



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

J.147

(07/2002)

SERIE J: REDES DE CABLE Y TRANSMISIÓN DE
PROGRAMAS RADIOFÓNICOS Y TELEVISIVOS, Y DE
OTRAS SEÑALES MULTIMEDIOS

Mediciones de la calidad de servicio

**Método de medición objetiva de la calidad de
imagen mediante el uso de señales de prueba
en servicio**

Recomendación UIT-T J.147

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE J

REDES DE CABLE Y TRANSMISIÓN DE PROGRAMAS RADIOFÓNICOS Y TELEVISIVOS, Y DE OTRAS SEÑALES MULTIMEDIOS

Recomendaciones generales	J.1–J.9
Especificaciones generales para transmisiones radiofónicas analógicas	J.10–J.19
Características de funcionamiento de los circuitos radiofónicos	J.20–J.29
Equipos y líneas utilizados para circuitos radiofónicos analógicos	J.30–J.39
Codificadores digitales para señales radiofónicas analógicas	J.40–J.49
Transmisión digital de señales radiofónicas	J.50–J.59
Circuitos para transmisiones de televisión analógica	J.60–J.69
Transmisiones de televisión analógica por líneas metálicas e interconexión con radioenlaces	J.70–J.79
Transmisión digital de señales de televisión	J.80–J.89
Servicios digitales auxiliares para transmisiones de televisión	J.90–J.99
Requisitos operacionales y métodos para transmisiones de televisión	J.100–J.109
Sistemas interactivos para distribución de televisión digital	J.110–J.129
Transporte de señales MPEG-2 por redes de transmisión de paquetes	J.130–J.139
Mediciones de la calidad de servicio	J.140–J.149
Distribución de televisión digital por redes locales de abonados	J.150–J.159
IPCablecom	J.160–J.179
Varios	J.180–J.199
Aplicación para televisión digital interactiva	J.200–J.209

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

Recomendación UIT-T J.147

Método de medición objetiva de la calidad de imagen mediante el uso de señales de prueba en servicio

Resumen

La presente Recomendación describe un método de medición objetiva de la calidad de imagen mediante el uso de señales de prueba en servicio en una red de televisión digital. Este método se divide en tres procedimientos:

- a) generación de la señal de prueba en el lado transmisión utilizando el método de marcador invisible;
- b) detección de la señal de prueba en los puntos de medición; y
- c) medición de la calidad de la imagen utilizando el resultado de la detección de la señal de prueba. En el apéndice I se describe una implementación práctica, mientras que los parámetros para generar las señales de prueba en servicio y la ejecución de este método se describen en los apéndices II y III, respectivamente.

Orígenes

La Recomendación UIT-T J.147, preparada por la Comisión de Estudio 9 (2001-2004) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la AMNT el 29 de julio de 2002.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2002

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

	Página
1 Alcance	1
2 Referencias	1
2.1 Referencias normativas	1
2.2 Referencias informativas	1
3 Términos, definiciones y acrónimos.....	1
4 Requisitos de usuario.....	2
5 Esquema recomendado	2
Apéndice I – Descripción del método de implementación	3
I.1 Inserción del marcador	3
I.2 Detección de marcador	5
I.3 Medición de la calidad de imagen a partir del resultado de la detección de marcador	6
Apéndice II – Parámetros para generar señales de prueba en servicio.....	6
II.1 Intensidad de marcador.....	6
II.2 Bit insertado.....	7
II.3 Número de bits insertados en un bloque.....	7
II.4 Tamaño de bloque	7
II.5 Secuencias PN	7
II.6 Transformación ortogonal y manipulación de sus coeficientes	7
II.7 Cómo estimar la calidad de la imagen con FDR	7
Apéndice III – Evaluación de la calidad de funcionamiento	8
III.1 Condiciones del experimento	8
III.2 Resultado del experimento	9
III.2.1 Exactitud de la estimación.....	9
III.2.2 Degradación de la imagen original causada por la inserción de marcadores.....	10

Introducción

Los métodos de referencia reducida (RR) y ninguna referencia (NR, *no reference*), que actualmente están siendo estudiados por un órgano independiente, serán tratados en una futura Recomendación relativa a un método de medición objetiva de la calidad de imagen percibida que no requiere imágenes de referencia.

