

## Fraunhofer Digital Cinema



# JPEG 2000 – Descripción general y Aplicaciones Prácticas

Florian Schleich & Arne Nowak  
Fraunhofer Institute for Integrated Circuits

Valencia, 4,5 y 6 de marzo, 2009.

## Contenidos

1. Características de JPEG 2000
2. Detalles Técnicos de JPEG 2000
3. Comparación de JPEG 2000 con otros códecs
4. Aplicaciones prácticas de JPEG 2000
5. Estandarización de JPEG 2000
6. Sumario y conclusiones

## Características del JPEG 2000

- Compresión con Pérdidas y sin pérdidas
  - Decodificador común
- Eficiencia de la compresión mejorada
- Decodificación inteligente
- Codificación de la región de interés
- Resistencia al error.
- Soporte para imágenes de gran y alto rango dinámico.

## Compresión Sin Pérdidas y Compresión con Pérdidas

- Un sistema que proporciona compresión con pérdidas y sin pérdidas
- Con pérdidas o sin pérdidas sólo es cuestión de los parámetros de codificación.
- El núcleo del decodificador especificado en el estándar puede descomprimir ambas.

## Eficiencia de la compresión mejorada

- Ratios competitivas para compresión sin pérdidas
  - Mejor que PNG, casi tan bueno como JPEG-LS
  - Ratio típica alrededor de 2:1
- Funcionamiento superior para compresión con pérdidas
  - Mejor modo que JPEG
  - Para bit rates bajas y también para altas
  - Sin pérdida visual en un ratio alrededor de 24:1

## Decodificación inteligente – Un Codestream, muchas Aplicaciones

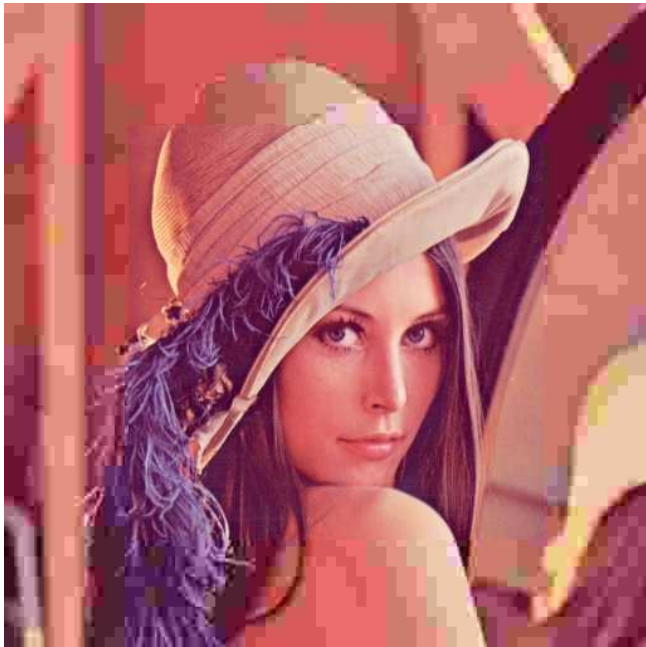
- Una única imagen *máster* puede surtir múltiples versiones derivadas
  - Múltiples resoluciones/calidades
  - Calidad y resolución pueden adaptarse al sistema de imagen o al ancho de banda
  - Extrae regiones de interés de una imagen
  - Permite la navegación rápida de imágenes grandes
  - No hay datos redundantes, no transcodificación
  - Ahorra esfuerzo computacional y ancho de banda
- Permite una decodificación progresiva

## Calidad/Resolución escalable





## Codificación de la Región de Interés (ROI)



- Acceso y procesamiento aleatorios del codestream
- Áreas de interés de una imagen pueden ser codificadas con una velocidad de proyección más alta o incluso sin pérdidas
- Utilizado a menudo para imágenes médicas

## Miscelánea de Características

- Soporte para imágenes grandes
  - Hasta 4x4 giga píxel
- Resistencia al error.
  - Marcadores adicionales dentro del codestream incrementan la sensibilidad al error
  - El empleo de pequeños bloques independientes conduce a una pérdida de calidad menor en el caso de errores de bit.

