

# 적응적 임계화법에 기반한 LCD 얼룩 검사

류재승, 곽동민, 박길흠  
경북 대학교 대학원 전자공학과

## Adaptive Multi-threshold Based Mura Detection on A LCD Panel

Jae-Seung Ryu, Dong-Min Kwak, Kil-Houm Park

Department of Electronics Engineering, Kyungpook National University, South Korea

E-mail: rjseung@palgong.knu.ac.kr

### Abstract

In this paper, a new automated defects detection method for a TFT-LCD panel is presented. An input image is preprocessed to lessen small abnormal noises and non-uniformity of the image. The adaptive multi-thresholds are used to detect Muras, which are the major defects occurred on TFT-LCD panels. Those are determined adaptively depending on the brightness and the brightness distribution of a local block. For the synthetic images and real Mura images, the proposed algorithm can effectively detect Muras in a reasonable time.

### I. 서론

1990년대부터 액정 디스플레이가 실용화되면서 2000년대 들어 시장규모가 급격히 팽창하고 있다. TFT-LCD는 박막 트랜지스터와 화소 전극이 배열되어 있는 하판과 색상을 나타내기 위한 컬러 필터 및 공통 전극으로 구성된 상판, 그리고 이 두 유리기판 사이에 채워져 있는 액정으로 구성되어 있으며, 두 유리기판의 양쪽 면에는 가시광선을 선평광하여 주는 편광판이 각각 부착되어 있다. 최근 LCD 장비의 급속한 발달에 따라 생산 현장에서는 낮은 비용으로 효과적인 생산성을 얻기 위한 노력이 많이 시도되고 있다. 그 중에 하나가 완성된 LCD 장비의 불량성을 판별하기 위한 검사 시스템의 개발이다. TFT-LCD 모니터는 제조

과정에서 여러 종류의 불량들이 나타난다. 이런 불량으로 인해 모니터 화면의 색깔이 고르지 않거나 선이나 점 등의 얼룩이 나타난다. 현재, 생산라인에서는 불량률의 유무를 판별하기 위해서 사람의 눈에 의존한 수동적인 방법이 사용되고 있다. 이 경우 검사자의 상태나 검사환경에 따라서, 혹은 검사자 개인에 따라서 불량률의 정도가 다르게 판별되기도 하기 때문에 동일한 패널에 대해서 조차 검사 결과가 달라지는 문제점을 안고 있다. 이에 따라 검사과정 상의 비용 절감과 불량률에 대한 객관적인 판단 및 검사 속도의 향상을 위해서 결함 검사를 자동화 하기 위한 자동 검사 시스템의 도입이 절실하다.

본 논문에서는 적응적 임계화법에 기반한 새로운 방법의 TFT-LCD 패널의 자동 얼룩 검출 알고리즘을 제안한다[1,2]. 사람의 육안을 대신하는 검사장비의 알고리즘을 만드는 데는 몇 가지 문제점이 있다. 우선, 사람의 눈에서는 식별되는 불량들을 검사장비를 이용해서 똑같은 정도로 추출해 내는 것이 어렵다는 것이다. 이는 사람에 의한 검사가 그 요구수준이 복잡하며 까다로운 뿐 아니라 불량으로 인정할 수 있는 정도가 체계적으로 수치화 되어 있지 못하기 때문이다. BLU (Back Light Unit)와 확산판 등 LCD 패널의 휘도를 담당하는 내부 소자들의 불완전성도 자동 검사를 어렵게 만드는 한 요인이 된다. 일정하지 않은 특성을 가진 LCD 패널 구성품은 자동 검사장비로 획득한 영상에서 휘도의 불균일로 나타나는 데, 이러한 현상을 일일이 모사하는 것은 현실적으로 불가능하다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 TFT-LCD 패널에서 발생하는 여러 불량에 대해 설명하고, 3장에서는 얼룩을 검출하기 위한 적응적 다치 임계화

방법을 제안한다. 실험영상을 이용한 제안한 알고리즘의 검출결과를 4장에서 보이고, 5장에서 결론을 맺는다.

## II. LCM 패널의 불량 형태

실험 영상은 LCD 패널에 휘도 레벨 127의 영상 신호를 전면에 인가한 후, 자체 조명을 이용해서 암실에서 8비트 흑백 카메라로 획득하였다. 그림 1은 개략적인 영상획득 방법을 보여준다.

