

# Orden de barrido optimizado para el cancelamiento de imágenes intra dañadas

Kenia Picos-Espinoza<sup>1</sup>, Mireya S. García-Vázquez<sup>1</sup> y Alejandro A. Ramírez-Acosta<sup>2</sup>

<sup>1</sup> IPN-CITEDI, Ave. del Parque No. 1310, Mesa de Otay, Tijuana BC, México

<sup>2</sup> MIRAL R&D, 1047, Palm Garden, Imperial Beach, 91932, USA  
{kpicos,mgarciav}@citedi.mx, ramacos10@hotmail.com

**Resumen** La transmisión de video comprimido a través de canales propensos a errores puede resultar en un conjunto de pérdidas o errores de datos que pueden degradar significativamente la calidad de la imagen. En el caso del error en intra-cuadros, el cancelamiento de error espacial se aplica en el decodificador. En cuanto a este tipo de cancelamiento, la mayoría de la literatura se enfoca en la aplicación de la técnica de promedio ponderado, incluida en el estándar H.264 como fase no-normativa. Sin embargo, algunos trabajos de investigación consideran que el algoritmo para el orden del cancelamiento es un factor que podría incrementar el desempeño de las nuevas técnicas o alguna de referencia. En este artículo, se proponen diferentes órdenes de barrido al algoritmo de referencia del estándar H.264 para mejorar el desempeño del cancelamiento de error. Nuestros resultados muestran ganancias arriba de 0.5dB en términos de la relación señal a ruido pico (PNSR).

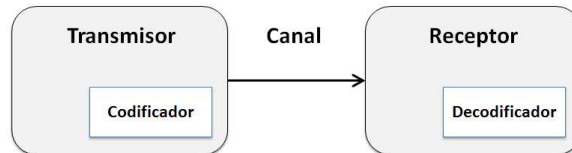
**Palabras Clave:** Cancelamiento de error, video, vofificación, H.264, orden de barrido, imagen intra.

## 1. Introducción

Los canales de comunicación han tenido un crecimiento increíble de demanda durante las últimas décadas debido a la creación de nuevos servicios. Por ejemplo, la transmisión del video e imagen a través de redes IP (*Internet Protocol*). Con el fin de hacer buen uso del ancho de banda disponible, la transmisión de datos tiene que ser codificada (comprimida). Uno de los mayores problemas para el video comprimido es que cualquier pérdida de datos puede conducir a resultados catastróficos de decodificación (secuencias distorsionadas) lo cual no es deseable. Esta pérdida de información puede ocurrir durante la transmisión del video a través de canales propensos a errores, tales como las redes inalámbricas. Dado este problema, se han estudiado y desarrollado una serie de técnicas, durante las dos últimas décadas [1]. Estas técnicas son llamadas comúnmente como Técnicas de Resistencia al Error (*Error Resilience, ER*).

Asumiendo un sistema de comunicación como el que se muestra en la Figura 1, la ER trata de anticipar o manejar las pérdidas de datos, dependiendo en dónde las acciones se llevan a cabo en el sistema [1]. Técnicas avanzadas de cancelamiento de error se han enfocado en prevenir las pérdidas de datos, las cuales son desempeñadas por el codificador. El cancelamiento de error mediante técnicas de post-procesamiento

trata de estimar o reconstruir las pérdidas de datos, mediante métodos de interpolación u otras operaciones matemáticas. Estas técnicas son implementadas en el decodificador. Finalmente, si el codificador y el decodificador trabajan juntos para prevenir y/o reconstruir las pérdidas de datos, a estas técnicas se les conoce como cancelamiento de error interactivo o híbrido.



**Fig. 1.** Sistema básico de Comunicación.

El cancelamiento de error (CE) mediante Post-Procesamiento se encuentra dividido en tres categorías principales: Cancelamiento de error espacial (CEE), Cancelamiento de error temporal (CET) y Cancelamiento de error híbrido (CEH). En este artículo, nos hemos enfocado en CEE. Por lo tanto, el propósito de este artículo es presentar las diferentes optimizaciones que realizamos al algoritmo del Orden de barrido (OB, Scanning) para incrementar el desempeño de la técnica de cancelamiento de error espacial para imágenes Intra en el estándar H.264. Esto se realiza con el objetivo de mejorar el desempeño de la técnica de referencia de promedio ponderado (PP) en términos de PSNR. Los resultados experimentales muestran ganancias arriba de 0.5 dB. De esta manera se puede ver que es fundamental realizar un buen orden de barrido para tener un buen desempeño con la técnica de Cancelamiento de error.

