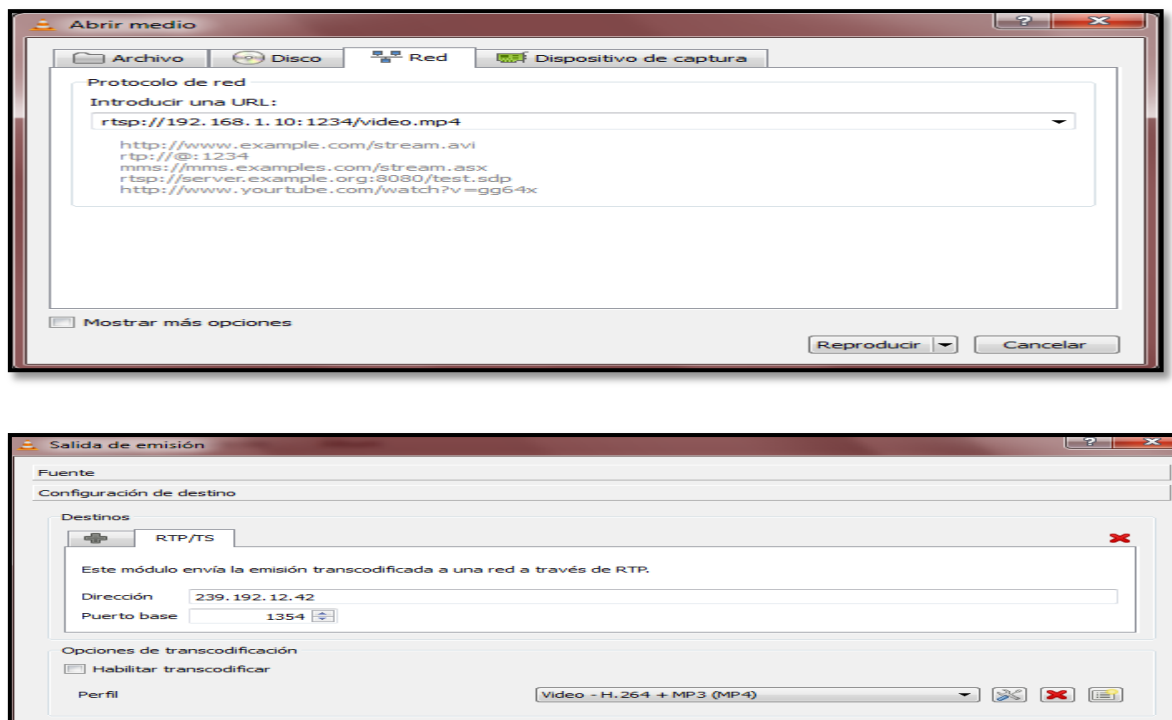


Fig. (5.30) Configuración para la difusión de Video de la cámara 1 hacia el cliente con una dirección IP Multicast 239.192.12.42

Si bien el video por su naturaleza es analógico, las cámaras IP se encargan de digitalizar el video, en el dominio digital, la información de video no está representada por la amplitud de las variables físicas, en este caso los voltajes de luminancia y crominancia, sino mediante dígitos que son el resultado de un proceso de muestreo y codificación. Este conjunto de dígitos representan la información y recibe el nombre de señal de video digital.

Las gráficas que se muestra a continuación corresponden al tráfico de video digital que es transportado con ayuda del protocolo UDP a través de una red WAN simulada, correspondiente al tráfico generado desde el servidor Fig. (5.32) y Fig. (5.35) que tiene una dirección IP 192.168.1.50 y que la demanda de ancho de banda tanto en el servidor como en los clientes es la misma, ya que se está trabajando con una difusión Multicast, con direcciones IP del tipo 239.192.12.X.

Si bien, clasificación de los procesos aleatorios en el dominio de la frecuencia es grave porque no depende de la función de probabilidad de los procesos aleatorios, pueden tener la misma función de covarianza y esto significa que pueden tener la misma función espectral $S(w)$, cuando el ancho de banda es pequeño la realización del proceso no es tan caótico, en cambio cuando el ancho de banda es grande el proceso se vuelve más caótico. Véase Fig. (5.31)

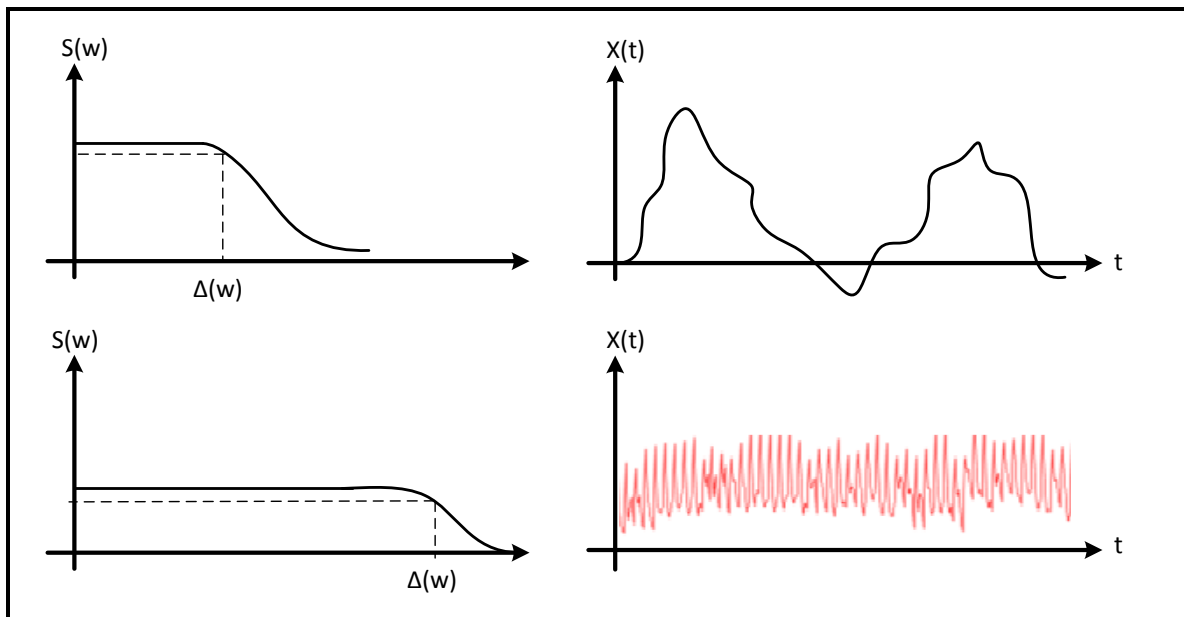


Fig. (5.31) Relación de ancho de banda con señal en el tiempo

Las gráficas que se muestran, pertenecen al tráfico UDP (grafica de color negro) que se encuentra en la capa 4 del modelo OSI y RTP (grafica de color rojo) que es un protocolo de transporte en tiempo real que es un protocolo de nivel de sesión utilizado para la transmisión de información en tiempo real, donde el protocolo UDP, Permite el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión, ya que el propio datagrama incorpora suficiente información de direccionamiento en su encabezado, no tiene confirmación ni control de flujo, por lo que los paquetes pueden adelantarse unos a otros; y tampoco se sabe si ha llegado correctamente, ya que no hay confirmación de entrega o recepción. Por lo anterior es la razón porque se trabaja con el protocolo UDP, ya que la transmisión de audio y video es en tiempo real, y no es posible realizar retransmisiones por los estrictos requisitos de retardo que se tiene con la transmisión de video.

Por lo tanto estas graficas contienen información en su totalidad digital, que están compuestas por información del protocolo de transporte UDP, y los datos que es la

señal de video digitalizada. Donde en el eje horizontal se grafica el intervalo de tiempo que se está difundiendo el video, y en el eje vertical se grafican las unidades Bytes/muestra.

En la Fig. (5.32) se muestra el tráfico de video visto desde los clientes (visualización de video), utilizando difusión Multicast en una red local, es decir ambas redes tienen el mismo segmento de red 192.168.1.X, en la Fig. (5.33) se muestra el tráfico de video visto desde el servidor de video.

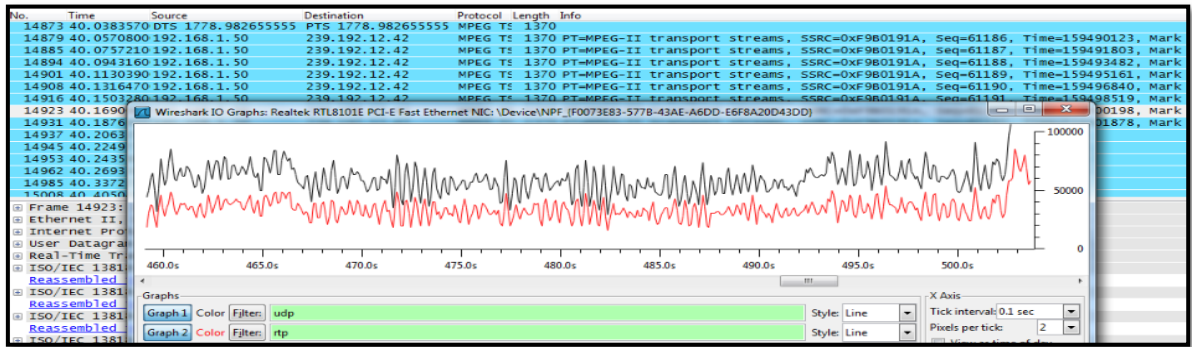


Fig. (5.32 a) Tráfico UDP (señal digital color negro) y tráfico RTP (señal digital color rojo) en una red local utilizando MULTICAT, aproximadamente 500 kbps visto en el cliente 1

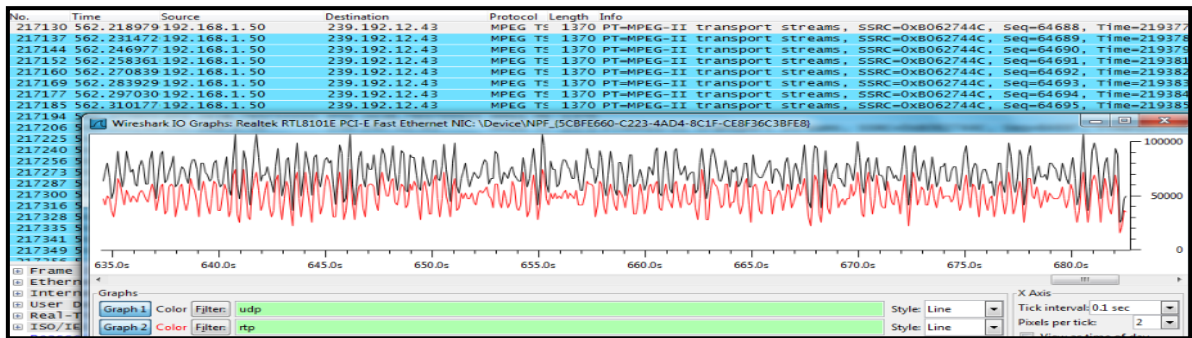


Fig. (5.32 b) Tráfico UDP (señal digital color negro) y tráfico RTP (señal digital color rojo) en una red local utilizando MULTICAT, aproximadamente 500 kbps visto en el cliente 2

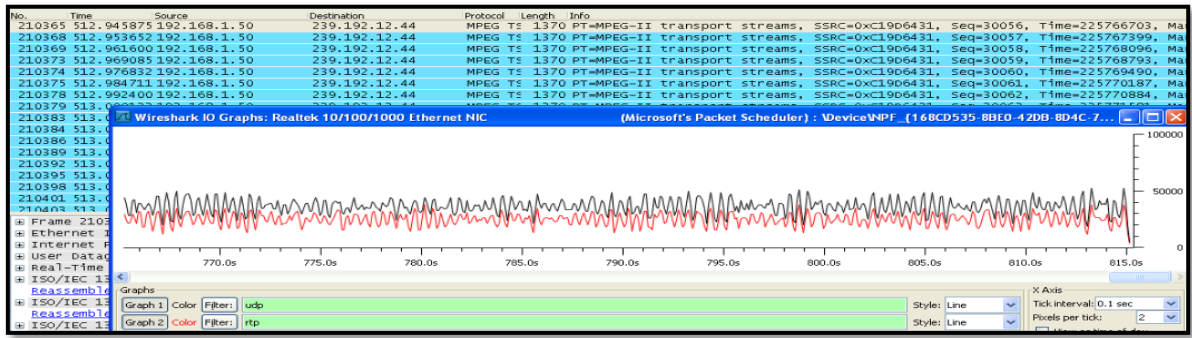


Fig. (5.32 c) Tráfico UDP (señal digital color negro) y tráfico RTP (señal digital color rojo) en una red local utilizando MULTICAT, aproximadamente 500 kbps visto en el cliente 3

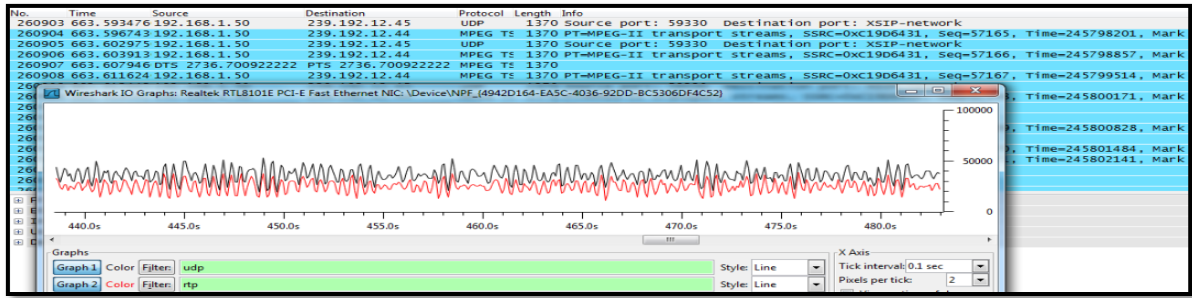


Fig. (5.32d) Trafico UDP (señal digital color negro) y trafico RTP (señal digital color rojo) en una red local utilizando MULTICAT, aproximadamente 500 kbps visto en el cliente 4

Se puede observar que la demanda sigue siendo la misma en el servidor de video Véase Fig. (5.33), teniendo un tráfico de aproximadamente 500 kbps.

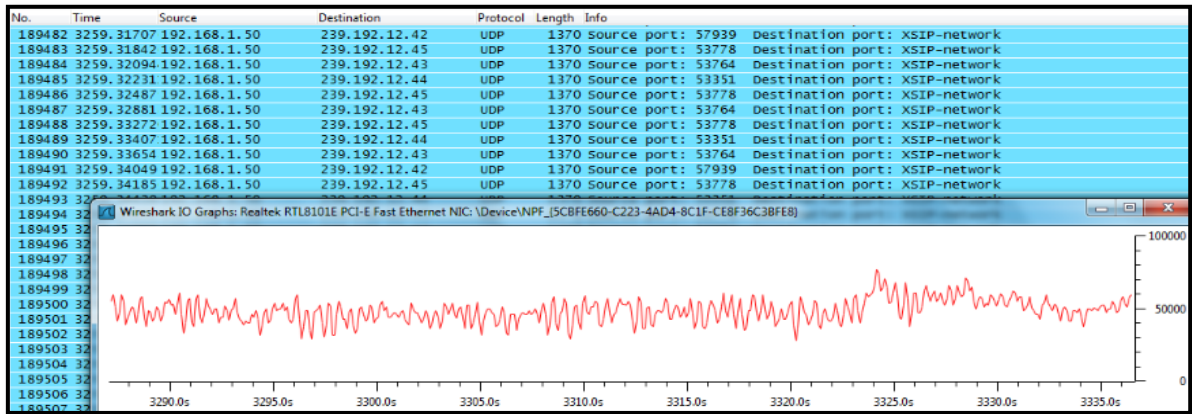


Fig. (5.33) Trafico UDP (señal digital color rojo) en una red local utilizando MULTICAST, aproximadamente 500 kbps visto en el servidor de video.

Por último se procede a realizar la difusión de video, a través de la red WAN es decir, la difusión de video debe atravesar ambos routers (ViewCast) y llegar al destino con un rango de direcciones IP 192.168.3.0/24. Véase Fig. (5.34)

Nombre	Dirección IP	No Cliente	Dirección IP	Dirección IP Multicast
Cam1	192.168.1.10/24	1	192.168.3.60/24	239.192.12.42
Cam2	192.168.1.20/24	2	192.168.3.70/24	239.192.12.43
Cam3	192.168.1.30/24	3	192.168.3.80/24	239.192.12.44
Cam4	192.168.1.40/24	4	192.168.3.90/24	239.192.12.45
Server	192.168.1.50/24	-	-	-

Fig. (5.34) Configuración de los clientes con direcciones Multicast (Red WAN)

A continuación se muestran la graficas representando al trafico UDP, ahora difundiendo el video a través de una red WAN, utilizando los mismos grupos Multicast para cada cliente con direcciones IP del tipo 239.192.12.X. Véase Fig. (5.35)

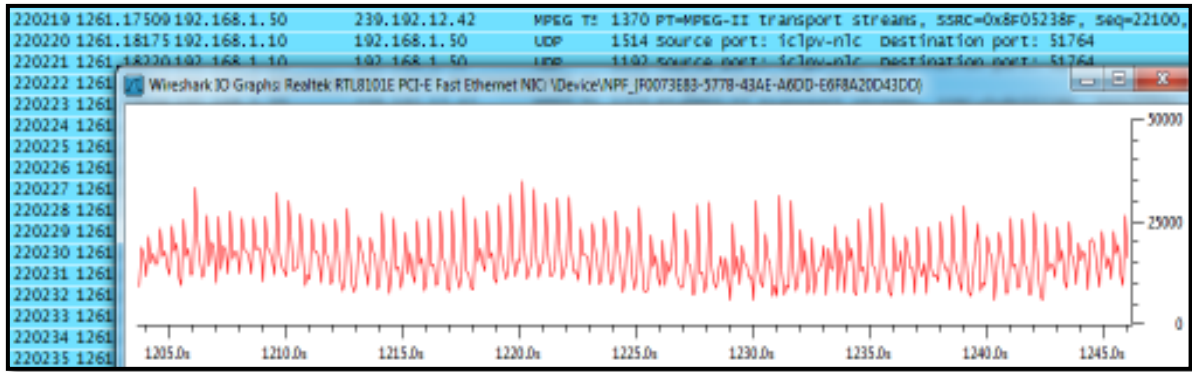


Fig. (5.35 a) Trafico UDP (señal digital color rojo) en una red WAN utilizando MULTICAST, aproximadamente 200 kbps visto en el cliente 1.

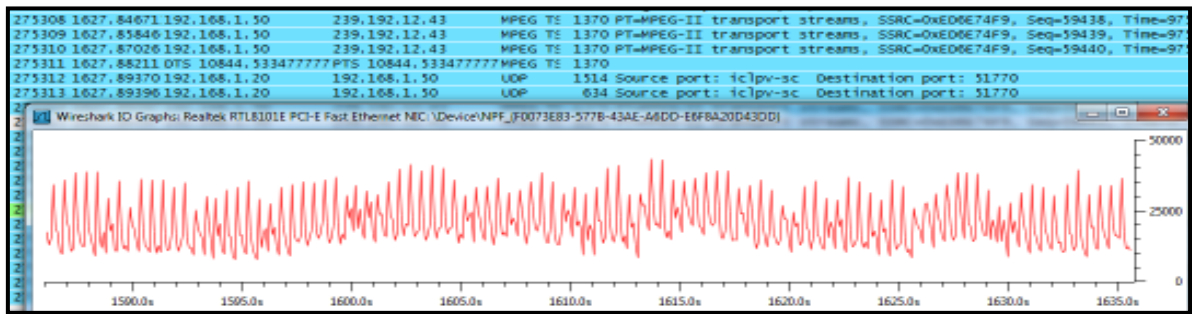


Fig. (5.35 b) Trafico UDP (señal digital color rojo) en una red WAN utilizando MULTICAST, aproximadamente 200 kbps visto en el cliente 2.

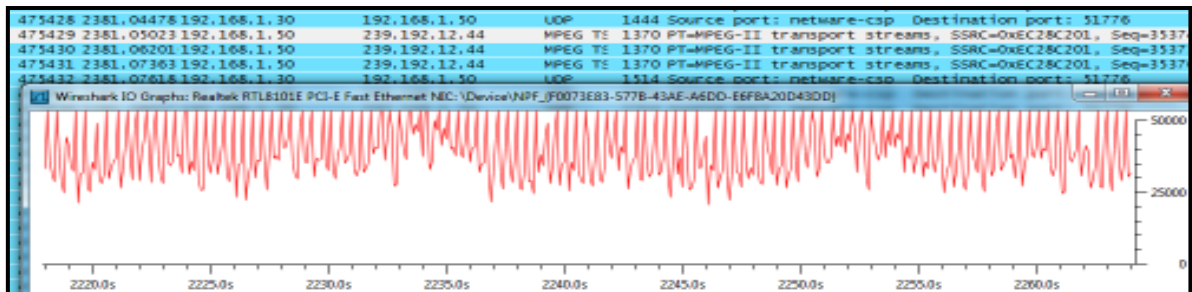


Fig. (5.35 c) Trafico UDP (señal digital color rojo) en una red WAN utilizando MULTICAST, aproximadamente 500 kbps visto en el cliente 3.

