

## LCD(Liquid Crystal Display) Panel의 결점 검사

이유진\*(선문대학교 제어 계측학과), 이종현(선문대학교 제어 계측학과),  
고국원(선문대학교 제어 계측학과), 조수용(선문대학교 제어 계측학과),  
이정훈(선문대학교 제어 계측학과)

### Automatic Inspection for LCD Panel Defect

Y. J. Lee(Control & Measurement), J. H. Lee(Control & Measurement), K. W. Ko(Control & Measurement),  
S. Y. Cho(Control & Measurement), J. H. Lee(Control & Measurement)

#### ABSTRACT

This paper deals with the algorithm development that inspects defects such as Bright Defect Dots, Dark Defect Dots, and Line Defect caused by the process of LCD(Liquid Crystal Display).

While most of LCD production process is automated, the inspection of LCD panel and its appearance depends on manual process. So, the quality of the inspection is affected by the condition of worker.

Especially, the more LCD size increases, the more the worker feels fatigued, which causes the probability of miss judgement. So, the automated inspection is required to manage the consistent quality of the product and reduce the production costs.

In this paper, to solve these problems, we developed the imaging processing algorithm to inspect the defects in captured image of LCD. Experimental results reveal that we can recognize various types of defect of LCD with good accuracy and high speed.

**Key Words** : 영상처리, LCD Panel, Dot Defect, Line Defect

#### 1. 서론

본 논문에서는 LCD(Liquid Crystal Display) Panel의 생산 과정에서 발생하는 Bright Defect Dots, Dark Defect Dots, Line Defect 등의 불량을 검출하는 알고리즘에 대하여 기술한다.

현재 세계인들이 사용하고 있는 디스플레이 장비의 상당수가 LCD로 교체될 것으로 예측되어 LCD의 수요가 급격하게 증가하고 이에 맞춰 LCD 생산업체의 생산이 가속화 되고 설비 투자가 확대되고 있어 일정한 품질과 신뢰성 및 검사 속도를 만족하는 자동화된 LCD검사 장비의 중요성이 크게 부각되고 있다. 하지만 대부분의 LCD 생산 공정은 자동화가 이루어져있는 반면 생산 중간 단계에서 LCD Panel의 외관 및 기능을 검사하는 공정은 작

업자의 시각 검사에 의존하고 있다. 기존의 검사가 작업자의 시각 검사에 의존하고 있기 때문에 검사자의 상태에 따라 검사의 질이 영향을 받는다. 특히 LCD의 크기가 커질수록 작업자가 쉽게 피로를 느끼며 오판의 가능성이 크기 때문에 제품의 품질을 일관성 있게 관리하고 생산비를 절감하기 위해서는 검사의 자동화가 필수적이다.

본 논문에서는 LCD Panel 검사 중 화질 검사에 해당하는 Bright Defect Dots, Dark Defect Dots, Line Defect 등의 불량을 검출하기 위한 알고리즘을 제안하고자 한다. LCD 검사는 LCD 화면의 일부분 샘플링 검사가 아닌 LCD Panel 전면 검사를 수행해야 하기 때문에 짧은 시간에 많은 양의 정보를 처리해야 하는 고속의 영상처리 시스템이 요구된다. 영상처리 고속화를 위해서는 기본적으로 간단하고

빠른 영상처리 알고리즘이 필요하고 빠른 영상처리를 위한 깨끗한 영상획득이 요구된다. 앨리어싱을 최소화시키기 위해서 고해상도의 카메라를 사용하여, 72um/pixel의 해상도로 LCD 1Pixel의 사이즈는 9X9로 LCD Panel의 영상을 획득하고, 고속의 영상처리를 위해 영상 전처리 과정에서 Red, Green, Blue 각각의 패턴을 서로 pixel operation을 수행하여 결점을 더욱 부각 시켰고, 이를 바탕으로 Bright Defect Dots, Dark Defect Dots, Line Defect 등의 불량을 검출한다.

제안된 알고리즘을 이용한 실험을 통해 LCD Panel의 결점 검사 결과, 높은 신뢰도와 빠른 검사 수행을 기대할 수 있다.

## 2. LCD Panel의 Color Filter

### 2.1 Color Filter의 구조

LCD의 칼라화면의 색의 구성은 backlight에서 나온 백색광이 액정 셀을 통과하면서 투과율이 조절되고 red, green, blue의 Color Filter를 투과해 나오는 빛의 혼색을 통하여 이루어진다. Color Filter기판은 Fig. 1과 같은 구조로 셀 사이의 빛을 차단하는 Black Matrix, 색상을 구현하는 RGB pattern, 액정 셀에 전압을 인가하기 위한 공통 전극으로 구성되어진다.

