

# TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

## ESTUDIO DE TRANSMISIÓN DE DATA CODIFICADA UTILIZANDO RECOMENDACIÓN H.324 EN REDES DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por la Br. Díaz Sandoval, Carmen Susana  
Para optar al título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2008

**pdfMachine** - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

# TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

## ESTUDIO DE TRANSMISIÓN DE DATA CODIFICADA UTILIZANDO RECOMENDACIÓN H.324 EN REDES DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN

Tutor Académico: Prof. María Álvarez  
Tutor Industrial: Ing. Jesús Yanez

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por la Br. Díaz Sandoval, Carmen Susana  
Para optar al título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2008

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA**  
**DEPARTAMENTO DE COMUNICACIONES**



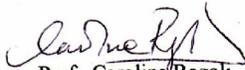
### CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 19 de mayo de 2008

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller Carmen Díaz S., titulado:

**“ESTUDIO DE TRANSMISIÓN DE DATA CODIFICADA UTILIZANDO RECOMENDACIÓN H. 324 EN REDES DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

  
Prof. Carolina Regoli  
Jurado

  
Prof. Franklin Martínez  
Jurado

  
Prof. Maria Eugenia Álvarez  
Prof. Guía

Edificio Escuela de Ingeniería Eléctrica, piso 1, oficina 201, Ciudad Universitaria, Los Chaguaramos, Caracas 1051, D.F.  
TELÉFONOS. (VOZ) +58 212 6053300 (FAX) +58 212 6053105  
Mail: [cic-com@elecricse.ing.uev.ve](mailto:cic-com@elecricse.ing.uev.ve)

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA**  
**"MELCHOR CENTENO VALLENILLA"**



## ACTA

Quienes Suscriben, Miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela para examinar el Trabajo de Grado presentado por la Bachiller, **CARMEN SUSANA DÍAZ SANDOVAL** Cédula de Identidad N° 16.098.379 bajo el título "**ESTUDIO DE TRANSMISIÓN DE DATA CODIFICADA UTILIZANDO RECOMENDACIÓN H. 324 EN REDES DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN**"; a los fines de cumplir con el requisito legal para optar al grado de Ingeniero Electricista, dejan constancia de lo siguiente:

Considerando que el Trabajo de Grado presentado y defendido por la Bachiller en referencia, presenta un grado de originalidad y excelencia tanto en su contenido como en su presentación formal que lo convierte en una fuente referencial útil, acuerda por unanimidad solicitarle a las autoridades correspondientes de la Facultad de Ingeniería, tengan a bien otorgar **MENCIÓN HONORÍFICA**, al Trabajo de Grado antes mencionado.

En Caracas, a los diecinueve (19) días del mes de mayo del 2008

  
Prof. Carolina REGOLI  
Jurado

  
Prof. Franklin MARTÍNEZ  
Jurado

  
Prof. Maria E. ALVAREZ  
Profesor Guía



Edificio Escuela de Ingeniería Eléctrica, piso 2, Ciudad Universitaria  
Los Chaguaramos, Caracas 1051, D.F.  
Tlf(s): (58)2 6053306.- Fax: (58)2 6053105

pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Get yours now!

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

## DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a la memoria de mi muy querido tío Manuel por haberme enseñado una lección de vida muy grande: “Las limitaciones sólo están en nuestra mente”.

**pdfMachine**

**A pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres por haberme dado la vida y por siempre ser el apoyo constante en todas mis decisiones, me han enseñado a ser quien soy. Gracias. Todos mis éxitos se los debo principalmente a uds.

Muy especialmente a mi abuela Modesta por todos sus sabios consejos, pero principalmente por su amor incondicional y por ser un ejemplo de vida a seguir. Te admiro como mujer, madre y abuela.

A mis hermanos Maru y Teban por ser los mejores ejemplos de honestidad y amor. Siempre los he admirado por todos sus logros y me han impulsado a seguir adelante y a no rendirme nunca. A mi ¡sobri! Por llenar de alegría nuestra familia y regalarme momentos de muchas sonrisas.

A mis tíos, tías, primos y primas que siempre me han ayudado y me han dado buenos consejos.

A Juan Carlos por haber llegado a mi vida y estar conmigo en momentos buenos y malos, ser mi equipo, entenderme, ayudarme y apoyarme. ¡Gracias mi vi!

A mis niñas de la residencia Clelia e Ybeth por ser mis hermanitas aquí en Caracas, por siempre estar para compartir los problemas, los secretos y las fiestas. Hicieron que la residencia se convirtiera en un hogar para mí.

A mis compañeros y amigos de la UCV algunos desde el comienzo Adri, Jolly, Wood, y a los que hice al llegar a Caracas Joaito, Luís, Dorimar, Will, Jhonny, tostón, Cynthia, Diana, Andrés, Fouillioux por ayudarme durante la carrera tanto en lo académico, como en lo personal.

A mis amigos de siempre Mariela, Marien, Antonio por su amistad incondicional que me ha ayudado en todo momento.

A la Prof. Maria Eugenia muy especialmente por haberme dado la oportunidad de realizar este trabajo, y por haberme dedicado su valioso tiempo a ayudarme y enseñarme.

A Jesús Yanez, al Sr. Edgar Alvarez y a todos en la empresa T.E.E por el apoyo brindado en la realización de este trabajo.

A Maria Auxiliadora con mucho cariño por su dedicación para con nosotros y por toda su ayuda y sus consejos incondicionales.

**pdfMachine**

**A pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

A la Universidad Central de Venezuela por ser *La casa que vence las sombras*, porque ella y todos los profesores dentro y fuera de la escuela de Ingeniería Eléctrica dejaron grandes enseñanzas aplicables no sólo a mi carrera sino a la vida.

Y por supuesto a Dios por haberme dado la inteligencia y la sabiduría para llegar hasta aquí y por siempre estar iluminando mi camino.

**pdfMachine**

**A pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

Díaz S., Carmen S.

## **ESTUDIO DE TRANSMISIÓN DE DATA CODIFICADA UTILIZANDO RECOMENDACIÓN H.324 EN REDES DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN**

**Tutor Académico: Prof. Maria E. Alvarez. Tutor Industrial: Ing. Jesús Yanez.  
Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica.  
Ingeniero Electricista. Opción Comunicaciones. T.E.E 2007. 75h+anexos.**

**Palabras clave:** seguridad, códec, imágenes, H.324, H.263, compresión, modulación, transmisión.

**Resumen.** La mejor manera de defendernos contra posibles eventualidades es prevenirlas, y una de las formas mas utilizadas es identificar a aquellos que traten de ingresar al sitio que resguardamos. La empresa T.E.E en su afán de ofrecer productos innovadores a sus usuarios pretende implementar un servicio de identificación por medio de imágenes para añadirlo al sistema tradicional de intercomunicación por medio del cable telefónico. El estudio de la transmisión de data codificada (vídeo) utilizando el estándar H.324 en redes residenciales es el objetivo principal de este trabajo. Para ello se realizó un estudio a fondo del códec de vídeo H.263 y de los distintos protocolos de compresión de vídeo existentes. También se estudió un método de transmisión de data por el par telefónico. Se realizaron pruebas del códec demostrando que es el óptimo para la aplicación deseada y se propone un modelo del mismo, además de comparaciones con otros sistemas para determinar la factibilidad técnica del sistema.

# ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ACRÓNIMOS.....	x
INTRODUCCION.....	1
CAPÍTULO I.....	3
1.1.-Justificación.....	3
1.2 Objetivo General.....	4
1.3 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Fases del trabajo.....	5
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEORICO.....	7
2.1.-Alcance.....	7
2.2.-Elementos funcionales tratados en esta recomendación.....	7
2.3-Familia de Recomendaciones de H.324.....	9
2.3.1 Recomendación H.263. Codificación de video para comunicación a baja velocidad binaria.....	9
➤ Entrada y salida de video.....	10
2.3.2 Recomendación G.723.1 Códec de voz de doble velocidad para la transmisión en comunicaciones multimedia a 5,3 y 6,3 kbits/s.....	20
2.3.3 Recomendación T.120 Protocolo de datos para conferencias multimedia.....	21
2.3.4 Recomendación H.245. Protocolo de control para comunicación multimedia.....	22
2.3.5 H.223. Protocolo de multiplexación para comunicación multimedia a baja velocidad binaria.....	22
2.3.6 V.34. MÓDEM que funciona a velocidades de señalización de datos de hasta 33600 bits/s para uso en la red telefónica.....	23
2.4 Transformación de imagen analógica a imagen digital.....	23
2.5 Introducción a la compresión de Video.....	25
2.5.1 La necesidad de comprimir.....	25
2.5.2 Compresión.....	25
2.5.3 Consideraciones para la compresión.....	26
2.6 La transformada discreta del coseno (DCT).....	27
2.6.1 Reducción de datos basada en DCT.....	28
2.6.2 Reducción de datos con compensación de movimiento.....	32
CAPÍTULO III.....	34
CODIFICADOR Y DECODIFICADOR (CÓDEC).....	34
CAPÍTULO IV.....	46
ESTUDIO DEL MÉTODO DE TRANSMISIÓN DE LA DATA.....	46
4.1 Modulación QAM.....	46
4.2 Calculo de ancho de banda para los formatos QCIF y CIF.....	49

4.3 Capacidad del canal.....	50
4.4 Recuperación de la señal QAM.....	51
CAPÍTULO V.....	54
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DETALLES DE IMPLEMENTACIÓN.....	54
5.1 Detalles de implementación.....	54
5.2 Posibles escenarios de implementación del sistema de transmisión de data codificada H.324.....	55
5.2.1 Escenario 1.....	55
5.2.2 Escenario 2.....	57
5.3 Estudio de las tecnologías existentes.....	58
5.3.1 Circuito Cerrado de Televisión (CCTV).....	58
5.3.2 Video Server.....	59
5.3.3 VIT DS-324 sistema profesional:.....	60
5.3.4 VIT 5000 Videoteléfono.....	61
5.3.5 Modelos AE y SV de SECUEN.....	62
5.4 Comparación con tecnologías existentes en el mercado.....	65
CONCLUSIONES.....	68
RECOMENDACIONES.....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
BIBLIOGRAFIA.....	73
GLOSARIO.....	74
ANEXOS.....	76
Anexo 1. Artículo de la IEEE “Hardware-Software co-implementation of a H.263 Video Codec”.....	77
Anexo 2. Curva de relación señal a ruido versus probabilidad de error para diferentes niveles en la modulación QAM.....	87
Anexo 3. Hoja de evaluación del método DSCQS.....	88
Anexo 4. Entrevista realizada para determinar nivel de aceptación del sistema en estudio.....	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 Diagrama de bloques de H.324. [1].....	7
Fig. 2 Diagrama de bloques resumido del códec de video. [2].....	9
Fig. 3 Posición de las muestras de luminancia y crominancia.....	14
Fig. 4 Codificador de fuente .....	15
Fig. 5 Disposición de los bloques en un macrobloque.....	17
Fig. 6 Muestras de entrada .....	27
Fig.7 Componentes senosoidales (1) muestras especulares, (2 muestras de entrada) .....	27
Fig.8 La transformada discreta cosenoidal divide el área de una imagen en frecuencias discretas en 2 dimensiones. Puede observarse la frecuencia más baja en la esquina superior izquierda. La frecuencia horizontal aumenta a medida que se avanza hacia la derecha y la frecuencia vertical incrementa hacia abajo.....	28
Fig. 9 La exploración en zig-zag, que comienza en la parte superior izquierda ordena los coeficientes siguiendo la mejor secuencia para la compresión, ya que los que aparecen posteriormente tendrán valores más pequeños. ....	30
Fig.10 (a) Codificador basado en DCT y (b) su respectivo decodificador .....	31
Fig. 11 Codificador con compensación de movimiento entre campos. ....	32
Fig.12 Decodificador con compensación de movimiento.....	33
Fig. 13 Codificador de Video (simulink).....	35
Fig.14 Conversión de la imagen de RGB a YCbCr.....	36
Fig.15 Compensación de movimiento .....	37
Fig.16 Bloque Transformada .....	38
Fig.17 Diagrama de bloques del modelo de decodificador.....	39
Fig. 18 Bloque transformada Inversa.....	39
Fig. 19 Compensación de movimiento en el decodificador.....	40
Fig.20 Modelo CÓDEC Matlab.....	41
Fig.21 Tasa de bits .....	41
Fig. 22 Imagen Original QCIF.....	42
Fig.23 Imagen recuperada QCIF.....	42
Fig.24 Imagen Original CIF.....	43
Fig.25 Imagen recuperada CIF. ....	44
Fig. 26 Distribución del espectro de frecuencia.....	46
Fig.27 Espectro disponible.....	47
Fig. 28 Modulador QAM .....	47
Fig.29 Receptor QAM .....	51
Fig.30 Detector de Producto .....	52
Fig. 32 Diagrama de conexión usuarios con servicio de Internet ADSL.....	56
Fig.33 Diagrama de conexión usuarios sin servicio de internet ADSL.....	57
Fig. 34 Diagrama del Video Server .....	59
Fig. 35 Modelo del VIT DS-324 Arix Telecom .....	60
Fig. 36 Videoteléfono VIT 5000.....	61
Fig.37 Modelo AE SECUEN.....	63
Fig. 38 Modelo SV SECUEN .....	64
Fig. 39 Conexión de los equipos AE y SV .....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- Número de píxeles por línea y número de líneas de cada formato de imagen H.263 normalizado.....	13
Tabla 2 – Parámetro k para definición del tamaño de los GOB .....	16
Tabla 3. Medición subjetiva de la calidad del video.....	45
Tabla 4. Ancho de Banda (kHz) de los formatos QCIF y CIF .....	49
Tabla 5. Ancho de Banda para M mayor .....	50
Tabla 6. Comparación entre distintas tecnologías .....	66

## INTRODUCCION

La era actual está intrínsecamente ligada a la tecnología de la información. Las actividades humanas dependen del almacenamiento, proceso e intercambio de información (voz, imágenes y datos); tanto que, se podría definir la sociedad actual como la *Sociedad de la Información*. La capacidad de procesamiento de información ha aumentado de forma exponencial en los últimos años. Al mismo tiempo, el coste de esta tecnología se reduce de tal forma que ha dejado de estar sólo al alcance de unos privilegiados para acercarse al ciudadano promedio. Estos hechos han acelerado el desarrollo de las telecomunicaciones, por lo tanto, el conocimiento de las mismas así como de sus múltiples beneficios ha permitido su aplicación en innumerables áreas. Una de estas áreas es la de seguridad. Con el pasar del tiempo el uso de sistemas que resguarden nuestra seguridad y la de nuestras pertenencias se ha hecho cada vez más imprescindible, estos sistemas los aplicamos en nuestros hogares, lugares de trabajo o comercios, y ha sido la tecnología quien siempre ha desempeñado un papel importante en este aspecto, permitiendo la fabricación de dispositivos que faciliten cada día más la tarea de protegernos.

La mejor manera de defendernos contra posibles eventualidades es prevenirlas, y una de las formas más utilizadas es identificar a aquellos que traten de ingresar al sitio que resguardamos. Por años en nuestros hogares se ha utilizado el reconocimiento por voz, mediante los conocidos intercomunicadores, pero esto en ocasiones puede no ser suficiente para garantizar la seguridad, por lo tanto se ha hecho necesario el uso de imágenes como método adicional de identificación.

Para poder enviar las imágenes por un determinado canal de transmisión, estas deben ser sometidas a un proceso de codificación, por lo que se les puede denominar data codificada.

Existe una amplia gama de estándares y técnicas para la codificación de la data, así como muchos formatos en los cuales puede ser visualizada. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) tiene al menos 3 (tres) estándares que se refieren a la comunicación multimedia (voz, video y datos) como son H.324, H.323 y H.320; de los tres, el primero ha tenido un gran impacto en el mercado debido a que incorpora el

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

sistema de comunicaciones más ampliamente extendido como es la RTPC (*Red Telefónica Pública Conmutada*). En síntesis, el estudio de la transmisión de data codificada basándose en el estándar H.324 en redes residenciales es el objetivo principal de este proyecto.

Para ello se estudiarán a fondo los requerimientos técnicos de la misma y de todas las recomendaciones asociadas a ella, especialmente las referidas al procesamiento del video como la recomendación H.263.

Una vez completado dicho estudio y teniendo claro todos los procedimientos y métodos que las mismas utilizan para la codificación y compresión del video se planteará el modelo de códec de video (data codificada) que cumpla con las necesidades planteadas por la empresa.

Se estudiará el método para la transmisión del sistema, como la modulación óptima a utilizar, la relación señal a ruido que garantice una transmisión libre de errores entre otras. Además de exponer los posibles escenarios de implementación del mismo, en los distintos clientes que posee la empresa.

Por último se realizará una comparación entre las tecnologías ya existentes que brinden un servicio similar al que se quiere desarrollar, para determinar la factibilidad técnica del sistema.

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

# CAPÍTULO I

## 1.1.-Justificación

La seguridad y protección crean condiciones que propician el crecimiento de los negocios, por ello la inquietud de muchos empresarios de velar por la seguridad, tanto de las personas como de los organismos institucionales existentes.

A través de más de veinte años de existencia la empresa T.E.E. instalaciones y servicios C.A se ha mantenido al día en el desarrollo en este campo, encargándose de orientar y prestar servicio a todo tipo de ente público y privado. Su misión es estar siempre a la vanguardia de los diferentes cambios tecnológicos, para suplir a sus clientes de los mejores sistemas, satisfacer sus necesidades, brindarles confianza con el mejor servicio, y al mismo tiempo complacer todos sus requerimientos.

Entre los servicios que la empresa ofrece a los usuarios residenciales está el de intercomunicador por voz, este puede ser instalado en interiores o exteriores y permite la comunicación con los residentes la cual se lleva a cabo por medio de la red telefónica ya existente en sus casas o apartamentos, por lo que, no necesita ningún tipo de cableado ni de tuberías. La empresa en su afán de seguir colocando sistemas confiables y prestando un servicio óptimo, ha pensado en incluir a los servicios que presta actualmente de intercomunicadores de voz, la transmisión de imágenes (data codificada). Para esta aplicación la empresa tiene la intención de continuar usando la línea telefónica, de manera de realizar una instalación lo más sencilla y menos costosa posible, utilizando el estándar H.324 y simulando sistemas actuales más complejos y difíciles de adquirir por los clientes.

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

## 1.2 Objetivo General

Estudiar la transmisión de data codificada utilizando recomendación H.324 en redes de seguridad y protección.

## 1.3 Objetivos Específicos

- Estudiar los requerimientos técnicos de la recomendación H.324 y los estándares relacionados con la transmisión de data codificada sobre la línea telefónica.
  - Se estudiarán todos los estándares que posee la UIT-T para la codificación, compresión y transmisión de video, además los estándares de compresión de imágenes y video de otros organismos de estandarización como MPEG (*Moving Picture Experts Group*) y JPEG (*Joint Photographic Experts Group*).
- Proponer un modelo de códec (codificador y decodificador) para la transmisión de data codificada por medio de la línea telefónica.
  - Luego de analizar los diferentes estándares de codificación y compresión de video se propondrá un modelo de codec que se ajuste a las necesidades de la empresa.
  - Se realizarán pruebas de dicho codec con el simulador Matlab para comprobar su funcionamiento y además determinar las características de la data a transmitir como la velocidad de los datos para su posterior transmisión.
- Presentar los posibles escenarios para la implementación del sistema de transmisión de data codificada H.324.

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

- Se realizará un estudio de las posibles formas de transmitir la data por medio del cable o par telefónico, con base al tipo de data determinado anteriormente.
  - Se estudiarán las características del medio disponible como el ancho de banda, para determinar si la modulación propuesta se adapta al mismo.
- Estudiar la factibilidad técnica de la implementación del sistema de transmisión de data codificada H.324 en redes residenciales.
- Se estudiarán los detalles más importantes de la implementación del sistema, como el tamaño físico y el costo del mismo para determinar la posibilidad de la futura implementación.
  - Se realizarán comparaciones con los productos existentes en el mercado que brinden un servicio similar al que se quiere implantar para determinar si es factible competir con dichos productos
- Elaborar un procedimiento para la implementación del sistema de transmisión de data codificada H.324.
- Se establecerán una serie de recomendaciones para la posible implementación del sistema en base al estudio realizado.

#### **1.4 Fases del trabajo.**

##### Fase I:

- Recopilación y análisis de información de manuales, informes, Internet e Intranet para estudiar la recomendación H.324 y los posibles protocolos, estándares y topologías útiles para utilizar en la transmisión de data codificada sobre la línea telefónica.

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

Fase II:

- Determinación de las diferentes características de la data a codificar para seleccionar la técnica más adecuada para la codificación y decodificación de la misma de forma que esta tenga la mayor calidad posible.
- Presentación y propuesta de un modelo de códec (codificador y decodificador) H.324, basado en un estudio de mercado de los equipos que trabajen con dicho estándar.

Fase III:

- Planteamiento y análisis de los posibles escenarios de implementación del sistema de transmisión de data codificada H.324 en redes residenciales.

Fase IV:

- Comparación técnica y económica entre los sistemas basados en los escenarios propuestos y los que trabajen con otra tecnología y/o estándares.

Fase V

- Elaboración de recomendaciones para la implementación del sistema de transmisión de data codificada H.324 en redes residenciales y realización del informe final.

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

## CAPÍTULO II

### MARCO TEORICO

#### RECOMENDACIÓN UIT-T H.324.

##### 2.1.-Alcance.

Esta recomendación trata de los requisitos técnicos para terminales multimedia a muy baja velocidad binaria que funcionan en la RTGC (*Red Telefónica General Conmutada*). [1]

Los terminales H.324 proporcionan video, audio o datos en tiempo real, o cualquier combinación de estos, entre dos terminales telefónicos multimedia en una conexión de red de banda vocal de la RTGC. La comunicación puede ser unidireccional o bidireccional. [1]

Esta recomendación trata también del interfuncionamiento con sistemas videotelefónicos en la RDSI (*Red Digital de Servicios Integrados*) y en redes de radiocomunicaciones móviles. [1]

##### 2.2.-Elementos funcionales tratados en esta recomendación.

El alcance de esta recomendación viene indicado por los elementos contenidos dentro de la línea punteada en el siguiente diagrama de bloques, que incluye:

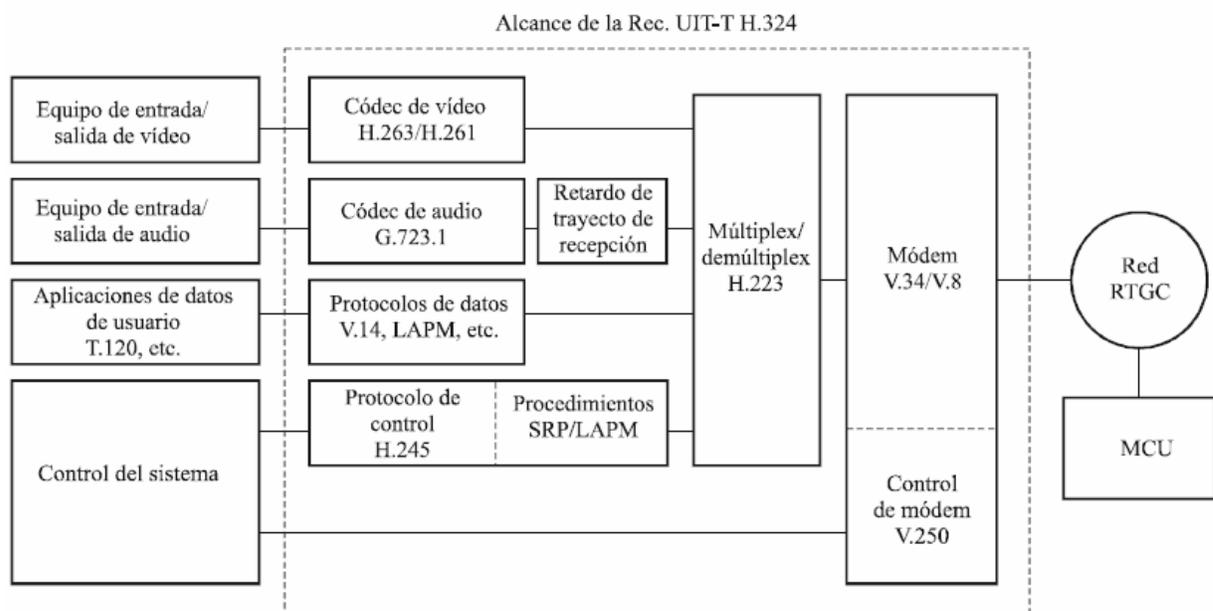


Fig.1 Diagrama de bloques de H.324. [1]

- El códec de video (H.263 o H.261) lleva a cabo codificación y decodificación de la reducción de redundancia para trenes de video. [1]
- El códec de audio (G.723.1) codifica la señal de audio desde el micrófono para transmisión y decodifica el código de audio de salida al hablante. El retardo opcional del trayecto de audio en recepción compensa el retardo de video, para mantener la sincronización de audio y video. [1]
- El protocolo de datos soporta aplicaciones de datos tales como tableros electrónicos, transferencia de imágenes fijas, intercambio de ficheros, acceso a bases de datos, conferencias audiográficas, telecontrol de dispositivos, protocolos de red, etc. [1]
- El protocolo de control (H.245) proporciona señalización extremo a extremo para asegurar un funcionamiento correcto del terminal H.324, y señala todas las demás funciones del sistema extremo a extremo, incluida la inversión al modo telefonía analógica de voz solamente. Proporciona el intercambio de capacidades, la señalización de instrucciones e indicaciones y los mensajes para abrir y describir completamente el contenido de los canales lógicos. [1]
- El protocolo múltiplex (H.223) multiplexa el video, el audio, los datos y los trenes de control transmitidos en un tren binario único y demultiplexa un tren de bits recibido en varios trenes multimedia. Además, realiza la alineación de trama lógica, numeración de secuencias, detección de errores y corrección de errores mediante retransmisión, según convenga a cada tipo de medio. [1]
- El MÓDEM V.34 convierte el tren de bits multiplexado síncrono H.223 en una señal analógica que se puede transmitir por la RTGC, y convierte la señal analógica recibida en un tren de bits síncrono que se envía a la unidad de protocolo múltiplex/demúltiplex. [1]