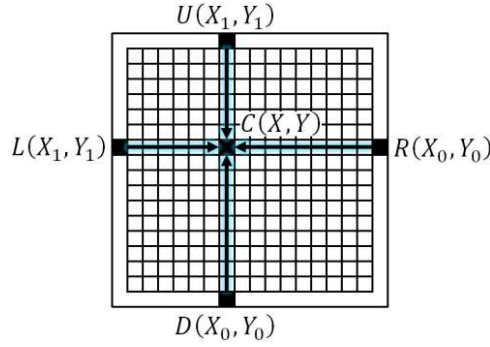
Este artículo se encuentra estructurado como sigue: en la sección 2, se presenta una breve reseña del cancelamiento de error espacial en el marco del codificador H.264. En la sección 3 se describen las diferentes optimizaciones del OB para CEE. Los resultados son presentados en la sección 4. Por último, en la sección 5 se plasman las conclusiones.

## 2. Cancelamiento de error espacial

Las técnicas de CEE comúnmente son utilizadas por imágenes codificadas Intra (imágenes independientemente codificadas sin referencia) en el contexto de la norma MPEG-4 H.264/AVC [2]. Como su nombre lo indica, estas técnicas son operadas pixel por pixel (en el dominio espacial). Esto significa que todos y cada uno de los pixeles pertenecientes al área de pérdida son reconstruidos uno a la vez. Para lograr la reconstrucción, se toman en cuenta algunas consideraciones espaciales. Un ejemplo de esto, es que en muchas de las escenas encontradas en la naturaleza predominan las bajas frecuencias; las cuales se presentan en las imágenes como cambios suaves en las intensidades de los pixeles. Sin embargo, esto es sólo una manera de lograr CE, de muchas más que existen.

Viktor Varsa et al. [3] propuso a la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) adoptar algoritmos de cancelamiento de error no-normativo. Una de sus metodologías propuestas es para imágenes codificadas Intra. En este algoritmo, cada pixel es cancelado haciendo uso de los cuatro pixeles vecinos más cercanos que no hayan sido

reconstruidos. La Figura 2 es un ejemplo de esta clase de CEE llamada promedio ponderado (PP).



**Fig. 2.** Técnica de promedio ponderado.

El área en cuadrícula de la Figura 2 representa el área dañada dentro de un cuadro. Los píxeles que se encuentran ubicados en el límite exterior de esta área se consideran candidatos para el proceso de cancelamiento de píxeles. El promedio ponderado de píxeles se calcula de la siguiente manera:

- En primer lugar, para todos y cada uno de los píxeles, se requiere el cálculo del incremento en las direcciones horizontal y vertical; esto se realiza utilizando los píxeles más cercanos a la derecha, izquierda, arriba y abajo de los límites del borde del área.

$$\Delta x = \frac{R(X_0, Y_0) - L(X_1, Y_1)}{x_1 - x_0} \quad (1)$$

$\Delta x$ : Incremento en dirección horizontal  
 $\Delta y$ : Incremento en dirección vertical  
 $R(X_0, Y_0)$ : píxel localizado a la derecha  
 $L(X_1, Y_1)$ : píxel localizado a la izquierda  
 $D(X_0, Y_0)$ : píxel localizado abajo  
 $U(X_1, Y_1)$ : píxel localizado arriba

- Y finalmente se calcula promediando:

$$C(X, Y) = \frac{[X_0 + (X_1 - X_0)\Delta x] + [Y_0 + (Y_1 - Y_0)\Delta y]}{2} \quad (2)$$

donde  $C(X, Y)$  es un píxel bajo reconstrucción. Es importante destacar que este tipo de cancelamiento da buenos resultados cuando se trata de áreas *suaves*. Sin embargo, este no es el único esquema de reconstrucción espacial, existen muchos más que trabajan para otro tipo de áreas dañadas. Dado que la definición de bordes juega un papel importante en la percepción visual humana, otra consideración importante es la existencia de bordes dentro del área de pérdidas. El cancelamiento de error basado en interpolación direccional es propuesto en [4]. Este esquema convoluciona valores de los píxeles de los bloques de la imagen alrededor del área de pérdidas con máscaras direccionales predeterminadas, tratando de encontrar si los bordes predominantes

existen en la región vecina. Las máscaras de Sobel se emplean frecuentemente en este tipo de situaciones [5].