## Detalles Técnicos de JPEG 2000: Cómo funciona

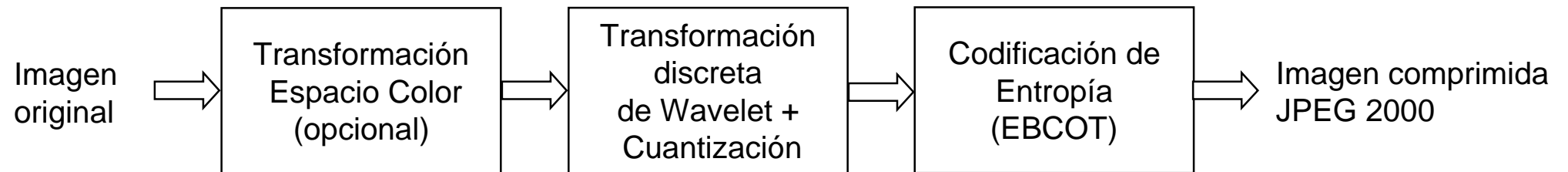
## Descripción general

1. Diagrama de flujo de señales
2. Transformación del Espacio de Color
3. Wavelets
4. EBCOT
5. Formatos de Archivo utilizados con JPEG 2000

## DESCRIPCIÓN GENERAL

- Dos modelos diferentes disponibles:
- Matemáticamente sin pérdidas
- → la imagen original **puede** ser reconstruida **exactamente** a partir de datos comprimidos
- Compresión con pérdidas
- → la imagen original **no puede** ser reconstruida **exactamente** a partir de datos comprimidos

## Bloques de Procesamiento de Imagen para JPEG 2000 (los más importantes)



## Diferencias entre compresión sin pérdidas y con pérdidas

- Pasos del proceso afectados:
- Transformación del Espacio Color →  
No redondeo para el modo sin pérdidas
- Transformación discreta de Wavelet
  - Otro coeficiente de filtrado permite la transformación exactamente reversible
  - Cuantización/EBCOT

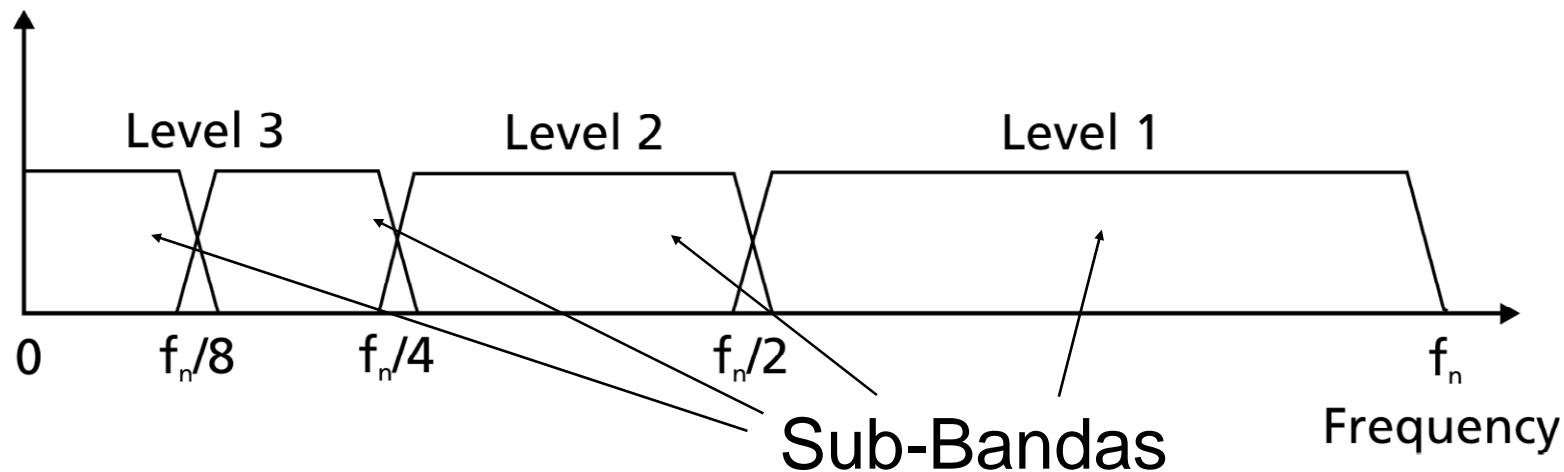
## Transformación del Espacio Color para JPEG 2000