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

## 2.3-Familia de Recomendaciones de H.324.

### 2.3.1 Recomendación H.263. Codificación de video para comunicación a baja velocidad binaria.

Esta recomendación especifica una representación codificada que se puede usar para comprimir el componente de imagen en movimiento de los servicios audiovisuales a velocidades binarias bajas. La configuración básica del algoritmo de codificación de fuente video se basa en la Rec. UIT-T H.261. Se incluyen dieciocho opciones de codificación negociables para mejorar el funcionamiento y aumentar la funcionalidad. [2]

#### ➤ Especificación breve

En la figura 2 aparece un diagrama de bloques resumido del códec:

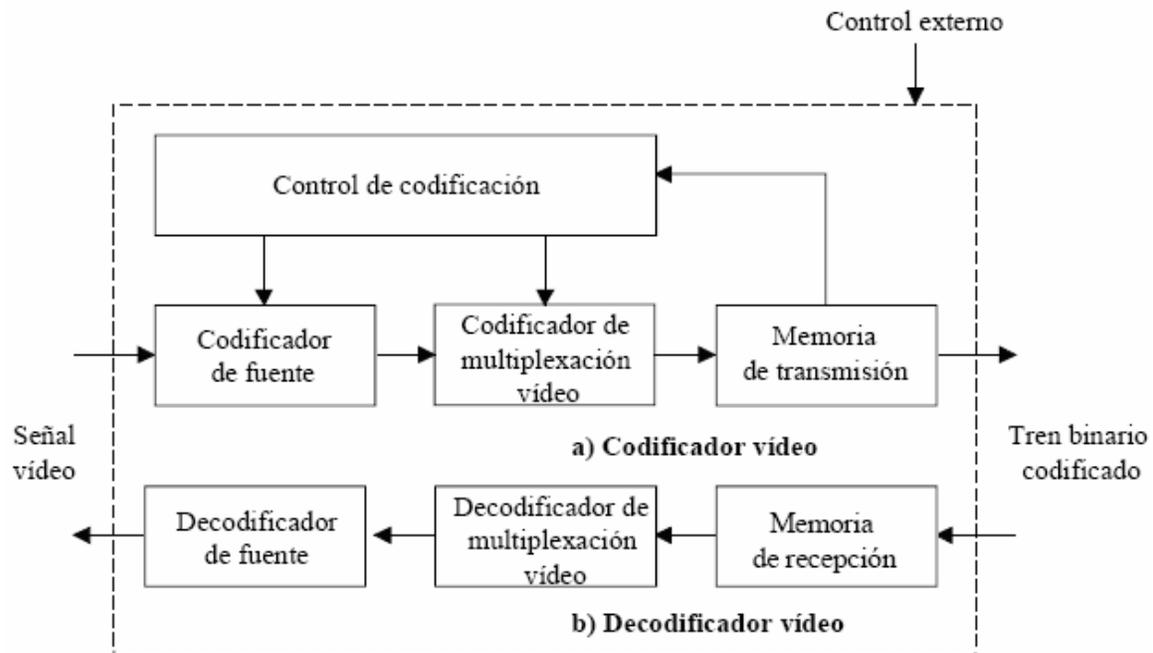


Fig. 2 Diagrama de bloques resumido del códec de video. [2]

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

### ➤ **Entrada y salida de video**

Para poder abarcar con una sola recomendación la utilización dentro y entre regiones que emplean normas de televisión de 625 y 525 líneas, los formatos de fuente normalizados sobre los que el codificador de fuente actúa están basados en un formato intermedio común (CIF, *Common Intermediate Format*). Con el empleo de la negociación externa (por ejemplo, aplicando la recomendación UIT-T H.245) se puede también facilitar la utilización de una amplia gama de formatos de fuente personalizados opcionales. Las normas de señales de televisión de entrada y salida, que pueden, por ejemplo, ser compuestas o de componentes analógicas o digitales, no son objeto de recomendaciones, como tampoco lo son los métodos para realizar cualquier conversión necesaria desde y hacia el formato de codificación de fuente. [2]

### ➤ **Entrada y salida digital**

El codificador de video proporciona un tren binario digital autocontenido que se puede combinar con otras señales multimedia (tal como se define en la Rec. UIT-T H.223, por ejemplo). El decodificador de video efectúa el proceso inverso. [2]

### ➤ **Frecuencia de muestreo**

Las imágenes se muestrean a un múltiplo entero de la frecuencia de línea de video. Este reloj de muestreo y el reloj de red digital son asíncronos. [2]

### ➤ **Algoritmo de codificación de fuente**

Se adopta un híbrido de predicción entre imágenes para utilizar redundancia temporal y codificación de la transformada de la señal restante para reducir la redundancia espacial. El decodificador tiene capacidad de compensación de movimiento, lo que permite la incorporación opcional de esta técnica en el codificador. Se utiliza una

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

precisión de mitad de píxel para la compensación de movimiento, en vez de la precisión de píxel entero y filtro de bucle de la Rec. UIT-T H.261. En la transmisión de los símbolos se emplea la codificación de longitud variable. [2]

Además del algoritmo de codificación básico de la presente recomendación se pueden utilizar dieciocho opciones de codificación, juntas o por separado (sujeto a ciertas restricciones). También se puede incluir en el tren de bits, información suplementaria adicional para mejorar la capacidad de visualización de imágenes y para uso externo. Se proporciona un método de corrección de errores hacia delante para aplicarlo, cuando sea necesario, al tren de bits de video resultante. [2]

Las opciones de codificación se mencionan a continuación:

1. **Modo multipunto de presencia continua y modo múltiplex de video**
2. **Modo vector de movimiento sin restricción**
3. **Modo de codificación aritmética basada en sintaxis**
4. **Modo predicción avanzada**
5. **Modo tramas PB**
6. **Corrección errores hacia delante**
7. **Modo codificación INTRA avanzada**
8. **Modo filtro de desbloqueo**
9. **Modo estructura en rebanada**
10. **Información suplementaria sobre mejoras**
11. **Modo tramas PB mejoradas**
12. **Modo selección de imagen de referencia**
13. **Modo escalabilidad temporal, SNR y espacial**
14. **Modo repetición de muestreo de imagen de referencia**
15. **Modo actualización de resolución reducida**
16. **Modo decodificación de segmento independiente**
17. **Modo códigos de longitud variable (VLC) INTER alternativos**
18. **Modo cuantificación modificada**

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

➤ **Velocidad binaria**

El reloj de transmisión se proporciona por medios externos. La velocidad binaria de video puede ser variable. [2]

➤ **Simetría de la transmisión**

El códec se puede utilizar para la comunicación visual bidireccional o unidireccional GOB. [2]

➤ **Tratamiento de los errores**

El tratamiento de los errores se suministra por medios externos (por ejemplo, Rec. UIT-T H.223). Si no se proporciona por medios externos, se puede utilizar la alineación de trama y la corrección de errores opcional. [2]

El decodificador puede enviar una instrucción para codificar uno o más de la próxima imagen en modo INTRA con los parámetros de codificación adecuados para evitar el desbordamiento de la memoria. El decodificador también puede enviar una instrucción de que se transmita únicamente los encabezamientos GOB (*group of blocks*) no vacíos si no se utiliza el modo estructura de rebanadas. Estas señales se transmiten por medios externos. [2]

➤ **Formato de fuente**

El codificador de fuente funciona con imágenes no entrelazadas cuyo formato de fuente que se define en términos de:

1. El formato de imagen, determinado por el número de píxeles por línea, el número de líneas por imagen, y la relación de aspecto de píxel. [2]
2. La temporización entre imágenes, determinada por la frecuencia de reloj de imagen (*PCF Picture clock frequency*). Por ejemplo, el formato intermedio común (CIF) tiene 352 píxeles por línea, 288 líneas, una relación de aspecto de píxel de 12:11, y una frecuencia de reloj de imagen de 30000/1001 imágenes por segundo. [2]

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

Las imágenes se codifican como una componente de luminancia y dos componentes de diferencia de color ( $Y$ ,  $C_B$ ,  $C_R$ ). Estas componentes y los códigos que representan sus valores muestreados son los que define la Rec. UIT-R BT.601-5. [2]

- Negro = 16
- Blanco = 235
- Diferencia de color nula = 128
- Diferencia de color máxima = 16 y 240

Estos valores son nominales y el algoritmo de codificación funciona con valores de entrada comprendidos entre 1 y 254. [2]

Hay cinco formatos de imagen normalizados: sub-cuarto de CIF, cuarto de CIF, CIF, 4 veces CIF y 16 veces CIF. También es posible negociar un formato de imagen personalizado. Para todos estos formatos de imagen, la estructura de muestreo de luminancia es  $dx$  píxel por línea y  $dy$  líneas por imagen en una disposición ortogonal. El muestreo de cada una de las dos componentes de diferencia de color se efectúa a  $dx/2$  píxeles por línea y  $dy/2$  líneas por imagen, ortogonal. Los valores de  $dx$ ,  $dy$ ,  $dx/2$  y  $dy/2$  se ofrecen en la tabla 1 para cada uno de los formatos de imagen normalizados. [2]

Tabla 1- Número de píxeles por línea y número de líneas de cada formato de imagen H.263 normalizado.

Formato de imagen	Número de píxel de luminancia (dx)	Número de líneas de luminancia (dy)	Número de píxel de crominancia (dx/2)	Número de líneas de crominancia (dy/2)
Sub-cuarto de CIF	128	96	64	44
Cuarto de CIF	176	144	88	72
CIF	352	288	176	144
4 veces CIF	704	576	352	288
16 veces CIF	1408	1152	704	576

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

Para todos los formatos de imagen, las muestras de diferencia de color se colocan de forma tal que sus límites de bloque coincidan con los límites de bloque de luminancia, como se muestra en la fig. 3. La relación de aspecto de píxel es la misma para cada uno de los formatos de imagen normalizados, y es la misma que se define para un cuarto de CIF y CIF en la Rec. UIT-T H.261: (288/3) :(352/4), que se simplifican a 12:11 en números relativamente primos. El área de la imagen cubierta por todos los formatos de imagen normalizados, salvo el sub-cuarto de CIF, tiene una relación de aspecto 4:3. [2]

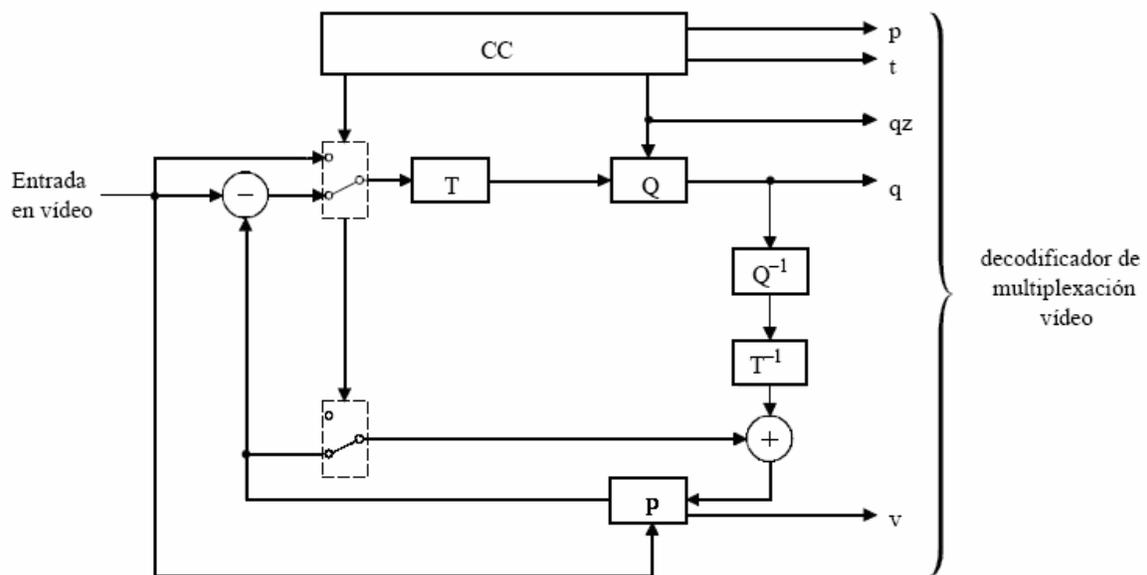


Fig. 3 Posición de las muestras de luminancia y crominancia

Todos los decodificadores y codificadores pueden funcionar utilizando la frecuencia de reloj de imagen CIF. Algunos decodificadores y codificadores pueden admitir además frecuencias de reloj personalizadas. Todos los decodificadores pueden funcionar con el formato de imagen sub-cuarto de CIF. Los codificadores pueden funcionar con uno de los formatos de imagen sub-cuarto de CIF y cuarto de CIF. Los codificadores determinarán cuál de esos dos formatos se utilizará, y no están obligados a funcionar con ambos. [2]

➤ **Algoritmo de codificación de fuente de video**

El codificador de fuente se muestra de forma generalizada en la fig. 4. Los principales elementos son la predicción, la transformación de bloques y la cuantificación. [2]



- T Transformación
- Q Cuantificador
- P Memoria de imagen con retardo variable y compensación de movimiento
- CC Control de codificación
- p Bandera de INTRA/INTER
- t Bandera de transmitido o no transmitido
- qz Indicador de cuantificador
- q Índice de cuantificación para los coeficientes de la transformada
- v Vector de movimiento

Fig. 4 Codificador de fuente

➤ **Grupos de bloques, rebanadas, macrobloques y bloques**

Cada imagen se divide en grupos de bloques o bien rebanadas. Un grupo de bloques (GOB, *group of blocks*) comprende hasta  $k \cdot 16$  líneas, donde  $k$  depende del

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

número de líneas en el formato de imagen y de si se utiliza el modo actualización de resolución reducida opcional (RRU, *reduced-resolution update*). Las dependencias se muestran en la tabla 2. Si el número de líneas es menor o igual que 400 y no se utiliza el modo RRU opcional, el valor de k es 1. Si el número de líneas es menor o igual que 800 y se utiliza el modo RRU opcional o el número de líneas es mayor que 400, el valor de k es 2. Si el número de líneas es mayor que 800, el valor de k es 4. Cuando se utilizan tamaños de imagen personalizados, el número de líneas en el último GOB (el situado más abajo) puede ser menor que  $k*16$  si el número de líneas en la imagen no es divisible por  $k*16$ . Sin embargo, cada GOB en cada formato de imagen normalizado tiene  $k*16$ , ya que el número de líneas en cada formato de imagen normalizado es un múltiplo entero de  $k+16$ . Así, por ejemplo, si no se utiliza el modo opcional resolución reducida el número de GOB por imagen es 6 para sub-cuarto de CIF, 9 para cuarto de CIF, 18 para CIF, 4 veces CIF y 16 veces CIF. La numeración de GOB se efectúa, mediante la exploración vertical de los GOB, comenzando por el GOB superior (número 0) y terminando con el GOB situado más abajo. Por ejemplo una imagen CIF el GOB superior es el número 0 y el inferior es el 17 y ahí termina la numeración. Los datos de cada GOB consisten en un encabezamiento GOB (que puede estar vacío), seguido de datos de macrobloques. Los datos de GOB se transmiten por GOB en orden de GOB creciente. [2]

Tabla 2 – Parámetro k para definición del tamaño de los GOB

Número de líneas dy	Valor de k cuando no se utiliza el modo RRU	Valor de k cuando se utiliza el modo RRU
4...400	1	2
404...800	2	2
804...1152	4	4

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

Cada GOB se divide en macrobloques. La estructura de un macrobloque depende de si se utiliza el modo opcional actualización de resolución reducida. A menos que se utilice el modo RRU, cada macrobloque se relaciona con 16 píxeles por 16 líneas de Y, y con 8 píxeles por 8 líneas correspondientes espacialmente de  $C_B$  y  $C_R$ . Además, un macrobloque consiste en 4 bloques de luminancia y los dos bloques de diferencia de color correspondientes espacialmente, como se muestra en la figura 5. Cada bloque de luminancia o de crominancia se relaciona así con 8 píxeles por 8 líneas de Y, o  $C_B$  y  $C_R$ . Si no se utiliza el modo RRU, el GOB comprende una fila de macro bloques para subcuarto de CIF, cuarto de CIF y CIF, dos filas de macro bloques para 4 veces CIF y 4 filas de macro bloques para 16 veces CIF. [2]

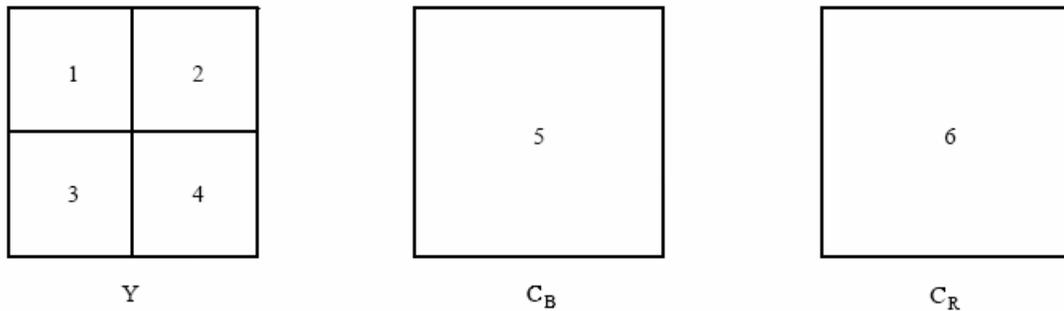


Fig. 5 Disposición de los bloques en un macrobloque

La numeración de macrobloque se efectúa mediante un barrido horizontal de las filas de macrobloque de izquierda a derecha, comenzando por la línea de macrobloque superior y terminando por la fila de macrobloque más baja. Los datos para los macro bloques se transmiten por macrobloque aumentando el número de macrobloque. Los datos para los bloques se transmiten por bloque al aumentar el número de bloque. [2]

### ➤ Predicción

La forma primaria de predicción se efectúa entre imágenes y se puede aumentar por compensación de movimiento. El modo de codificación en el que se aplica la predicción temporal se denomina INTER; el modo de codificación INTRA se puede señalar en el nivel de la imagen (INTRA para imágenes I o INTER para imágenes P) o en el nivel de macrobloque en las imágenes P. En el modo opcional de tramas PB, las

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

imágenes B están siempre codificadas en modo INTER. Las imágenes B (Bidireccionales) se predicen parcialmente en forma bidireccional. [2]

En total, la Rec. UIT-T H.263 presenta 7 tipos de imágenes básicas (de las cuales sólo las 2 primeras son obligatorias) que se definen esencialmente en términos de su estructura de predicción:

1. INTRA: Imagen que no tiene imagen (es) de referencia para predicción (también denominada imagen I).
2. INTER: Imagen que utiliza una imagen de referencia temporalmente previa (también denominada imagen P o *Predicted*)
3. PB: Trama que representa dos imágenes y que tiene una imagen de referencia temporalmente previa.
4. PB mejorada: Trama funcionalmente similar pero normalmente mejor que una trama PB.
5. B: Imagen que tiene dos imágenes de referencia, una de las cuales precede temporalmente a la imagen B y la otra sucede temporalmente a la imagen B y tiene el mismo tamaño de imagen.
6. EI: Imagen que tiene una imagen de referencia temporalmente simultánea cuyo tamaño de imagen es el mismo o menor.
7. EP: Imagen que tiene dos imágenes de referencia, una que precede temporalmente a la imagen EP y otra que es temporalmente simultánea y tiene el mismo tamaño de imagen o un tamaño menor. [2]

Según se utiliza en esta recomendación, una imagen de “referencia” o de “anclaje” es una imagen que contiene datos que se pueden utilizar por referencia como base para la decodificación de otra imagen. Este uso por referencia se conoce también como “predicción”, aunque a veces puede indicar en realidad la utilización en un sentido de inversión temporal. [2]

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

“Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's” A.Sarras - USA

### ➤ **Compensación de movimiento**

El decodificador aceptará un vector por macrobloque o si se utiliza el modo predicción avanzada o el modo filtro de desbloqueo, aceptará uno o cuatro vectores por macrobloque. De manera similar, un macrobloque de tramas PB mejoradas puede incluir un vector de movimiento hacia delante adicional. Los macrobloque de imagen B se pueden transmitir junto con un vector de movimiento hacia delante y un vector de movimiento hacia atrás, y las imágenes EP se pueden transmitir con un vector de movimiento hacia delante. [2]

Los compuestos horizontal y vertical de los vectores de movimiento tienen valores de un entero o de mitad de entero. En el modo de predicción por defecto, estos valores están restringidos a la gama [-16, 15, 5] que también es válida para los componentes de vectores de movimiento hacia delante y hacia atrás de las imágenes B. [2]

Un valor positivo del componente horizontal o vertical significa que la predicción se forma a partir de los píxeles de la imagen referenciada que están espacialmente a la derecha o por debajo de los píxeles que se predicen. [2]

Los vectores de movimiento están restringidos de modo que todos los píxeles referenciados por ellos se encuentren dentro de la zona de imagen codificada. [2]

### ➤ **Cuantificación**

Salvo que se utilicen los modos opcionales codificación INTRA avanzada o cuantificación modificada, el número de cuantificadores es 1 para el primer coeficiente del bloque INTRA, 31 para todos los demás coeficientes. Dentro de un macrobloque, se utiliza el mismo cuantificador para todos los coeficientes, excepto el primero de los bloques INTRA. No se definen los niveles de decisión. El primer coeficiente de los bloques INTRA es, nominalmente, el valor de la transformada discreta del coseno en continua (CC) cuantificado uniformemente con un paso de valor 8. Cada uno de los restantes 31 cuantificadores utilizan niveles de reconstrucción de espaciado igual con una zona muerta central alrededor de cero y un paso de valor par comprendido entre 2 y 62. [2]

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

➤ **Proceso de decodificación**

- **Reconstrucción de los bloques**
- **Resumen**

Después de la compensación de movimiento y la decodificación de los coeficientes (incluida la transformada inversa del coseno), se hace una reconstrucción de cada bloque de luminancia y crominancia. En el caso de los bloques INTRA, la reconstrucción es igual al resultado de la transformada inversa. En el caso de los bloques INTER, la reconstrucción se efectúa sumando la predicción y el resultado de la transformación inversa. La suma se efectúa píxel por píxel. [2]

- **Recorte**

Para evitar que la distorsión de cuantificación de las amplitudes de los coeficientes de transformada cause desbordamiento aritmético en los bucles del codificador y decodificador, se insertan funciones de recorte. El recortador actúa después de la suma de la predicción, y si el error de predicción reconstruido de los valores de píxel resultantes es inferior a 0 o superior a 255, los cambia a 0 y 255, respectivamente. [2]

### **2.3.2 Recomendación G.723.1 Códec de voz de doble velocidad para la transmisión en comunicaciones multimedia a 5,3 y 6,3 kbits/s.**

Esta recomendación especifica una representación de códec (codificador-decodificador) que se puede utilizar para comprimir la voz u otras señales de audio componentes de servicios multimedia a velocidad binaria muy baja como parte de la familia general de normas H.324. [3].

Este códec tiene asociadas dos velocidades binarias. Se trata de 5,3 y 6,3 kbits/s. La velocidad más alta tiene mucha mejor calidad. La velocidad más baja proporciona buena calidad y ofrece a los diseñadores de sistema más flexibilidad. [3]

Este códec se optimizó para representar la voz con una alta calidad a las velocidades mencionadas mediante una complejidad limitada. Codifica la voz u otras señales de audio en tramas mediante la codificación predictiva lineal de análisis por

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

síntesis. La señal de excitación del códec de alta velocidad es la cuantificación multiimpulso de máxima verosimilitud (MP-MLQ, *MultiPulse-Maximum Likelihood Quantizer*) y la del códec de velocidad baja es la predicción lineal excitada por tabla de códigos algebraicos (ACELP, *Algebraic Codebook Excitation Linear Prediction*). [3]

### **2.3.3 Recomendación T.120 Protocolo de datos para conferencias multimedia.**

Las recomendaciones de la serie T.120 definen colectivamente un servicio de comunicación multipunto para uso en entornos de conferencias multimedia. Esta recomendación proporciona facilidades para establecer y gestionar comunicaciones interactivas (conferencias) en las que intervengan dos o más participantes en una variedad de redes diferentes, o entre éstas. Proporciona un amplio servicio de comunicación de datos para esos participantes, que es independiente de la red subyacente. La serie T.120 también proporciona soporte para aplicaciones y sus protocolos asociados, definiendo mecanismos de arranque y procedimientos de intercambio de capacidades. [4]

Los protocolos T.120 proporcionan un medio de telecomunicar muchas formas de información de datos/telemática entre dos o más terminales multimedia y de gestionar dicha comunicación. Proporcionan un servicio de comunicación de datos multipunto que tiene una aplicación determinada en conferencias multimedia. [4]

Los protocolos T.120 son adecuados para su uso en muchos tipos de redes: RTPC, RDSI, RDCC, RDCP, RDSI-BA, LAN. Proporcionan la capacidad de interfuncionamiento sin fisuras de aplicaciones entre terminales conectados a diferentes redes. [4]

Los protocolos T.120 proporcionan:

- Soporte para el establecimiento de conferencia entre grupo de nodos de red (como lo son terminales de conferencia y las MCU)
- Mecanismos para identificar los nodos participantes y una lista general y un mecanismo de intercambio de capacidades.
- Gestión flexible de comunicación entre cualquier combinación de estos elementos.

