

렌즈 평가를 위한 MTF 알고리즘

(MTF Algorithm for Evaluation of Lenses)

송필재* · 이종규**

(Pil-Jae Song · Jong-Kue Lee)

Abstract

Various cameras that is included digital camera and portable individual terminal are supplied rapidly. Therefore, is trying for quality sophistication of camera that buy each camera manufacture. However, is selecting sample test way because there is no correct lens measurement method in mass production. This paper presents method to measure performance of lens to improve performance of camera. This paper presents method to measure performance of lens to improve performance of camera. As automation public prosecutor lens quality is correct and did quantification so that done measuring is possible. And processing designed possible MTF with high speed.

1. 서 론

기존의 필름을 사용하는 카메라는 몇몇의 특정 기업에서 생산되었으며, 카메라의 성능 분석 또한 각 제조사에서 제공하는 정보를 이용하였다. 하지만 현재는 영화 제작에 필요한 카메라에서부터 초소형 핸드폰에 탑재된 카메라 까지 매우 다양한 카메라가 보급되고 있다. 기존의 카메라가 가진 개념을 넘어서 최근의 카메라는 하나의 시스템에서 부품으로 사용된다. 즉, 카메라가 필요한 시스템을 생산하는 회사가 많아지게 되고 그 카메라의 성능에 따라 전체 시스템의 성능에 영향을 준다. 그러므로 카메라 모듈을 사용하는 회사들은 생산에 필요한 카메라의 성능을 정확히 측정해야만 한다.

카메라 시스템은 광학부분과 회로 부분으로 나눌 수 있으며, 본 논문에서는 광학적인 부분에 해당하는 렌즈에 대한 성능 평가 방법을 제시한다. 렌즈는 이미지에 많은 영향을 미치는 부분이다. 다음은 렌즈의 성능 평가의 필요성이다.

- 3) 렌즈의 구경에 따라, 이미지 중앙으로부터의 거리에 따라, 물체로부터의 거리에 따라 sharpness는 어떻게 변화하는가에 대한 정보가 필요.
- 4) 다양한 사진촬영기술과 영상시스템 즉, 삼각대, 필터, mirror lock 등이 어떻게 이미지 선예도에 미치는 영향.

현재 렌즈의 측정을 위해 Modulation Transfer Function(MTF)방식을 가장 일반적으로 사용하고 있으며, 실시간 측정을 위해 CCD 카메라와 특정 MTF 알고리즘을 이용한다. MTF는 렌즈 테스트와[2] 이미지 평가[1, 4], 노이즈 제거[3]렌즈테스트는 우선적으로 선예도를 다룬다. 렌즈는 이미지 질(image quality)에 영향을 미치는 여러 가지 특성들 즉, 왜곡, 콘트라스트, 플레어, 균일한 조명, 색상연출(color rendition), 초점을 벗어난 정도를 갖는다. 그러나, 다른 특성들보다 이미지 질에 가장 많은 영향을 미치는 것은 선예도이다. 왜곡, 빛의 감쇄, 및 측면 색수차 등은 소프트웨어적으로 보정될 수 있기 때문이다.

- 1) 렌즈의 성능은 렌즈는 샘플에 따라 변한다.
- 2) 특정 렌즈에 대한 테스트 결과를 쉽게 찾을 수 없기 때문이다.

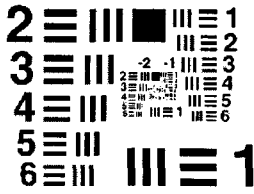


그림 1. USAF 차트
Fig. 1. USAF chart

렌즈를 테스트하기 위해서는 기준이 되는 테스트 차트가 필요하다. 그 예로, 그림 1의 USAF 1951 렌즈테스트 차트와 그것에 대한 수정본이 사용되어졌다. 이는 종종 잘못 사용되어 지기도 한다. 사람들은 그들의 눈을 긴장시켜 바(bar)가 구별될 수 있는 가장 높은 해상도를 찾는다. 이렇게 함으로써 인상적인 해상도 숫자가 나타나는데 이는 가시적인 이미지 질과는 별로 관계가 없다. 여기서 나타나는 숫자는 명쾌하게 표준화되어 있으며, 인식된 이미지 질과 해상도에 밀접한 관계가 있다. 여기에서 MTF는 낮은 공간주파수 이미지에 대한 콘트라스트를 의미한다.

