



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**J.188**

(07/2002)

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

Varios

---

**Marco para un sistema eficaz de transmisión de  
vídeo en paralelo que incluye códecs con  
funciones de detección de fallos y evaluación  
de la calidad de imagen**

Recomendación UIT-T J.188

---

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
<b>Varios</b>	<b>J.180–J.199</b>
Aplicación para televisión digital interactiva	J.200–J.209

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

## **Recomendación UIT-T J.188**

### **Marco para un sistema eficaz de transmisión de vídeo en paralelo que incluye códecs con funciones de detección de fallos y evaluación de la calidad de imagen**

#### **Resumen**

Con frecuencia se establecen enlaces de transmisión en paralelo que incluyen códecs para realizar con gran fiabilidad la contribución y la distribución primaria de programas de televisión, en particular de eventos importantes, tales como los Juegos Olímpicos y la Copa Mundial de Fútbol. Sin embargo, esta configuración plantea las siguientes cuestiones:

- 1) El enlace de reserva se desperdicia totalmente durante los periodos normales.
- 2) La conmutación al enlace de reserva debería ser perfecta para evitar una interrupción del programa de televisión cuando se produce un fallo en un enlace de transmisión.
- 3) Además, se ha solicitado insistentemente la evaluación objetiva de la calidad vídeo recibida en una operación real de transmisión de programas de televisión digital.

Por consiguiente, esta Recomendación recomienda un marco para los métodos que aportan soluciones a estas cuestiones, y cuyas tres características principales son:

- 1) Reducción del ruido de codificación y mejora de la calidad de imagen en comparación con un solo enlace produciendo la señal media de dos enlaces, cuando ambos enlaces son normales (eficacia).
- 2) Detección de un fallo que se produce en uno de los dos enlaces gracias a la supervisión de los dos enlaces comparándolos (sustentación de detección de fallos).
- 3) Evaluación de la calidad de las dos imágenes decodificadas comparándolas (evaluación automática de la calidad de imagen.)

En los apéndices se dan ejemplos de métodos desarrollados según este marco, que mejoran la eficacia operativa y la fiabilidad de los enlaces de transmisión de vídeo en paralelo.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T J.188, 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 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

	<b>Página</b>
1 Alcance .....	1
2 Referencias .....	1
2.1 Referencias normativas .....	1
2.2 Referencias informativas .....	1
3 Términos, definiciones y acrónimos.....	2
4 Requisitos de usuario.....	2
4.1 Utilización más eficaz de los enlaces de transmisión.....	2
4.2 Mejora de la fiabilidad por la detección de fallos en tiempo real .....	2
4.3 Mejora del funcionamiento y mantenimiento mediante la evaluación objetiva de la calidad de la imagen gracias al uso de imágenes recibidas solamente.....	2
5 Marco del esquema recomendado .....	2
5.1 Configuración general .....	2
5.2 Descripción de cada elemento .....	3
5.2.1 Ajuste de la diferencia de retardo .....	3
5.2.2 Promediación.....	3
5.2.3 Detección de fallos .....	3
5.2.4 Evaluación objetiva de la calidad de la imagen.....	3
Apéndice I – Promediación.....	4
I.1 Antecedente teórico .....	4
I.2 Método de desplazamiento de imágenes .....	4
I.2.1 Método de desplazamiento espacial .....	4
I.2.2 Método de desplazamiento temporal.....	5
Apéndice II – Detección e identificación de fallos.....	6
II.1 Detección de fallos .....	6
II.2 Identificación de enlace interrumpido .....	7
Apéndice III – Evaluación del ruido de codificación .....	8
III.1 Antecedente teórico .....	8
III.2 Método para la estimación de SNR.....	9



## Recomendación UIT-T J.188

### **Marco para un sistema eficaz de transmisión de vídeo en paralelo que incluye códecs con funciones de detección de fallos y evaluación de la calidad de imagen**