Los protocolos de aplicación comprenden un conjunto de unidades de datos de protocolo (PDU) y acciones asociadas para la comunicación par a par de aplicación. La

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

serie T.120 incluye un conjunto de protocolos de aplicación destinados a satisfacer las necesidades de la conferencia multipunto. Estos protocolos definen requisitos mínimos a fin de asegurar el interfuncionamiento entre diferentes implementaciones. La Rec. T.127 proporciona transferencia de ficheros multipunto. La Rec. T.126 proporciona visualización y anotación de imágenes fijas, pizarra compartida y facsímil. [4]

Una entidad de protocolo de aplicación es una instancia de un protocolo de aplicación. Puede considerarse que comprende los dos componentes funcionales: el gestor de recursos de aplicación (ARM, *Application Resource Manager*), que proporciona la funcionalidad genérica pertinente a todos los protocolos; y el elemento de servicio de aplicación (ASE, *Application Service Element*), que proporciona la funcionalidad específica de aplicación. La Rec. T.121 es la relativa a la plantilla de aplicación genérica. [4]

#### **2.3.4 Recomendación H.245. Protocolo de control para comunicación multimedia.**

Dicha recomendación especifica la sintaxis y la semántica de los mensajes de información de terminal así como los procedimientos para utilizarlos en la negociación en banda al comienzo de la comunicación o durante ésta. Los mensajes comprenden capacidades de recepción y transmisión así como preferencia de modos desde el extremo de recepción, la señalización de canal lógico, y control e indicación. Se especifican procedimientos de señalización con acuse de recibo para garantizar comunicaciones fiables audiovisuales y de datos. [5]

#### **2.3.5 H.223. Protocolo de multiplexación para comunicación multimedia a baja velocidad binaria.**

Esta recomendación especifica un protocolo de multiplexación de paquetes para comunicación multimedios a baja velocidad binaria. Este protocolo se puede utilizar entre dos terminales multimedios de baja velocidad binaria, o entre un terminal multimedia de baja velocidad binaria y una unidad de control multipunto o un adaptador de interfuncionamiento. El protocolo permite la transferencia de cualquier combinación de señales voz/audio digitales, video/imagen digitales e información de datos por un solo enlace de comunicación. Este protocolo proporciona bajo retardo gracias a la utilización

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

de segmentación, reensamblado y combinación de información y distintos canales lógicos en un solo paquete. [6]

### **2.3.6 V.34. MÓDEM que funciona a velocidades de señalización de datos de hasta 33600 bits/s para uso en la red telefónica.**

Este MÓDEM está previsto para su utilización en conexiones establecidas por la red telefónica general conmutada (RTGC) y en circuitos arrendados punto a punto a 2 hilos de tipo telefónico. Las características principales del MÓDEM son las siguientes:

- a) Modos de funcionamiento dúplex y semidúplex por la RTGC y por circuitos arrendados punto a punto a 2 hilos.
- b) Separación de canales mediante técnicas de cancelación de eco.
- c) Modulación de amplitud en cuadratura (QAM, *Quadrature Amplitude Modulation*) para cada canal con transmisión por línea síncrona con velocidades de símbolos seleccionables.
- d) Velocidades de señalización de datos del canal primario síncrono iguales a:  
33.6 kbits/s, 31.2 kbits/s, 28.8 kbits/s, 26.4 kbits/s, 24 kbits/s, 21.6 kbits/s, 19.2 kbits/s, 14.4 kbits/s, 12 kbits/s, 9.6 kbits/s, 7,2 kbits/s, 4.8 kbits/s, 2.4 kbits/s. [7]

### **2.4 Transformación de imagen analógica a imagen digital**

Las imágenes analógicas pueden ser vistas como una función bidimensional del tiempo,  $f(x, y)$ , donde  $x$  e  $y$  son coordenadas espaciales, y la amplitud de  $f$  en cualquier par de coordenadas es llamada la intensidad o el nivel de gris de la imagen en ese punto. El término nivel de gris es utilizado para referirse al nivel de intensidad de imágenes monocromáticas. Las imágenes a color son formadas por la combinación de imágenes bidimensionales individuales. Las imágenes RGB (*Red, Green, Blue*) por ejemplo están conformadas por tres componentes individuales, la componente roja, la componente verde y la componente azul respectivamente. [8]

Una imagen puede ser continua con respecto a las coordenadas  $x$  e  $y$ , y también puede serlo en amplitud. Convertir la imagen analógica a digital requiere que todas las

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

coordenadas, así como la amplitud ser digitalizadas. Digitalizar los valores de las coordenadas es llamado muestreo, digitalizar los valores de amplitud se denomina cuantificación. Por lo tanto cuando las coordenadas  $x$  e  $y$ , además de la amplitud son todos valores finitos o discretos se dice que la imagen es *digital*. [8]

El resultado del muestreo y la cuantificación de una imagen a color es una matriz de números reales, es decir, que una imagen a color  $f(x, y)$  cuando es digitalizada se convierte en una matriz tridimensional de  $M$  filas y  $N$  columnas. Cada elemento de esta matriz es llamado *píxel* o *pel*. El proceso de digitalización requiere que se decidan los valores para  $M$ ,  $N$  y para el número de posibles colores permitidos para cada píxel. No hay restricciones para los valores de  $M$  y  $N$  más que sean enteros positivos. [9]

Sin embargo debido al proceso de almacenamiento el número de colores es típicamente una potencia de dos (2), la ecuación 1 muestra como determinar el número de colores ( $L$ ) de una imagen:

$$L = (2^k)^3 \quad (1)$$

Donde  $k$  es el número de bits que se utiliza para representar cada componente de la imagen.

El número de bits ( $b$ ) requeridos para almacenar una imagen digital se determina como se muestra en la ecuación 2:

$$b = M \times N \times k \times 3 \quad (2)$$

En el caso de las imágenes RGB el número de bits utilizado para representar un píxel determina la profundidad de la misma. Por ejemplo, si cada componente es codificada con 8 bits, se dice que la correspondiente imagen RGB es de 24 bits de profundidad. En este caso el número de posibles colores es:

$$L = (2^8)^3$$

$$L = 16.777.216 \text{ colores.}$$

Ahora supongamos que el tamaño de la imagen es de 352 x 288, el número de bits que produce esta imagen es de:

$$b = 352 \times 288 \times 24$$

$$b = 2,433,024 \text{ Mbps}$$

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

Como se puede ver los requerimientos de almacenamiento y transmisión de una imagen fija con esta codificación son bastante elevados, es por esta razón que se hace necesario la compresión. [9]

## **2.5 Introducción a la compresión de video**

### **2.5.1 La necesidad de comprimir.**

Con la rápida evolución de la tecnología vino el deseo de velocidades de transmisión de datos aun mayores. Con una velocidad limitada en la RTGC, el único medio disponible para aumentar dicha velocidad era el de reducir el número promedio de bits transmitidos, esto es, *comprimir* la data digital. Para el video, un simple muestreo y codificación binaria de las variaciones de voltaje producidos por la cámara darían como resultado millones de bits por segundo, por lo que un simple sistema de video conferencia o video telefonía sin compresión digital seria extremadamente costoso. [10]

Para el almacenamiento de imágenes en movimiento (video) digitales en un pequeño CD, la compresión es absolutamente necesaria. No hay actualmente ninguna otra manera de obtener la calidad demandada por la industria del entretenimiento y al mismo tiempo almacenar todas las características de una película que puede durar hasta 2 horas o más. [10]

### **2.5.2 Compresión**

La mayoría de las señales sensoriales contienen una gran cantidad de información redundante. Por ejemplo, una cámara de televisión que captura 30 cuadros por segundo de una escena estática produce cuadros muy similares entre ellos. La compresión intenta remover esta información repetida de forma que un solo cuadro pueda ser representado por una cantidad finita de data. [10]

Las imágenes digitalizadas contienen una gran cantidad de redundancia estadística. Esto es, las muestras son muy similares unas a otras de tal manera que una muestra se puede predecir de otra con bastante precisión. Removiendo las componentes similares o lo previsible de una secuencia de muestras, la tasa de datos puede ser reducida

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

considerablemente. Esta redundancia estadística puede ser removida sin destruir ningún tipo de información, es decir, la data original sin comprimir puede ser recuperada exactamente por operaciones inversas. [10]

La mayor ventaja de la compresión es la reducción de la velocidad de los datos. Esta reducción disminuye los costos de transmisión, y donde una capacidad fija de transmisión esta disponible, resulta en una presentación multimedia de mejor calidad. [10]

### **2.5.3 Consideraciones para la compresión.**

Los algoritmos usados en un sistema de compresión dependen del ancho de banda disponible o la capacidad de almacenamiento, las características de la aplicación y que el costo del dispositivo (*hardware*) requerido para la implementación del mismo sea accesible. [10]

La calidad de la presentación que resulta de decodificar la data comprimida es la consideración más importante en la elección del algoritmo de compresión. Los dos aspectos más importantes en la calidad del video son la redundancia espacial y la redundancia temporal. La primera describe la claridad o falta de nitidez en la imagen mostrada, mientras que la segunda describe la suavidad del movimiento. [10]

Otro factor a tomar en consideración es el número de canales disponibles para transmisión y almacenamiento de señales multimedia, los MÓDEM de la RTGC pueden operar a 30kbps aproximadamente, lo cual es bastante bajo para una aplicación común de video (películas, etc.) pero es aceptable para videoteléfonos. Está también la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) en la cual las velocidades de transmisión van desde 64kbps hasta 2Mbps, lo cual permite una capacidad baja pero aceptable de video, las redes LANs (*Local Area Network*) las cuales van desde 10Mbps hasta 100Mbps entre otras. [10]

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

## 2.6 La transformada discreta del coseno (DCT)

La transformada discreta del coseno (DCT *Discrete Cosine Transform*) es un caso especial de transformada discreta de Fourier en la que se eliminan las componentes senosoidales de los coeficientes, quedando un único número. En la figura 6 se observan las muestras de entrada en un proceso de transformada, mediante la repetición de las muestras siguiendo un orden de tiempo inverso y realizando una transformada discreta de Fourier sobre el conjunto de muestras de doble longitud, se obtiene una DCT. Si se crea una imagen especular de la forma de onda de entrada, se consigue transformarla en una función uniforme cuyos coeficientes senosoidales son todos cero. Puede entenderse el resultado si se tiene en cuenta el efecto de transformar individualmente el bloque de entrada y el bloque invertido. [11]

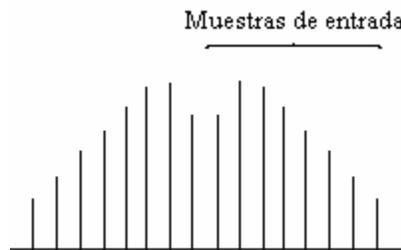


Fig. 6 Muestras de entrada

La Fig. 7 muestra que las fases de todas las componentes de un bloque se encuentran en sentido opuesto a las del otro. Esto significa que, cuando las componentes se suman para obtener la transformada del bloque de doble longitud, todas las componentes senosoidales se anulan, dejando solo los coeficientes cosenoidales. [11]

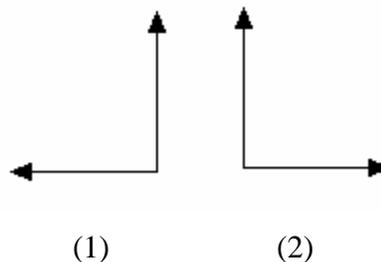


Fig.7 Componentes senosoidales (1) muestras especulares, (2) muestras de entrada)

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

La DCT se utiliza principalmente en los procesos de reducción de datos. La propia DCT no realiza ninguna reducción, ya que hay tantos coeficientes como muestras, pero convierte el video de entrada en una forma en la que la redundancia puede detectarse y eliminarse fácilmente. [11]

### 2.6.1 Reducción de datos basada en DCT

Este tipo de reducción de datos toma cada campo individual (o cuadro en estándares de exploración progresiva) y lo trata independiente de cualquier otro campo o cuadro. La Fig. 8 muestra un ejemplo de distintos coeficientes de una DCT

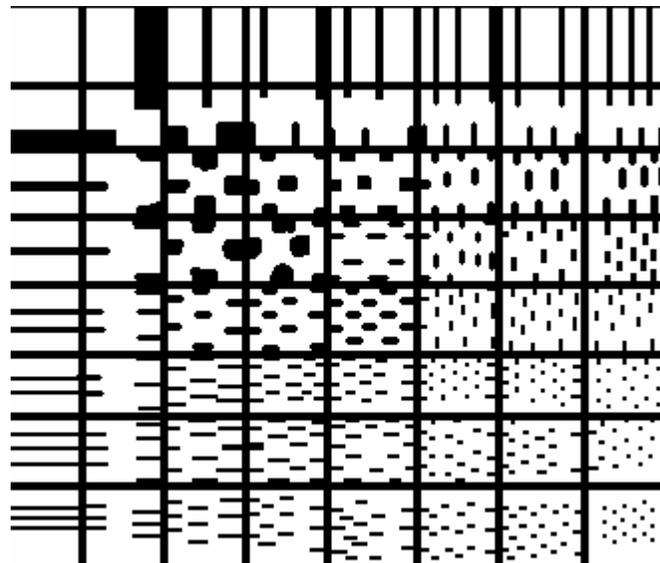


Fig.8 La transformada discreta cosenoidal divide el área de una imagen en frecuencias discretas en 2 dimensiones. Puede observarse la frecuencia más baja en la esquina superior izquierda. La frecuencia horizontal aumenta a medida que se avanza hacia la derecha y la frecuencia vertical incrementa hacia abajo.

Esta imagen es para un bloque de 8x8 píxeles, que sumándolos en distintas proporciones, producirán cualquier bloque original de píxeles. El coeficiente superior izquierdo lleva la componente CC del bloque. Se tratará de un valor unipolar (sólo positivo) en el caso la luminancia y, normalmente, será el valor más alto del bloque, dado que el espectro de las señales típicas de video se encuentra dominado por la componente CC. Hacia la izquierda, los coeficientes representan las frecuencias espaciales horizontales crecientes y, hacia abajo, los coeficientes representan las frecuencias espaciales verticales crecientes. El coeficiente inferior derecho representa las frecuencias

diagonales más altas del bloque. Todos estos coeficientes son bipolares, donde la polaridad indica si fue invertida la forma de onda espacial original a esa frecuencia. [11]

En imágenes típicas, los coeficientes que representan las frecuencias espaciales bidimensionales más altas serán iguales a cero, o tendrán un valor reducido en grandes áreas de una señal de video típica, debido al desenfoque por movimiento o simplemente a la aparición de áreas normales poco detalladas frente a la cámara. En general, cuanto más distanciado de la esquina superior izquierda se encuentre el coeficiente, menor será su magnitud por término medio. La ganancia de codificación se obtiene aprovechando los coeficientes cero y de bajo valor para reducir los datos necesarios. Por tanto no es la DCT lo que comprime los datos, sino el proceso subsiguiente. La DCT simplemente expresa los datos en una forma que facilita el siguiente proceso. [11]

Una vez transformada, existen varias técnicas para reducir los datos necesarios para llevar los coeficientes. Estos se basarán en el conocimiento sobre estadística de señales y sobre el mecanismo de visión humana, que aparecerán combinados en sistemas prácticos. [11]

Se utiliza el conocimiento psico-visual para procesar los coeficientes. La omisión de uno de ellos supone la desaparición de la componente de frecuencia adecuada del bloque reconstruido. La diferencia entre los bloques originales y los reconstruidos se considera como ruido añadido a los datos deseados. La sensibilidad que tiene el ojo al ruido disminuye con la frecuencia. La sensibilidad máxima está en CC y, como resultado, el coeficiente superior izquierdo suele tratarse como un caso especial y se deja sin modificar. De otra forma, se puede garantizar mayor protección contra errores que otros coeficientes. [11]

La codificación psico-visual aprovecha la sensibilidad descendente al ruido multiplicando cada coeficiente por una constante ponderada como función de su frecuencia. Esto produce el efecto de reducción de cada coeficiente de manera que se necesiten menos bits para representarlo. Otra forma alternativa de enfocar todo este proceso consiste en recuantificar individualmente los coeficientes cuyos tamaños de escalones se incrementen con la frecuencia. Un escalón de mayor tamaño incrementa el ruido de cuantificación a frecuencias donde no es visible. [11]

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

Es posible utilizar el conocimiento sobre estadística de señales, para determinar la probabilidad de que un determinado coeficiente tenga un valor dado. Esta es la base de la codificación de entropía, donde los coeficientes no se describen por números con longitud de palabra fija, sino por códigos de longitud variable. Los códigos más cortos se asignan a los valores con mayor probabilidad y los códigos más largos, a los valores menos probables. Esto permite obtener una ganancia de codificación en señales típicas. Unos de los códigos de longitud variable más conocidos es el código Huffman. La mayor dificultad que presenta la codificación de longitud variable radica en la separación de los símbolos cuando son serializados. En la codificación de longitud variable, la codificación del flujo de bits debe ser tal que el decodificador sea capaz de determinar sin ayuda los límites entre palabras. [11]

Cuando se realiza un bloque de coeficientes, es normal realizar una exploración siguiendo una secuencia en la que los valores mayores de los coeficientes son los primeros en ser explorados. Evidentemente, tal exploración comienza en la esquina superior izquierda y finaliza en la esquina inferior derecha. Puede realizarse un análisis estadístico del contenido real del programa para determinar una exploración óptima, pero en muchos casos, se utiliza la exploración regular en zig-zag con una pérdida muy pequeña de precisión. [11]

La figura 9 muestra la exploración típica mencionada anteriormente.

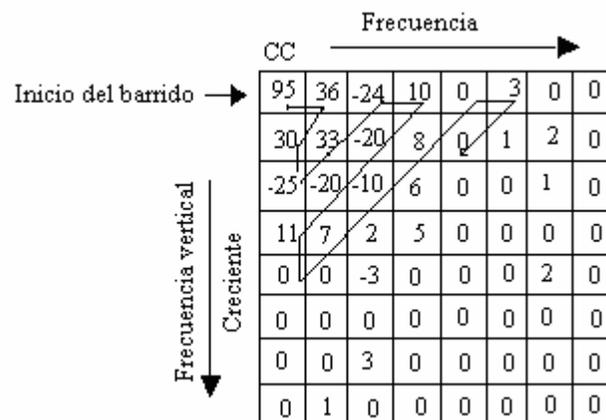


Fig. 9 La exploración en zig-zag, que comienza en la parte superior izquierda ordena los coeficientes siguiendo la mejor secuencia para la compresión, ya que los que aparecen posteriormente tendrán valores más pequeños.

La ventaja de este tipo de exploración consiste en que, con material típico, la exploración finaliza con coeficientes de valor cero. En lugar de transmitir estos ceros, se transmite un único símbolo de “fin de bloque” (*End of Block EOB*). Justo antes del último coeficiente finito y del símbolo EOB es probable que se exploren algunos coeficientes de valor cero. La codificación entra en un modo diferente mediante el cual simplemente se transmite un prefijo único denominado prefijo de longitud de recorrido, seguido de un código que especifica el número de ceros que le siguen. [11]

La Fig. 10 muestra el diagrama de bloques de una unidad representativa para la reducción de datos de imágenes.

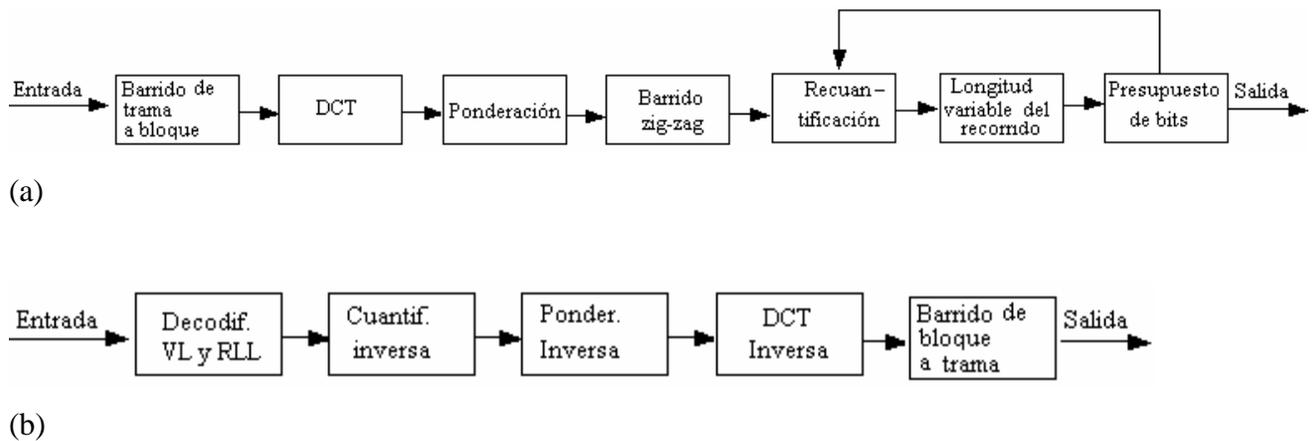


Fig.10 (a) Codificador basado en DCT y (b) su respectivo decodificador

La imagen de entrada se pasa a bloques y la etapa DCT transforma esos bloques en bloques donde es posible identificar la redundancia. Posteriormente, la ponderación psico-visual reduce los valores de los coeficientes de acuerdo con el proceso visual humano. Todo el proceso finaliza con la exploración de bloques y la codificación de longitud variable/longitud del recorrido. El receptor aparece en la Fig. 10(b). El flujo de bits de entrada es deserializado en símbolos y el decodificador de longitud de recorrido reagrupa los coeficientes de longitud de palabra. El proceso de ponderación psico-visual se invierte mediante una división que anula la multiplicación original. Una DCT inversa reconstruye entonces los bloques. [11]

## 2.6.2 Reducción de datos con compensación de movimiento.

Resulta más fácil obtener factores más altos de compresión si se aprovechan las ventajas que ofrece la redundancia existente entre imágenes sucesivas. Sólo se necesita enviar la diferencia entre las imágenes. Evidentemente, con una imagen fija, las imágenes sucesivas son idénticas y la diferencia es trivial. En la práctica, el movimiento reduce la similitud entre imágenes sucesivas y los datos de diferencia se incrementan.

Una forma de incrementar la ganancia de codificación es utilizar la compensación de movimiento. Si se conoce y se transmite el movimiento de un objeto entre imágenes, el decodificador puede utilizar el vector de movimiento para desplazar los datos de píxeles que describen el objeto en la imagen previa hasta alcanzar la posición correcta en la imagen actual. Las diferencias entre imágenes son comprimidas mediante un sistema basado en DCT. [11]

La fig. 11 muestra un sistema con compensación de movimiento.

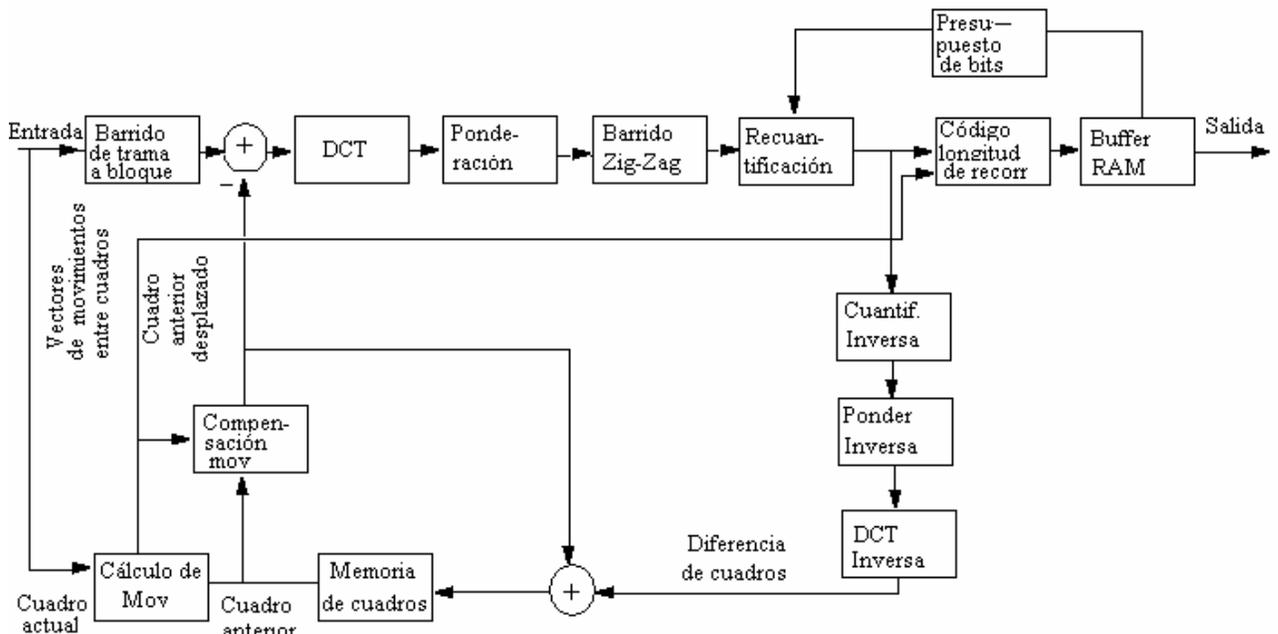


Fig. 11 Codificador con compensación de movimiento entre campos.

