



Representación y Codificación de Señales Audiovisuales en Televisión Digital Introducción

José M. Martínez
Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid, SPAIN

JoseM.Martinez@uam.es
tel:+34.91.497.22.58

2008-2009



Representación y Codificación de Señales Audiovisuales en Televisión Digital Introducción

- **Introducción**
- Necesidad de la codificación de fuente
- Percepción de señales de televisión
 - o Sistema Visual Humano
 - o Sistema Auditivo Humano

Introducción: ¿Cómo hemos llegado a la TV de hoy día?

Ingeniería. Solución barata que funcione

- El receptor lo más barato

Adaptación TV a limitaciones y características propias del Sistema Visual Humano (SVH) = ojo humano + corteza visual

- Cómo ve el ojo condiciona el diseño de los sistemas TV.
 - o Qué ve el ojo y qué no ve (Cosas muy pequeñas, cosas muy rápidas, colores)
 - o Qué se puede suprimir (Redundancia psicofísica)

Evolución y compatibilidad con sistemas anteriores

- Lo técnicamente práctico => Realizable, barato (función de tecnología disponible)
- Lo que guarda compatibilidad (TV Analógica: B/N – Color)
- Convivencia analógico/digital

Introducción: codificación de fuente

La codificación de fuente tiene como objetivo reducir la tasa binaria de las señales a transmitir controlando la posible pérdida de calidad

- Codificación sin pérdidas
 - o Basada en estadísticos
 - o Límite == entropía
 - o Raramente necesaria en señales audiovisuales (e.g., imagen médica, señales forenses)
- Codificación con pérdida
 - o Basada en diversas técnicas
 - o Límite == curva tasa-distorsión
 - o La generalmente aplicada a señales audiovisuales
 - o Objetivo primordial == maximizar la calidad subjetiva

Representación y Codificación de Señales Audiovisuales en Televisión Digital Introducción

- *Introducción*
- **Necesidad de la codificación de fuente**
- Percepción de señales de televisión
 - Sistema Visual Humano
 - Sistema Auditivo Humano

Necesidad de la codificación de fuente (I) (*)

Imagen

- 960x1280 píxeles
- 3 colores
- 8 bpp
- Fichero RAW: 3.686.400 bytes
- Fichero JPEG: 598.016 bytes
- Tasa de compresión: 6,164



Video (TV):

- 720x576 píxeles/cuadro
- 3 colores
- 8 bpp
- 25 cuadros/segundo
- Total: 248.832.000 bps = 248,832 Mbps
- Canal TVD: 3-4 Mbps
- Tasa de compresión = 82,944 -62,208

Necesidad de la codificación de fuente (II) (*)

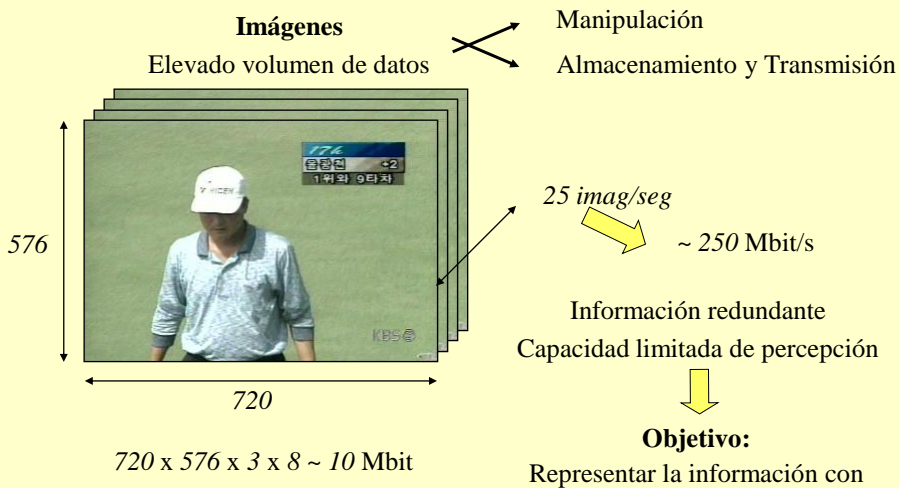
Audio (CD)

- 44100 muestras/segundo
- 16 bits por muestra
- 2 canales (estéreo)
- Total: 1.411.200 bps = 1,4112 Mbps
- Fichero (4:43 minutos): 399.369.600 bits = 49.921.200 bytes = 48.751,171 Kbytes = 47,609 Mbytes
- Fichero MP3 (4:43 minutos): 2.297.856 bytes = 2.244 Kbytes = 2,191 Mbytes
- Tasa de compresión = 21,725

Audio TVA (NICAM-728):

- 32000 muestras/segundo
- 14 bits por muestra
- 2 canales (estéreo)
- Total: 896.000 bps = 896 kbps
- Canal audio NICAM.728 = 640 kbps
- Tasa de compresión = 1,4

Necesidad de Reducción de la Información de vídeo



Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid UAM

Reducción basada en Color (I): de RGB a YCrCb

Con autorización del autor (Luis Salgado Álvarez de Sotomayor, UPM)

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2000-2003) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (9)


Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid UAM

Reducción basada en Color (II): Luminancia y Crominancia

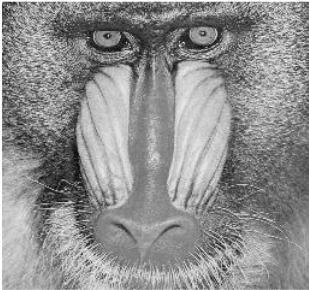
¿Sería posible reducir la información de color?