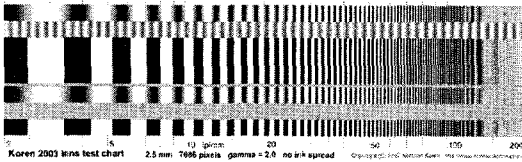


그림 2. Koren 2003 차트
Fig. 2. Koren 2003 chart

Koren 2003 렌즈 테스트 차트는 USAF 1951 렌즈 테스트 차트를 2002년과 2003년에 그것을 업데이트 하였다. 차트 버전은 그림 2에 도시되어 있으며, 새로운 차트의 특징은 다음과 같다.

- 공간주파수는 log 스케일로 mm당 2에서 200라인 쌍으로 연속적으로 증가한다.
- MTF를 측정하기 위한 Sine 패턴과 선예도를 가시적으로 측정하기 위한 바(bar)패턴 및 콘트라스트 기준 패턴이 포함되는데 이들은 차트의 필름 이미지가 가시적으로 평가될 때 유용하다.
- 각 차트는 길이로 표현되는데 이는 필름 또는 디지털 센서 상에 영상화되는 크기를 의미한다. 이 크기는 50에서 100배로 확대되어 프린트 된다. 예를 들어, 그림 1-2의 차트는 2.5mm 0.0984인치) 길이로 이미지화 된 것을 A4 용지위에 5m (9.84인치)로 프린트 한 것이다. 이를 2.5mm 차트라고 한다.
- 여러 개의 차트사본을 프린트한 후 수직, 수평,

방사형 등으로 배열하여 테스트 결과물을 만들 수 있다.

위에서 언급된 USAF 1951 차트는 작은 조각 형태로 정렬되어 있어 컴퓨터 분석에 적합하지 않으며, MTF를 시각적으로 추정하기에 적합하지 않다. 그리고 Koren 2003 차트는 너무 복잡하여 처리 속도에 많은 부담을 준다. 그러므로 본 논문에서는 소형 카메라에 적합한 차트를 제시하고 MTF를 이용하여 렌즈를 검사한다.

2. MTF

렌즈의 MTF 측정방법은, 일정한 간격을 가진 슬릿으로 구성된 차트의 영상을 이용한다. 슬릿은 빛의 세기에 비례하고 슬릿의 폭의 크기에 따라 공간 주파수 성분을 가진다. 슬릿은 공간 주파수 성분에 비례하므로 성능에 영향을 미치는 공간 주파수 성분을 가진다고 볼 수 있다. MTF는 공간 주파수 성분의 비로서 정의되며 MTF를 결정하기 위해 다음 값을 구한다.

- V_B : 낮은 주파수에서 블랙영역에 대한 평균 밝기
- V_W : 낮은 주파수에서 흰색영역에 대한 평균 밝기
- V_{min} : 주어진 주파수 또는 스케일 값 근방의 패턴에 대한 최소 밝기
- V_{max} : 주어진 주파수 또는 스케일 값 근방의 패턴에 대한 최대 밝기

MTF를 구하기 위해 다음의 방정식을 사용한다.

$$C(f) = (V_W - V_B) / (V_W + V_B) \quad (1)$$

위의 식은 낮은 주파수 (black-white) 콘트라스트이다. 다음 식은 공간주파수 f 에서의 콘트라스트이다.

$$C(f) = (V_{max} - V_{min}) / (V_{max} + V_{min}) \quad (2)$$

$V_{max} + V_{min}$ ($V_W + V_B$: 낮은 주파수에서의 공간주파수)로 나누어 콘트라스트를 정규화하여 패턴을 얻을 때의 비선형성에 의한 에러를 최소화 할 수 있다.

$$MTF = C(f)/C(0) \quad (3)$$

위의 식은 sine 패턴에 대해 모든 주파수에서 유효하다. 즉 그림 3에서와 같이 a의 주파수 성분과 b의 주파수 성분의 비율이라고 볼 수 있다. 그러므로 주파수 성분을 구하기 위해 각각의 이미지에 대해 FFT 알고리즘을 적용한다.