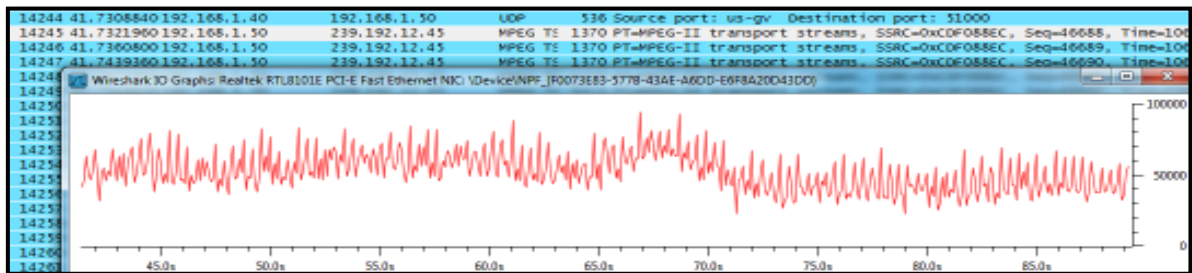


Fig. (5.35 d) Trafico UDP (señal digital color rojo) en una red WAN utilizando MULTICAST, aproximadamente 500 kbps visto en el cliente 4.

Se puede observar en graficas anteriores que el trafico varía entre 200 kbps y 500 kbps, esto se debe a la complejidad de la captura de video es decir, que el movimiento del usuario capturado fue mayor para estas graficas que en las anteriores (red LAN), pero la en el servidor se sigue conservando la misma demanda en el tráfico de aproximadamente 500 kbps. Véase Fig. (5.36)

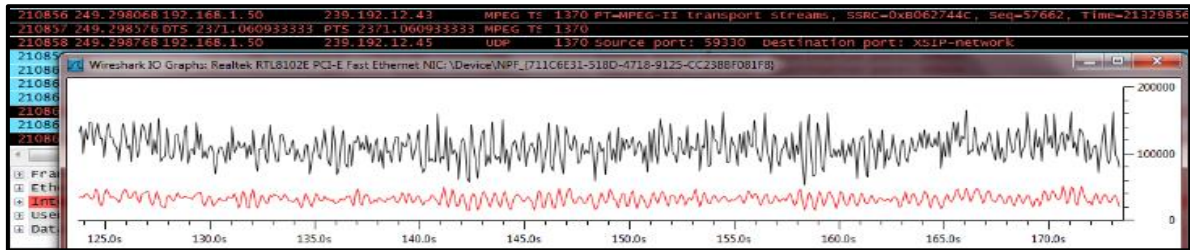


Fig. (5.36) Trafico UDP (señal digital color negro) y trafico RTP (señal digital color rojo) en una red WAN utilizando MULTICAT, aproximadamente 500 kbps visto en el servidor de video.

Aunque se tiene un tráfico constante en la mayoría de las gráficas tanto UDP y RTP, es muy claro que las variaciones de las realizaciones siguen siendo caóticas esto se debe a que el video por naturaleza siempre será dinámico en el tiempo es decir aunque el video consta de una secuencia de imágenes, en su conjunto dan como resultado una variación en el tempo de la señal de video, y que va a depender de diversos factores como la complejidad de la imagen (luminosidad, cantidad de movimiento), y también el estado de la red es decir qué tipo de trafico existe en ella como voz, video, datos en el mismo medio de comunicación, aunque en el presente trabajo, se experimentó con una red WAN, donde el único tráfico enviado es el video, aun así, existen variaciones en las realizaciones, ya que dependen de la complejidad de la imagen.

Por último, cabe mencionar que se está analizando el tráfico de 4 clientes, ya que son los 4 grupos que se necesitan para la visualización total del holograma en 3D.

En la Fig. (5.37) se muestra la información de uno de los paquetes transmitidos a través de la red WAN, con información (encabezado) de diferentes protocolos de cada capa del modelo OSI, capa 2 Enlace (Ethernet II), capa 3 Red (IP), capa 4 Transporte (UDP) y finalmente los datos, que es el video digital comprimido MPEG-4.

Se puede observar que el paquete analizado corresponde a la dirección Multicast 239.192.12.44, y que en la capa 2 del modelo OSI se está utilizando Ethernet 2 ocupando 14 Bytes subrayados en color rojo que contiene información como dirección MAC origen y destino y el protocolo utilizado de capa superior (IP), en la capa 3 se utiliza el protocolo IP, utilizando para su encabezado 20 Bytes subrayado en color azul, que contiene información como dirección IP origen y destino, fragmentación del paquete, ttl, protocolo de capa superior (UDP), y por último la capa 4 que corresponde a la capa de transporte del modelo OSI, y que se está utilizando el protocolo UDP, contando con 8 bytes que corresponden al encabezado UDP (subrayado de color amarillo) teniendo como información puerto origen y destino, y como último parámetro se tienen los datos que tienen una longitud 1328 Bytes y que corresponden al video digital transportado al grupo 239.192.12.44 y que será variable dependiendo de la complejidad de la imagen y el estado de la red.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
6	0.00780900	192.168.1.50	239.192.12.44	UDP	1370	Source port: 53351 Destination port:
Frame 1: 1370 bytes on wire (10960 bits), 1370 bytes captured (10960 bits) on interface 0 Ethernet II, Src: Micro-St_30:ae:61 (00:24:21:30:ae:61), Dst: IPv4mcast_40:0c:2c (01:00:5e:40:0c:2c) Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.50 (192.168.1.50), Dst: 239.192.12.44 (239.192.12.44) User Datagram Protocol, Src Port: 53351 (53351), Dst Port: XSIP-network (1354) Source port: 53351 (53351) Destination port: XSIP-network (1354) Length: 1336 Checksum: 0xc310 [validation disabled]						
Data (1328 bytes) Data: 80a18c253d9c7c4c6316a846470044116f2ab65957794191... [Length: 1328]						
0000	01 00 5e 40 0c 2c 00 24	21 30 ae 61 08 00 45 00	..^@.,,\$!0.a..E.			
0010	05 4c 3a 30 00 00 14 11	00 00 c0 a8 01 32 ef c0	.L:0... ..2..			
0020	0c 2c d0 67 05 4a 05 38	c3 10 80 a1 8c 25 3d 9c	..g.J.8 ...%=-			
0030	7c 4c 63 16 a8 46 47 00	44 11 6f 2a b6 59 57 79	Lc..FG. D.o*.Ywy			
0040	41 91 b7 f6 d1 6d e2 db	6c ec 9a 8e 13 da 4d 03	A...m. l...M.			
0050	30 17 96 5e 22 14 d8 31	92 84 cb 34 37 74 93 0a	0..^".1 ...47t..			
0060	fe 8c 4d 5d 23 fa 82 92	40 71 3d 7c c7 a0 de c2	..M]#... @q=			
0070	5a 14 a3 eb c6 fd 4d 53	ef 40 be 94 86 0e bf f8	Z....MS @.....			
0080	8b a9 01 fd 05 89 ff 63	41 b4 0b 51 1b f4 16 3dc A.Q...=			
0090	09 5f f3 10 a0 39 7d 6f	d9 0d 5b 50 3f 54 ba 4b	...9}o ..[P?T.K			
00a0	c7 44 bd 3b 69 23 ab 58	ee fe 4b 9f fa 07 36 f2	.D.;i#X ..K...6.			

Fig. (5.37) Datos de la trama capturada, difusión de video al grupo 239.192.12.42

Teniendo como resultado la emisión de video vista desde el servidor Véase Fig. (5.38)

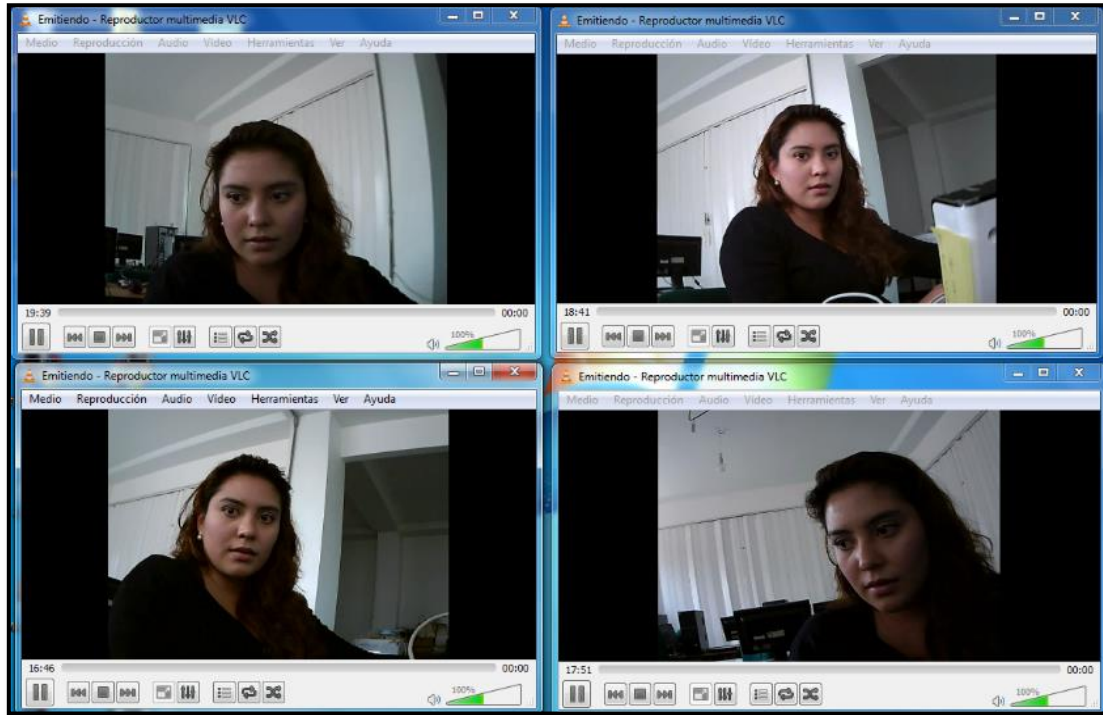


Fig. (5.38) Visualización de Video mediante Multicast en el servidor (192.168.1.50) perteneciente a la red B

Teniendo como siguiente resultado la visualización de video en cada uno de los clientes Véase Fig. (5.39):

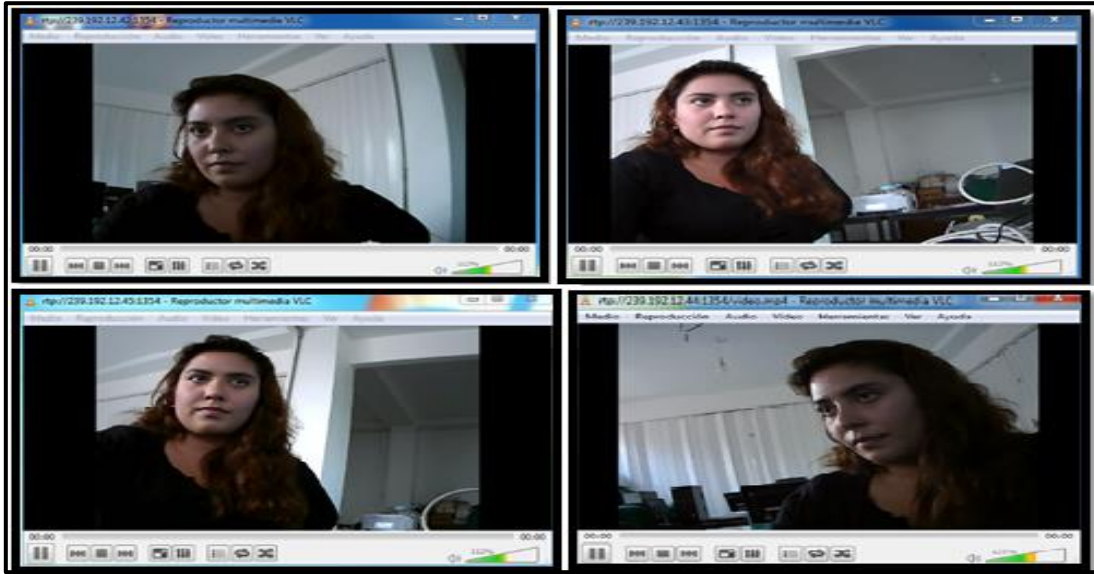


Fig. (5.39) Visualización de Video mediante Multicast en el cliente 1 (192.168.3.60) perteneciente al grupo 239.192.12.42, cliente 2 (192.168.3.70) perteneciente al grupo 239.192.12.4, cliente 3 (192.168.3.80) perteneciente al grupo 239.192.12.44 y cliente 2 (192.168.3.90) perteneciente al grupo 239.192.12.45

Para poder realizar la difusión de video satisfactoriamente nuevamente, y además con buena calidad se hicieron las mismas configuraciones extras que se hicieron en la difusión Unicast, como el TTL en el servidor VLC, que es el tiempo de vida de los paquetes IP, es decir un TTL, de 12, quiere decir que el flujo atravesara en 11 routers, cuando se hace uso del servidor VLC solamente.

Para poder corroborar que la transmisión de video es satisfactoria además, de visualizar el ancho de banda, se tomaron algunos datos del router como velocidad de transmisión con Multicast y además de ver el estado de las interfaces utilizadas en ambos routers.

Antes de empezar hacer la difusión de video, como se mencionó anteriormente fue comprobar que hubiera conectividad desde la red B hasta la red C, una de las maneras de comprobarlo fue accediendo de los routers y visualizar el estado de las interfaces utilizadas. Véase Fig. (5.40)

```
GAD# sh ip int b
Interface          IP-Address      OK? Method Status  Prot
ocol
FastEthernet0/0    192.168.1.1    YES NVRAM  up      up
Serial0/0          unassigned     YES NVRAM  down    down
Serial0/1          192.168.2.1    YES manual up      up
Serial1/0          unassigned     YES NVRAM  administratively down down
Serial1/1          unassigned     YES NVRAM  administratively down down
Loopback0          172.16.1.1     YES manual up      up
```

```
BHM#sh ip int b
Interface IP-Address OK? Method Status Prot
ocol
FastEthernet0/0 192.168.3.1 YES NVRAM up up
Serial0/0 192.168.2.2 YES NVRAM up up
```

Fig. (5.40) Estado de la interfaces en el Router 1 y Router 2

Para visualizar el flujo según cisco, se define como una secuencia Unidireccional de paquetes con ciertas características comunes:

- Direcciones IP fuente y destino
- Número de protocolo a nivel 3
- Puertos fuente y destino
- Octeto de ToS (Type of Service)
- Índice de la interfaz de entrada (ifIndex)

El comando cache flow contiene información sobre todos los flujos activos, Cada flujo está representado por un flow record que se actualiza cada vez que los paquetes que pertenecen al flujo son conmutados. Véase Fig. (5.41)

```
GAD#sh ip cache flow
IP packet size distribution (1540168 total packets):
1-32 64 96 128 160 192 224 256 288 320 352 384 416 448 480
.000 .000 .002 .000 .000 .000 .000 .000 .000 .002 .000 .000 .000 .000 .000

512 544 576 1024 1536 2048 2560 3072 3584 4096 4608
.000 .000 .000 .002 .987 .000 .000 .000 .000 .000 .000

IP Flow Switching Cache, 278544 bytes
19 active, 4077 inactive, 1621 added
87476 aged polls, 0 flow alloc failures
Active flows timeout in 30 minutes
Inactive flows timeout in 15 seconds
IP Sub Flow Cache, 21640 bytes
12 active, 1012 inactive, 302 added, 302 added to flow
0 alloc failures, 0 force free
1 chunk, 1 chunk added
last clearing of statistics never
```

Protocol	Total Flows	Flows /Sec	Packets /Flow	Bytes /Pkt	Packets /Sec	Active(Flow)	Idle(Flow)
TCP-WWW	2	0.0	3	50	0.0	9.0	15.5
UDP-DNS	4	0.0	3	66	0.0	5.5	15.7
UDP-other	1583	0.2	811	1343	170.8	31.7	15.2
ICMP	8	0.0	4	87	0.0	5.6	15.5
IP-other	5	0.0	188	51	0.1	846.2	15.8
Total:	1602	0.2	802	1342	170.9	34.0	15.2

```
SrcIf SrcIPaddress DstIf DstIPaddress Pr SrcP DstP Pkts
Fa0/0 192.168.1.50 Null 239.195.255.255 11 D206 2693 122
Fa0/0 192.168.1.50 Null 239.195.255.255 11 D214 2693 123
Fa0/0 192.168.1.50 Null 239.195.255.255 11 E255 2693 137
Fa0/0 0.0.0.0 Null 255.255.255.255 11 0044 0043 1
Fa0/0 192.168.1.50 Null 239.195.255.255 11 D069 2693 199
Fa0/0 192.168.1.50 Null 239.192.12.44 11 D068 054B 197
Fa0/0 192.168.1.50 Null 239.192.12.44 11 D067 054A 130K
Fa0/0 192.168.1.60 Null 192.168.1.255 11 0089 0089 108
Fa0/0 192.168.1.20 Null 239.255.255.250 11 0421 076C 4
Fa0/0 192.168.1.40 Null 239.255.255.250 11 040B 076C 4
Fa0/0 192.168.1.50 Null 239.192.12.45 11 D213 054B 124
Fa0/0 192.168.1.50 Null 239.192.12.45 11 D212 054A 75K
Fa0/0 192.168.1.50 Null 239.192.12.43 11 D205 054B 124
Fa0/0 192.168.1.50 Null 239.192.12.43 11 D204 054A 41K
Fa0/0 192.168.1.10 Null 239.255.255.250 11 040E 076C 4
Fa0/0 192.168.1.50 Null 239.192.12.42 11 E254 054B 137
Fa0/0 192.168.1.50 Null 239.192.12.42 11 E253 054A 31K
GAD#
```

Fig. (5.41 a) Control de Flujo en la interfaces de Router 1


```

BHM#sh ip cache flow
IP packet size distribution (2004 total packets):
 1-32  64  96 128 160 192 224 256 288 320 352 384 416 448 480
 .000 .007 .504 .002 .000 .000 .000 .007 .000 .000 .000 .000 .000 .000 .000

 512 544 576 1024 1536 2048 2560 3072 3584 4096 4608
 .000 .000 .000 .477 .000 .000 .000 .000 .000 .000 .000

IP Flow Switching Cache, 278544 bytes
2 active, 4094 inactive, 82 added
7877 ager polls, 0 flow alloc failures
Active flows timeout in 30 minutes
Inactive flows timeout in 15 seconds
IP Sub Flow Cache, 21640 bytes
0 active, 1024 inactive, 0 added, 0 added to flow
0 alloc failures, 0 force free
1 chunk, 1 chunk added
last clearing of statistics never
Protocol      Total    Flows    Packets  Bytes  Packets  Active(Sec)  Idle(Sec)
-----      -
TCP-other      8        0.0      2       52      0.0        2.9         15.5
UDP-other     71        0.0     26      322      0.2       86.4         14.9
ICMP          1        0.0      5       100      0.0        0.1         15.9
Total:        80        0.0     24      320      0.2       77.0         15.0

SrcIf      SrcIPAddress  DstIf      DstIPAddress  Pr SrcP  DstP  Pkts
Fa0/0      0.0.0.0      Null       255.255.255.255 11 0044 0043  82
Fa0/0      192.168.3.50 Null       192.168.3.255  11 008A 008A   1
BHM#
    
```

Fig. (5.41 b) Control de Flujo en la interfaces de Router 2

Con el comando `#show ip mroute active` Véase Fig. (5.42), se visualizan sólo aquellas fuentes que emiten tráfico mayor que un cierto umbral.

```

GAD#sh ip mroute active
Active IP Multicast Sources - sending >= 4 kbps
Group: 239.192.12.42, (?)
Source: 192.168.1.50 (?)
Rate: 50 pps/545 kbps(1sec), 482 kbps(last 40 secs), 413 kbps(life avg)
Group: 239.192.12.43, (?)
Source: 192.168.1.50 (?)
Rate: 54 pps/593 kbps(1sec), 593 kbps(last 10 secs), 675 kbps(life avg)
Group: 239.192.12.44, (?)
Source: 192.168.1.50 (?)
Rate: 102 pps/1109 kbps(1sec), 1108 kbps(last 20 secs), 1068 kbps(life avg)
Group: 239.192.12.45, (?)
Source: 192.168.1.50 (?)
Rate: 104 pps/1132 kbps(1sec), 1240 kbps(last 50 secs), 1140 kbps(life avg)
GAD#
    
```

Fig. (5.42 a) Fuente que emite el tráfico en el Router 1 (GAD)

```

BHM#sh ip mroute active
Active IP Multicast Sources - sending >= 4 kbps
Group: 239.192.12.42, (?)
Source: 192.168.1.50 (?)
Rate: 36 pps/393 kbps(1sec), 409 kbps(last 40 secs), 435 kbps(life avg)
Group: 239.192.12.43, (?)
Source: 192.168.1.50 (?)
Rate: 110 pps/1199 kbps(1sec), 1214 kbps(last 20 secs), 620 kbps(life avg)
Group: 239.192.12.44, (?)
Source: 192.168.1.50 (?)
Rate: 144 pps/1563 kbps(1sec), 1811 kbps(last 20 secs), 1142 kbps(life avg)
Group: 239.192.12.45, (?)
Source: 192.168.1.50 (?)
Rate: 114 pps/1234 kbps(1sec), 1439 kbps(last 50 secs), 1131 kbps(life avg)
BHM#
    
```

Fig. (5.42 b) Receptor de tráfico en el Router 2 (BHM)

Se puede observar que en la Fig. (5.42) el tráfico varía en cada grupo teniendo un rango de 500 kbps y 1Mbps y que concuerda con las gráficas obtenidas del tráfico UDP, el tráfico dependerá de la complejidad de la imagen de cada captura.