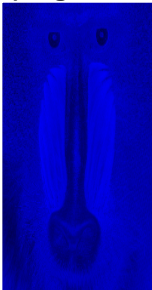
Con autorización del autor (Luis Salgado Álvarez de Sotomayor, UPM)

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2000-2003) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (10)

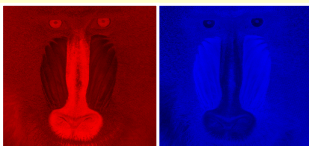
Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

Reducción basada en Color (III): agudeza visual




4:2:2
~ 166 Mbit/s




4:2:0
~ 124,5 Mbit/s




Y según la aplicación, se utilizan imágenes de diferente tamaño

Con autorización del autor (Luis Salgado Álvarez de Sotomayor, UPM)
Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Comunicación AV en TVD: Introducción (11)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

Reducción basada en percepción subjetiva de la distorsión



Degradar la imagen de manera **selectiva** para poder codificarla empleando menos bits **reduciendo el efecto perceptual de la distorsión**

Con autorización del autor (Luis Salgado Álvarez de Sotomayor, UPM)
Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (12)

Técnicas de codificación de fuente

¿Cómo puedo “compactar” eficientemente la salida (representación) de una fuente de información?

- Sin pérdidas: basándose en los estadísticos de la fuente
 - Símbolos más/menos probables menos/más bits.
- Con pérdidas
 - Destino final de la información: ser humano
 - Puedo eliminar información poco relevante, poco perceptible, ...
 - Sistema Visual Humano: Agudeza Visual (separación visible), Mezcla Aditiva Espacial (3 colores), Mezcla Aditiva Temporal (cuadros por segundo),
 - Sistema Auditivo Humano: Umbral de Audición (función de la frecuencia), Enmascaramiento (en tiempo y en frecuencia)
 - Calidad subjetiva
 - Si fuente analógica, siempre habrá pérdidas por el paso A/D (cuantificación)

Representación y Codificación de Señales Audiovisuales en Televisión Digital

Introducción

- *Introducción*
- *Necesidad de la codificación de fuente*
- **Percepción de señales de televisión**
 - Sistema Visual Humano
 - Sistema Auditivo Humano

Representación y Codificación de Señales Audiovisuales en Televisión Digital Introducción

- *Introducción*
- *Necesidad de la codificación de fuente*
- **Percepción de señales de televisión**
 - **Sistema Visual Humano**
 - Luz y color
 - El fenómeno de la visión
 - El ojo humano
 - Respuesta del ojo humano como sensor de luz y color
 - Resolución del ojo
 - Sistema Auditivo Humano

SVH - Luz y color (I) (*)

Teorías científicas: dualidad onda-partícula

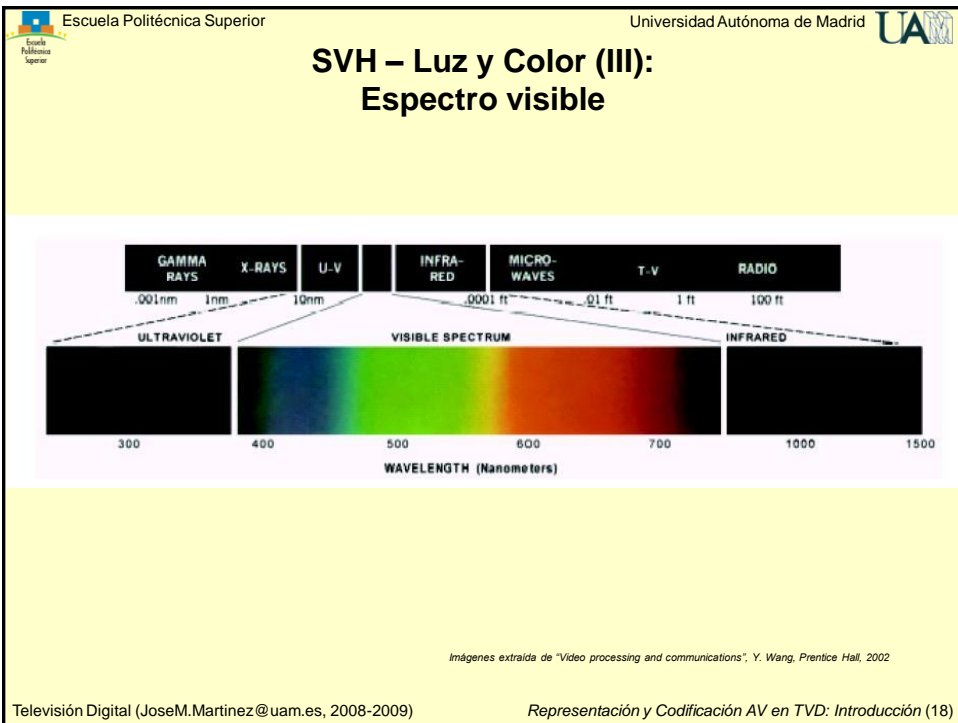
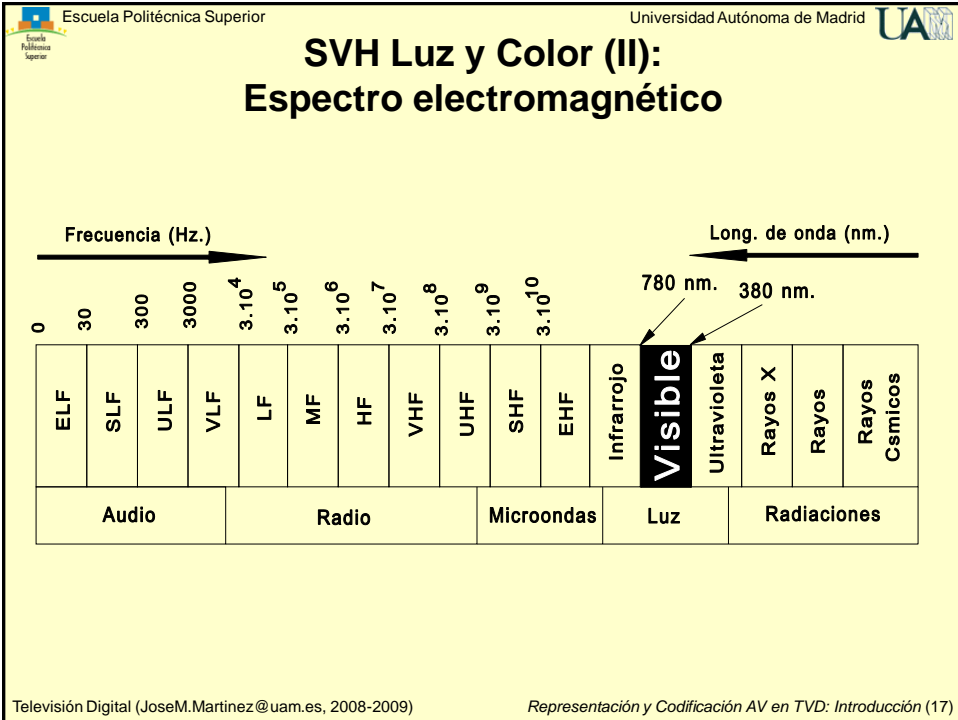
Teoría corpuscular. Partículas: fotones