#### **1 Alcance**

La presente Recomendación considera el enlace de transmisión en paralelo que se usa frecuentemente para la contribución y distribución primaria de televisión. En particular, examina el caso cuando el enlace en paralelo incluye codificadores y decodificadores de compresión, tales como MPEG-2. La relación señal/ruido se mejora reduciendo el ruido de codificación de compresión mediante la promediación de los dos enlaces, es decir, se utilizan más eficazmente los enlaces. Además, se sustenta la detección automática de fallos de transmisión gracias a la supervisión basada en una comparación de vídeos por los dos enlaces. Asimismo, es posible evaluar la calidad de la imagen, por ejemplo, con la estimación de la relación señal/ruido, utilizando la diferencia de ruido de codificación en dos enlaces. Por consiguiente, esta Recomendación recomienda los esquemas conformes a este marco. Los apéndices describen ejemplos de métodos específicos. Estos sistemas están diseñados para uso por organizaciones tales como las empresas de telecomunicaciones o los operadores de sistemas en cable.

#### **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. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

##### **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-T H.262 (2000), *Tecnología de la información – Codificación genérica de imágenes en movimiento e información de audio asociada: Vídeo.*
- Recomendación UIT-R BT.800-2 (1995), *Requisitos de usuario para la transmisión por redes de contribución y de distribución primaria de señales digitales de televisión definidas conforme a la norma 4:2:2 de la Recomendación UIT-R BT.601 (Parte A).*

### 3 Términos, definiciones y acrónimos

En la presente Recomendación se utilizan los términos y abreviaturas usuales.

### 4 Requisitos de usuario

Los requisitos de usuario para los enlaces de transmisión en paralelo que deben satisfacer los métodos descrito en la presente Recomendación son los siguientes.

#### 4.1 Utilización más eficaz de los enlaces de transmisión

El enlace de reserva se desperdicia totalmente en los enlaces de transmisión en paralelo durante los periodos normales, que ocupan la mayor parte del tiempo. Se debe hacer un uso más eficaz del enlace de transmisión utilizando también de alguna manera el enlace de reserva durante los periodos normales.

#### 4.2 Mejora de la fiabilidad por la detección de fallos en tiempo real

Es importante, cuando se produce un fallo, conmutar cuanto antes al enlace de reserva con el fin de reducir el tiempo durante el cual las imágenes están interrumpidas. Normalmente, los operadores supervisan el enlace y conmutan al enlace de reserva cuando se produce un fallo. Es necesario reducir la carga impuesta a los operadores y el tiempo durante el cual el vídeo está interrumpido, automatizando esta supervisión.

#### 4.3 Mejora del funcionamiento y mantenimiento mediante la evaluación objetiva de la calidad de la imagen gracias al uso de imágenes recibidas solamente

La degradación debida a la codificación de compresión cambia de acuerdo con el contenido de la imagen, incluso cuando no hay errores de transmisión. La calidad de las imágenes recibidas debe ser supervisada automáticamente. Véase la Rec. UIT-T J.143.

### 5 Marco del esquema recomendado

Esta Recomendación recomienda un esquema para la transmisión eficaz de televisión en paralelo.

#### 5.1 Configuración general

La figura 1 muestra el esquema recomendado en esta Recomendación para satisfacer los requisitos.

