

CCD 배열과 물체의 상대적 경사각으로 인한 MTF 보정

Compensation of sloping error between CCD array and object for measuring MTF

조희성, 황보창권, 이회윤*, 양호순*, 이운우*, 홍성목**, 조재홍**
 인하대학교 물리학과, *한국표준과학연구원(KRISS), **한남대학교 물리학과

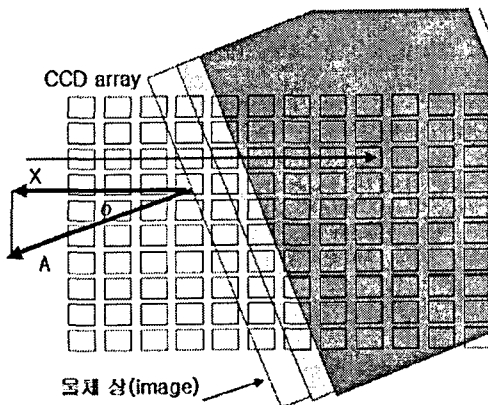
cod@korea.com

변조전달함수(MTF)는 광학계의 결상 능력을 평가하는 방법 중 많이 쓰이는 평가방법이다. MTF를 측정할 때 핀 홀이나 슬릿의 상을 슬릿, 칼날, 혹은 CCD(charge-coupled-device)에 의해 주사한 후 이를 푸리에 변환하여 변조전달함수(MTF)를 얻는 방법이 있다. 여러 방법 중에 현재 많이 쓰이고 있는 방법은 CCD를 이용해 실시간으로 MTF를 측정하는 방법이다.

광학계의 MTF를 측정할 때 물체와 CCD array의 경사각이 0도 이거나 90도 이면, CCD 배열에 의한 오차는 없이 MTF를 측정할 수 있다. 그러나 물체와 CCD array와 경사각이 있으면, CCD pixel array와 경사각으로 인해 CCD의 data scan 방향의 pixel 길이가 달라져서 실제 측정할 때 이것을 고려하지 않으면 오차가 발생한다.

본 연구에서는 경사각에 의한 오차원인을 분석하고, 발생된 오차를 $\cos\theta$ 로 보정하였다. 실험에서 자체 크기가 비축(off-axis) 크기를 무시할 수 있는 사각물체를 축상(on-axis)에 놓고 CCD array 방향과 물체와의 경사각을 0, 10, 20, 30, 40°로 변화시키면서 MTF를 측정하였다. 이때 측정한 광학계의 MTF는 물체를 한자리에 고정하고 경사각만 주었기 때문에 같은 값이 나와야 하지만, CCD pixel 배열과 물체의 상대적 경사각에 의한 오차로 인해 그림 3-(b)와 같이 각 각도에 따라 다르게 측정이 된다.

그림 1에서와 같이 Edge Spread Function을 측정해야 할 방향은 A 방향이고, 측정된 MTF 그래프에서 공간주파수는 A방향 pixel 길이에 의해 결정 되어야 한다. 그러나 data를 처리하는 방향은 X방향 이므로 측정한 MTF 그래프는 X방향 pixel들 사이의 길이에 의해 공간주파수 크기가 결정된다. 그러므로 아래 식 1을 이용해 공간주파수를 보정해주어야 한다.



$$x = A \cos\theta \quad (1)$$

그림 2- (a)는 사각물체가 0도 일 때 측정한 그림이고, 그림 2- (b)는 40도 일 때 측정한 그림이다.