- Explica fenómenos interacción luz-materia

Teoría ondulatoria. Onda electromagnética

- Variación de campo eléctrico y magnético que se propaga, difracción, etc.
- Longitud de onda

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \begin{array}{l} nm = 10^{-9} m \\ c = 3 \cdot 10^8 m/seg \end{array}$$



Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

SVH – Luz y Color (IV): Fuentes de luz primarias y secundarias


Fuentes primarias o emisivas (aditivas) [illuminating]

- Emisores de luz (e.g., sol, bombilla, monitor TV)
- El color percibido depende de la frecuencia de la luz emitida
- Siguen ley aditiva
 - $R+G+B = \text{White}$

Fuentes secundarias o reflectivas (substractivas) [reflecting]

- Reflejan una luz incidente (e.g., pintura, tejido teñido, papel impreso)
- El color percibido depende de la frecuencia de la luz reflejada
 - Frecuencias emitidas – frecuencias absorbidas
- Siguen ley substractiva
 - $R+G+B = \text{Black}$

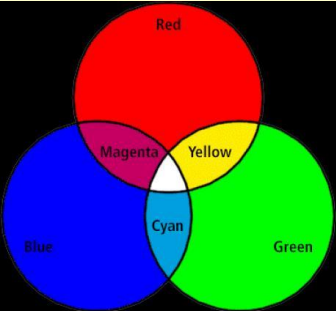
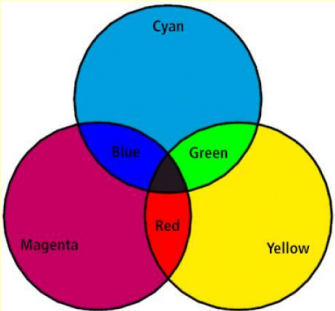
Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (19)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

SVH – Luz y Color (V): Fuentes de luz primarias y secundarias

Fuentes primarias o emisivas (aditivas)

- Suma de “luces” generadas





Fuentes secundarias o reflectivas (substractivas)


- Resta de “luces” absorbidas = Suma de “luces” reflejadas


Imágenes extraída de “Video processing and communications”, Y. Wang, Prentice Hall, 2002

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (20)


Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

SVH – Luz y Color (VI): fuentes aditivas






red




Green



Blue

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (21)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

SVH – Luz y Color (VII): Percepción de brillo y color

Percepción del brillo

- **Intensidad** de la radiación: función de densidad espectral de energía

$$C(\mathbf{X}, t, \lambda), \mathbf{X} = (x, y, z)$$

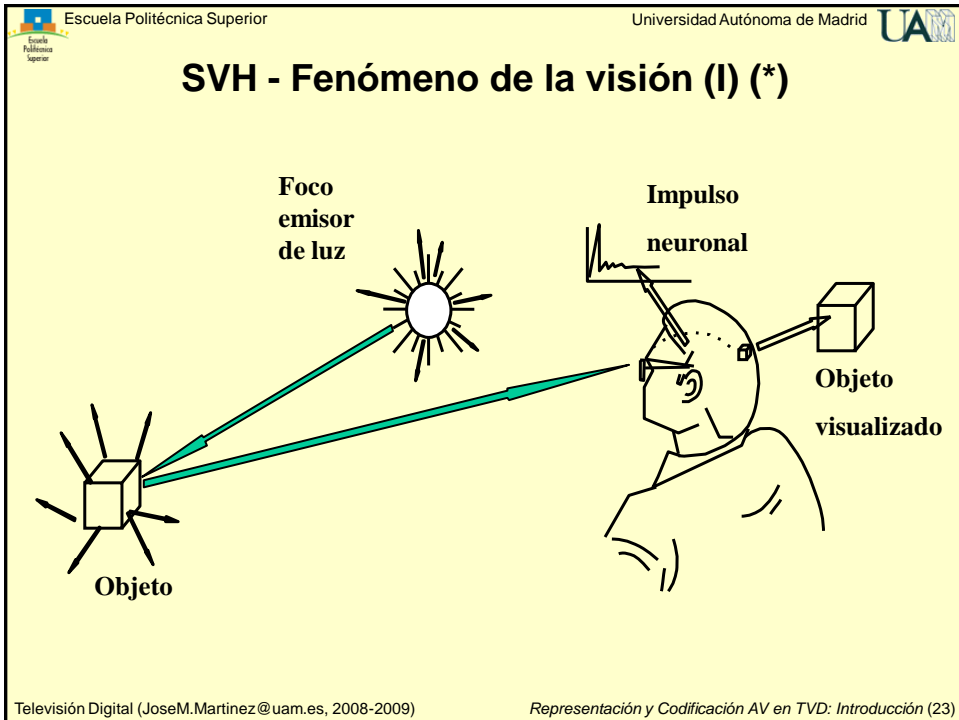
- Si se recibe de un objeto, la intensidad recibida es la incidente (E) afectada por la reflexión

$$C(\mathbf{V}, geom, t, \lambda) = r(\mathbf{V}, geom, t, \lambda) \cdot E(geom, t, \lambda)$$

Percepción del color

- **Distribución espectral** de energía

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (22)



Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid


SVH - Fenómeno de la visión (II)

