

# MTF 측정을 이용한 폰카메라 모듈의 렌즈 평가 Estimation of Phone Camera Module's LENS using MTF

\*황동환<sup>1</sup>, #정재훈<sup>2</sup>, 장은실<sup>3</sup>, 최현진<sup>3</sup>

\*D. H. Hwang<sup>1</sup>, #J. H. Jung(chj1227@daum.net)<sup>2</sup>, E.S.Jang<sup>3</sup>, H.J.Choi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>아이에스티, <sup>2</sup>영진전문대학, <sup>3</sup>(재)대구기계부품연구원

Key words : Phone camera, MTF, Lens, Resolution, IS

## 1. 서론

전화의 편의성을 개선시키기 위해 이동 중에도 통화가 가능하도록 하는 목적으로 개발된 휴대폰은 이제 전화 통화뿐 아니라 영상의 입출력, 연예/오락, 기억매체, 사무영역 등 최근 디지털 컨버전스(Digital Convergence)화가 급격히 진행되고 있고 이런 휴대폰 다기능 복합화의 큰 축 중 하나로 폰카메라를 들 수 있다. 폰카메라와 같이 영상을 다루는 분야에서는 렌즈와 이미지 센서(Image Sensor, 이하 IS)가 중요한 요소인데 그 중 렌즈는 성능을 판단하는 기준이 사람의 주관에 크게 좌우되기 때문에 생산적인 면이나 품질적인 면에서 표준화가 어려웠다. 본 논문에서는 렌즈의 해상력을 측정하는데 있어서 기존의 TV본에 의한 방법을 대신하는 MTF (Modulation Transfer Function)에 의한 방법을 제안하였다. 이는 광원, 차트, 렌즈장착 치구로 구성된 측정장비를 개발하고, 입력 영상에 대해 선분포 함수를 구하여 이것을 푸리에 변환(Fourier Transform)하는 간접 MTF 측정방법<sup>[1][2]</sup>을 이용하며 전용차트를 통해 Sagittal(수평성분)과 Tangential(수직성분)의 MTF를 동시에 측정하였다.

## 2. MTF 측정 이론

피사체의 광도(Intensity of Object)  $I_o(x)$  와 상의 광도(Intensity of Image)  $I_i(X)$  의 전달함수( $G$ ) 특성은 식 (1)과 같은 점분포함수(Point Spread Function)로 표현된다.

$$I_i(X) = \int G(X - x)I_o(x)dx \quad (1)$$

여기서 식(1)을 아래와 같이 간단히 나타낼 수 있다.

$$I_i = G \otimes I_o \quad (2)$$

(2)를 푸리에 변환을 하면 식(3)으로 나타낸다.

$$F(I_i) = F(G) \bullet F(I_o) \quad (3)$$

$F(I_i), F(G), F(I_o)$  는  $I_i, G, I_o$  의 푸리에 변환 값이며 특히,  $F(G)$  는 광학전달함수(Optical Transfer Function)라고 하는데 이는 공간주파수영역(Spatial frequency domain)에서 입력과 출력의 비에 관계되며 광학시스템에서 출력이미지의 특성을 표현한다. 이 광학전달함수는 크기와 위상차로 구성되며 식(4)와 같이 복소수의 형태로 표현된다.<sup>[3]</sup>

$$OTF = MTF * e^{j(PTF)} \quad (4)$$

여기서 MTF는 광학적인 시스템에서광도의 크기 비이고, PTF는 위상차 함수이다.

## 3. 폰카메라의 렌즈 평가 장비

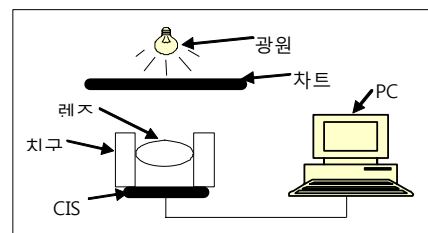


Fig. 1 렌즈 평가 장비의 구성

### (1) 광원과 차트

빛을 발산시키는 광원은 백열등으로 하고 투명 필름을 사용하여 차트를 만들었으며 밝기를 균일하게 조절하기 위해 확산판을 광원과 차트 사이에 위치시켰다.