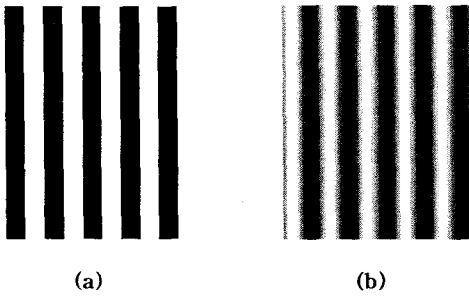


그림 3. 테스트 이미지
Fig. 3. Test image

3. 측정 알고리즘

본 논문에서 사용한 렌즈 차트가 그림 4와 같다. 이미지의 중앙 부분은 추출한 후, 그 중앙에 대한 주파수 성분을 구하게 된다. 카메라를 통해 획득된 이미지는 노이즈로 인하여 이상적인 값을 구할 수 없다. 그러므로 추출된 이미지와 원이미지에 평균 필터를 모두 적용하여 계산한다.

그림 5는 알고리즘의 흐름도를 표시한다. 이 알고리즘에서 원 이미지에 대한 획득 이미지에 노이즈의 영향이 존재하게 된다. 이러한 노이즈는 평균값을 이용한 알고리즘을 추가하여 개선하였다.

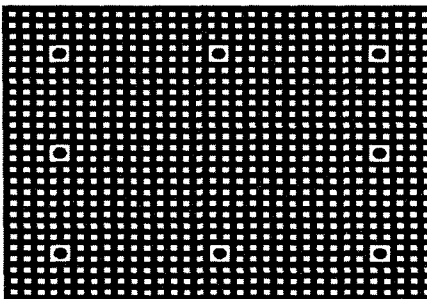


그림 4. 렌즈 테스트 차트
Fig. 4. Lenz test chart

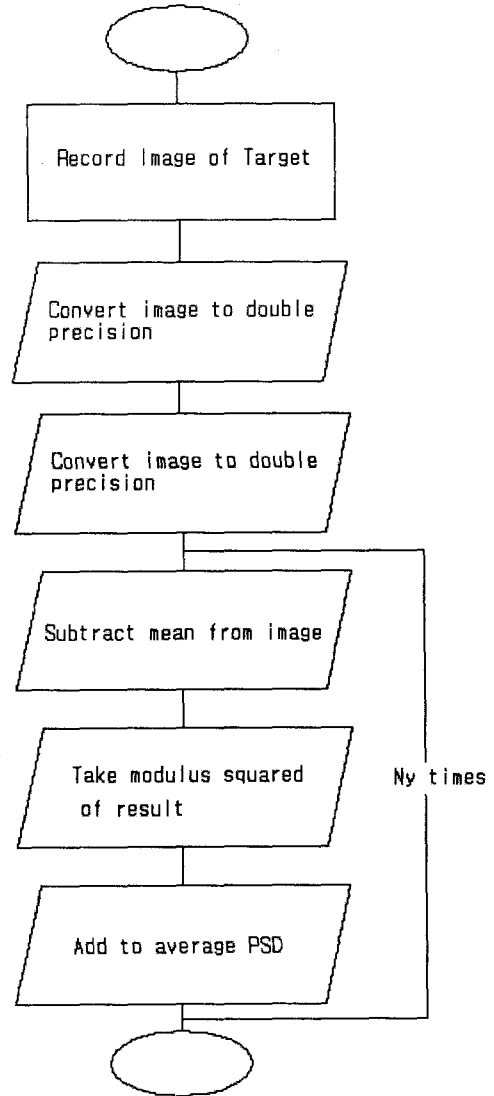


그림 5. 처리 알고리즘
Fig. 5. Flowchart

4. 구현된 프로그램과 결과

MTF를 구하기 위해 FFT를 사용하였다. 프로그래밍 툴은 Microsoft Visual C++ 6.0을 사용하였으면 사용자 편의를 위해 인터페이스를 간략하게 구성하였다. 그림 6, 7, 8은 프로그램의 실행의 예이다.