Fuentes de luz

- Luz monocroma, frecuencia “pura”, i.e. láser
- Luz policroma, mezcla de frecuencias, i.e. blanco
- Fuentes primarias y secundarias

Percepción: Respuestas del ojo y corteza visual (cerebro)

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) *Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (24)*

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

SVH - El ojo humano (I) (*)

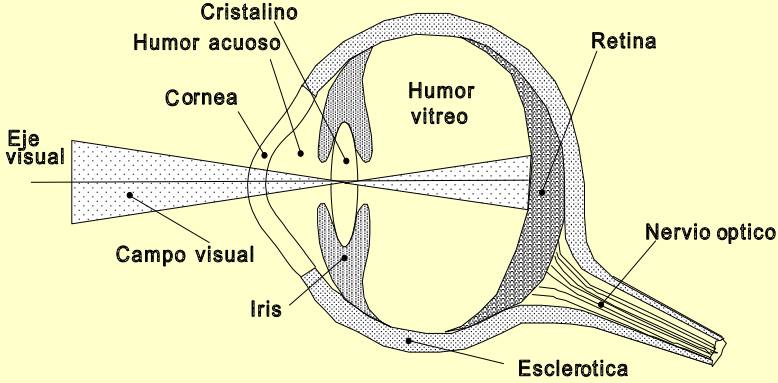

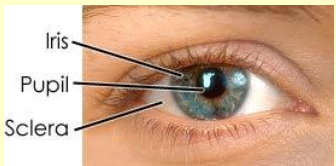


Diagram labels: Eje visual, Campo visual, Cornea, Cristalino, Humor acuoso, Iris, Humor vítreo, Retina, Nervio óptico, Esclerótica.

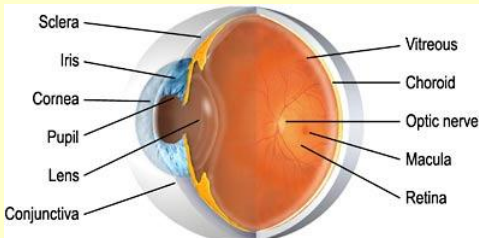
Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (25)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

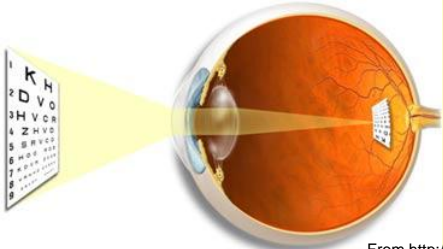
SVH - El ojo humano (II) (*)



Iris
Pupil
Sclera



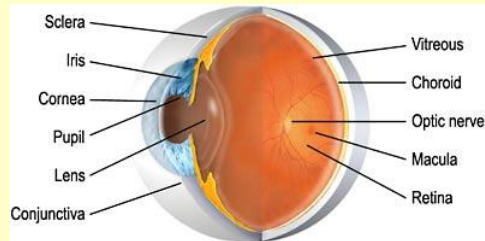
Sclera
Iris
Cornea
Pupil
Lens
Conjunctiva
Vitreous
Choroid
Optic nerve
Macula
Retina



From <http://www.stlukeseye.com/Anatomy.asp>

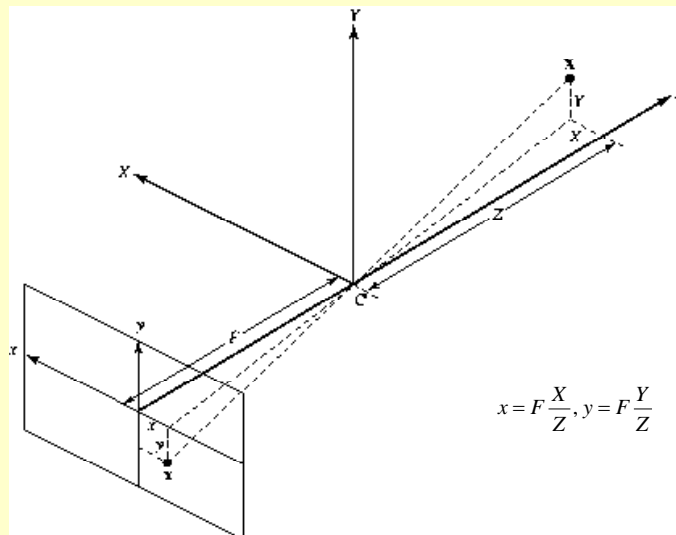
Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (26)

SVH – El ojo humano (III): Cámara versus ojo humano



Cámara	Ojo	Función
Lentes (objetivo)	Cristalino, cornea: voluntario	Enfoque
Diafragma	Iris (pupila): involuntario	Regulación cantidad de luz
Película (fotoquímico) - CCD	Retina (fotoquímico+nervioso)	Sensibilidad y plano de imagen
Foto? - Cable/Memoria	Nervio óptico (al cerebro)	Transferencia de información

SVH – el ojo humano (IV): modelo de proyección perspectiva



Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

SVH - Respuesta del ojo como sensor de luz y color (I)

“Sensación de luz”:

- Valoraciones empíricas/perceptuales

Función de la frecuencia de la luz

Función de la cantidad de luz

- Visión fotópica (luz suficiente, en TV)
- Visión mesotópica (luz media)
- Visión escotópica (poca luz)

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (29)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

SVH – Respuesta del ojo como sensor de luz y color (II): Curvas de respuesta (*)

Longitud de onda (nm)	Respuesta relativa (%) - Escotópica	Respuesta relativa (%) - Fotópica
300	0	0
400	10	0
500	100	40
505	100	60
555	60	100
600	20	80
700	0	10
800	0	0

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (30)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

SVH – Respuesta del ojo como sensor de luz y color (III): Tipos de receptores

Dos tipos de fotorreceptores en la retina

- Bastones (o cilindros): escotópica, poca luz => Intensidad luminosa
- Conos: fotópica, color, luz suficiente (en TV) => color

Distribución en la retina

- Centro, zona foveal. Más conos. Mucha luz
- Fuera de zona foveal. Más bastones (cilindros). Poca luz

