

고해상도 라인 스캔 카메라를 이용한 LCD 점 이물 검출

백승일, 콰동민, 박길흠
경북대학교 대학원 전자공학과

Inspection of Point Defects on A LCD panel Using High Resolution Line Cameras

Seung-Il Baek, Dong-Min Kwak, Kil-Houm Park

Department of Electronics, graduate School, Kyungpook National University, South Korea

E-mail : thenavs@korea.com

Abstract

To inspect point-defect in LCD pannel ,calculate period and eliminated patten. And then find point-defect to compare block image with each period. First processing, Founded over point defects. To reduce wrong point defect. Next,label point-defects and eliminated not surpass fixed limit-size.

따라 휘도 특성이 달라진다. 제안된 알고리즘은 이러한 휘도의 불균일성을 극복하기 위해 영상의 평균 휘도를 비슷하게 하는 전처리 과정을 포함하고 있다. 먼저, 휘도 차가 상대적으로 큰 부분을 검출하고, 실제 불량량이 가지는 특징들을 이용하여 최종적으로 결점을 검출한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 LCD 영상의 특징과 불량 화소를 정확하게 검출하기 위한 전처리 과정을 다룬다. 3 장에서는 본 논문에서 제안하는 점 이물 검출 알고리즘을 설명하고, 4 장에서 실제 영상에 대하여 제안한 알고리즘의 성능을 평가한다.

I. 서론

한동안 디스플레이 시장에서 우위를 차지한 CRT 는 LCD 장치로 급격하게 대체되고 있다. LCD 는 휴대통신 단말기, 노트북의 보급과 더불어 그 수요가 점점 늘어가고 있다. 아울러, 기존의 컴퓨터 모니터 시장뿐 아니라 고선명 텔레비전 분야로 시장이 확대되고 있는 실정이다. 2002 년 기준으로 전체 LCD 시장에서 노트북 컴퓨터가 차지하는 비중은 30%에 육박하는데, 2007 년에 이르러서는 CRT 를 제치고 컴퓨터 모니터 시장을 선도해 LCD 시장규모의 40%에 이를 전망이다[1]. 따라서, LCD 의 불량유무를 판단할 수 있는 검사 기법도 다각도로 연구되고 있다. 영상처리와 비전기술은 기관검사, CD/PDP 검사 등 많은 장비에 쓰이고 있다. 일반적으로, 영상을 이용한 검사는 영상획득, 영상정보 처리, 영상정보 분석의 세가지 과정에 의해 이루어진다. 영상획득 장치로는 보통 라인 카메라와 영역 카메라가 사용된다. LCD 의 결점(defect)은 크게 선 얼룩, 점 얼룩으로 분류할 수 있다.

본 논문에서는 라인 카메라로 찍은 고해상도 영상으로 불량 화소를 검출하는 알고리즘을 제안하고자 한다. LCD 는 BLU(Back Light Unit)의 광원의 배치에

II. LCD 영상의 특징과 전처리

카메라에 찍힌 영상은 시료와 주변을 모두 포함하는 영상이므로, 영상처리를 위해 대상 객체 부분만을 추출해야 한다. 대상 객체 경계 부분에는 명암도의 차이가 뚜렷하므로 이 차이를 이용해 시료에 해당하는 부분만을 추출한다. 그림 1 에 카메라에 찍힌 영상과 LCD 영역만을 추출한 영상을 나타내었다.

LCD 의 각 픽셀은 그림 2 에 나타낸 것처럼 RGB 색상을 담당하는 3 개의 부픽셀로 구성된다. 각 픽셀 및 부픽셀은 검은 색의 띠로 구분되는데, 이를 BM (Black Matrix)라 한다. BM 은 주기적으로 나타나므로 이를 이용하면 영상처리를 용이하게 할 수 있다.

주기적으로 나타나는 BM 은 점 이물과 무관하므로 본 논문에서는 BM 을 제거하고 픽셀 정보만으로 불량을 검출하고자 한다. BM 을 제거하기 위해서는 BM 의 주기를 알아야 하는데, 이는 가로, 세로 독립적으로 영상의 통계적인 밝기 분석으로 구한다. 특정블록(영상의 가운데 블록)을 B1 으로 한다면, 같은

크기의 B2 블록을 상하(좌우)로 움직이면서 블록의 휘도 값의 차이가 가장 적은 값을 가질 때의 블록간의 간격을 주기로 하고, 가장 자주 나타나는 주기를 대표주기로 설정한다. 이를 이용하여 원 영상에서 주기적으로 반복되는 패턴을 제거한다.