5.9 PROYECCIÓN DE VIDEO SOBRE LA PIRÁMIDE

Antes de proyectar la imagen tomamos como referencia las mediciones de una de las caras de la pirámide, para poder analizar la generación del holograma más adelante. Véase Fig. (5.43)

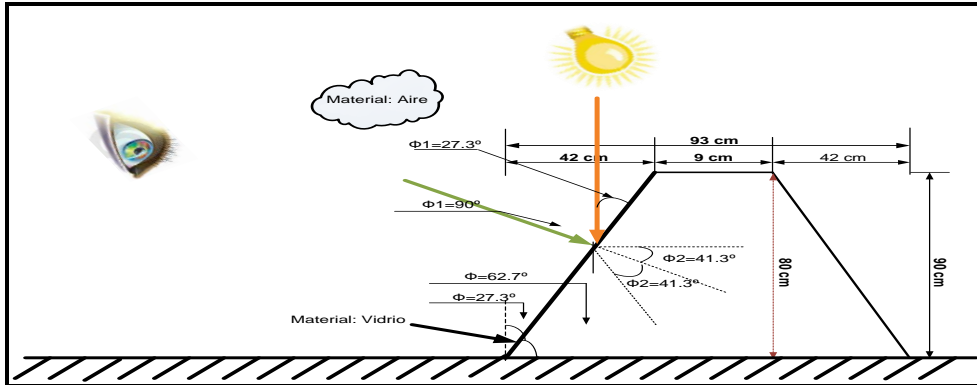


Fig. (5.43) Proyección de video para la generación del holograma

Se debe tener el esquema, véase Fig. (5.45) en las cámaras para poder visualizar el video correctamente en la pirámide, y de la sensación que se esté viendo en tercera dimensión. Para un objeto simétrico no hay tanto problema si se quisiera proyectar en la pirámide ya que todas las caras del objeto son iguales como es el caso de un balón, véase Fig. (5.44) como es el caso de la imagen proyectada en el prototipo de la pirámide en escala pequeña.

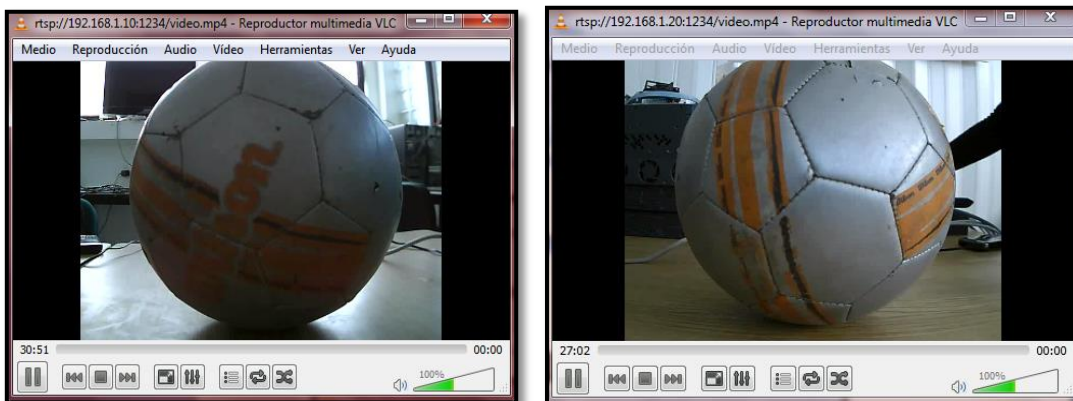


Fig. (5.44 a) Captura de video de la cámara 1 Vista Frontal, Captura de video de la cámara 2 (Vista Lateral Derecho)

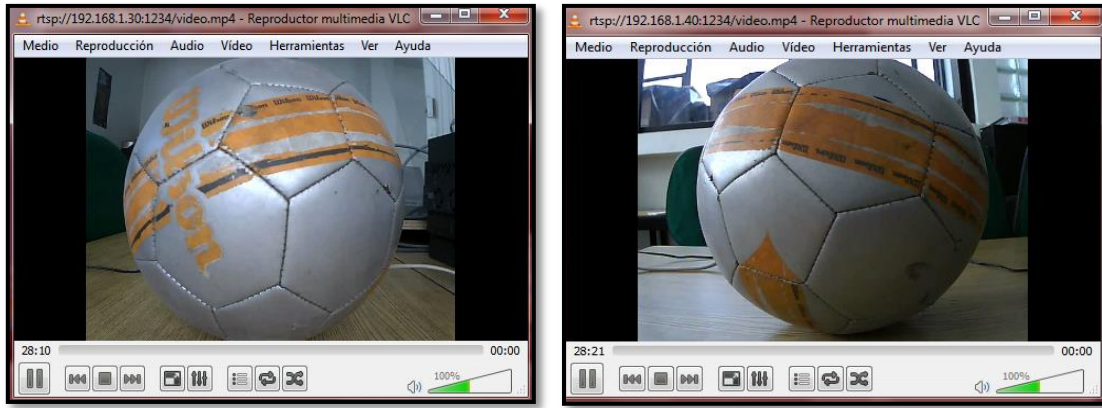


Fig. (5.44 b) Captura de video de la cámara 3 (Vista Lateral Izquierdo), Captura de video de la cámara 4 (Vista posterior)

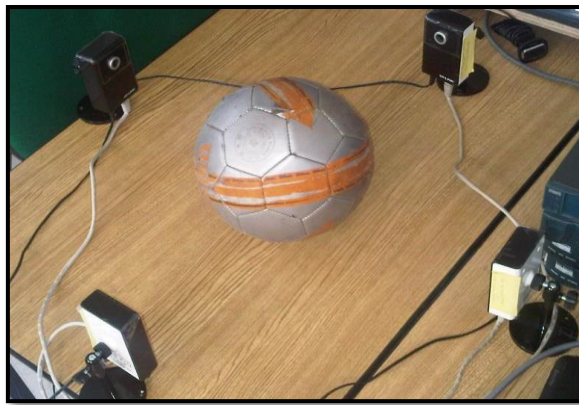


Fig. (5.45) Captura de Video de las 4 vistas del objeto

En el presente trabajo se hacen pruebas con diferentes tipos de superficies, como una superficie especular, una superficie lisa blanca y una superficie rugosa brillante, esto es para ver la diferencia entre los diferentes tipos de iluminación que nos ayudaran a obtener el holograma con mejor calidad, parte de la luz se refleja, el resto puede ser absorbido por el objeto (y transformarse en energía) o, si el objeto es transparente como el vidrio o el agua, parte de la luz se puede transmitir a través de él. Para un objeto muy brillante, como un espejo plateado, casi el 95% de la luz se refleja. Véase Fig. (5.46)

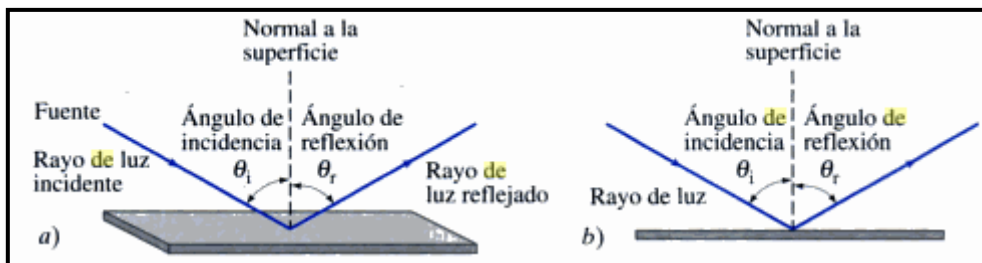


Fig. (5.46) Ley de reflexión: a) vista tridimensional de un rayo incidente reflejado en lo alto de una superficie plana; b) vista lateral o “desde el extremo”, que generalmente se usara por su claridad

Cuando un estrecho haz de luz entra en contacto con una superficie plana, se define el ángulo de incidencia θ_i , como el ángulo que un rayo incidente forma con la normal a la

superficie, y el ángulo de reflexión θ_r , como el ángulo que el rayo reflejado forma con la normal. Se observa que los rayos incidente y reflejado se encuentran en el mismo plano con la normal a la superficie y que el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia $\theta_i = \theta_r$.

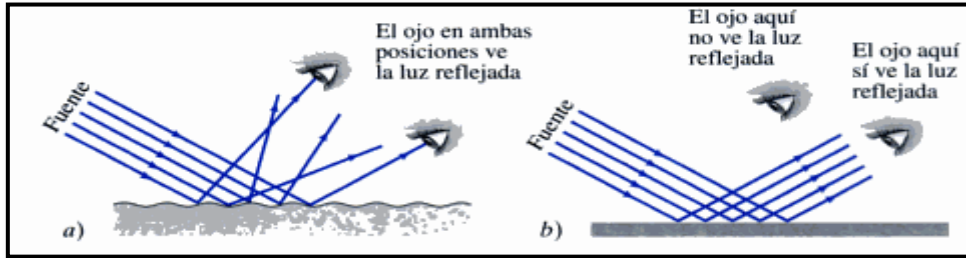


Fig. (5.47) Un haz de luz proveniente de una linterna brilla sobre a) papel blanco y b) un espejo. En el inciso a se ve la luz blanca reflejada en varias posiciones gracias a la reflexión difusa, pero en el inciso b) se ve la luz reflejada solo cuando los ojos del observador se ubican correctamente ($\theta_i = \theta_r$) a esto se le conoce como reflexión especular

Cuando una persona se mira de frente en un espejo, observa lo que parece ser ella misma así como varios objetos a su alrededor y detrás suyo. Parece como si la cara y los objetos estuviesen enfrente del observador, más allá del espejo; pero no lo están. Lo que se ve en el espejo es una imagen de los objetos, incluido el observador mismo, que están enfrente del espejo, por lo tanto sin necesidad de una iluminación extra se pueden ver todos los objetos reflejados en frente y alrededor del espejo.

En una reflexión especular cualquier haz estrecho de rayos paralelos se refleja conservándose como tal haz y cumpliendo las leyes de reflexión, puesto que la superficie del espejo es perfectamente plana. Por el contrario, cuando la superficie es rugosa cada uno de los rayos del haz encuentra un punto de la superficie en el que este presenta distinta orientación, y por tanto, el rayo se descompone en otros muchos dirigidos en todas las direcciones del espacio (difusión) Véase Fig. (5.47)

En realidad, ambos fenómenos se presentan siempre juntos, pues no existe una superficie tan pulimentada que solo sea reflectora o tan rugosa y alabeada que solo sea difusora, lo que ocurre en realidad es que una superficie dada predomina uno u otro fenómeno. Véase Fig. (5.48) y Fig. (5.49)

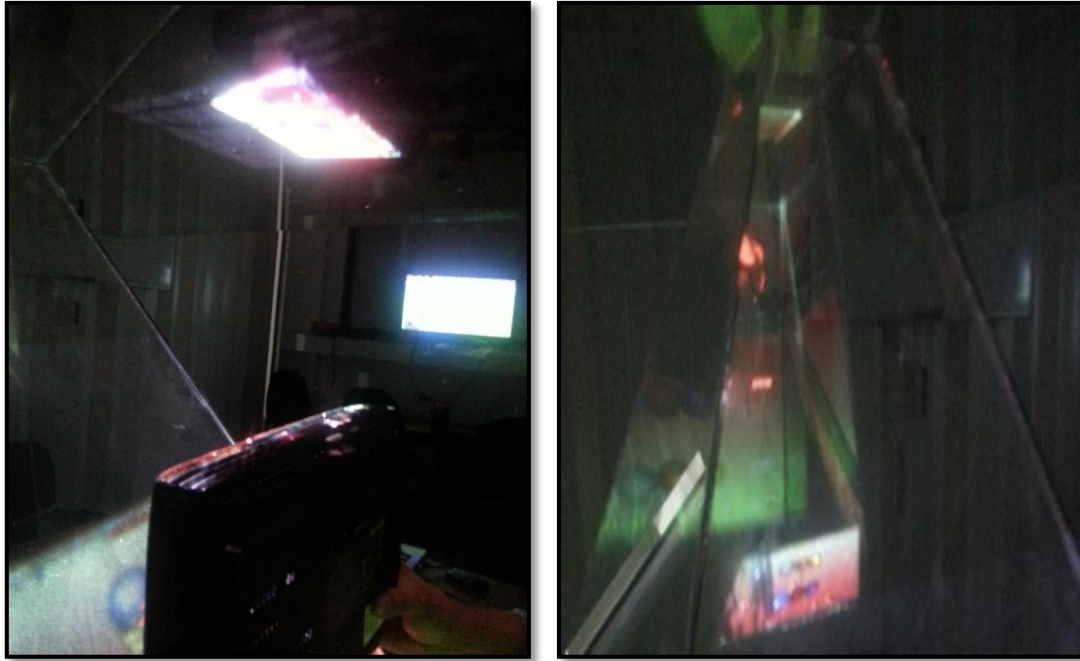


Fig. (5.48) Proyección Holográfica sobre la pirámide (proyectando sobre una superficie especular)

Cuando la luz incide sobre una superficie rugosa, incluso microscópicamente rugosa, se refleja en muchas direcciones, se le conoce como reflexión difusa, sin embargo se sostiene la ley de reflexión en cada pequeña sección de la superficie, en virtud de la reflexión difusa en todas direcciones, un objeto ordinario puede ser visto desde muchos ángulos diferentes por la luz que se refleja en él, véase Apéndice G, donde se muestran diferentes proyecciones holográficas con una superficie opaca y una superficie especular.

Cuando uno mueve la cabeza hacia un lado, diferentes rayos reflejados alcanzan los ojos desde cada punto del objeto. Comparando la reflexión difusa con la reflexión de un espejo (reflexión especular. Cuando un estrecho haz de luz brilla en un espejo, la luz no alcanzara los ojos de una persona a menos que los ojos estén ubicados justo en el lugar correcto donde la ley de reflexión se satisface.



Fig. (5.49) Proyección en una superficie plana blanca (superficie opaca)

Pero si se refiere a la captura de una persona, la proyección es diferente, para poder dar la sensación holográfica en tercera dimensión cuenta con la pirámide cuadrangular es decir con 4 caras, en cada cara se refleja la captura de una parte (parte frontal) de la persona y así sucesivamente, es decir se contara con 4 capturas correspondientes a la parte frontal, parte posterior, parte lateral izquierdo, parte lateral derecho. Véase Fig. (5.50)



Fig. (5.50) Captura de video para la proyección holográfica

Teniendo como resultado la proyección holográfica de cada cara las siguientes imágenes Véase Fig. (5.51)



Fig. (5.51 a) Proyección holográfica Vista Frontal



Fig. (5.51 b) Proyección holográfica Vista Lateral Izquierdo



Fig. (5.51 c) *Proyección holográfica Vista Lateral Derecho*



Fig. (5.51 d) *Proyección holográfica Vista Posterior*

Teniendo como resultado una proyección holográfica en tercera dimensión, con ayuda de 4 proyecciones holográficas sobre una pirámide cuadrangular.

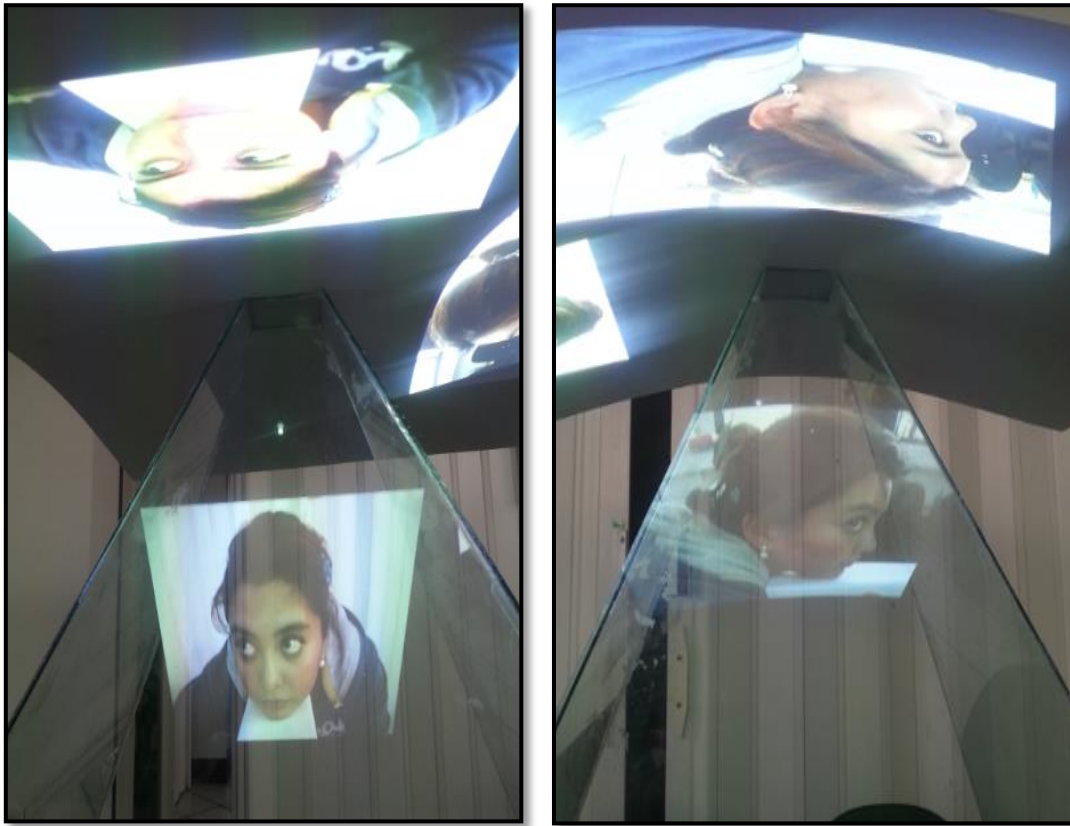


Fig. (5.52) *Proyección Holográfica sobre la pirámide (proyectando sobre superficie lisa color blanco)*

5.10 CALIDAD DE EXPERIENCIA EN EL MODELO PROPUESTO

La calidad de experiencia (QoE Quality of Experience) se define como la aceptación global de una aplicación o servicio tal cual es percibida por el usuario final [31]. Por tanto, la QoE incluye los efectos en el sistema completo extremo a extremo (Cliente, terminal, red, infraestructura de servicios, etc), además de poder estar influenciada por las expectativas del usuario respecto al servicio o por el contexto en particular de aplicación.

Por otro lado, la calidad de servicio (QoS Quality of Service) se define como “la totalidad de las características de un servicio de telecomunicaciones que determinan su capacidad para satisfacer las necesidades explícitas e implícitas del usuario del servicio” [32].

Ambos conceptos implican múltiples factores – a veces puede que solapados -, si bien de forma generalizada se asume que la QoE está relacionada con la percepción subjetiva del usuario final, mientras que la QoS es un concepto objetivo determinado por métricas observables del rendimiento de la red.

Por tanto, resulta necesario tener una estimación de la calidad percibida por los usuarios finales del servicio considerado que es la visualización de video holográfico. Esta afirmación conlleva dos consecuencias:

- Es necesario identificar una métrica común para dio servicio.
- El cálculo de la métrica debe realizarse en tiempo real para reaccionar adecuadamente bajo condiciones cambiantes en la red. (e.g. considerando la carga actual de tráfico).

Para estimar la QoE se propone la utilización de la nota media de opinión (MOS, Mean Opinion Score) como medida unificadora para los diferentes servicios.

La escala MOS fue inicialmente definida para servicios de voz en [33] como una escala numérica (de 1 a 5) para que los usuarios, en experimentos diseñados expresamente, indicaran cuál era su nivel de satisfacción respecto a este servicio. La tabla 3.1 indica la correspondencia entre la opinión del usuario y su valoración numérica. Esta escala ha sido posteriormente adoptada en otras recomendaciones de la ITU-T (unión internacional de telecomunicación, sector de estandarización de telecomunicación) para no solo servicios conversacionales, sino también para aplicaciones de datos [34], video llamada e IPTV [35].

Dado que para alcanzar los objetivos de la tesis, la puntuación MOS ha de ser obtenida en tiempo real, se precisa de una metodología que permita su estimación con la participación de usuarios reales (realizando encuestas).

Opinión	Valor	Degradación
Excelente	5	Imperceptible
Buena	4	Perceptible, pero no molesta
Regular	3	Ligeramente molesta
Mediocre	2	Molesta
Mala	1	Muy molesta

Tabla (5.1). Escala MOS

Haciendo una encuesta a 5 personas para la visualización de video holográfico teniendo en la captura varias opciones la carga media que es una actividad de la escena media que va de 10 fps y una resolución de 320x240, una carga media con una resolución de 640x480, una carga alta con una velocidad de 30 fps que quiere decir una actividad en constante movimiento del usuario con una resolución de 320x240, una carga alta con una resolución de 640x480, las anteriores probadas para 2 tipos de compresión MJPEG, MPEG4, y ambas probas con UNICAST y MULICAST, teniendo los siguientes resultados.

