

변형 삼각간섭계에 대한 고찰

김수길, 고명숙*

호서대학교 전기정보통신공학부, *부천대학 전산정보처리과

Study on Modified Triangular Interferometer

Kim, Soo-Gil and Ko, Myung Sook*

School of Electrical Eng., Hoseo Univ. and *Dept of Computer Science, Bucheon College

Abstract - 3차원 영상정보처리에 이용되는 변형 삼각간섭계는 인코더러던트 광을 이용한 3차원 영상정보의 기록과 복원에 이용되고 있다. 최근에는 3차원 영상의 기록과 재생이외의 분야, 예를 들면 3차원 물체의 결함 검출 및 현미경분야에 대한 활용 연구도 진행되고 있다. 본 연구에서는 이러한 분야에 응용이 되고 있는 변형 삼각간섭계의 개선과 이에 대한 일반적인 전달함수와 PSF(point-spread function)를 제시하였으며, 변형 삼각간섭계에 대한 복소홀로그램 생성과 수치적 복원영상결과도 제시하였다.

1. 서 론

Cochran[1]에 의해 제안된 인코더러던트 삼각 홀로그래피는 자연광을 이용하여 홀로그램을 만들 수 있다는 장점이 있지만 근본적으로 두가지 주요한 단점을 가지고 있다. 먼저 물체가 복잡해질 때 홀로그램이 구성이 되는 평면에서 S/N비가 급격히 감소한다는 것이고 두 번째는 동축홀로그램이 복원될 때 실상과 허상이 동축상에 존재하게 되어 복원영상에 잡음이 많이 존재하게 된다는 것이다.

이러한 단점을 없애기 위하여 기존의 삼각간섭계에 간단한 수동소자를 추가함으로써 물체의 홀로그램에서 바이어스와 공액영상을 제거할 수 있는 변형 삼각간섭계가 제안되었으며, 제안된 방법에 대한 공간적인 해상도가 이론적으로 분석되었다.[2,3]

최근에는 변형 삼각간섭계를 이용하여 물체의 변형이나 결함을 검출하기위한 분야에 대한 적용연구도 이루어지고 있는 중이다.[4]

본 논문에서는 다양한 분야에 적용이 될 수 있는 변형 삼각간섭계에 대한 보다 일반적인 이론적 유도과 분석결과를 제시하고자 한다.

2. 변형 삼각간섭계의 개선 및 이론적 해석

2.1 변형 삼각간섭계의 개선

기존의 변형 삼각간섭계는 그림 1과 같다. 그림 1에서 LP1,2와 WP1,2는 각각 선형편광기와 1/4파장판(wave plate)을 나타내며, L1과 L2는 초점거리가 각각 f_1 과 f_2 인 렌즈들이다. PBS는 편광 분할기이며, PL1과 WP2는 x축에 대하여 45도 회전되어있고 WP1의 slow axis는 x축과 일치되어 있다. 그리고 PL2는 편광축이 x축 방향이며 F는 간섭필터를 나타낸다. 그런데, 그림 1의 변형 삼각간섭계에서 입력부분과 출력부분에 편광기와 집광기가 사용되기 때문에 광손실이 상당히 많다. 이를 피하기 위해 그림 2와 같이 입력부분에 편광기대신에 1/2 파장판을 사용하는 시스템을 제안하였다. 이는 입력광손실을 줄이고 입력광의 편광을 1/2파장판을 조절함으로써 기존의 시스템보다 용이하게 편광의 방향을 제어할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

변형 삼각간섭계에서는 1/4파장판들의 4가지 조합에

의해 출력면에서 얻어지는 4개의 빛의 패턴을 얻고 이로 부터 바이어스와 공액영상이 제거된 식 (1)과 같은 복소 홀로그램이 얻어진다.