La señal de video de entrada pasa en paralelo a la etapa de cálculo del movimiento y al conversor de exploración de líneas a bloques. La etapa de cálculo del movimiento compara el cuadro de entrada con el anterior que se encuentra en la memoria de cuadros con el objeto de medir el movimiento, tras lo cual envía los vectores de

movimiento a la unidad de compensación de movimiento, que desplaza los objetos en la salida de la memoria de cuadros hasta alcanzar las posiciones calculadas en el nuevo cuadro. Esto da lugar a un cuadro previsto, que se sustrae del cuadro de entrada para obtener la diferencia de cuadros o el error de predicción. El resultado de este proceso es la separación de la redundancia temporal o entre cuadros y la entropía. La redundancia constituye la parte previsible de la imagen, ya que todo lo que es previsible no lleva información. El error de predicción es la entropía, esto es, la parte no previsible. Se procesa entonces la diferencia de cuadros para eliminar la redundancia espacial. Esto se lleva a cabo mediante la combinación de DCT, ponderación y cuantificación. La diferencia de cuadros reducida espacialmente se combina con los vectores de movimiento para generar la salida del sistema. [11]

Como puede verse en la Fig. 12, existe también un decodificador local que se compone de un cuantificador inverso, una etapa de ponderación inversa y una DCT inversa. Si se suma el error de predicción decodificado localmente (diferencia de imágenes) con el cuadro previsto, debe obtenerse el cuadro original (más el ruido de cuantificación) que actualiza la memoria de cuadros. La salida de la memoria de cuadros es desplazada por los vectores de movimiento transmitidos y el resultado es el mismo cuadro previsto que se produjo en codificador. El error de cuadro decodificado se añade al cuadro previsto y se obtiene el cuadro original. [11]

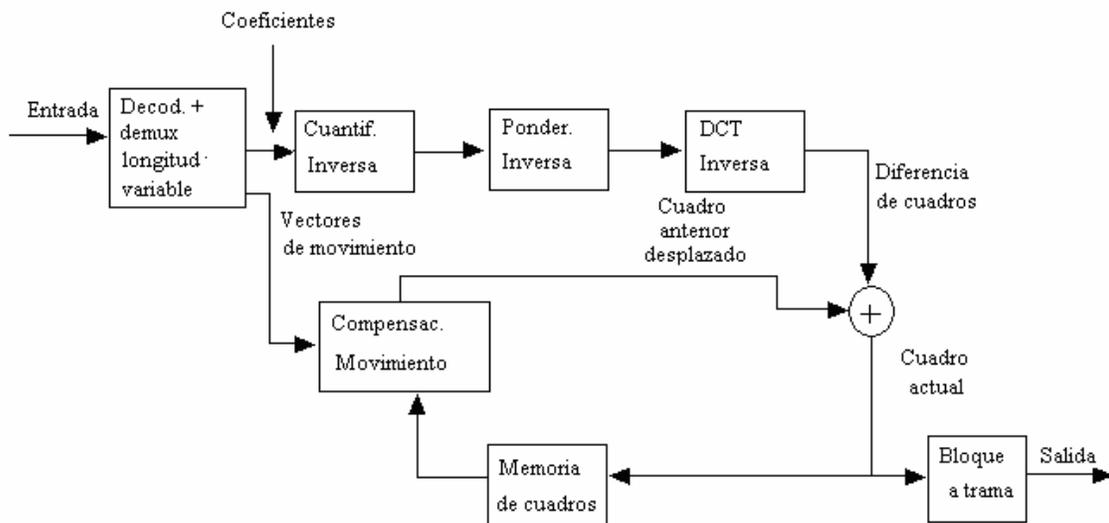


Fig.12 Decodificador con compensación de movimiento.

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

## CAPÍTULO III

### CODIFICADOR Y DECODIFICADOR (CÓDEC)

Basado en todas las consideraciones antes mencionadas, y también en el medio que se tiene disponible se decidió proponer el modelo de códec H.263.

Las razones mas importantes tomadas en cuenta al momento de decidir utilizar dicho codec son las siguientes:

1. Este codec fue diseñado específicamente para comunicación multimedia a baja velocidad binaria y para trabajar en la RTPC por lo que se adapta perfectamente al medio que se quiere utilizar, que si bien no es la RTPC es el mismo cable telefónico.
2. Los algoritmos de compresión utilizados por este codec, como lo son la DCT y la compensación de movimiento, son los ideales (como se señaló anteriormente) para lograr una reducción importante en los datos a transmitir.
3. Es un codec sencillo, que ofrece buena calidad de la imagen, haciendo un uso óptimo del ancho de banda disponible, que como se dijo en el capítulo anterior son factores de gran importancia en la compresión de las imágenes en movimiento.

Teniendo en cuenta las consideraciones para la compresión de video señaladas previamente en el capítulo 2, la primera a tomar en cuenta, es el ancho de banda. Para la aplicación en estudio se tiene un ancho de banda de 21kHz, ya que se quiere colocar el video en la banda que va desde los 4kHz hasta los 25kHz. Se eligió esta banda de frecuencias ya que en la aplicación que se esta estudiando se quiere enviar imágenes, sin que estas interfieran con la voz, ni con los datos de los usuarios que tengan el servicio de ADSL. Además la empresa T.E.E no desea realizar ningún cambio en la instalación actual del servicio de intercomunicación por voz, simplemente añadir a este las imágenes. Entre las características más importantes del servicio que se quiere dar, se puede decir, que es un servicio sencillo de identificación por medio de imágenes, de personas que se encuentren en la entrada de un edificio, este servicio viene a complementar el ya existente intercomunicador convencional de voz, mencionado anteriormente.

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

Para realizar pruebas de dicho códec se utilizó la herramienta de simulink, el set de bloques de procesamiento de video e imágenes, incluidos en el programa Matlab, específicamente la versión R2007a.

Una vista general del diagrama de bloques del codificador realizado en simulink es la siguiente:

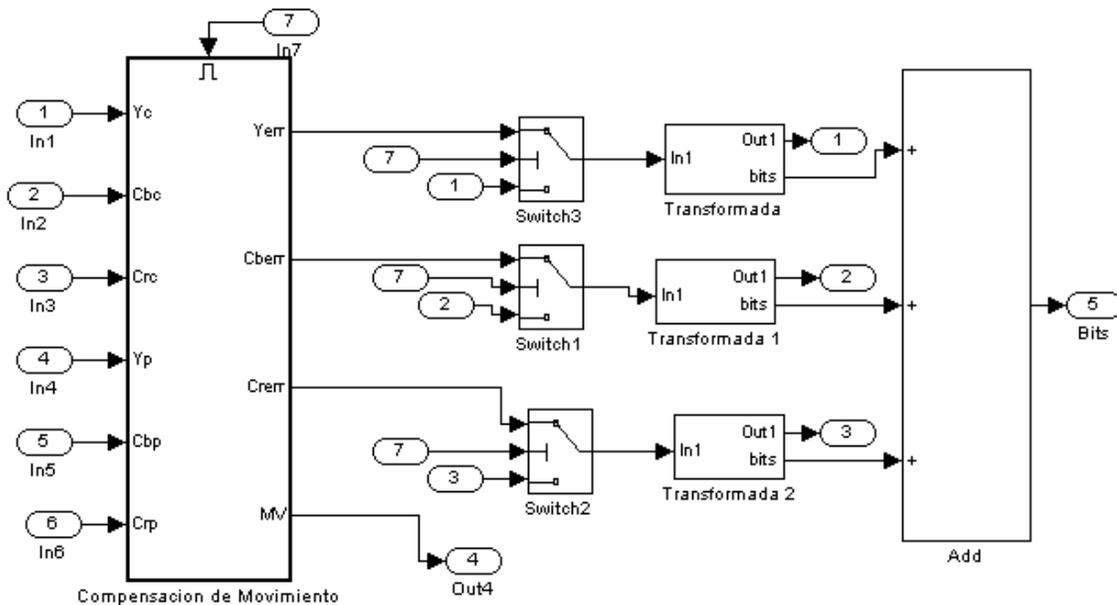


Fig. 13 Codificador de Video (simulink).

El primer paso en el proceso de compresión de las imágenes utilizando la recomendación H.263 es transformar las componentes de la imagen RGB en YCbCr. Con este set de bloques se pueden realizar las funciones de transformación directamente.

La figura 14 muestra el proceso de transformación de las componentes RGB de la imagen analógica las componentes YCbCr de la imagen digital.

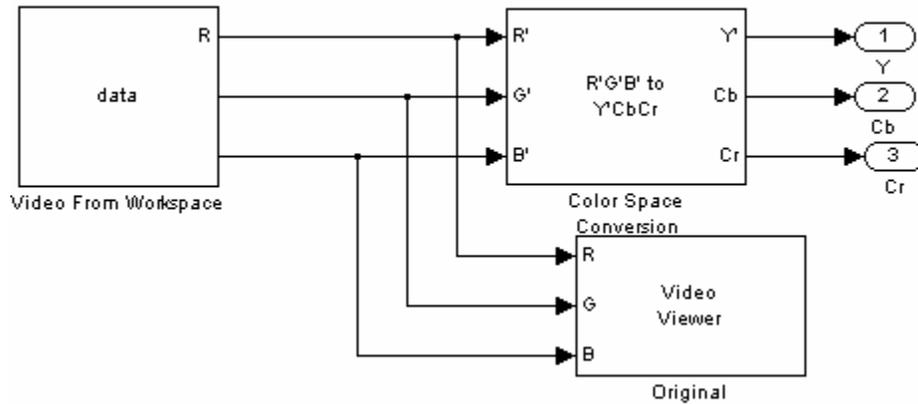


Fig.14 Conversión de la imagen de RGB a YCbCr.

El bloque denominado “data” es el encargado de importar la data del espacio de trabajo, ya que el programa Matlab realiza la captura de las imágenes desde el espacio de trabajo y para poder procesarlas es necesario trasladarlas al simulink. El bloque “RGB to YCbCr” como su nombre lo indica es el encargado de transformar las componentes de color rojo, verde y azul a las componentes de luminancia y las dos de crominancia.

El bloque “Video Viewer” para visualizar la imagen original y poder establecer luego una comparación con la imagen resultante de la compresión.

Después de tener la imagen en sus componentes de luminancia, y las 2 de crominancia se procede a la compresión. Para lograr una mayor compresión se va a utilizar compensación de movimiento tanto en el codificador como en el decodificador, ya que a pesar de no ser una aplicación que tenga una gran cantidad de movimiento se quiere reducir lo mas que se pueda la cantidad de data a transmitir.

El primer paso para reducir los bits que se van a transmitir es substraer o restar cuadros consecutivos, de manera que solo las diferencias o residuo sea codificado y transmitido. Esto quiere decir que las áreas del cuadro que no cambian, como por ejemplo el fondo no son codificadas nuevamente. El bloque de compensación de movimiento compara cada bloque de 16 x 16 píxeles (macrobloque) en el cuadro actual con el área que lo rodea del cuadro anterior e intenta encontrar las partes iguales. Para realizar este proceso se determina un vector de movimiento, el cual no es más que las diferencias

absolutas entre cuadros consecutivos. Dicho vector se determina con el bloque suma de diferencias absolutas (SAD *Sum of Absolute Differences*). El mismo es hallado para la componente Y o luminancia y es aplicado para las dos componentes de crominancia Cb y Cr. Se intentan encontrar las coincidencias entre este vector y el cuadro previo con el bloque “*selectmatch*” para así poder predecir el cuadro actual. Esta predicción es luego restada del cuadro entrante para obtener el error de predicción o diferencia de cuadros. Esta diferencia es la que se codifica y se envía al bloque de transformada discreta del coseno para lograr mayor reducción de los datos. Si este proceso es exitoso el macrobloque que se obtiene posee poca cantidad de información.

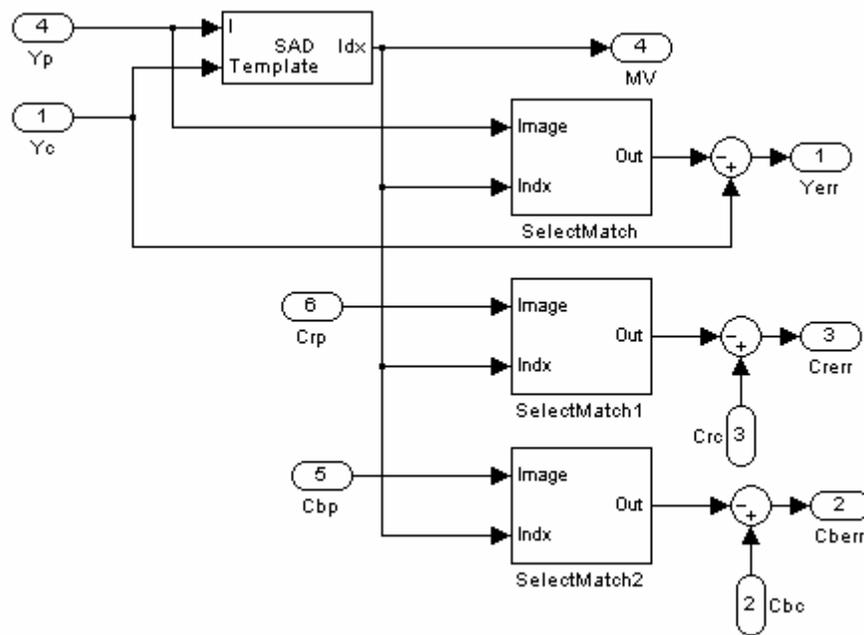


Fig.15 Compensación de movimiento

En el bloque de Transformada se realizan varios procedimientos:

- El primero es la aplicación de la transformada discreta del coseno, con lo cual se convierte un grupo de píxeles en un conjunto de coeficientes espaciales en frecuencia, ya que de esta forma se observa mejor la redundancia espacial.
- Seguido se realiza la selección de los coeficientes superiores que son los que llevan la información importante y necesaria para poder recuperar la imagen, los demás coeficientes pueden ser descartados ya que la mayoría no llevan casi información.

- Se procede luego a la cuantificación con lo cual se busca reducir el valor de los coeficientes cercanos a cero para que se necesiten menos bits para representarlos, lo que quiere decir que solamente pocos coeficientes distintos de cero son conservados. Esto se hace dividiendo cada coeficiente por un factor de escala y truncando el resultado. Es importante resaltar el proceso de cuantificación desecha información.
- Se realiza la exploración en zig-zag para de esta manera ordenar los coeficientes en una forma óptima para su posterior codificación. Por último se efectúa la codificación de longitud variable, donde los valores con mayor probabilidad de ocurrencia se les asigna un código de longitud pequeña y los valores con menos probabilidad de ocurrencia los códigos más largos. En el ambiente de matlab esto se realiza con el bloque bit pack.

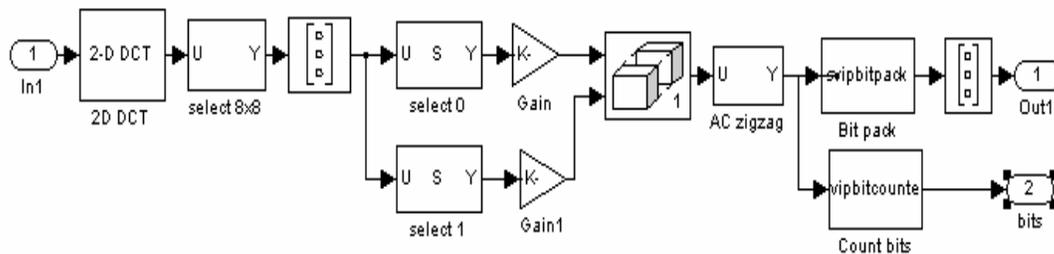


Fig.16 Bloque Transformada

El bloque de decodificación se encarga de realizar el proceso inverso al anterior.

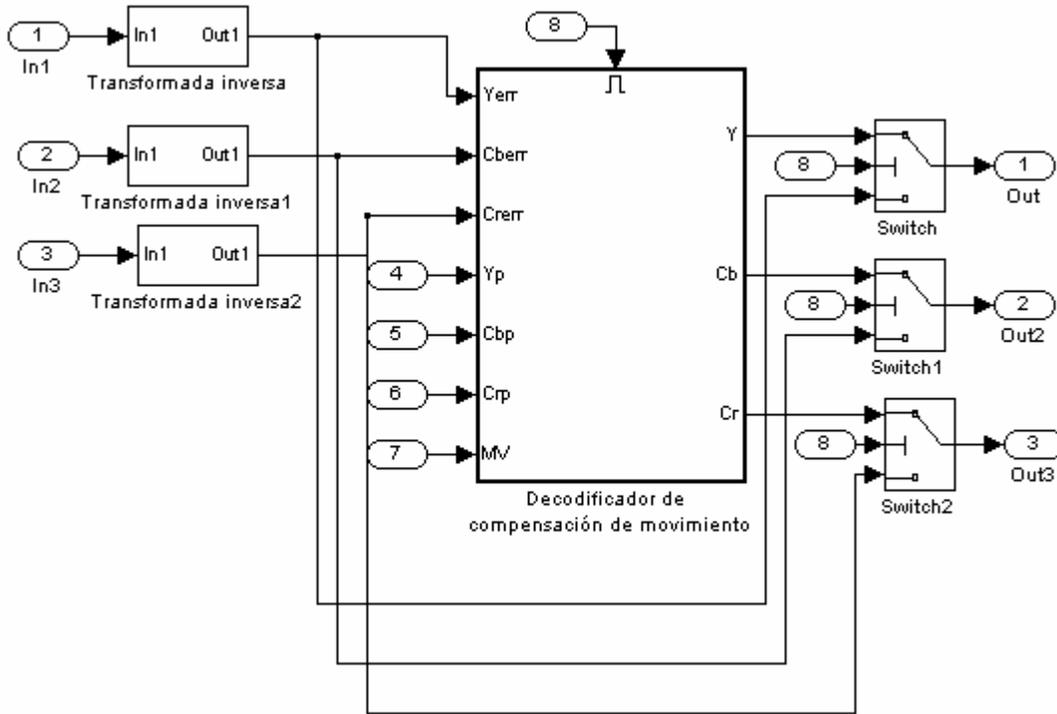


Fig.17 Diagrama de bloques del modelo de decodificador

El bloque transformada inversa recibe las señales, realiza la decodificación de los bits con el bloque “bit unpack”, inmediatamente los reordena nuevamente y los recuantifica, es decir les realiza el proceso inverso a la cuantificación, multiplicando por el mismo factor por el que se dividió al principio, sin embargo como en el proceso de cuantificación se aproximaron algunos valores es posible que no se recuperen los valores originales exactos, todo esto para luego aplicarles la transformada inversa del coseno y así recuperar la imagen original.

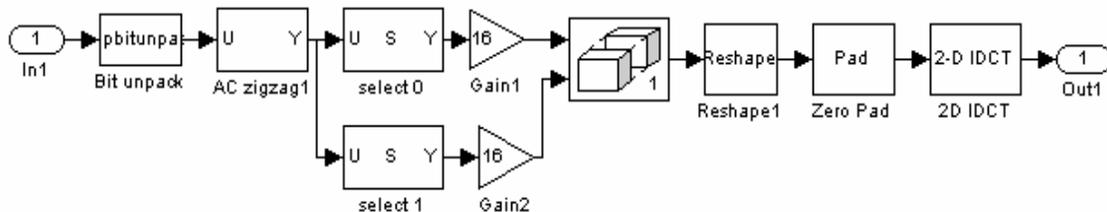


Fig. 18 Bloque transformada Inversa

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

“Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's” A.Sarras - USA

Estos bloques decodificados junto al vector de movimiento enviado desde el codificador entran al bloque de compensación de movimiento.

Aquí con el vector de movimiento se vuelven a encontrar las coincidencias en la imagen retardada y se obtiene el mismo cuadro que se predijo en el codificador, este cuadro es sumado al cuadro de entrada decodificado que no es más que la diferencia de cuadros y así se obtiene el cuadro original.

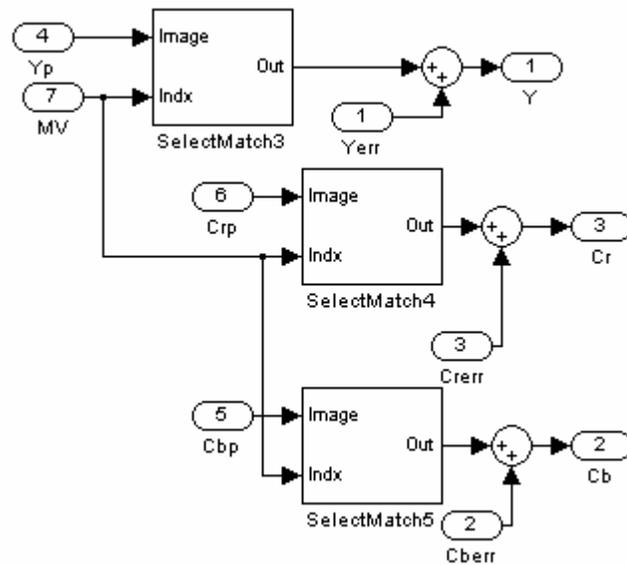


Fig. 19 Compensación de movimiento en el decodificador

De este proceso se obtienen las componentes YCbCr, de la imagen original, y estas son transformadas a componentes RGB y ya en estas componentes son enviadas al bloque correspondiente para su visualización.

El diagrama de bloques completo del códec se muestra a continuación

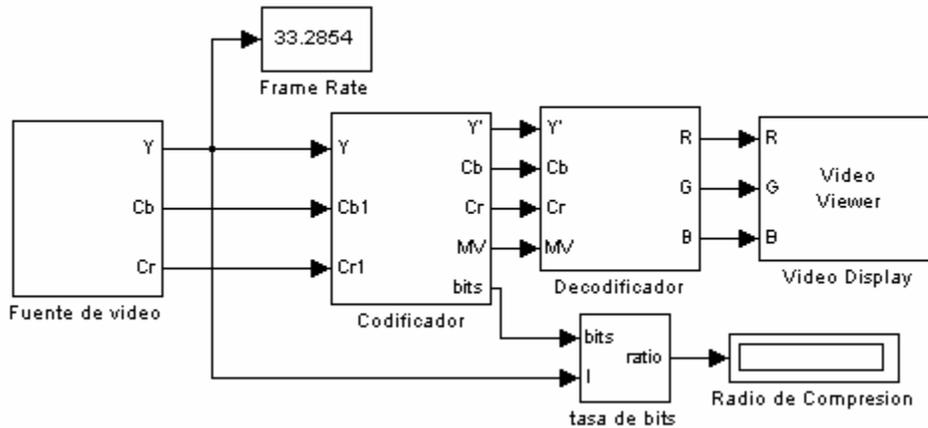


Fig.20 Modelo CÓDEC Matlab

El bloque tasa de bits mostrado en la Fig. 21 es el encargado de determinar el radio de compresión de las imágenes, el mismo realiza el cálculo de la tasa de bits de la imagen original mediante el procedimiento explicado anteriormente, multiplicando las dimensiones (alto y ancho) por el numero de bits utilizado para representar cada componente (8) y las 3 componentes y de la imagen comprimida, mediante la suma absoluta todos sus componentes y por ultimo divide estos valores, el resultado de esto es el radio de compresión.

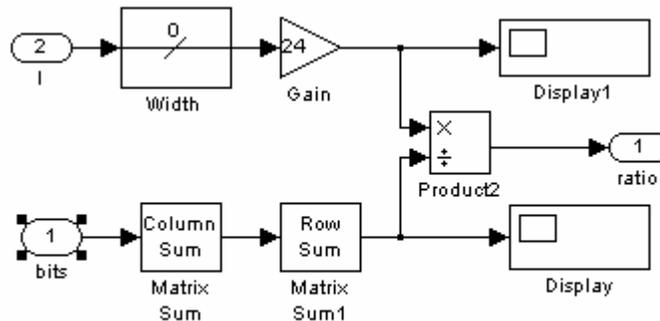


Fig.21 Tasa de bits

Las pruebas del códec se realizaron con los formatos CIF y QCIF, en estas pruebas inicialmente se quería comprobar el funcionamiento del códec, es decir que se pudiera recuperar la imagen original con una calidad suficiente para la aplicación, también se verificó la velocidad de los datos, porque este factor es de gran importancia en la transmisión.

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

Para ambos formatos se colocaron inicialmente 3 cuadros por segundo.  
QCIF:

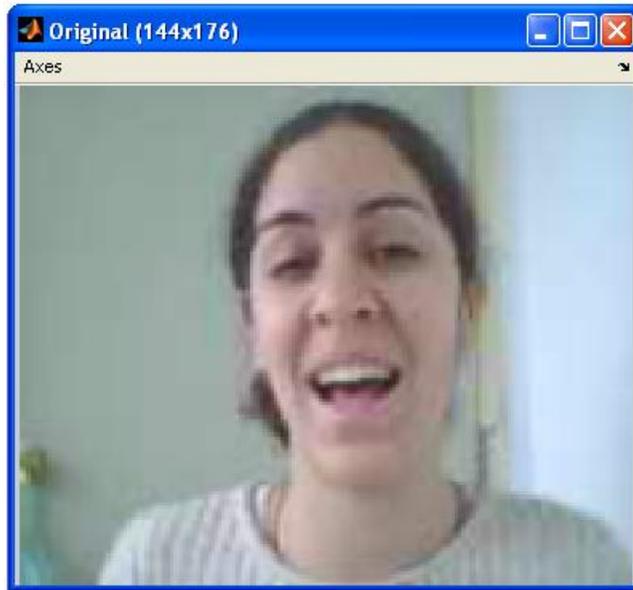


Fig. 22 Imagen Original QCIF

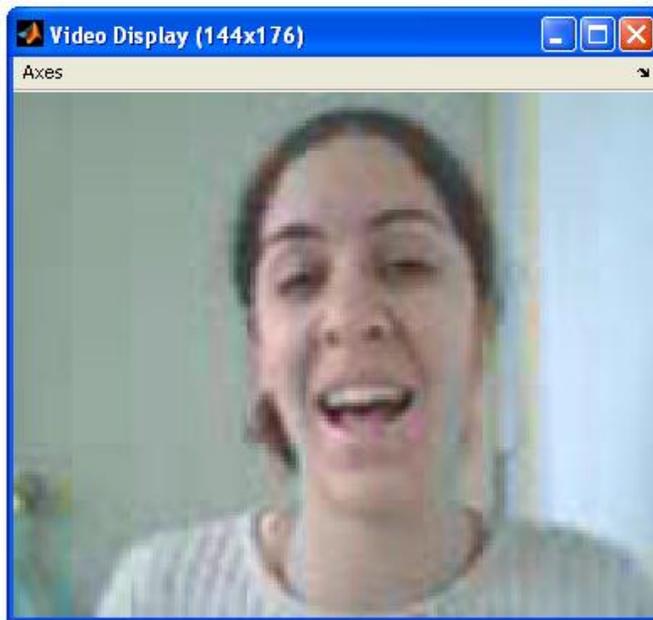


Fig.23 Imagen recuperada QCIF.