그림 1. (a)원 영상, (b) LCD 영역 추출 영상
Fig. 1. (a) An image taken by a line-scan camera, (b) extracted image.

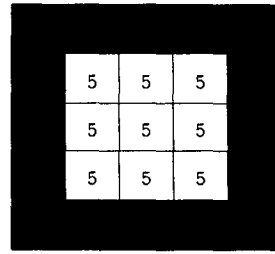


그림 3. LCD 패널의 영역 구분
Fig. 3. Region definition of a LCD panel.

3.2 휘도값 보정과 STD 알고리즘

BLU의 경우에는 패턴은 없으나, 영상의 밝기가 영상전체에 고르지 못하므로, 불량검출 알고리즘(STD Algorithm)이 제대로 동작하지 않을 수 있다. 그러므로, 영상의 밝기를 고르게 하는 과정이 필요하다. 이를 휘도값 보정이라고 하자. 이 과정은 가로, 세로 독립적으로 수행되며, 가로 및 세로의 휘도값 평균이 128이 되도록 한다. 먼저, 한 라인을 스캔해서 평균값을 구한 후, 다시 스캔하면서 평균값이 128이 되도록 픽셀값을 재조정한다.

그림 4는 결점 후보 영역을 표시한 것이다. LCD 영상의 화소의 히스토그램은 가우시안 분포를 가진다고 가정하자. 이 경우, 히스토그램에서 평균값 주위에 있는 픽셀은 정상일 확률이 상대적으로 높고, 평균에서 멀어질수록 결점일 가능성이 높다. 즉, 본 논문에서는 식 (1)의 Th_{lower} 이하 혹은 Th_{upper} 이상의 값들은 결점의 가능성이 높다고 본다. 이 영역의 픽셀에 대해서 일반적으로 결점이 가지는 특징을 적용시켜 최종적으로 결점을 찾게 된다.

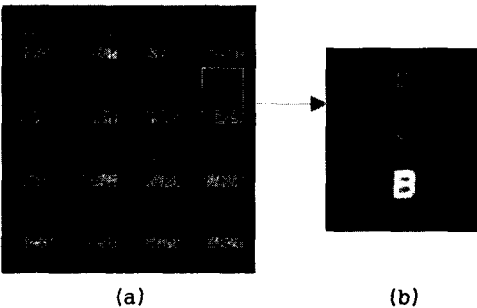


그림 2. (a) 라인카메라 영상, (b) 한 픽셀.
Fig. 2. (a) Line scan camera image, (b) a pixel.

III. 결점 검출과정

3.1 불량 후보 영역 검출

LCD 패널을 그림 3과 같이 여러 영역으로 나눌 때 5 영역의 경우 불량 후보를 검출하기 위해 상하·좌우 영상을 이용하여 LUT(Look Up Table)를 생성한다. 1(좌측)과 3(우측)영역은 상하 비교로 불량 후보 검출을 위한 LUT를 생성하고, 2(하측)와 4(상측)영역은 영상의 가운데 영역의 패턴영상을 주기 이동한 영상과 비교하여 불량 후보를 검출하기 위한 LUT를 계산한다.

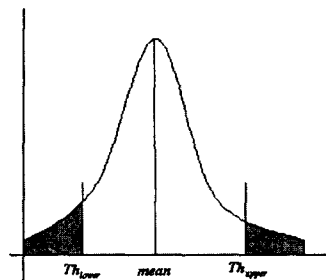


그림 4 결점 후보 영역
Fig. 4. Defect candidates

$$Th_{upper} = \mu + (\alpha - 1) * \sigma + \frac{1}{2}$$

$$Th_{lower} = \mu - (\alpha - 1) * \sigma + \frac{1}{2} \quad (1)$$

여기서, $\sigma = \sqrt{(x - \mu)^2}$ 이고, μ 는 평균값을 나타낸다. 비록, 영상을 정규화 하였다고는 하나, 전체적인 영상의 휘도 변화를 완벽하게 보상하기는 힘들다. 그래서 영상을 여러 개의 블록으로 나눠서 그 영향을 최소화하고자 하였다. 영상을 블록으로 분할해서 블록에서 평균값과 표준편차를 구한다. 블록의 휘도값이 정규분포를 가진다고 가정했을 경우, 주어진 α 값에 의한 경계치 값을 구한다. α 값은 실험적으로 보통 2.5~3.0 의 값으로 정하고, 이 경계치 값을 벗어나는 화소를 불량 화소로 처리한다.

