

트와이만-그린 간섭계를 이용한 CCD의 MTF 값과

줌 렌즈를 이용한 CCD의 MTF 값 측정 비교.

MTF comparision of CCD camera measured by two methods

: Twyman-Green interferometer method and zoom lens

method with three sinusoidal gratings

홍성목, 조재홍, 임천석, 이윤우*, 이희윤*

한남대학교 물리학과, *한국표준과학연구원 광도영상그룹

mornmist@hannam.ac.kr

각종 렌즈 및 카메라, 망원경, 현미경 등 다양한 광학계들이 설계 및 개발 되고 있는 시점에서 그 성능을 정확하게 평가하는 것이 매우 중요하다. 광학계의 성능 평가를 위해서는 크게 정성적인 방법과 정량적인 방법으로 나눌 수 있는데, 정성적인 방법에 의한 평가는 분해능 표판이나 주기적인 격자의 상을 스크린 등에 결상시킨 후 사람의 눈을 통해서 한계 분해능을 평가하는 방법이다. 정량적인 방법에 의한 평가는 OTF(Optical Transfer Function)를 측정하거나 설계 자료를 통해 계산해 내는 것이다. 복소함수인 OTF는 진폭을 나타내는 MTF(Modulation Transfer Function) 부분과 위상을 나타내는 PTF(Phase Transfer Function)로 나뉘는데, Hopkins에 의해 기본 이론이 확립된 이후 광학계의 성능을 평가하는 방법들 중 가장 객관적이며 신뢰도가 높은 방법으로 인정을 받고 있다.⁽¹⁾ MTF를 측정하는 방법에는 간섭계를 이용하는 방법과 광학계에 의해 맺혀진 상을 주사하는 방법이 있다.^(2,3) 직접주사 방법은 여러 가지 공간 주파수를 가지는 주기적인 격자의 상을 슬릿으로 주사하여 MTF를 얻는 방법이고 간접주사 방법은 핀홀이나 슬릿의 상을 슬릿, 칼날, 혹은 CCD(Charge Coupled-Device)에 의해 주사한 후 이를 푸리에 변환하여 MTF를 얻는 방법이 있다.⁽⁴⁾ 본 실험에서는 이미 알려진 간섭계를 이용한 방법을 이용하여 CCD의 MTF를 구하고, 고정주기의 격자(2, 5, 18 lp/mm)를 줌렌즈의 줌 비율로 변화시키면서 CCD에 격자의 상을 투영시켜 구한 MTF 값과 비교하였다.

그림1에서 보여주는 것처럼 트와이만-그린 간섭계를 꾸미고 두 장의 거울에 의해 되 반사된 두 광선이 다시 만나는 부분에 MTF를 측정하고자 하는 CCD 카메라를 설치하였다. 광선이 직진하는 방향에 설치된 거울을 미세 조정함으로써 상의 공간주기를 변화시킬 수 있었으며, CCD의 촬상면과 상의 정렬을 확인하기 위하여 DT-Acquire 응용프로그램을 사용하였다. 이 장치를 이용하여 CCD 카메라의 MTF를 측정할 수 있었다.

다음으로 고정주기의 격자를 이용한 방법에서 사용할 정현파적인 투과격자를 제작하였다. 이를 위해 그림 1에서 CCD 카메라 부분을 마이크로 필름(kodak ASA #12)으로 대체하여 간섭무늬를 촬영하였다. 이렇게 2, 5, 18 lp/mm 고정주기의 격자를 만들어 그림 2의 격자부분에 설치하고 시준기를 통해 격자의 상을 줌렌즈에 입사시킨다. 입사된 하나의 격자의 상을 줌렌즈의 초점 거리를 90, 150, 180, 200, 250 mm로 바꿔가면서 CCD의 촬상면으로 전달함으로써 격자의 상대적인 공간주기를 변화시킬

수 있고 이를 통해서 연속적인 공간주파수 영역에서의 CCD Camera의 MTF 값을 측정할 수 있다.

