

# 영상처리를 이용한 TFT-LCD의 불량 검출

이규봉, 곽동민, 최두현, 송영철, 박길흠  
경북대학교 전자공학과  
전화 : 053-940-8849 / 핸드폰 : 011-9858-2902

## Defect detection for TFT-LCD panel using image processing

Kyu Bong Lee, Dong Min Kwak, Doo Hyun Choi, Young Chul Song, Kil Houm Park  
School of Electrical Engineering and Computer Science,  
Kyungpook National University  
E-mail : pupstar@pupstar.com

### Abstract

In this paper, an automated line-defect detection method for TFT-LCD panel is presented. A DFB (Directional Filter Bank) and line-projection method are used to find line-defect which is one of the major defects occurred in TFT-LCD panel. The experimental results show that the proposed algorithm gave promising results for applying automated inspection technique for TFT-LCD panel.

### I. 서론

TFT-LCD 모니터는 제조 과정에서 여러 종류의 불량들이 나타난다. 이런 불량으로 인해 모니터 화면의 색깔이 고르지 않거나 선이나 점 등의 얼룩이 나타난다. 불량들의 원인과 형태에 따라 수리가능 여부가 결정되므로 생산비용을 줄이고 양질의 모니터를 제조하기 위해서는 얼룩을 빠르고 정확하게 검사하여 정상제품을 선별하는 것이 중요하다. 그러나 현재 이러한 검사는 육안에 의존하므로 많은 비용이 소비되며 불량 검출 시 재현성이 부족하다. 따라서 객관적이면서도 비용절감 효과를 얻기 위해서는 자동 검사시스템의 도입이 반드시

필요하다.

본 논문에서는 TFT-LCD 패널에 나타나는 여러 가지 불량 중 빈번하게 발생하는 선형 얼룩을 영상처리 기법을 이용해서 자동으로 검출하는 방법을 제안한다. 영상처리를 이용한 TFT-LCD 패널 자동 검사 알고리즘 개발에는 몇 가지 어려움이 따르는데, 첫째로 패널 자체의 휘도 레벨이 전면에 걸쳐 비선형적으로 나타나며, 패널에 신호가 인가된 후에도 활성화 시간에 따라 휘도 분포가 변하게 된다. 둘째, 배경조명(back light)의 위치와 확산 시트 등의 내부 구조에 따라 모델별로 각각 다른 영상특성을 가지게 된다. 이러한 어려움으로 인해서 일반적인 에지 연산자 등의 영상 분할 기법을 적용하기가 힘들다.

본 논문에서는 방향성 필터 뱅크(Directional Filter Bank : DFB)를 이용한 방향별 부대역 특징과 라인 프로젝션 기법을 통해서 비선형성을 가지는 배경에 존재하는 라인성 얼룩을 효율적으로 검출하는 알고리즘을 제안한다. 또한, 스캔 공정 중에 무지개 모양으로 발생하는 스캔 얼룩을 DFB 부대역 계수의 주기성을 이용하여 검출하였다. 먼저, 2장에서 TFT-LCD 패널 영상의 특성, DFB, 그리고 제안하는 라인성 얼룩 추출 알고리즘에 대해서 설명하고, 3장에서는 59장의 실험 영상에 대한 실험 결과를 살펴보고, 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

## II. TFT-LCD 영상의 불량 검사

### 2.1 TFT-LCD 영상과 불량 형태

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

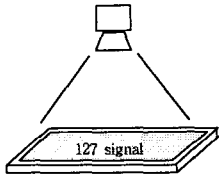
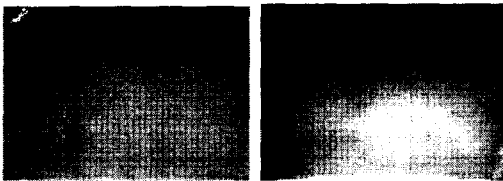


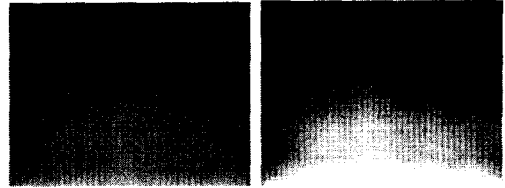
그림 1. 영상 획득

그림 2는 선형 불량이 있는 LCD 패널에서 획득한 영상이다. (a)는 원영상이고 (b)는 히스토그램 평준화 후의 영상이다. LCD 패널이 갖고 있는 휘도가 비선형성을 가지는데, 이는 LCD 모델에 따라 배경조명의 위치와 개수, 그리고 신호가 인가된 후의 활성화 시간에 영향을 받는다. 또한 어떤 선형 불량일 경우 얼룩과 주변부와의 밝기 값의 차이가 거의 없으므로 일반적인 영상 분할 방법을 적용하여 검출하기가 어렵다.

LCD 패널에서 선형 얼룩은 여러가지 원인에 의해 발생한다. 정전기에 의해 트랜지스터가 고장나거나 전압의 불균형이 원인인 경우 수평 또는 수직으로 발생하고 러빙 공정 시 러빙포의 훼손으로 인해 생기는 경우 패널의 이동방향으로 여러 개의 선의 형태로 나타난다. 그림 2(a)에서 일반적인 선형얼룩의 예를 나타내었다. 선형얼룩은 영상의 가로 혹은 세로 방향으로 처음부터 끝까지 길게 이어져 있고 위치와 폭, 밝기가 일정하지 않다. 스캔얼룩은 스캔 공정상에서 발생하는 얼룩으로 그림 2(d)와 같이 영상 전체에 무지개 모양으로 나타난다.



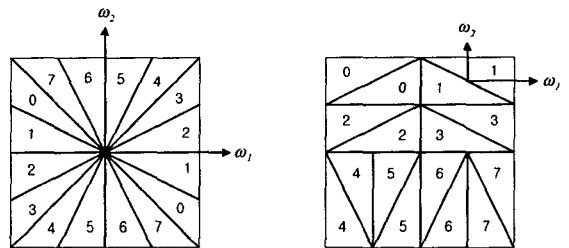
(a) 선형 얼룩 (b) 히스토그램 평준화



(c) 스캔 얼룩 (d) 히스토그램 평준화  
그림 2. 선형 얼룩이 있는 TFT-LCD 영상

### 2.2 방향성 필터 뱅크

방향성 필터 뱅크는 처음 Bamberger와 Smith에 의해 제안된 것으로 본 논문에서 사용한 방법은 주파수 혼합 현상(frequency scrambling)을 제거한 방법을 사용하였다[1]. 그림 3(a)와 같이 입력 영상이 가지고 있는 방향별 대역 성분을 방향성 필터 뱅크를 이용해서 그림 3(b)와 같은 8개 방향별 대역으로 분리해낸다.



(a) 입력 (b) 8개의 부대역 출력  
그림 3. 8대역 방향성 필터 뱅크의 주파수 분할 맵

그림 4는 DFB를 테스트 영상에 적용한 결과이다. (a)의 원영상에 DFB를 적용한 결과를 0~255레벨로 스트레칭하여 (b)에 나타내었다. 각 대역별로 특정 방향의 직선만이 두드러져 보이는 것을 확인할 수 있다. 그림 4(b)에서 보듯이 수평 방향의 불량은 5,6번 대역, 수직 방향 불량은 1,2번 대역에서 그 특징이 두드러져 보이므로 각각의 대역을 이용하여 특정 방향의 선형 불량에 관한 중요한 정보를 얻을 수 있다.



(a) 원 영상 (b) 각 방향별 대역 영상  
그림 4. 방향별 대역 영상

2.2 제안된 알고리즘

본 논문에서는 전압의 불균형 등으로 생기는 수직 또는 수평 방향의 선형 얼룩과 스캔 공정 중에서 발생하는 스캔 얼룩을 검출하는 알고리즘을 제안하는 데, 전체적인 흐름도는 그림 5에 나타내었다.

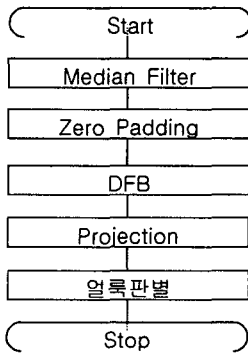


그림 5. 전체 흐름도

먼저, 전처리 과정으로 원영상에서 잡음의 영향을 줄이고 DFB를 적용할 수 있는 크기의 영상을 만들어 주기 위해 중간값 필터링과 영삽입(zero-padding)을 사용하였다. 획득 영상에서 불량인 부분과 주변부와의 밝기 값의 차이는 8비트 그레이 영상에서 3정도에 불과하며 경계가 명확하지 않으며 카메라의 잡음 불량 화소에 의한 밝은 점 등의 노이즈가 존재할 수 있다. 주변과 밝기 차이가 많이 나는 픽셀들은 DFB 적용 결과에 강한 방향성분으로 작용하기 때문에 잡음의 영향을 줄이면서 경계선의 선명도를 보존할 수 있는 중간값 필터링(median filtering)을 이용하였다. 그리고, DFB를 적용하기 위해서는 영상이 8의 배수인 정사각형이어야 하므로 원영상에 영삽입을 한다.

DFB를 거친 후 각 대역의 계수 값은 -1에서 1사이의 실수값을 가지며 5번 대역과 6번 대역에서 가로 방향의 직선 성분을 검출할 수 있는 값들이 나타난다. 이 두대역의 값들은 서로 반대 부호를 가진다.



(a) 원영상 (b) DFB 결과  
그림 6. 선형 이물에 대한 DFB결과 영상

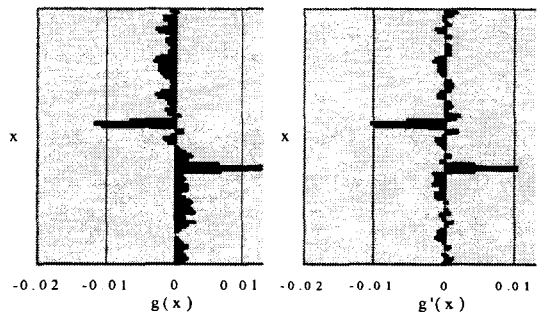
그림 6(a)는 신호 생성기를 이용해서 만든 선형 얼룩을 가지는 영상을 나타낸다. 그림 6(b)는 입력영상에 대한 DFB를 적용한 결과를 스트레칭하여 나타낸 것이다. 그림 6(b)영상에서 5,6번 대역의 1/2 지점에서 가로 방향의 띠가 존재한다는 것과 5번 대역과 6번 대역은 서로 다른 부호를 가짐을 알 수 있다.

선형 얼룩과 스캔 얼룩을 검출하기 위해 약간 다른 프로젝션 과정을 거친다. 두 경우 모두 가로 방향으로 프로젝션을 한다. 선형얼룩은 영상에서 직선의 형태가 나타나지만 스캔얼룩의 경우 영상의 좌, 우측에서는 직선 성분을 갖지 않고 가운데 30% 정도의 영역에서만 수평방향의 직선성분을 가진다. 그래서 선형얼룩의 경우 DFB 결과의 전 영역을 프로젝션하고 스캔얼룩은 가운데 30% 부분만 프로젝션을 한다. 직선 성분을 나타내는 5,6번 대역의 부호가 서로 반대방향이므로 5,6번 대역의 차를 프로젝션하여 직선 성분을 더욱 두드러지게 한다. 세로방향의 선형 얼룩은 영상을 90도 회전한 후 처리한다. 다음 식들은 각각 선형 얼룩과 스캔얼룩의 프로젝션을 나타낸다.

$$g(x) = \sum_{k=0}^{w/4} [B_5(x, k) - B_6(x, k)] \quad (1)$$

$$g(x) = \sum_{k=w/3}^{w*2/3} [B_5(x, k) - B_6(x, k)] \quad (2)$$

식 (1)에서  $w$ 는 영상 전체의 가로 길이이다. DFB 결과가 5,6번 대역의 가로 길이는 원영상의 1/4로 줄어들고 세로 길이는 1/2로 줄어든다. 프로젝션 결과 1차원 데이터에서 고대역 통과 필터링(high pass filtering : HPF)으로 저주파 성분을 제거하여 그림 7과 같은 결과를 얻는다. 그림 7(a)는 식 (1)을 사용한 프로젝션 결과를 나타낸다. 그림 7(b) 고대역 통과 필터링(HPF)을 통해서 휘도분포의 비선형성에 의해서 나타나는 저주파 성분을 제거한 후의 결과이다.



(a) 프로젝션 결과 (b) HPF후 결과  
그림 7. DFB결과 5,6번 대역과 프로젝션 결과

선형 얼룩의 위치와 폭은 프로젝션 결과에서 부호가 다르고 절대값이 큰 두개의 피크의 위치와 간격으로 결정된다.

"A new directional filter bank for image analysis and classification," in *Proc. Int. Conf. Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol. 3, pp. 1417-1420, 1999.

### III. 실험 결과 및 고찰

실험에는 20장의 정상영상과 29장의 불량영상을 사용했다. 불량 영상은 LCD모니터에 가로 방향과 세로 방향으로 강도를 달리하여 각각 10장씩 임의로 생성시킨 20장의 영상과 9장의 생산 공정상에서 불량으로 판정된 패널에서 획득한 영상을 사용했다.

표 1에 제안한 알고리즘에 대한 실험 결과를 나타내었다. 정상영상에 대해서는 오검출하는 경우는 없었으나 불량영상에 대해서는 29장 중 3장의 오검출이 있었다.

[3] 전유혁 외, "LCD 결함검사 알고리즘에 관한 연구", 대한전자공학회, pp.637-640, 1999. 11.

표1. 선형 얼룩 검출률

	오검출 수(장)	오검출률(%)
불량 영상	3	10.3%
정상 영상	0	0

### IV 결론

본 논문에서는 TFT-LCD에서 발생하는 선형의 이물질을 영상처리를 이용하여 검출하는 방법을 소개했다. DFB를 사용하여 아주 희미한 얼룩이 두드러지는 것을 확인할 수 있었다. 일부 불량 영상은 영상획득의 환경이 일정하지 않고 시료 또한 다른 모델이기 때문에 입력 영상간의 편차가 심하였기 때문에 오검출하는 경우가 생겼으나, 동일한 모델의 시료를 사용하여 일정한 환경에서 획득한 영상에 대해서는 우수한 성능을 보여주었다.

향후 많은 실험 데이터를 바탕으로 한 선형 불량에 대한 검출 성능 향상과 선형이 아닌 다양한 불량에 대한 검출 알고리즘 개발에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

### 참고문헌(또는 Reference)

- [1] R. H. Bamberger and M. J. T. Smith, "A filter bank for the directional decomposition of images: Theory and design," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 40, no. 4, pp. 882-893, 1992.
- [2] S. Park, M. J. T. Smith, and R. M. Mersereau,