Algorithm 1. STD 알고리즘의 수행 과정

- Step 1. STD 알고리즘의 α 와 블록의 크기를 입력한다.
- Step 2. 가운데 영역의 시작좌표, 끝 좌표를 이용하여 연산영역을 분류한다.
- Step 3. 연산영역에 포함하는 1 영역과 x, y 축으로의 나머지 2, 3 영역의 3 분류로 구분한다.
- Step 4. 분류된 연산영역에 따라 STD 수행 시 넘어온 임계 값을 기준으로 지워나간다.

3.3 Small Region Elimination

블록 단위로 주기 판단에 오류가 있을 경우 작은 영역들이 결점후보로 많이 남아 있게 된다. 이런 패턴이 있는 영상의 경우, 잘못 불량이라고 추정된 것들이 많다. 따라서, 이들을 제거해 주어야 한다. 현재 위치에서 주기만큼 적은 영역의 패턴을 읽어와서 잘못된 결점을 지워나간다. 동일하게 현재 위치에서 주기만큼 큰 영역의 패턴을 읽어와서 결점을 지운다. 두 작업을 모두 통과한 값만 결점이라고 판단한다.

3.4 레이블링 (Labeling)

파검출된 불량 화소를 줄이기 위해 결과영상을 레이블링 처리하여 저장하고, 레이블링 된 결점의 수가 결점크기에 따른 정해진 최소크기 이하일 경우에는 원영상에 레이블링 된 위치를 삭제한다.

3.5 점 얼룩 검출 과정

지금까지의 과정을 순서대로 본다면 그림 5 와 같다. 라인 카메라를 이용해 영상을 획득하고 LCD 영역만 추출(이미지 컷팅)한다. 패턴제거를 위해 영역을 5 영역으로 분할한 뒤 주기적으로 반복되는 BM 을 제거한다. 휘도값 보정 과정을 거친 뒤, STD 알고리즘을 수행한다. 마지막으로, 잘못 검출된 결점을 제거하기 위해 Small Region Elimination 과 레이블링을 거치면 최종 결과가 나온다.

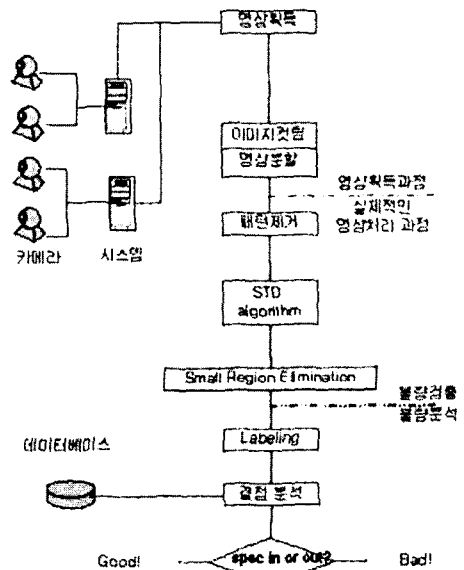


그림 5. 점 얼룩 검출 과정

Fig. 5. Point defects detection procedure

IV. 실험 결과

영상 획득 장치로는 Dalsa Piranha 2 라인 카메라를 사용하였고, 영상 캡처 보드는 Matrox Meteor II 를 사용하였다. 총 6 대의 라인 카메라로 하나의 LCD 패널을 촬영하고, 데이터베이스 통합 과정을 통해 하나의 영상으로 다시 합친다. 실험에서 사용한 영상은 그 중 하나의 카메라에서 획득한 영상으로, 영상의 크기는 1696 x 13689 이고, 휘도 분해능은 256 이다. 그림 6 에 나타낸 영상은 세 곳에 점 이물이 존재한다. 제안된 알고리즘으로 점 이물을 검출한 결과는 그림 7 에 나타내었다. 그림 7(a), (c), (e)는 점 이물이 존재하는 곳을 확대한 것이고, 그림 7(b), (d), (e)는 검출 각각 그림 7(a), (c),

(e)에 대해서 검출한 결과를 보여주는 것이다. 제안된 알고리즘이 성공적으로 저이물을 검출함을 알 수 있다.