그림 3은 두 결과를 비교한 것으로 MTF 값이 95 %에 근접해서 떨어지는 것이 간섭계 방법으로 구한 값이고 약 80 % 선에서 출발하는 것이 줌렌즈를 이용하여 얻은 값이다. 저주파부분에서의 차이는 필름이 '적응효과'에 의한 영향으로 판단되며, 고주파 영역에서의 차이는 측정에 사용한 시준렌즈의 MTF 값이 보정되지 않은 것에 대한 영향으로 판단되었다.

이로부터 줌렌즈를 통해서 광학장비의 MTF 측정이 가능함을 보였으며 또한 줌렌즈 방법은 기타 MTF 장비에 비해 부피가 작고 진동에 강하다는 장점을 가지고 있다. 하지만 정확한 격자의 제작에 어려움이 있고, 줌렌즈 이송의 기계적 불안정성이 단점으로 지적된다.

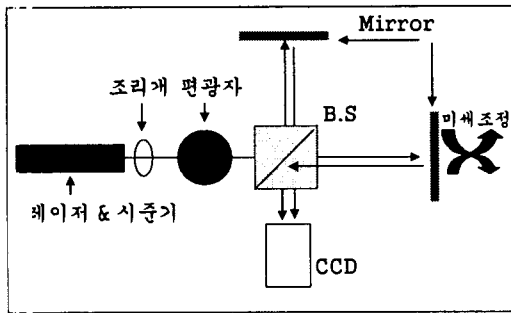
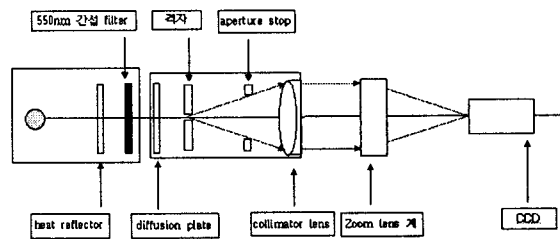


그림1. 트와이만-그린 간섭계를 이용한 CCD의 MTF 측정 장치도



Zoom Lens를 이용한 MTF 측정장치 구성도.

그림2. Zoom Lens 이용한 CCD의 MTF 측정 장치도

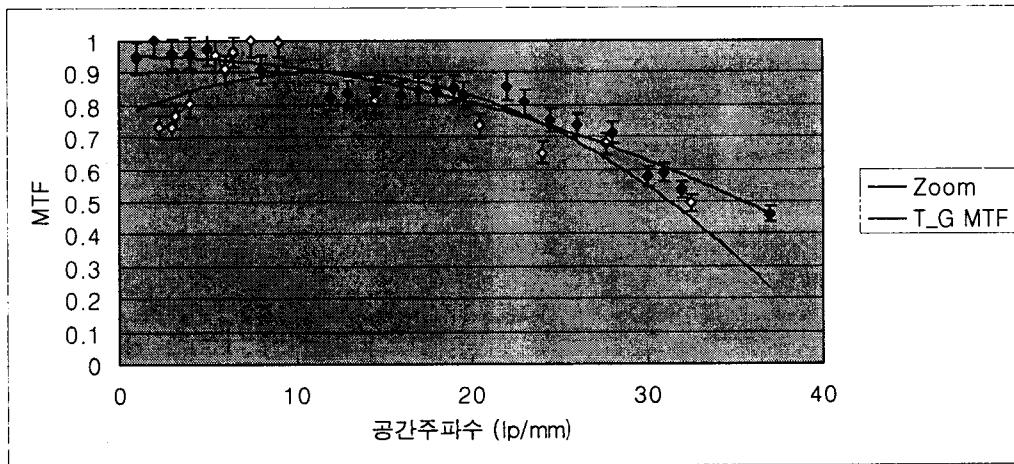


그림3. Twyman-Green Interferometer를 이용한 CCD의 MTF 값과 Zoom Lens를 이용한 CCD의 MTF 값 측정 비교 결과.

참고문헌

1. H. H. Hopkins, Proc. Roy. Soc., 217, pp. 428 (1953).
2. L. R. Baker, Proc. Soc. B, 68, pp. 871 (1955).
3. 영상그룹, "렌즈의 변수, OTF 측정", 한국표준과학연구원, 47-54 (1997).
4. 이운우 외 6명, "광정보 입출력장치의 성능평가", 한국표준과학연구원, 7-12 (1998).