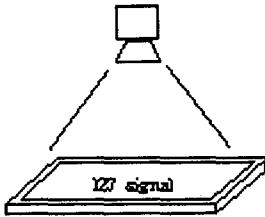


그림 1. 영상 획득

Fig. 1. Image Acquisition

그림 2에 TFT-LCD 표면에 나타나는 다양한 형태의 얼룩을 나타내었다. 그림 2(a)는 선형 얼룩의 예를 나타내고 있고, 그림 2(b)는 선형 얼룩이 있음을 확인하기 위해서 히스토그램 평활화시킨 영상이다. 그림 2(b)에 나타낸 것처럼 선형 얼룩은 영상의 가로 혹은 세로 방향으로 처음부터 끝까지 길게 이어져 있고 위치와 폭, 밝기가 일정하지 않다. 그림 2(c)는 스캔 얼룩을 가진 영상이며, 그림 2(d)는 이를 평활화시킨 영상이다. 스캔 얼룩은 일반적으로 영상 전체에 무지개 모양으로 나타난다. 그림 2(e)는 액정 주입 부에 휘도가 비정상적으로 밝게 나타나는 빛샘 얼룩을 나타내고 있고, 그림 2(f)는 조개얼룩이라고 불리는 얼룩의 예를 나타내었다.

## III. 얼룩 불량 검출

얼룩 검출을 위해서 국부영역의 통계적 특징을 이용하는 적응적 다치 임계화법을 사용한다. 그림 3에서 얼룩 검출을 위해 제안한 순서도를 나타내었다.

우선 전체 TFT-LCD 패널의 휘도 비균일에 의한 영향을 줄여주기 위해서 전처리 과정이 사용된다. *Inter image enhancement* 과정에서는 모델 변경에

의해서 입력영상 간의 절대 휘도값의 평균과 분산의 변동을 보정하기 위해서 대상 패널의 휘도 평균과 분산을 일정한 값을 가지도록 보정하는 대조도 정규화 과정을 수행한다. 이때, 정규화 과정에서 필요한 최적화된 평균과 분산값은 훈련과정에 의해서 결정된다. *Intra image enhancement*는 입력영상 내부의 휘도 비균일성을 완화하기 위한 휘도 평활화 과정을 포함하고 있다.

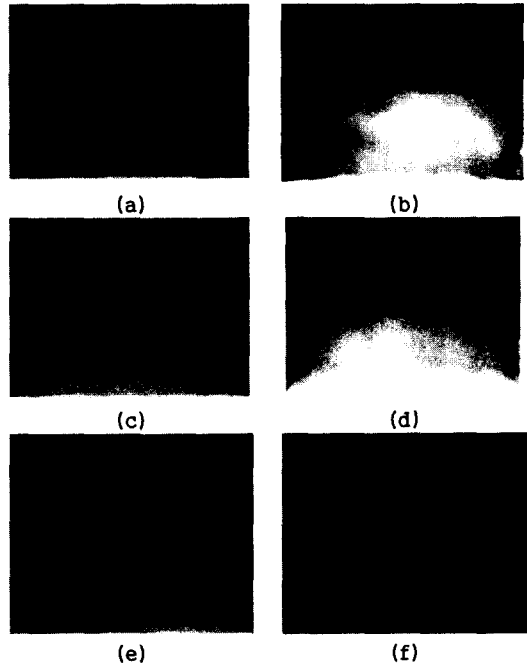


그림 2. 얼룩 영상의 예: (a) 선형얼룩, (b) (a)의 평활화 영상, (c)스캔 얼룩, (d) (c)의 평활화 영상 (e) 빛샘얼룩, (f) 조개얼룩

Fig. 2. Example images of Mura: (a) Line Mura, (b) equalized image of (a), (c) scan Mura, (d) Equalized image of (c), (e) leakage Mura, (f) Shellfish Mura.

### 3.1 국부 블록 내에서의 화소값 분포

그림 3(a)는 검은 색 원 안에 어두운 얼룩이 존재하는 국부 영역을 보이고 있다. 그림 3(b)는 그림 3(a)의 히스토그램 결과를 보여주고 있다. 그림에서처럼 얼룩이 존재할 경우 국부 영역의 히스토그램은 얼룩의 휘도에 따라 국부 영역의 휘도

값의 평균값에서 좌, 또는 우로 치우치는 형태로 나타난다. 그림 3(c)는 얼룩이 없는 국부영역의 영상이며, 그림 3(d)는 그림 3(c)의 히스토그램 결과를 보여주고 있다.