Conos. 3 tipos, máximos de respuesta a los tres colores primarios, **Rojo**, **Verde**, **Azul**

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (31)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

SVH – Respuesta del ojo como sensor de luz y color (IV): Receptores retinianos (*)

The diagram illustrates the distribution of rods and cones in the retina. The top part shows a circular cross-section of the retina with the 'Zona foveal (4)' and 'Fvea central (0,5)' labeled. The bottom part is a graph showing the density of rods and cones in thousands per square millimeter (Miles/mm²) as a function of the angle from the visual axis (Angulo respecto al eje visual). The y-axis ranges from 40 to 300 Miles/mm². The x-axis ranges from -20 to 20 degrees. The 'Cilindros' (rods) curve peaks at approximately 300 Miles/mm² at 20 degrees. The 'Conos' (cones) curve peaks at approximately 270 Miles/mm² at 0 degrees.

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (32)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

SVH – Respuesta del ojo como sensor de luz y color (V): Teoría tri-receptor del color (*)

T. Young, “On the theory of light and colors”, Philosophical Transactions of the Royal Society of London”, 92:20-71, 1802.

Hay tres tipos de conos, con bandas de paso “overlapping”

- Pico en rojo (aprox. 570 nm)
- Pico en verde (aprox. 535 nm)
- Pico en azul (aprox. 445 nm)
- o Distinta sensibilidad

$$a_i(c) = \int C(\lambda) \cdot a_i(\lambda) d\lambda, i \in \{1,2,3\}$$

El color percibido depende únicamente de tres números

- En lugar del espectro incidente

Imagen extraída de “Video processing and communications”, Y. Wang, Prentice Hall, 2002

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (33)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid


SVH – Respuesta del ojo como sensor de luz y color (VI): Sensación de color (*)

Luminancia (brillo, energía total) y Crominancia (tinte [tono], saturación [pureza])

- Una luminancia $Y = \int C(\lambda) \cdot a_Y(\lambda) d\lambda, a_Y(\lambda) = a_1(\lambda) + a_2(\lambda) + a_3(\lambda)$
- Dos crominancias o según el espacio de color

Imagen extraída de “Video processing and communications”, Y. Wang, Prentice Hall, 2002

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (34)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

SVH – Respuesta del ojo como sensor de luz y color (VII): Representación del color (*)

[Maxwell, 1885]: teoría tricromática de la mezcla de colores
La mayor parte de los colores pueden reproducirse mezclando 3 primarios (tristimulus values: T_k , positivos o negativos)


$$C = \sum_{k=1,2,3} T_k C_k$$

Una vez seleccionados los tres colores primarios, se obtienen los valores T_k del color a representar

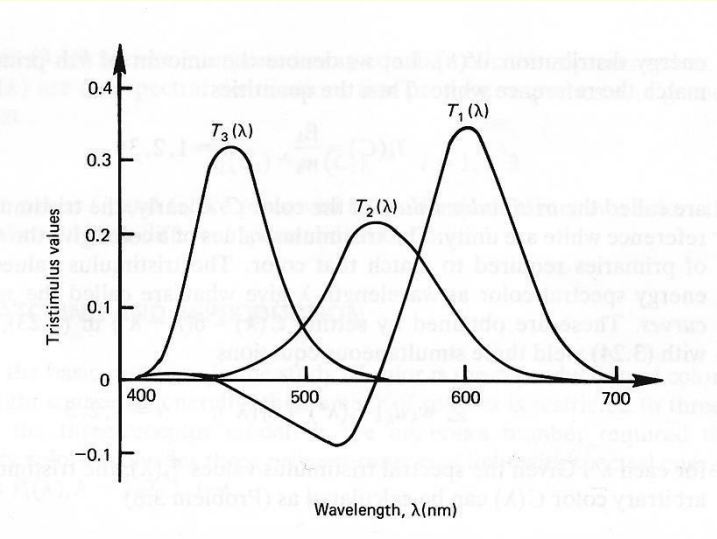
$$T_i = \int C(\lambda) T_i(\lambda) d(\lambda) \quad i=1,2,3$$

Donde $T_k(\lambda)$ son las “color matching functions” que se obtienen mediante experimentos visuales en condiciones controladas

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (35)


Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

SVH – Respuesta del ojo como sensor de luz y color (VIII): Representación del color (*)



The graph shows three curves representing color matching functions $T_1(\lambda)$, $T_2(\lambda)$, and $T_3(\lambda)$ as a function of wavelength λ in nanometers (nm). The x-axis ranges from 400 nm to 700 nm, with major ticks at 400, 500, 600, and 700. The y-axis represents tristimulus values, ranging from -0.1 to 0.4, with major ticks at -0.1, 0, 0.1, 0.2, 0.3, and 0.4. $T_3(\lambda)$ peaks at approximately 440 nm with a value of about 0.32. $T_2(\lambda)$ peaks at approximately 530 nm with a value of about 0.22. $T_1(\lambda)$ peaks at approximately 600 nm with a value of about 0.35. The T_1 curve is positive across the entire visible spectrum, while T_2 and T_3 have negative values in the blue region (around 450-500 nm).

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (36)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

SVH – Respuesta del ojo como sensor de luz y color (IX): Representación del color (*)

Los valores $T_k(c), k = \{1, 2, 3\}$ definen un sólido de color del que sólo se pueden representar aquellos colores que verifiquen

$$T_k(c) \geq 0, \forall k \in \{1, 2, 3\}$$


El objetivo es buscar primarios que representen tantos como sea posible (*tristimulus values* positivos).

Esta teoría es la base de la captación y representación del color. Una cámara (o monitor) ha de tener sensores (o emisores) con una respuesta en frecuencia igual a las *color matching functions*.