### (2) 렌즈와 렌즈 장착 치구

Fig. 2는 렌즈 장착 치구로 차트 아래에서 포커싱 지점까지 거리를 두고 설치하여 렌즈의 고정과

착탈이 용이하게 하였다. 그리고 IS로는 보다 선명한 화질을 위해 CMOS대신 Sony社의 300만 화소 CCD를 사용하였으며 x, y축 스테이지는 광축의 기준면을 조정하고 z축 스테이지는 차트에 대한 렌즈와 CCD의 초점거리(focus)를 맞추는 기능을 한다. 치구의 바닥면에는 수평계와 4점지지 수준장치가 있어 치구의 수평도와 평탄도를 맞추어 준다.

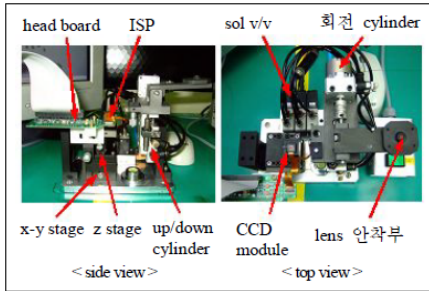


Fig. 2 렌즈 장착 치구

#### 4. 렌즈평가 알고리즘 검증

Fig. 3은 동일한 렌즈, 동일한 장착 방법에 의해 20°의 각도로 렌즈를 5회전하면서 측정된 MTF 결과이다.

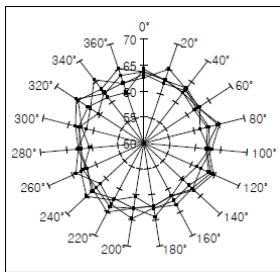


Fig.3 렌즈 평가 장비의 반복성

Fig. 4은 기존의 TV本 차트에 의한 렌즈 해상력을 평가하는 방법을 사용하여 A, B, C, D의 4개 등급으로 분류된 렌즈를 각각 10개씩 MTF를 측정된 결과이다.

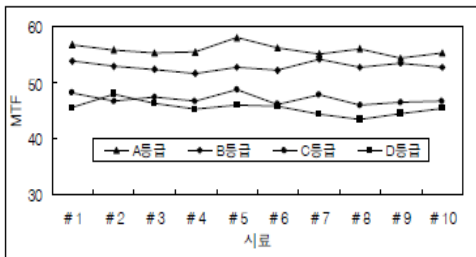


Fig. 4 TV本과 MTF 측정 비교

Table 1 실험에 사용된 렌즈 해상력 스펙

	중심	주변	판정
A 등급	1100本이상	950本이상	합격
B 등급	1100本이상	900本이상	
C 등급	1100本이상	850本이상	불합격
D 등급	1100本이하	850本이하	

#### 5. 결론

폰카메라 제작시 기존 검사자의 주관에 의존하는 TV 本 측정을 대체하는 수치화된 MTF 측정에 의한 렌즈 해상력 평가 방법을 제안하였다.

(1) sagittal과 tangential 성분 및 중심, 0.7-field, 1.0-field의 영역을 동시에 평가할 수 있는 MTF 차트를 설계하였다.

(2) 폰카메라 렌즈의 대량생산에 적합한 해상력 평가 장치를 제작하고 신뢰도를 검증하였다.

(3) 렌즈 평가 장치의 반복성은 양호하나 오차를 줄이기 위해 설계의 구속조건을 정하였다.

(4) 렌즈 등급별 MTF값은 전체적으로 일치하였으나 해상력이 낮은 렌즈일수록 MTF수치의 변별력이 저하되었다.

그리고 TV 本 측정과 MTF 측정치의 관계를 본 연구에서 실험적으로 간단히 규명해 보았으나 차후 이들의 수식적인 관계에 대한 체계적인 정립이 필요하다고 본다.

#### 후기

본 연구는 대구기계부품연구원의 메카트로닉스 및 나노융합 기술지원 공동사업의 제품화 & 상용화 종합기술지원 사업의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

#### 참고문헌

1. 박희재, "MTF측정에 의한 카메라 렌즈 해상력 검사 시스템 개발," 한국정밀공학회 2000년도 추계학술대회논문집 pp.629-634
2. D. C. O'SHEA. Elements of Modern Optical Design, John Wiley & Sons, 1985.
3. 박희재, "선형 CCD를 이용한 MTF 방법에 의한 카메라 렌즈 초점거리의 측정 및 보정 시스템 개발", 한국정밀공학회지 제15권 제8호 (1998년 8월)