Se recupera la imagen original y como se puede observar la misma posee una calidad más baja que la de entrada, debido al proceso de compresión que como ya se

**pdfMachine** - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

explicó tiene pérdida de información, a pesar de esto en la imagen recuperada se puede ver claramente los detalles importantes de la imagen original. Este formato trae como ventaja que ocupa poco ancho de banda ya que la imagen cuando esta comprimida tiene un promedio (ya que en cada cuadro varia) de 28042 bps, lo cual es bastante bajo ya que la imagen sin comprimir ocupa 608256 bps, lo que nos da un radio de compresión de 21,7. Claro esto debe multiplicarse por los 3 cuadros por segundo que se quieren transmitir y quedaría 84126bps. La desventaja es que la calidad final de la imagen es baja.

CIF

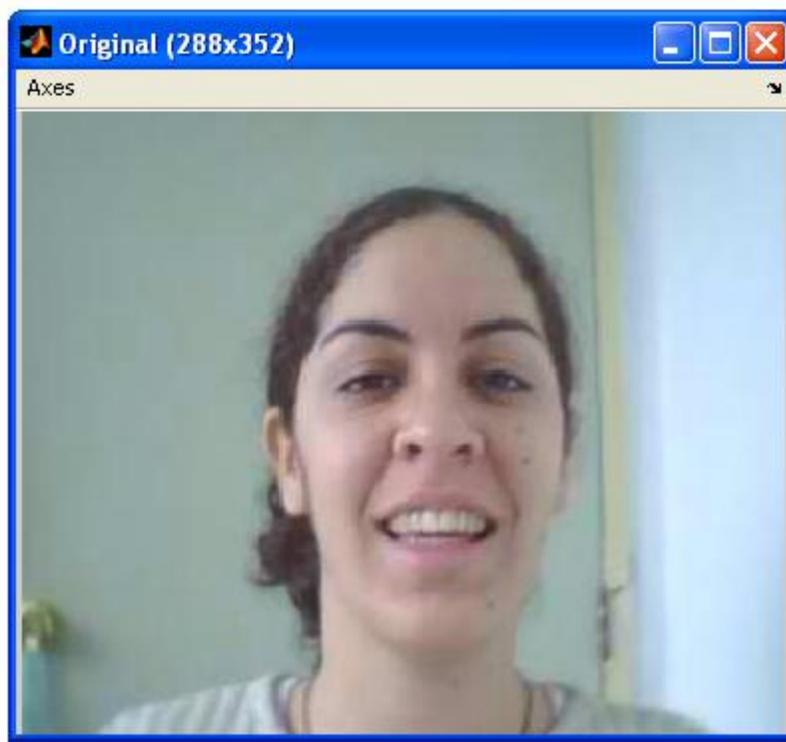


Fig.24 Imagen Original CIF

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

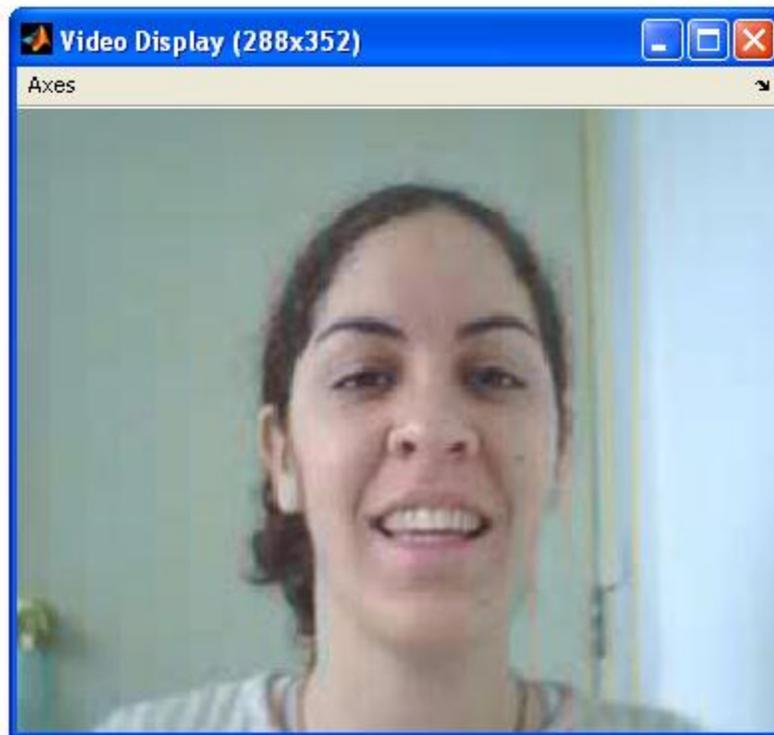


Fig.25 Imagen recuperada CIF.

Se recuperó la imagen original nuevamente, se vuelven a percibir pequeñas diferencias entre la imagen original y la imagen después de la compresión. En este caso la imagen comprimida tiene un promedio de 96020bps y la original 2433024 bps lo que nos da un radio de compresión de 25. Como en el caso anterior al momento de transmitir se debe multiplicar esta cantidad por los 3 cuadros que se quieren enviar y se obtiene 288060bps.

Para poder realizar una comparación entre ambos formatos se hizo uso de la Rec. UIT-R BT.500, la cual especifica un método subjetivo de medición de la calidad de las imágenes. Dicho método denominado DSCQS (*Double Stimulus Continuous Quality Scale*) se basa en la observación de las imágenes por un mínimo de diez (10) personas no familiarizadas con la compresión de imágenes y su posterior evaluación de las mismas. [21]

El procedimiento para realizar dicha evaluación fue el siguiente:

1. Se seleccionaron al azar veinte (20) personas que no fueran expertos en la compresión de imágenes.[21]

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

2. Se les facilitó la hoja de evaluación (incluida en los anexos), la cual contenía cinco (5) grados de calidad de imagen diferente desde excelente hasta muy mala y se les explico como llenar la misma.[21]
3. Se le mostraron las secuencias de imágenes, primero la original y después la comprimida en formato QCIF y luego en formato CIF, sin decirles cual era la original ni la comprimida. Dos veces cada una.[21]

Los resultados son los siguientes:

Tabla 3. Medición subjetiva de la calidad del video.

Calidad	QCIF (Original)	QCIF (Recuperada)	CIF (Original)	CIF (Recuperada)
Excelente	-	-	14	4
Buena	15	12	6	13
Regular	5	8	-	3
Mala	-	-	-	-
Muy mala	-	-	-	-

Los resultados muestran que el formato CIF tiene una calidad superior al formato QCIF. Se observa también que las imágenes recuperadas en ambos casos tienen una calidad inferior a la original como se esperaba por las pérdidas en la compresión. Sin embargo ambos formatos muestran una calidad de buena a regular en el caso de QCIF y de buena a excelente en el CIF lo cual cumple con las necesidades de la aplicación deseada..

Si tomamos en cuenta la calidad entre ambos formatos la decisión sería transmitir con el formato CIF, pero hay que tener en cuenta el factor del ancho de banda, que al final será el que determine cual formato se utilizará y también cuantos cuadros se van a poder transmitir.

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

# CAPÍTULO IV

## ESTUDIO DEL MÉTODO DE TRANSMISIÓN DE LA DATA

### 4.1 Modulación QAM

Para la transmisión de la data se quiere utilizar la misma instalación o par telefónico pero no en la banda vocal, se pretende utilizar la banda de frecuencias que va desde 4kHz hasta 25kHz, ya que de esta manera no se interfiere ni con la voz, ni con los datos de las personas que tengan el servicio ADSL.

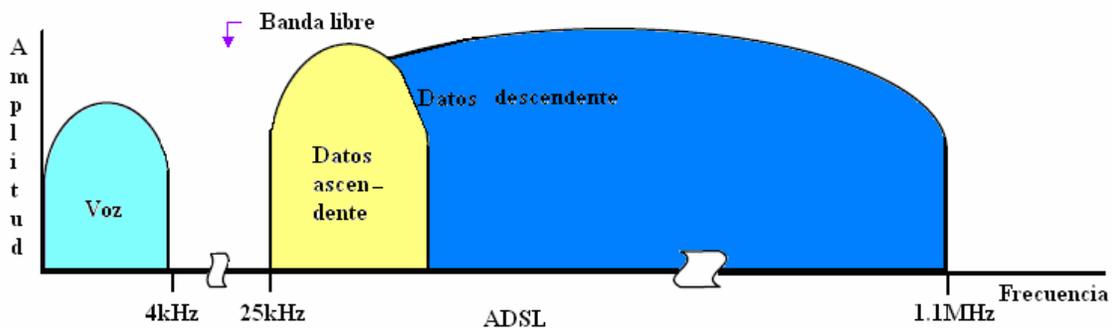


Fig. 26 Distribución del espectro de frecuencia

Debido a esto es necesario modular o trasladar la señal hasta este espacio libre de frecuencia. La modulación a realizar debe ser robusta a las degradaciones que introduzca el canal debido a que el tipo de data que se quiere enviar es sensible a los errores, además debe hacer un uso eficiente del ancho de banda ya que el mismo es limitado. Por estas razones mencionadas la modulación que se propone realizar es la QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*). Los MÓDEM V.34 utilizan este tipo de modulación, y las tecnologías xDSL se apoyan en ella que son transmisiones por la línea telefónica. [12]

La modulación QAM es un tipo de modulación digital en la que el mensaje está contenido en la amplitud y en la fase de la señal transmitida. Se basa en la transmisión de dos mensajes distintos por un mismo camino. Esto es posible porque una de las señales

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

modula linealmente la envolvente de una señal coseno mientras que la otra modula independientemente la envolvente de una señal seno. [12]

La señal QAM general se puede describir con la siguiente ecuación:

$$s(t) = x(t) \cos(\omega_c t) - y(t) \sin(\omega_c t) \quad (3)$$

Donde  $\omega_c = 2\pi f_c$ , siendo  $f_c$  en este caso igual a  $f_c = 14,5\text{kHz}$ , la frecuencia central del espectro disponible.

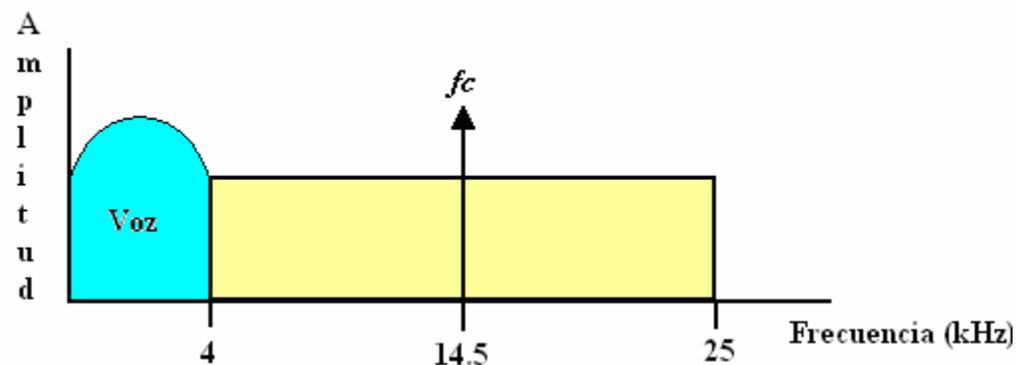


Fig.27 Espectro disponible

Un esquema general del modulador QAM se muestra en la siguiente figura:

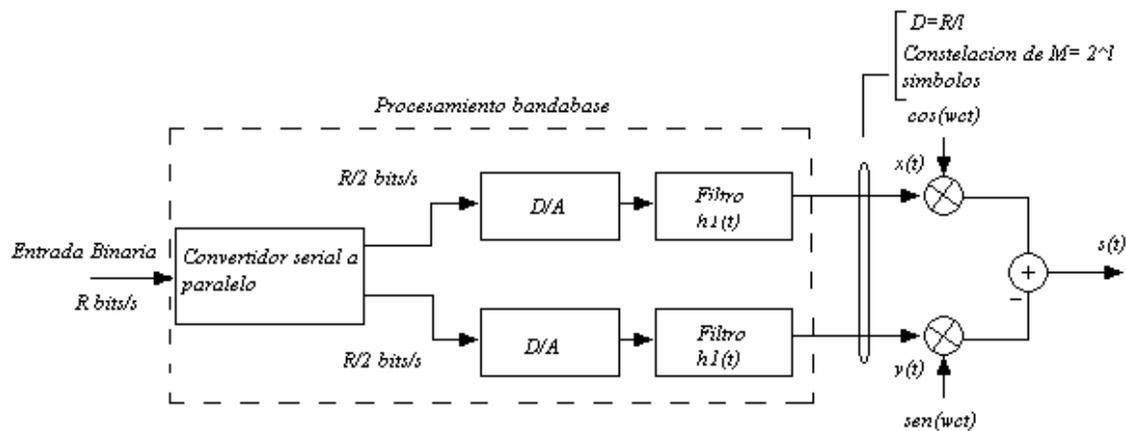


Fig. 28 Modulador QAM

**pdfMachine** - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

En este modulador los datos entran en forma serial con una velocidad de R bits/s y son convertidos a paralelo para luego agruparlos en dos señales de R/2 bits/s cada una y formar palabras de “l” bits, el convertidor digital a analógico se encarga de seleccionar uno de los  $M=2^l$  posibles símbolos, a la salida los símbolos se producen a una velocidad  $D = R/l$  baudios. [14]

Luego de esto se realiza la modulación en cuadratura. Las formas de onda de x e y están representadas por las ecuaciones 4 y 5 respectivamente:

$$x(t) = \sum x_n h_I(t - n/D) \quad (4) \qquad y(t) = \sum y_n h_I(t - n/D) \quad (5)$$

Donde  $h_I$  es la forma del filtro de transmisión utilizado para cada símbolo. Si no se requiere que se limite el ancho de banda de la señal QAM, la forma del filtro será rectangular con duración  $T_s$ , sin embargo en la mayoría de las aplicaciones el medio de transmisión es de banda limitada como en este caso por lo que el filtro  $h_I$  se tiene que seleccionar de forma tal que la interferencia entre símbolos sea insignificante. Una forma de filtro que cumple con esta premisa es el filtro reductor coseno levantado. [14]

Con este filtro el ancho de banda absoluto de transmisión de la señal QAM de M niveles se determina mediante la ecuación 6:

$$B_t = \frac{(1+r)}{1} R \quad (6)$$

Donde r es el factor de reducción del filtro. [14]

Como  $M=2^l$ , lo que implica que  $l = \log_2 M = \ln M / \ln 2$ , la eficiencia espectral de la modulación QAM con filtración coseno levantado es el mostrado en la ecuación 7:

$$\eta = \frac{R}{B_t} = \frac{\ln M}{(1+r)\ln 2} \frac{\text{bit/s}}{\text{Hz}} \quad (7)$$

Este resultado es de gran importancia porque indica la rapidez con la que se puede enviar una señal con un ancho de banda determinado. De esta ecuación se puede observar que aumentando el número de niveles aumenta la velocidad de transmisión, sin embargo, no se puede aumentar indefinidamente dicho número debido al ruido presente en el canal, que haría más complicada la posibilidad de distinguir entre los símbolos.[14]

#### 4.2 Calculo de ancho de banda para los formatos QCIF y CIF

Para el caso en estudio el ancho de banda que se tiene es de 21kHz, y se quiere utilizar 16QAM que es usada con frecuencia en los MÓDEM telefónicos.

Los dos formatos a considerar para transmitir la imagen son QCIF y CIF. Para el formato QCIF tenemos que la velocidad de un cuadro es aproximadamente 28kbps, si se quieren transmitir 3 cuadros se tiene que la  $R = 84000$ bps. Para el formato CIF la velocidad de un cuadro es 96kbps, por lo que tres cuadros la  $R = 288$ kbps. Ahora colocando estos valores en la ecuación del ancho de banda para distintos valores de  $r$  se genera la siguiente tabla:

Tabla 4. Ancho de Banda (kHz) de los formatos QCIF y CIF

Formato	Número de niveles M	l(bits)	r= 0	r=0.1	r=0.25	r=0.5	r=0.75	r=1
QCIF	16	4	21	23.1	26.25	31.5	36.75	42
CIF	16	4	72	79.2	90	108	126	144

Como es lógico el menor ancho de banda se logra con el factor de reducción mínimo y con el formato QCIF. Al observar esta tabla nos damos cuenta que el formato que se adapta a las condiciones que se tienen es el QCIF, ya que el formato CIF necesita un ancho de banda mayor al disponible, claro está se pudieran aumentar el número de niveles si se quiere reducir más el ancho de banda y utilizar el formato CIF pero como se mencionó anteriormente el número de niveles no se puede aumentar indiscriminadamente porque el ruido en el canal haría muy difícil para el receptor el reconocimiento sin errores de cada símbolo. En el anexo 2 se encuentra la curva de la probabilidad de error versus relación señal a ruido para varios niveles de modulación QAM en la cual se observa con

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

claridad lo mencionado anteriormente. Sin embargo si se hace un breve cálculo del ancho de banda de estos dos formatos para niveles superiores como 32 y 64 y dejando el factor de reducción del filtro en cero, se observa lo siguiente:

Tabla 5. Ancho de Banda para M mayor

Formato	Número de niveles M	l(bits)	B(kHz)
QCIF	32	5	16.8
QCIF	64	6	14
CIF	32	5	57.6
CIF	64	6	48

El formato QCIF sigue siendo el óptimo en cuanto a utilización del ancho de banda disponible, ya el CIF sigue ocupando un espacio mayor a 21kHz por lo que se hace imposible transmitir tres cuadros en este formato. Intentar transmitir menos cuadros podría ser otra opción pero transmitir dos o un cuadro no es lo que se quiere ya que no resultaría tan atractivo para el usuario.

### 4.3 Capacidad del canal.

Shannon en 1948, 1949 demostró que la capacidad de un canal  $C$  (bits/s) se podrá calcular de tal modo que si la velocidad de transferencia de información  $R$  (bits/s) fuera menor que  $C$  (en el caso de ruido blanco gaussiano), la probabilidad de errores en la transmisión tendería a cero. [14]

La ecuación para  $C$  es:

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) \quad (8)$$

Donde  $B$  es el ancho de banda del canal en Hertz y  $S/N$  es la relación señal a ruido en la entrada del receptor. [14]

Ahora al utilizar esta ecuación con el resultado anterior para el formato QCIF, modulando con 16QAM podemos obtener la relación señal a ruido necesaria para que haya una transmisión sin errores, esto se logra con la condición mencionada de que:

$$R < C$$

Siendo  $R = 84\text{kbps}$  y  $B = 21\text{kHz}$  se obtiene que la relación señal a ruido debe ser mayor a:

$$\frac{S}{N} > 12\text{dB}$$

Es importante resaltar que este es un valor mínimo, es decir, no es un parámetro fijo, simplemente con este número se asegura una transmisión con tendencia a no tener errores. Se recomienda utilizar un valor superior a este límite ya que en la práctica los sistemas se ven afectados por muchos factores externos que pueden interferir en la transmisión.

#### 4.4 Recuperación de la señal QAM

La figura 29 muestra el esquema del receptor QAM. El filtro pasabanda elimina las componentes de ruido que están fuera de banda, la función del bloque de recuperación de portadora es detectar y regenerar una señal de portadora que es coherente, tanto en frecuencia como en fase, con la portadora del transmisor original.

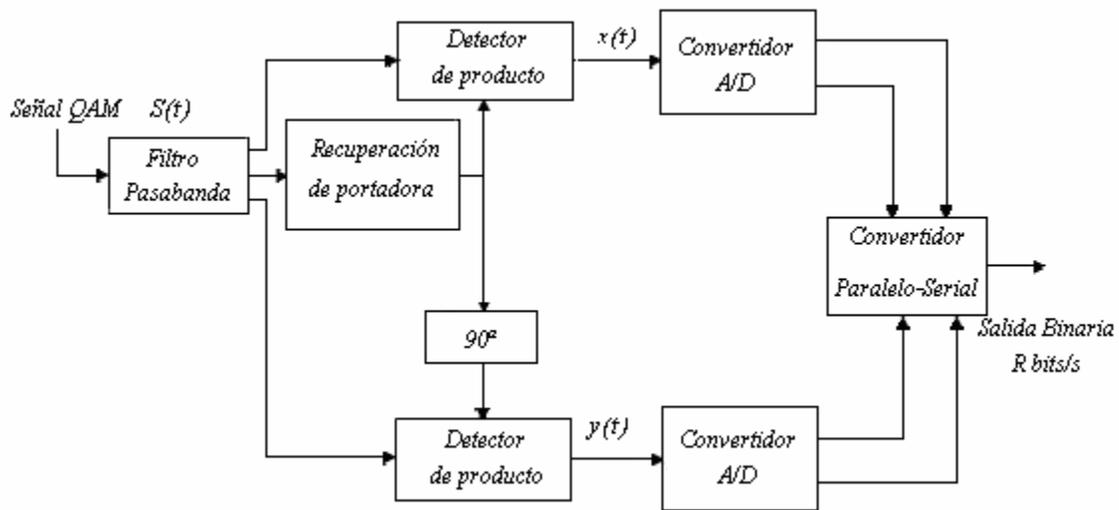


Fig.29 Receptor QAM

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

El bloque Detector de Producto es un circuito que convierte descendentemente la señal pasabanda en señal bandabase. Esta conformado por un oscilador y un filtro pasabajas. La frecuencia del oscilador es la misma frecuencia portadora de la señal de entrada por lo que es oscilador está sincronizado en frecuencia con la señal de entrada y las entradas a este bloque son la portadora recuperada y la señal QAM, la salida es el producto de estas dos señales, y el filtro pasabajas solo deja pasar el término de conversión descendiente. En la figura 30 se muestra un detector de producto. [14]

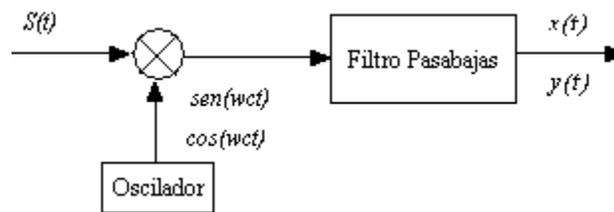


Fig.30 Detector de Producto

El convertidor analógico digital recupera o decodifica los 4 niveles de señal y los convierte en señal binaria nuevamente, y por ultimo el convertidor paralelo serie regresa los datos a su forma serial original para que sean enviados al decodificador de video. [14]

Para los filtros tanto pasabanda como pasabajas se sugiere la utilización de filtros Butterworth ya que estos se caracterizan por tener una respuesta plana en la banda pasante. La función de transferencia de un filtro Butterworth pasabajas es la siguiente: [14]

$$H(f) = \frac{1}{\sqrt{1 + (f/fb)^{2n}}} \quad (9)$$

Donde  $n$  es el orden del filtro y  $fb$  es la frecuencia de corte.

El filtro pasabanda colocado además de eliminar las componentes de ruido que se le añadieron a la señal en su trayecto por el canal, tiene la función de rechazar las otra señales que están viajando también por el par, como las señal de voz y en algunos casos

las de datos. Por esta razón es de suma importancia la colocación de este filtro en la entrada del receptor.

Los filtros pasabanda generalmente son implementados colocando en serie un filtro pasabajas con uno pasaalto ya que las funciones de transferencia y las ecuaciones de estos últimos son menos complicadas que las de los filtros pasabanda. [14]

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

# CAPÍTULO V

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DETALLES DE IMPLEMENTACIÓN

En la presente investigación se describió un modelo de códec de video, además de un método de modulación para la transmisión del mismo a través del cable o par telefónico. En este capítulo se pretende describir los detalles más importantes a tomar en cuenta para realizar la implementación del sistema de transmisión de data codificada, además de realizar un pequeño estudio de otros sistemas de video vigilancia para comparar sus características técnicas con el sistema que se quiere realizar para poder evaluar si es factible la implementación del mismo.

### 5.1 Detalles de implementación

Los detalles más importantes de la implementación del sistema de transmisión de data codificada son el costo, el tamaño físico del terminal y la calidad del sistema. Se quiere implementar un sistema que sea accesible y atractivo a los clientes residenciales que posee la empresa

Todas estas cuestiones están íntimamente relacionadas ya que el costo de los componentes que se utilicen para realizar los equipos determina en gran parte el tamaño de los mismos y consecuentemente la calidad del producto. Como se ha mencionado anteriormente el procesamiento del video requiere una gran cantidad de memoria y poder de procesamiento lo que le añade un costo adicional al terminal.

Generalmente lo que se hace en estos casos es utilizar un circuito integrado que realice las funciones de procesamiento del video, y otro que realice las operaciones de modulación y transmisión. [15]

Según la publicación “Hardware-Software co-implementation of a H.263 Video Codec” de la IEEE incluida en los anexos, se recomienda mediante un estudio a fondo de cada uno de los módulos o bloques funcionales del códec H.263 una implementación que tenga una parte de hardware y una parte de software. En dicha publicación se deja en claro que para que el códec sea flexible y tenga una rápida velocidad de procesamiento es

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

“Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's” A.Sarras - USA

necesario que las diferentes tareas del mismo (compensación de movimiento, DCT, codificación de longitud variable, etc.) sean repartidas y que además se complementen entre ellas. [16]

Con respecto al tamaño físico se quiere que el terminal no ocupe demasiado espacio, es decir, que sea lo más pequeño posible y lo más cómodo para el usuario manejar, aproximadamente de dimensiones 18cm de largo, 13cm de alto y 8cm de ancho, de manera que el mismo pueda ser colocado fácilmente en cualquier sitio y conectado al monitor o televisor respectivo para la visualización de las imágenes!