Compresión de video MJPEG, Difusión de Video: UNICAST							
Velocidad [fps]	Resolución	MOS: usuario 1	MOS: usuario 2	MOS: usuario 3	MOS: usuario 4	MOS: usuario 5	Promedio
10	320x240	1	2	1	2	1	1.4
10	640x480	1	1	1	1	1	1
30	320x240	1	2	1	2	1	1.4
30	640x480	1	1	1	1	1	1

Compresión de video MJPEG-4, Difusión de Video: UNICAST

Velocidad [fps]	Resolución	MOS: usuario 1	MOS: usuario 2	MOS: usuario 3	MOS: usuario 4	MOS: usuario 5	Promedio
10	320x240	2	2	3	1	1	1.8
10	640x480	1	2	3	2	1	1.8
30	320x240	2	1	1	2	1	1.4
30	640x480	3	2	3	2	1	2.2

Compresión de video MJPEG, Difusión de Video: MULTICAST

Velocidad [fps]	Resolución	MOS: usuario 1	MOS: usuario 2	MOS: usuario 3	MOS: usuario 4	MOS: usuario 4	Promedio
10	320x240	2	3	2	3	3	2.6
10	640x480	2	3	3	2	3	2.6
30	320x240	3	3	2	2	3	2.6
30	640x480	3	3	3	3	2	2.8

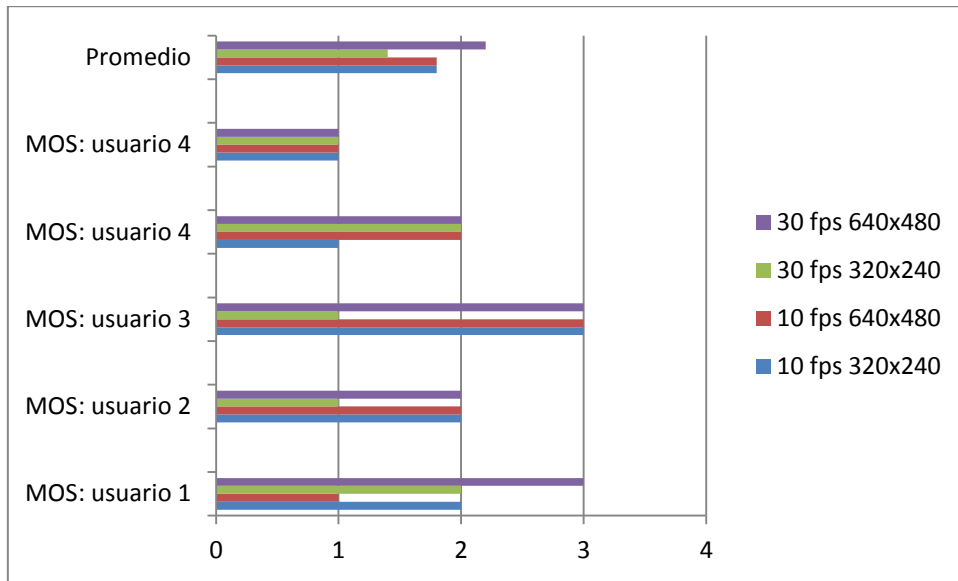
Compresión de video MJPEG-4, Difusión de Video: MULTICAST

Velocidad [fps]	Resolución	MOS: usuario 1	MOS: usuario 2	MOS: usuario 3	MOS: usuario 4	MOS: usuario 4	Promedio
10	320x240	4	4	3	3	4	3.6
10	640x480	4	4	4	3	3	3.6
30	320x240	4	5	4	4	4	4
30	640x480	4	5	4	4	5	4.4

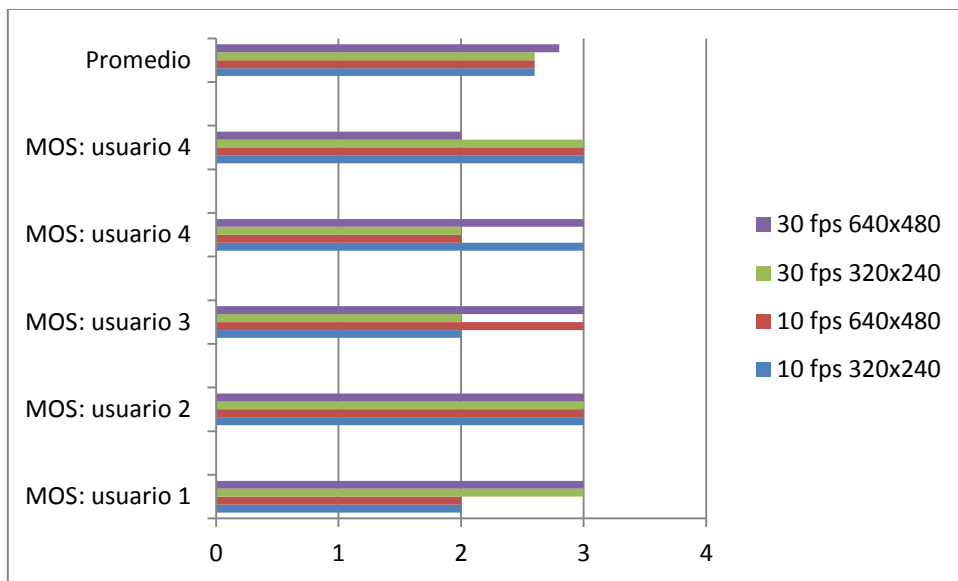
Teniendo como resultado las siguientes gráficas, de acuerdo a los valores obtenidos por los 5 usuarios encuestados.

Grafica de la MOS obtenida utilizando una Compresión de video MJPEG y Difusión de Video UNICAST

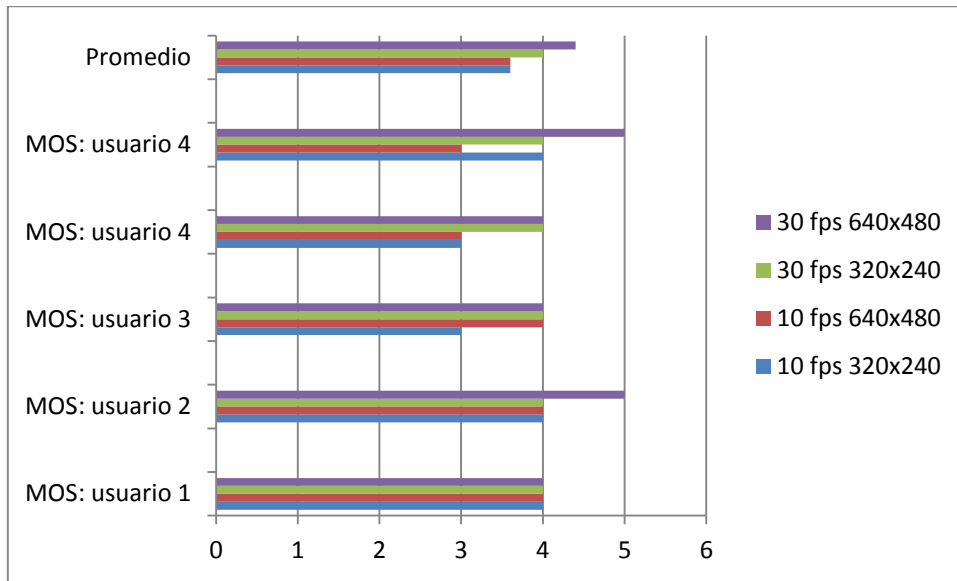
Grafica de la MOS obtenida utilizando una Compresión de video MJPEG-4 y Difusión de Video UNICAST



Grafica de la MOS obtenida utilizando una Compresión de video MJPEG y Difusión de Video MULTICAST



Grafica de la MOS obtenida utilizando una Compresión de video MJPEG-4 y Difusión de Video MULTICAST



Esta sección describe las funciones de utilidad obtenidas para el servicio utilizado que es la difusión de video holográfico en la experimentación desarrollada. Toda función de utilidad mapea métricas objetivas de red (e.g. retardo) en valores de calidad subjetiva. De acuerdo con la tabla 5.1, se ha utilizado la escala MOS para la definición de las funciones, usando un rango continuo desde 1 (usuario totalmente insatisfecho) hasta 5 (usuario totalmente satisfecho).

En conclusión, los sistemas de procesamiento y transmisión de video pueden introducir distorsión en la señal proveniente de diversos componentes como: hardware de proyección, convertidores, codificadores, enrutadores, etc. Es por ello que la determinación de la calidad de video es un problema complejo, la evaluación de la calidad de video se torna pieza fundamental para una gran variedad de propósitos: evaluación de codificadores, dimensionamiento de la red, evaluación de protocolos, test de equipos, monitorización de la red, verificación de la calidad en el usuario final, etc.

Si bien en el presente apartado se hicieron medidas subjetiva que ayudan al presente trabajo a centrar al usuario como pieza fundamental en la tele inmersión, sin dejar a un lado la gran importancia las medidas objetivas como son las que estudia la QoS, pero que no se miden en el modelo propuesto.

Con esta nueva perspectiva, se puede afirmar que la QoE es la medida subjetiva de la percepción del usuario, mientras que la QoS es la medida objetiva de los parámetros de transmisión que sirve como herramienta para conseguir una QoE determinada.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

La popularidad de la representación de volumen ha crecido considerablemente en estos últimos años, debido al aumento de la potencia de la computación de escritorio, con el modelo propuesto para la difusión de video holográfico, la presentación de volumen se vuelve más accesible al usuario, desde hace tiempo las aplicaciones de representación de volumen se encontraban casi exclusivamente en imágenes médicas, con este trabajo se busca que la representación de volumen sea accesible a infraestructuras que cuenten con el modelo propuesto en el presente trabajo, aunque en primera instancia está enfocado para que se implemente dentro de las escuelas del Instituto Politécnico Nacional que cuenten con salas de videoconferencia, o al menos con los parámetros mínimos como el hardware (Cámaras, servidores, red, proyectores, prototipo para la visualización, etc) y software (servidor VLC, para la difusión Multicast).

Como se ha comentado en líneas anteriores para el buen desarrollo de la tesis se aprovecharon recursos ya existentes de la video conferencia convencional, sin embargo se enfatizó en los parámetros necesarios que requiere una de las aplicaciones de la tele inmersión que es la difusión de video mediante holografía, parámetros como la captura, el transporte de los datos y la visualización.

Si bien anteriormente, la representación de volumen se hacía con supercomputadoras, ya que el modelado del objeto se hace en 3D y el procesamiento que se requiere es mucho para la representación del volumen, en el presente trabajo se propone un modelo que no requiere tanto procesamiento en el servidor de video para visualizar un objeto holográfico en 3D.

El modelo para la visualización de video holográfico se trabajó en tres etapas que constan de la captura del video, en esta etapa se propuso un modelo específico para la captura, ya que la visualización se requiere que sea un video holográfico y que de la sensación de verlo en 3d, se trabaja desde la captura con 4 flujos en 2D situados en puntos estratégicos para capturar al usuario u objeto, con ayuda de cámaras IP.

Aunque se trabajó con diferentes tipos de cámaras, como webcams, y cámaras HD, se decide trabajar con cámaras IP, ya que el procesamiento, la compresión de video, manejo de la imagen, como rotarla, con qué resolución trabajaran, la velocidad de fotogramas, proporcionar un direccionamiento a las cámaras, etc, dicho trabajo lo hacen las cámaras IP y no el servidor de video, ayudando a minimizar tiempos de procesamiento en el servidor de video, y así, minimizar adición de herramientas especiales que proporcionen lo anterior, si bien el software que funge como servidor de video puede hacer lo que las cámaras IP proporcionan, nuevamente, requiere

procesamiento del servidor y es uno de los objetivos que tiene el presente trabajo tener calidad de video (distorsión imperceptible al usuario final) sin dejar a un lado el procesamiento y aprovechamiento del ancho de banda de la red.

Si bien las cámaras HD y webcams, proporcionan video de alta calidad ya que cuentan con una alta resolución, que es un parámetro importante en nuestro trabajo y que se debe equilibrar con la velocidad de fotogramas de la imagen a la hora de enviar el video a través de la red, no resulta inconveniente usar dichas cámaras ya que saturan tiempo de procesamiento en el servidor, y también haciendo lento el transporte de los datos, ocasionando distorsión en la visualización de video holográfico.

La segunda etapa es el transporte de los datos, en el presente trabajo se simuló una red WAN, contando con equipo de enrutamiento y conmutación que ayuda a encaminar los paquetes proporcionando conectividad de una red a otra, así, contando con 2 redes locales que están interconectadas a través de una red WAN, una es la red local donde se encuentra la etapa de captura (cámaras IP y servidor de video), y otra red diferente en donde se encuentra la etapa visualización del video (clientes de video y prototipo pirámide). Para la correcta difusión de video, se propone la configuración de diferentes protocolos de enrutamiento en los equipos, como EIGRP para la conectividad entre ambas redes y además de ser propietario de CISCO, que son los equipos que se utilizaron en el desarrollo del presente trabajo, y un protocolo llamado PIM-DM para la difusión de video Multicast, ya que la tele inmersión tiende a que se visualice el video en diferentes estaciones localizadas geográficamente distantes, por esta razón la difusión de video necesariamente debe ser con la técnica Multicast, ya que se tiene un mayor aprovechamiento del ancho de banda, PIM-DM es un protocolo adecuado para la difusión de video en el presente trabajo, donde muchos nodos se suscriben para recibir paquetes Multicast (cada grupo es un flujo capturado, teniendo así 4 grupos Multicast correspondientes a cada captura), básicamente PIM-DM crea árboles inundando de tráfico Multicast todo el dominio y luego podando las ramas donde no haya receptores presentes, si bien para el desarrollo del presente trabajo no hubo dificultad alguna en la difusión de video y además aprovechando el ancho de banda, como mejora al presente trabajo podría emplearse otro protocolo de enrutamiento Multicast como lo es PIM-SM, de igual manera es un protocolo para ruteo eficiente a grupos Multicast, a diferencia de PIM-DM, construye un esquema tipo árbol de cada emisor a receptor en el grupo de Multicast, PIM-SM, puede implementarse cuando se tenga una mayor escalabilidad en las estaciones de visualización, y aprovechando aún más el ancho de banda y minimizando recursos de procesamiento en el equipo de enrutamiento, ya que no inunda con tráfico Multicast, es decir PIM-SM es puntual que PIM-DM.

Aunque para la etapa del transporte de datos no se implementa a una red I2, con el modelo propuesto se da la pauta de que se pueda implementar en cualquier red que cuente con velocidades más altas de 100 Mbps, ya que con los parámetros que se proponen la difusión de video alcanza una velocidad para los 4 flujos de al menos 500 kbps, con lo anterior se aprovechan recursos desde la captura que se hace en 2D, y no saturando el servidor ni la red de datos, aprovechándolo con la difusión Multicast.

El modelo propuesto puede implementarse desde gigabit Ethernet hasta la implementación con I2, cuando la escalabilidad aumente, es decir que las estaciones de visualización aumenten más de 80 dentro de la misma red y por supuesto fuera de la red es decir que las estaciones se encuentre geográficamente distantes a miles de km. Una de las mejoras al presente trabajo es que se implemente con una red de cómputo como lo es I2, ya que es una red con altas capacidades de velocidad de transmisión enfocada a fines educativos y de investigación.

Y la tercera etapa del presente trabajo que es la visualización del video holográfico, si bien desde la captura se trabaja pensando en que la visualización debe ser de manera holografía en 3D, es hasta la tercera etapa que se trabaja en cómo visualizar el video, se propone un prototipo que es una pirámide cuadrangular de dimensiones 93x93x100 cm, donde se proyectan en cada cara de la pirámide, cada flujo capturado del objeto. Si bien la proyección no se hace directamente en la pirámide, más bien se proyecta en una superficie difusa, que es una superficie lisa y blanca, para que parte de la luz se refleje y el resto sea absorbida, lo que ayuda a que dicha imagen proyectada en esta superficie sea refractada en cada cara de la pirámide, en el desarrollo del trabajo se utilizaron diferentes tipos de superficies para la proyección, como superficies especulares y rugosas, siendo la superficie lisa blanca, la que mejor resultados dio, ya que el holograma obtenido es meramente la proyección de lo que se refleja en la superficie difusa, con los otros materiales como el espejo y superficies brillantes como el papel espejo, se percibía el holograma, pero no con buena calidad de imagen, es decir, el holograma se notaba borroso, había reflexión de otros objetos dentro de la pirámide, el holograma se hacía imperceptible al ojo humano. Como parámetros necesarios para la visualización holográfica utilizando una superficie difusa, solo basta con proyectar la imagen con cualquier iluminación por ejemplo, la iluminación del día o la noche, y el holograma se ve con perfecta calidad, en cambio si se hace con una superficie especular, la visualización del holograma se ve favorecida cuando se ocupa la iluminación nocturna.

Si bien Internet es un sistema global que se compone de la agregación de redes de computadoras interconectadas mediante la pila de protocolos TCP/IP. En su conjunto, puede verse como una inmensa red digital de comunicaciones best-effort basada en la conmutación de paquetes, donde cada uno de estos paquetes es tratado de la misma forma.

Las funciones del protocolo IP permite encaminar un paquete de un origen a un destino, pero no asegura cuándo llegará, ni siquiera si llegará. La ventaja que supone esta sencillez esconde una desventaja: no conoce prioridades, no contempla conexiones, ni estado de la red y, por lo tanto no asegura prestaciones para cada servicio (voz, video, datos), que es uno de los factores importantes a contemplar cuando se presta un servicio como es el video, y mas aun si en la misma red existen otros servicios, como voz y datos, se debe contemplar los terminos QoS y QoE.

Aunque en el presente trabajo no se da prioridad al servicio (video) en la red simulada es conveniente mencionar que es uno de los parametros mas importantes a contemplar en posteriores implementaciones de teleinmersion en la red del Instituto Politecnico

Nacional, donde la QoS dará la totalidad de un servicio de telecomunicaciones que determinará la capacidad para satisfacer las necesidades explícitas e implícitas del usuario de dicho servicio, la QoS es la capacidad de una red o un protocolo para asignar diferentes prioridades a diferentes tipos de tráfico, aplicaciones o usuarios, de forma que se cumplan sus requerimientos de red y esto se traduzca en una buena calidad de servicio, así pues los mecanismos de calidad de servicio tienen por objetivo garantizar a cada flujo sus requerimientos críticos como tasa de bits, orden de llegada, retardo, jitter y pérdidas. En cambio la QoE un término más joven que la QoS pero igual de importante y que en el presente trabajo se hace una pequeña evaluación a usuarios finales con ayuda de una medida subjetiva, para medir la experiencia del usuario final en la visualización del video holográfico.

Entonces, la QoE es un concepto más amplio y puramente subjetivo que se utiliza para describir la calidad que experimenta un usuario ante un servicio multimedia, es la aceptación general de una aplicación o servicio según la percepción subjetiva del usuario final, es decir viene a englobar la QoS, la QoE es una medida subjetiva de la percepción del usuario, mientras que la QoS es la medida objetiva de los parámetros de transmisión que sirve como herramienta para conseguir una QoE determinada. En concreto, para el servicio de video holográfico, en el cual se enfoca el presente trabajo, es la evaluación de la calidad percibida por el usuario final, QoE.

6.1 APORTES

Se aporta un modelo para la difusión de video holográfico que consta de tres etapas, como es la captura de video, transporte de video, y visualización de video holográfico.

Se proponen los parámetros necesarios en la etapa de captura para no saturar al servidor con procesamiento de datos, y aprovechar el ancho de banda desde un principio, con la captura en 2D de un grupo de 4 cámaras que darán la sensación en la tercera etapa de ver el objeto en 3D. Dichos parámetros de video que son seleccionables, como la compresión, resolución, framerate, que equilibrando los valores de los anteriores parámetros, se puede tener una buena calidad en la visualización de video holográfico.

Teniendo en cuenta que la transmisión de video se realiza en forma de streaming real gracias a un servidor RTSP con capacidad para encapsulado TCP, UDP con envío Unicast o UDP con envío Multicast (Servidor de video, VLC), siendo la última, la más óptima para el servicio de video holográfico, ya que se tiene un mejor aprovechamiento del ancho de banda, y así optimizar la transmisión enviando 4 grupos de video pertenecientes a cada captura de video.

Se propone un prototipo que tiene como función principal la de visualizar el video de manera holográfica en 3D, este prototipo es una pirámide cuadrangular de material transparente (vidrio) con dimensiones 93x93x100 cm, se propone que sea cuadrangular, ya que cada cara de la pirámide funge como pantalla donde se proyectara cada captura independientes entre sí y que da la sensación de ver al objeto en 3D, se propone con una inclinación de 53° con el objetivo que el video proyectado sea holográfico, teniendo como resultado la sensación de visualizar el video en 3D de manera holográfica.

6.2 TRABAJOS DERIVADOS DE LA TESIS

Como parte de los resultados de investigación se encuentra los siguientes productos:

- Mayte Guadalupe Melo Díaz, Héctor Oviedo Galdeano. “Introducción a los códigos de la Tele-Inmersión”. VI INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTROMECHANICS AND SYSTEMS ENGINEERING (VI CIES)
- Mayte Guadalupe Melo Díaz, Héctor Oviedo Galdeano. “Compresión de datos en entornos de tele inmersión”. XIII CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA Y DE SISTEMAS (XIII CNIES)

6.3 TRABAJO FUTURO

Los avances en la tecnología detrás de la Realidad Virtual son muchos y constantes. Y si bien falta mucho para que la RV se integre por completo a nuestras vidas, ya se puede fantasear con lo que se depara en el futuro.

Es cierto, cuando se piensa en las posibilidades de la Realidad Virtual, lo primero que se viene a la mente son videojuegos dentro de un ambiente de RV o Realidad Aumentada. La RV viene a cambiar la vida humana, no solo para brindar ratos de ocio. Tal vez sea difícil de creer, pero imagínese qué sería de la vida hoy sin la televisión, las computadoras e Internet. Actualmente, la Realidad virtual se utiliza para simular experiencias extra corporales, como herramienta para solucionar crímenes, para fines médicos y educacionales, incluso la psicológica encuentra utilidades en su uso. Y eso es solo la punta del iceberg. Si en etapas tan tempranas de desarrollo, la RV puede brindar todas esas posibilidades, el futuro luce muy esperanzador.