La presente Recomendación recomienda un esquema diferente de RR o NR para medir la calidad de la imagen sin imágenes de referencia mediante el uso de señales de prueba en servicio. Estas señales son insertadas en la zona de imagen activa de señales de televisión utilizando el método de marcador invisible. Las señales de televisión con las señales de prueba son transmitidas al lado receptor y las señales de prueba son detectadas en las imágenes recibidas. Se mide la degradación de las señales de prueba para estimar la degradación de la calidad de la imagen. Este método no requiere un circuito adicional para información de referencia porque esta información está ya insertada en las imágenes transmitidas.

Es posible también aplicar este método a señales de audio para comprobar la concordancia correcta del audio y del vídeo dentro de un entorno multicanal, con el fin de asegurar que el audio y el vídeo están debidamente sincronizados, y medir cualquier asincronía, pero esto rebasa el ámbito de la presente Recomendación.

Recomendación UIT-T J.147

Método de medición objetiva de la calidad de imagen mediante el uso de señales de prueba en servicio

1 Alcance

La presente Recomendación describe un método de medición objetiva de la calidad de la imagen que funciona como un sistema automático de supervisión de la calidad en una red de televisión digital mediante el uso de señales de prueba en servicio. Estas señales se utilizan para aplicaciones tales como transmisión de vídeo entre dos ubicaciones diferentes. Este método es aplicable para transmisiones con compresión o sin compresión, pero es práctico especialmente cuando se aplica compresión con pérdida en la cadena de transmisión, porque la degradación de la compresión enmascara la degradación causada por las propias señales de prueba. Cuando hay que estimar la relación señal/ruido de cresta con este método, es adecuado adaptar la intensidad de las señales de prueba a la velocidad binaria de compresión (véase el apéndice III). Por ejemplo, este método es aplicable a la transmisión entre estudios y a la radiodifusión a receptores finales.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

2.1 Referencias normativas

- Recomendación UIT-T J.143 (2000), *Requisitos de usuario para mediciones objetivas de la percepción de la calidad vídeo en televisión digital por cable.*

2.2 Referencias informativas

- Recomendación UIT-T J.144 (2001), *Técnicas de medición objetiva de la percepción de la calidad vídeo en televisión por cable en presencia de una referencia completa.*
- Recomendación UIT-R BT.656-4 (1998), *Interfaces para las señales de vídeo con componentes digitales en sistemas de televisión de 525 líneas y 625 líneas que funcionan en el nivel 4:2:2 de la Recomendación UIT-R BT.601 (Parte A).*

3 Términos, definiciones y acrónimos

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

DEC	Decodificador
ENC	Codificador (<i>encoder</i>)
FDR	Tasa de detección falsa (<i>false detection rate</i>)
PSNR	Relación señal/ruido de cresta (<i>peak signal-to-noise ratio</i>)
WHT	Transformada de Walsh-Hadamard (<i>Walsh-Hadamard transform</i>)
XOR	O exclusiva (<i>exclusive OR</i>)

4 Requisitos de usuario

Los requisitos de usuario para los métodos de medición de la percepción de la calidad de la imagen se indican en la Rec. UIT-T J.143.

5 Esquema recomendado

La configuración de la cadena de transmisión supuesta se muestra en la figura 1, con las conexiones en cascada de los equipos de transmisión (ENC y DEC). Se puede aplicar transmisión con compresión o sin compresión para cada conexión, así como también una combinación de conexiones de transmisión con compresión y sin compresión.