Color Filter의 R, G, B 배열 방법 Fig. 2와 같이 Stripe, Mosaic, Delta배열 등의 방법을 사용한다. Black Matrix는 Color Filter의 Pixel 사이에 형성되어 R, G, B 각 Pixel에서 나온 빛들이 서로 간섭을 하지 않도록 차단해주고 외부에서 들어온 빛이 반사되지 않도록 흡수하는 역할을 한다. 본 논문에서는 Stripe 배열 방법을 사용한 LCD Panel의 불량 검출에 대해 연구하였고, Black Matrix의 위치 정보를 이용하여 Unit Pixel을 분리하고 또한 각 Sub-Pixel을 R, G, B로 각각 분리하여 Defect검사를 용이하게 하였다.

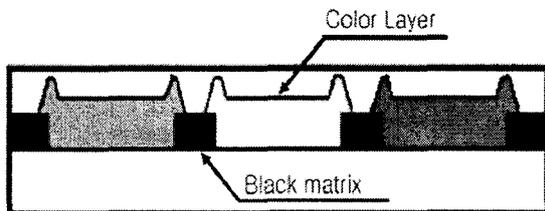


Fig. 1 Structure of Color Filter

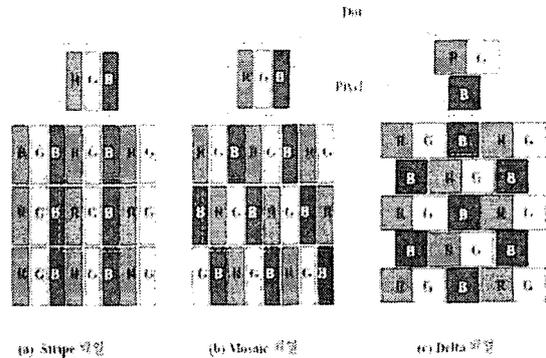


Fig. 2 Matrix of Color Filter

## 3. 제안된 검사 알고리즘

### 3.1 개요

본 논문에서 제안된 알고리즘은 Fig. 3에서와 같이 크게 Black Matrix 검출, 각 Sub-Pixel(Red, Green, Blue) 영역 분리, 각 Sub-Pixel(Red, Green, Blue) 밝기 정보 분석 및 Defect검출 순으로 검사가 진행이 된다. Black Matrix 검출은 Black Matrix의 위치를 검출함으로써 각 Sub-Pixel(Red, Green, Blue)의 좌표 정보를 얻어 각각의 Sub-Pixel을 분리/검사 하기위한 전처리 과정이고, 분리된 Sub-Pixel을 Red, Green, Blue 별로 밝기정보를 영역별로 분석하여, 정상 image로 미리 학습된 밝기 정보를 이용하여 Defect를 검사하였다.

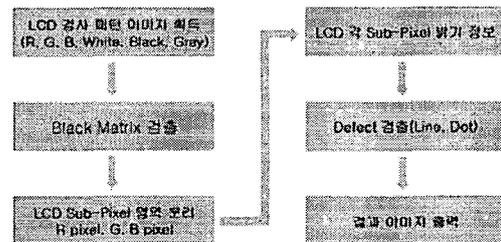


Fig. 3 Flow Chart

### 3.2 불량 기준

#### 3.2.1 Pixel Defect의 불량 기준

Pixel Defect란 Pixel이상에 의한 불량으로 주변보다 밝거나(휘점) 어둡게(암점) 나타나는 불량을 말한다.(Fig. 4 참조)

Pixel Defect는 암점(Dark Defect), 휘점(Bright Defect)으로 구분되어지고, Defect의 Contrast/Size에 따라 다시 재분류된다. Pixel Defect의 불량 기준을

살펴보면 약암점(Weak Dark), 약휘점(Weak Bright)의 불량 기준은 주변 Pixel의 밝기 정보와 비교하여 Contrast가 20%이상, 사이즈는 LCD Sub-Pixel 2/3이상인 경우를 , 강암점(Strong Dark), 강휘점(Strong Bright)의 불량 기준은 주변 Pixel의 밝기 정보와 비교하여 Contrast가 50%이상이고, 사이즈는 LCD Sub-Pixel 1/2이상인 경우를 기준으로 정한다.

