



TRANSFORMADA DE WALSH OPTICA CODIFICADA (TWOC) PARA EL PROCESAMIENTO DE SERIES BINARIAS

Eduardo Gómez Ramírez & Walterio W. Mayol Cuevas (UNAM)

Laboratorio del Centro de Investigación
Universidad La Salle

RESUMEN

El procesamiento en paralelo es una de las ventajas más importantes que ofrece actualmente la computación óptica. Esto hace, que sea una importante alternativa cuando se requiere manejar y calcular una gran cantidad de información en menor tiempo. En el área de análisis de señales son fundamentales los métodos conocidos como Transformadas (Transformada Coseno, Fourier, Walsh, etc). La aplicación de estos métodos en ciertos casos es necesaria que sea en: señales de 2D y 3D, en tiempo real, y que se procesen la mayor cantidad de información. Por lo que, utilizar técnicas de computación óptica, en el área de Transformadas, es una herramienta importante. En este trabajo se presenta la implementación de la Transformada de Walsh Óptica Codificada (TWOC) para el procesamiento y análisis de señales.

INTRODUCCION

La exploración de las técnicas de Computación Óptica (CO) analógica ha sido basta, principalmente en el área relativa a la transformada de Fourier, pero la necesidad de realizar arquitecturas de procesamiento multi-propósito de alto rendimiento y fácil manipulación, motiva la realización de técnicas de CO digital (COD), que entre otras ventajas no requiere de luz coherente para su implementación.

Actualmente la carencia de dispositivos ópticos accesibles para el almacenamiento eficiente de información en 2D (moduladores espaciales de luz de alta resolución) motiva el desarrollo de nuevos métodos de manipulación y almacenamiento.

Por otro lado, se ha demostrado que la Transformada de Walsh (1) tiene varias ventajas sobre la Transformada de Fourier. Una de estas ventajas es que cuando se utilizan señales de tipo binario (naturaleza rectangular), el ancho de banda es menor que el de Fourier, y su implementación en COD es sencilla.

En este trabajo se propone un método de codificación y compactación de las funciones de Walsh de 1D a 2D, y su implementación óptica, para el procesamiento de señales de tipo binario.



TRANSFORMADA DE WALSH

Funciones de Walsh

Las funciones de Walsh son un conjunto ortogonal y completo de funciones rectangulares que sólo toman dos valores: 1 y -1. Estas funciones se definen en un período de tiempo T , conocido como base de tiempo que puede ser de $[0,1]$ o de $[-\frac{1}{2}, \frac{1}{2}]$. Las funciones que se utilizaron para este trabajo tienen orden secuencial (en función del número de cruces por cero) y fase positiva (la base de tiempo es de $[0,1]$).

Transformada Discreta

La Transformada Discreta de Walsh, se define como (2):

$$W(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} f(nT) \text{WAL}(k,i)$$

donde: $f(nT)$ es la función discreta
 N es el número de puntos
 $n = 0, 1, 2, \dots, N-1$

La Transformada Inversa Discreta se define como:

$$f(nT) = \sum_{k=0}^{N-1} W(k) \text{WAL}(k,nT)$$

Series de WALSH

De manera similar a la serie de Fourier una función $f(t)$ se representa en términos de funciones de Walsh como:

$$f(t) = a_0 \text{WAL}(0,t) + \sum_{n=1}^{N-1} a_n \text{WAL}(n,t)$$

donde:

$$\frac{a_0}{2} = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) \text{WAL}(0,t) dt$$

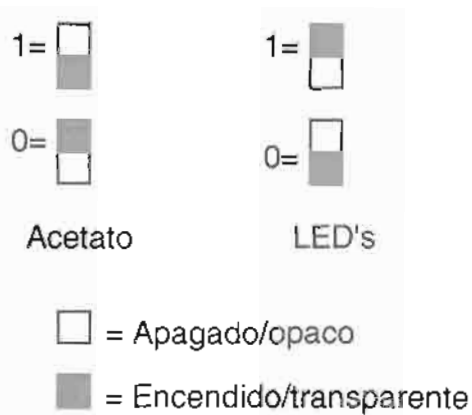
$$a_n = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) \text{WAL}(n,t) dt$$