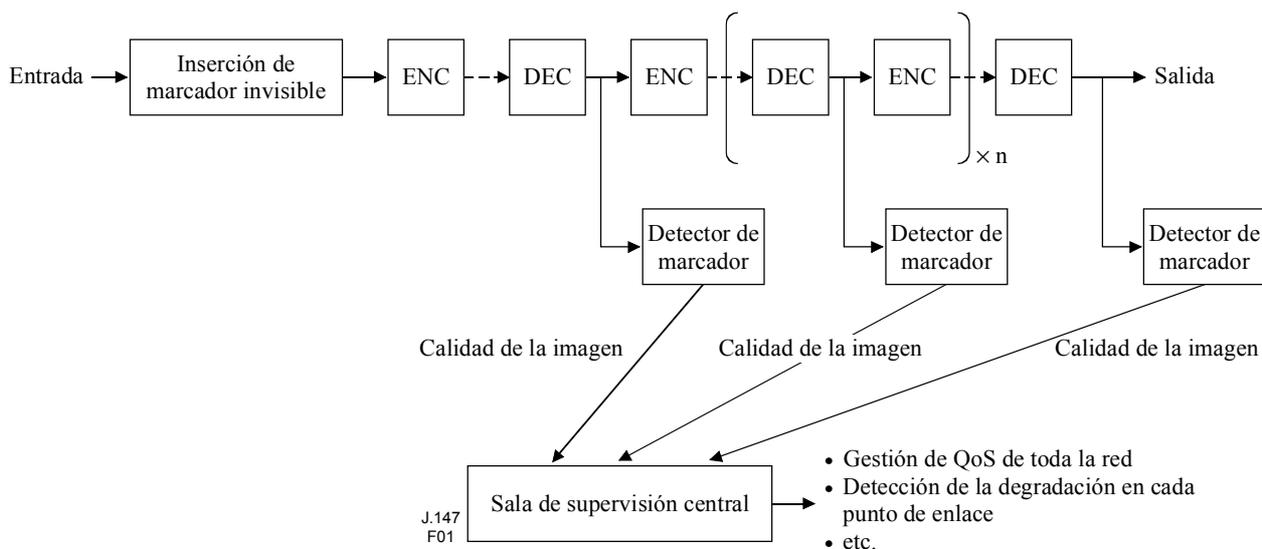


Figura 1/J.147 – Configuración de la cadena de transmisión

Las señales de prueba en servicio son insertadas en imágenes de entrada y son detectadas en cada punto de enlace de la conexión en cascada. La nota de la evaluación objetiva de la calidad de imagen en cada punto de medición es transmitida a la sala de supervisión central por un circuito especializado para telesupervisión, que está construido separadamente de la transmisión vídeo. Como la calidad de la imagen en cada punto de enlace puede ser supervisada en esta sala de supervisión central, los operadores de red pueden reconocer en qué punto se ha producido la degradación de la calidad de la imagen (es decir, un problema de transmisión).

Para supervisar la calidad de la imagen con esta configuración, se requiere lo siguiente:

- insertar la señal de prueba en servicio en imágenes fuente;
- detectar las señales de prueba de las señales recibidas;
- evaluar la calidad de la imagen a partir del resultado de detección del marcador.

En el apéndice I se describe una realización práctica.

Apéndice I

Descripción del método de implementación¹

I.1 Inserción del marcador

Se insertan marcadores invisibles en la zona de imagen activa de la señal vídeo. Los datos auxiliares de la señal vídeo (véase, por ejemplo, la Rec. UIT-R BT.656-4) deben ser transmitidos transparentemente.

La inserción del marcador se efectúa en cada bloque de píxels. La selección del bloque y del número de bloques en los cuales se inserta el marcador es arbitraria. Sin embargo, se recomienda insertar los marcadores en todos los bloques en una trama/campo cuando hay que medir la degradación de una trama/campo entera.

El procedimiento para insertar el marcador se muestra en la figura I.1. $x_B(n)$ indica la señal de entrada separada en bloques de píxels. Primero, el espectro de la señal $x_B(n)$ es ensanchado multiplicando una secuencia PN y los coeficientes de transformación $X_{SS}[s]$ se derivan por transformación ortogonal. Los marcadores invisibles se insertan eligiendo la componente de frecuencia arbitraria s_i y manipulando las componentes de amplitud A_i de acuerdo con el *bit insertado*_{*i*} y la intensidad de marcador M_i . La relación entre A_i , *bit insertado*_{*i*} y M_i se muestra en los cuadros I.1 y I.2.

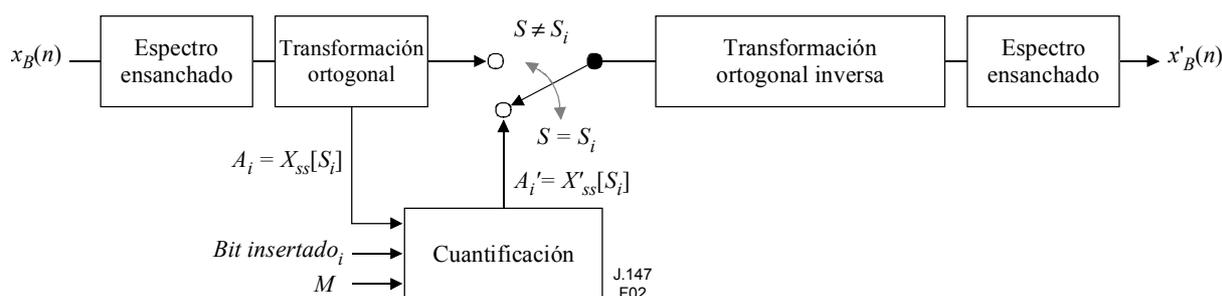


Figura I.1/J.147 – Inserción de marcador

¹ Ésta es una implementación práctica. Son posibles otras implementaciones.