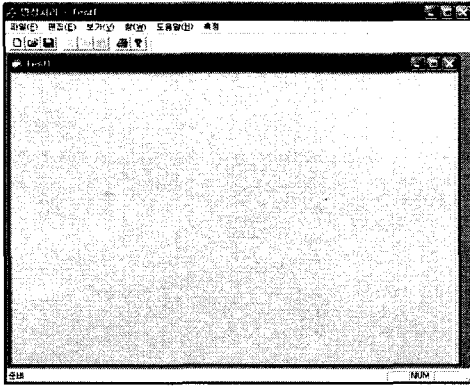


그림 6. 사용자 환경
Fig. 6. User interface

그림 7은 주어진 렌즈 테스트 차트로부터 얻어진 이미지를 표시하는 부분과 중심영역 추출부분 그리고 FFT의 결과를 보여주는 부분으로 나누어져 있다.

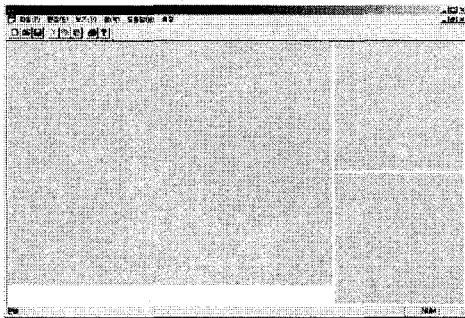


그림 7. 이미지 영역
Fig. 7. Image range

그림 4-3은 실제로 획득된 이미지에 FFT 알고리즘을 적용하여 표현된 예이다. 여기서 얻어진 값을 이용하여 수식 (3)에 적용함으로써 MTF 값을 구할 수 있다.

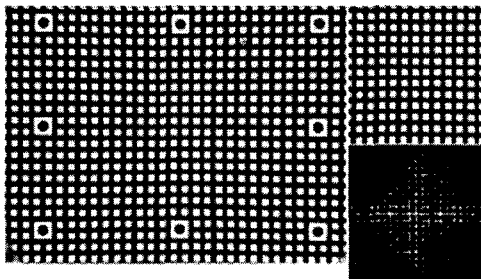


그림 8. FFT의 결과
Fig. 8. Result of FFT

향후 측정된 측정값을 판단하는 기준을 정형화시켜 측정되는 모든 렌즈 평가 기준을 제시해야 한다. 측정되는 모든 데이터와 입력된 영상을 비교 분석하는 일에 많은 시간이 소요될 것으로 생각된다.

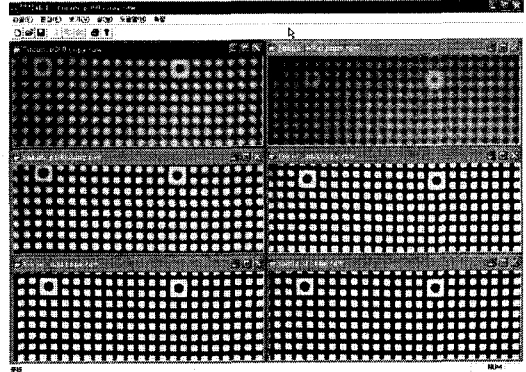


그림 9. 다양한 측정 이미지들
Fig. 9. Sample images

참 고 문 헌

- [1] 송중섭, 이운우, 조현모, 이인원, 조재홍, 임천석 "Polychromatic MTF를 이용한 칼라 디스플레이 평가", 한국광학회 하계학술대회, pp. 50-51, 2001. 8.
- [2] 이지영, 송중섭, 조재홍, 장수, 임천석, 이운우, 이인원 "카메라 렌즈 평가용으로 제작된 nodal slide식 실시간 OTF 측정 장치", 한국광학회회지, 제13권 2호, 2002. 4.
- [3] Jean-Marc Delvit, Dominique Leger "Modulation Transfer Function and Noise Assessment", IEEE/OSA Conference on Laser Engineering and Applications, pp.4500-4502, 2003.
- [4] Dominique Leger, Joel Duffaut, Françoise Robinet "MTF Measurement Using Spotlight", IEEE/OSA Conference on Laser Engineering and Applications, pp.2010-2012, 1994.