

3차원 모델링과 반복비교를 통한 TFT-LCD 패널의 결점 검출

이경민, 장문수, 박부건
 경북, 포항공과대학교, 전자전기공학과, 790-784

Defect Inspection of TFT-LCD Panel using 3D Modeling and Periodic Comparison

Kyong-min Lee, MoonSoo Chang, PooGyeon Park

Electrical and Computer Engineering Division, Pohang University of Science and Technology, Pohang, Gyeongbuk, 790-784, Korea

Abstract - In this paper, we propose a novel defects inspection algorithm for TFT-LCD panels. We first compensate the distorted image caused by the camera distortion and the uneven illumination environment using the least squares method and the bezier surface. We find a starting point of each pattern. The reference frame, made by subtract method using several clean patterns, is compared to each pattern to find defects. The simulation example shows that our algorithm not only inspects the defects well, but also is robust to the 1-pixel error.

1. 서 론

현재 TFT-LCD패널은 평면TV, 컴퓨터 모니터, 휴대폰 등등의 다양한 분야의 전자기기의 표시장치로 널리 사용되고 있다. 이렇게 각광을 받고 있는 TFT-LCD는 치열한 시장 경쟁에서 살아남기 위해서는 패널의 완성도와 신뢰성을 높일 필요성이 있다. 이와 관련하여 TFT-LCD패널의 컬러필터 결점을 검사하는 방법에 대해서는 많이 연구가 진행 되어왔다[1-5]. 하지만 LCD패널에 에칭 트랜지스터가 배열된 상태에 대한 결점 검출을 하는 방법에 대해서는 연구가 미진한 상태이다[6-7].

이에 본 논문에서는 패널 검사를 위해 최소 자승법과 베지어 곡면(Bezier Surface)을 이용한 사전 영상 보정을 실시하고, 에칭 트랜지스터의 반복성을 이용한 결점 검사를 실시하는 알고리즘을 제안한다. 사전 영상 보정은 조명과 카메라 렌즈의 조정 왜곡으로 인한 밝기 차이를 보정하고, 이 결과를 이용해서 반복성을 조사하여 결점 검출을 하게 된다.

이어지는 2장 본문에서는 우선 이미지 선 처리의 필요성을 살펴보고, 처리 방법을 제시하고, 적용한 결과를 살펴본다. 그리고 이어서 반복성을 이용한 오류 검출에 대한 설명과 방법을 적용한 결과를 제시하고, 3장 결론에서 제안된 방법과 그 결과를 다시 살펴보고 정리하도록 하겠다.

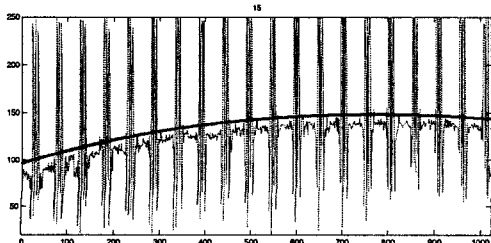
2. 본 론

2.1. 밝기 오차 보정을 위한 이미지 선처리

점차 커지는 TFT-LCD 패널의 크기에 따라서 결함 검출에 더 넓은 범위의 FOV(Field of View)를 가지는 카메라가 사용된다. 대부분의 간단한 결합 검출은 반복성을 이용하는 경우가 많은데, FOV가 큰 카메라에서 조명이 나쁘면 반복성이 떨어지게 된다. 실제 공정에서 결합 검출 장비의 설치 환경이 이상적이지 못하거나 조명기구 자체의 한계로 인해 전체에 걸쳐 일정한 밝기를 얻기는 어렵다. 따라서 한정된 범위의 영상을 제한해서 검사를 하는 것이 일반적이지만, 앞서 언급한 것처럼 단위 영상에서 검출해야 할 패널면적이 점차 커질 것을 요구받는 현실에 비추어 이것은 적절하지 못하다. 본 논문에서는 검출할 대상의 조명을 다원 형태로 한정하고, 반복되는 형태의 TFT-LCD 패널의 특성을 살려서 밝기 오차를 보정하도록 하겠다.

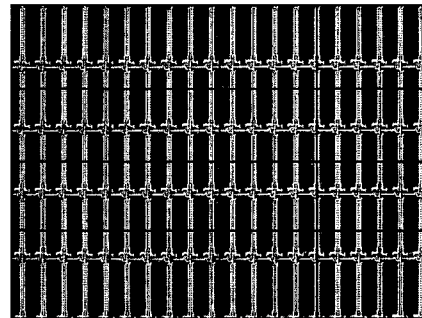
2.1.1 최소자승법과 베지어 곡면

이미지 전체에 걸쳐 변화하는 밝기의 값은 TFT-LCD의 패널 회로 모양이 반복적인 형태를 가지고 있기 때문에, 반복을 이용해서 전체의 추세를 추정하여 얻는다. 상대적으로 느리게 변하는 밝기 값을 이용하기 위해서 최소자승법(Least-Square Method)을 사용한다. 그림 1은 영상의 한 라인에 밝기 값으로 표현했고 이를 입력으로 최소 자승법을 이용해서 추정하였다.