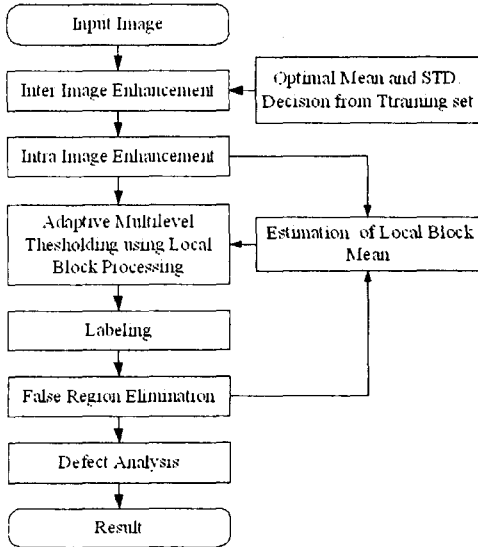


그림 2. 얼룩 검출을 위한 순서도  
Fig. 2. Flowchart for Mura detection

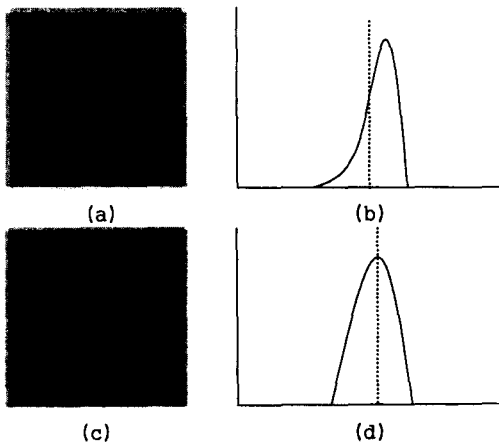


그림 4. 국부 블록 내에서의 화소값 분포: (a) 얼룩이 있는 국부영역 (b) (a)의 히스토그램결과 (c) 얼룩이 없는 국부영역 (d) (c)의 히스토그램결과

Fig. 4. Histogram for local blocks: (a) Local block with a Mura, (b) histogram for (a), (c) local block without Mura, (d) histogram for (c).

### 3.2 적응된 다치 임계화

영상 내부의 휘도 분포는 국부블록 내부에서 Gaussian 분포를 따른다고 가정하고, 각 블록에서의 임계값은 식 (1)과 같이 결정된다.

$$V_{TH} = m_e \pm k\sigma \quad (1)$$

여기서,  $m_e$ 는 현재 처리 블록의 휘도의 추정평균을 나타내고,  $\sigma$ 는 현재 블록의 휘도 표준편차를 나타낸다.  $k$ 는 검출강도를 조정하는 상수 값이다. 본 논문에서는 비교적 한도얼룩을 검출하기 위해서 비교적 낮은 상수 값을 선택해서 과검출을 수행한다.

만약, 얼룩이 국부블록 크기의 특정 부분 이상을 차지하는 경우, 처리블록 내부의 평균값을 구하게 되면 평균값이 그림 3(a)의 보인 바와 같이 히스토그램에서 좌 또는 우로 이동하게 된다. 따라서 평균값 추정을 통해서 현재 블록에서 얼룩을 배제한 평균값을 추정한 추정 평균  $m_e$ 를 사용하여 큰 얼룩에 대한 영향을 다소나마 완화하려 하였다.

### 3.3. 가중치에 따른 블록의 휘도의 추정평균

$m_e$ 는 선형 추정에 의해서 이미 처리가 완료된 좌, 상 블록에서 결함후보 영역을 제외한 화소들의 평균값에 의해서 결정된다. 이때, 현재 처리 블록의 좌, 상에 위치하는 각각의 블록 내에서 얼룩으로 구분되는 화소의 개수와 배경으로 구분되는 화소의 개수가 서로 다르다. 그러므로, 휘도의 추정 평균을 구할 때, 현재 처리 블록의 좌, 상 블록에서 배경 화소로 구분되는 화소의 개수에 따른 가중치를 적용한다.

$$m_e = Mm_u + Nm_l \text{ where } M + N = 1 \quad (2)$$

여기서,  $m_u$ 와  $m_l$ 는 각각 현재 처리 블록의 좌, 상에 위치하는 블록에서 얼룩을 배제한 평균값을 나타내고,  $M, N$ 은 배경으로 구분되는 화소 수에 따른 가중치를 의미한다.

### 3.4. 얼룩의 검출

전단계에서 과검출을 수행하였으므로 검출된 영역 중 일부는 위양성 오류를 가질 수 있다. 후처리 과정에서는 이러한 위양성 오류를 제거하는 과정을 거치게 된다.