Cuadro I.1/J.147 – Relación entre A_i , bit insertado $_i$ y M_i

	Bit insertado $_i = 0$	Bit insertado $_i = 1$
$\text{int}(A_i / M) = 2m$	$\left(2m + \frac{1}{2}\right)M$	$\left(2m - \frac{1}{2}\right)M$ si $A_i < \left(2m + \frac{1}{2}\right)M$
		$\left(2m + \frac{3}{2}\right)M$ en los demás casos
$\text{int}(A_i / M) = 2m + 1$	$\left(2m + \frac{1}{2}\right)M$ si $A_i < \left(2m + \frac{3}{2}\right)M$	$\left(2m + \frac{3}{2}\right)M$
	$\left(2m + \frac{5}{2}\right)M$ en los demás casos	

Cuadro I.2/J.147 – Relación entre A_i , bit insertado $_i$ y M_i

	Bit insertado $_i = 0$	Bit insertado $_i = 1$
$\text{round}(A_i / M) = 2m$	$2mM$	$(2m + 1)M$ si $A_i < 2mM$
		$(2m - 1)M$ en los demás casos
$\text{round}(A_i / M) = 2m + 1$	$(2m + 2)M$ si $A_i < (2m + 1)M$	$(2m + 1)M$
	$2mM$ en los demás casos	

En los cuadros I.1 y I.2, m indica un entero arbitrario y el valor de *bit insertado $_i$* y M_i son también arbitrarios. $\text{int}(x)$ es la función que trunca el valor real x y $\text{round}(x)$ es la función que redondea hacia arriba o hacia abajo el valor real de x . La diferencia entre las funciones $\text{int}(x)$ y $\text{round}(x)$ se muestra en las figuras I.2 y I.3. Para insertar el marcador se puede aplicar el cuadro I.1 o el cuadro I.2, pero se recomienda aplicar el cuadro I.1 cuando la amplitud A_i es siempre positiva, es decir, $A_i > 0$. Por otra parte, si A_i puede ser negativa, se recomienda aplicar el cuadro I.2.

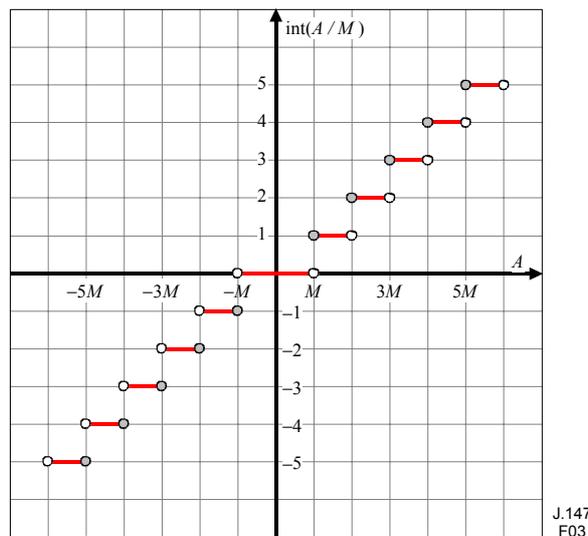


Figura I.2/J.147 – Definición de $\text{int}(x)$

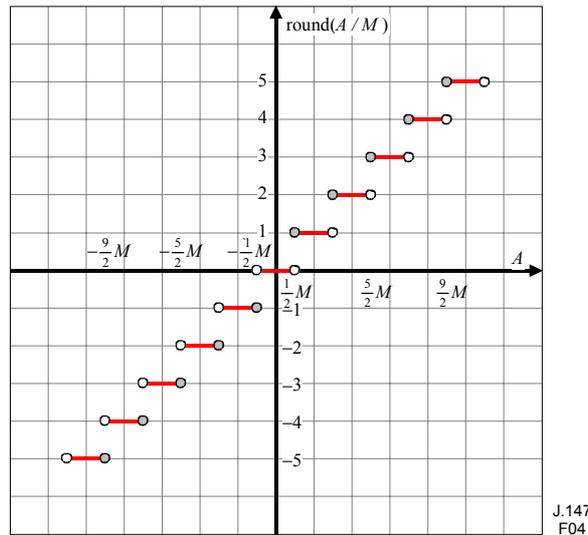


Figura I.3/J.147 – Definición de round(x)