$$WAL(0,t) = 1 \quad \text{para} \quad [0,1]$$

IMPLEMENTACIÓN ÓPTICA

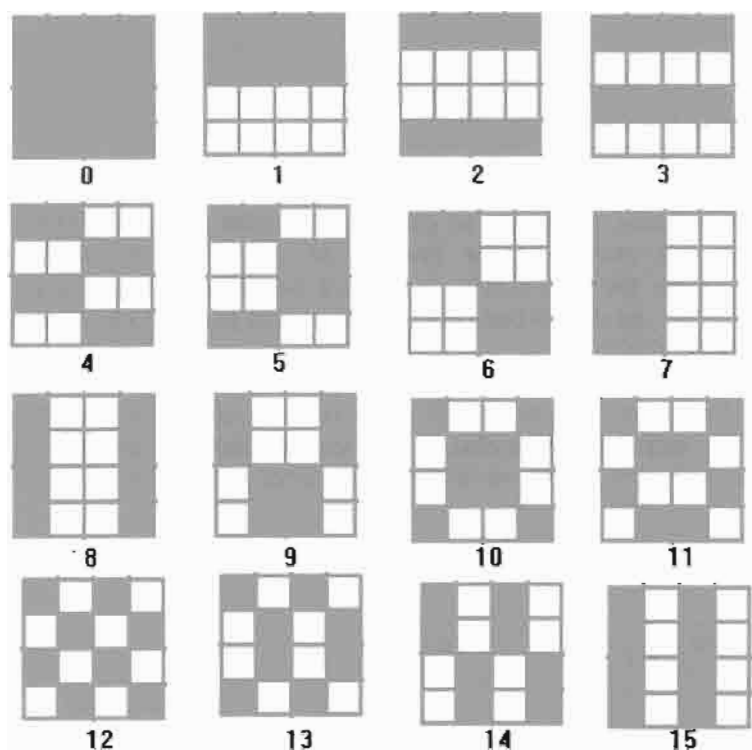
La arquitectura que se utilizó (3) consiste en una matriz de entrada que se compone de LED's controlados electrónicamente en donde se despliega la señal a ser transformada, las funciones se codifican en una matriz por el método de distancia de Hamming, cuya multiplicación por la entrada de los LED's bajo la técnica de Shadow Casting (4), otorga resultados en intensidades de luz, en donde cada punto de la matriz resultado es una espiga del espectro de la Transformada de Walsh

Las operaciones necesarias para obtener la TWOC se realizan obteniendo la distancia de Hamming entre la señal de entrada y la matriz codificada. El método de codificación de distancia de Hamming (5)(6)(7) empleado es el binario, como se muestra en el ejemplo siguiente:

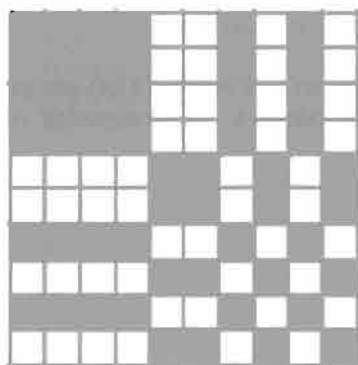


CODIFICACIÓN DE LAS FUNCIONES DE WALSH

Si se graficaran las funciones de WALSH en una matriz (4X4) por renglones, las primeras 16 funciones en orden secuencial con fase positiva, representadas en 16 puntos serían las siguientes:

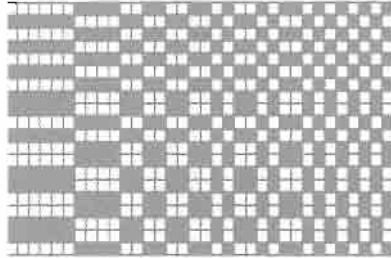


Por la naturaleza de las funciones de Walsh, (con orden secuencial y fase positiva), el conjunto de funciones puede ser representado, por redundancia de información en menor cantidad de puntos (8), es decir, al estar mapeadas a topología bidimensional es posible que el espacio para almacenarlas sea compartido. Si se observa la función $WAL(1,t)$ está contenida parcialmente en la función $WAL(0,t)$, de igual manera la función $WAL(2,t)$ en $WAL(3,t)$ y así sucesivamente; por ejemplo, 16 funciones de Walsh se representarían con 256 puntos, y utilizando este procedimiento, se utilizarían solamente 100 puntos.