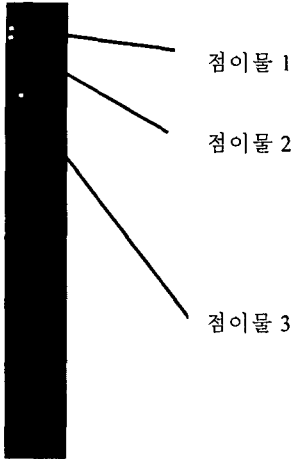


그림 6. 점 이물이 나타난 라인 스캔 영상
Fig. 6. A line-scan image having point defects

V. 결 론

본 논문에서는 라인 카메라 영상에서 점 이물을 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 BM 패턴 제거, 점 이물 후보를 찾기 위한 STD 알고리즘, 점 이물의 특징을 이용한 최종 점 이물 검출로 구성되어 있다. 실제 점 이물이 있는 영상을 이용한 실험결과에서 확인되듯이, 제안된 알고리즘은 점 이물들을 성공적으로 검출하였다.

비록 성공적으로 점 이물을 검출하기는 하지만, 여러 실험에서 몇 가지 문제점이 발견되었다. 큰 점 이물의 경우엔 점이물의 내부를 검출하는데 어려움이 있었다. 그리고, 영상에서 점 이물의 크기가 3 픽셀보다 작거나 배경과 이물의 명암도 차이가 적을 때는 검출력이 떨어진다. 이러한 검출력의 저하를 방지하고 안정적으로 점 이물을 검출하기 위해서는 정교한 STD의 적용 및 점 이물의 특징에 대한 체계적인 분석이 이루어져야 할 것이다.

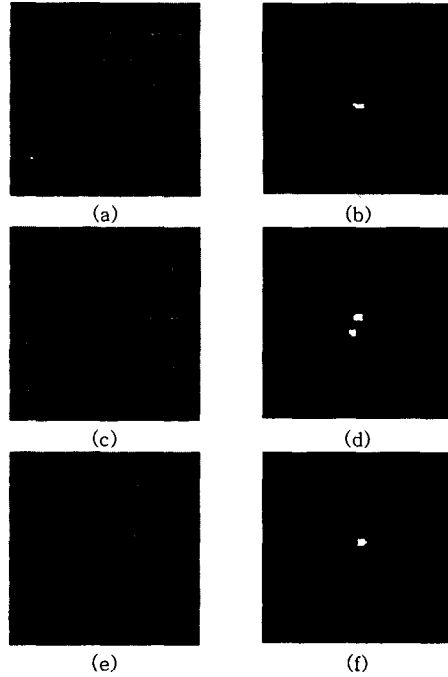


그림 7. 점 이물과 검출 결과: (a), (c), (e) 점 이물이 있는 영상, (b), (d), (f) (a)(c)(e)의 검출 결과

Fig. 7. Point defects and detection results: (a), (c), (e) Point defects, (b), (d), (f) detection results

참고 문헌

- [1] 이신두, 유창재 "테마기획/평판디스플레이 (1) 유기 평판 디스플레이 기술과 LCD 기술의 최근 동향", 한국전기전자재료학회, 2002.
- [2] 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 Int. Symposium on Industrial Electronics, vol. 1, pp. 101-105, Jun. 12-16, 2001.
- [3] T. Kido, "In-process inspection technique for active-matrix LCD panels," Int. Test Conference, 1992. p. 795, Sep. 20-24, 1992.
- [4] Dong-Min Kwak, Woo-Seob Kim, Doo-Hyun Choi, Young-Chul Song, and Kil-Houm Park, "Vision-based Mura detection for TFT-LCD panel," Int. Conf. on Computer, Communication and Control Technologies, Orlando, Florida, USA October 31, 2003.