Cuando se inserta más de un marcador, es decir $N_m > 1$, se puede aplicar un valor diferente del *bit insertado*_{*i*} y M_i para cada componente *i*. Después de manipular el coeficiente de transformación mediante los procedimientos anteriores, se aplica la transformación ortogonal inversa y el espectro ensanchado inverso y finalmente se obtiene la señal en el dominio espacial $x'_B(n)$.

I.2 Detección de marcador

Los marcadores invisibles son detectados en el lado receptor y en cada punto de enlace de la cadena de transmisión (véase la figura I.4). En el lado detección, se aplican las siguientes fórmulas a A_i'' para detectar un bit insertado:

$$\begin{aligned} \text{int}(A_i'' / M) = \text{par} &\rightarrow \text{bit detectado}_i = 0 && \text{si se aplica el cuadro I.1 para la inserción} \\ \text{int}(A_i'' / M) = \text{impar} &\rightarrow \text{bit detectado}_i = 1 \\ \text{round}(A_i'' / M) = \text{par} &\rightarrow \text{bit detectado}_i = 0 && \text{si se aplica el cuadro I.2 para la inserción} \\ \text{round}(A_i'' / M) = \text{impar} &\rightarrow \text{bit detectado}_i = 1 \end{aligned}$$

donde A_i'' indica las componentes de amplitud de la señal de la imagen recibida después del ensanchamiento del espectro. Tras detectar el *bit detectado*_{*i*} de información binaria de la imagen recibida, se comparan *bit insertado*_{*i*} y *bit detectado*_{*i*}. Cuando estos dos bits son diferentes, es decir:

$$\text{XOR}(\text{bit insertado}_i, \text{bit detectado}_i) = 1$$

donde XOR (*a*,*b*) indica O exclusiva entre símbolos binarios *a* y *b*, se supone que el bloque ha sido detectado falsamente. La falsa detección indica que el coeficiente de transformación A_i'' ha sido cambiado más que la intensidad del marcador M_i y ello supone que la señal de marcador y la señal vídeo han sido degradadas por la transmisión. De este modo, la degradación de la señal vídeo puede ser detectada en base al resultado de la detección de las señales de marcador.

Con el fin de comparar los bits insertados y detectados, s_i , M_i , *bit insertado*_{*i*} y la información del bloque que tiene insertado el marcador se debe compartir entre el lado transmisión y cada punto de

enlace. Además, la secuencia PN utilizada para el espectro ensanchado debe ser común para todos los puntos de medición.

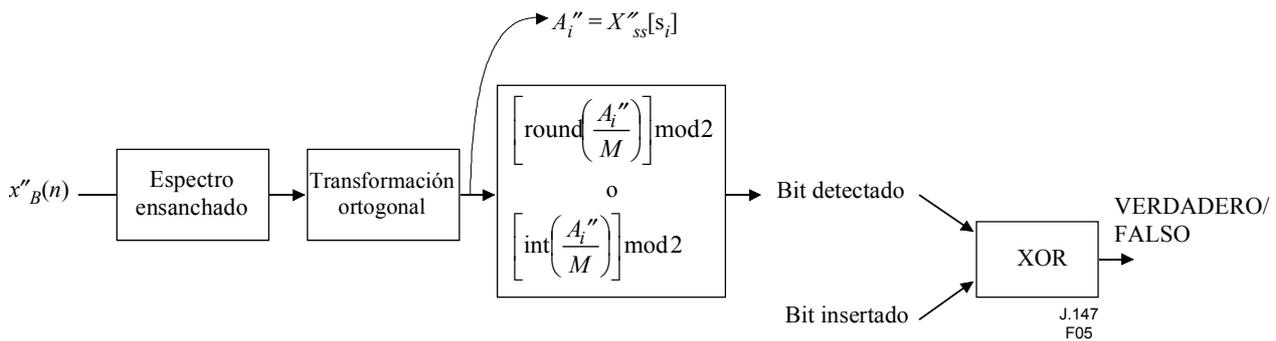


Figura I.4/J.147 – Detección de marcador

I.3 Medición de la calidad de imagen a partir del resultado de la detección de marcador