각각의 레이블링된 불량후보에 대해서 이를 감싸는

주변 정상 영역 화소들의 휘도값 평균과 비교하여 결함 영역인지 위양성 오류인지를 판단한다. *False region elimination* 과정 후에 얼룩의 정량적 분석을 수행한다. 결함의 크기와 주변영역과의 휘도차를 이용해서 불량량의 강도를 계산한다.

#### IV. 실험 결과

제안한 방법을 알고리즘의 성능을 확인하기 위해 신호발생기를 사용하여 인위적으로 만든 얼룩 패턴 영상과 공정상에서 발생된 실제 얼룩을 가지는 영상에 적용시켜 보았다. 그림 3(a)는 얼룩 패턴 영상이고, 그림 3(b)는 제안한 방법을 적용시켜서 얻은 그림 3(a)에 대한 결과 영상을 나타낸다. 그림 4(a)는 공정상에서 실제로 얼룩이 발생한 TFT-LCD 의 영상이고, 그림 4(b)는 제안된 알고리즘에 의한 결과이다.

실험영상은 이미지 화소당 400  $\mu\text{m}$  의 해상도를 가지는 8 비트 영상을 사용하였다. 일반적으로 18 인치 기준으로 실제 TFT-LCD 상의 한 화소가 270-300  $\mu\text{m}$  의 피치를 가지므로 획득영상의 한 화소는 실제 패널상의 한 화소보다 조금 더 큰 영역을 표현한다. 실험은 IBM 호환 PC 에서 행해졌으며, 제안된 알고리즘은 Visual C++ 6.0 컴파일러를 사용하여 구현하였다.

그림 3 과 4 에서 보인 두 실험 영상의 결과에서와 같이 실제 얼룩이 있는 영상인 경우와 인위적으로 생성한 얼룩이 있는 영상인 경우 모두 얼룩이 잘 검출되는 것을 볼 수 있다. 이는 제안한 방법이 TFT-LCD 자동 검사기에 적용될 수 있는 충분한 가능성을 보이는 결과로 판단된다.

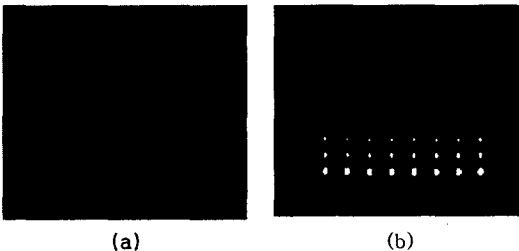


그림 3. 얼룩 패턴 영상: (a) 원 영상, (b) 결과 영상  
Fig. 3. Mura Pattern Image: (a) Original image, (b) detection result.



그림 4. 실제 blob-Muras 를 가지는 영상: (a) 원 영상, (b) 결과 영상  
Fig. 4. An image with blob-Muras: (a) Original image, (b) detection result.

#### V. 결론

본 논문에서는 적응적 임계화법에 기반한 새로운 TFT-LCD 패널 검사용 얼룩 검출 알고리즘을 제안하였다. TFT-LCD 패널의 배경 휘도가 패널 전체에 걸쳐서 비균일한 분포를 가지는데 이러한 현상에 의한 영향을 최소화하기 위해서 영상을 전처리 하는 과정을 거쳤다. 그리고 블록 기반의 적응적 다치 임계화를 사용하여 TFT-LCD 상에 존재하는 얼룩을 검출하였다. 실험결과를 통해서 제안된 알고리즘이 신뢰성 있는 결과를 가짐을 보였다. 향후 보다 신뢰성 있는 통계적인 방법이 도입되어 LCD 불량을 검출하기 위한 알고리즘에 적용된다면, TFT-LCD 패널 뿐만 아니라 최근 각광받고 있는 다양한 평면 디스플레이 장치 검사에 응용되어 생산성 향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

#### 참고 문헌

- [1] R. Jain, Rangachar Kasturi, Brain G. Schunch, Machine vision, McGraw-Hill, 1995.
- [2] L. J. Galbiati, Machine vision and digital image processing: Fundamentals, Prentice Hall, 1990.
- [3] B. K. Noh, K. H. Kim, et al. LCD ENGINEERING, Sung An Dang, 2002.
- [4] Jung-Hun Kim, Suk Ahn, Jae-Wook Jeon, Jong-Eun Byun, "A high-speed high-resolution vision system for the inspection of TFT LCD", Proceedings. ISIE 2001. IEEE International Symposium on, vol 1, 12-16, pp. 101 105, June 2001