6.4 EL FUTURO CERCANO (10-20 AÑOS)

Imagínese un mundo donde la Realidad Virtual sea tan utilizada como Internet y esté intrínsecamente unida a esta. Para empezar, la manera en que se presentara la información cambiaría de manera rotunda. Con un par de guantes y un casco en la cabeza, se podrán abrir y cerrar pantallas flotantes y navegar por donde sea. Se estará sentado, tal cual se hace ahora, pero en vez de leer este trabajo desde un monitor o en papel, se podrían abrir ventanas en el aire, acomodarlas donde se desee, doblarlas y convertirlas en un libro o en un periódico. Se descargará una revista y esta será verdaderamente una revista, con la misma textura y docilidad. Pero hay más: Si se quisiera ver una película, por ejemplo, se podrá agrandar la ventana del reproductor al tamaño de una pantalla de cine. Incluso se podrá tener una sala de cine virtual y llamar a otros usuarios, que se conecten y ver la película juntos. Véase Fig. (6.1)



Fig. (6.1) Las interfaces táctiles son el futuro

Como se ha mencionado existirán pantallas o ventanas virtuales, que cumplirán el papel de un monitor dentro del mundo simulado. Lo que se pretende con el presente trabajo es aportar otras dimensiones para visualizar el mundo y que mejor como en la realidad en tercera dimensión haciendo uso de la holografía, por ejemplo se podría pensar en teclados virtuales, que se podrán manejar con los guantes. Por ejemplo el uso para el ratón en este hipotético futuro, sea real o virtual. En el mundo real, las pantallas táctiles, poco a poco se desplazarán. Y, en el mundo virtual, no se necesitará uno. Las funciones que podría cumplir quedarán obsoletas si se pueden usar las manos para tocar, arrastrar, abrir y cerrar. Véase Fig. (6.2)



Fig. (6.2) *Juegos con la RV en el dentista*

Así como hoy en día no se necesita de una computadora para escuchar MP3, el día de mañana tampoco se deberá necesitar de uno para sumergirse en la realidad virtual. La miniaturización de componentes debería poder transformar los pesados equipos actuales en cosas minúsculas, de manera tal que todo el hardware entre en algún lugar del casco. De esta manera, la esclavitud del escritorio no oprimirá más. No se extrañe que en el futuro se vea a la gente sentada en las plazas, escribiendo (en un teclado virtual), el reporte que tiene que entregar mañana en la oficina.

La educación debería poder sacar provecho de esto, aunque no se puede asegurar. Estamos en el año 2013 y la mayoría de las escuelas del mundo no gozan de equipos conectados a Internet. Si existe un cambio de mentalidad, los estudiantes podrían beneficiarse enormemente. Estudiar historia ya no sería aburrido, se podría transportar al estudiante a recorridos guiados por lugares y tiempos que hoy solo figuran en libros, se podría ayudar a apreciar el arte mientras exploran un museo. Hoy la realidad virtual se usa para entrenar pilotos de aviones, por ejemplo. El problema es que esos equipos son caros. Pero esta tecnología inevitablemente va a llegar al público masivo, con costos más accesibles. Lo mismo que sucedió con las computadoras, también sucederá con los equipos de realidad virtual. En el futuro, no deberían ser más caros que una televisión.

6.5 IMPACTO SOCIAL

Entre los potenciales impactos sociales, se considera:

- La realidad virtual estará integrada en la vida diaria y será usada en muchas otras maneras.
- Se inventan técnicas para desarrollar la influencia de las genéticas virtuales.
- Mientras se investigue más y más tiempo en el mundo virtual, inevitablemente se registrará una migración a la matrix, resultando en cambios importantes en la economía mundial y la cultura.

APENDICE A

Código fuente VRML Esfera

```
#VRML V1.0 ascii
Separator{
  Separator{
    Material{
      emissiveColor 0.57 0.4 0
      diffuseColor 0.22 0.15 0.0
      specularColor 0.71 0.7 0.56
      shininess 0.16 }
    Translation{
      translation -7 2 0}
    Sphere {
      radius 1 }
  }
  Separator{
    Material{
      emissiveColor 0.33 0.26 0.23
      diffuseColor 0.5 0.11 0
      specularColor 0.95 0.73 0.0
      shininess 0.93 }
    Translation {
      translation -5 2 0 }
    Sphere {
      radius 1 }
  }
  Separator{
    Material{
      emissiveColor 0.3 0.3 0.35
      diffuseColor 0.3 0.3 0.5
      specularColor 0.7 0.7 0.8
      shininess 0.09 }
    Translation {
      translation -3 2 0}
    Sphere {
      radius 1 }
  }
  Separator{
    Material{
      emissiveColor 0.25 0.17 0.19
      diffuseColor 0.1 0.03 0.22
      specularColor 0.64 0.0 0.98
      shininess 0.08}
    Translation {
      translation -7 -2 0}
    Sphere {
      radius 1 }
  }
  Separator{
```

```
Material{
    emissiveColor 0.25 0.15 0.15
    diffuseColor 0.27 0.0 0.0
    specularColor 0.61 0.13 0.18
    shininess 0.12}
Translation {
    translation -5 -2 0}
Sphere {
    radius 1 }
}
Separator{
    Material{
        emissiveColor 0.1 0.11 0.79
        diffuseColor 0.3 0.3 0.71
        specularColor 0.83 0.83 0.83
        shininess 0.12}
    Translation {
        translation -3 -2 0}
    Sphere {
        radius 1}
    }
}
```

APENDICE B

Código fuente VRML Video Mapeado en Modelos 3D

```
#VRML V2.0 utf8
#Cosmo Worlds V2.0
Transform {
  children [
    Transform {
      children Shape {
        appearance Appearance {
          material DEF _0 Material {
          }
        }
        texture DEF trailer MovieTexture {
          url [ "media/tlotr_trailer1.avi" ]
          loop TRUE
        }
      }

      geometry Box {
      }
    }
    translation 0 1 0
  }
  Transform {
    children Shape {
      appearance Appearance {
        material USE _0
        texture USE trailer
      }
      geometry Cylinder {
      }
    }
    translation 3 1 0
  }
  Transform {
    children Shape {
      appearance Appearance {
        material USE _0
        texture USE trailer
      }
      geometry Sphere {
      }
    }
    translation -3 1 0
  }
  Transform {
    children Shape {
      appearance Appearance {
        material USE _0
        texture USE trailer
      }
    }
  }
}
```

```
        geometry    Cone {
        }
    }
    translation 6 1 0
}
Transform {
    children  Shape {
        appearance  Appearance {
            material  Material {
            }
            texture   USE trailer
        }
        geometry    DEF_2 IndexedFaceSet {
            coord Coordinate {
                point    [ -1 -1 0,
                           -1 1 0,
                           1 1 0,
                           1 -1 0 ]
            }
            coordIndex [ 0, 1, 2, 3, -1 ]
            solid FALSE
            normalIndex [ ]
            texCoordIndex [ ]
        }
    }
    translation -6 1 0
}
]
}
Background {
    groundAngle 1.57079
    groundColor [ 1 0.8 0.6,
                  0.6 0.4 0.2 ]
    skyAngle    [ 0.2, 1.57079 ]
    skyColor    [ 1 1 0,
                  1 1 1,
                  0.2 0.2 1 ]
}
```

APENDICE C

Código fuente VRML Objeto trasladado y rotado

```
#VRML V1.0 ascii
Separator{
  Separator{
    Transform{ #inicio translacion
      translation -8 2 0
      rotation -4 2 0 0} # fin translacion
    #Scale {scaleFactor -1 2 0}
    Cylinder {
      radius 1
      height 1
    }
  }
  Separator{
    Transform{ #inicio translacion
      translation -6 2 0
      rotation -4 2 0 0.78} # fin translacion
    #Scale {scaleFactor -1 2 0}
    Cylinder {
      radius 1
      height 1
    }
  }
  Separator{
    Transform{ #inicio translacion
      translation -4 2 0
      rotation -4 2 0 1.57} # fin translacion
    Cylinder {
      radius 1
      height 1
    }
  }
  Separator{
    Transform{ #inicio translacion
      translation -2 2 0
      rotation -4 2 0 2.36} # fin translacion
    Cylinder {
      radius 1
      height 1
    }
  }
  Separator{
    Transform{ #inicio translacion
      translation 0 2 0
      rotation -4 2 0 3.14} # fin translacion
    Cylinder {
      radius 1
      height 1
    }
  }
}
```

```

    }
}
Separator{
    Transform{ #inicio translacion
        translation 2 2 0
        rotation -4 2 0 3.93} # fin translacion
    Cylinder {
        radius 1
        height 1
    }
}
Separator{
    Transform{ #inicio translacion
        translation 4 2 0
        rotation -4 2 0 4.71} # fin translacion
    Cylinder {
        radius 1
        height 1
    }
}
Separator{
    Transform{ #inicio translacion
        translation 6 2 0
        rotation -4 2 0 5.5} # fin translacion
    Cylinder {
        radius 1
        height 1
    }
}
Separator{
    Transform{ #inicio translacion
        translation 8 2 0
        rotation -4 2 0 6.28} # fin translacion
    Cylinder {
        radius 1
        height 1
    }
}
}

```


APENDICE D

Tabla Índice de refracción interfaz Aire-Vidrio

Angulo de Incidencia	Angulo de refracción	Angulo de Incidencia	Angulo de refracción
0	0	11	7.182988361
1	0.655289011	12	7.830687371
2	1.310464101	13	8.47699082
3	1.965411249	14	9.121776993
4	2.620016235	15	9.764922876
5	3.274164542	16	10.40630404
6	3.927741253	17	11.04579457
7	4.580630955	18	11.6832669
8	5.232717635	19	12.31859178
9	5.883884585	20	12.95163815
10	6.534014296	21	13.582273
Angulo de Incidencia	Angulo de refracción	Angulo de Incidencia	Angulo de refracción
22	14.21036132	32	20.31983595
23	14.83576598	33	20.91032327
24	15.45834762	34	21.49645013
25	16.07796455	35	22.0780464
26	16.69447266	36	22.65493862
27	17.30772532	37	23.22694999
28	17.91757328	38	23.79390025
29	18.52386456	39	24.35560568
30	19.12644439	40	24.911879
31	19.72515507	41	25.46252937
Angulo de Incidencia	Angulo de refracción	Angulo de Incidencia	Angulo de refracción
42	26.00736236	52	31.09039291
43	26.54617992	53	31.5573826
44	27.07878039	54	32.01594871
45	27.60495847	55	32.46585388
46	28.1245053	56	32.90685835
47	28.63720844	57	33.33872028
48	29.14285196	58	33.76119599
49	29.64121649	59	34.17404032
50	30.13207932	60	34.57700693
51	30.61521448	61	34.96984867
Angulo de Incidencia	Angulo de refracción	Angulo de Incidencia	Angulo de refracción
62	35.35231804	72	38.55275359
63	35.72416753	73	38.80517153
64	36.08515018	74	39.04440307
65	36.43502002	75	39.27024514

66	36.77353259	76	39.48250263
67	37.10044553	77	39.68098909
68	37.41551913	78	39.86552741
69	37.71851695	79	40.0359505
70	38.00920644	80	40.19210189
71	38.28735958	81	40.33383643
Angulo de Incidencia	Angulo de refracción	Angulo de Incidencia	Angulo de refracción
82	40.46102081	87	40.87492194
83	40.57353417	88	40.91273496
84	40.67126855	89	40.93543777
85	40.75412942	90	40.94300787
86	40.82203607		

APENDICE E

Direcciones Multicast

DENOMINACION	RANGO	DESCRIPCION
RESERVADAS PARA USO LOCAL	[224.0.0.0-224.0.0.255]	Usadas exclusivamente por los protocolos de un segmento de red local, y nunca son reenviadas por un router, por lo que son transmitidos siempre con el campo TTL (Time To Live) igual a 1. Estas direcciones son usadas por los protocolos para el intercambio de información importante dentro de la red (DHCP, OSPF, etc.)
DIRECCIONES DE AMBITO GLOBAL	[224.0.1.0-238.255.255.255]	Se pueden emplear en todo internet. Algunas de estas direcciones están reservadas para determinadas aplicaciones.
DIRECCIONES DE AMBITO REDUCIDO O ADMINISTRATIVO	[239.0.0.0-239.255.255.255]	Están limitadas a un grupo local, organización o dominio, comúnmente denominado AS (Autonomus System). Los routers suelen estar configurados para filtrar el trafico Multicast dentro de este rango de direcciones, de forma que no salga del AS. Dentro de un dominio o AS las direcciones de ámbito reducido se pueden subdividir para definir nuevos límites locales Multicast.
DIRECCIONES GLOP	[233.0.0.0/8]	Se reservan para direcciones definidas estáticamente por organizaciones que ya tienen un número de AS reservado. El número de AS del dominio se encuentra embebido en el segundo y tercer octeto del rango 233.0.0.0/8

APENDICE F

Trafico UDP utilizando difusión UNICAST

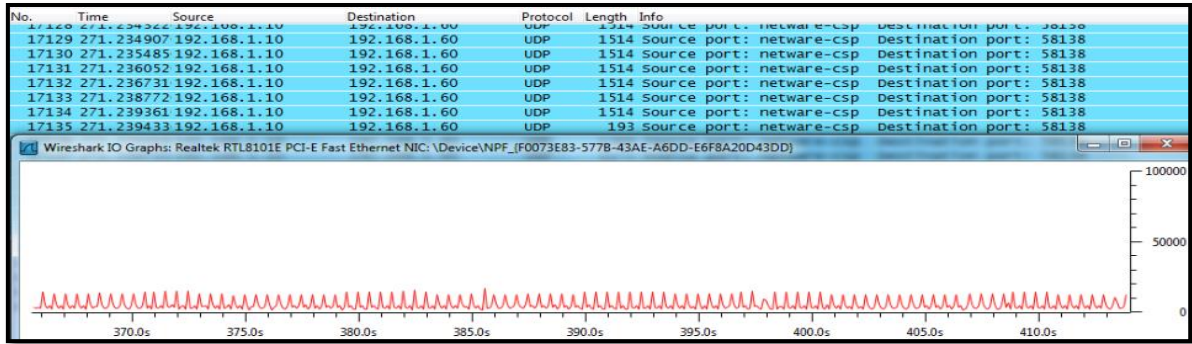


Fig. (1 a) Trafico UDP en una red WAN utilizando MULTICAST, aproximadamente 80 kbps visto en el cliente 1

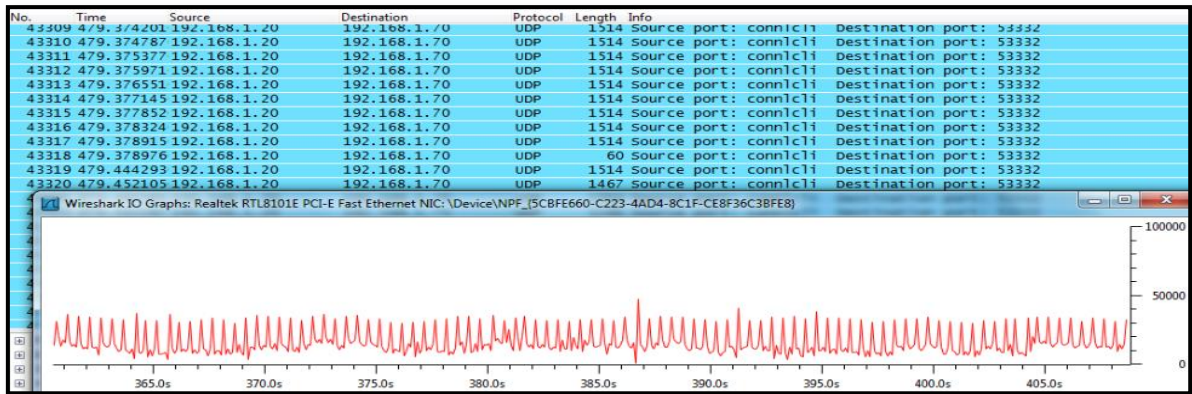


Fig. (1 b) Trafico UDP en una red WAN utilizando MULTICAST, aproximadamente 80 kbps visto en el cliente 2

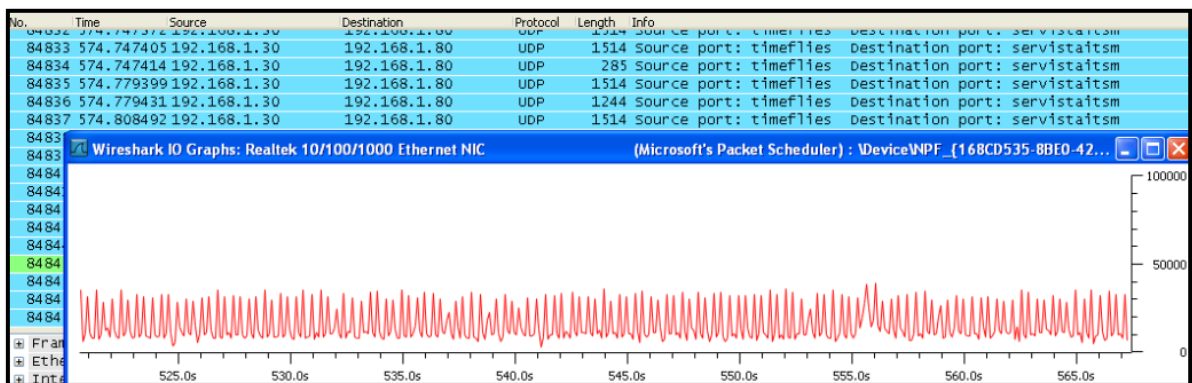


Fig. (1 c) Trafico UDP en una red WAN utilizando MULTICAST, aproximadamente 80 kbps visto en el cliente 3

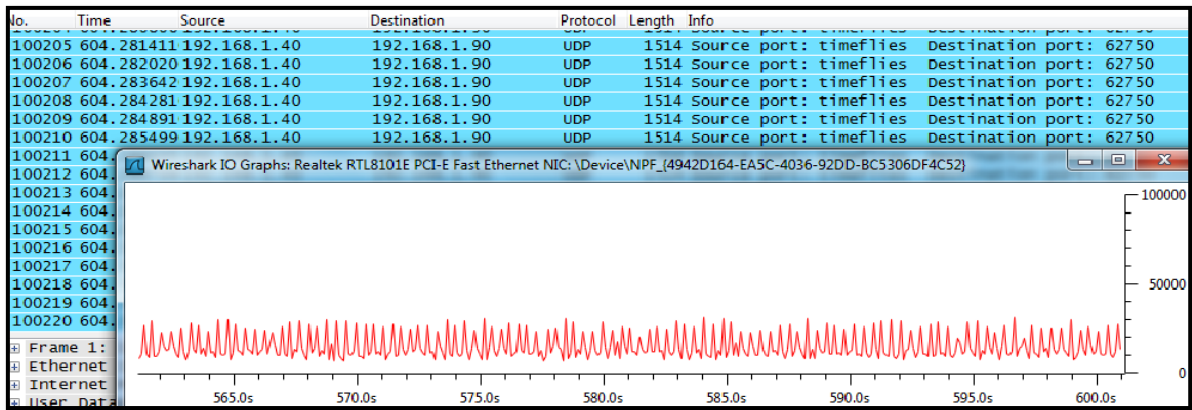


Fig. (1 d) Trafico UDP en una red WAN utilizando MULTICAST, aproximadamente 80 kbps visto en el cliente 4

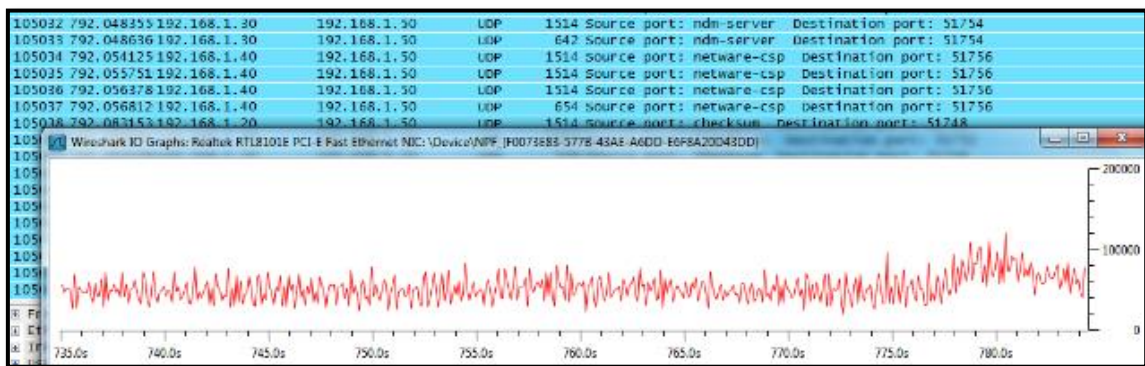


Fig. (1 e) Trafico UDP en una red WAN utilizando MULTICAST, aproximadamente 800 kbps visto en el servidor de video

APENDICE G

Proyección holográfica con diferentes tipos de superficies



Fig. (2 a) Proyección holográfica sobre una superficie blanca lisa.