Es deseado que el terminal posea la mayor compatibilidad e interfaces de uso actual, para que posea conectividad con equipos comunes como monitores y videocámaras principalmente.

## **5.2 Posibles escenarios de implementación del sistema de transmisión de data codificada H.324.**

La empresa T.E.E posee distintos tipos de clientela, por lo cual, es necesario realizar un breve estudio de los posibles escenarios que se pueden presentar para cada tipo de cliente. En el caso de los clientes residenciales que posee la empresa, que son el objetivo de este proyecto se tiene dos tipos de usuarios a los que se les debe dar trato diferente. A continuación se especifica las diferencias entre los usuarios y el producto que se le estaría ofreciendo a cada uno.

### **5.2.1 Escenario 1**

El primer escenario que se presenta es aquel en el cual el cliente posee servicio de Internet ADSL. Generalmente la empresa que provee el servicio de Internet proporciona además del MODEM, un divisor de frecuencias y un filtro pasabajas. Estos últimos pueden ser de utilidad para la implementación del sistema de transmisión en estudio, como veremos a continuación.

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

La figura 32 muestra un diagrama con la posible conexión del sistema a los usuarios con servicio de Internet ADSL

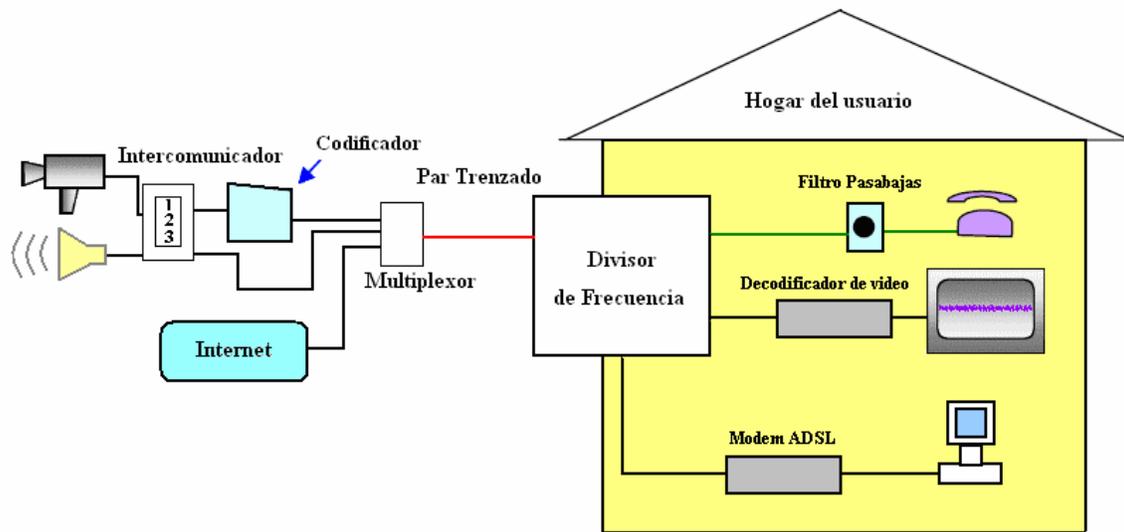


Fig. 32 Diagrama de conexión usuarios con servicio de Internet ADSL

Es bueno recordar que este sistema se estaría implementando en edificios, este diagrama representaría lo que viene a ser el apartamento de un usuario. Teniendo esto en cuenta lo que se le estaría ofreciendo a los residentes del edificio sería el codificador de video que realizaría la función de codificación, compresión y modulación de la data y el multiplexor tendría la función de colocar la data en forma serial para que pueda ser transmitida por el par telefónico, siendo estos dos instalados en la parte de abajo del edificio preferiblemente en la caseta del vigilancia o un sitio cerrado y seguro. A cada persona en particular se le suministraría el decodificador el cual realizaría el proceso inverso al codificador. El divisor de frecuencias mostrado en la figura anterior (suministrado generalmente por la empresa prestadora del servicio de Internet) está conformado por dos filtros uno pasabajas el cual deja pasar solamente la señal de voz (0-4kHz) y otro filtro pasaalto el cual deja pasar las señal de datos (25kHz-1MHz), cabe recordar que el decodificador de video posee un filtro pasabanda el cual se encargara de dejar pasar sólo la señal deseada.

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

## 5.2.2 Escenario 2

En la figura 33 se muestra el escenario número 2, el cual es el caso de los usuarios que no poseen servicio de Internet, a estos usuarios se les tendrá que proveer además del codificador y decodificador de video, del demultiplexor que separe las señales y de un filtro pasabajas colocado antes del equipo telefónico que solamente deje pasar la señal de voz y que evite interferencias entre ambas señales. Como ya se ha dicho el decodificador de video posee el filtro pasabanda necesario para recuperar la señal de video.

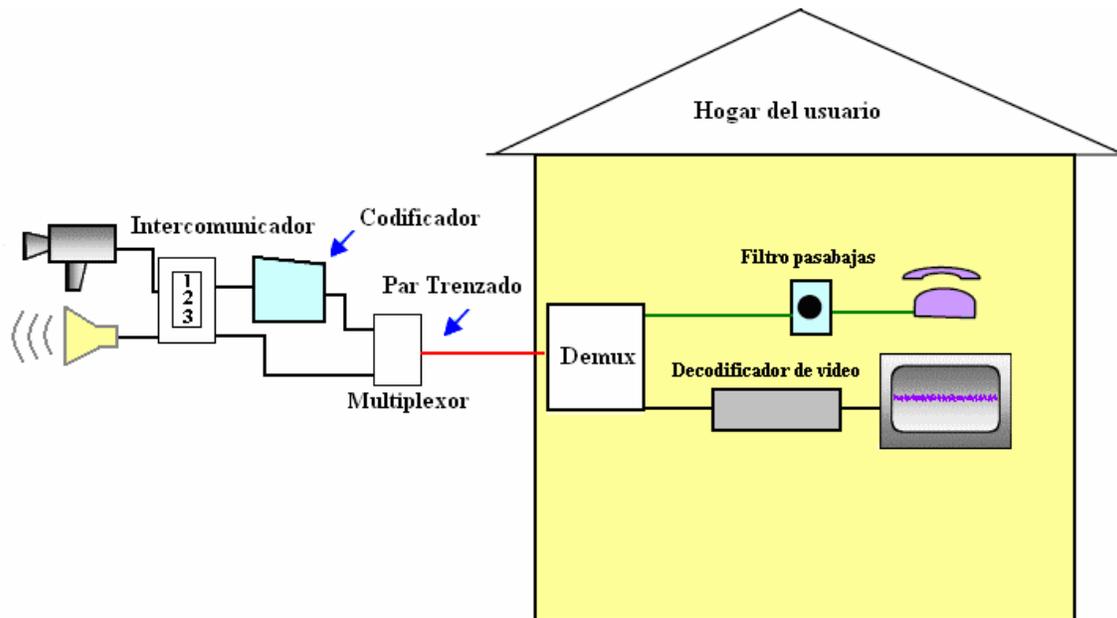


Fig.33 Diagrama de conexión usuarios sin servicio de internet ADSL

Como se puede ver en ambos escenarios se está utilizando la misma infraestructura utilizada para el intercomunicador tradicional de voz para la transmisión de las imágenes, lo cual significa un ahorro en cables adicionales que era uno de los objetivos de la empresa. Además el usuario no tendrá que realizar ningún cambio mayor en su hogar ya que los cambios más importantes (como la instalación del multiplexor) los realizarían los técnicos especializados de la empresa sin que el cliente sienta un impacto en los servicios que actualmente posee.

### 5.3 Estudio de las tecnologías existentes.

Para poder establecer una comparación entre el servicio que se quiere implantar y otros servicios ya existentes y en el mercado primero debemos conocer dichos servicios, sus características más resaltantes, técnicas, aplicaciones, ventajas y desventajas.

#### 5.3.1 Circuito Cerrado de Televisión (CCTV).

Tecnología de video vigilancia utilizada para monitorear y/o supervisar una diversidad de ambientes y actividades. Se denomina circuito cerrado porque al contrario de lo que pasa en la difusión, todos sus componentes están enlazados. Además, este un sistema pensado para un número limitado de espectadores, a diferencia de la televisión convencional. [17]

Los sistemas tradicionales CCTV requieren una infraestructura separada que utiliza usualmente cable coaxial para la transmisión, elementos captadores de imagen (cámaras), elementos reproductores de imagen (monitores), elementos grabadores de imagen y adicionalmente se pueden colocar sensores de movimientos los cuales permiten detectar si se ha producido algún movimiento en una parte determinada de la imagen. . [17]

Aplicaciones del circuito cerrado de TV:

- Sistema utilizado generalmente por grandes empresas no sólo para la seguridad sino también para el control de personal o de zonas en las cuales las condiciones ambientales no permiten el fácil acceso a las mismas. [17]
- CCTV reduce la posibilidad de que personas no autorizadas puedan acceder a informaciones confidenciales de la empresa o industria tales como parámetros de control de procesos, firmas de acuerdos importantes, entre otras cosas. [17]
- Muchas localidades pueden ser monitoreadas simultáneamente por una persona desde una posición central de seguridad. Esto puede permitir seguir la ruta de una persona o vehículo desde el momento que ingresa a las instalaciones hasta su destino central y así tener la posibilidad de interceptarlo por las fuerzas de seguridad. Además, el uso de

sistemas CCTV elimina la necesidad de que guardias tengan que hacer rondas a localidades remotas. [17]

### 5.3.2 Video Server.

Es un convertidor de video avanzado que digitaliza señales analógicas y distribuye imágenes digitales sobre una red de computadoras basadas en IP, (LAN/intranet/Internet). [18]

Es fácil de mantener el video Server en buen estado y simplifica el monitoreo en vivo, la configuración y el control del sistema. La interfaz permite un acceso explorador Web y provee un monitoreo inteligente y estable en cualquier cobertura de la red LANs y WANs. Para monitoreo centralizado, video Server brinda una solución para vigilancia múltiple y control de administrar numerosas cámaras de suscriptores. Puede almacenar la grabación en un disco duro extraíble o memoria portátil. Además de verse a través de red por Internet también se puede ver por PDA (*Personal Digital Assistant*) o en un móvil 3G. [18]

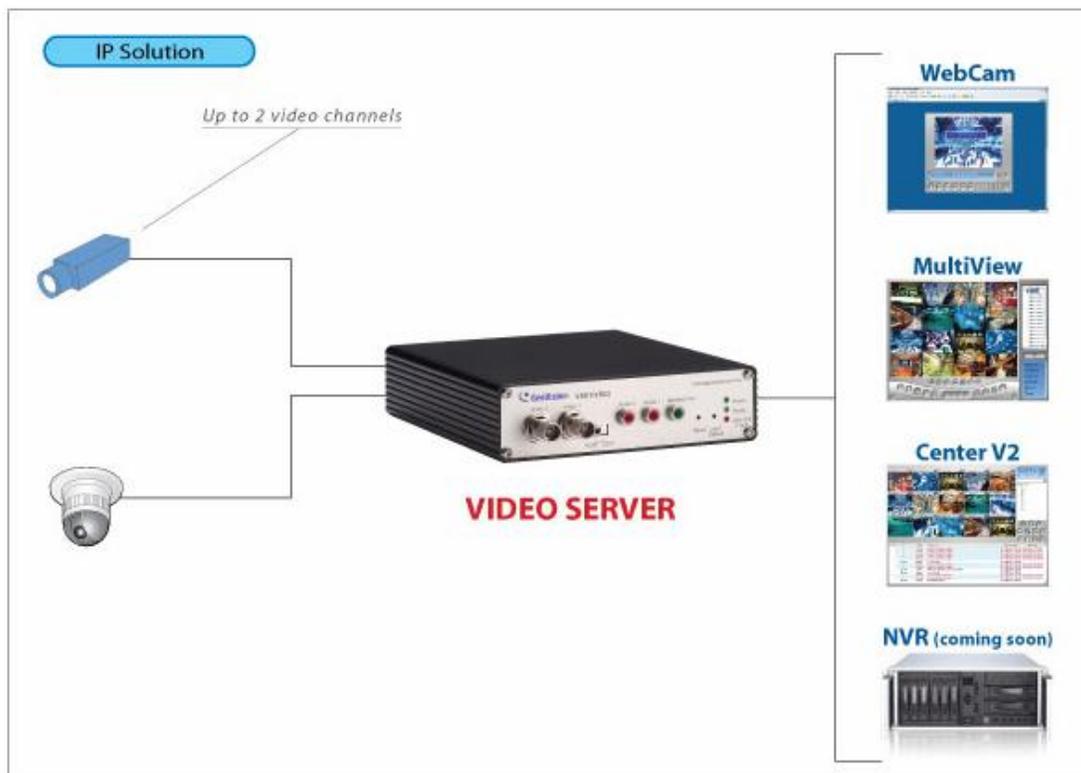


Fig. 34 Diagrama del Video Server

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

### 5.3.3 VIT DS-324 sistema profesional:



Fig. 35 Modelo del VIT DS-324 Arix Telecom

Familia de productos profesionales de Videoconferencia a través del televisor diseñados para proveer conexiones de Videoconferencia utilizando tanto líneas telefónicas digitales (RDSI), como analógicas (RTPC). Los equipos tienen un dispositivo independiente que se controla desde un control a distancia inalámbrico. Estos productos incluyen una cámara integrada, un módem analógico V.34 con velocidad de hasta 33,6kbps, un canal síncrono de línea digital y conexiones a 128kbps y un sistema RF de sonido e imagen. Una Unidad Central de Proceso (CPU) controla el sistema operativo integrado. Todos los equipos están disponibles en versiones NTSC y PAL. [19]

#### **Características:**

- Códec, Módem y cámara incorporados, telemando para control, adaptador de corriente, cable RJ-11 con conectores, cable euro conector, Cable RS232 para conexión al módem digital de 128kbps, MÓDEM digital a 128 kbps.[19]
- Estándar de conferencia ITU H.324, H.263/H.261. [19]
- Video: CIF: 352 x 288 píxeles, QCIF 176 x 144 píxeles, Registro de movimiento de Hardware, PB Frames, Filtro espacial y temporal. Procesador de 67MHz, G.723/G.728 con supresión de silencio. [19]
- Módem analógico V.34. Hasta 33,6kbps, Modo Síncrono, Control de Protocolo V.8 bis, Sensibilidad a -48dBm, RDSI Modos Síncrono/Asíncrono 56/112/128kbps. [19]
- Control de sistema. [19]
- CPU Dedicada de 32 bit: Encriptación interna de software, 1024 kbytes FLASH, 512 kbytes SRAM, 4-16 kbytes NVRAM, Actualización remota de software. [19]

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

- Cámara CCD (*Charge- Coupled Device*). [19]
- Interfaz de usuario. [19]
- Programación en pantalla por teclas con el control inalámbrico: marcado automático, marcado manual, directorio en pantalla, directorio telefónico. Definición de la configuración de video, configuración de audio, configuración de cámara, configuración de línea telefónica. [19]
- Fuente de energía y uso. [19]
- Adaptador AC, Conector DIN, Entrada 220VAC, 50Hz, 40 W, Salida 9,6 VAC, 2,5 A, UL CSA Listed, 5W Standby, 13 W al activarse. [19]

### 5.3.4 VIT 5000 Videoteléfono



Fig. 36 Videoteléfono VIT 5000

Muy fácil de instalar. Utilización familiar. La resolución y velocidad de las imágenes se pueden ajustar para la mayor comodidad. El tiempo de conexión de video más rápido del mundo. Es un teléfono con toda una serie de funciones (agenda, manos libres, control de volumen, diferentes tonos, alarma, privacidad) y además es un videoteléfono que permite que nos veamos añadiendo a todas las funciones anteriores la de respuesta automática activando el video. Programado se activa automáticamente. Se conecta con cámara externa y sirve para vigilancia. Se conecta a un monitor externo. La imagen tendrá el tamaño de la pantalla del TV. El costo de la llamada videotelefonía es el mismo que el de la llamada telefónica. Se graba la videoconferencia conectando un reproductor de video. [19]

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

## Características

Tarda de 10 a 15 segundos en conectarse después de solicitar la comunicación del video. Agenda para 30 números, Registro de llamadas, Alarma. Entrada y Salida para video/Audio externos. Ver la imagen a través del TV. Transmitir la imagen de una videocámara. Supervisión (vigilancia remota). Una seguridad para supervisar su hogar cuando está de vacaciones. Modo Privado. Bloquea la transmisión de video, pero mantiene la conexión de audio. Teléfono manos libres. Los miembros de la familia conversan juntos en la videoconferencia sin cargas adicionales. El coste de la videoconferencia es el mismo que el de una llamada de teléfono normal. [19]

- **Sistema.** Cumple la recomendación ITU-T Standard H.324, señalización: H.245, canal múltiplex: H.223.
- **Video.** Cumple la recomendación ITU-T Standard H.263. Resolución CIF: 352 x 288 píxeles. Máxima Velocidad de imágenes (QCIF): 15 cuadros por segundo.
- **Audio.** Cumple la recomendación ITU-T Standard G.723.1 Full duplex. Cancelador acústico de eco.
- **Conexión.** RTPC (Red Telefónica Pública Conmutada): RJ-11. Modo de comunicación: Acceso síncrono. Velocidad de Transmisión (Máx.): 33,6kBits (V.34 bis).
- **Alimentación.** 100 Vca. ~ 240 Vca. 22 Vatios (Máx.).

### 5.3.5 Modelos AE y SV de SECUEN

La empresa POSTHAC de Argentina ofrece un sistema de transmisión de video por la línea telefónica, el cual permite visualizar en un televisor lo que sucede en su empresa u hogar a través de una línea telefónica mediante llamada directa o discado automático bajo alarma y desde el lugar en que se encuentre. Equipos de marca SECUEN tiene dos modelos, el modelo SV permite la conexión de 1 cámara y el modelo AE permite la conexión de hasta 4 cámaras. Ambos modelos son transmisores y receptores de audio y video (bidireccionales). Sistema ideal para realizar videoconferencias. [20]

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

## Características Generales:

- Monitoreo en TV o PC.
- Muy fácil instalación y operación
- Sistema autónomo (no requiere PC)
- Imagen local y remota simultánea.
- Menú en pantalla.

## Características Técnicas

Modelo AE



Fig.37 Modelo AE SECUEN

- 4 entradas de Video seleccionables en forma local o remota.
- Transmite Video y audio bidireccional.
- 2 entradas
- Discado automático bajo alarma
- Control a distancia
- 2 salidas para encendido y apagado de dispositivos.
- Standard H.324 (Video teléfono/Video conferencia).
- Control remoto infrarrojo
- MÓDEM interno 33.6 Kbps
- Tamaño de imagen: total, 1/4 y 1/8 de pantalla.
- Calidad de imagen seleccionable

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

- Hasta 15 cuadros por segundo.
- Zoom electrónico
- Congelamiento de imagen
- Cancelación de eco

Modelo SV:



Fig. 38 Modelo SV SECUEN

Permite transmitir video y audio de 1 cámara. Si se conecta con un modelo AE permite visualizar las 4 cámaras y controlar 2 dispositivos en forma remota. Maneja entrada/salida remota exclusivamente. [20]

La configuración del sistema final es la siguiente:

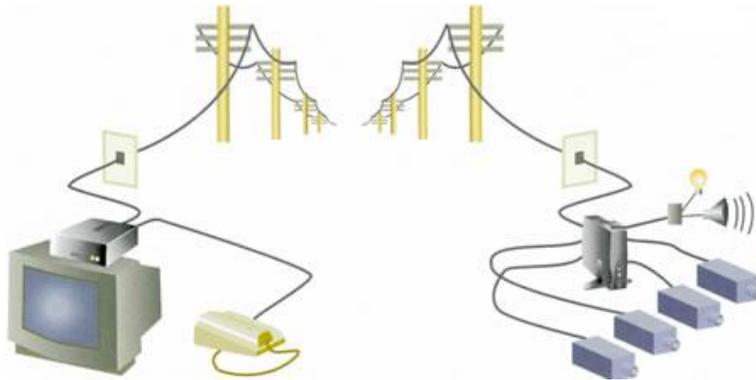


Fig. 39 Conexión de los equipos AE y SV

**pdfMachine** - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

## 5.4 Comparación con tecnologías existentes en el mercado

Realizado este pequeño estudio podemos establecer una comparación entre el sistema que se quiere ofrecer y los distintos productos ya existentes.

Con respecto al circuito cerrado de televisión (CCTV) se puede decir que este se orienta más al monitoreo constante de empresas o locales comerciales en los cuales se quiere tener control total del espacio y de las personas que entran y salen del mismo. Este equipo posee la desventaja de requerir recurso dedicado y constante (cámaras y monitores encendidos todo el tiempo), innecesario ya que el sistema que se quiere implantar se trata de identificación en un momento dado de las personas que quieren entrar a un edificio o residencia por lo que no se requiere que este encendido en todo momento lo que trae como ventaja un ahorro de energía

Por otro lado el Video Server es un sistema bastante innovador que utiliza la red de Internet para transmitir las imágenes, este tipo de servicio se suele utilizar en empresas que tengan distintas cedes o varios locales que se tengan que monitorear y que posea una buena infraestructura de red de área local. Para nuestro caso no se quiere utilizar la red de Internet, además de que este servicio al igual que el de CCTV esta orientado al monitoreo constante y requiere de un hardware mas sofisticado, dedicado y costoso.

Se pudiera decir específicamente que los dos equipos que más se parecen al servicio que se quiere implementar son el videoteléfono y los equipos AE y SV de la empresa POSTHAC.

En las características técnicas de dichos equipos podemos observar que ambos trabajan con la recomendación de la UIT-T H.324 por lo que el códec de video que utilizan es el H.263 como en nuestro caso. Poseen un MÓDEM interno que es el encargado de la transmisión, dicho MÓDEM es el V.34 el cual como se mencionó en capítulos anteriores utiliza la modulación QAM que es la que se recomienda utilizar en este caso. Ambos poseen interfaces y/o entradas para cámaras y monitores lo cual se sugiere para el equipo a diseñar. Las diferencias notables es que en el caso del sistema que se plantea en este trabajo no se quiere modificar el método de transmisión de la voz, algo que en el caso de los equipos AE y SV, al igual que en el caso del video teléfono si se hace ya que estos equipos se rigen estrictamente por la recomendación H.324 en la

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

cual se codifica el audio para la transmisión. En este caso no se quiere modificar el audio ya que esto implicaría un cambio en los terminales telefónicos de los usuarios lo que conllevaría a gastos mayores al momento de implementar el sistema. Lo que se quiere es ofrecer un servicio que sea sencillo y de fácil instalación que no implique molestias al usuario, ni cambio en las tecnologías que ya poseen. Además por ser un servicio adicional al intercomunicador tradicional es posible que no se vaya a implantar en la totalidad de apartamentos de un edificio, puede darse el caso que haya usuarios que no quieran adquirir el mismo.

A continuación se muestra una tabla comparativa en la cual se pueden observar claramente las diferencias y similitudes más importantes entre los sistemas existentes y el que se quiere implementar. Se investigaron diferentes costos de las tecnologías mencionadas anteriormente y en base a esto se realizó una pequeña encuesta a veinte (20) personas de un edificio para que mostraran su opinión con respecto a el sistema que se quiere implementar y a los ya existentes, asegurando por supuesto que de salir el equipo tendría un costo inferior a las otras tecnologías ofreciendo las mismas ventajas para los clientes. Los equipos colocados todos aseguran una baja modificación del entorno, es decir, no se requiere de una instalación avanzada, ni de remodelaciones por parte de los usuarios de sus hogares para implementar los mismos.

La siguiente tabla muestra los resultados de la encuesta mencionada

Tabla 6. Comparación entre distintas tecnologías

Tecnología	Costos (aproximados)	Modificación del entorno	% de aceptación
Video Server (IP)	1000\$ [18]	Baja	5
Videoteléfono (H.324)	500\$[19]	Baja	35
Modelo AE y SV (H.324)	500\$[20]	Baja	15
Sistema en estudio	<500\$*	Baja	45

\* Para la realización de la encuesta se aseguro a los entrevistados que el precio del sistema en estudio seria mas bajo que el de los sistemas anteriores.

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

Los resultados de esta pequeña encuesta muestran un mayor porcentaje de aceptación del sistema en estudio por parte de los futuros usuarios. Como era de esperarse debido a su alto costo el video Server es una opción considerada por pocos, el videoteléfono, sin embargo mostró un buen porcentaje de aceptación, esto debido a lo novedoso de la aplicación y la mayoría de los encuestados expuso que dicha aplicación les llama la atención también por sus otras ventajas además de la identificación y la seguridad.

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

## CONCLUSIONES

Con las pruebas realizadas del codificador de video H.263 se comprobó que el mismo se adapta a las necesidades planteadas por la empresa. Ya que es un códec que está pensado para transmisión de video a baja velocidad binaria, de una manera eficiente y sencilla, manteniendo una calidad aceptable de la imagen.

Por otra parte la transformada discreta del coseno es una herramienta útil para descartar coeficientes que no tienen información dentro de la imagen, al utilizar la DCT junto a la compensación de movimiento se consigue una buena compresión de los datos, para el formato QCIF el radio de compresión es de 21.7 y para el CIF es de 25.

La calidad de la imagen se midió mediante el método DSCQS (*Double Stimulus Continuous Quality Scale*) estandarizado por la ITU-R en la recomendación BT.500, el método arrojó que el formato QCIF tiene calidad mas baja que el CIF, sin embargo todavía mantiene una calidad de buena a regular en opinión de las veinte personas encuestadas. El formato CIF por su parte tiene una calidad de buena a excelente basada en la opinión de los mismos entrevistados. Esta diferencia entre la calidad también trae como consecuencia una diferencia en el ancho de banda ocupado, el formato QCIF con tres cuadros por segundo tiene un ancho de banda de 84126bps, mientras que el formato CIF con la misma cantidad de cuadros tiene un ancho de banda de 288060bps lo cual es considerablemente mas grande.