- Dos variedades:
- Transformación Reversible del Espacio de Color (RCT)
  - Matemáticamente sin pérdidas
- Transformación Irreversible del Espacio de Color (ICT)
  - Pueden producirse errores de redondeo



## Transformación Discreta de Wavelet

$$y_{low}[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] g[2n-k] \quad y_{high}[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] h[2n-k]$$



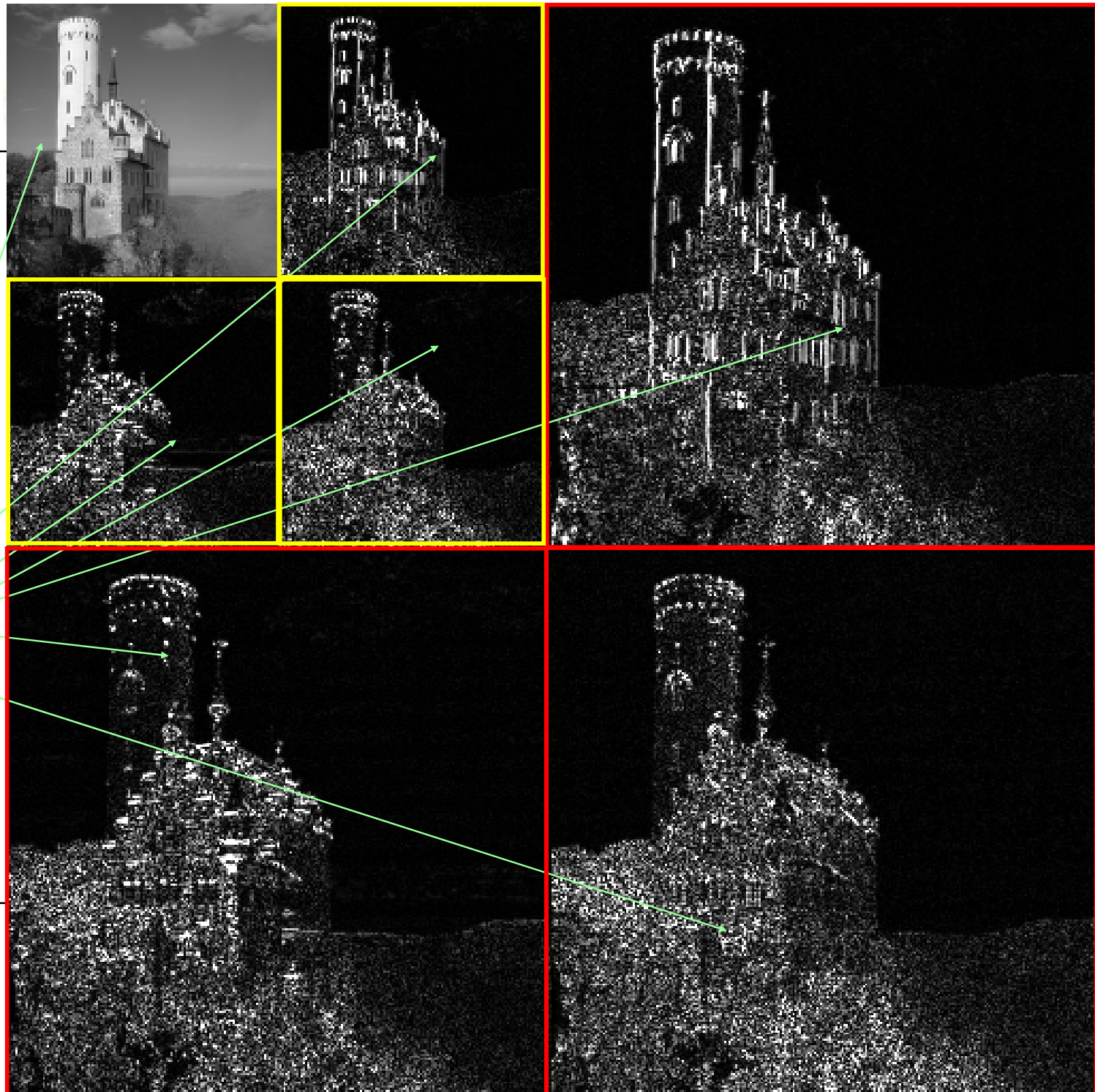
## Transformación Discreta de Wavelet

- Dos variedades:
- **Cohen-Daubechies-Feauveau (CDF) 9/7 wavelet**
- → compresión con pérdidas
- **LeGall 5/3 wavelet**
- → compresión sin pérdidas



# Transformación discreta de wavelet

# Sub-Bandas



## Embedded Block Coding with Optimal Truncation (EBCOT)

- Sub-bandas divididas en áreas y bloques de códigos
- ¡No comparable a los bloques JPEG!
- Bloques codificados independientemente unos de otros
- La codificación empieza con los bits más importantes, progresando hacia los menos importantes.
- En el modo con pérdidas, pueden perderse bits para reducir la tasa de datos.

## Codificación y descodificación con pérdidas

- Cuantificación en la etapa de wavelet
- Pérdida de bits de baja significación durante la codificación EBCOT
- Pérdida de bits de poca importancia antes de la descodificación EBCOT
- Varias posibilidades:
  - Pérdida de resolución espacial