### 3. Orden de cancelamiento de error espacial en intra-cuadro

Como se ha mencionado en la sección anterior, la transmisión de video comprimido a través de canales propensos a error puede resultar en pérdidas o errores, lo cual pueden degradar la calidad de la imagen significativamente. En el caso de error en intra-cuadro, el CEE se aplica en el lado del decodificador. La mayoría de la literatura [4-8] se enfoca en superar el rendimiento de la técnica de referencia del promedio ponderado incluida en la norma como fase no-normativa (explicada en la sección 2). Sin embargo, pocos de los esfuerzos en esta área de investigación consideran el papel que juega el algoritmo del orden de cancelamiento como un factor que puede incrementar el desempeño de los nuevos algoritmos y los de referencia. Como se sabe, la eficacia del cancelamiento de error de un macrobloque (MB) de dimensiones 16x16 pixeles depende altamente de sus condiciones de vecindad [2], por lo tanto, en este artículo, se explora la posibilidad de modificar el orden de barrido (OB) del proceso, con el propósito de determinar si el orden de cancelamiento aplicado al algoritmo de CEE de referencia puede modificar su desempeño en Intra-cuadros.

#### 3.1. Orden de barrido en el algoritmo de referencia

El OB es el orden en el cual los MB con pérdida o dañados son buscados y cancelados en el Intra-cuadro. Para el cumplimiento del CE en el software de referencia [9], existen dos OB dependiendo de qué clase de cuadro ha sido decodificado (Inter o Intra). El OB para Intra-cuadros (Figura 3) inicia en el MB de la parte más izquierda superior (el cual pertenece a la primera columna) y va hacia abajo hasta el último MB (de la misma columna), luego la segunda columna (de izquierda a derecha) se analiza y así hasta el último MB de la última columna (inferior derecha) [3].

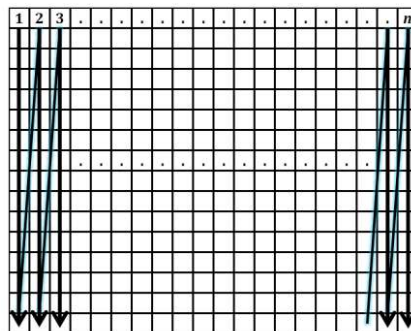


Fig. 3. Orden de barrido para Intra-cuadro.

Por otro lado, el OB para Inter-cuadros, mostrado en la Figura 4, inicia buscando en el MB de la parte superior izquierda hasta alcanzar el último MB de la columna actual, y así se mueve hasta la última columna (primera vista de derecha a izquierda).



CEE en el software de referencia del estándar MPEG-4 H.264/AVC [9]. La Tabla 1 muestra las modificaciones y sus descripciones respectivas:

**Tabla 1.** Modificaciones de OB en el algoritmo de referencia del CEE.

<b>Modificación</b>	<b>Descripción</b>
<b>Referencia</b>	Esta no es una modificación, sino es el OB dado en el codificador H.264 para CEE (Intra-cuadros)
$\alpha$	En vez de buscar el primer MB vecino no reconstruido (que es el caso del OB de referencia), esta modificación incluye todos los MBs adyacentes disponibles (aún los que han sido cancelados previamente).
$\beta$	Como se describe en la sección 3 (el OB en el algoritmo de referencia de CE) los Inter e Intra cuadros tienen su propio OB para el CE; esta adaptación propone desempeñar Inter OB en Intra-cuadros.
$\alpha + \beta$	Esta modificación es una combinación de adaptaciones de $\alpha$ y $\beta$ ; esta versión desempeña Inter OB además incluye todos los MBs vecinos disponibles (aún los que han sido cancelados previamente) desde el inicio del proceso.
$\gamma$	La propagación del error es una tarea importante cuando se trata de CE de pérdidas de MB, los errores se deberían propagar uniformemente a lo largo del cuadro, pero no ocurre así; estas modificaciones inician con el cancelamiento de pérdidas de MB que tengan cuatro MBs vecinos disponibles no cancelados previamente, continúa el proceso para aquellos con tres MBs vecinos disponibles no cancelados previamente, luego trabaja con dos MBs no cancelados previamente, y finalmente cuando tenga que trabajar con un MB vecino, se utiliza el cancelado anteriormente.
$\gamma + \alpha$	Esta versión de modificación es una combinación de $\alpha$ y $\gamma$ .
$\delta$	Una versión modificada de $\gamma$ , esta variación inicia mediante el cancelamiento del MB con al menos tres MBs adyacentes no cancelados, y continúa con los MB que tiene al menos dos MBs vecinos (a partir de esto, no importa si los MBs disponibles han sido previamente cancelados).
$\delta + \alpha$	Esta versión de modificación es una combinación de $\delta$ y $\alpha$ .

La primera modificación de código (denotada por  $\alpha$ ) ha sido creado para considerar el MB cancelado previamente para CE, no importando cuántos MBs vecinos se encuentran disponibles (no cancelados previamente). La segunda ha sido un ajuste hecho al OB (denotada por  $\beta$ ), con el fin de lograr Inter OB en Intra-cuadros. La tercera variación es una combinación de la primera y la segunda modificación (denotada por  $\alpha + \beta$ ). La cuarta alteración (denotada por  $\gamma$ ) se basa en la primera cancelación del MB dañado con cuatro vecinos disponibles de MBs no previamente cancelados, luego para cancelar el MB con tres vecinos disponibles, continuando con el MB dañado con dos vecinos disponibles y finalmente, terminando con los MBs que tengan solamente un MB adyacente. La quinta modificación (denotada por  $\gamma + \alpha$ ) es una combinación de la cuarta y la primera adaptación. La sexta modificación es una versión modificada de  $\gamma$ . La séptima y última modificación (denotada por  $\delta + \alpha$ ) es una combinación de la sexta y la primera adaptación.

## 4. Resultados

Las optimizaciones descritas previamente han sido probadas en el software de referencia del estándar MPEG-4 H.264/AVC versión 14.2 [9] con las siguientes secuencias de referencia QCIF (352x288 píxeles): *Foreman*, *Bus*, *Coastguard* y *Mobile*.

Bajo las mismas condiciones de tasa de pérdida de paquetes (TPP) del 5%, 10%, 15% y 20%, como se muestra en las Figuras 6 a la 9, los resultados demuestran que las optimizaciones  $\gamma + \alpha$  ofrecen mejoras en PSNR (el objetivo de medida de calidad) para las secuencias *Foreman* y *Mobile* de 0.2915 dB en la mejor de las situaciones. Mientras tanto, la optimización  $\delta + \alpha$  provee mejoras para las secuencias *Coastguard* y *Bus* de 0.5053 dB en el mejor de los casos. Las Figuras 10 a la 13 muestran los resultados para el componente de luminancia (Y) en el Intra-cuadro *Coastguard*, *Foreman* y *Bus* aplicando el OB de referencia del CE (H.264) y las optimizaciones del OB  $\alpha$ ,  $\gamma + \alpha$  y  $\delta + \alpha$  respectivamente.

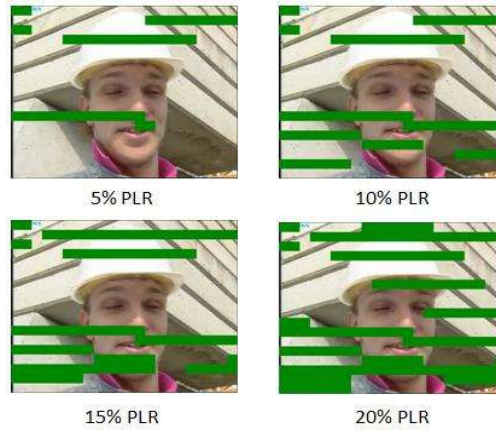


Fig. 6. Diferentes niveles de TPP para la secuencia *Foreman*.