Primarios más populares:

- Displays: RGB
- Printers: CMY (CMYK)

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (37)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

SVH – Respuesta del ojo como sensor de luz y color (X): Especificación del color (*)

Mediante ternas de valores tristimulus values (T_k)

- normalizados respecto al blanco de referencia ($T_k=1, i=1,2,3$)
- CIE RGB primary system ($R_0=700 \text{ nm}, G_0=546.1 \text{ nm}, B_0=435.8 \text{ nm}$)

Mediante separación de luminancia y crominancia (tinte + saturación):

$$t_k(c) = \frac{T_k(c)}{T_1(c) + T_2(c) + T_3(c)}, k = \{1, 2, 3\} \quad \sum_{k=1}^3 t_k(c) = 1$$

- CIE XYZ, casi todos los colores visibles se generan con T_k positivos, pero XYZ no son realizables.
- Del CIE XYZ derivan YIQ e YUV (valores positivos, TVA), HSI (no lineal), LSI y Lab (diferencias de color).

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (38)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

SVH – Respuesta del ojo como sensor de luz y color (XI): Diagrama de cromaticidad del CIE (*)

x [red]
y [green]
z = 1 - (x+y) [blue]

La línea que une dos puntos cualquiera da la gama de colores que se puede generar mezclándolos

La línea desde el punto de igual energía [blanco] hacia la frontera son los tonos de un mismo color

El triángulo RGB son los colores realizables con estos primarios

(C. I. E. CHROMATICITY DIAGRAM)

SPECTRAL ENERGY LOCUS (WAVELENGTH, NANOMETERS)

GREEN, BLUE, DEEP BLUE, DAYLIGHT, COOL WHITE, WARM WHITE, GOLD, PINK, RED

POINT OF EQUAL ENERGY

x axis y axis

Imagen extraída de "Digital Image Processing", R.C. Gonzalez, P. Wintz Prentice Hall, 1987

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (39)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

SVH – Respuesta del ojo como sensor de luz y color (XII) : Rendimiento del ojo como sensor de luz

Muy buen localizador posicional

Muy mal analizador espectral

- En la longitud de onda, colores
- En el tiempo, variación de estímulo visual

Diseño de los Sistemas de TV

- Calidad donde se necesite => donde el ojo lo vea

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (40)

SVH - Resolución del ojo (I)

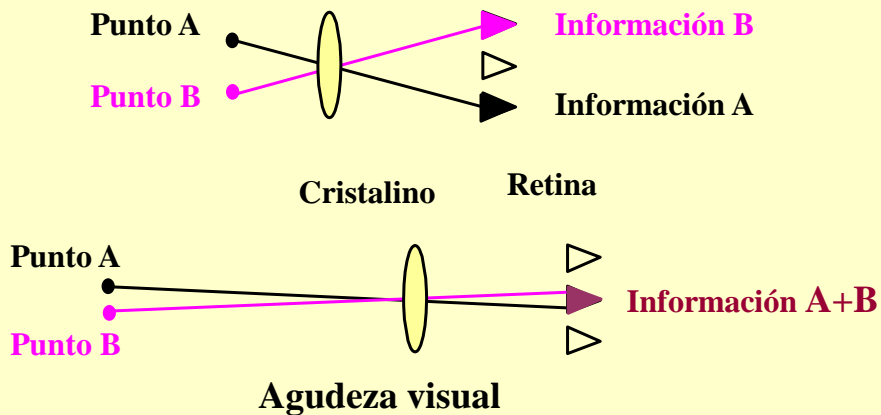
Se forma una imagen sobre la retina físicamente, sobre los receptores.

- Limitados en número y tiempo de reacción

El ojo no es perfecto, no ve cosas:

- Arbitrariamente pequeñas: imperfecta resolución espacial
- Arbitrariamente rápidas: imperfecta resolución temporal

SVH – Resolución del ojo (II): Mezcla aditiva espacial –MAE–



SVH – Resolución del ojo (III): Agudeza Visual

Retina, puntos separados **ángulo > 1 min:**

- Sensores distintos: fibras nerviosas distintas
- **Dos** informaciones al cerebro

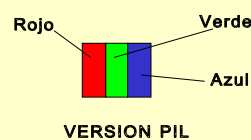
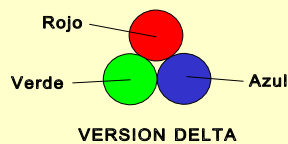
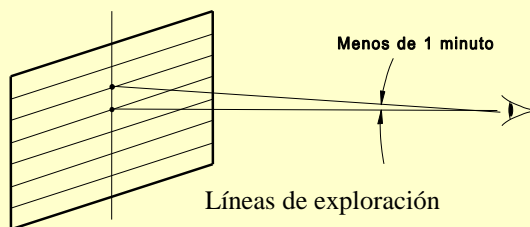
Puntos separados **ángulo < 1 min:**


- Mismo sensor: una única fibra nerviosa
- **Una única** información al cerebro

Agudeza visual: capacidad de distinguir dos puntos próximos.