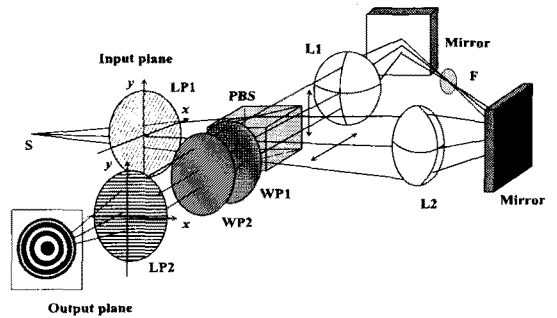


그림 1. 변형 삼각간섭계

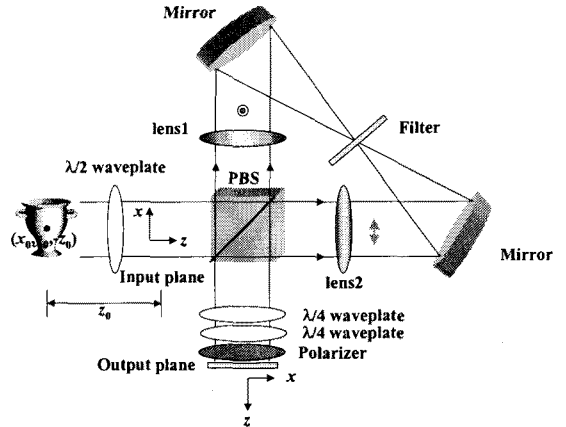


그림 2. 개선된 변형 삼각간섭계

$$\exp\{\pm i\phi(x, y)\} \quad (1)$$

$$\text{여기서, } \phi(x, y) = \frac{k}{2z_1} \{ (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 - (x_1^2 + y_1^2) \},$$

$$x_1 = \frac{x_0}{\alpha + \beta}, \quad y_1 = \frac{y_0}{\alpha + \beta}, \quad z_1 = \frac{z_0}{\alpha + \beta}, \quad \alpha = -\frac{f_1}{f_2}, \quad \beta = -\frac{f_2}{f_1} \quad \text{그리고 } \alpha - \beta = 1 \text{이다.}$$

2.2 일반적인 전달함수와 PSF의 유도

변형 삼각간섭계에 대한 PSF에 대한 유도는 이전의 연구에서 제시되었다.[3] 본 연구에서는 이를 보다 일반

적인 형태의 식으로 유도하고 전달함수에 대한 유도결과도 제시하고자 한다. 중간과정을 생략하고 전달함수와 PSF에 대한 식의 결과는 각각 식 (2) 및 (3)과 같다.

$$H(\nu_x, \nu_y) = \frac{1}{\sqrt{2}} \exp(-i\frac{\Gamma_1}{2}) \left[\cos\frac{\Gamma_2}{2} \exp(-i\frac{k}{z_0} x_0^2) \times \exp\left\{i\frac{\pi z_0 \lambda}{a^2} \left(\nu_x + \frac{a}{2z_0 \lambda} x_0\right)^2 + \left(\nu_y + \frac{a}{2z_0 \lambda} y_0\right)^2\right\} \right] - \frac{1}{\sqrt{2}} \exp(-i\frac{\Gamma_1}{2}) \left[i \exp(i\Gamma_1) \sin\frac{\Gamma_2}{2} \exp(-i\frac{k}{z_0} y_0^2) \times \exp\left\{i\frac{\pi z_0 \lambda}{\beta^2} \left(\nu_x + \frac{\beta}{2z_0 \lambda} x_0\right)^2 + \left(\nu_y + \frac{\beta}{2z_0 \lambda} y_0\right)^2\right\} \right] \quad (2)$$

$$h(x, y) = \left[\cos\frac{\Gamma_2}{2} \exp(-i\frac{k}{z_0} x_0^2) \times \exp\left\{-i\frac{k}{2z_0} (a^2 x^2 - ax_0 x + a^2 y^2 - ay_0 y)\right\} \right] - \left[i \exp(i\Gamma_1) \sin\frac{\Gamma_2}{2} \exp(-i\frac{k}{z_0} y_0^2) \times \exp\left\{-i\frac{k}{2z_0} (\beta^2 x^2 - \beta x_0 x + \beta^2 y^2 - \beta y_0 y)\right\} \right] \quad (3)$$

식 (2)와 (3)에서 Γ_1 과 Γ_2 는 각각 1/4파장판의 위상지연을 의미한다. 이 식들을 토대로 하여 표 1과 같은 파장판의 4가지 조합에 따라 각각 다른 PSF들이 얻어지고 이를 적절히 처리하면 바이어스와 공액영상이 제거된 식 (1)과 같은 복소홀로그램이 얻어지게 된다.