La medición de la calidad de imagen de cada trama/campo se efectúa en base al resultado de detección de marcador. Se puede aplicar un método arbitrario para evaluar la calidad de la imagen. En esta subcláusula se muestra un ejemplo que utiliza la tasa de detección falsa (FDR, *false detection rate*) de los marcadores como un simple índice para la degradación del marcador.

FDR se define en la siguiente ecuación:

$$\text{FDR} = \frac{\text{Número de bloques detectados falsos en una trama (o campo)}}{\text{Número de bloques en una trama}}$$

La PSNR es uno de los índices de calidad de imagen que tienen una buena correlación con la FDR. La PSNR estimada se expresa como sigue:

$$\text{PSNR estimada} = f(\text{FDR})$$

Donde f indica la función de correlación. La fórmula anterior muestra la PSNR estimada de una trama/campo, aunque la PSNR promedio de un determinado periodo de tramas/campo se puede estimar cuando la FDR se sustituye con la FDR promediada.

Es posible ampliar este método para detectar problemas con el tren de transmisión (por ejemplo, encabezamiento de paquete, etc.).

Apéndice II

Parámetros para generar señales de prueba en servicio²

II.1 Intensidad de marcador

La intensidad de marcador, M_i , es un parámetro importante para insertar marcadores. M_i se denomina "intensidad" de marcador porque la potencia de la señal de marcador aumentará de acuerdo con M_i . Como la señal de marcador será un ruido para las imágenes originales, es conveniente mantener su intensidad lo más baja posible. Sin embargo, si la intensidad del marcador no es apropiada, es posible que la señal de marcador no pueda distinguirse del ruido causado por la transmisión cuando la degradación causada por la transmisión es grande. Así pues, la intensidad de

² Esto hace referencia a la implementación mostrada en el apéndice I.

marcador se determina considerando la configuración de la cadena de transmisión, y el compromiso transaccional entre la exactitud de estimación deseada y la degradación debida a los marcadores.

II.2 Bit insertado

Se pueden utilizar secuencias arbitrarias para bits insertados porque éstos sólo se usan para la comparación con los bits detectados. Se recomienda emplear secuencias todos 0 y todos 1 para los bits insertados con el fin de facilitar la implementación. Como las señales de marcador no son inmunes a los ataques (por ejemplo, compresión MPEG-2) y no aseguran la detección completa, la información de inserción no es adecuada. Se recomienda utilizar solamente la información insertada a los efectos de las mediciones de la calidad de imagen.

II.3 Número de bits insertados en un bloque

Se dispone de un número arbitrario de bits insertados, N_m . El aumento de N_m resulta en un aumento del número de bits insertados en una trama/campo, y por ende en un aumento de la información de referencia. Esto conduce a una medición exacta de la calidad de la imagen, aunque aumenta también la degradación de las imágenes originales.

II.4 Tamaño de bloque

Se puede elegir un número arbitrario de píxels para los tamaños vertical y horizontal del bloque de píxels en el cual se inserta el marcador. Sin embargo, para facilitar la implementación, se recomienda elegir un tamaño, de modo que se pueda aplicar el algoritmo de cálculo rápido (por ejemplo, 2^n píxels para la transformada rápida de Fourier (FFT, *fast Fourier transform*)). Para una medición exacta de la calidad de la imagen se recomienda elegir el mismo tamaño de bloque al que se aplica el algoritmo de compresión-codificación cuando se utiliza compresión en la cadena de transmisión.

II.5 Secuencias PN

La secuencia PN es una secuencia aleatoria en la cual los elementos consisten en 1 ó -1. Por ejemplo [1,1,-1,1,-1,-1,1,1,-1,-1,-1,1,1,-1,1,1,-1,...]. Se puede aplicar un método arbitrario para generar la secuencia PN, aunque las imágenes originales deben ser ensanchadas lo más aleatoriamente posible para una evaluación exacta de la calidad de la imagen. Por tanto, se requiere una secuencia PN de un periodo más largo, por lo menos más largo que el número de píxels en el bloque.