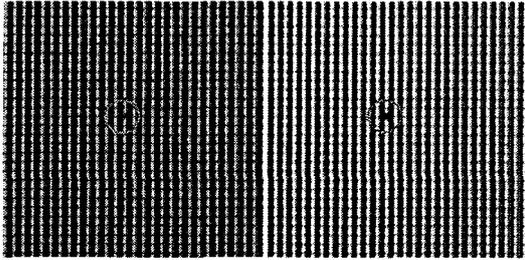


Fig. 4(a) Pixel Defect(Strong Dark)

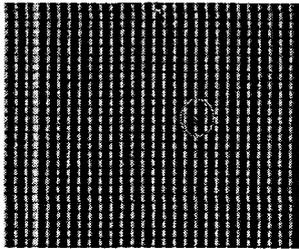


Fig. 4(b) Pixel Defect(Weak Dark)

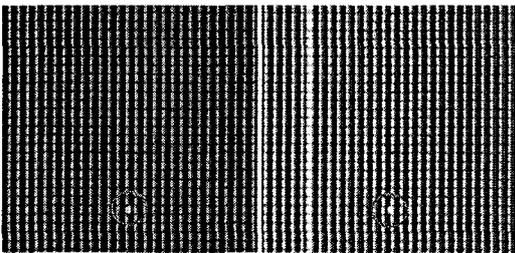


Fig. 4(c) Pixel Defect(Strong Bright)

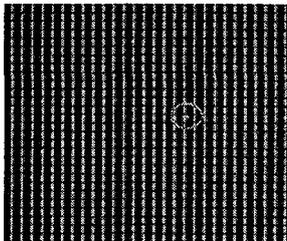


Fig. 4(d) Pixel Defect(Weak Bright)

### 3.2.2 Line Defect의 불량 기준

Line Defect란 Pixel Defect가 연속 5개 이상이 연결되어 주변보다 밝거나 어둡게 나타나는 불량을 말한다.(Fig. 5 참조)

Line Defect의 불량 기준은 주변 Pixel의 밝기 정보와 비교하여 Contrast가 20%이상, 사이즈는 Sub-Pixel이 5개 이상 연속으로 연결되어 있어야 한다.

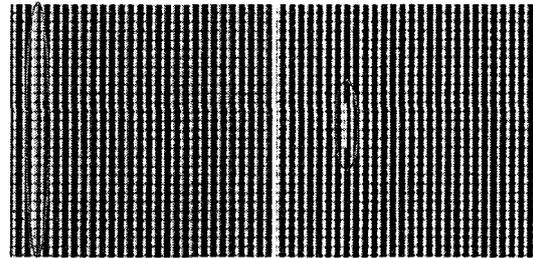


Fig. 5 Line Defect

### 3.3 불량 검출을 위한 전처리 과정

#### 3.3.1 패턴 매칭에 의한 Black Matrix 검출

불량 검출을 위한 전처리 과정으로 Black Matrix를 검출한다.

Black Matrix를 검출하기 위해서 양품 Sample들의 각 색상별 Sub-Pixel사이의 Black Matrix의 위치 정보를 분석한다. Black Matrix의 위치 정보를 분석하기 위해서 White, Red, Green, Blue 4가지의 패턴의 AND Operation 결과 값을 이용한다. 검사할 이미지의 Black Matrix를 검출하기 위해서 검사할 이미지와 양품 Sample들의 Black Matrix만의 정보를 가진 이미지의 패턴 매칭을 통해서 검사할 이미지의 Black Matrix 위치 정보를 검출한다. Fig. 6은 Black Matrix의 이미지와 각 패턴들의 이미지이다. Black Matrix의 이미지와 각 패턴의 AND Operation 결과 각 패턴의 Black Matrix의 위치를 검출 할 수 있다.

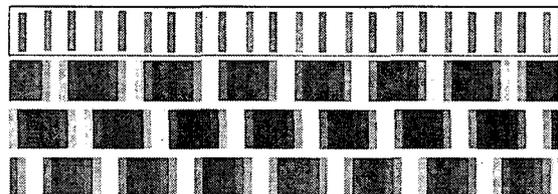


Fig. 6 Black Matrix & Pattern image

### 3.4 불량 검출

#### 3.4.1 BM을 이용한 Sub-Pixel 좌표 정보 추출

검출된 Black Matrix의 위치를 Fig. 7과 같이

Red-Green 사이의 Black Matrix는 RG\_BM으로 Green-Blue 사이의 Black Matrix는 GB-BM으로 Blue-Red사이의 Black Matrix는 BR\_BM으로 Define한다.