En el modelo propuesto se ha garantizado un buen aprovechamiento de los recursos del medio disponible aplicando la técnica de compensación de movimiento ya que esta garantiza una reducción considerable de la data a transmitir.

Debido a que el medio es analógico es necesario adaptar la señal al mismo mediante el proceso de modulación. El ancho de banda disponible es limitado por lo tanto debe realizarse una modulación que optimice el uso del mismo.

La modulación óptima para la transmisión es la QAM ya que esta hace un uso eficiente del ancho de banda disponible. Utilizando 16 QAM se encuentra que el formato QCIF ocupa exactamente los 21kHz disponibles, pero si se aumenta los niveles a 32 o 64QAM se puede lograr reducir este valor. Sin embargo aumentar demasiado los niveles en la modulación QAM hace más difícil el reconocimiento de los mismos por el receptor

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

debido al ruido presente en el canal. Utilizando esta modulación se logran transmitir 3 cuadros por segundo en formato QCIF lo cual es bastante aceptable para la aplicación requerida.

Con base en los cálculos realizados y expuestos en el capítulo IV, la relación señal a ruido mostrada asegura una transmisión libre de errores.

El estudio de los sistemas existentes que trabajan con la recomendación H.324 comprueba que es factible técnicamente la implementación del sistema planteado. En base a la encuesta realizada se demuestra también que el sistema tendrá una buena aceptación entre los usuarios siempre que se asegure un precio accesible del mismo.

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

## RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar pruebas de la modulación QAM con diferentes niveles para optimizar la utilización del ancho de banda, además del sistema de transmisión completo, incluyendo los filtros y colocar las señales de voz y de datos para determinar si en realidad no afecta la comunicación vocal ni los datos una vez diseñado el modelo electrónico.

Se recomienda el uso de filtros Butterworth para la recuperación de la señal original luego de la modulación ya que estos tienen una respuesta plana en la banda de paso de la señal. Además pueden ser realizados con pocos elementos de circuito. Se recomienda que el filtro pasabanda se implemente con filtros pasabajos y pasaalto equivalentes para hacer más sencilla la misma.

Se recomienda no utilizar el valor límite de la relación señal a ruido determinada ya que el mismo es bastante bajo, y en la práctica los sistemas se ven afectados por ruidos adicionales al gaussiano por lo que esta relación puede bajar aún mas y afectarse así la transmisión y la calidad de la imagen.

Se recomienda el estudio a fondo de distintos microprocesadores y circuitos integrados para la implementación óptima del códec H.263 ya que el mercado es bastante amplio y se puede contar con diferentes opciones, además el códec si se realiza con cuidado puede llegar a ser bastante sencillo y económico como se menciona en el anexo uno el artículo de la IEEE.

Basado en el estudio anterior se recomienda un análisis de factibilidad económica para determinar si los equipos se podrán diseñar a un bajo costo para que puedan ser colocados en el mercado a precios accesibles a los usuarios.

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Recomendación UIT-T H.324 (2005), “*Terminal para comunicación multimedia a baja velocidad binaria*”.
- [2] Recomendación UIT-T H.263 (2005), “*Codificación de Video para comunicación a baja velocidad binaria*”.
- [3] Recomendación UIT-T G.723.1 (2005), “*Códec de voz de doble velocidad para la transmisión en comunicaciones multimedia a 5,3 y 6,3 kbits/s*”
- [4] Recomendación UIT-T T.120 (1996), “*Protocolo de datos para conferencias multimedia*”.
- [5] Recomendación UIT-T H.245 (2006) “*Protocolo de control para comunicación multimedia.*”
- [6] Recomendación UIT-T H.223. (2004) “*Protocolo de multiplexación para comunicación multimedios a baja velocidad binaria*”
- [7] Recomendación UIT-T V.34. (1998) “*MÓDEM que funciona a velocidades de señalización de datos de hasta 33600 bits/s para uso en la red telefónica.*”
- [8] Gonzalez, Rafael, Woods Richard y Eddins Steven. “*Digital Image Processing Using Matlab*”. Prentice-Hall. Estados Unidos de América. 2002.
- [9] Gonzalez, Rafael y Woods Richard. “*Digital Image Processing*”. Prentice-Hall. Estados Unidos. 2002.
- [10] Haskell, Barry, Puri, Atul., Netravali, Arun. “*Digital Video: An Introduction to MPEG-2*”. Chapman & Hall. Estados Unidos de América. 1997.
- [11] Heath, Steve. “*Multimedia and Communications technology*”. Focal Press. Estados Unidos de América. 1999
- [12] “*Modulaciones de alta velocidad*” (Documento en línea). Disponible en <http://e-md.upc.edu/diposit/material/24758/24758.pdf>. (2005)
- [13] Frenzel, Louis. “*Sistemas electrónicos de comunicaciones.*” Alfaomega. España. 2003
- [14] Couch, Leon. “*Sistemas de Comunicación digitales y analógicos*”. Prentice-Hall. México. 1997.

- [15] Langi, A.Z.R. *A multimedia communication terminal for telephone channels based on H.324*. -- En: IEEE Canadian Conference. Volumen 2, Número 2 (2002), p.p 1064-1067.
- [16] Jang, S.K y Kim, S. D. *Hardware-software co-implementation of a H.263 Video codec*. – En: IEEE Transaction Consumer Electronic. Volumen 46, N°1 (2000), p.p 191-200.
- [17] <http://es.wikipedia.org/wiki>
- [18] <http://www.geovision.com.tw/english/solution/GV-VideoServer.htm>
- [19] <http://www.arixtelecom.com/>
- [20] <http://www.secuen.com/lineastelevisigilancia.asp>
- [21] Nakajima Isao. *Clinical Study on MPEG-2 Compression Based on the Rec.ITU-R BT.500-9*. Workshop on Standardization in E-health. Geneva, May 2003.

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

## BIBLIOGRAFIA

Bruce, Carlson. Sistemas de comunicación, España: Editorial McGraw-Hill, 1980.

Lathi, Bhagwandas. Modern Digital and Analog Communication Systems, Inglaterra: Editorial Oxford University Press, 1998.

Shanmugam, Sam. Digital and Analog Communication Systems. Estados Unidos de América: Editorial John Wiley & Sons, 1979.

Tomasi, Wayne. Sistemas de comunicaciones electrónicas, 2da. Ed. México: Prentice-Hall, 1996.

IEEE Communications Magazine, Volumen 34, N° 12, 1996.

Recomendación UIT-T H.261 (1993), Códec Video para servicios audiovisuales a px64kb/s.

Recomendación UIT-T H.320 (2004), Sistemas y equipos Videotelefónicos de banda estrecha.

Recomendación UIT-R BT.500 (2002), Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures.

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

## GLOSARIO

**Ancho de banda.** Cantidad de bits que pueden viajar por un medio físico (cable coaxial, par trenzado, fibra óptica, etc.) de forma que mientras mayor sea el ancho de banda más rápido se obtendrá la información. Es la cantidad de información que puede transmitirse en una conexión durante una unidad de tiempo elegida.

**Códec.** Algoritmos de Codificación-Compresión/ Decodificación-Descompresión. Se utilizan para reducir el tamaño de los datos multimedia, tanto de audio como de Video. Compactan (codifican) un flujo de datos multimedia cuando se envían y los restituyen (decodifican) cuando se reciben.

**Interfaz o Interfaces.** Se denomina así a la zona de contacto o conexión entre dos elementos de hardware, lo mismo se ocupa para dos aplicaciones o entre un usuario con una aplicación.

**LAN (Local Area Network).** Con una velocidad aproximada de 100Mbps esta red de datos presta el servicio en un área limitada a pocos kilómetros cuadrados, lo cual implica una optimización en los protocolos de señal de la red.

**MÓDEM.** Equipo que sirve para Modular y Demodular una señal llamada portadora mediante otra señal llamada moduladora. El objetivo del Módem es adaptar la señal la señal a las características del canal a emplear.

**Par Trenzado.** Es el tipo de cable más común y se originó como solución para conectar teléfonos, terminales y computadoras sobre el mismo cableado. Cada cable está compuesto por una serie de pares de cables trenzados. Los pares se trenzan para reducir la interferencia entre pares adyacentes. Hay dos tipos no apantallado y apantallado.

**UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones).** Organización trasnacional que regula los múltiples estándares nacionales en el ámbito de las telecomunicaciones de tal

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

manera que los usuarios puedan comunicarse entre sí, independientemente del lugar del mundo donde se encuentren.

**UTP (Unshield Twisted Pair).** Es el cable de par trenzado normal. Las mayores ventajas de este tipo de cable son su bajo costo y su facilidad de manejo. Sus mayores desventajas son su mayor tasa de error respecto a otros tipos de cable, así como sus limitaciones para trabajar a distancias elevadas sin regeneración.

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

## ANEXOS

**Anexo 1.** Artículo de la IEEE “Hardware-Software co-implementation of a H.263 Video Codec”

**Anexo 2.** Curva de relación señal a ruido versus probabilidad de error para diferentes niveles en la modulación QAM

**Anexo 3.** Hoja de evaluación del método DSCQS.

**Anexo4.** Entrevista realizada para determinar el nivel de aceptación del sistema en estudio.

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

“Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's” A.Sarras - USA

# Anexo 1. Artículo de la IEEE "Hardware-Software co-implementation of a H.263 Video Codec"

## HARDWARE-SOFTWARE CO-IMPLEMENTATION OF A H.263 VIDEO CODEC

S. K. Jang, S. D. Kim, J. Lee, G. Y. Choi<sup>1</sup> and J. B. Ra

Department of Electrical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology  
373-1 Kusongdong, Yusonggu, Taejeon, Republic of Korea  
E-mail: skjang@issserver.kaist.ac.kr, jbra@ee.kaist.ac.kr

<sup>1</sup>Samsung Electronics Company Ltd., Korea

**ABSTRACT**--In this paper, an H.263 video codec is implemented by adopting the concept of hardware and software co-design. Each module of the codec is investigated to find which approach between hardware and software is better to achieve real-time processing speed as well as flexibility. The hardware portion includes motion-related engines, such as motion estimation and compensation, and a memory control part. The remaining portion of the H.263 video codec is implemented in software using a RISC processor. This paper also introduces efficient design methods for hardware and software modules. In hardware, an area-efficient architecture for the motion estimator of a multi-resolution block matching algorithm using multiple candidates and spatial correlation in motion vector fields (MRMCS), is suggested to reduce the chip size. Software optimization techniques are also explored by using the statistics of transformed coefficients and the minimum sum of absolute difference (SAD) obtained from the motion estimator.

### I. Introduction

As multimedia environment evolved, increasing attention has been drawn to the processing of digital video sequences over the last few years. Recently, H.263 has been standardized by the ITU [1], in order to support videoconference, videophone, surveillance camera, and other low bit rate applications. Since video compression algorithms are computationally very intensive and require a large amount of memory I/O operations to reduce intrinsic redundancies of video sequences, they have been implemented by embedded hardware rather than software [2]. But embedded hardware implementation has a limitation on flexibility for meeting the various requirements of wide applications.

As VLSI technologies advances, the processing power of a general-purpose processor increases dramatically. So real-time video processing applications tend to be implemented by software design nowadays with the help of a powerful processor. However, this cannot be the complete solution to fulfill the real-time requirement fully. Consequently, parallel processing and multimedia instruction set extension are generally adopted to enhance the computing power for real time applications [3,4].

However, there exists a trade-off between hardware and software implementation. Various factors such as flexibility,

development cost, power consumption, and processing speed requirement should be taken into account. Hardware implementation is generally better than software implementation in processing speed and power consumption. In contrast, software can give a more flexible design solution and also be more suitable for various video applications.

In order to take advantages of both software and hardware implementation fully, each functional module of the H.263 video codec is studied to determine a proper way for hardware-software partitioning. Based on this study, motion estimation (ME) and motion compensation (MC) parts are implemented in hardware, and the remaining parts are performed in software. A noticeable feature of software-hardware co-design is also found in the cooperation of software and hardware modules. In our system, the ME engine is designed to obtain not only macroblock-based SADs but also block-based SADs. And this SAD information can be efficiently utilized to drastically reduce the computational complexity for software jobs such as discrete cosine transform (DCT) and variable length coding (VLC) by skipping or pruning the DCT. MC is also designed by hardware to apply for both encoding and decoding in a manner of time-sharing. The designed hardware ME and MC engines work concurrently with a RISC processor performing software jobs. The engines communicate with the RISC processor via interrupts and special commands such as *start*, *abort*, *stop*, and *resume*; and they co-work on a simple hardware-software scheduling policy.

This paper is organized as follows. In Section II, we describe the overview of the implemented systems and consider a hardware-software partitioning. In Section III, efficient small-area architectures of hardware modules are described. In Section IV, we investigate software optimization methods by exploiting the statistics of processed data at each part of H.263 codec. The hardware-software scheduling problem is described for practical implementation in Section V, and the verification of the proposed system on an emulation board are given in Section VI. Finally, we draw the conclusions in Section VII.

Contributed Paper

Original manuscript received September 13, 1999

Revised manuscript received December 20, 1999

0098 3063/00 \$10.00 © 2000 IEEE

pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Get yours now!

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

## II. System Architecture

### A. System Overview

Fig. 1 shows the overall video communication system. The implemented system consists of a general purpose RISC processor, a unified memory module, and a minimal auxiliary hardware. The portion that the processor reserves for the H.263 video codec is roughly 30%~40% of the total computing power. All the other parts of the H.324 system, such as G.723, H.223, and H.245, are to be implemented in software.

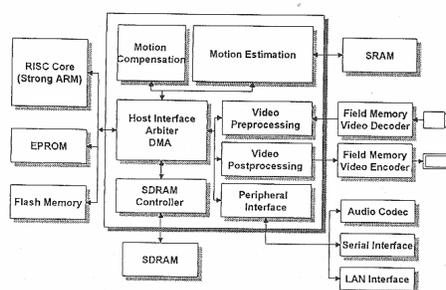


Fig. 1. Architecture of a video communication system.

The software and hardware co-optimization approach is taken to meet both the strict real-time processing requirement and efficient and flexible implementation. The optimum area reduction of the hardware modules and the processing time reduction in the software part are major issues in this paper. Except for a small size SRAM dedicated for the motion estimator, unified memory SDRAM is adopted to store video, audio, and miscellaneous data required for the H.324 system. The hardware modules include motion estimation and compensation, SDRAM controller, host interface, and arbiter. All these modules are implemented into an application specific integrated circuit (ASIC). The RISC core communicates with hardware engines via interrupts, and hardware engines have status registers controllable in the RISC core. The arbiter controls the overall flow in data bus. The SDRAM controller is responsible for data input and output and other necessary operations for the SDRAM.

### B. Hardware-Software Partitioning

For hardware-software co-design, software-only codec is implemented first and the bottleneck of processing speed requirement is detoured by embedded hardware modules. Our system aims at low bitrate applications and its target bit rate is about 64kbps for QCIF sequences. In order to decide

the hardware implementation of motion estimation and compensation, the following observations are considered. In the full software implementation of the H.263 video codec, it has been known that 120~140 MOPS are roughly required for the target bitrate of 64 kbps of QCIF sequences (with 30 pictures/sec, pre-filtering,  $\pm 7$  motion search range, and 3-stage motion search technique) [3]. However, the percentage of usable computing power for the H.263 codec is only 30~40% out of the given RISC computing power (approximately 200 MOPS). Hence, complete software jobs have to be done within 60~80 MOPS. Therefore, at least 60 MOPS should be assigned to hardware in order to meet the real-time requirement of the system.

Since it has been known that motion estimation and compensation are the most computationally intensive among basic functional units for H.263, they are better off to be designed in hardware to meet the real time requirement. In addition, the standalone implementation of motion-related hardware engines is meaningful in itself, because they are suitable for most of video compression standards without any major modification. In contrast, variable length coding and decoding are recommended for the software approach, because they have various forms depending on video compression standards and have irregular structure not suitable for implementation in hardware.

Even though DCT and inverse DCT (IDCT) are not as complex as motion related engines, they are still major complex parts in an H.263 codec. Therefore, hardware implementation has been preferred for these modules. However, there is still a good chance to reduce the complexity of DCT and IDCT in software utilizing the characteristics of the processed data at low bitrates. Therefore, in this paper, we try to optimize DCT and IDCT in software rather than in hardware.

## III. Optimization Methods in Hardware

### A. Optimization in Motion Estimation

In hardware optimization, area reduction of the motion estimator is the most important task. Instead of using a full search block matching algorithm (FSBMA), the 3-level multi-resolution block matching algorithm using multiple candidates and spatial correlation in motion vector (MV) fields, called MRMCS-3 (which is almost the same as the HSBMA3S in [5]), is adopted. Since MRMCS-3 has much less computational complexity than FSBMA without degrading the estimation performance, its hardware implementation requires a much smaller number of gates. Table I shows performance comparisons between MRMCS-3 and FSBMA.

Table I. Performance comparison between FSBMA and

MRMCS-3 for various QCIF video sequences (64kbps, 30Hz, 300 frames).

Sequence	QP	FSBMA		MRMCS-3	
		PSNR [dB]	Bitrate [kbps]	PSNR [dB]	Bitrate [kbps]
Hall monitor	7	35.45	68.85	35.47	68.75
Container ship	7	34.47	71.74	34.47	71.55
Mother and daughter	7	35.98	56.23	36.00	56.31
Foreman	17	29.67	64.83	29.50	65.44
Coast guard	17	28.27	65.43	28.24	65.68
Silent voice	9	32.70	67.29	32.74	67.66

As shown in Fig. 2, MRMCS-3 performs a motion search for each 4x4 block with a search range of ±4 on the subsampled image in the upper level, and two search points corresponding to minimum SADs are selected as initial search points in the middle level. Beside these two points from the upper level, the median value of lower level MVs of blocks adjacent to the current block is adopted as an additional initial search point. After performing a local search for each initial search point with a search range of ±2 in the middle level, only one point corresponding to the minimum SAD is selected as the initial search point in the lower level. Finally, in the lower level, MRMCS-3 performs a local search with a range of ±2 on the original image to obtain the final MV.

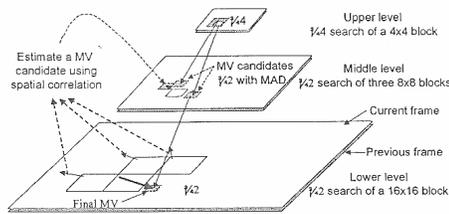


Fig. 2. Conceptual diagram of MRMCS-3.

For the hardware implementation of MRMCS-3, we adopt an architecture based on a systolic array that is the most popular and superior architecture for implementing a motion estimator in hardware. In a systolic array architecture, the number of processing elements (PE) is proportional to the macroblock size and the search range.

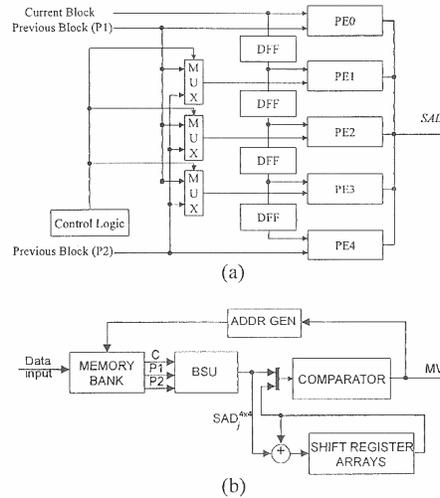


Fig. 3. Block diagram of the proposed motion estimator; (a) a basic searching unit (BSU) and (b) overall functional block diagram of the motion estimator based on the BSU.

Therefore, a large number of PEs of 64 or 256, is needed to implement a FSBMA in hardware. However, to implement MRMCS-3 in hardware, we adopt a basic searching unit (BSU) that consists of only 5 PEs, flip-flops, multiplexers (MUXs), and simple logic circuits for data flow control. The BSU, shown in Fig. 3(a), searches a 4x4 block, the smallest block size among the three levels, with a search range of ±2 (25 search points), the smallest search range among the three levels.

Since MRMCS-3 has three multi-resolution search levels, and each level has a different block size and search range, three different systolic arrays are required. In the proposed architecture, however, a remarkable reduction in the number of PEs is achieved by using a BSU repeatedly. In the upper level, by dividing a search region of ±4 (81 search points) into four regions containing 25 search points, a search for a 4x4 block can be completed by using a BSU four times. In the middle level, an 8x8 block is divided into four 4x4 sub-blocks. Then, by using the BSU twelve times, a search can be completed for three initial search points. Similarly, in the lower level, a 16x16 block is divided into sixteen 4x4 sub-blocks. Then, by using the BSU sixteen times, a search for the lower level can be completed. For the middle and lower levels, SADs calculated from the BSU are not of the appropriate block size but are partial SADs from 4x4 sub-blocks. Therefore, a calculation of the

real SAD from the partial SADs is needed. For this operation, both a data buffer and adder are required as functional blocks. Fig. 3(b) shows an overall block diagram of the motion estimator described above. It should be noted that the hardware motion estimator easily calculates block SADs ( $8 \times 8$ ), which are very useful in optimizing software calculation, as well as a macroblock SAD ( $16 \times 16$ ).

#### B. Optimization in Motion Compensation

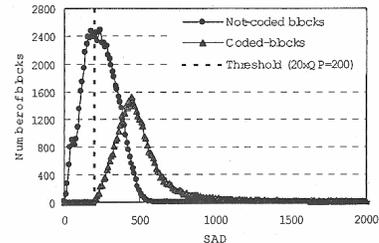
Motion compensation is another computationally intensive part besides motion estimation. Though the algorithm of motion compensation has a fixed form, a gate count reduction is still possible at the architectural viewpoint.

The functional operations of motion compensation are direct memory access (DMA) and interpolation. To cut down on the gate count, we use only one interpolator for interpolation. Once motion compensation starts, 17 or 16 pixels are loaded on the temporal registers for the luminance frame, and 9 or 8 pixels are loaded for the chrominance frame depending on the existence of horizontal half-pel components of the motion vector. If the given motion vector has no vertical half-pel component, the loaded pixels are interpolated along the horizontal direction. Otherwise, pels from the two lines (one is the currently loaded line and the other is the previously loaded line) are interpolated along the horizontal and vertical directions according to the existence of half-pel components.

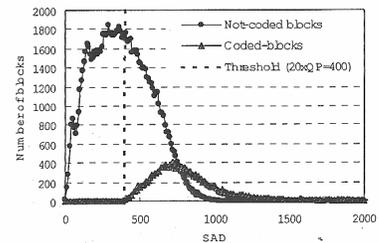
By time-sharing, the motion compensation engine is used for both encoding and decoding with different frame memory addresses.

#### IV. Optimization Methods in Software

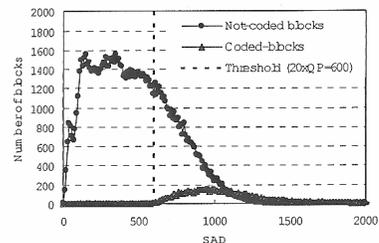
There exist two categories in software optimization; execution time and code size (memory size). Since the main concern of H.324 system is real time application, we regard timing optimization more important than code size optimization. The timing optimization may have four phases; algorithm level optimization, high level language optimization, low level language optimization, and system dependent optimization. Above all, the algorithm level optimization provides a crucial impact on the reduction of computational complexity. Especially, DCT and quantization (DCT/Q) have major computational complexity in software parts of an H.263 codec. It is known that DCT/Q are performed much more frequently than inverse quantization and inverse discrete cosine transform (IQ/IDCT) in the low bit rate environment. So we adopt an EOB estimation scheme to skip or prune DCT/Q to alleviate their calculation. In EOB estimation, the block-based SAD values obtained from the hardware ME are utilized.



(a)



(b)



(c)

Fig. 4. Histogram of the minimum SADs for coded blocks and not-coded blocks. The data is obtained from the *Foreman* QCIF sequence (300 frames, 30Hz, Fixed QP). Only luminance inter-blocks are counted. (a) QP=10, (b) QP=20, and (c) QP=30.

#### A. DCT/Q Calculation Reduction with Predictive Decision of Not-Coded Block

Since DCT has been adopted in many international standards for image and video compression, there have been many research activities to reduce the number of

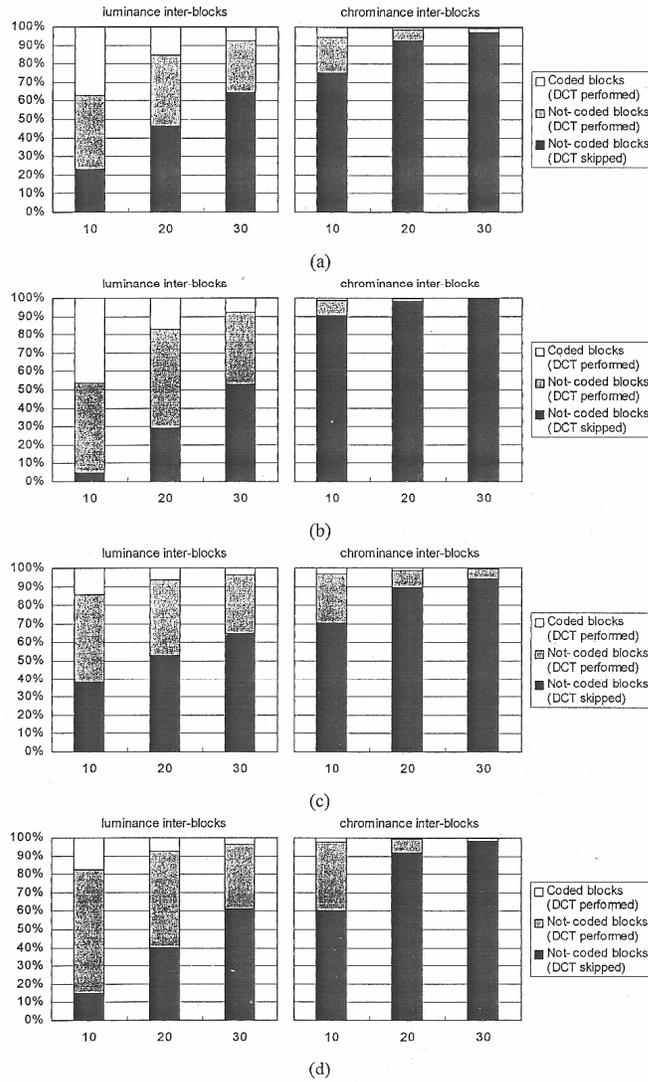


Fig. 5. Prediction results of not-coded inter-blocks before DCT and quantization. Numbers on the horizontal axis denote QP, and a black bar represents the portion which is predicted as not-coded blocks. (a) Foreman, (b) Coast guard, (c) News, and (d) Silent voice (QCIF, 300 frames, and 30Hz).

operations for DCT and IDCT in the algorithm level. Recently DCT and IDCT optimization methods based on input statistics of zero transformed coefficients were also suggested [6-8]. Since the H.263 codec is working in a low bitrate environment and inter-frame coding is mostly used, DCT coefficients have many zeros compared to still image compression such as JPEG. Therefore, statistics of transformed coefficients are useful for reducing computation time.

