

히스토그램의 통계적 모멘트를 이용한 편광필름 결함 검출 방법

윤희상, 박태형
충북대학교 제어계측공학과

A defect inspection method for the LCD polarizer film using statistical moment of histogram

Yoon Hee Sang, Park Tae Hyung
Dept. of Control and Instrumentation Engineering, Chungbuk National Univ.

Abstract - 액정 디스플레이(LCD)의 핵심 재료인 편광필름은 제조 과정이나 운반 과정에서 실오라기 같은 이물 및 찍힘 등의 결함이 발생하며 이를 사람이 육안으로 검사하고 있다. 본 논문에서는 이런 편광필름의 결함을 자동으로 검출하기 위한 방법으로 히스토그램의 통계적 모멘트를 사용하여 주변 밝기에 따라 검사 영역의 밝기의 기울기를 구하고, 이를 통해 결함의 유무를 판단하는 편광필름 검사 방법을 제안한다.

1. 서 론

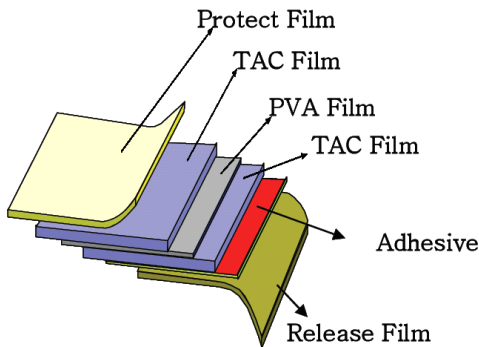
LCD는 백라이트, 편광필름, 유리 기판 및 액정, 칼라필터, 편광필름 등으로 구성되어지며 편광필름은 LCD 장치의 핵심 재료이다. 편광필름은 편광소재인 PVA(Poly Vinyl Alcohol)를 중심으로 연질의 PVA를 양쪽에서 지지하기 위한 TAC(Tri-acetyl-cellulose)가 있다. 또한 편광필름 한 쪽에는 LCD패널에 접착하기 위해 접착제(Adhesive)와 이를 보호하는 이형필름(Release film)이 있으며 반대쪽에는 편광필름을 보호하기 위한 보호필름(Protect film)이 붙어있는 구조로 되어있다. 편광필름 구조는 <그림 1>에 나타내었다.

편광필름은 제조 과정 및 운반, 보관 과정에서 이물, 기포, 쿠닉, 스크래치 등 많은 결함 유형이 발생한다[1]. 현재 이러한 결함의 검사는 대부분 작업자의 시각 검사에 의존하고 있으며 LCD의 대형화에 따른 편광필름의 크기도 대형화 되고 이에 따른 검사 시간, 불량 검출의 일관성 및 효율성을 위해 검사의 자동화가 필요로 하고 있다.

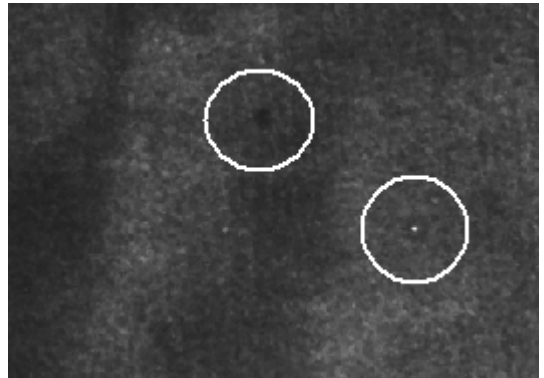
본 논문에서 사용된 vision 시스템에서 획득한 영상은 <그림 2>와 같다. 여기서 결함은 종류에 따라 주변보다 밝은 결함과 어두운 결함으로 나타난다. 또한 영상에서는 광원과 편광필름의 간섭에 의한 고유한 물결무늬의 배경잡음이 발생하여 이로 인해 결함 검출이 어려워진다.

결함은 일정한 형태의 패턴이 나타나는 텍스처(texture)로 간주할 수 있다. 텍스처는 통계적, 구조적, 스펙트럼적으로 구분되어진다. 통계적인 방법은 텍스처를 부드러움, 거칠음 등으로 특징 지워 이를 분류하며, 구조적 기법들은 기본 성분에 대한 규칙적인 성분을 다룬다. 마지막으로 스펙트럼적인 기법들은 스펙트럼을 분석 주기성을 검출하는데 사용한다.

본 논문에서는 vision 시스템에서 획득한 편광필름 영상에서, 주변영역과 대상영역으로 구분하고, 텍스처의 통계적 처리방법인 히스토그램의 모멘트를 사용하여 밝고 어두운 부분을 관별하여 물결무늬의 배경잡음에 상관없이 밝은 결함과 어두운 결함 모두를 검출하는 알고리즘을 제안하였다.