16 funciones de Walsh codificadas

El espacio necesario para almacenar 32 funciones de Walsh codificadas con Hamming sin compactar, sería de 2048 puntos, con este método de compactación se requieren sólo 720 puntos.

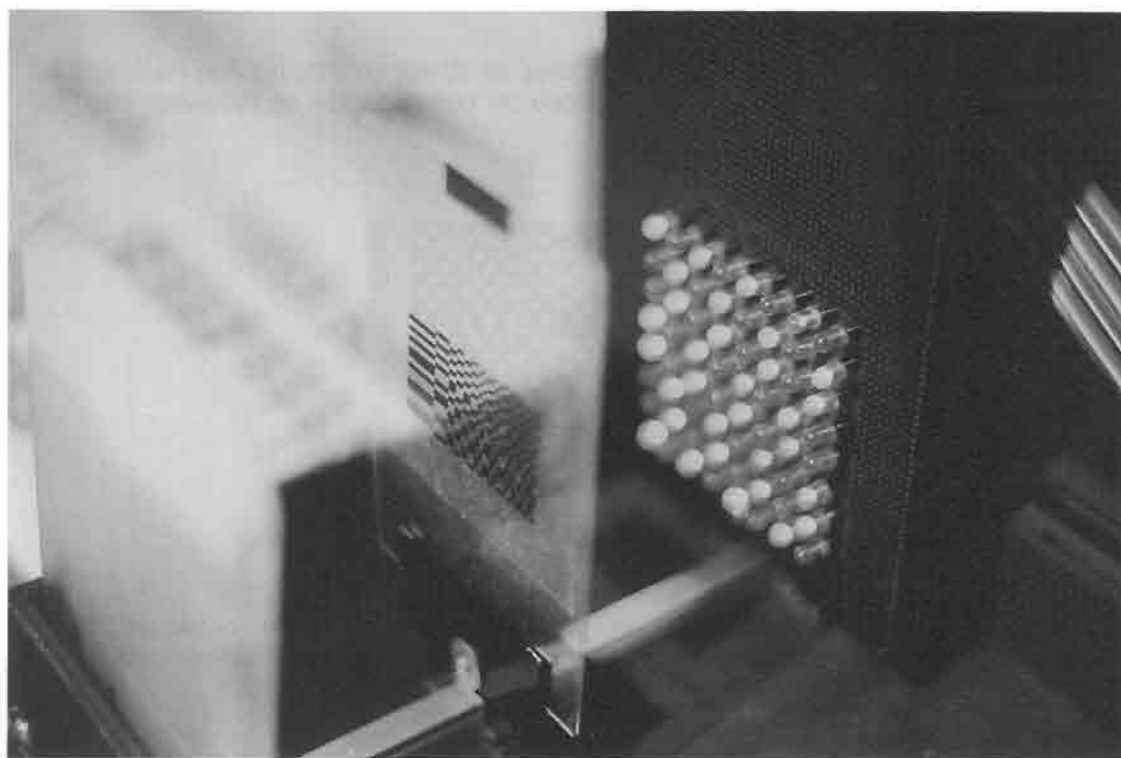


Codificación de 32 funciones de Walsh.

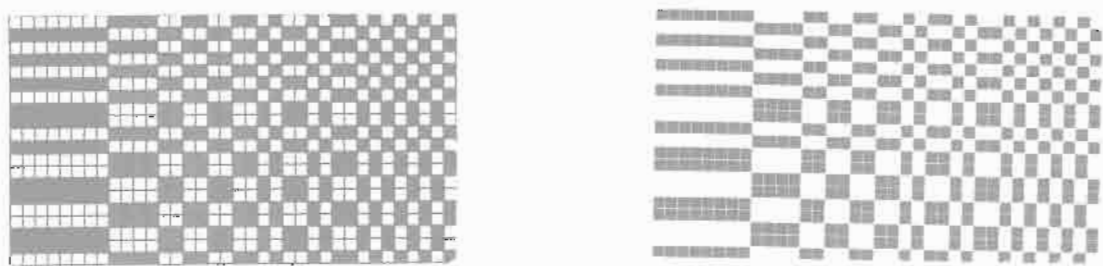
Al utilizar el método de compactación propuesto, la información necesaria en el procesamiento (Modulador Espacial de Luz) y en el detector se reduce significativamente.