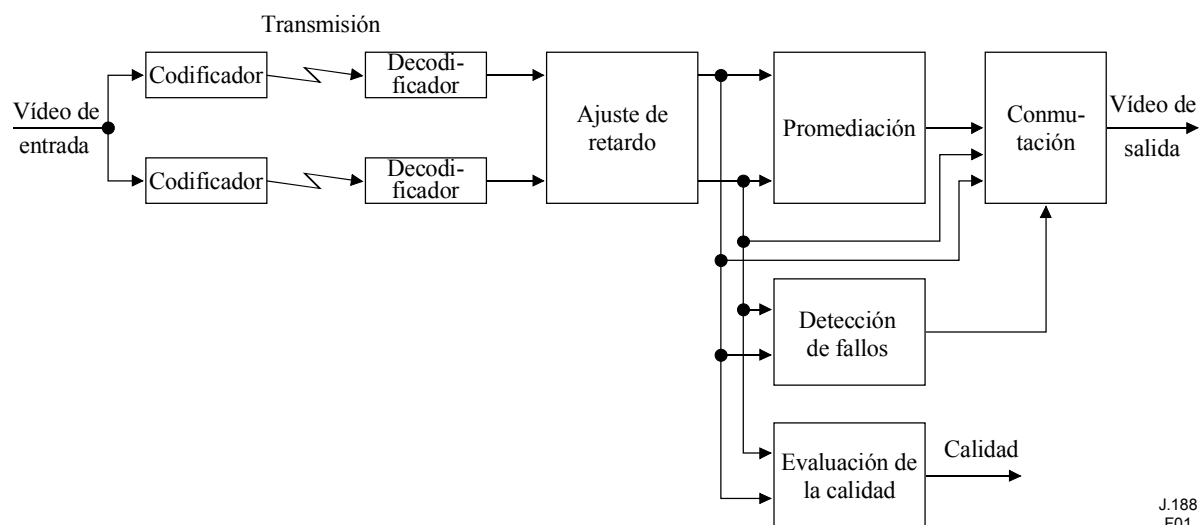


Figura 1/H.188 – Esquema recomendado



Esta Recomendación supone que se incluyen códecs en cada uno de los dos enlaces.

En primer lugar, uno de los dos vídeos recibidos es retardado según proceda, si es necesario, de modo que los retardos de transmisión en ambos enlaces sean iguales. A continuación se efectúa la promediación de dos imágenes decodificadas para reducir el ruido, lo que resulta en el uso eficaz de los enlaces, a la vez que se detectan los fallos comparando las dos imágenes decodificadas. La conmutación apropiada se efectúa de acuerdo con esta información de detección de fallos. Además, cuando no hay errores de transmisión, la calidad de las imágenes decodificadas se evalúa objetivamente comparando las imágenes decodificadas en los dos enlaces.

## 5.2 Descripción de cada elemento

### 5.2.1 Ajuste de la diferencia de retardo

Este esquema requiere que el retardo de los dos vídeos sean iguales para la siguiente promediación y procesamiento de evaluación de la calidad. Por consiguiente, se recomienda la inserción de unidad de ajuste de retardo (figura 1). Los métodos específicos pueden ser la lectura de códigos de tiempo o la concordancia de imágenes.

### 5.2.2 Promediación

La utilización más eficaz de los enlaces en paralelo supone que cada enlace incluya un codificador y un decodificador de compresión (figura 2). Se recomienda que las dos señales vídeo decodificadas sean promediadas para compensar el ruido de codificación, de modo que se pueda mejorar la relación señal/ruido. Para esto, es importante reducir la correlación entre las dos señales de ruido debido a la codificación de compresión. Estos métodos incluyen el cambio de señales vídeo espacial y/o temporalmente, lo que se describe en el apéndice I.

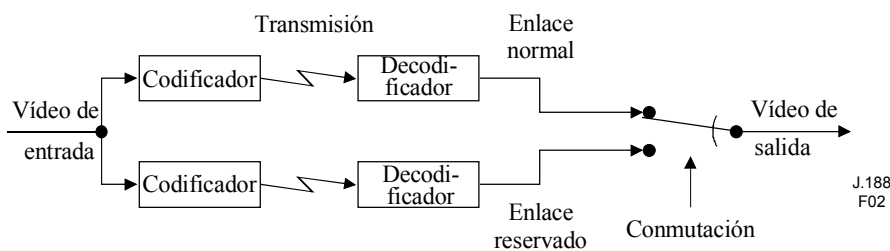


Figura 2/J.188 – Método para mejorar la eficacia de la transmisión

### 5.2.3 Detección de fallos

Los enlaces en paralelo considerados en esta Recomendación proporcionan dos imágenes recibidas. El esquema recomendado aprovecha esta característica para efectuar una detección de fallos precisa comparando el caso cuando sólo se dispone de una señal recibida, es decir, la ocurrencia de fallos es detectada por la comparación de dos imágenes recibidas. En el apéndice II se describen los métodos específicos.