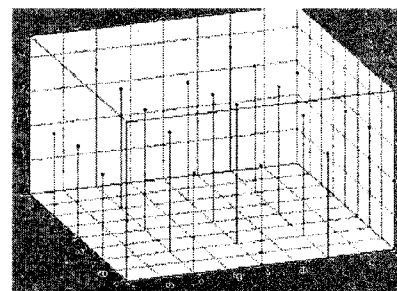
<그림 1> 임의의 한 라인에 대한 최소자승법을 이용한 밝기 추정

이렇게 추정된 가로방향과 세로방향의 라인들을 이용해서 밝기 보정을 하게 되면 주변 라인과의 불연속성이 생기기도 하고, 가로와 세로간의 밝기 값 차이가 나기도 하며, 무엇보다도 계산 비용이 많이 소요된다. 따라서 적절한 보간 방법이 필요하다. 본 논문에서 제안한 알고리즘에서는 영상에서 라인을 적절히 선택해서 사용하게 되었다 (그림 2). 따라서 적절한 보간 방법을 도입해야 한다.



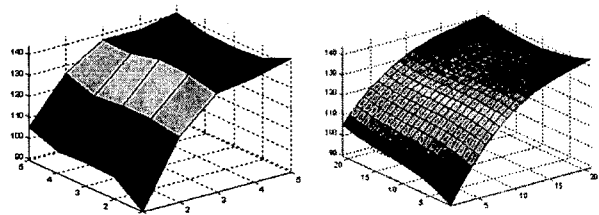
<그림 2> 영상 밝기 보정을 위한 샘플 라인 추출

곡선들의 보간을 위해서는 다양한 방법이 많지만 곡선간의 부드러운 보간을 위한 방법들은 대부분 계산 비용이 많이 필요하다. 제안된 알고리즘에서는 곡선을 보간하지 않고 일차로 서로 보간된 곡선간의 교차점을 이용해서 베지어 곡면(Bezier Surface)을 그려서 이를 보간하도록 한다 (그림 3).



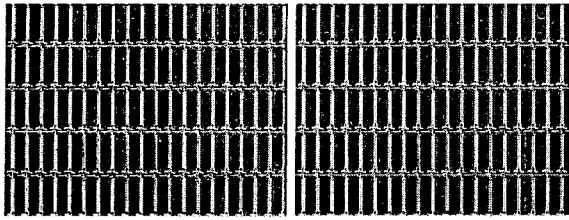
<그림 3> 최소 자승법으로 추정된 밝기 곡선의 교차점 샘플

적절한 숫자의 데이터 입력이 보장된다면, 베지어 곡면은 연속적이고 부드러운 곡면을 나타내게 된다 (그림 4).

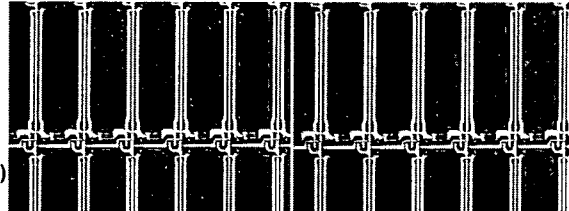


<그림 4> 샘플 포인트를 이용해서 구성한 베지어 곡면

이 결과로 얻어진 베지어 곡면은 원 영상에 대해서 추가된 조명의 편차 밝기의 추정 값으로 볼 수 있으므로 이 면의 반전 역상을 구하게 되면 보정해야 할 수치를 쉽게 얻을 수 있다. 이를 이용해서 원본 영상에 보정값을 더해주면 밝기가 균일한 보정된 영상을 얻을 수 있다 (그림 5, 그림 6).



〈그림 5〉 밝기 보정 전후 영상의 비교(좌: 원본 영상)



〈그림 6〉 보정 전후 부분 영상 비교(좌: 보정된 영상, 우: 원본 영상)

2.2. 검점 검출

밝기 보정을 하는 선 처리를 끝내면 이미지의 밝기가 고르게 된다. 기존 반복 패턴의 결합 검출에서 많이 쓰이는 방법은 반복되는 구간의 크기별로 이미지를 만들어서 서로 간의 차이를 구하고, 그 차이의 크기나 차이가 나는 영역의 임계값을 적절히 정해주는 것을 통해 오류를 검출했다. 하지만 이 방법의 큰 단점은 반복성이 잘 유지되지 않으면 결과가 나쁘다는 것이다. 앞서 수행했던 밝기 보정 처리는 이미지 가장자리의 한 패턴과 중앙부의 패턴이 밝기로 인해서 같은 패턴으로 인식되지 않는 문제를 해결할 수 있었다. 이런 밝기 요소를 제외하면, 에칭 과정 자체가 화학적인 요소를 거치기 때문에 발생하는 비반복성을 고려해야 하겠다. 이 문제를 해결하기 위해서 패턴 전체의 연결 상태나 인공신경망과 같은 방법을 도입하게 되면 계산수행시간이 길어진다. 따라서 기존의 반복을 이용한 영상 차이를 구하면서, 작은 크기의 비반복성을 무시하기 위해서 반복 주기를 기준 이미지를 통해서 다시 한번 조사하는 방법을 도입하였다.