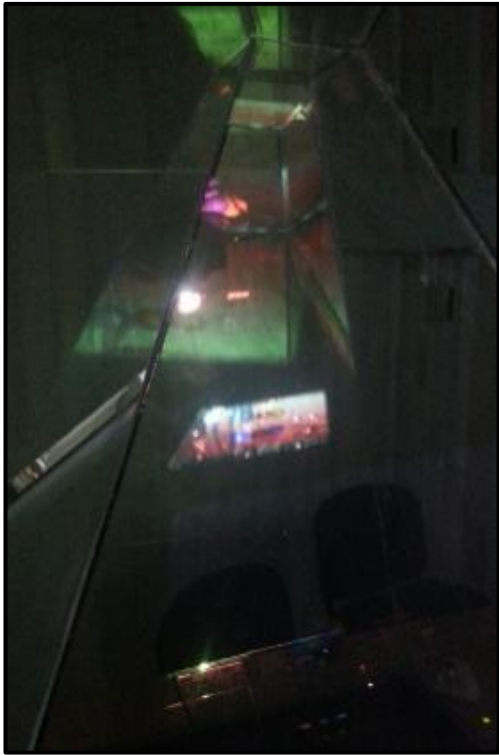


Fig. (2 b) Proyección holográfica sobre una superficie especular lisa

REFERENCIAS

- [1] Yang, Wanmin Wu, Klara Nahrstedt, Zhenyu Gregorij Kurillo, Ruzena Bajcsy, ViewCast: View Dissemination and Management for Multi-party 3D Tele-immersive Environments, 2007.
- [2] Albert Sidelnik, I-Jui Sung, Wanmin Wu, María Jesús Garzarán, Wen-mei Hwu, Klara Nahrstedt, David Padua, and Sanjay J. Patel, Optimization of Tele-Immersion Codes, 2009.
- [3] *Rahul malik, wanmin wu, klara nahrstedt*, Modeling the tele-immersive Systems using stochastic activity network, 2009.
- [4] Wanmin wu, Human-centric control of video functions and underlying resources in 3d tele-immersive Systems, 2011.
- [5] Anthony Vetro, Sehoon Yea, Mathias Zwicker, Wojciech Matusik, Hanspeter Pfister, Overview of multiview video coding and anti-aliasing for 3d displays, 2007.
- [7] David E. Ott , Ketan Mayer-Patel, Coordinated multi-streaming for 3D tele-immersion, Proceedings of the 12th annual ACM international conference on Multimedia, October 10-16, 2004, New York, NY, USA .
- [8] Cisco TelePresence, <http://www.cisco.com/telepresence>.
- [9] Barthold Lichtenbelt, Randy Crane, Shaz Naqvi, Introduction to volume rendering Hewlett-Packard Company, Prentice Hall PTR 1998.
- [10] Sang-Uok Kum, Ketan Mayer Patel, Henry Fuchs, Real-Time Compression for Dynamic 3D Environments, 2003.
- [11] Zhenyu Yang, Klara Nahrstedt, Yi Cui, Bin Yu, Jin Liang, TEEVE: The Next Generation Architecture for Tele-immersive Environments, 2005.
- [12] Wanmin Wu, Zhenyu Yang, Klara Nahrstedt, Implementing a Distributed 3D Tele-Immersion System, 2008.
- [13] H. Towles, W. chao Chen, R. Yang, S. Kum, H. F. N. Kelshikar, J. Mulligan, K. Daniilidis, H. Fuchs, C. C. Hill, N. K. J. Mulligan, L. Holden, B. Zeleznik, A. Sadagic, and J. Lanier. 3D tele-collaboration over Internet2. In International Workshop on Immersive Telepresence, 2002.
- [14] Barthold Lichtenbelt, Randy Crane, Shaz Naqvi, Introduction to volume rendering Prentice Hall PTR 1998.
- [15] D. E. Ott and K. Mayer-Patel, A mechanism for TCP-friendly transport level protocol coordination, 2002.
- [16] Alan Watt, Mark Watt, Advanced animation and rendering techniques: theory and practice, Adison-Wesley Pub. 1992.

- [17] M. Hefeeda, A. Habib, B. Botev, D. Xu, and B. Bhargava. PROMISE: peer-to-peer media streaming using collectcast, 2003.
- [18] M. Hosseini and N. D. Georganas. Design of a multi-sender 3D videoconferencing application over an end system multicast protocol, 2003.
- [19] González Aspera A., Chávez Hernández G., “La realidad Virtual Inmersiva en Ambientes Inteligentes de Aprendizaje, Un caso en la Educación Superior”, Revista de Comunicación y Nuevas Tecnologías ICONO14, Año 9, Vol. 2, pp. 122-137, España, Mayo 2011.
- [20] Ávila Valdés Noemí, “Interactividad y arte interactiva. La realidad virtual inmersiva”, en arte, individuo y sociedad, no 15, pp. 163-168. Servicio de publicaciones de la universidad complutense de Madrid, España 2003.
- [21] Barthold Lichtenbelt, Randy Crane, Shaz Naqvi, Introduction to volume rendering, 1998.
- [22] Ted Boardman and Jeremy Hubbell, Inside 3D Studio MAX 3: Modeling, Materials, and Rendering, 1999.
- [23] Alan Watt and Fabio Policarpo, 3D Games: real-time rendering and software technology, 2000.
- [24] H. Baker, N. Bhatti, D. Tanguay, I. Sobel, D. Gelb, M. Goss, W. Culbertson, and T. Malzbender. Understanding performance in coliseum, an immersive videoconferencing system, 2005.
- [25] Todd Lammle’s CCNA IOS COMMANDS, SURVIVAL GUIDE, 2007.
- [26] Zhenyu Yang, Bin Yu, Klara Nahrstedt, A Multistream Adaptation Framework for Bandwidth Management in 3D Teleimmersion, 2006.
- [27] Jin Liang, Zhenyu Yang, Bin Yu, Yi Cui, Klara Nahrstedt , Sang-Hack Jung, Art Yeap, Ruzena Bajcsy, Experience with Multi-Camera Tele-Immersive Environment , 2005.
- [28] Zhenyu Yang, Klara Nahrstedt, Yi Cui, Bin Yu, Jin Liang, Sang-hack Jung, Ruzena Bajcsy, TEEVE: The Next Generation Architecture for Tele-immersive Environments, 2005.
- [29] T. Kanade, P. Rander, and P. Narayanan, Virtualized reality: Constructing virtual worlds from real scenes, 2002.
- [30] Tom DeFanti, Dan Sandin, Maxine Brown, Dave Pape, Josephine Anstey, Mike Bogucki, Greg Dawe, Andy Johnson, Technologies for Virtual Reality/Tele-Immersion Applications: Issues of Research in Image Display and Global Networking, 2001.
- [31] ITU-T recommendation P.10/G.100. Vocabulary and effects of transmission parameters on customer opinion of transmission quality, July 2008.

[32] ITU-T recommendation.800. Quality of telecommunication services: concepts, models, objectives and dependability planning. Terms and definitions related to the quality of telecommunication services, September 2008.

[33] ITU-T P.800. Methods for subjective determination of transmission quality- Series P: telephone transmission quality; methods for objective and subjective assessment of quality, August 1996.

[34] ITU-T recommendation G.1030. Estimating end-to-end performance in IP networks for data applications, November 2005.

[35] ITU-T recommendation G.1030. Opinion model for video-telephony applications, April 2007.

GLOSARIO

A

Ancho de banda

Ancho de banda de red o simplemente ancho de banda es la medida de datos y recursos de comunicación disponible o consumida expresados en bit/s o múltiplos de él (ciento setenta y dos, Mbps, entre otros). Ancho de banda puede referirse a la capacidad de ancho de banda o ancho de banda disponible en bit/s, lo cual típicamente significa el rango neto de bits o la máxima salida de una huella de comunicación lógico o físico en un sistema de comunicación digital.

Anisotropía

Propiedad general de la materia según la cual cualidades como: elasticidad, temperatura, conductividad, velocidad de propagación de la luz, etc. varían según la dirección en que son examinadas. Algo *anisótropo* podrá presentar diferentes características según la dirección. La anisotropía de los materiales es más acusada en los sólidos cristalinos, debido a su estructura atómica y molecular regular. En un sentido más general, se habla de anisotropía cuando cualquier cambio de escala de una figura o un cuerpo, como en un gráfico x-y, se produce con factores distintos (o en dependencia de una función) en cada coordenada.

B

Balanceo de carga

Técnica usada para compartir el trabajo a realizar entre varios procesos, servidores, discos u otros recursos. Está íntimamente ligado a los sistemas de multiprocesamiento, o que hacen uso de más de una unidad de procesamiento para realizar labores útiles. El *balance de carga* divide de la manera más equitativa posible el trabajo, para evitar los así denominados *cuellos de botella*.

Bitmap

Mapa de bits

Broadcast

Es un método de transmisible de uno-a-todos, en donde se envían los datos a todos los dispositivos al mismo tiempo. Con este método, el tráfico de datos se envía a todos los nodos de la red cuando el broadcast no se filtra o bloquea con un router, ya que un router corta un dominio Broadcast

BRDF

Función de distribución de reflectancia bidireccional.

C

Calidad

Es una característica de un video transmitido a través de un sistema de transmisión y/o procesamiento de video, siendo una medida formal o informal de la degradación de las características del video (típicamente, comparando con el video original). Los sistemas de procesamiento de video pueden introducir ciertas distorsiones o artefactos en la señal de video, por lo que la evaluación de la calidad de video es un tema importante.

Cámara estereoscópica

Una cámara estereoscópica o cámara 3D, nombrada así debido a la visión estereoscópica humana (3D), es una cámara capaz de capturar imágenes (fotografías) en tres dimensiones. La visión binocular humana, produce dos imágenes (una para cada ojo) que luego se mezclan en el cerebro creando la imagen 3D. Estas cámaras, intentan imitar este comportamiento, utilizando dos objetivos (o dos cámaras separadas estratégicamente) captando la fotografía en el mismo instante, y como resultado se

obtienen las imágenes 3D.

Cámara IP

Una cámara de red incorpora su propio miniordenador, lo que le permite emitir vídeo por sí misma.

Además de comprimir el vídeo y enviarlo, puede tener una gran variedad de funciones como permitir ver en tiempo real qué está pasando en un lugar, aunque esté a miles de kilómetros de distancia. Son cámaras de vídeo de gran calidad que tienen incluido un ordenador a través del que se conectan directamente a Internet.

Ciber espacio

El ciberespacio o el ciberinfinito es una realidad simulada que se encuentra implementada dentro de los ordenadores y de las redes digitales de todo el mundo. Aunque el *ciberespacio* no debe confundirse con *Internet* ya que el primer concepto es más amplio que el segundo, el término se refiere a menudo a los objetos e identidades que existen dentro de la misma red informática mundial, así que se podría decir, metafóricamente, que una página web "*se encuentra en el ciberespacio*".

Codificación

En el contexto de la Ingeniería al proceso de conversión de un sistema de datos de origen a otro sistema de datos de destino. De ello se desprende como corolario que la información contenida en esos datos resultantes deberá ser equivalente a la información de origen. Un modo sencillo de entender el concepto es aplicar el paradigma de la traducción entre idiomas en el ejemplo siguiente: *home = hogar*. Podemos entender que hemos cambiado una información de un sistema (inglés) a otro sistema (español) y que esencialmente la información sigue siendo la misma.

Compresión

Es la reducción del volumen de datos tratables para representar una determinada información empleando una menor cantidad de espacio. Al acto de compresión de datos se denomina *compresión*, y al contrario *descompresión*. El espacio que ocupa una información codificada (datos, señal digital, etc.) sin compresión es el cociente entre la frecuencia de muestreo y la resolución. Por tanto, cuantos más bits se empleen mayor será el tamaño del archivo.

Correlación

Es una operación matemática que permite cuantificar el grado de similitud entre dos señales, aunque aparentemente no haya evidencias de coincidencia temporal entre ellas.

CZLoD

Color-plus-Depth Level-of-Detail, nivel de detalle color más profundidad

D

Dirección IP

Es una etiqueta numérica que identifica, de manera lógica y jerárquica, a un interfaz (elemento de comunicación/conexión) de un dispositivo (habitualmente una computadora) dentro de una red que utilice el protocolo IP (*Internet Protocol*), que corresponde al nivel de red del Modelo OSI. Dicho número no se ha de confundir con la dirección MAC, que es un identificador de 48bits para identificar de forma única la tarjeta de red y no depende del protocolo de conexión utilizado ni de la red.

Direccionamiento

El direccionamiento se refiere a la forma como se asigna una dirección IP y cómo se dividen y se agrupan subredes de equipos.

Dirección MAC

Siglas en inglés de *media access control*; en español "control de acceso al medio") es un identificador de 48 bits (6 bloques hexadecimales) que corresponde de forma única a una tarjeta o dispositivo de red. Se conoce también como dirección física, y es única para cada dispositivo. Está determinada y configurada por el IEEE (los últimos 24 bits)

y el fabricante (los primeros 24 bits) utilizando el *organizationally unique identifier*.

E

EIGRP

Enhanced Interior Gateway Routing Protocol, Protocolo de enrutamiento de gateway interior mejorado es un protocolo de encaminamiento vector distancia y un protocolo de enrutamiento de link-state, propiedad de Cisco Systems, que ofrece lo mejor de los algoritmos de vector de distancias y del estado de enlace. Se considera un protocolo avanzado que se basa en las características normalmente asociadas con los protocolos del estado de enlace.

Enlace

En el nivel más bajo la una red consiste de dos o más computadores conectados a través de un medio físico (cable coaxial, cable par trenzado o fibra óptica)

Enrutamiento

El enrutamiento consiste en encontrar un camino que conecte una red con otra y, aunque es llevado a cabo por todos los equipos, es realizado principalmente por routers, que no son más que computadoras especializadas en recibir y enviar paquetes por diferentes interfaces de red, así como proporcionar opciones de seguridad, redundancia de caminos y eficiencia en la utilización de los recursos.

Estereopsis

Proviene de *stereo* que significa sólido, y *opsis* visión o vista es el fenómeno dentro de la percepción visual por el cual, a partir de dos imágenes ligeramente diferentes del mundo físico proyectadas en la retina de cada ojo, el cerebro es capaz de recomponer una tridimensional. A esta diferencia en las dos imágenes retinianas se la llama disparidad horizontal, disparidad retiniana o disparidad binocular, y se origina por la diferente posición de ambos ojos en la cabeza. La estereopsis es una de las vías binoculares para la percepción de la profundidad junto con otras de carácter monocular.

F

Fotogramas

Se denomina fotograma a cada una de las imágenes impresionadas químicamente en la tira de celuloide del cinematógrafo o bien en la película fotográfica; por extensión también se llama de ese modo a cada una de las imágenes individuales captadas por cámaras de video y registradas analógica o digitalmente.

Cuando una secuencia de fotogramas es visualizada de acuerdo a una determinada frecuencia de imágenes por segundo se logra generar la sensación de movimiento en el espectador.

FPS

La fórmula de esta frecuencia es la siguiente:

$f(\text{frames}) = 1/T(s)$ Se expresa en fotogramas por segundo (en inglés *frames per second* y abreviado FPS) o en hercios (Hz). Para conseguir que el sistema visual humano vea movimiento ha de tenerse en cuenta que:

- Para observar parpadeo se ha de tener una frecuencia de fotograma menor de 50 Hz.
- La discontinuidad de movimiento tiene una frecuencia de fotograma menor de 12 a 15 Hz.

Las frecuencias de fotograma de algunos de los sistemas más conocidos son las siguientes:

- Cine mudo: 16–18 Hz.
- Cine: 24 Hz.
- Televisión, normas europeas (PAL & SECAM): 25 Hz.
- Televisión, norma estadounidense (NTSC): 29,97 Hz.

Framework

La palabra inglesa "framework" (marco de trabajo) define, en términos generales, un conjunto estandarizado de conceptos, prácticas y criterios para enfocar un tipo de problemática particular que sirve como referencia, para enfrentar y resolver nuevos problemas de índole similar. En el desarrollo de software, un framework o infraestructura digital, es una estructura conceptual y tecnológica de soporte definido, normalmente con artefactos o módulos de software concretos, que puede servir de base para la organización y desarrollo de software.

G

GPL

La Licencia Pública General de GNU o más conocida por su nombre en inglés GNU General Public License (o simplemente sus siglas del inglés GNU GPL) es la licencia más ampliamente usada en el mundo del software y garantiza a los usuarios finales (personas, organizaciones, compañías) la libertad de usar, estudiar, compartir (copiar) y modificar el software. Su propósito es declarar que el software cubierto por esta licencia es software libre y protegerlo de intentos de apropiación que restrinjan esas libertades a los usuarios.

H

HDTV

Televisión de alta definición o HDTV (siglas en inglés de *high definition television*) es uno de los formatos que, junto a la televisión digital (DTV), se caracterizan por emitir señales televisivas en una calidad digital superior a los sistemas tradicionales analógicos de televisión en color.

Háptica

Designa la ciencia del tacto, por analogía con la acústica (oído) y la óptica (vista). La palabra, que no está incluida en el diccionario de la Real Academia Española, proviene del griego *háptō* (tocar, relativo al tacto). Algunos teóricos como Herbert Read han extendido el significado de la palabra 'háptica', refiriéndose por exclusión a todo el conjunto de sensaciones no visuales y no auditivas que experimenta un individuo.

Haz luminoso

Es la parte de la potencia radiante total emitida por una fuente de luz que es capaz de afectar el sentido de la vista

Holograma

Es una imagen tridimensional registrada por medio de rayos láser, sobre una emulsión sensible especial. Procesada e iluminada adecuadamente, la imagen además de en tres dimensiones, aparece saliendo de sus límites, hacia afuera y/o hacia dentro de su marco, variando de perspectiva según sea la posición del espectador, es tan asombroso, que es difícil resistir la tentación de tocarlo.

I

Interferencia

En física, la interferencia es un fenómeno en el que dos o más ondas se superponen para formar una onda resultante de mayor o menor amplitud. El efecto de interferencia puede ser observado en cualquier tipo de ondas, como luz, radio, sonido, ondas en la superficie del agua, etc. Puede producir aleatoriamente aumento, disminución o neutralización del movimiento.

Internet

Internet es un conjunto descentralizado de redes de comunicación interconectadas que utilizan la familia de protocolos TCP/IP, garantizando que las redes físicas heterogéneas que la componen funcionen como una red lógica única, de alcance mundial.

Internet 2

Internet2 (I2) oUCAID (*University Corporation for Advanced Internet Development*) es un consorcio sin ánimo de lucro que desarrolla aplicaciones y tecnologías de redes avanzadas, la mayoría para transferir información a alta velocidad. Es una red telemática desarrollada principalmente por las universidades estadounidenses, construida en fibra óptica y permite altas velocidades con una gran fiabilidad. Es llevado por 212 universidades de Estados Unidos y otras 60 compañías tecnológicas como Comcast, Microsoft, Intel, AMD, Sun Microsystems y Cisco Systems. Algunas de las tecnologías que han desarrollado han sido IPv6, IP Multicast y Calidad de Servicio (QoS). Sirve para una comunicación mucho más fácil de los usuarios además es la forma más veloz jamás inventada hasta el actual 2012

IP

El protocolo IP es parte de la capa de Internet del conjunto de protocolos TCP/IP. Es uno de los protocolos de Internet más importantes ya que permite el desarrollo y transporte de datagramas de IP (paquetes de datos), aunque sin garantizar su "entrega". En realidad, el protocolo IP procesa datagramas de IP de manera independiente al definir su representación, ruta y envío.

Isotropía

Es la característica de los cuerpos cuyas propiedades físicas no dependen de la dirección en que son examinadas. Es decir, se refiere al hecho de que ciertas magnitudes vectoriales commensurables, dan resultados idénticos con independencia de la dirección escogida para dicha medida.

L

LAN

Una red de área local, red local o LAN (del inglés *local area network*) es la interconexión de una o varias computadoras y periféricos. Antiguamente su extensión estaba limitada físicamente a un edificio o a un entorno de 200 metros, que con repetidores podía llegar a la distancia de un campo de 1 kilómetro, sin embargo, hoy en día y gracias a la mejora de la potencia de redes inalámbricas y el aumento de la privatización de satélites, es común observar complejos de edificios separados a más distancia que mantienen una red de área local estable.

Linux

Linux es un núcleo libre de sistema operativo basado en Unix. Es uno de los principales ejemplos de software libre. Linux está licenciado bajo la GPL v2 y está desarrollado por colaboradores de todo el mundo. El desarrollo del día a día tiene lugar en la *Linux Kernel Mailing List Archive*.

M

Modelo OSI

El modelo de interconexión de sistemas abiertos (ISO/IEC 7498-1), también llamado OSI (en inglés *open system interconnection*) es el modelo de red descriptivo, que fue creado por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) en el año 1984. Es un marco de referencia para la definición de arquitecturas en la interconexión de los sistemas de comunicaciones.

Multicast

Es un método de transmisión de uno-a-muchos, envío de los datos a múltiples destinos simultáneamente, este método de transmisión es similar al broadcast, excepto de que el

Multicast solo envía la información a un grupo específico y el broadcast envía la información a todos los nodos de la red. Cuando se envía grandes cantidades de datos el método Multicast ahorra considerablemente el ancho de banda en la red, debido a que la mayor parte de los datos se envían solo una vez. La información se envía desde su origen pasando por la parte central de la red y se multiplica o distribuye hasta llegar a los usuarios finales

Multimedia

El término multimedia se utiliza para referirse a cualquier objeto o sistema que utiliza múltiples medios de expresión físicos o digitales para presentar o comunicar información. De allí la expresión multimedios. Los medios pueden ser variados, desde texto e imágenes, hasta animación, sonido, video, etc.

N

Nodo

Cada computador o dispositivo conectado

P

PIM

Protocol Independent Multicast, protocolo de internet

Pixel

Un píxel o pixel (México), plural píxeles, (acrónimo del inglés *picture element*, 'elemento de imagen') es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital, ya sea esta una fotografía, un fotograma de vídeo o un gráfico.

Protocolo

Conjunto de estándares que controlan la secuencia de mensajes que ocurren durante una comunicación entre entidades que forman una red.

Q

QoE

La calidad de experiencia (QoE, Quality of Experience) se define como la aceptabilidad global de una aplicación o servicio, tal y como se percibe subjetivamente por el usuario final. Incluye la totalidad de efectos del sistema extremo a extremo (cliente, terminal, red, servicios de infraestructura...) y puede verse influenciada por las expectativas de los usuarios y el contexto

QoS

QoS o Calidad de Servicio (*Quality of Service*, en inglés) son las tecnologías que permiten aplicar un tratamiento específico a un determinado tipo de tráfico.

R

Rasterización

es el proceso por el cual una imagen descrita en un formato gráfico vectorial se convierte en un conjunto de píxeles o puntos para ser desplegados en un medio de salida digital, como una pantalla de computadora

Realidad virtual

Realidad virtual es una ciencia basada en el empleo de ordenadores y otros dispositivos, cuyo fin es producir una apariencia de realidad que permita al usuario tener la sensación de estar presente en ella. Se consigue mediante la generación por ordenador de un conjunto de imágenes que son contempladas por el usuario a través de un casco provisto de un visor especial

Redes de datos

También llamada red de computadoras, red de comunicaciones de datos o red informática, es un conjunto de equipos informáticos y software conectados entre sí por medio de dispositivos físicos que envían y reciben impulsos eléctricos, ondas electromagnéticas o cualquier otro medio para el transporte de datos, con la finalidad de compartir información, recursos y ofrecer servicios.