Define된 Black Matrix의 위치를 확인하며 LCD 각 색상 별 Sub-Pixel의 좌표 정보를 추출하고 각 Sub-Pixel별로 분류한다.

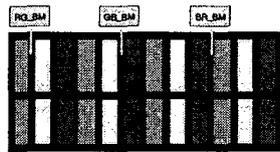


Fig. 7 Sub-Pixel & Black Matrix

### 3.4.2 Pixel Defect 검출

LCD의 Defect의 가장 큰 기준 및 정보가 Pixel의 밝기(Brightness)정보이다. 따라서 Pixel의 밝기 정보를 해석하여 이를 Defect를 검출하는데 적용하였다.

밝기 해석에 의한 불량 검출을 하는데 있어서 가장 큰 문제점은 Fig. 10과 같이 한 패턴의 이미지에서 Black Matrix와 각 색상 별 Sub-Pixel간의 Gray level의 차이가 현저히 달라 불량 검출 시 각 Sub-Pixel별로 검사를 해야 한다는 점이다. 이를 위해서 본 연구에서는 Black Matrix와 각 색상 별 Sub-Pixel의 분리하기 위해 검출된 Black Matrix의 좌표를 이용해 Black Matrix와 각 색상 별 Sub-Pixel을 구분하고 구분된 LCD Sub-Pixel 각각의 밝기 평균 정보를 추출/저장한다.

추출된 모든 Sub-Pixel의 밝기 정보를 양품 Sample들의 LCD 각 색상 별 Sub-Pixel의 밝기 정보를 베이스로 한 불량 기준과 비교하여 양품인지 불량인지를 결정한다.

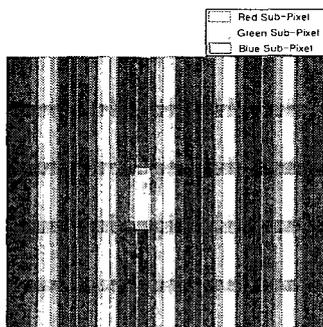


Fig. 8 Green Sub-Pixel Defect

### 3.4.2 Line Defect 검출

Line Defect는 Pixel Defect와 마찬가지로 각 Pixel의 밝기(Brightness)정보를 해석하여 Defect를 검출한다.

검출된 Defect들의 좌표들을 비교하여 연속으로 5개 이상의 Defect들이 연결되어 있는지 확인하여 Line Defect와 Pixel Defect를 구분하여 검출한다.

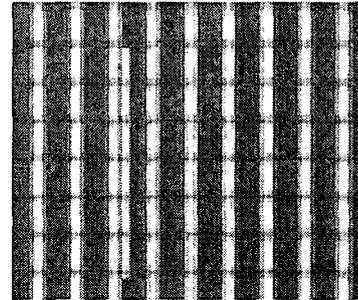


Fig. 9 Red Sub-Pixel Line Defect

## 4. 결론

본 논문에서는 LCD(Liquid Crystal Display) Panel의 생산 과정에서 발생하는 Bright Defect Dots, Dark Defect Dots, Line Defect 등의 불량을 검출하는 알고리즘에 대하여 기술하였다.

LCD의 Color Filter의 구조를 파악하고, Black Matrix의 특징을 고려/이용하여 LCD의 각 색상별 Sub-Pixel의 좌표 정보를 추출하여 각 Sub-Pixel 별로 분류하였다.

양품 sample들의 Sub-Pixel들의 밝기 정보를 해석하여 이를 바탕으로 Defect를 검출하는데 적용하여 불량을 검출하였다.

실험 결과 Pixel Defect는 95%, Line Defect는 97% 정도의 신뢰성을 검증하였고, 검사 시간은 7sec/panel 정도 소요됨을 확인할 수 있었다.

향후의 연구 계획은 Mura Defect등의 검사에 대한 알고리즘을 개발하고, 좀 더 많은 샘플들의 테스트를 통해 신뢰성을 검증하는 것이다.

## 후기

본 연구는 전문대학교 RRC 연구비지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Kim, Joo-han / LCD 패널의 결점 검출을 위한 영상 처리 하드웨어 및 알고리즘의 개발에 관한 연구 = An image processor with soft hardware for LCD panel inspection / 한국과학기술원
3. smdl.snu.ac.kr/Lecture/display1/chapter4-2\_SSKim.pdf
4. Du-Ming Tasi, Tse-Yun Huang / Automatic surface inspection for statistical textures / image & vision, pp 307-323, 2003