  - Pérdida de componentes de color
  - Pérdida de calidad/SNR
  - Pérdida de partes de imagen

## Tiling

- Posibilidad de dividir la imagen en “bloques”
  - Regiones de espacio
  - Componentes de color
- En las aplicaciones de Cine Digital sólo se utiliza para componentes de color

## Características de Escalabilidad

- Posibilidad muy especial:
- Durante la descompresión, extraer solamente partes del conjunto global de datos
- Escalabilidad de la resolución
- Escalabilidad de la calidad (SNR)
- Escalabilidad de los Componentes (canales de color)
- Escalabilidad Espacial

## Formatos de archivo para JPEG 2000

- JPEG 2000 code streams (j2c)
  - Datos JPEG 2000 en bruto, sin metadatos
- JPEG 2000 files (jp2)
  - Imágenes solas con algunos metadatos
- Motion-JPEG 2000
  - Secuencias de Imagen con algunos metadatos
- MXF
  - Secuencias de Imagen con metadatos



## Comparación con otros Codecs

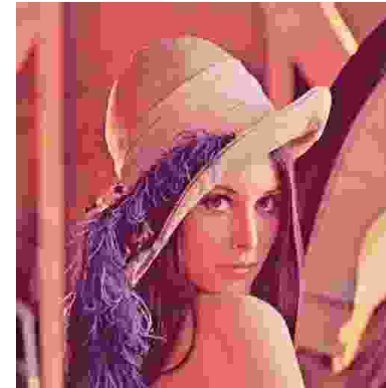
- JPEG
- JPEG XR
- H.264 (Intraframe solamente)

## Comparación: JPEG 2000 vs. JPEG

- JPEG 2000:
  - Sin artefactos
  - Modo de mejor calidad que JPEG
  - Opción sin pérdidas
  - Características escalables.
  - Soporta películas más largas
  - 0-38bits de profundidad de color por píxel
  - Tamaño de imagen hasta  $(2^{32})-1$  píxel en cada dirección
  - Una arquitectura de descompresión común
  - Esfuerzo computacional mucho mayor