Reflexión

Se refiere al fenómeno por el cual un rayo de luz que incide sobre una superficie es reflejado.

Refracción

La refracción es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro. Solo se produce si la onda incide oblicuamente sobre la superficie de separación de los dos medios y si estos tienen índices de refracción distintos. La refracción se origina en el cambio de velocidad de propagación de la onda.

Renderización

Proceso de generar una imagen o vídeo mediante el cálculo de iluminación partiendo de un modelo en 3D.

Retardo

El retardo en transmisión o delay es usualmente definido como el tiempo que transcurre entre la emisión de los datos, hasta el momento en que llegan al receptor. El retardo es una medida que expresa el tiempo gastado en el sistema de comunicación. Este parámetro es también conocido como latencia

Resolución

Para las imágenes digitales almacenadas como mapa de bits, la convención es describir la resolución de la imagen con dos números enteros, donde el primero es la cantidad de columnas de píxeles (cuántos píxeles tiene la imagen a lo ancho) y el segundo es la cantidad de filas de píxeles (cuántos píxeles tiene la imagen a lo alto). Es bueno señalar que si la imagen aparece como granular se le da el nombre de pixelada o pixelosa.

RTP

Real-time Transport Protocol (Protocolo de Transporte de Tiempo real). Es un protocolo de nivel de sesión utilizado para la transmisión de información en tiempo real, como por ejemplo audio y vídeo en video-conferencia. Está desarrollado por el grupo de trabajo de transporte de Audio y Video del IETF, publicado por primera vez como estándar en 1996 como la RFC 1889, y actualizado posteriormente en 2003 en la RFC 3550, que constituye el estándar de Internet STD 64. Se usa frecuentemente en sistemas de streaming

RTSP

Protocolo de flujo en tiempo real (del inglés *Real Time Streaming Protocol*) establece y controla uno o muchos flujos sincronizados de datos, ya sean de audio o de video. El RTSP actúa como un mando a distancia mediante la red para servidores multimedia.

S

Servidor de vídeo

Video Server / IP Video Server) son dispositivos creados para permitir la transición tecnológica entre los sistemas análogos de vigilancia conocidos como CCTV (Circuito Cerrado de Televisión) y las nuevas formas de Vigilancia conocidas como Vigilancia IP.

Sitio local

Es un conjunto de páginas que solo pueden ser vistas en tu ordenador, no están montadas sobre un servidor por el cual puedan ser accedidas. Esta carpeta contendrá todos los documentos HTML creados y, además, otras carpetas en las que almacenarán las imágenes, los vídeos etc.

Sitio remoto

Es un conjunto de páginas que pueden ser vistas a través de internet.

Streaming

Es la distribución de multimedia a través de una red de computadoras de manera que el usuario consume el producto al mismo tiempo que se descarga. La palabra *streaming* se refiere a que se trata de una corriente continua (sin interrupción). El término se aplica habitualmente a la difusión de audio o vídeo. El streaming requiere una conexión por lo

menos de igual ancho de banda que la tasa de transmisión del servicio.

Switch

Conmutador o *switch* es un dispositivo digital lógico de interconexión de redes de computadoras que opera en la capa de enlace de datos del modelo OSI. Su función es interconectar dos o más segmentos de red, de manera similar a los puentes de red, pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino de las tramas en la red. Se utilizan cuando se desea conectar múltiples redes, fusionándolas en una sola. Funcionan como un filtro en la red, mejoran el rendimiento y la seguridad de las redes de área local.

T

Tele inmersión

La tele inmersión es un sistema avanzado de telecomunicación de alta velocidad, que permite captar los movimientos y otros aspectos de los usuarios, para que se retransmitan a través de una red de alta velocidad (I2). Las personas pueden manipular datos, compartir simulaciones y experiencias como si estuvieran reunidas físicamente. El sistema requiere gran ancho de banda, poco retardo y una mínima pérdida de datos en la red.

Tercera dimensión

El término 3D hace referencia a las tres dimensiones del espacio: ancho, alto y profundidad.

U

UDP

User Datagram Protocol (UDP) es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas (Encapsulado de capa 4 Modelo OSI). Permite el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión, ya que el propio datagrama incorpora suficiente información de direccionamiento en su cabecera. Tampoco tiene confirmación ni control de flujo, por lo que los paquetes pueden adelantarse unos a otros; y tampoco se sabe si ha llegado correctamente, ya que no hay confirmación de entrega o recepción.

Unicast

Método de transmisión Unicast es uno a uno (*one-to-one*), con este método el envío de datos se realiza desde un único emisor a un único receptor, como por ejemplo de un servidor a un grupo de trabajo de una LAN. En un entorno Unicast aunque varios usuarios puedan solicitar la misma información al servidor al mismo tiempo, el servidor responderá a las peticiones de los usuarios enviando la información a cada usuario

V

Varianza

En teoría de probabilidad, la varianza (que suele representarse como σ^2) de una variable aleatoria es una medida de dispersión definida como la esperanza del cuadrado de la desviación de dicha variable respecto a su media. Está medida en unidades distintas de las de la variable. Por ejemplo, si la variable mide una distancia en metros, la varianza se expresa en metros al cuadrado

Video

Es la tecnología de la captación, grabación, procesamiento, almacenamiento, transmisión y reconstrucción por medios electrónicos digitales o analógicos de una secuencia de imágenes que representan escenas en movimiento. Etimológicamente la palabra *video* proviene del verbo latino *video, vides, videre*, que se traduce como el verbo 'ver'. Se suele aplicar este término a la señal de vídeo y muchas veces se la denomina «el vídeo» o «la vídeo» a modo de abreviatura del nombre completo de la misma.

Videoconferencia

Es la comunicación simultánea bidireccional de audio y vídeo, que permite mantener reuniones con grupos de personas situadas en lugares alejados entre sí. Adicionalmente, pueden ofrecerse facilidades telemáticas o de otro tipo como el intercambio de gráficos, imágenes fijas, transmisión de ficheros desde el servidor.

VLC

VLC media player es un reproductor multimedia y framework multimedia libre y de código abierto desarrollado por el proyecto VideoLAN. Es un programa multiplataforma con versiones disponibles para muchos sistemas operativos. VLC es un reproductor de audio y video capaz de reproducir muchos códecs y formatos de audio y video, además de capacidad de streaming. Es software libre, distribuido bajo la licencia GPL.

Voxel

Del inglés *volumetric pixel*) es la unidad cúbica que compone un objeto tridimensional. Constituye la unidad mínima procesable de una matriz tridimensional y es, por tanto, el equivalente del píxel en un objeto 3D.

VRML

Del inglés *Virtual Reality Modeling Language*. "Lenguaje para Modelado de Realidad Virtual") - formato de archivo normalizado que tiene como objetivo la representación de escenas u objetos interactivos tridimensionales; diseñado particularmente para su empleo en la web. Se usa por medio de comandos en inglés, los cuales agregan y determinan las características.

W

WAN

Una red de área amplia, o WAN, por las siglas de *wide area network* en inglés, es una red de computadoras que abarca varias ubicaciones físicas, proveyendo servicio a una zona, un país, incluso varios continentes. Es cualquier red que une varias redes locales, llamadas LAN, por lo que sus miembros no están todos en una misma ubicación física.

TRABAJOS DERIVADOS DE LA TESIS

Introducción a los códigos de la Tele-Inmersión

Mayte Guadalupe Melo Díaz¹, Héctor Oviedo Galdeano²

^{1,2}, SEPI-ESIME, IPN, México D.F., México

Teléfono (55) 57296000 Ext. 54672 E-mail: ¹mgmdice@hotmail.com, ²hoviedo@ipn.mx

Resumen — A medida que aumenta los cálculos computacionales, las aplicaciones tele-inmersivas son una tendencia emergente. Estas aplicaciones hacen extensiva la demanda de recursos a través de algoritmos en tiempo real para la reconstrucción en 3D

Palabras claves — códigos de tele-inmersión

As computational power increases, tele-immersive applications are an emerging trend. These applications make extensive demands on computational resources through their heavy use of real-time 3D reconstruction algorithms.

Key words — tele-immersion codes

I INTRODUCCIÓN A LA TELE-INMERSIÓN

Hoy en día, están desarrollando una nueva tecnología de comunicaciones que permitirá a las personas interactuar dentro de un entorno simulado, incluso si hay miles de kilómetros de distancia. Muchos de los componentes básicos para este tipo de red ya existen para permitir el desarrollo de lo que llamamos *tele-inmersión*. [2]

Combinando cámaras y la tecnología sobre IP, la videoconferencia nos ha traído el intercambio en tiempo real de más información que nunca, sin tener que traer físicamente a cada persona a una habitación común.

La video-conferencia permite a usuarios conectarse a lugares remotos y comunicarse con otras personas geográficamente desplazadas en tiempo real, de forma audible y visual. Mediante Cliente-Servidor y el uso de las tecnologías de Internet.

La tele-inmersión lleva la videoconferencia al siguiente nivel. Creará un entorno central y simulado que permitirá a todo el mundo unirse en una habitación virtual, y nadie tendrá que abandonar su localización física para hacerlo.

La Tele-Inmersión es un sistema avanzado de telecomunicación de alta velocidad, que permite captar los movimientos de los usuarios, para que se retransmitan a través de una red de alta velocidad. Las personas pueden manipular datos, compartir simulaciones y experiencias como si estuvieran reunidas físicamente.

La Tele-Inmersión representa la pantalla en 3D, muestra el punto de vista entre los dos usuarios, como por ejemplo crear una ventana en donde la persona A esta del otro lado viendo a una persona B, y viceversa en este caso ya no es necesario utilizar una cámara. Véase fig. 1

VI INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTROMECHANICS AND SYSTEMS ENGINEERING (VI CIIES)



Fig. (1). Tele inmersión

II PARÁMETROS MÍNIMOS PARA LA TELE-INMERSIÓN

Otro aspecto interesante es el alcanzar parámetros de rendimiento suficientes que aseguren una conexión sin interferencias, ruido o imperfecciones que romperían la sensación de presencia física, para lograr este nivel de comunicación deben cumplirse ciertas condiciones como son las siguientes:

- Calidad y resolución adecuadas de las imágenes para que el usuario obtenga la sensación de realidad y naturalidad, esto se da desde el nivel de captura de las imágenes del usuario activo.
- Velocidad de sucesión de imágenes suficientemente rápida como para que el usuario no perciba cortes entre los movimientos del usuario o de sensación de fluidez.
- Perspectiva dinámica de la imagen en función de la posición del usuario.
- Retardo inferior a 50 milisegundos para asegurar la sensación de tiempo real, inevitablemente causando pérdidas y además de cada uno de los paquetes que lleguen con éxito al destino e incluso una alternación en el orden con respecto a la secuencia con que se generaron.

En la videoconferencia, la imagen esta cercana al tiempo real, pero hay retrasos que provocan algunos saltos en la conversación. Lo que también puede ocurrir, es que la persona se levante de su sitio y no la podemos ver en nuestra pantalla. Con

la tele-inmersión la persona no podrá salirse de la pantalla. De hecho, la persona podrá estar móvil y seguir viendo la imagen desde distintos ángulos, como si se mirara por una ventana.

III REQUERIMIENTOS PARA LA TELE-INMERSIÓN

Los entornos holográficos serán generados por procesadores con velocidades mucho mayores a los procesadores convencionales. Existen varios pasos para construir un entorno holográfico:

- El Ordenador o procesador que reconocerá la presencia y movimientos de las personas y objetos.
- Las imágenes quedarán registradas por el ordenador, para después enviarlas procesadas al medio de transmisión.
- El ordenador proyecta las imágenes en una superficie diseñada para tal fin.

Las primeras versiones de los prototipos de tele-inmersión requerían que los usuarios se pusieran unas gafas especiales que seguían los puntos de mira hacia la pantalla, en el otro lado, las personas que aparecen como imágenes 3-D, son registradas con un grupo de siete video cámaras aproximadamente, mientras que otras cámaras capturan formatos de luz proyectados en cada habitación para calcular las distancias. Esto habilita la correcta visualización de la profundidad en la pantalla.

IV SISTEMA BÁSICO DE LA TELE-INMERSIÓN.

Como parámetros mínimos se tienen los siguientes, haciendo una agrupación por etapas del sistema de tele-inmersión (Véase Fig. 2)

Nivel de Captura

- *Ordenadores especiales*

Medio de Transmisión

- Internet 2

Nivel de Visualización

- Pantallas especiales
- Sensores hápticos

Por el momento cabe mencionar, que el primer componente es el nivel de captura en 3D que consta de un grupo de cámaras, donde cada grupo reconstruye una cadena de video en 3D.

El segundo componente es el medio de transmisión, para enviar los datos en 3D.

El tercer componente es la representación del sistema de niveles en Tercera Dimensión (a lo que se le conoce como Video Inmersión)

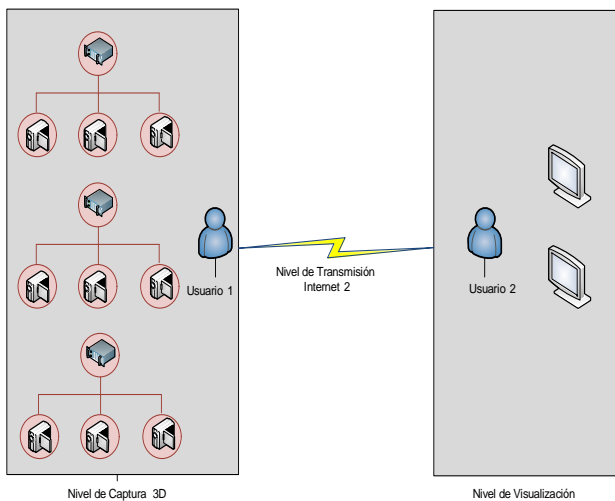


Fig. (2) Componentes de la Tele-inmersión (Alto Nivel)

IV NIVEL DE CAPTURA

Para la reconstrucción en Tercera Dimensión, una serie de grupos de cámaras 3D, que se emplean para capturar a los usuarios locales en los diferentes puntos de vista. Cada Grupo de cámara 3D se compone 3 cámaras en blanco y negro que se utiliza para la asignación de profundidad y una cámara a color que se utiliza para la asignación de texturas (véase Fig. 3), y es organizado por un equipo independiente que lleva a cabo en tiempo real la reconstrucción en 3D. Además, hay un servidor de activación utilizado para sincronizar

todos los grupos de las cámaras que toman todas las imágenes al mismo instante de tiempo. [3]

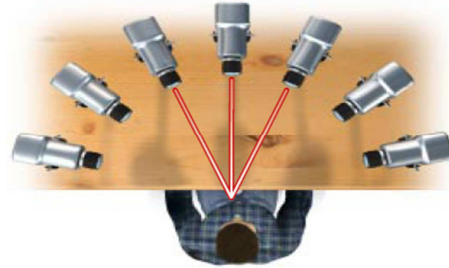


Fig. (3) Grupo de cámaras para el Nivel de Captura

El algoritmo de reconstrucción en 3D es llevado a cabo por una computadora conectada a las 4 cámaras en 2D, la reconstrucción en 3D se realiza mediante un algoritmo de estéreo trinocular que calcula la información en 3D a partir de las imágenes captadas por el lado izquierdo, centro, y derecho de las cámaras en blanco y negro en un clúster.

Las imágenes capturadas son pre-procesadas para la rectificación de las imágenes. Esto es imagen computarizada en ese instante, sustracción del fondo de la imagen y borde de la extracción, después del tratamiento previo un algoritmo de triangulación delaunay, una triangulación es una red de triángulos que cumple con la condición de que la circunferencia circunscrita de cada triángulo de la red no debe contener ningún vértice de otro triángulo, a esta condición, se le conoce como condición de delaunay, junto con este algoritmo de triangulación y un algoritmo de modificación normalizada de la cruz correlación, Modified Normalized Cross-Correlation (MNCC), son aplicados a la cadena de datos. La triangulación, y los algoritmos se ejecutan simultáneamente [1].

El algoritmo de Triangulación Delaunay [4] es aplicado a los puntos de borde extraídos para la imagen de referencia del centro para introducirlas a las regiones triangulares y el algoritmo MNCC es aplicado a los puntos de borde para estimar su profundidad para cada punto de borde en la imagen de referencia de cámara del centro, el MNCC calcula la correlación entre los puntos correspondientes en las imágenes capturadas por las cámaras izquierdas y derechas en cada nivel de profundidad, después las correlaciones son usadas para determinar el valor de profundidad más probable de cada punto para reconstruir el mapa

de profundidad de 3D. La salida de estos dos algoritmos es usado como entrada de un algoritmo homogéneo. Finalmente, un post-procesamiento que consiste en la consulta en color y la compresión de imagen. Los datos generados comprimidos son paquetizados y enviados sobre el medio de transmisión, Internet 2 al lugar remoto. (Véase Fig.4)

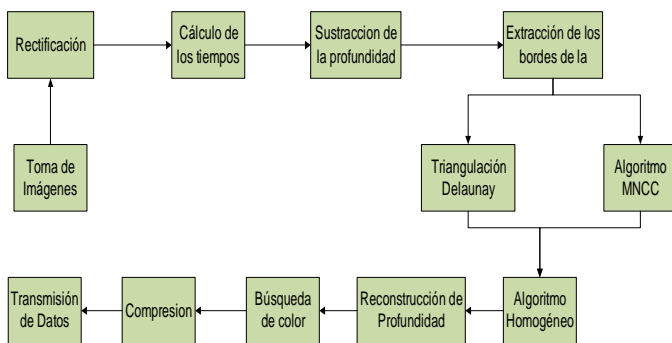


Fig. (4) Diagrama de Flujo de la reconstrucción en 3D

V. NIVEL DE TRANSMISIÓN

El nivel de transmisión en cada ambiente tiene Un servicio de Gateway la cual es responsable de diseminar los datos a través de cada sitio activo. Localmente el Gateway agrupa una cadena de Video en 3D comprimido de cada cámara.

Sobre Internet 2, se envían las tramas con los Gateways a los sitios participantes, lo que genera formación de tráfico, sincronización de múltiples tramas, estos incrementos en las funciones de la red son necesarios para transferir las grandes cantidades de datos que la tele-inmersión produce.

VI. NIVEL DE VISUALIZACIÓN

Utilizando *superficies estéreo inversivas* que deben producir con total nitidez las imágenes que le son enviadas desde el lugar remoto.

Una técnica es la interferométrica por la que un haz reflejado es una superficie atraviesa un cristal que posee dos índices de refracción, uno ordinario

y un fijo y otro extraordinario que es función del ángulo de incidencia en la superficie del cristal

Como resultado de atravesar el cristal se obtienen dos rayos paralelos que se hacen interferir utilizando para ello una lente cilíndrica, esta interferencia es capturada por el sensor de una cámara obteniendo un patrón de franjas. La frecuencia de esta interferencia determina la distancia del objeto en el que se proyecta el haz. Esta técnica permite medición de orificios en su configuración colineal, alcanzando precisiones mejores que una micra. La ventaja de esta técnica es que permite utilizar luz no coherente, esto quiere decir que la fuente de iluminación no tiene porque ser un laser, la única condición es que sea monocromática.

- *Los Sensores hápticos* permitirán a las personas tocar a las proyecciones como si fueran reales., la sensación háptica actúa como soporte al movimiento y es así como por ejemplo, en un objeto que está siendo desplazado por la mano de un lugar a otro, los dedos actúan como sensores de resistencia para saber si el objeto está en la posición deseada. Por lo tanto la información en retorno que se obtiene al manipular el objeto, ayuda en forma directa al control de la acción que se está llevando a cabo. Los sensores hápticos permiten que la información pertinente sea transmitida de regreso a centros responsables de la capacidad motriz y de la manipulación en el cerebro, actualizando la tarea con correcciones o confirmado o aserción o una predicción

VII FUTURO DE LA TELE-INMERSIÓN

Las aplicaciones Tele-immersivas requieren mucha demanda tanto en el sistema computacional como en recursos de la red.

Esta demanda viene de los algoritmos de reconstrucción en tiempo real de 3D que son necesarios para convertir imágenes a nivel de 2D

en su marco respectivo de 3D que contiene la información de profundidad. La demanda de red viene de la cantidad inmensa de los datos que es enviada múltiples tramas a usuarios activos del entorno compartido virtual. Además, requieren que ciclos computacionales que den las tramas en 3D recibidas a los usuarios remotos. En este artículo, se hizo un enfoque en los algoritmos de reconstrucción de 3D.

Puede que la tele-inmersión suene a realidad virtual, pero existen diferencias entre ambas tecnologías. La *realidad virtual* permite a una persona moverse en un entorno 3-D generado por ordenador, pero la tele-inmersión solo puede crear un entorno 3-D que puede verse solamente, no se puede interactuar con él. El siguiente paso es fundir la realidad virtual y la tele-inmersión para que los usuarios puedan alterar las escenas que estén viendo.

Las aplicaciones para los entornos con holografías de esta tecnología son ilimitadas. Por ejemplo en un video juego libre de joysticks, donde la persona participa directamente en el juego, interactuando con otros jugadores.