SVH- Resolución del ojo (IV): Uso de la MAE

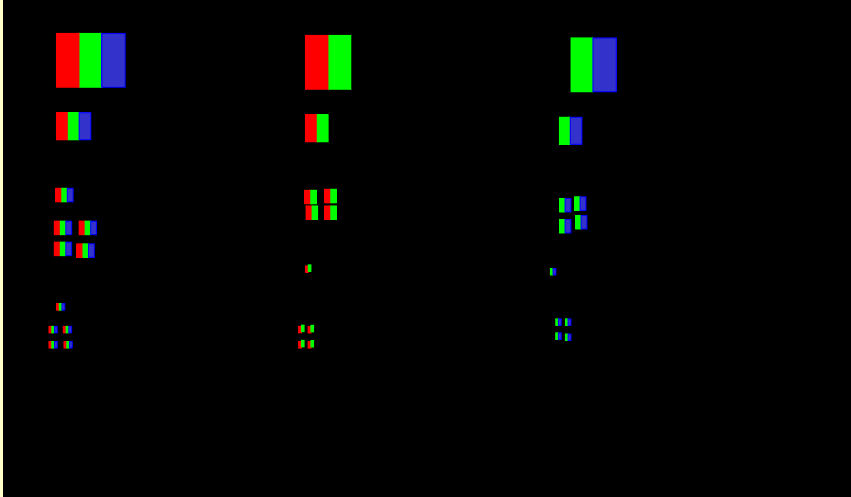
Ejemplos: líneas TV, triadas fósforo




Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

SVH – Resolución del ojo (V): Uso de la MAE

Ejemplos: triadas fósforo

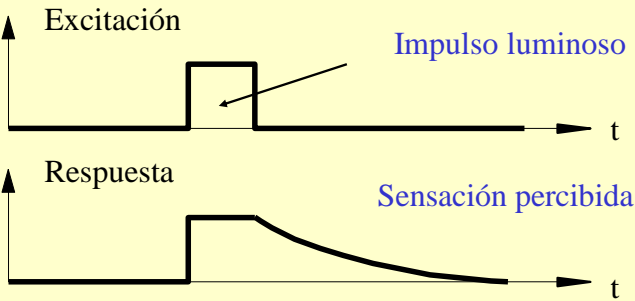


Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (45)

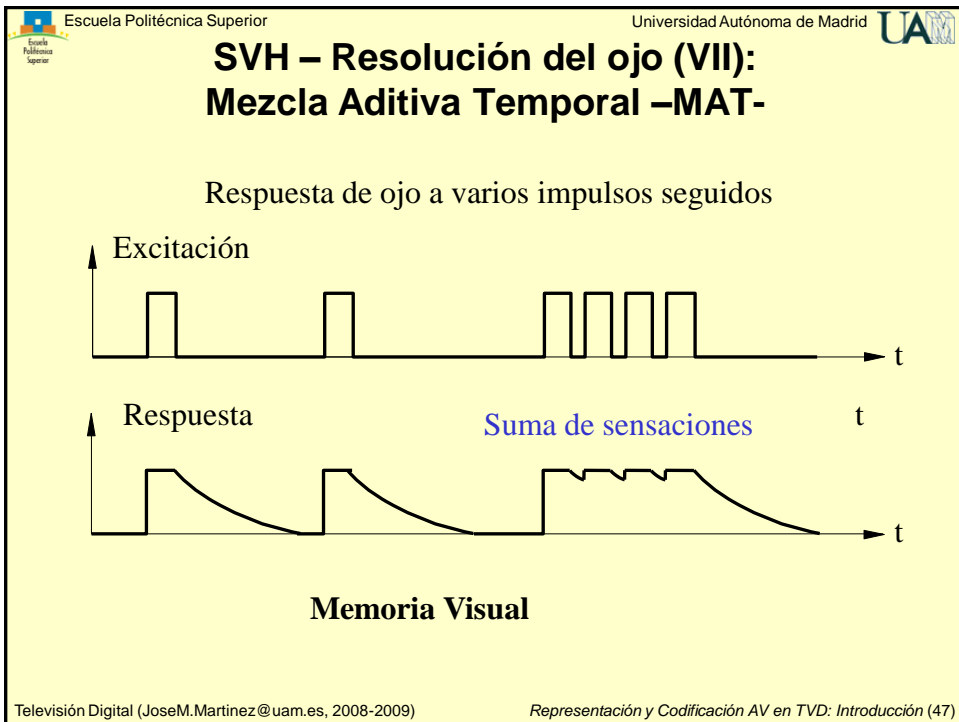
Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

SVH – Resolución del ojo (VI): Mezcla aditiva temporal –MAT–

Respuesta del ojo a un impulso



Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (46)



Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

SVH – Resolución del ojo (VIII): Memoria Visual

Serie de estímulos luminosos

- Separados más de 50ms se perciben como independientes/distintos
- Menos de 50ms: cada nuevo impulso provoca una respuesta que se suma a la anterior
- Alrededor de 50ms: parpadeo o *flicker*, incómodo, ni mezclados ni separados

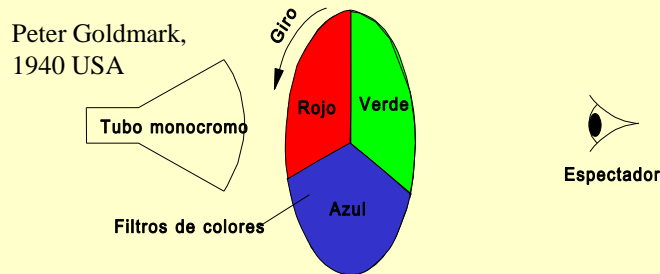
Integración temporal de impulsos

- Memoria Visual de lo que se ha visto

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (48)

SVH – Resolución del ojo (IX): Uso de la MAT

Ejemplos: Cine, TV número de imágenes limitado, color como suma de tres imágenes



Representación y Codificación de Señales Audiovisuales en Televisión Digital Introducción

- *Introducción*
- *Necesidad de la codificación de fuente*
- **Percepción de señales de televisión**
 - **Sistema Visual Humano**
 - Luz y color*
 - El fenómeno de la visión*
 - El ojo humano*
 - Respuesta del ojo humano como sensor de luz y color*
 - Resolución del ojo*
 - **Sistema Auditivo Humano**
 - El oído**
 - Percepción de sonidos**
 - Enmascaramiento**

SAH – el oído (I)

Comportamiento a grandes rasgos

- Analizador espectral (con limitaciones)
- Capaz de localizar la fuente sonora
- La codificación perceptual de audio aprovecha estas propiedades

Fisiología del aparato auditivo humano

- Oído externo. Audición binaural y adaptación de la señal (filtrado)
- Oído medio. Transmisión eficaz del sonido al caracol (amplificación)
- Oído interno. Analiza la señal (distingue frecuencias)

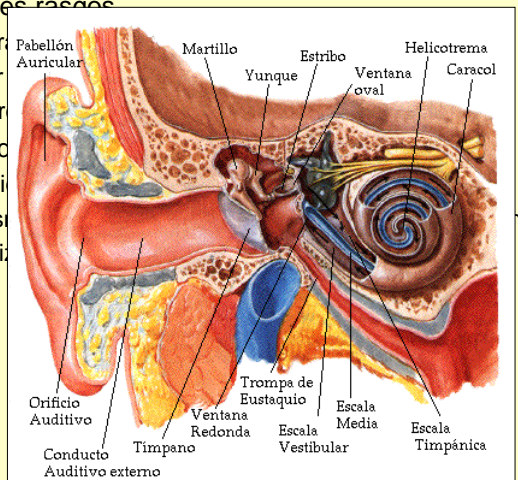
SAH – el oído (II)

Comportamiento a grandes rasgos

- Analizador espectral
- Capaz de localizar
- La codificación per

Fisiología del aparato aud

- Oído externo. Audi
- Oído medio. Trans
- Oído interno. Anal



Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

SAH – el oído (VIII)

Comportamiento

- Anamniotas
- Caprimulgidae
- La c...