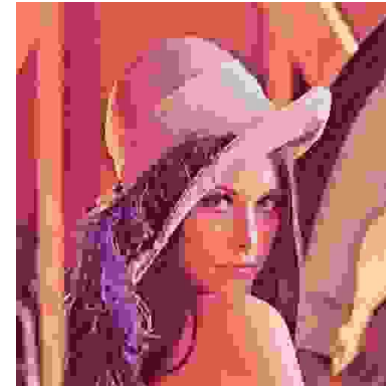
## Comparación: JPEG 2000 vs. JPEG

JPEG 2000  
0.14 bpp



JPEG  
0.14bpp

JPEG 2000  
0.09bpp



JPEG  
0.09bpp

## Comparación: JPEG 2000 vs. H.264 (I-Frame sólo)

- H.264 fue diseñado para velocidades de proyección muy bajas
- Soporte para compresión sin pérdidas
- Buena resistencia al error
- Muy buena calidad, comparable a JPEG 2000 para muchas bit rates
- Proporciona algún tipo de soporte ROI, pero no un acceso sencillo a bajas resoluciones, e.g.

## Aplicaciones prácticas

- Cine Digital
  - 2K/4K DCPs con pérdidas
- Archivo de Cine Digital
  - Paquete de archivo sin pérdidas/con pérdidas
- Imagen Médico/Científica
  - Imagen Digital y Comunicaciones en Medicina (DICOM) apoya a JPEG 2000

## Aplicaciones prácticas– Cine Digital

- DCI define dos perfiles DCP :
  - Perfil 2K :
    - Xsiz  $\leq$  2048, Ysiz  $\leq$  1080
    - 3 componentes, 12 bit de bit depht
    - 1 capa, 6 resoluciones
    - Max. 1302083 byte para 24fps
    - Max. 651041 bytes para 48fps
  - Perfil 4K :
    - Xsiz  $\leq$  4096, Ysiz  $\leq$  2160
    - 7 resoluciones

## Aplicaciones prácticas– Cine Digital

- JPEG 2000 permite la reproducción de un DCP 4K en un sistema servidor 2K
  - La resolución 2K puede derivarse de una versión de 4K
  - DCP 2K proporciona mejor calidad que un extracto 2K de un DCP 4K

## Aplicaciones prácticas– Archivo de Cine Digital

- Diferentes perfiles para almacenamiento a largo plazo y acceso intermedio
- Almacenamiento a largo plazo:
  - Xsiz  $\leq$  16384, Ysiz  $\leq$  8640
  - Hasta 8 componentes (color)
  - Soporte para el modo sin pérdidas
  - Sin restricciones en la profundidad de bits
- Dos formatos intermedios:
  - Comparable con los perfiles DCP
  - Dos capas de calidad



## Aplicaciones Prácticas – Imagen Médica/Científica

- Imagen Digital y Comunicaciones en Medicina (DICOM)
  - Estándar para manipular, almacenar, copiar y transmitir información de imagen médica
  - Define un formato de archivo y un protocolo de comunicaciones en red
  - Pueden utilizarse diferentes métodos de compresión: JPEG 2000 es uno de ellos

# Estandarización JPEG 2000

## El comité de Estandarización: IEC/ISO JTC1 SC29 / WG1

ISO – Organización Internacional de  
Estandarización  
Sub-Comité 29, Grupo de trabajo 1  
**El comité JPEG**

Miembros designados por sus  
organismos nacionales de  
estandarización

Normalmente empresas, pero también  
centros de investigación, universidades  
, etc.

## El grupo específico SC29 / WG1 de Cine Digital

- Perfiles JPEG 2000 para distribución de Cine Digital
- Motion-JPEG 2000
- Perfiles JPEG 2000 para conservación a largo plazo
- Perfiles JPEG 2000 para acceso a archivos
- Otros aspectos (inalámbrico, corrección de errores ...)