### 5.2.4 Evaluación objetiva de la calidad de la imagen

Como se indica en 5.2.2, la evaluación de la calidad de la imagen supone un codificador y un decodificador de compresión en cada uno de los dos enlaces de un sistema en paralelo. Se recomienda estimar la degradación de la calidad de imagen debida a la codificación de compresión utilizando la diferencia de dos señales de ruido de codificación. En el apéndice III se describe el antecedente teórico y un método de estimación específico.

# Apéndice I

## Promediación

### I.1 Antecedente teórico

Con el fin de utilizar más eficazmente los enlaces en paralelo, se puede reducir la correlación entre las señales de ruido de codificación de dos vídeos decodificados para mejorar más la relación S/N por la promediación.

Sea  $x$  la señal original,  $x_1$ ,  $x_2$  las dos señales decodificadas, y  $d_1$ ,  $d_2$  su ruido de codificación respectivamente, donde  $x_1 = x + d_1$ ,  $x_2 = x + d_2$  (figura I.1). Se supone que la potencia de ruido sea igual en los dos canales y se representa mediante  $n$ .  $\rho_{d_1d_2}$  representa el coeficiente de correlación de  $d_1$  y  $d_2$ .

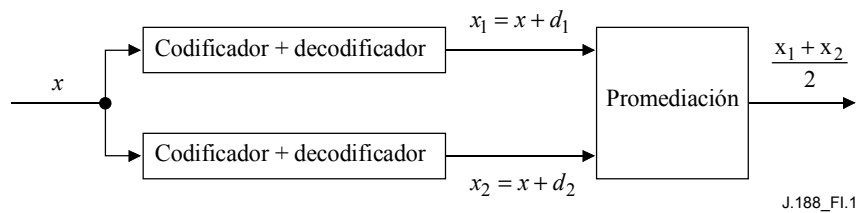


Figura I.1/J.188 – Promediación de dos señales recibidas

El ruido de codificación  $d_m$  de la señal promedio de  $x_1$ ,  $x_2$  es:

$$d_m = \frac{x_1 + x_2}{2} - x = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

y su potencia  $n_m$  es:

$$n_m = \sigma^2 \left( \frac{d_1 + d_2}{2} \right) = \frac{n(1 + \rho_{d_1d_2})}{2}$$

Cuando los ruidos de los dos canales son independientes, la promediación mejora la relación S/N en 3 dB. Inversamente, a medida que su correlación es mayor, la mejora es menor. De acuerdo con resultados experimentales, se ha hallado que se obtiene una mejora de PSNR de 1 a 2 dB.

### I.2 Método de desplazamiento de imágenes

En los códecs de compresión, las imágenes suelen estar separadas en muchos bloques y la compresión se efectúa bloque por bloque utilizando correlación espacial y temporal. Para reducir la correlación entre el ruido de codificación y los enlaces, cabe considerar que la imagen es relativamente desplazada por lo menos en uno de los dos enlaces. Los métodos de desplazamiento incluyen un método espacial y un método temporal.

#### I.2.1 Método de desplazamiento espacial

Los principales esquemas de codificación de imágenes, tales como MPEG-2 (Rec. UIT-T H.262), efectúan una transformación ortogonal bloque por bloque con el tamaño típico de  $8 \times 8$ , y cuantifican los coeficientes. Por tanto, al desplazar la frontera de bloque en uno de los enlaces, se puede hacer diferente el ruido de codificación de dos enlaces. Específicamente, se desplaza la imagen horizontalmente/verticalmente por un determinado número de píxeles. Este desplazamiento de imagen se puede representar como sigue. Para simplificar, la imagen original es representada como una señal unidimensional.  $N$  indica el número de muestras horizontales.