CONCLUSIONES

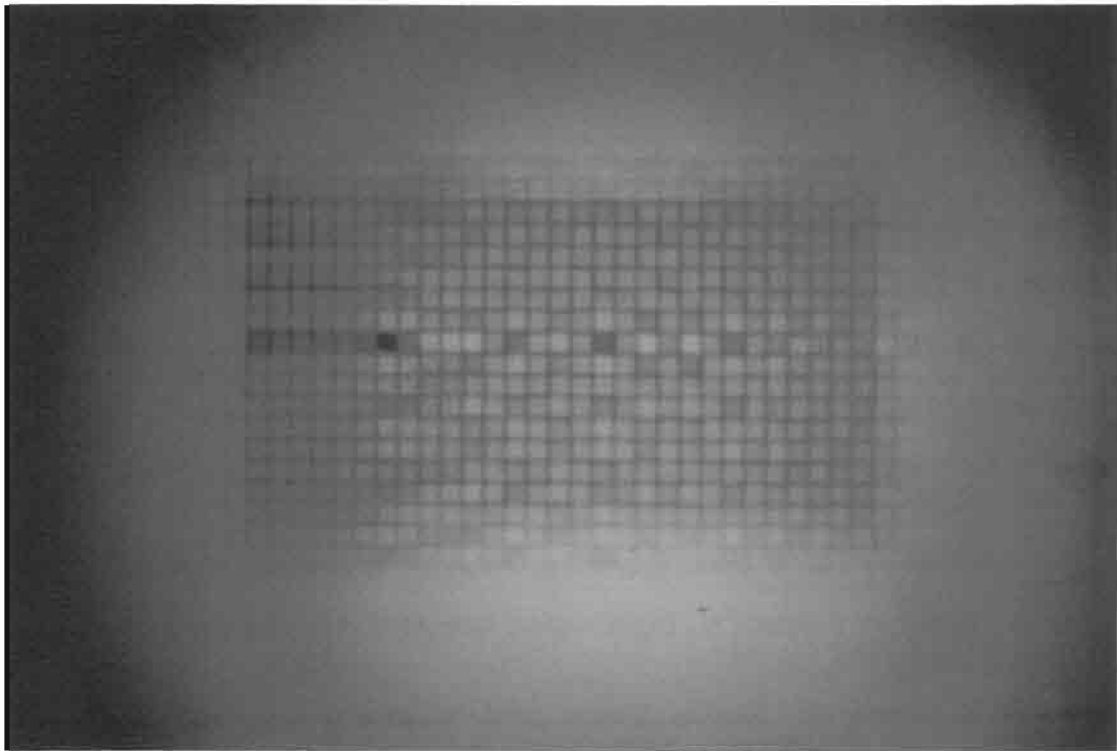
- La Computación Óptica ofrece importantes ventajas en cuanto a la velocidad, procesamiento en paralelo y manipulación de señales en 2D.
- La Transformada de Walsh es una mejor opción en cuanto a análisis de imágenes de tipo binario (con discontinuidades, forma rectangular, etc.) en comparación con Fourier.
- El ordenamiento secuencial de las funciones de Walsh permite la codificación y reducción del espacio cuando se mapean a 2D.
- La Transformada de Walsh Óptica Codificada (TWOC) es una herramienta poderosa (velocidad, compactación de información, etc) para la caracterización de señales en Computación Óptica Digital (COD) .