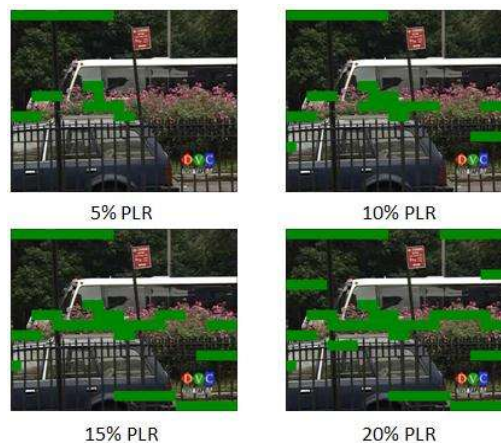


Fig. 7. Diferentes niveles de TPP para la secuencia *Bus*.

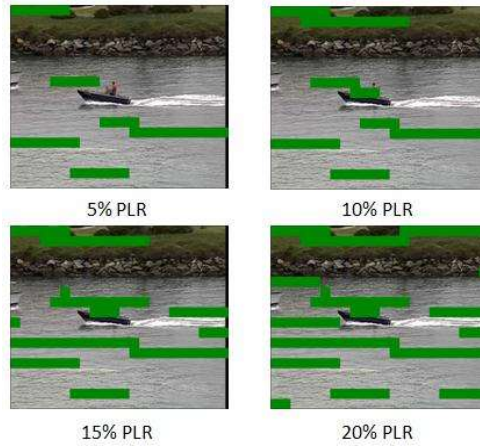


Fig. 8. Diferentes niveles de TPP para la secuencia *Coastguard*.



Fig. 9. Diferentes niveles de TPP para la secuencia *Mobile*.

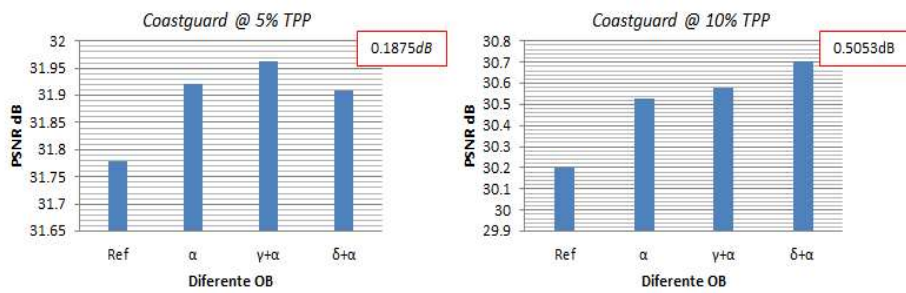


Fig. 10. *Coastguard* @ 5% y @ 10% TPP.

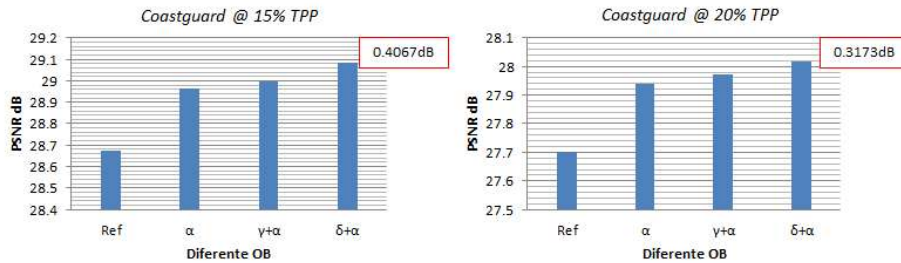


Fig. 11. Coastguard @ 15% y @ 20% TPP.