$$x(0), x(1), \dots, x(i), \dots, x(N-2), x(N-1)$$

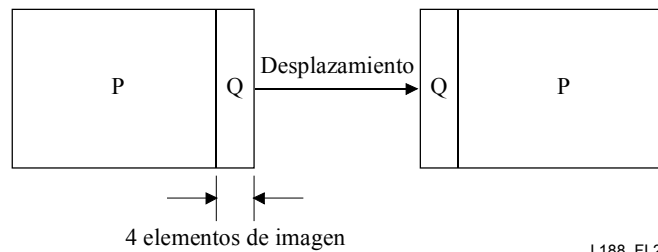
La señal después del desplazamiento horizontal de  $n$  píxeles se representa como sigue:

$$x(N-n), \dots, x(N-1), x(0), \dots, x(N-n-1)$$

En otras palabras, los píxeles que son desplazados del borde derecho se insertan en el borde izquierdo.

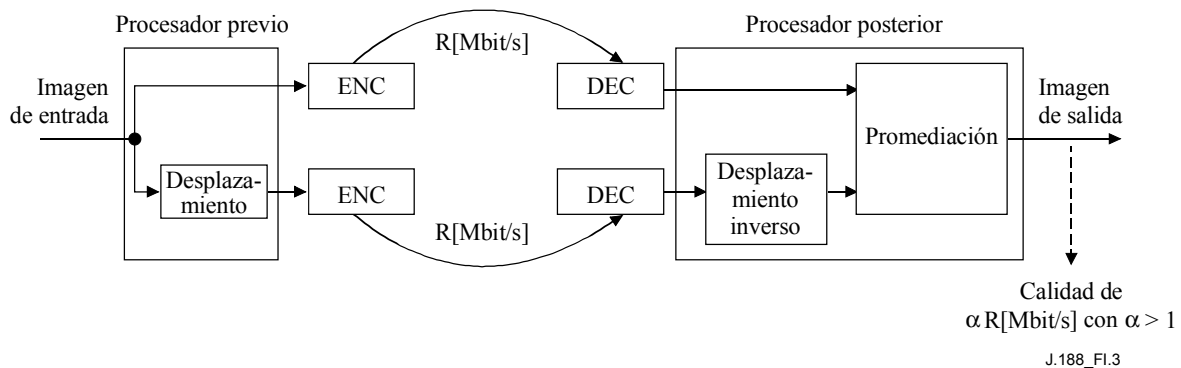
La figura I.2 muestra un ejemplo cuando la imagen es desplazada horizontalmente por cuatro píxeles. En esta figura, la parte Q, que es desplazada del borde derecho debido al desplazamiento derecho, es insertada en el borde izquierdo. La figura I.3 muestra la configuración de este método de desplazamiento espacial.

- 1) En el procesamiento previo a la transmisión, cuando el vídeo es distribuido a dos enlaces, la imagen en un enlace es desplazada horizontal o verticalmente por un determinado número de píxeles.
- 2) En el proceso posterior a la transmisión, la posición original se recupera desplazando la imagen en el sentido inverso. Después, los valores de píxeles de los vídeos en ambos enlaces son promediados.