En vez de viajar miles de kilómetros cada cierto tiempo para ver a algún familiar que está lejos, simplemente se llama a esa persona y reunirse con ella en una sala virtual, todas las veces que sea necesario. Con el desarrollo de esta tecnología, se prevé que incluso se pueda tocar a las demás personas, por medio de sensores tan reales como el propio contacto físico. Las posibilidades en la educación serán impresionantes, pudiendo dar cursos, formación a distancia o como la telemedicina en entornos casi reales.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- [1] Optimization of Tele-Immersion Codes
Albert Sidelnik, I-Jui Sung, Wanmin Wu,
María Jesús Garzarán, Wen-mei Hwu, Klara
Nahrstedt, David Padua, and Sanjay J. Patel
University of Illinois at Urbana-Champaign
- [2] Z. Yang, K. Nahrstedt, Y. Cui, B. Yu, J. Liang,
S. hack Jung, and R. Bajcsy. Teeve: The next
generation architecture for tele-immersive
environment. In *ISM '05: Proceedings of the Seventh
IEEE International Symposium on Multimedia*, pages
112–119, Washington, DC, USA, 2005. IEEE
Computer Society.
- [3] S.-H. Jung and R. Bajcsy. A Framework for
Constructing Real-time Immersive Environments
for Training Physical Activities. *Journal of
Multimedia*,
1(7):9–17, 2006.
- [4] J. Mulligan, V. Isler, and K. Daniilidis. Trinocular
stereo: A real-time algorithm and its evaluation.
International Journal of Computer Vision, 47:51–61,
2002.

Compresión de datos en entornos de tele inmersión

Mayte Guadalupe Melo Díaz¹, Héctor Oviedo Galdeano²

^{1,2}, SEPI-ESIME, IPN, México D.F., México
Teléfono (55) 57296000 Ext. 54672 E-mail: ¹mgmdice@hotmail.com, ²hectorovi@ipn.mx

Resumen

El objetivo de la tele-inmersión ha sido durante mucho tiempo para que las personas en lugares remotos para compartir una sensación de presencia. Un sistema de tele-inmersión adquiere la representación 3D del entorno de un colaborador a distancia y los envía por la red en la que se representa en el entorno del usuario. Adquisición, reconstrucción, transmisión y haciendo que todas tienen que ser hechas en tiempo real para crear una sensación de presencia.

Palabras claves – renderización, ancho de banda, compresión

Abstract. The objective of the tele-immersion has been a long time for people in remote locations to share a sense of presence. A tele-immersion system acquires the 3D representation of the environment of a remote collaborator and sent over the network that is represented in the user environment. Acquisition, reconstruction, transmission and making all have to be done in real time to create a sense of presence

Keywords - rendering, bandwidth, compression

I INTRODUCCIÓN PARA LA COMPRESIÓN DE DATOS EN ENTORNOS DE TELE INMERSIÓN

Con adición de recursos básicos de hardware, el paralelismo puede aumentar el volumen de adquisición de la imagen y la calidad de la reconstrucción de datos, y el mantenimiento de rendimiento en tiempo real. Sin embargo, esto no es tan fácil para la representación, ya que todos los datos deben ser combinados en una sola pantalla.

En el presente artículo se presenta un algoritmo para comprimir los datos de estos entornos en 3D en tiempo real para resolver este desequilibrio. Esperamos que el algoritmo de compresión de escala comparable a la

Adquisición y reconstrucción, reducir el ancho de banda de transmisión, y reducir la necesidad de representación de rendimiento en tiempo real.

La tele-inmersión crea un sentido de la presencia de individuos distantes y situaciones, proporcionando una representación interactiva en 3D de entornos remotos.

II COMPONENTES EN UN SISTEMA TELE INMERSIVO

Hay tres componentes principales de un sistema de tele-inmersión: la adquisición de la escena, la reconstrucción 3D y *renderizado*.

La figura 1 muestra un diagrama de bloques sobre estos componentes entre sí y todo el sistema. El componente de adquisición de la escena se compone de múltiples cámaras digitales y servidores.

Las cámaras digitales se colocan alrededor de la escena para ser reconstruida. Las cámaras están calibradas y registradas en una sola coordenada, sistema denominado sistema de coordenadas mundo. Ordenadores especiales se utilizan para sincronizar las cámaras y la transferencia de imágenes de control en 3D para la reconstrucción.

El sistema de reconstrucción 3D utiliza las imágenes capturadas desde el sistema de adquisición para crear en tiempo real de flujos de profundidad. Un flujo de profundidad es una secuencia de vídeo aumentan con la información de profundidad por píxel del sistema de coordenadas mundo.

Tres imágenes de entrada se utilizan para crear un flujo de profundidad. Las imágenes son rectificadas y buscado para ver las correspondencias entre las imágenes. Con la información de la correspondencia, las diferencias en cada píxel se calculan.

La correspondencia entre las imágenes se debe calcular con el fin de crear flujos de profundidad en el sistema de coordenadas mundo. Afortunadamente, este proceso puede ponerse en paralelo para conseguir rendimiento en tiempo real, ya que cada cálculo de flujo de profundidad es independiente de los demás.

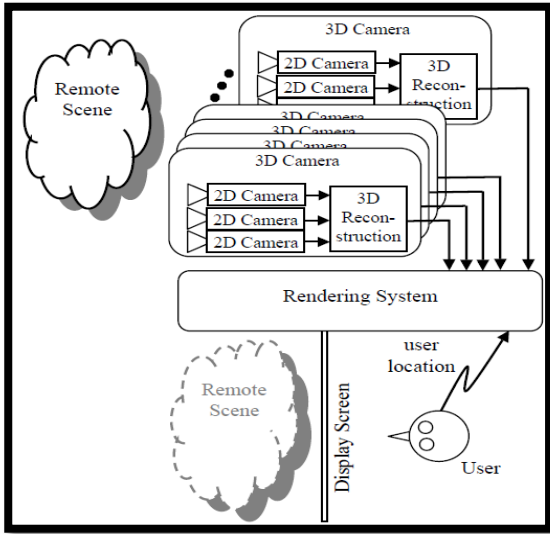


Fig. (1) Sistema de la tele-inmersión: Las cámaras 2D adquieren las imágenes de la escena y los transmitirá a la reconstrucción en 3D donde los flujos de profundidad se crean. Los Flujos de profundidad se envían al sistema de renderización para ver la representación de la escena.

La adquisición y los sistemas de reconstrucción 3D se puede considerar como una matriz de cámaras 3D (es decir, una cámara que crea un flujo de profundidad de color y profundidad de la información en cada píxel). Cada cámara 3D está asociada con un punto de vista específico y dirección de la vista se define en el sistema de coordenadas mundo.

III ANCHO DE BANDA DE LA RED.

La compresión de flujos de imágenes generalmente no es posible debido a las técnicas de codificación en 3D para el proceso de reconstrucción. La reconstrucción para los flujos de profundidad deben enviarse a una renderización remota, por ejemplo con una resolución de 640x 480, cada flujo de profundidad a 12 Mbps por trama (es decir, 3 bytes para el color y 2 bytes para profundidad), sin una compresión de datos, 10 flujos de profundidad a 10 fps podría producir datos a 1 Gbps al sistema de renderización, aproximadamente.

IV PROCESAMIENTO

V RENDERIZACIÓN

En una resolución de 640x480, cada fotograma de cada flujo de profundidad se compone aproximadamente 300 mil puntos en 3D. Un sistema con diez flujos de profundidad requiere aproximadamente de 90 Mpts/sec, de renderización para alcanzar 30 fps dependiente de la vista de renderización. La renderización no es tan fácil en paralelo como la reconstrucción 3D desde todos los flujos de profundidad deben ser presentados en una sola vista.

Un prototipo inicial puede ser, utilizando 5 cámaras y 5 procesadores para la adquisición de imágenes y reconstrucción en 3D, cada ordenador se conectan tres cámaras para la adquisición de imágenes. Estos equipos también se utilizaran para la reconstrucción en 3D, creando un flujo de profundidad por ordenador a través de las 3 cámaras de entrada, los cinco flujos de profundidad se envían a través de internet-2, a un sistema de renderización remoto, la cual fueron renderizadas en estéreo interactivamente, utilizando 3 servidores adicionales, Un cuello de botella de este sistema fue la demanda de procesamiento para la reconstrucción en 3D.

Este sistema solo es capaz de utilizar imágenes con resolución de 320x240 y sólo se procesa el primer plano, o sea el volumen de adquisición resultante es sólo de aproximadamente un metro cúbico y el tipo de reconstrucción se limita a 1.2 fps. El sistema de renderización de los flujos junto con una resolución de 320x240 con una profundidad previamente modelado en 3D se obtiene aproximadamente 40-50 fps.

A continuación se presentan las técnicas para la explotación de la coherencia entre los flujos de profundidad, a fin de encontrar y eliminar los puntos redundantes

Una compresión en tiempo real de un flujo de profundidad, eliminado puntos redundantes entre 2 o más flujos de profundidad.

Una métrica de coherencia para el flujo de profundidad, A fin de utilizar eficientemente la base del Grupo compresión en tiempo real, se debe calcular la profundidad de los flujos son más propensos a exhibir una gran coherencia. Se

presenta un algoritmo eficiente para el particionamiento de los flujos de profundidad en grupos coherentes.

Se ha propuesto utilizar una imagen de fondo (es decir, una imagen con información de color y profundidad) para representar una escena de nuevos puntos de vista por la deformación de la imagen de fondo. Uno de los principales problemas es los artefactos disocclusion que se produce cuando una parte de la escena no se ve en la imagen de fondo se puede ver desde el punto de vista nuevo.

VII ENFOQUE GENERAL PARA LOS TIPOS DE COMPRESION DE DATOS EN ENTORNOS 3D

Dadas las restricciones y los objetivos de diseño, ahora se hará una distinción de compresión temporal de flujos independientes, la mejor compresión entre flujos, compresión del flujo único de referencia, compresión de un flujo de referencia como vecinos

Compresión temporal de flujos independientes

Un posible enfoque es el de comprimir cada flujo de forma independiente mediante la coherencia temporal. Con este enfoque, cada flujo actúa como su flujo de referencia. La coherencia de la explotación temporal de los tipos de vídeo tradicional es sabido que resulta una buena compresión de aplicaciones en tiempo real.

Este esquema de compresión no requiere ancho de banda adicional ya que no hay necesidad de comunicar los flujos de referencia entre los procesos de reconstrucción. Sin embargo, este esquema de compresión no reduce los puntos de datos que el procesador debe representar cada fotograma, lo que significa que no hay eficiencia en el ancho de banda. El procesador (el que realiza la renderización) debe renderizar todos los puntos redundantes en el cuadro anterior con los puntos no redundantes de la trama actual.

Compresión entre flujos

La mejor compresión entre flujos debería remover todos los puntos de todos los flujos, usando cada flujo como un posible flujo de referencia.

Esto podría llevarse a cabo de la siguiente manera, el primer flujo envía todos los puntos de datos al sistema de renderización, y todos los otros procesos de reconstrucción como flujos de referencia. El segundo flujo usa el primer flujo como flujo de referencia, creando un flujo diferencial la cual también es distribuida como otro proceso de

reconstrucción como un flujo de referencia, El tercer flujo recibe los dos primeros flujos como los flujos de referencia para crear su flujo diferencial, y así sucesivamente, continuando hasta que el flujo del último utiliza todos los flujos de los otros flujos de referencia (Figura. 2), esta es la mejor compresión posible entre flujos, ya que no tiene puntos redundantes.

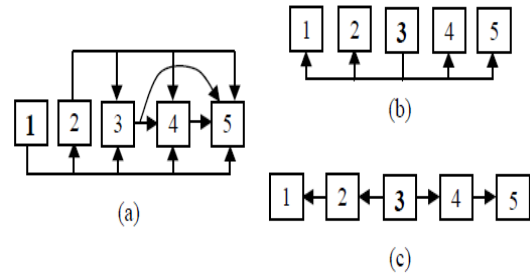


Fig. (2) Ejemplos de diferentes algoritmos de compresión y transferencia de flujos de referencia. El flujo principal está en negrita y las flechas muestran la dirección del movimiento del flujo de referencia (a) Compresión entre flujos

VI TIPOS DE COMPRESIÓN PARA EL FLUJO DE DATOS EN ENTORNOS 3D

En esta sección se detalla cómo los flujos de profundidad se encuentran comprimidos en tiempo real. En primer lugar, se detalla cómo los flujos de referencia se seleccionan para cada flujo, mas adelante discutirá cómo estos flujos se comprimen usando el flujo de referencia seleccionado.

Selección de flujo de referencia

Basado en el Grupo de compresión en tiempo real, todos los flujos de profundidad son divididos en grupos disjuntos. El número de grupos creados se determina por el ancho de banda de la red. Cada grupo tiene un flujo central, que mejor representa al grupo, y flujos de sub - flujos de profundidad en un grupo que no son los flujos centrales.

Por otra parte, un flujo es seleccionado como el flujo principal por la que se realiza sin compresión. El punto de vista del flujo de profundidad con la distancia más corta euclidiana para el usuario es elegido como el flujo principal, ya que mejor representa el punto de vista del usuario.

El grupo que contiene la secuencia principal se llama el grupo principal y todos los demás grupos se les conocen

como un sub-grupo. Una vez que el flujo principal ha sido seleccionado, el flujo de referencia para todos los flujos son seleccionados de la siguiente manera:

- Para el Flujo principal, el flujo de referencia no es necesario.
- Para el flujo central del grupo principal, el flujo principal es usado como flujo de referencia.
- Para flujos centrales de los subgrupos, el flujo central grupo principal es usado como flujo de referencia.
- Para cualquier otra sub secuencia, el flujo central es estos grupos es usado como flujo de referencia.

Construcción de flujo diferencial

Para construir el flujo diferencial, los puntos de datos del flujo de profundidad son comparados con los puntos de datos del flujo de referencia. Los puntos que están dentro de un cierto umbral de determinada distancia se eliminan del flujo de profundidad.

El formato del flujo diferencial es diferente al formato del flujo original. El flujo original tendrá 5 Bytes, 3 Bytes para color y 2 Bytes para profundidad, para cada punto de datos. El flujo diferencial tiene 5 Bytes para puntos únicamente para los puntos no redundantes (p.e puntos no removidos) y una máscara de bit para indicar que puntos han sido retenidos y que puntos han sido eliminados, si el valor del bit es '0' que el punto de datos representados es un punto redundante y es removido. Si el valor del bit es '1', este es un punto que se debe incluir, el orden de datos para puntos no redundantes es el mismo como el orden que aparece en la máscara de bit.

Este formato reduce el tamaño de una trama en un flujo diferencial es de 39 bits, 5 bytes menos un bit, para puntos redundantes y agregar un bit para puntos no redundantes, así que para un flujo de profundidad para una resolución de 640x480 con una relación de redundancia de 5 a 1 (p.e 80% de puntos de datos son considerados redundantes), los datos serán reducidos a de 1.536 MB a 346 KB, aproximadamente 5 a 1.

Partición del flujo de datos

Como se mencionó anteriormente los flujos necesitan dividirse en grupos. En esta sección se presenta un criterio eficaz para dividir n flujos en K grupos y para encontrar el flujo central adecuado en cada grupo. Se hará mención de los criterios

para desarrollar un algoritmo eficiente para la partición de flujo aproximado y la selección de flujo central cuando n es demasiado grande para un enfoque exhaustivo.

Métricas Coherentes

Para el aprisionamiento de flujo, y para la selección de flujos centrales, tiene un impacto directo en la compresión desde que todos los sub flujos de un grupo, usa el flujo central del flujo central del grupo del flujo de referencia.

Además el aprisionamiento debe asegurar que cada flujo de datos pertenezca a un grupo donde el volumen de superposición entre el flujo y el flujo central del grupo sea maximizado.

Además, el cálculo de la superposición del volumen entre dos flujos es muy caro, generalmente las aplicaciones de la tele inmersión organizan los flujos de profundidad que apuntan hacia una área común (es decir, el volumen de adquisición). También los volúmenes de los flujos de profundidad son simétricos, haciendo que el Angulo entre las direcciones de vista de dos flujos tenga una buena estimación.

La suma local de Angulo cuadrado, Local squared angle sum (LSAS) es definido para el flujo S_i como la suma de los ángulos al cuadrado entre el flujo S_i y todos los flujos contenidos en este grupo, ecuación (1), esta ecuación es usado para seleccionar el flujo central.

$$LSAS_i = \sum_{j=1}^{n_k} [angulo\ de\ (S_i, S_j)]^2 \quad (1)$$

Donde el flujo S_i y S_j están en grupo k, y n_k es el número de flujos contenido en el grupo k.

Suma de los ángulos cuadrados de grupo, group squared angle sum (GSAS), definido para un grupo dado, es la suma de los ángulos al cuadrado entre el flujo central del grupo y cada sub flujo en el grupo, ecuación (2). Esta es usada como el criterio para particionamiento de n flujos en k grupos. La suma de todos los GSAS para una partición en particular está dada, por la ecuación (3), esta es definida como el total de la suma de los ángulos al cuadrado, total squared angle TSAS.

$$GSAS_i = \sum_{i=1}^{n_j} [angulo\ de\ (C_j, S_{ji})]^2 \quad (2)$$

Donde C_j es el flujo central en un grupo j , S_{ji} es un sub flujo e un grupo j , y n_j es el número de flujos en un grupo j .

$$TSAS = \sum_{i=1}^k GSAS_i \quad (3)$$

Donde k es el número de grupos

Finalmente, la suma de los ángulos cuadrados centrales, central angle sum (CSAS), es definida como la suma de los ángulos al cuadrado entre todos los flujos centrales ecuación (4). Los flujos deberán ser particionados así como CSAS es también mínimo. Desde todos los flujos centrales se usa como otra referencia.

Sin embargo, puede notarse que el mínimo TSAS es mucho más importante que el mínimo de CSAS desde que TSAS tiene un efecto de compresión mucho mayor que CSAS.

$$CSAS = \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=1}^{k+1} [\text{angulo de } (C_i, C_j)]^2 \quad (4)$$

Donde C_i y C_j son los flujos centrales para los grupo i, j y k es el numero de grupo

Partición exhaustiva

Una forma de particionar n flujos en k grupos es un método exhaustivo donde todas las posibles combinaciones de agrupamiento son probadas. Primero k flujos son seleccionados de n flujos. La selección de flujos son escogidas como flujos centrales y los demás flujos son asignados como grupos con su Angulo absoluto del flujo y su flujo central del grupo que es el más pequeño.

Esto es hecho para todas las posibles combinaciones de selección k flujos de n flujos, un total de C_k^n . Para cada particionamiento de flujo el TSAS es calculado y el particionamiento del flujo con el más bajo TSAS es la solución del particionamiento. Si son múltiples particiones de flujo con el mismo TSAS, la partición del flujo con el más bajo CSAS es escogido como la solución a menos que n sea pequeño, el método no es práctico.

Partición aproximada.

Los flujos principales, k , originalmente como un algoritmo de agrupación, puede ser usados como particiones de los flujos para una solución de aproximación, los flujos principales k , son usadas para la partición de n puntos de

datos en k subconjuntos disjuntos así que cada criterio es optimizado.

Los flujos principales k , es un método rápido y robusto que encuentra soluciones óptimas localmente para el criterio dado:

- Inicialización: centros iniciales para k particiones son escogidas.
- Asignación: todos los puntos de datos son puestos en la partición con el centro que mejor satisfaga el criterio dado. Usualmente el criterio de partición esta dado como la relación que existe entre un punto de datos y el centro.
- Centralización: para cada partición el centro de los grupos son reasignados para optimizar el criterio.

Los pasos de asignación y centralización se repiten hasta que el grupo central no cambie o el umbral de error no cambie.

Solución iterativa para la partición aproximada

Teniendo en cuenta los flujos iniciales centrales, los criterios utilizados para asignar todos los flujos secundarios para un grupo es el ángulo absoluto del flujo y el flujo del grupo central. Los sub flujos se asignan de tal manera que este ángulo absoluto es el más pequeño. Esto daría a los grupos donde TSAS se minimiza. Después de cada sub flujo ha sido asignado a un grupo, cada grupo vuelve a calcular cual es el flujo central en el que el flujo con las tarifas más altas de LSAS es el nuevo flujo central del grupo. El proceso de agrupar y encontrar el flujo central se repite hasta que los flujos centrales convergen y no cambia entre iteraciones.

VII. BIBLIOGRAFIA

- [1] Advanced Network and Services, Inc. <http://www.advanced.org>
- [2] Chang, C-F, G. Bishop, and A. Lastra. LDI Tree: A Hierarchical Representation for Image-based Rendering, *Proceedings of ACM SIGGRAPH 99*, pp. 291-298, August 1999.
- [3] Chen, W-C, H. Towles, L. Nyland, G. Welch, and H. Fuchs. Toward a Compelling Sensation of Telepresence: Demonstrating a Portal to a Distant (Static) Office. *IEEE Visualization 2000*, pp. 327-333, October 2000.
- [4] Grossman J. and W. J. Dally. Point Sample Rendering. *Proceedings of 9th Eurographics Workshop on Rendering*, pp. 181-192, June 1998.

VIII. BIOGRAFIA



Héctor Oviedo Galdeano, Nació en la Ciudad de México, Distrito Federal, Tiene Doctorado en Comunicaciones y Electrónica en la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, ESIME Culhuacán, Instituto Politécnico Nacional, donde su Tesis: Nuevas representaciones para el campo electromagnético en medios quirales en base al análisis cuaternionico, tiene Posdoctorado en Matemáticas Aplicadas en el Depto. de Matemáticas, CINVESTAV del

IPN, Unidad Querétaro, es miembro del sistema nacional de investigadores: Nivel 1. Su experiencia docente Incluye, Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, ESIME, Zacatenco, Maestría en Ciencias en Ingeniería de Telecomunicaciones, ESIME, Zacatenco, Maestría en Tecnología Avanzada, SEPI UPIITA , Doctorado en Tecnología Avanzada, SEPI UPIITA. Fundador de la Maestría y Doctorado en Tecnología Avanzada, SEPI UPIITA.



Mayte Guadalupe Melo Díaz, Nació en la Ciudad de México, Distrito Federal en Febrero 1988, Se graduó de ESIME Zacatenco, su tesis “Difusión de video en redes de datos mediante el envío múltiple paralelo de paquetes (Multicast)”, experiencia en sistemas de video vigilancia y redes de datos. Actualmente se encuentra estudiando la Maestría en Ciencias de la Ingeniería en

Telecomunicaciones en ESIME Zacatenco