II.6 Transformación ortogonal y manipulación de sus coeficientes

Para la transformación ortogonal, se puede aplicar un método arbitrario tal como la transformada discreta en coseno (DCT, *discrete cosine transform*) y la transformada de Walsh-Hadamard (WHT, *Walsh-Hadamard transform*). Obsérvese que la manipulación se efectúa para componentes de amplitud. Cuando los coeficientes de transformación tienen componentes de fase como coeficientes de transformada discreta de Fourier (DFT, *discrete Fourier transform*), sólo hay que manipular las componentes de amplitud, mientras que las componentes de fase permanecen inalteradas.

II.7 Cómo estimar la calidad de la imagen con FDR

La relación entre FDR y la calidad de la imagen es diferente de la configuración de la cadena de transmisión. Cuando se aplica MPEG-2 para la compresión, se obtiene la siguiente relación:

$$MSE \approx 2 \left[\frac{\ln(FDR)}{M_i} \right]^2$$

Por tanto, la relación entre FDR y PSNR se deriva como sigue:

$$PSNR = a \log(\ln(FDR)) + b$$

donde a y b indican la constantes reales que son variables de la implementación del códec, especialmente la especificación de cuantificación. Estas constantes pueden ser obtenidas por experimento preliminar utilizando las imágenes de referencia.

Apéndice III

Evaluación de la calidad de funcionamiento³

III.1 Condiciones del experimento

Seis secuencias de prueba con marcadores invisibles son codificadas por el códec MPEG-2 TM5 y la relación señal/ruido de cresta (PSNR, *peak signal-to-noise ratio*) y la tasa de detección falsa (FDR) son medidas por las imágenes decodificadas para obtener la relación FDR-PSNR. Se examina también la degradación de la imagen original.

El cuadro III.1 muestra las condiciones de simulación. El método propuesto se puede aplicar a la estimación de las componentes de luminancia y crominancia, aunque en este experimento los marcadores son insertados solamente en la componente de luminancia y se estima la PSNR de esta componente.

Cuadro III.1/J.147 – Condiciones del experimento

Secuencias de prueba	Líderes de un equipo, flamencos, hojas verdes, desfile, móvil y calendario, jugada de fútbol
Tamaño de imagen	704(H) × 480(V)
Formato	4:2:2, 30 fps,
Códec	MPEG-2 Modelo de prueba 5
Velocidad binaria	a) 10, 20, 30, 40 Mbit/s b) 6, 8, 10, 12 Mbit/s
Medición de calidad de imagen	PSNR
Tamaño de bloque	8 × 8
Intensidad de marcador	a) M = 60, b) M = 100
NOTA – Véase la Rec. UIT-R BT.1210-2.	

El formato de vídeo es 4:2:2, 8 bits/píxel, 30 fps, que es conforme a la Rec. UIT-R BT.601. Los marcadores son insertados en los bloques de 8 × 8 píxels y sólo un marcador es insertado en cada bloque. Al igual que para las velocidades binarias, se examinan dos conjuntos de velocidades binarias:

- a) 10 a 40 Mbit/s suponiendo contribución;
- b) 6 a 12 Mbit/s suponiendo distribución primaria; y

Se selecciona una intensidad de marcador diferente para cada conjunto de velocidades binarias.

³ El resultado en este apéndice indica las mediciones hechas para la implementación mostrada en el apéndice I. Están en proceso resultados independientes para mostrar la relación con las notas subjetivas.

III.2 Resultado del experimento

Las figuras III.1 y III.2 muestran la relación FDR-PSNR de los conjuntos de velocidades binarias a) y b), respectivamente. Esta relación no se puede obtener si la imagen de referencia no está presente, aunque una vez obtenida esta relación, la PSNR puede ser estimada a partir de la FDR porque esta relación es independiente de las velocidades binarias y del contenido de la imagen.