J.188\_FI.2

**Figura I.2/J.188 – Ejemplo de un desplazamiento espacial**



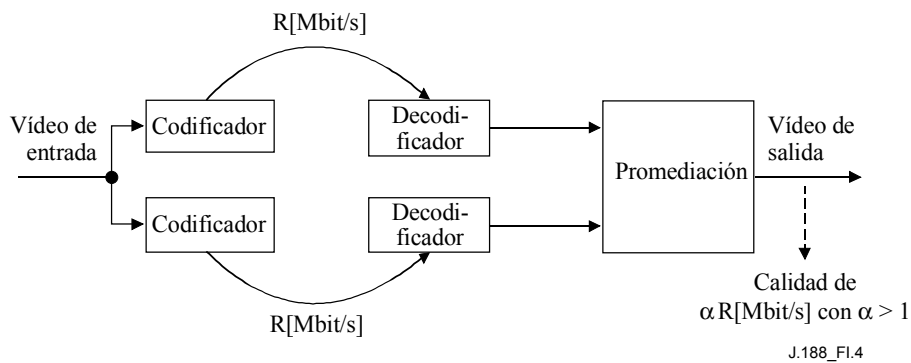
J.188\_FI.3

**Figura I.3/J.188 – Configuración de transmisión en paralelo eficaz con desplazamiento espacial**

### I.2.2 Método de desplazamiento temporal

MPEG-2 (Rec. UIT-T H.262), que es un método importante de codificación de compresión para transmisión vídeo, adopta la estructura GOP cuando existen periódicamente imágenes con predicción compensada por el movimiento e imágenes sin predicción (imágenes I). Diferentes tipos de imágenes producen ruido de codificación diferente. Si la temporización de una imagen I es diferente entre los dos enlaces, el ruido de codificación es diferente entre los dos enlaces, aun sin el desplazamiento espacial indicado anteriormente. Esto se denomina desplazamiento temporal. Normalmente, los codificadores en enlaces en paralelo funcionan independientemente entre sí, realizando el desplazamiento temporal. En consecuencia, no se necesita ningún procedimiento

particular antes de la transmisión. Así, en este caso es suficiente la simple promediación sin procesamiento previo o posterior para el desplazamiento, como se muestra en la figura I.4.



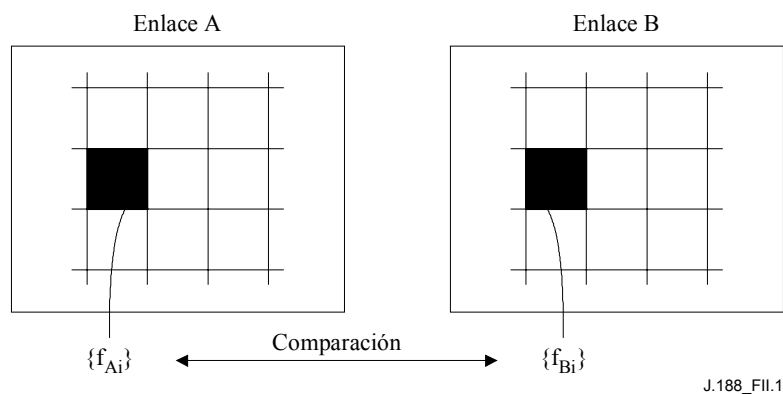
**Figura I.4/J.188 – Configuración de transmisión en paralelo eficaz con desplazamiento temporal**

## Apéndice II

### Detección e identificación de fallos

#### II.1 Detección de fallos

La imagen es separada en muchos bloques, y la calidad de imagen de ambos enlaces se compara bloque por bloque. Cuando la diferencia rebasa un umbral, se emite una decisión de que ha ocurrido un fallo. Sin embargo, en esta etapa, no se sabe aún cuál de los enlaces tienen fallos. En la figura II.1 se indica el procedimiento.



**Figura II.1/J.188 – Comparación de características de imagen**

- 1) El procesamiento se efectúa bloque por bloque en el tamaño típico de  $16 \times 16$ . Sea  $p$  para indicar la posición de bloque.
- 2) Se calcula  $\{f_{Ai}(p)\}$ ,  $\{f_{Bi}(p)\}$  ( $i = 1, \dots, N$ ), las características de la imagen en cada bloque de dos imágenes recibidas A y B. En este caso,  $N$  indica el número de características de imagen utilizadas.

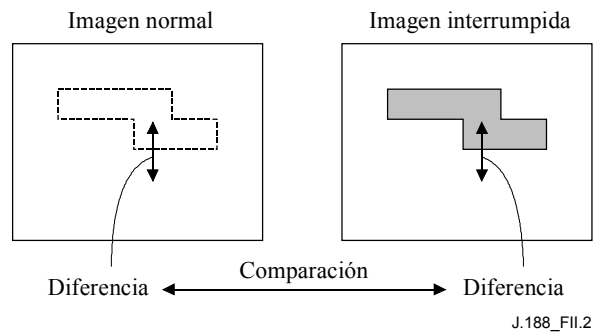
Se comparan las características de imágenes de A y B bloque por bloque, y cuando la diferencia para cualquiera de estas características rebasa un umbral en el bloque, es decir:

$$\exists i \rightarrow |f_{Ai}(p) - f_{Bi}(p)| > Th_i$$

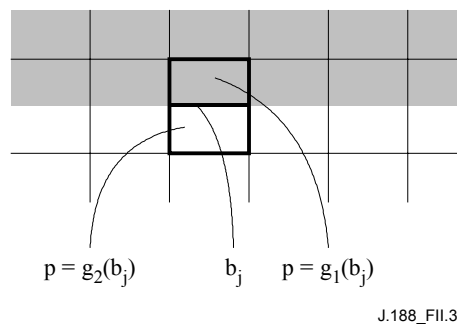
se considera que una de las imágenes recibidas está corrompida por un fallo de transmisión en el bloque. Se memoriza esta información de normal/corrompida, bloque por bloque, y se utiliza para identificar el enlace interrumpido como se describe a continuación.

## II.2 Identificación de enlace interrumpido

Seguidamente, se identifica el enlace interrumpido. Utilizando una característica de fallo en transmisión vídeo digital, a saber, que ambas partes normal y corrompida coexisten en una imagen, se toma una decisión de que la imagen que contiene una diferencia mayor de calidad entre las dos partes tiene un fallo, y en consecuencia se identifica el enlace interrumpido. En este caso, la parte corrompida de una imagen se conoce desde la primera etapa. En las figuras II.2 y II.3 se indica el procedimiento.



**Figura II.2/J.188 – Comparación de diferencia de calidad**



**Figura II.3/J.188 – Frontera y bloques**

- 1) Se efectúa la identificación campo por campo.
- 2) De acuerdo con el procesamiento de detección de fallo previo, se sabe qué partes de la imagen están corrompidas. Sin embargo, en esta etapa no se sabe aún cuál de los enlaces tiene un fallo.
- 3) Se calcula  $\mathbf{D} = \{D_i\} (i=1, \dots, N)$ , la diferencia de características de imagen entre zonas normales y corrompidas, para cada enlace. Concretamente, se calcula la suma de diferencia absoluta a lo largo de las fronteras entre zonas normales y corrompidas para cada característica de imagen como sigue.
- 4) Sea  $b_j$  ( $j = 1, \dots, 2n$ ) para indicar la frontera entre bloques en la imagen (un lado de un bloque). En este caso  $n$  indica el número de bloques en una imagen (cada bloque, salvo los colocados en el borde de la imagen, se supone que tienen dos fronteras, es decir lados derecho e inferior). Sea  $g_1(b_j)$ ,  $g_2(b_j)$  para indicar los dos bloques que tienen  $b_j$  entre ellos (figura II.3). Se calcula la diferencia de la  $i$ -ésima característica entre las zonas normales y corrompidas en el enlace A, como sigue. (De manera similar para el enlace B.)

$$D_{Ai} = \sum_{bj \in C} |f_{Ai}(g_1(b_j)) - f_{Ai}(g_2(b_j))|$$

En este caso  $C$ , representa todas las fronteras entre zonas normales y corrompidas.

- 5) Se compara  $\|D_A\|$  y  $\|D_B\|$ , y se determina que el enlace A tiene un fallo cuando la primera es mayor, y viceversa. Como  $\|D\|$ , se utiliza el máximo de las sumas de diferencias absolutas, es decir:

$$\|D\| = \max_{1 \leq i \leq N} D_i$$

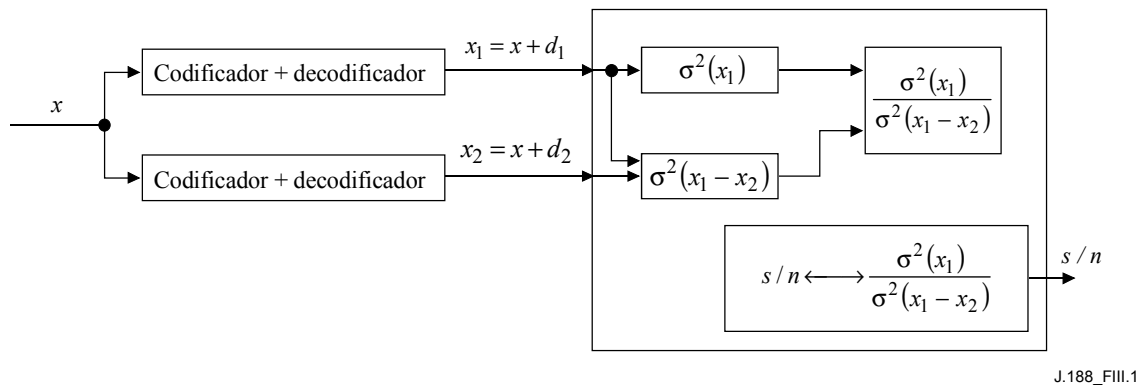
Las futuras Recomendaciones de la serie J pueden ser utilizadas también para identificar el enlace interrumpido.

## Apéndice III

### Evaluación del ruido de codificación

#### III.1 Antecedente teórico

La calidad de la imagen se puede evaluar también considerando el hecho de que el ruido de codificación en los dos enlaces es diferente (figura III.1).



**Figura III.1/J.188 – Evaluación de la relación S/N**

Sea  $x$  la señal original,  $x_1$ ,  $x_2$  las dos señales decodificadas y  $d_1$ ,  $d_2$  su ruido de decodificación, respectivamente.  $s$  representa la varianza de  $x$  y  $n$  la potencia de  $d_1$  y  $d_2$ . Sea  $\rho_{xd1}$  el coeficiente de correlación de  $x$  y  $d_1$  y  $\rho_{d1d2}$  el de  $d_1$  y  $d_2$ . La varianza de  $x_1$  es:

$$\sigma^2(x_1) = \sigma^2(x + d_1) = s + n + 2\sqrt{sn}\rho_{xd1} \quad (1)$$

La varianza de la diferencia de  $x_1$  y  $x_2$  es:

$$\sigma^2(x_1 - x_2) = \sigma^2(d_1 - d_2) = 2n(1 - \rho_{d1d2}) \quad (2)$$

Entonces:

$$\frac{\sigma^2(x_1)}{\sigma^2(x_1 - x_2)} = \frac{1 + \frac{n}{s} + 2\rho_{xd1}\sqrt{\frac{n}{s}}}{2 - 2\rho_{d1d2}} \times \frac{s}{n} \quad (3)$$

Si se supone que el ruido de codificación es suficientemente menor que la señal original y su correlación es también suficientemente pequeña, es decir  $1 \gg \frac{n}{s} + 2\rho_{xd1}\sqrt{\frac{n}{s}}$ , se obtiene:

$$10 \log \frac{s}{n} = \alpha + 10 \log \frac{\sigma^2(x_1)}{\sigma^2(x_1 - x_2)} \quad (4)$$

donde  $\alpha = 10 \log(2 - 2\rho_{d1d2})$ .

Los experimentos han demostrado que cabe suponer que  $\alpha$  en la ecuación (4) sólo depende de la configuración del sistema en paralelo, no de la clase de imágenes. Por consiguiente, es posible estimar la relación S/N de la señal recibida comparada con la original utilizando solamente  $x_1$  y  $x_2$  que se obtienen en el lado receptor.

### III.2 Método para la estimación de SNR

La figura III.1 muestra el método.

- 1) En experimentos preparatorios, se han codificados varias clases de imágenes a diversas velocidades binarias en el esquema de transmisión real, y la relación entre  $s/n$  y

$$\frac{\sigma^2(x_1)}{\sigma^2(x_1 - x_2)}$$

se almacena como una tabla.

- 2) Durante la transmisión ordinaria, se mide,

$$\frac{\sigma^2(x_1)}{\sigma^2(x_1 - x_2)}$$

de las dos imágenes decodificadas y se estima  $s/n$  por referencia a la tabla.







## 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
<b>Serie J</b>	<b>Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia</b>
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