When a video sequence is compressed with a bitrate lower than 64 kbps, there exist many not-coded blocks in the H.263 bit stream. In the encoder, since DCT and quantization have to be processed prior to VLC, all blocks must be DCT-transformed and quantized even though such a process has no meaning for not-coded blocks. In order to utilize this phenomenon for improving the encoding speed, the existing DCT/Q skipping method is adopted in inter-frame encoding [6].

The minimum SAD of a given block can be a good prediction criterion for DCT coefficient behaviors [9,10]. In inter-blocks, we can predict a not-coded block by comparing the minimum SAD value with a threshold value related to the quantization parameter. It should be noted that block-based SAD values are available from a motion estimator implemented in hardware. Our specific architecture of a motion estimation engine, which utilizes the BSU repeatedly, facilitates calculating block-based SADs as well as macroblock-based SADs without additional costs. The smaller the minimum SAD of a block is, the higher its possibility of being decided as a not-coded block.

Fig. 4 shows the relationship between the minimum SAD and the number of not-coded blocks for luminance inter-macroblocks. In this figure, we can see that even a simple thresholding based on the experiment can enhance the processing speed considerably, because SAD histograms for coded blocks and not-coded blocks have good shapes appropriate for finding a threshold value. We have used  $20 \cdot QP$  as the threshold and obtained the miss-prediction probability of lower than about 0.1% for various test sequences. In other words, we assume that DC and all AC coefficients are quantized to zero if the SAD value is smaller than  $20 \cdot QP$ . In this case, the corresponding inter-block is treated as a not-coded one and many complex operations, such as DCT and quantization, are skipped. The DCT/Q skipping method is also applied to chrominance blocks. Since SAD values of chrominance blocks are to be obtained in software, an additional computational burden is needed. However, the saving of DCT/Q provides much more benefits because most of the blocks are determined as not-coded blocks. Fig. 5 shows the portion of coded inter-blocks and not-coded inter-blocks. The graphs tell how many inter-blocks are estimated into not-coded ones. As shown in the figure, among all not-coded inter-blocks, half

of them are predicted and DCT/Q may be skipped. The skipping ratio is much higher in chrominance inter-blocks than in luminance ones.

### B. Calculation Reduction by Predictive EOB Estimation

DCT/Q calculation may be further reduced by pruning the DCT coefficients. Quantized DCT coefficients generally have many zeros at low bit rates. If we can predict the final position of nonzero quantized DCT coefficients in zigzag scanning in advance, we may reduce DCT/Q calculation further [11-12]. If the estimated maximum EOB lies within the  $i \times i$  rectangle, only the values of corresponding low frequency DCT coefficients are to be calculated, and the high frequency terms are regarded as zeros after quantization.

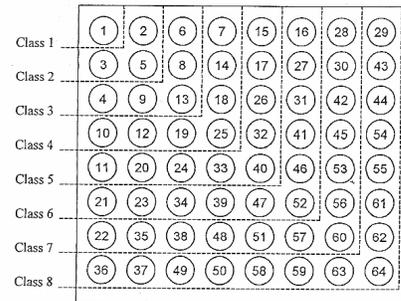


Fig. 6. Classification of an 8x8 transformed and quantized block. The number in a circle represents the zigzag positioning order. If all non-zero coefficients in a block belong to the upper-left  $i \times i$  rectangular region after quantization, the block is classified to class  $i$ .

Fig. 6 shows the classification of a quantized block. For example, if all non-zero coefficients belong to the upper-left  $4 \times 4$  rectangular region after quantization, the block is called class 4 and its computational complexity can be reduced compared to class 8. In this paper, we utilize the SAD value as a reference for class prediction criteria. Table II shows the pruning criteria obtained from experiments so that the degradation of coding performance may be negligible. Fig. 7 shows the overall optimized DCT flow chart according to each class.

Once the class of a quantized block is predicted, a faster processing speed is achieved because the operations of DCT, quantization, and VLC do not need to be applied to all 64 pixels. By using the estimated maximum EOB, dividing operations can be reduced in quantization, and a scanning operation for determining the real EOB can be sk-

Table II. Class prediction criterion for a quantized block.

Class	Effective DCT kernel size	Luminance	Chrominance
Class 0	No DCT	$SAD < 20 \cdot QP$	$SAD < 20 \cdot QP$
Class 1-3	3x3	$20 \cdot QP \leq SAD < 21 \cdot QP$	$20 \cdot QP \leq SAD < 22 \cdot QP$
Class 4	4x4	$21 \cdot QP \leq SAD < 22 \cdot QP$	$22 \cdot QP \leq SAD < 24 \cdot QP$
Class 5	5x5	$22 \cdot QP \leq SAD < 23 \cdot QP$	$24 \cdot QP \leq SAD < 26 \cdot QP$
Class 6	6x6	$23 \cdot QP \leq SAD < 26 \cdot QP$	$26 \cdot QP \leq SAD < 30 \cdot QP$
Class 7	7x7	$26 \cdot QP \leq SAD < 32 \cdot QP$	$30 \cdot QP \leq SAD < 56 \cdot QP$
Class 8	8x8	$32 \cdot QP \leq SAD$	$56 \cdot QP \leq SAD$

ipped in VLC. To avoid computational burden of the dividing operation, many dividing operations for quantization are replaced with comparing operations before quantization, because most quantized coefficients are determined as zero after quantization.

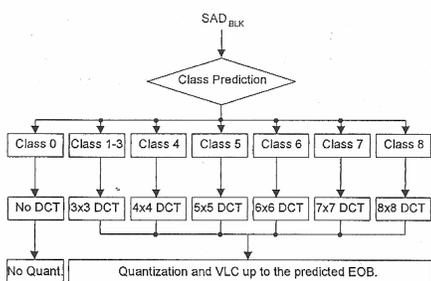
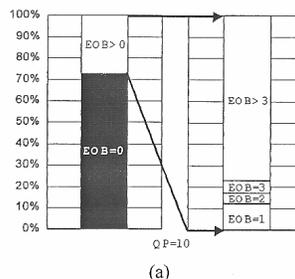


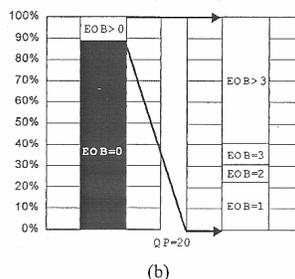
Fig. 7. DCT optimization algorithm.

C. Optimization of IQ/IDCT

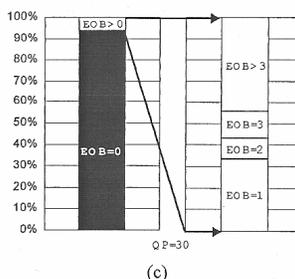
By exploiting the characteristics of input coefficients, we can reduce the IDCT/IQ calculation complexity [6]. In this paper, we use a fast IDCT algorithm with a butterfly architecture to skip the local signal flow of IDCT when the given coefficients are zero. Therefore, the actual IDCT complexity depends on the probability of zero DCT coefficients, the additional complexity for zero tests, and the complexity of local butterfly calculation. It should be noted that the additional complexity to determine how many non-zero coefficients exist is not considerable, because the zero coefficient information can be obtained in the process of variable length decoding (VLD) with a negligible number of operations.



(a)



(b)



(c)

Fig. 8. Distribution of EOB values for the Foreman QCIF sequence (fixed QP, 30Hz, 300 frames). EOB of 0 means that the block is not coded.

We have examined the computation reduction effect resulting from zero coefficient tests through simulation on the ARM (advanced RISC machine) platform. Compared to the case without a zero coefficient test, about a 32% reduction of the total IDCT complexity is achieved through zero tests on every row and column at 1-D IDCT. Moreover, if EOB is less than 4, we adopt simplified IDCT schemes. Fig. 8 shows EOB statistics for the Foreman QCIF sequence. As shown in the figure, many blocks are

not-coded and about 20%~50% of the coded blocks have an EOB smaller than 3. Therefore, the use of simplified IDCT schemes can additionally reduce the IDCT complexity. Fig. 9 shows the overall optimized IDCT flow chart.

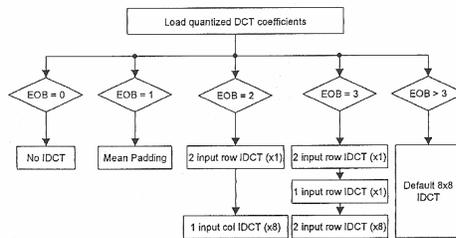


Fig. 9. IDCT optimization algorithm.

### V. Hardware-Software Scheduling of the Video Codec

The well-defined concurrent operation of hardware and software is another important issue. Thus a simple but reasonable scheduler is prepared to allocate hardware and software jobs properly for video codec. This scheduler controls the operation of ME/MC modules by sending commands such as *start*, *abort*, *stop*, and *resume* through specialized command registers. For example, if the scheduler writes an 'ME start' command to a predefined register to start motion estimation, the motion estimator

continues its job for  $k$  macroblocks without intermission, and then an interrupt is transmitted to the scheduler after the job is completed. Here, the value of  $k$  is specified at the operation unit counter. This feature gives more flexibility so that the scheduler can select a desired amount of hardware job for each term.

To functionally verify hardware and software co-working, scheduling mechanisms for encoding and decoding are independently considered in terms of the processing flow. In the encoder processing flow, a motion vector should be obtained from the motion estimator before performing motion compensation for the corresponding macroblock. Similarly, software jobs, such as DCT and quantization, can not be performed until motion compensation is completed for the corresponding macroblock. In order to meet these conditions, five special purpose registers are used for implementing the encoder scheduling; MBIHME, MBIHMC, FlagMEBusy, FlagMCBusy, and MBIS. MBIHME and MBIHMC contain the indices of macroblocks at which the jobs of the hardware ME and MC are completed, respectively. FlagMEBusy and FlagMCBusy show the states of the hardware ME and MC, respectively. MBIS denotes the next macroblock operation index from which the software jobs begin. Fig. 10 shows a basic scheduling diagram for encoding ( $k = 1$ ). According to this diagram, the hardware and software jobs are concurrently performed as desired. It is also noted that the waiting time of software parts depends on the processing time of the hardware modules. The scheduling of decoding can be achieved in a similar way to that of encoding.

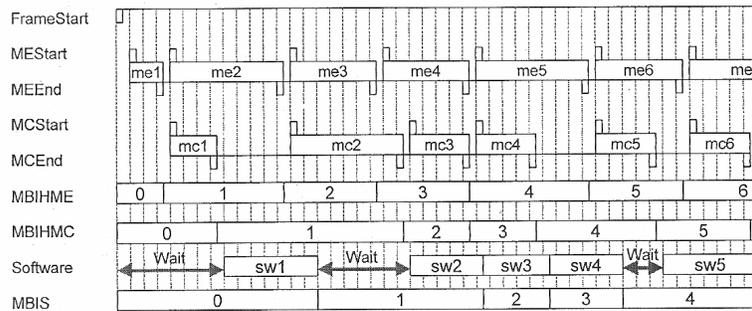


Fig. 10. Hardware-software scheduling mechanism for the implemented encoder.

## VI. Implementation Results

We have implemented the video codec on a reconfigurable emulation board called Aptix, in order to test and debug it. The emulation board can be configured to an arbitrary logic and has programmable routing devices. On the board, we place a Strong ARM 110 core and memory devices, and prepare two FPGA (field programmable logic gate array) devices for hardware implementation. A motion estimator and compensator, SDRAM controller, host interface, DMA engines, and video pre/post-processing parts are implemented in these FPGAs. It should be mentioned that the hardware in FPGAs can be easily implemented to ASIC by using the standard cell library with a minor update of delay characteristics. For QCIF sequences, the ME core excluding DMA requires an 11 MHz clock for the encoding at the frame rate of 30 Hz. The MC requires a 9.5 MHz clock for both the encoding and decoding at the frame rate of 30 Hz, when the probability that a motion vector has half-pel components is assumed to be 0.5. The gate numbers required for the ME and MC hardware are about 25,000 and 15,000, respectively.

In the emulation board, the delay mainly caused by programmable routing devices limits the practical operating frequency to 10MHz. Due to this intrinsic delay, we limit the memory and system clocks of the evaluation system to about 9.5 MHz, and set the corresponding processor core clock to 86 MHz. Hence, through the implementation on the emulation board, we can verify only the functions for the hardware-software co-designed video codec, and may predict its real time operation in the actual system. It should be noted that in our actual target system, the processor core and memory clocks will be set to 200 MHz and 66 MHz (rather than 86 MHz and 9.5 MHz), respectively.

Table III is the profiling results of the video encoder implemented in the emulation board for two different video scenes captured from a camera. In this table, we use a fixed quantization parameter (QP) of 10, and encode 100 frames in the baseline mode. Since the ME and MC hardware modules (designed to operate at the 66 MHz clock) are working at the slow clock speed of 9.5 MHz in the emulation system, the scheduler consumes a relatively large portion of the total execution time while waiting for the termination of hardware operations before starting software operations. It should also be noted that the processing time of software becomes longer as the input scene has more complex motion. This is because the number of coded blocks increases drastically, and consequentially, the software computing time for DCT, quantization, VLC, inverse quantization, and IDCT increases. The function of the decoder can also be verified in a similar way as in the encoder, with the hardware motion compensator.

Thus, by using 100% of the processor computing power, the maximum attainable frame rate will be about 29 Hz ( $\cong$

Table III. Profiling results of the hardware-software co-implemented encoder on the reconfigurable emulation board. Two scenes are captured from a camera, and 100 frames are encoded for each scene. A quantization parameter of 10 is used for both scenes.

Functions	Scene 1		Scene 2	
	Time [sec]	Fract-ion [%]	Time [sec]	Fract-ion [%]
Color space conversion (RGB 4:2:2 to YUV 4:2:0)	5.45	37.33	5.45	36.72
Waiting time of software for ME/MC operation	5.67	38.81	3.04	20.45
SubBlock	0.64	4.41	0.82	5.54
DCT	0.94	6.40	1.47	9.89
Quant	0.25	1.71	0.43	2.91
VLC	0.33	2.28	0.95	6.42
DeQuant	0.03	0.22	0.15	0.99
IDCT	0.16	1.12	0.68	4.57
AddBlock	0.10	0.68	0.38	2.58
Misc.	1.01	6.91	1.47	9.91
Total time [sec]	14.60		14.84	
Encoded frames/sec [Hz]	6.97		6.87	
Measured bitrate [kbit/sec]	11.12		60.14	
Characteristics of input scenes	Slow motion		Fast motion	

100 frames/3.5 sec) and 16 Hz ( $\cong$  100 frames/6.3 sec) when disregarding hardware operation. If the processor core clock and system clock are set to 200 MHz and 66 MHz in the target system, respectively, the implemented video encoder is expected to operate about 2.3 ~ 7.0 times faster. When considering that the memory bandwidth exhaustion is the main bottleneck of the processing speed in the emulation system, the speed improvement is more closely related to the system clock speed rather than the processor core clock speed. Therefore, based on the experimental results from the emulation system, it is expected that a 30 Hz encoding of QCIF sequences can be carried out sufficiently with 30% of the total computational power of a RISC processor, in the hardware-software co-implemented H.263 video coder.

## VII. Conclusions

In this paper, we introduce an implementation method for an H.263 video codec based on hardware and software co-design. In order to maximally utilize the RISC computing power reserved for the H.263 codec and to achieve efficient

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

hardware-software partitioning, motion estimation and compensation parts are implemented in hardware. Novel design methods of ME/MC parts are introduced to minimize the corresponding hardware area. In software optimization, several methods are investigated to reduce the computational complexity mainly for DCT/IDCT by utilizing the SAD information obtained from the hardware motion estimator. The hardware-software co-implemented H.263 video codec is expected to use 30%–40% of computational power of the 200 MHz RISC processor and 40,000 gates. This video codec will be merged into the H.324 video-conferencing system.

#### Acknowledgement

The authors would like to thank J. S. Kim, U. Joung, and J. D. Kim of Samsung Electronics Company for their valuable cooperation.

#### References

- [1] Draft ITU-T Recommendation H.263, "Video coding for low bitrate communication," Mar. 1996.
- [2] H. Fujiwara, M. L. Liou, M.-T. Sun, K.-M. Yang, M. Maruyama, K. Shomura, and K. Ohyama, "An all-ASIC implementation of a low bit-rate video codec," *IEEE Trans. Circuits Systems Video Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 123-134, June 1992.
- [3] W. Lin, K. H. Goh, B. J. Tye, G. A. Powell, T. Ohya, and S. Adachi, "Real time H.263 video codec using parallel DSP," in *Proc. Int. Conf. Image Processing*, pp. 586-589, 1997.
- [4] W. Ding, "A standard-based software-only video conferencing codec on Ultra SPARC," in *Proc. SPIE Visual Commun. Image Processing*, vol. 3309, pp. 535-542, Jan. 1998.
- [5] K.W. Lim and J.B. Ra, "Improved hierarchical search block matching algorithm by using multiple motion vector candidates," *IEE Electronics Letters*, pp. 1771-1772, Oct. 1997.
- [6] K. Lengwehasatit and A. Ortega, "DCT computation with minimal average number of operations," in *Proc. SPIE Visual Commun. Image Processing*, vol. 3024, pp. 71-82, 1997.
- [7] A. Yu, R. Lee, and M. Flynn, "Early detection of all-zero coefficients in H.263," in *Proc. Picture Coding Symposium*, pp. 159-164, Sept. 1997.
- [8] L.-M. Pao and M.-T. Sun, "Approximation of calculations for forward discrete cosine transform," *IEEE Trans. Circuits Systems Video Technol.*, vol. 8, no. 3, pp. 264-268, June 1998.
- [9] S.D. Kim, S.K. Jang, J. Lee, J.B. Ra, J.S. Kim, U. Joung, G.Y. Choi, and J.D. Kim, "Efficient hardware-software co-implementation of H.263 video codec," in *Proc. of IEEE Workshop on Multimedia Signal Processing*, pp. 305-310, Redondo Beach, CA, Dec. 1998.
- [10] Z. Xuan, Y. Zhenghua, and Y. Songyu, "Method for detecting all-zero DCT coefficients ahead of discrete cosine transformation and quantization," *IEE Electronics Letters*, pp. 1839-1840, Sept. 1998.
- [11] Z. Wang, "Pruning the fast discrete cosine transform," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 39, no. 5, pp. 640-643, May 1991.
- [12] A. N. Skodras, "Fast discrete cosine transform pruning," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 42, no. 7, pp. 1833-1837, July 1994.
- [13] L.-M. Pao and M.-T. Sun, "Modeling DCT coefficients for fast video encoding," *IEEE Trans. Circuits Systems Video Technol.*, vol. 9, no. 4, pp. 264-268, June 1999.

#### BIOGRAPHIES

**Sung Kyu Jang** received the B.S. degree in electronics engineering from Pusan National University in 1996 and the M.S. degree in electrical engineering from KAIST in 1998. Currently, he is working toward Ph.D. degree in department of electrical engineering from KAIST. His research interests include image/video compression.

**Sung Duek Kim** received the B.S. degree in school of electronic and electrical engineering from Kyungpook National University in 1994 and the M.S. degree in electrical engineering from KAIST in 1996. Currently, he is working toward Ph.D. degree in department of electrical engineering from KAIST. His research interests include image/video compression.

**Jae Hun Lee** received the B.S. and M.S. degrees in electrical engineering from KAIST in 1996 and 1998, respectively. Currently, he is working toward Ph.D. degree in department of electrical engineering from KAIST. His research interests include image/video compression and representation.

**Geon Young Choi** received the B.S. degree in school of electrical engineering from Yonsei University in 1995 and the M.S. degree in electrical engineering from KAIST in 1997. Currently, he is working in multimedia laboratory of Samsung Electronics Company Ltd., Korea. His research interests include image processing and its hardware implementation.

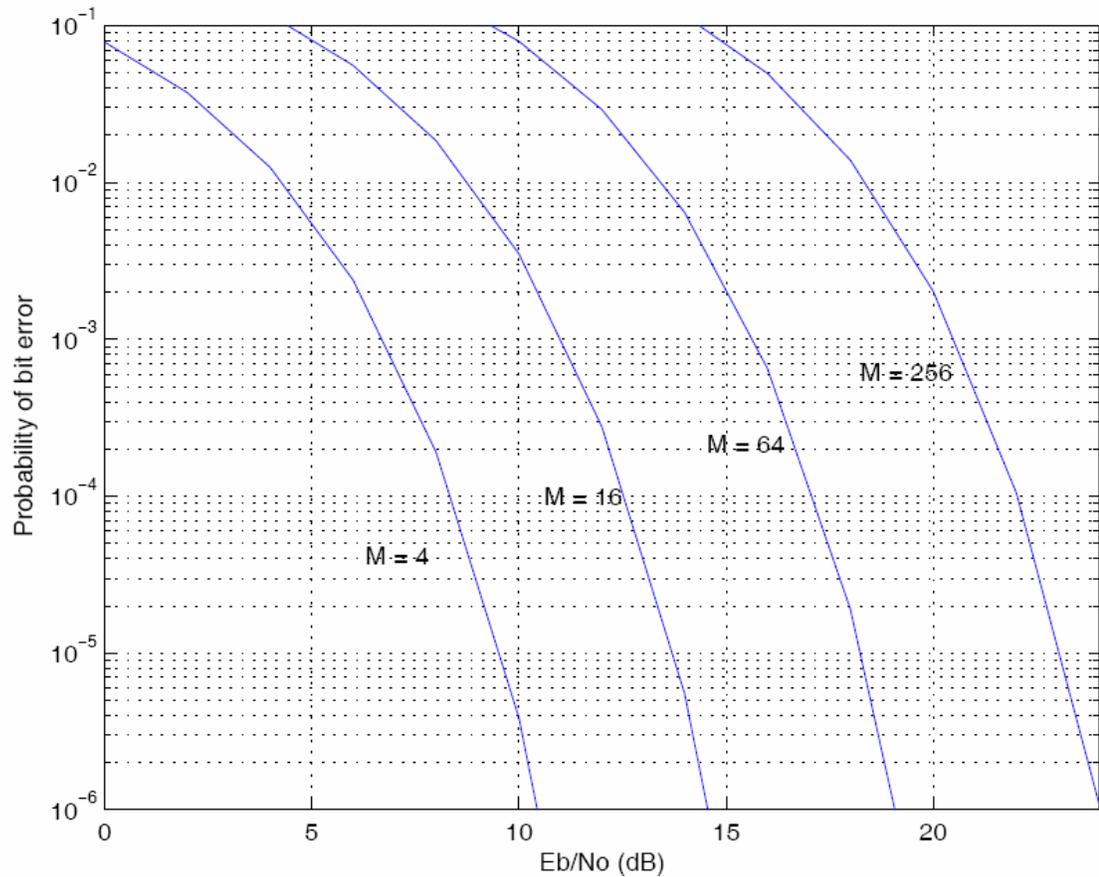
**Jong Beom Ra** received the B.S. degree in electronic engineering in 1975 from Seoul National University, and the M.S. and Ph.D. degrees in electrical engineering from KAIST in 1977 and 1983, respectively. From 1983 to 1987, he served as an associate research scientist in Columbia University in New York. Since 1987, he has been working as a professor in department of electrical engineering, KAIST. His research interests are digital image processing, video signal processing, 3-D visualization, and medical imaging such as MRI.

**pdfMachine** - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

## Anexo 2. Curva de relación señal a ruido versus probabilidad de error para diferentes niveles en la modulación QAM



**pdfMachine** - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

### Anexo 3. Hoja de evaluación del método DSCQS.

IMAGEN	1		2	
	A	B	A	B
Excelente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Buena	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Regular	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mala	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muy mala	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**pdfMachine** - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA

#### **Anexo 4. Entrevista realizada para determinar nivel de aceptación del sistema en estudio**

Pregunta 1. ¿Le parece a usted que es provechoso apoyarse en la tecnología para mejorar el sistema de seguridad existente en su edificio?

Si\_\_ No\_\_ ¿Por qué?

Pregunta 2. ¿Estaría usted dispuesto a invertir en un sistema de seguridad que no sólo le permitiera escuchar a la persona que lo visita sino también verlo?

Si\_\_ No\_\_ ¿Por qué?

Pregunta 3. ¿Cual de los siguientes sistemas prefiere usted de acuerdo a su precio y características?

- Video Server 1000\$
- Videotelefono 500\$
- Equipo AE y SV 500\$
- Sistema en estudio <500\$

**pdfMachine - is a pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

**Get yours now!**

"Thank you very much! I can use Acrobat Distiller or the Acrobat PDFWriter but I consider your product a lot easier to use and much preferable to Adobe's" A.Sarras - USA