<그림 1> 편광필름 구조



<그림 2> 편광필름 결함

2. 결함 검출 방법

텍스처를 나타내는 통계적 방법으로 영상의 명암도 히스토그램의 통계적 모멘트를 사용하는 방법이 있다. 어떤 영상에서 밝기를 나타는 변수가 z 이고, 밝기의 단계가 $i=0,1,2,\dots,L-1$ 일 때, 영상의 평균 밝기 m 에 대한 z 의 n 차 모멘트는 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\mu_n(z) = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^n p(z_i) \quad (1)$$

여기서 $p(z_i)$ 는

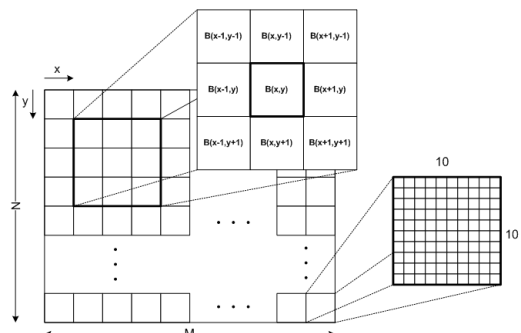
$$p(z_i) = (\text{밝기값 } i \text{를 갖는 화소수} / \text{전체화소수}) \quad (2)$$

나타낼 수 있다.

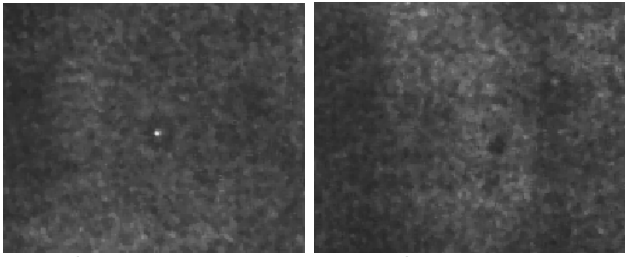
일반적으로 n 이 3차 일 때 평균 밝기에 대해 밝은 쪽 또는 어두운 쪽으로 기울어졌는지를 나타낸다.[3]

평균 대비 밝기의 기울어짐을 나타내는 3차 모멘트를 편광필름의 결함 검출에 적용하기 위해서 먼저 <그림 3>과 같이 원본영상을 10×10 화소로 이루어진 블록으로 분할하였으며 블록의 크기는 영상에서 결함의 크기를 고려하여 정하였다. 3차 모멘트는 분할된 블록을 기준으로 연산된다. 3차 모멘트를 연산하려는 대상 블록을 $B(x,y)$ 이라 하고 $\overline{B(x,y)}$ 를 블록의 평균이라 할 때, 주변 블록의 평균을 식(3)과 같이 구하여 식(1)에서의 평균 밝기값 m 을 구할 수 있다.

$$m = \frac{1}{9} \sum_{j=-1}^1 \sum_{k=-1}^1 \overline{B(x+j,y+k)} \quad (3)$$



<그림 3> 영역 분할



a) 밝은 결함 영상 b) 어두운 결함 영상
 <그림 4> 실험에 사용된 편광필름 결함 영상

다음으로 대상 블록 $B(x,y)$ 에서의 히스토그램을 구하여 대상 블록에서의 $p(z_i)$ 값을 연산한다. 식(3)과 $p(z_i)$ 통해 대상 블록의 3차 모멘트 값을 구할 수 있으며, 식(4)와 같이 3차 모멘트 값에 대하여 밝은 영역에 대한 문턱치와 어두운 영역에 대한 문턱치를 비교하여 각각의 결함 여부를 판단하게 된다.

$$D = \begin{cases} 1, & \mu_{mn} > T_{high} \\ -1, & \mu_{mn} < T_{low} \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (4)$$

3. 결함 검출 과정

히스토그램 3차 모멘트를 이용하여 편광필름의 결함을 검출하기 위해서 다음과 같은 단계를 거친다.

- step 1. Vision 시스템에서 영상 획득
- step 2. 영상분할 및 블록평균 $B(x,y)$ 을 구함
- step 3. 영역평균(m)을 구함
- step 4. $B(x,y)$ 의 히스토그램을 구하여 $p(z_i)$ 를 구함
- step 5. 식(1)을 이용하여 히스토그램 3차 모멘트를 구함
- step 6. 식(4)를 이용하여 결함 판단.
- step 7. $B(M,N)$ 이면 종료. 아니면 step 3로 이동하여 반복

4. 실험 및 결과

실험에 사용된 vision 시스템 환경은 다음과 같다. 카메라는 CIS사의 1280×1024화소의 CMOS카메라와 pentium-4 프로세서의 IBM-PC를 Window XP 운영체제에서 matlab을 이용하여 구현 하였다.