## Estructura de los estándares JPEG 2000

- **IEC/ISO 15444:**
- Parte 1 – Núcleo del sistema de codificación
- Parte 2 - Extensiones
- Parte 3 - Motion JPEG 2000
- Parte 4 –Test de conformación
- Part e 5 – Software de referencia
- ...
- Part 12 – Formato de archivo base para medios ISO
- <http://www.jpeg.org/jpeg2000/index.html>

## Perfiles JPEG 2000 para Cine Digital y Archivos

- Para Distribución de Cine Digital:
- Perfil 2K de Cine Digital
- Perfil 4K de Cine Digital
- IEC/ISO 15444-1:2004/Amd 1:2006

Para aplicaciones de archivo de Cine Digital:

- Perfil de almacenamiento a largo plazo para contenidos cinemáticos
- Perfil 2K de Cine Digital Escalable
- Perfil 4k de Cine Digital Escalable

Propuesto para su inclusión en IEC/ISO 15444-1

## Otras actividades dentro de ISO

- Comité Técnico TC36
  - Se ocupa del cine en general
  - Últimamente, también implicado en el Cine Digital
  - Estándares adoptados y transformados de SMPTE: DC 28, MXF
  - Estado actual: en desarrollo

# Derechos de Propiedad Intelectual y Patentes



## Situación General de los Derechos de la Propiedad Intelectual

- **Propiedad Intelectual :**
- Patentes
- Algoritmos, métodos y formatos propietarios
  
- **3 Vías principales:**
- Derechos sin garantizar
- Libre de costes, política de licencias no discriminatoria
- Licencias para pagar por ellos

## Situación General de los Derechos de la Propiedad Intelectual

- **Riesgo mayor:**
- Patentes ocultas
  - Gran problema, especialmente en las tecnologías de la información
  - Por lo general, emergen cuando algo tiene éxito comercial
  - Ejemplo: Formato de archivo de imagen GIF

## Derechos de Propiedad Intelectual y JPEG 2000

- Parte 1 - Núcleo del Sistema de Codificación: Política de concesión de licencias libres de derechos
- “Ha sido siempre un objetivo importante del comité JPEG que sus estándares fueran implementables en su forma básica sin el pago de derechos y licencias [...] El actual y futuro JPEG 2000 ha sido preparado siguiendo estas líneas, y con el acuerdo de unos 20 grandes organizaciones titulares de muchas patentes en este área que permiten el uso de su propiedad intelectual vinculada con el estándar sin el pago de licencias o royalties.”

<http://www.jpeg.org/jpeg2000/CDs15444.html>

## Derechos de Propiedad Intelectual y JPEG 2000

- El comité JPEG intenta activamente prevenir problemas potenciales por las patentes
- Sin embargo, nadie puede garantizar que no habrá problemas
- El mismo problema afecta básicamente a cualquier método y formato de codificación de imagen.
- Más detalles sobre las políticas de JPEG 2000 pueden encontrarse en <http://www.jpeg.org/jpeg2000>

## Implementaciones de fuentes libres y abiertas de JPEG 2000

- OpenJPEG
  - Libre (pero no como “barra libre”)
  - Se puede usar para actividades de desarrollo propias
- Pero:
  - Relativamente lento
  - Sin solución externa
  - Sólo herramientas de línea de comandos

## Sumario y Conclusión

## ¿ Por qué es JPEG 2000 útil para el Cine Digital?

- Conjunto de características muy adecuadas para Cine Digital
  - Escalabilidad para tener una versión con 4k y 2k de resolución en un archivo simultáneamente.
  - Generalmente sin artefactos que bloqueen
  - Rendimiento superior para altas tasas de transferencia y calidad, comparado con otros estándares

## ¿ Por qué es JPEG 2000 útil para el Cine Digital?

- Estándar abierto, bien documentado
- Conjunto de características muy adecuadas para el archivo
- Compresión sin y con pérdidas en un sistema
  - Escalabilidad para extraer visionados previos y copias de exhibición
  - Generalmente sin artefactos que bloqueen
  - Rendimiento superior para altas tasas de transferencia /calidad y compresión sin pérdidas comparado con otros formatos
  - Más componentes de color, diferentes precisiones posibles





**¡Muchas gracias por su atención!**

[florian.schleich@iis.fraunhofer.de](mailto:florian.schleich@iis.fraunhofer.de)

[arne.nowak@iis.fraunhofer.de](mailto:arne.nowak@iis.fraunhofer.de)

El proyecto EDCine– Enhanced Digital Cinema está fundado por la Comisión Europea dentro del 6º Programa Marco FP6/2004/IST/4.1, contract no. 038454 EDCine.