Fisiología de

- Oído
- Oído
- Oído

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (53)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

SAH - Percepción de sonidos (I)

Factores que intervienen

- Nivel sonoro (altura de un sonido). Mide la intensidad percibida (en fonios). Depende de la frecuencia
 - o Umbral absoluto de audición (MAF). Depende de la frecuencia
 - o Saturación (umbral de dolor)

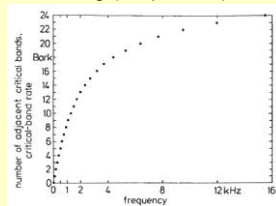
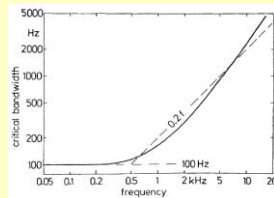
- Banda crítica ...
- Enmascaramiento ...

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (54)

SAH - Percepción de sonidos (II)

Banda crítica

- Determinada por la capacidad de discriminar dos tonos muy próximos en frecuencia (el sistema auditivo no puede separar dos tonos que estén dentro de una banda crítica)
- Modelo: banco de filtros (banda estrecha) no uniforme. Ancho de la banda de paso del filtro mayor a mayor frecuencia central
- Se pasa a una escala lineal: tonalidad (medida en barks, cada banda crítica tiene un ancho de 1 bark)
 - Frecuencias < 500 Hz : 1 Bark \approx freq/100
 - Frecuencias > 500 Hz : 1 Bark \approx 9 + 4 log (freq / 1000)



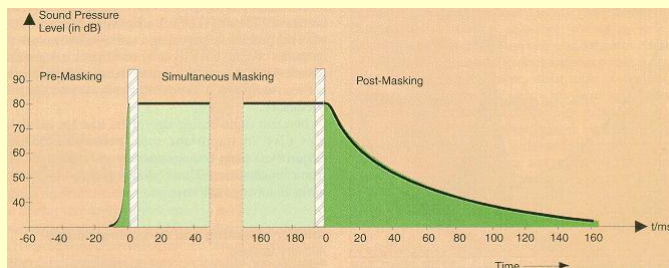
SAH - Enmascaramiento (I)


Enmascaramiento

- Fenómeno por el cual el oído no es capaz de separar dos sonidos
- Enmascaramiento en tiempo y frecuencia

Enmascaramiento en tiempo

- Un tono más alto enmascara otro tono posterior (o anterior) de menor intensidad

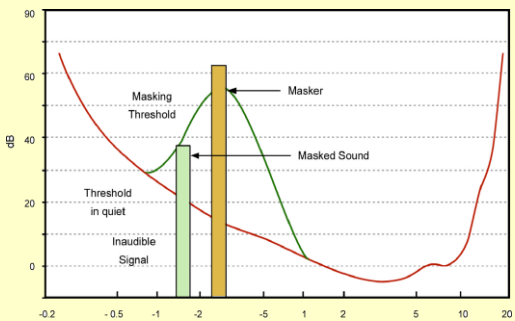


Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 


SAH - Enmascaramiento (II)

Enmascaramiento en frecuencia

- Fuera de la banda crítica también
- Dos tipos
 - o Tono enmascarando otro tono (umbral depende de P_{ton})
 - o Tono enmascarando ruido (umbral depende de la frecuencia)



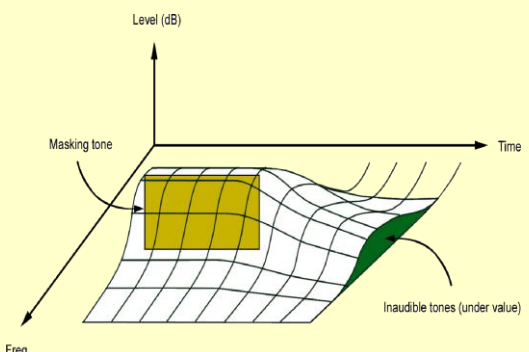
Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (57)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

SAH - Enmascaramiento (III)

Enmascaramiento en tiempo y frecuencia

- Los enmascaramientos en tiempo y en frecuencia no se dan de forma aislada, sino que se combinan en una envolvente de máscara que se extiende a lo largo de la frecuencia y del tiempo, por debajo de la cual los sonidos son inaudibles.



Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Introducción (58)

Representación y Codificación de Señales Audiovisuales en Televisión Digital Introducción

- *Introducción*
- *Necesidad de la codificación de fuente*
- *Percepción de señales de televisión*
 - *Sistema Visual Humano*
 - Luz y color*
 - El fenómeno de la visión*
 - El ojo humano*
 - Respuesta del ojo humano como sensor de luz y color*
 - Resolución del ojo*
 - *Sistema Auditivo Humano*
 - El oído*
 - Percepción de sonidos*
 - Enmascaramiento*

Créditos

Para la elaboración de algunas de estas transparencias se ha hecho uso de material

- Jesús Bescós Cano, EPS-UAM
- Luis Herranz, EPS-UAM
- Enrique Rendón Angulo, E.T.Ing.Telecomunicación, UPM
- Luis Salgado, E.T.S.Ing.Telecomunicación, UPM
- Yao Wang, Polytechnic University, Brooklyn