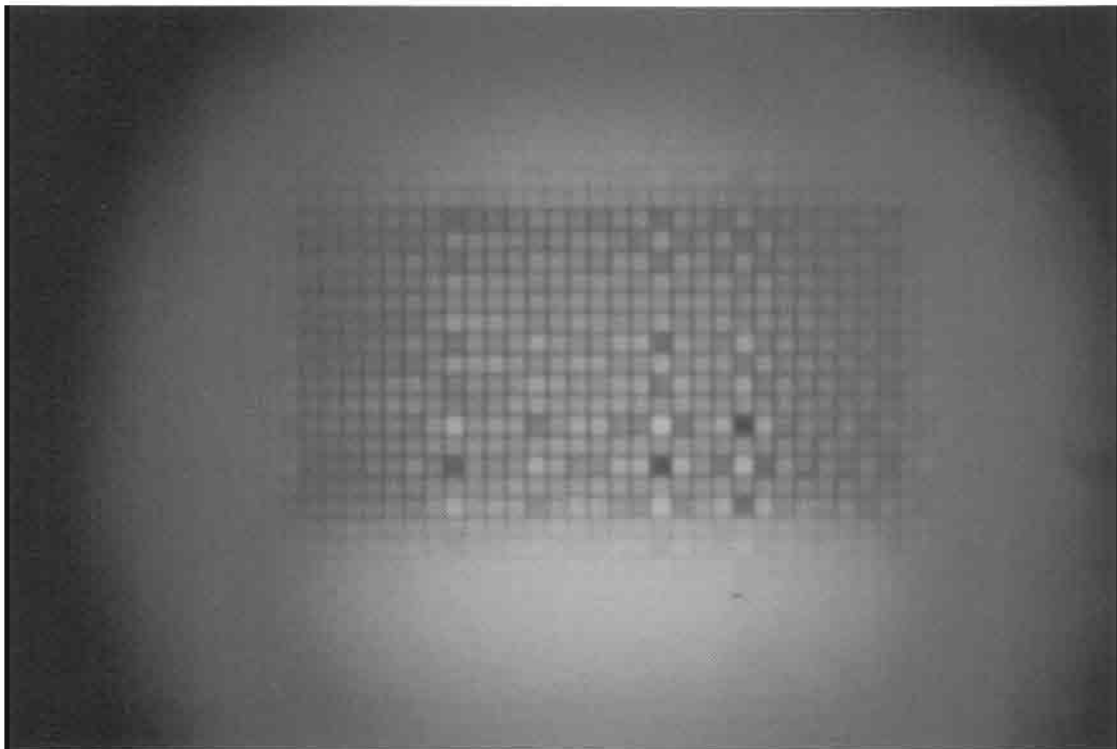
Computadora Optica



Matrices Codificadas positiva y Negativa para la TWOC



Resultado (matriz positiva) de la TWOC, con entrada: Función 5 de Walsh



Resultado (matriz positiva) de la TWOC, con entrada: Función 20 de Walsh



REFERENCIAS

- 1.- Gómez, E., Las Transformadas de Fourier, Hartley, Walsh, Haar y Máxima Entropía, comparación, uso e implementación en comunicaciones y electrónica. Revista del Centro de Investigación, vol. 1 no.1, 1993.
- 2.- Beauchamp, K. Walsh Functions and their applications. Academic Press. 1975.
- 3.- Mayol W. & Gómez E. Desarrollo de una computadora Optoelectrónica para el reconocimiento de patrones bidimensionales por técnicas neurocomputacionales. Revista del Centro de Investigación. Universidad La Salle. Vol. 1 No.1 Junio de 1993.
- 4.- Ichioka, Y. & Tanida J., Optical Parallel Logic Gates using a Shadow Casting System for Optical Digital Computing. IEEE vol. 72 no. 7, 1984.
- 5.- Yu, F. & Saganda, J., Optical Signal Processing Computing and Neural Networks, Wiley, 1992.
- 6.- Brenner, K.; Huang, A. & Streibl, N., Digital Optical Computing with Symbolic Substitution. Applied Optics, 1986.
- 7.- Mayol, W. & Gómez, E., Técnicas Ópticas paralelas para procesamiento en redes neuronales. Octava Conferencia Internacional, Las Computadoras en las Instituciones de Educación y de Investigación. UNAM, 1992.
- 8.- Gómez, E. & Mayol, W, Procesamiento de Imágenes utilizando Técnicas de Computación Óptica. XXXVI Congreso Nacional de Física. Acapulco, Gro. del 18 al 22 de Octubre de 1993.