

SISTEMA HOLOGRÁFICO ADITIVO MULTICANALES

M. Araiza E., S. Guel S.^a, H. R. Fajardo^a, A. Lastras^a, J. I. de la Rosa V., G. Miramontes
 Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica, Lab. De PDS,
 López Velarde No 821, Col. Centro, C. P. 98068, Zacatecas, Zac.,
 Tel. (492) 92 39 407 ext. 1518

e-mail: araizama@cantera.reduaz.mx,

^a Instituto de Investigación en Comunicación Óptica (IICO),
 A. Obregón 64, Col. Centro, C.P. 78000, San Luis Potosí, S. L. P.,
 Tel., (444) 8 25 01 83

e-mail: sguel@cactus.iico.uaslp.mx, hgfajardo@yahoo.com.mx

RESUMEN.

En este trabajo se presenta una optimización a la técnica de multiplexado holográfico digital por división de celdas, la cual permite disminuir el área de codificación en las celdas sin disminuir la información codificada y los grados de libertad. Las imágenes almacenadas en el dispositivo óptico se recuperan en la etapa de reconstrucción efectuándose espacialmente una suma de imágenes. Los resultados muestran la efectividad del método propuesto.

1. INTRODUCCIÓN

Los hologramas generados por computadora fueron dados a conocer por R. Brown y A. Lohmann [1] en 1966, abriéndose con ello una nueva línea de investigación en la holografía. Los hologramas digitales son simulados mediante un algoritmo, que simula el patrón de interferencia de la transformada de Fourier de dos ondas (haz objeto y haz de referencia) que coinciden en un mismo punto y al mismo tiempo. Existen diferentes métodos de codificación con diferentes aplicaciones.

Los hologramas digitales multiplexados [2-4] por su parte, simulan el patrón de interferencia de varias ondas (objetos) y una de referencia, con aplicaciones en reconocimiento de patrones, memorias holográficas, procesamiento de imágenes, entre otras.

El método de multiplexado que se propone tiene por objetivo disminuir el área de codificación (la amplitud de transmitancia vertical), sin disminuir la información a codificar y sus grados de libertad. Este trabajo está organizado de la siguiente manera, en la sección 2 se presenta la técnica de codificación por división de celda limitando el área de codificación. En la sección 3 se muestran los

resultados de laboratorio y se presenta el sistema de reconstrucción. En la sección 4, se dan las conclusiones.

2. TÉCNICA DE CODIFICACIÓN

Mediante la técnica de Multiplexado por división de celda [4] es posible codificar Q objetos (imágenes digitales) de $N \times N$ píxeles. Un holograma multiplexado por división de celda (HMDC) consta de $N \times N$ elementos, los cuales son el mínimo elemento del holograma llamados celdas. Cada celda está subdividida verticalmente en Q subceldas, que codifican la amplitud y fase del frente de onda calculado del q -ésimo objeto (imagen), teniéndose $2QN^2$ grados de libertad. La Figura 1 muestra una celda de un HMDC, que es identificada por un par de coordenadas $(m\delta v, n\delta v)$, la cual contiene Q rectángulos.

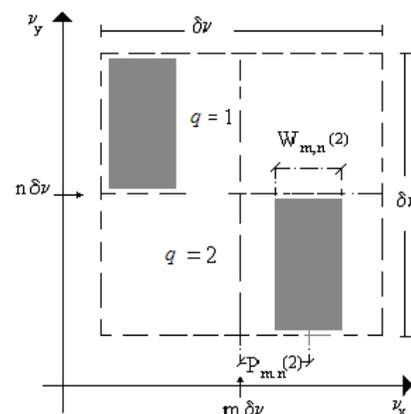


Figura 1. Celda: elemento mínimo de un HMDC, siendo $Q = 2$.

El q -ésimo rectángulo de ancho W_{mn} y posición P_{mn} codifica la amplitud A_{mn} y la fase φ_{mn} de una función $U_{mn} = A_{mn} \exp(i\varphi_{mn})$ (transformada de Fourier (TF) del q -ésimo objeto $u(x, y)$). Las ecuaciones que relacionan la amplitud y la fase de la TF del q -ésimo objeto con el ancho y la fase de detour del rectángulo de la q -ésima subcelda son:

$$W_{mn}(q) = \frac{\sin^{-1}[A_{mn}(q)]}{\pi}, \quad (1)$$

$$P_{mn}(q) = \frac{\varphi_{mn}(q)}{2\pi}. \quad (2)$$

Siendo la amplitud de transmitancia de la q -ésima subcelda:

$$U(v_x, v_y) = \sum_m \sum_n \left\{ \text{rect} \left[\frac{v_x - (m + P_{mn}(q))\delta v}{W_{mn}(q)\delta v} \right] \times \text{rect} \left[\frac{v_y - (n + s(q))\delta v}{d} \right] \right\}, \quad (3)$$

donde $s(q) = (2q - Q - 1) / 2Q$, siendo $q = 1, 2, \dots, Q$ el cambio entre subceldas. El factor que reduce la amplitud de transmitancia, evitando contacto entre las subceldas verticales es [4]:

$$d = \frac{\varepsilon_0 \delta v}{Q}, \quad (4)$$

redefiniendo este factor, de tal forma que la amplitud de transmitancia se reduzca a un valor muy pequeño y que siga evitando contacto entre las subceldas verticales, es: $d < \delta v / Q$ para $d \rightarrow \varepsilon$ siendo $\varepsilon \ll$ (valores muy pequeños). La celda mínima de un Holograma por División de Celda con Límite de amplitud de transmitancia vertical se muestra en la Figura 2.