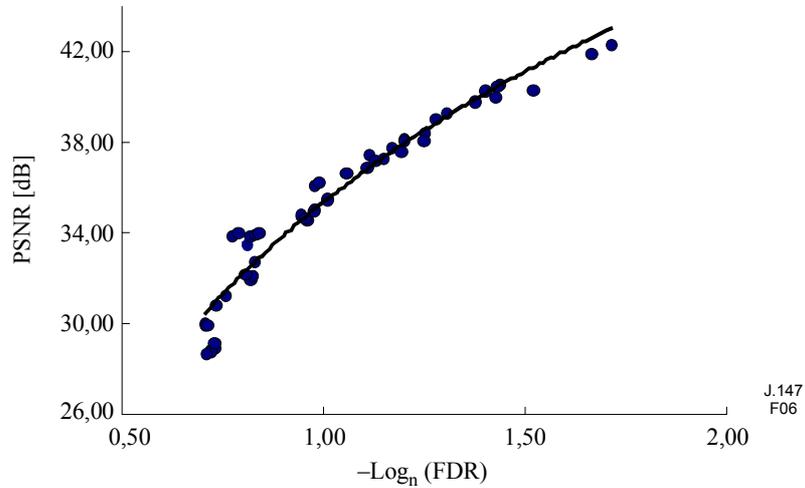


Figura III.1/J.147 – Relación FDR-PSNR (conjunto de velocidades binarias a))

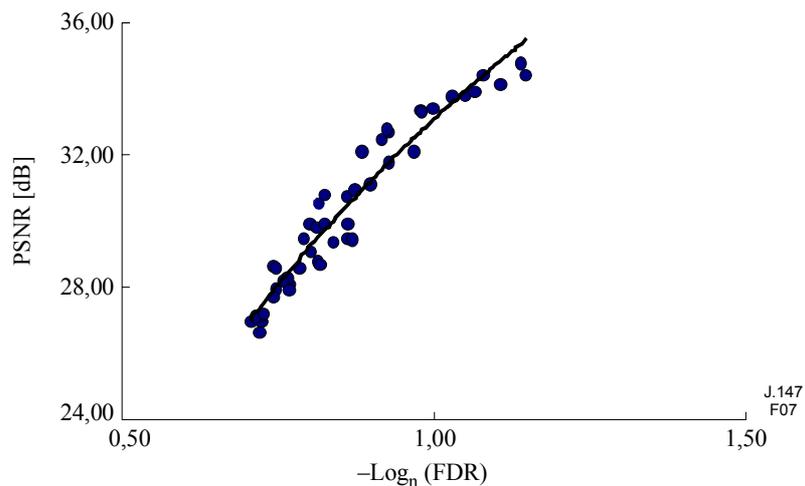


Figura III.2/J.147 – Relación FDR-PSNR (conjunto de velocidades binarias b))

III.2.1 Exactitud de la estimación

La exactitud de la estimación se define como la distancia del punto trazado y la curva de regresión. El cuadro III.2 muestra la exactitud de estimación promedio y la varianza del error de estimación para cada conjunto de velocidades binarias. De acuerdo con este cuadro, la exactitud de estimación es aproximadamente 0,5~0,6 dB, lo que confirma que con este método es posible obtener una estimación muy exacta de PSNR.

Cuadro III.2/J.147 – Exactitud y varianza de la estimación promedio

	Exactitud de la estimación [dB]	Varianza [dB]
Simulación a)	0,59	0,74
Simulación b)	0,50	0,37

III.2.2 Degradación de la imagen original causada por la inserción de marcadores

El cuadro III.3 muestra la PSNR de cada título de imagen después de la inserción del marcador. Como la inserción del marcador origina una manipulación de la señal original, la señal de marcador será una señal de ruido para la imagen original. Sin embargo, la potencia de la señal de marcador es tan pequeña que la PSNR del marcador insertado en la imagen es más de 49 dB, como se muestra en el cuadro III.3. Esto está por encima de 40 dB y no es un nivel perceptible, por lo que la señal de marcador no puede ser vista por el ojo humano. A efectos de referencia, la PSNR típica de contribución y distribución primaria es 30-40 dB, como se muestra en la figura III.1. Además, la anchura de banda adicional requerida por la inserción de marcadores se considera que es despreciablemente pequeña con esta intensidad de marcador.

Cuadro III.3/J.147 – PSNR de la imagen original después de la inserción del marcador

Nombre de secuencia de prueba	Simulación a)	Simulación b)
Líderes de un equipo	51,46	49,19
Flamencos	51,45	49,26
Hojas verdes	51,45	49,12
Desfile	51,44	49,13
Móvil y calendario	51,45	49,15
Jugada de fútbol	51,47	49,10

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación