

TFT-LCD 결함패턴 추출에 관한 연구

조재수\*, 하광성\*, 이진욱\*, 김동현\*\*, 전재웅\*\*

\*한국기술교육대학교 멀티미디어전공, \*\* (주)DE&T

Study on Defect Cell Extraction of TFT-LCD Panel

Jae-Soo Cho\*, Gwang-Sung Ha\*, Jin-Wook Lee\*, Dong-Hyun Kim\*\*, Edward Jeon\*\*

\*Dept. of Multimedia Engineering, Korea University of Education and Technology, \*\*DE&T

**Abstract** - 본 논문은 TFT-LCD 영상에서 결함을 자동검색하여 결함이 있는 LCD 영상의 경우 결함이 있는 LCD 패턴을 정확하게 추출해 내는 방법을 제안하였다. TFT-LCD 영상에서 결함이 있는 LCD 패턴 검색은 세단계로 이루어진다. 1단계는 먼저 입력영상에서 LCD 패턴영상의 특징을 이용하여 각 LCD 패턴의 기준점을 찾는다. 2단계는 1단계에서 찾은 여러 기준점 중에서 필터링과정을 통하여 정확한 한 개의 기준점을 최종 선택한다. 마지막으로 3단계에서는 최종적으로 선택된 기준점을 이용하여 결함정보(결함중심 및 결함사이즈)를 이용하여 결함이 포함되어 있는 LCD 패턴을 추출한다. 제안된 결함패턴 추출 알고리즘의 정확성은 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 그 효용성을 증명하였다.

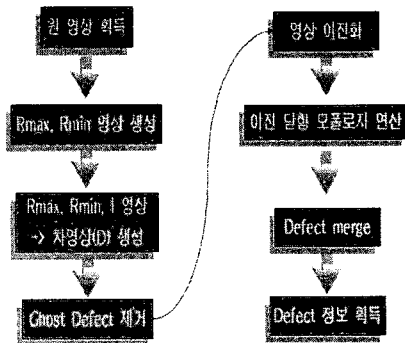
1. 서론

TFT-LCD 제조과정에서 사용되는 Auto-Repair System(이후, System이라 칭함) TFT-LCD 생산 공정 과정 중, 기 제작된 제품에 대하여 결함위치 및 크기 등을 검색하여, 검색된 결함유형과 등록된 결함코드(defect code)분류 등의 데이터베이스 자료를 바탕으로 자동으로 결함코드를 판별하여, 제품 결함에 대하여 수선처리(repair)를 하는 시스템이다. Auto-Repair System의 첫 번째 단계인 자동검색(auto-search) 단계는 카메라를 통해 얻은 규칙적인 영상 패턴 중에 결함위치를 판별하고, 사용자가 결함종류를 판별하기 쉽도록 화면상에 결함크기(defect size) 및 결함위치를 표시해주는 기능이다. 화면상에 보이는 이미지를 바탕으로 이미지 상에서의 결함위치 및 크기를 정확히 판별하여야 한다. LCD 화면의 결함검출은 예전에는 사람이 직접 육안으로 검출하였지만, 현재는 많은 LCD 제조업체에서 객관적이면서도 비용절감 효과를 얻기 위해서는 자동 검사 시스템[1]이 반드시 필요하다고 할 수 있다.

본 논문에서는 TFT-LCD 영상에서 검출된 결함에서 수선이 필요한 LCD 패턴(한 화소)을 정확하게 자동적으로 추출하는 방법을 제안한다. 이러한 결함패턴 검출 알고리즘은 먼저 자동결함 검색 시스템에서 넘어온 결함정보와 LCD 디바이스의 패턴정보(피치정보, 본 논문에서는 한 패턴의 피치정보 510x170)를 이용하여 결함이 포함된 LCD 패턴을 정확하게 추출해내는 방법을 고안하였다.

2. TFT-LCD 결함검출 방법

LCD 결함추출 방법은 이전연구[1]에서 자세하게 기술하였다. 일정한 패턴을 갖는 LCD 영상의 불량 검출을 위한 전체 알고리즘 순서도는 그림 1에 자세하게 나타내었다.



<그림 1> LCD 결함검출을 위한 자동검색(auto-search) 알고리즘

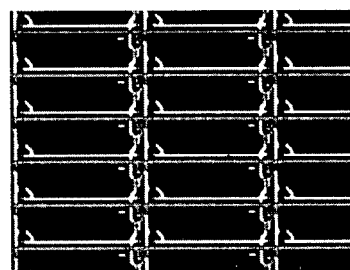
- ① 영상 획득 단계: 고해상도의 카메라를 이용하여 검사대상 영상을 획득한다.
- ②  $R_{max}$ ,  $R_{min}$ ( $x,y$ ) 영상 생성: 획득한 검사 대상 영상으로부터 범람 형태학적 처리를 이용한  $R_{max}(x,y)$ ,  $R_{min}(x,y)$  영상을 새롭게 생성한다.

- ③ 차영상  $D(x,y)$  생성: 전체 검사대상 영상에서 피치정보를 이용하여 검사할 패턴을 분할한 후, 각각의 패턴에 대하여  $R_{max}$ ,  $R_{min}$  영상에서의 우측 패턴이 기준영상이 되어 차영상을 생성한다. 이때 가장 우측의 패턴은 인접한 좌측의 패턴이 기준영상이 된다.
- ④ Ghost Defect 제거: 인접한 한쪽 패턴만을 가지고 차영상을 생성하므로 하나의 결함이 반복되어 나타나는 Ghost Defect가 발생하게 된다. 이러한 Ghost Defect는 AB Compare 알고리즘을 사용하여 제거하도록 한다. 생성된 차영상( $D(x,y)$ )에서 결함 후보들에 한하여 인접한 좌측패턴으로 3번 과정을 반복하여 Ghost Defect를 제거한다. 이때 결함 후보가 가장 좌측의 패턴에 존재할 경우 우측 2번째 패턴과 비교를 수행하고 가장 우측의 패턴에 존재할 경우 좌측 2번째 패턴과 비교를 수행한다.
- ⑤ 영상 이진화: Ghost Defect 가 제거된 차영상( $D(x,y)$ )을 적절한 임계값(threshold)을 이용하여 이진화한다.
- ⑥ 이진 닫힘 모폴로지 연산: 이진화 이미지에 대하여 노이즈 제거를 위한 이진 닫힘 모폴로지 연산(팽창 -> 침식 연산)을 수행한다. 또한 카메라의 하드웨어적 손실이라 할 수 있는 영상의 코너부분에서의 밝기차이를 결함으로 인식하지 않기 위해서 상하좌우 가장자리의 10 픽셀은 검색영역에서 제외한다.
- ⑦ Defect merge: 6번 과정에서 얻어진 이진화 이미지에서 일정 거리내의 인접한 결함들을 하나의 결함으로 병합한다.
- ⑧ Defect 정보 획득: 최종적으로 결함 정보(Defect 크기, 중심좌표 등)를 획득하고, 검사영상 위치에 Defect 위치를 표시한다.

3. LCD 결함패턴 추출방법

LCD 결함검출 방법에 의하여 추출된 결함을 반자동수선(semiauto-repair)하기 위해서는 결함이 포함되어 있는 LCD 패턴 셀을 정확하게 추출하는 과정이 필수적이다. 결함이 있는 LCD 패턴 셀을 정확하게 추출할 수 있다면, 작동자(operator)가 수선하는 수선코드(repair code)를 입력하면, 자동으로 결함이 있는 셀에 레이저로 수선하게 된다. 본 논문에서는 LCD 결함패턴을 추출하기 위해서 임의의 한 기준점을 이용하여 전체 LCD 패턴을 추출한 후, 결함 추출과정에서 획득된 결함 정보(결함의 중심점과 결함의 크기)를 이용하여 결함이 포함된 LCD 패턴을 추출하고자 한다.

그림 2는 임의의 한 LCD 디바이스의 영상을 보여주고 있다. 본 논문에서 제안하는 LCD 결함패턴 추출 흐름도는 그림 3에 나타내었다. 그림 3에서 기준점을 이용하여 패턴을 추출하는 이유는 다음과 같다. LCD 디바이스별로 패턴이 일정하고, 패턴의 크기가 동일하므로 빈번하게 수선이 일어나는 지점의 패턴 내 기준점으로부터의 상대위치는 동일하기 때문이다. 이때 어느 곳을 기준점으로 선택할 것인가가 문제인데, 모든 디바이스에 공통적으로 나타나는 특징을 이용하여 기준점을 찾아내는 것이 이상적이지만, 본 논문에서는 그림 2와 같은 디바이스에 적합한 기준점으로 데이터라인과 게이트 라인이 수직으로 만나는 지점의 색 차이가 뚜렷하다는 특징을 이용하였다.



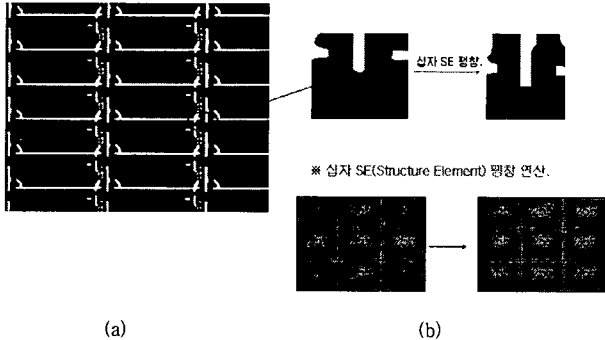
<그림 2> LCD 영상



<그림 3> 결함이 있는 LCD 패턴추출 순서도

이러한 특징을 이용하여 입력영상을 다음식(1)과 같이 이진화한다. 이진화된 영상에서 좀 더 정확한 기준점을 선택하기 위해서는 그림 4(b)와 같이 십자 구성소(structure element)를 이용한 이진 팽창연산을 수행한다. 이진 팽창연산을 수행하면 그림 4(b)의 확대화면에서 보는 것과 같이 데이터라인과 게이트라인이 만나는 끝부분이 정확하게 사각형모양이 됨을 확인할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{If } (R+G+B)/3 > 200, \quad B(x,y) = 255, \quad (1) \\ \text{else} \\ B(x,y) = 0 \end{aligned}$$

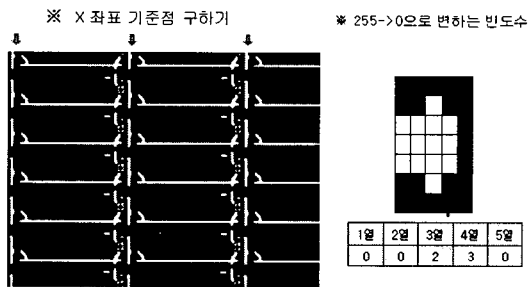


<그림 4> (a) 입력영상 이진화 결과, (b) 이진화된 영상을 십자 SE를 이용한 이진팽창연산 개념도

이진화되고, 이진팽창연산이 완료된 영상에서 화면에 보이는 모든 패턴의 기준점을 찾아야 한다. 각 패턴별로 샘플링 에러 또는 결합노이즈 등으로 인해 찾고자 하는 기준점의 위치가 조금씩 다를 수 있다. 찾고자 하는 정확한 기준점은 그림 5에 자세하게 표시하였다. 각 패턴별로 이러한 모든 기준점을 찾기 위해서는 모든 가로줄(Y좌표)과 모든 세로줄(X좌표)을 찾아야 한다. 모든 가로줄(Y 좌표)은 가로 한 줄의 화소값이 모두 0이 나타나면 첫 번째 모든 줄의 좌표가 기준점 Y 좌표이고, 세로줄(X 좌표)의 좌표는 그림 6과 같이 화소값이 255에서 0으로 변하는 빈도수가 가장 최대가 되는 좌표가 X좌표가 된다. 그림 7(a)는 이러한 X 좌표를 구하기 위한 개념도를 보여주고 있고, 임의의 예제영상에 대한 빈도수를 보여주는 히스토그램을 표시하였다. 그림 7의 히스토그램은 입력영상 패턴이 510x170임을 히스토그램을 통하여 잘 확인할 수 있다.



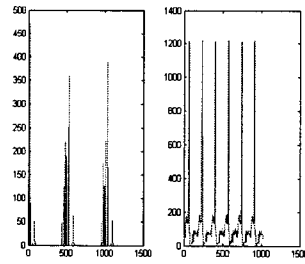
<그림 5> 찾고자하는 기준점의 위치



<그림 6> 기준점 X좌표 구하기

두 번째 단계는 영상의 특징을 이용하여 한 화면에 보이는 LCD 한 패턴에 대한 기준점을 찾은 후, 많은 기준점 중에서 좀 더 정확한 하나의 기준점을 최종적으로 선택하게 된다. 이 과정을 거치는 이유는 영상의 특징을 이용하여 찾은 기준점들 중 일부는 영상의 노이즈나 샘플링 에러 및 결합 등으로 인하여 기준점이 잘못 선택되어질 수 있기 때문이다. 그림 8은 4개의 테스트 영상에 대하여 기준점을 찾은 후 각 기준점들에 대한 좌표값들에 대한 리스트를 보여주고 있다. 영상 3에는 데이터라인부에 결합이 있어서 기준점(부정확한)이 3개가 더 생겼다. 영상 한 개당 5개 이상의 기준점이 1픽셀 정도 차이를 보인다. 직접 이미지를 확대하여 본 결과 이는 데이터라인부와 게이트라인이 교차되는 지점에서 1픽셀의 차이가 발생하였기 때문이다.

영상1	영상2	영상3	영상4
24.76	19.80	15.86	25.74
24.245	19.250	15.256	25.244
23.415	19.420	15.426	25.414
23.585	19.589	15.595	25.584
23.755	19.759	15.765	25.754
23.925	19.929	15.935	25.923
533.76	528.80	524.86	534.75
533.245	528.250	524.310	534.244
533.415	528.420	524.480	534.414
533.585	528.590	524.650	534.584
533.755	528.760	524.820	534.754
533.925	528.930	524.990	534.924
1042.76	1038.80	1034.86	1043.74
1042.245	1038.250	1034.310	1043.244
1042.415	1037.420	1033.480	1043.414
1042.585	1037.590	1033.650	1043.584
1042.755	1038.760	1033.820	1043.754
1042.925	1038.930	1033.990	1043.924
		1033.765	
		1034.935	



<그림 7> (a) X 기준점 히스토그램 (b) Y 기준점 히스토그램

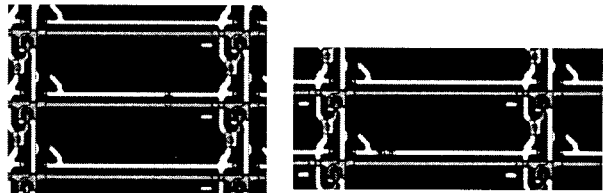
<그림 8> 선택된 기준점들

그림 8과 같이 선택된 기준점들에서 가장 정확한 한 개의 기준점을 골라내는 검증 과정이 필요하다. 패턴의 간격이 일정하다는 점과 패턴의 간격을 미리 알아낼 수 있다는 점을 이용하여 가장 적합한 하나의 기준점을 찾아내고 그 기준점을 이용해서 결합이 있는 패턴의 기준점위치를 계산해내는 방식을 이용할 수 있다. 가장 적합한 기준점을 찾기 위해 선택된 기준점들에서 필터링 과정을 수행한다. 모든 기준점들에 대하여 자신과 다른 기준점과의 거리 차를 계산하여 그 거리 차이가 패턴 간격의 배수와 일치하는 기준점의 갯수를 센다. 그리하여 가장 많은 갯수를 가진 기준점을 가장 적합한 기준점으로 최종선택하게 된다.

2단계에서 선택된 한 개의 정확한 최종 기준점을 이용하여, 마지막 단계에서는 결합정보를 활용하여 결합이 포함된 LCD 패턴을 추출하게 된다.

#### 4. 실험결과

3절에서 제안한 결합이 있는 LCD 패턴의 한 셀 또는 두 개의 셀(결합이 2개의 셀에 걸쳐 있는 경우)을 추출하는 실험결과를 그림 9에 나타내었다. 본 논문에서 제안한 방법을 사용하여 결합이 있는 영상을 테스트한 결과 거의 모든 영상에서 원하는 LCD 패턴을 추출할 수 있었다.



<그림 9> 실험결과들

#### 5. 결론

본 논문에서는 1차적으로 LCD 영상의 결합을 검색한 후, 결합이 있는 영상에서 결합이 있는 LCD 패턴(한 화소)을 정확하게 추출해 내는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 먼저 LCD 디바이스의 각 패턴이 가지고 있는 특징을 이용하여 모든 패턴의 기준점을 추출한 후, 추출된 기준점에서 가장 정확한 하나의 기준점을 최종적으로 추출하게 된다. 이 과정에서 잘못된 기준점들은 사라지게 되고, 최종적인 하나의 정확한 기준점을 얻을 수 있다. 찾아진 기준점과 디바이스의 피치사이즈(pitch size)를 이용하여 결합이 있는 패턴을 정확하게 추출하게 된다.

추후연구과제로는 각 패턴의 기준점을 찾는 과정에서 모든 LCD 디바이스에 공통적인 특징을 이용하여 기준점을 찾는 연구가 추가된다면, 본 논문에서 제안한 알고리즘이 다른 LCD 디바이스에도 범용적으로 사용할 수 있을 것이다.

#### [참고 문헌]

- [1] 조재수, 하광성, 이진욱, 홍석창, "영상 형태학적 처리를 이용한 TFT-LCD 불량검출에 관한 연구", 제20회 신호처리합동학술대회, 경북대, 2007.10.
- [2] [1] Hiroyuki Onishi, etc, "A Pattern Defect Inspection Method by Parallel Grayscale Image Comparison without Precise Image Alignment", IECON -PROCEEDINGS, Vol. 3, No. 2002.
- [3] Takashi Hiroi, Shunji Maeda, etc, "Precise Visual Inspection for LSI Wafer Patterns Using Subpixel Image Alignment" Proceedings of 2nd IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, IEEE, 1994, pp. 26 ~ 34.
- [4] 디지털 영상처리 이론 및 실습, 권준식 외 공역, 홍릉과학출판사