Los resultados de laboratorio muestran la efectividad del método propuesto y se presentan en la siguiente sección.

3. RESULTADOS

En la Figura 3 se muestra el esquema del sistema óptico utilizado en el proceso de reconstrucción.

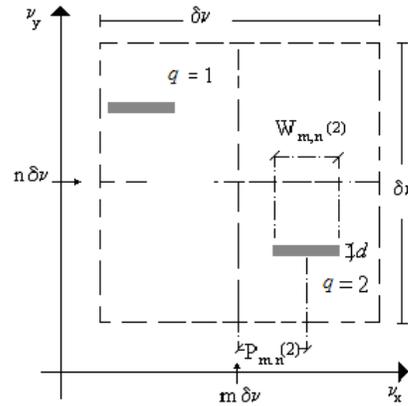


Figura 2. Celda multicanales con amplitud de transmitancia mínima constante.

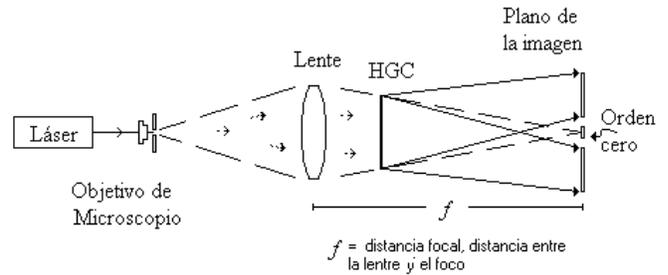


Figura 3. Sistema óptico, con un láser, objetivo de microscopio y lente.

Para las pruebas de laboratorio se utilizó una celda, que codifica 2 objetos, esto es $Q = 2$. A los objetos digitales de la Figura 4, se les simuló una fase aleatoria, para producir el efecto que se observa en las imágenes reconstruidas (Figura 5). Lo que se observaría sin el difusor sería el borde de las imágenes (su contorno). Se codificó un objeto por cada subcelda. Como se puede ver en la Figura 5(a), las imágenes reconstruidas están sumadas, por lo que el método holográfico funciona como un sistema aditivo, esto es, los objetos son imágenes digitales cuyo valor del píxel es uno o cero, y en la imagen reconstruida se tienen valores de cero, uno y dos. Teniendo el valor de 2 la parte más luminosa de la imagen reconstruida. La Tabla 1 muestra cómo se realiza la suma de las imágenes recuperadas simultáneamente.

Tabla 1. Suma aditiva de imágenes reconstruidas

sección X	sección Y	Suma
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	2

En la Figura 5(b), se muestran que mediante un filtrado espacial es posible separar las imágenes obtenidas en la Figura 5(a).

4. CONCLUSIONES

Los resultados muestran que el método de multiplexado propuesto funciona como un sistema aditivo, en el que es posible hacer tender a un límite la amplitud de transmitancia vertical, sin que ello altere sus características para codificar la información.

Los objetos utilizados pueden considerarse como parte de un todo y como tales representan una imagen sintetizada de la general.

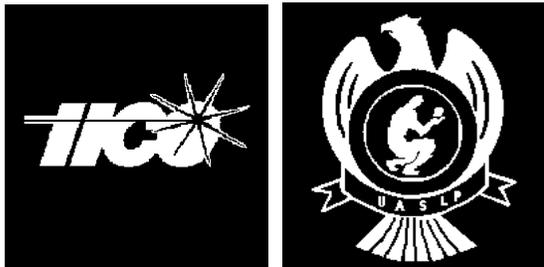
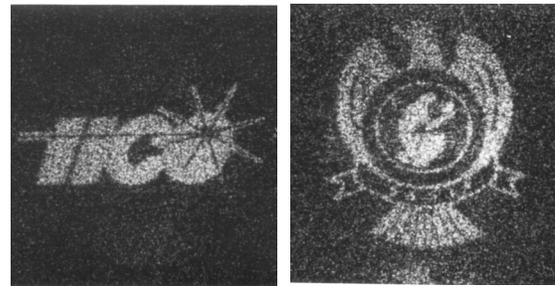


Figura 4. Objetos bidimensional de 256 × 256 píxeles.



(a)



(b)

Figura 5. Imágenes reconstruidas (a) Suma y (b) filtrado espacial.

REFERENCIAS

[1] B. R. Brown, A. W. Lohmann, "Computer-generated Binary Holograms", IBM J. Res Develop **13**, p. 160 – 168 (1969).
 [2] R. ChaoHong, Z. Jin and G. WenQi, "Four-channel self computer generated hologram", Appl. Opt. **36**, p. 8844 – 8847 (1997).
 [3] M. Araiza - Esquivel, S. Guel - Sandoval, "Two-channel computer-generated holograms: a simplified method", Optics and Lasers in Engineering **39**, p. 629 – 634 (2003).
 [4] M. Araiza-Esquivel, S. Guel-Sandoval and J. Ojeda-Castañeda, "Multichannel Image Storage with Image Processing capabilities", Opt. Comm. **230**, p. 131 – 135 (2004).