먼저 <그림 4>는 전체 편광필름 영상에서 밝은 결함 영상과 어두운 결함 영상의 일부분을 나타낸다. <그림 5>는 <그림 4a>의 밝은 결함 영상에 대한 3차 모멘트를 3차원 그래프로 나타내었다. 3차 모멘트는 인접 블록들의 평균 밝기에 비해 결함이 포함된 블록의 3차 모멘트가 116700으로 주변에 비해 매우 큰 것을 확인할 수 있다. <그림 6>은 <그림 4b>의 어두운 결함 영상에 대해 3차 모멘트를 3차원 그래프로 나타내었다. 어두운 결함 영상의 3차 모멘트는 결함이 포함된 블록이 -12910으로 다른 값들에 비해 매우 작은 것을 확인할 수 있다.

<그림 7>은 전체 영상에서 3차 모멘트 연산 후 T_{high} 와 T_{low} 를 적용하여 영상에서 결함의 유무와 위치를 판단하여 표시한 그림이다.

4. 결 론

본 논문은 LCD의 핵심 재료인 편광필름의 결함을 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 기존의 편광필름 결함 검출은 대부분 육안 검사가 이루어 졌다. 본 논문에서는 vision시스템과 영상처리 알고리즘을 이용하여 편광필름의 다양한 결함 검출을 자동으로 할 수 있게 하는 방법에 대해 연구하였다.

편광필름의 결함 검출을 위하여 vision 시스템으로부터 획득한 영상을 10×10화소의 세부 블록으로 나누고 대상 블록과 주변 블록의 평균을 구하여 평균에 대한 밝기의 기울기를 구하였다. 밝기의 기울기를 구하는 방법으로는 통계적 방법인 히스토그램 3차 모멘트를 이용하였다. 이는 적절한 문턱치 선택으로 밝은 결함 및 어두운 결함 모두 검출할 수 있었다.

편광필름은 다양한 결함들이 존재하며 많은 실험이 필요하다. 본 연구 또한 많은 실험을 통해 결함의 존재유무를 판단하는 검증이 필요하다.

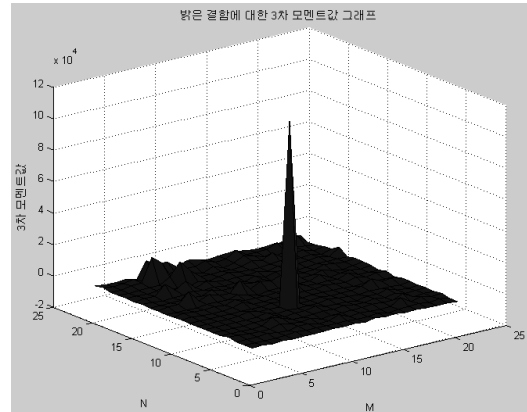
[참 고 문 헌]

- [1] C.J Lu, "Defect inspection of patterned thin film transistor-liquid

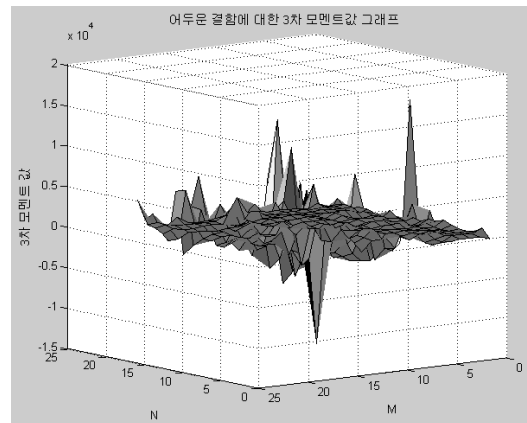
crystal display panels using a fast sun-image-based singurla value decomposition", International Journal of Production Research, vol. 42, No. 1, pp. 67-80, 2004.

[2] R. C. Gonzalez, *Digital Image Processing*, Prentice Hall, Seoul, 2002.

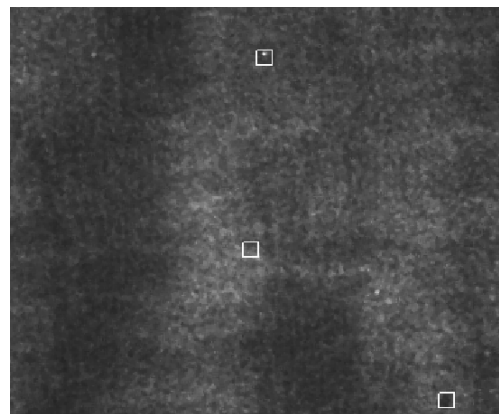
[3] Du-Ming Tsai, Tse-Yun Huang, "Automated surface inspection for statistical textures,"Image and Vision Computing, pp.307-323, 2003.



<그림 5> 밝은 결함에 대한 3차 모멘트



<그림 6> 어두운 결함에 대한 3차 모멘트



<그림 7> 문턱치 적용하여 결함 검출 영상