그림1. CCD에서 object image

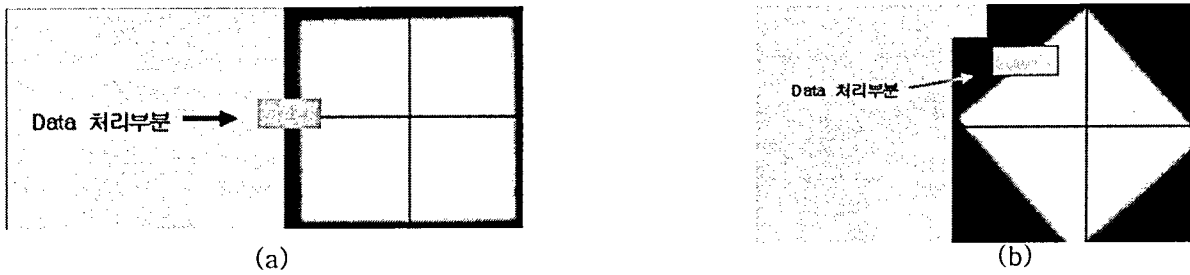


그림 2. F/5.6 일 때 축상(on-axis)에서의 CCD array 배열방향과 0도 일 때 (a)와 40도 일 때(b) 측정된 사진

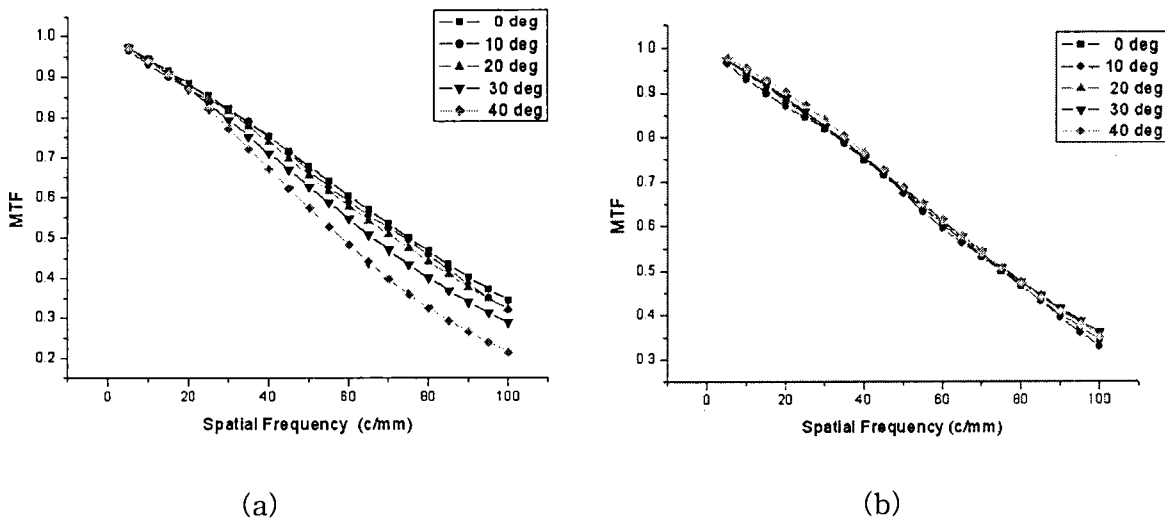


그림 3. F/5.6 일 때 축상(on-axis)에서의 CCD array 방향과 경사졌을 때 보정되지 않은 MTF (a) 와 보정된 MTF (b)

그림 3-(a)는 보정 하지 않고 측정 했을 때 각도가 증가하면 오차가 커짐을 알 수 있고, 그림 3-(b)는 공간주파수에 $\cos\theta$ 를 곱했을 때 나타난 결과로 보정이 잘 됨을 알 수 있다. 실험에서 사용한 광학계는 표준렌즈로서 세계적으로 MTF 측정 장비의 성능검사 및 보정에 쓰이고 있다.



참고문헌

1. 이윤우 외 6명, “광정보 입출력장치의 성능평가”, 한국표준과학연구원, 1-12 (1998).
2. 이윤우, 조현모 외3명, “광전달 함수(OTF) 측정 및 응용”, 한국표준과학연구원, 15-42 (2001).
3. GLENN D. BOREMAN , Modulation Transfer Function in Optical and Electro-Optical Systems, SPIE PRESS , pp. 73-76 (2001)
4. Tom L Williams , The Optical Transfer Function of Imaging Systems , Institute of Physics Publishing , pp 63 , (1999)