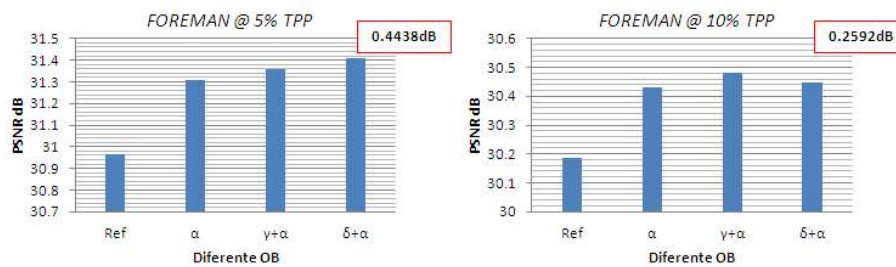


Fig. 12. Foreman @ 5% y @ 10% TPP.

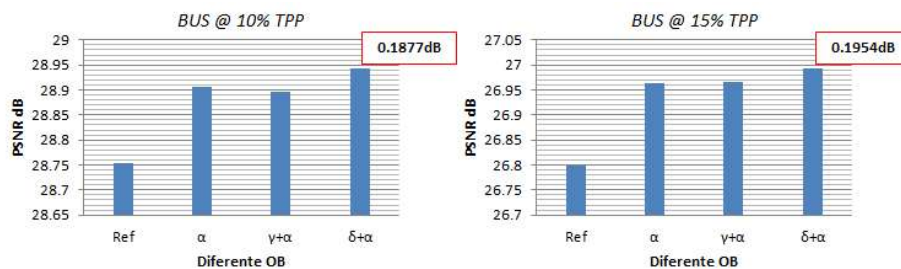


Fig. 13. Bus @ 10% y @ 15% TPP.

La versión  $\delta + \alpha$  claramente supera las otras optimizaciones y brinda una mejor solución en 50% de las situaciones (para todas las secuencias). Esto puede ser atribuido a su metodología de cancelamiento en el cual los MBs previamente cancelados se incorporan dentro del proceso de cancelamiento desde el inicio (modificación  $\alpha$ ); además su propiedad de cancelamiento de MB con la mayor cantidad de MB no cancelados previamente.

## 5. Conclusiones

El algoritmo de cancelamiento de error juega un papel importante en el decodificador bajo una situación de pérdida de paquetes. Este es el caso de la transmisión de video bajo canales propensos a errores. Cuando los errores son presentados en Intra-

cuadros, se aplica el cancelamiento de error espacial. En este artículo se presentaron siete optimizaciones al algoritmo del orden de barrido para el cancelamiento de error espacial. Los resultados demuestran claramente la importancia de tener un algoritmo del orden de barrido apropiado para realizar un mayor desempeño en la técnica de cancelamiento de error. Las optimizaciones en el software de referencia del estándar MPEG-4 H.264/AVC versión 14.2 se llevaron a cabo de una manera satisfactoria. Los resultados experimentales muestran ganancias arriba de 0.5 dB con nuevos órdenes de barrido.

**Agradecimientos.** Esta investigación ha sido financiada por SIP2012 por el IPN.

## Referencias

1. Wang Y., Shu Q.: Error Control and Concealment for Video Communications. Review, Proceedings of IEEE, vol. 86, pp. 974-997 (1998)
2. Richardson, I. E.: The H.264 and MPEG-4 Video Compression. John Wiley & Sons, (2003)
3. Varsa V, M. M. Hannuksela and Y. K. Wang: Non-normative error concealment algorithms, ITU-T VCEG-N62, Sept. (2001)
4. Agraftotis D.: Spatial error concealment with edge related perceptual considerations. Signal Processing: Image Communication, ELSEVIER, pp. 130-142 (2006)
5. Suh, J., Ho, Y.: Error Concealment Based on Directional Interpolation. Transactions on Consumer Electronics, IEEE, vol. 43, pp. 295-302 (1997)
6. Petrani M.: Error Concealment of Intra Coded Video Frames. Image analysis for multimedia interactive services, IEEE Conferences, pp. 1-4 (2010)
7. Chung Y.: A Novel Intra-Frame Concealment Algorithm for H.264 AVC. International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology, IEEE, pp. 881-886 (2008)
8. Sun Y.: A Dynamic Temporal Error Concealment Algorithm for H.264. International Conference on Multimedia Technology, IEEE, pp. 1-4 (2010)
9. H.264/AVC Codec Software: JM14.2 Video Coding Standard.