표 1 위상지연에 따른 PSF

wave plate	PSF
$\Gamma_1 = \frac{\pi}{2}$ 와 $\Gamma_2 = +\frac{\pi}{2}$	$I_{+,+}(x, y) = \frac{1}{2}(1 + \cos\phi)$ (1)
$\Gamma_1 = \frac{\pi}{2}$ 와 $\Gamma_2 = -\frac{\pi}{2}$	$I_{+,-}(x, y) = \frac{1}{2}(1 - \cos\phi)$ (2)
$\Gamma_1 = 0$ 와 $\Gamma_2 = +\frac{\pi}{2}$	$I_{+,0}(x, y) = \frac{1}{2}(1 - \sin\phi)$ (3)
$\Gamma_1 = 0$ 와 $\Gamma_2 = -\frac{\pi}{2}$	$I_{+,-}(x, y) = \frac{1}{2}(1 + \sin\phi)$ (4)

표 1과 같은 4가지 조합에 따라 구해진 복소홀로그램은 수치적복원과정을 통해 입력영상을 구할 수 있다. 수치적복원과정은 그림 3과 같은 과정을 통해 수행할 수 있다.

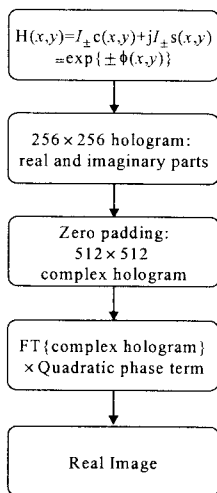
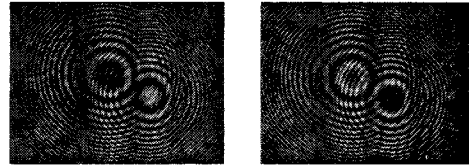


그림 3. 복소홀로그램의 수치복원

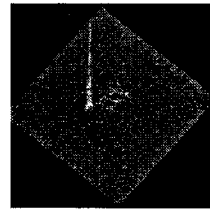
3. 실험 및 결과

변형 삼각간섭계를 이용하여 복소홀로그램을 얻고, 이로부터 그림 3과 같은 수치적 복원과정을 거쳐 복원된 영상은 그림 4와 같다.



(a) 실수부

(b) 허수부



(c) 복원영상

그림 4. 복소홀로그램과 수치적 복원영상

4. 결 론

본 논문에서는 변형 삼각간섭계의 광손실을 줄일 수 있는 개선된 시스템을 제안하고, 변형 삼각간섭계의 일반적인 전달함수와 PSF를 이론적으로 유도하였다. 보다 자세한 이론적 전개와 해석은 다음 연구에서 진행될 것이다.

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력공학공동연구소(03-504) 주관으로 수행된 과제임.

[참 고 문 헌]

- [1] G. Cochran, "New method of making Fresnel transforms with incoherent light," J. Opt. Soc. Am. Vol. 56, pp. 1513-1517, 1966.
- [2] S.-G. Kim, B. Lee, and E.-S. Kim, "Removal of bias and conjugate image incoherent on-axis triangular holography and real-time reconstruction of the complex hologram," Appl. Opt. vol. 36, no. 20, pp. 4784-4791, 1997.
- [3] S.-G. Kim, B. Lee, E. S. Kim, and C.-W. Yi, "Resolution Analysis of Incoherent Triangular Holography," Appl. Opt. vol. 40, no. 26, pp. 4672-4678, 2001.
- [4] 김수길, "변형 삼각간섭계의 비점속 진단적용에 관한 기초연구," 2003 대한전기학회 하계학술대회, pp. 1976-77, 2003. 7.21-23.