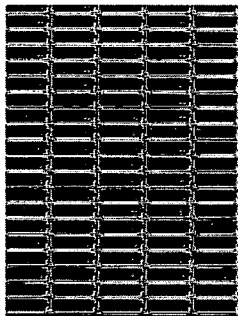
2.2.1 샘플영상을 이용해서 반복 주기를 조정하는 결합 검출

깨끗한 상태의 기준 영상에서 한 패턴을 추출한다. 기준 영상은 결합이 없기 때문에 기준 영상에서 패턴간의 차이를 구해서 임계값을 설정한다(그림 7).



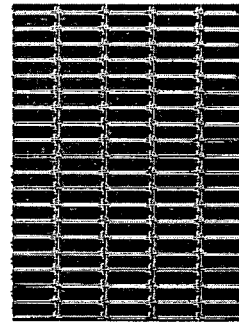
〈그림 7〉 기준 영상으로 얻은 임계값 맵

더불어 기준 영상에서 패턴에서 고유한 특징을 가지는 작은 부분 그림을 추출한다. 이 잘라낸 작은 기준 영상 패치를 통해서 새로이 얻은 영상에서 반복주기를 재설정한다. 이때 반복주기를 찾는 방식은 기준 영상 패치와 얻은 영상 간의 차이의 합(Sum of Difference)을 이용한다(그림 8).

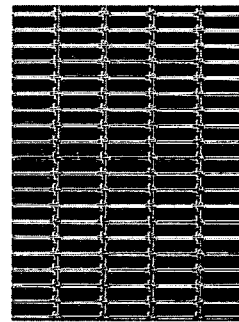


〈그림 8〉 기준 샘플을 이용해서 얻은 반복 주기 (원형 표시)

이렇게 얻어진 새 주기를 이용해서 각 패턴간의 오차를 찾는다. 샘플 이미지의 패턴을 이용하지 않는 것은 각 얻어진 영상의 패턴상의 위치에 따라 밝기의 상대값이 약간씩 다르기 때문이다. 얻어진 오차 영상(그림 9)에서 원치 않는 오차를 위한 기준을 적용하고 나면 우리가 원하는 오차를 얻게 된다(그림 10).



〈그림 9〉 패턴간의 반복 차이를 이용한 오차 표시



〈그림 10〉 최종적인 반복 오류 검출

3. 결 론

본 논문에서는 TFT-LCD 패널의 반복성을 이용해서, 오류를 검출하는 방법의 정확도 개선을 위해서 취득 영상의 밝기를 최소화법을 통해서 보간을 하고 여기서 다시 샘플링을 해서 베지에 곡면을 이용해서 균일화 하였다. 이렇게 얻은 영상에서 반복되는 특정 패턴의 주기를 다시 보정해서 미세한 비반복성 에러를 제거하는 알고리즘을 제안하였다. 또한 실제로 TFT-LCD공정에서 얻은 영상을 통해 이를 검증하였고 그 결과를 보였다. 따라서 본 논문에서는 기하학적인 조명의 불균형을 해결하는 일반적인 알고리즘을 제안하였고 비반복 에러를 줄이기 위한 주기 조정 방법을 사용하였다. 영상 조명 개선 방법은 향후에 더 정밀한 반복성 패턴 결합 검사와 결합하여 더 좋은 결과를 낼 수 있다고 기대된다.

4. 감사의 글

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITA-2007-C1090-0701-0004)

본 연구는 정보통신연구진흥원 및 정보통신부의 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 지원을 받고 있는 포항공과대학교의 OFDM 기반 광대역 이동 인터넷 연구센터 (BrOMA)에 의해 지원받았음(IITA-2007-C1090-0701-0037)

[참 고 문 헌]

- [1] J. H. Kim, S. Ahn, J. W. Jeon, and J. E. Byun, "A High-speed High resolution Vision System for the Inspection of TFT LCD", Proceedings, ISIE 2001, IEEE International Symposium, vol.1, pp.101-105, 2001.
- [2] K. Nakashima, "Hybrid Inspection System for LCD Color Filter Panels", 10th International Conference on Instrumentation and Measurement Technology, Hamamatsu, Japan, pp. 689-692, 1994.
- [3] C. L. Chang, H. H. Chang, C. P. Hsu, "An intelligent defect inspection technique for color filter", Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Mechatronics, Taiwan, 2005.
- [4] Y. Zhang, J. Zhang, "A fuzzy neural network approach for quantitative evaluation of mura in TFT-LCD", Neural Networks and Brain, 2005. ICNN&B '05, vol.1, pp.424-427, 2005.
- [5] K. B. Lee, M. S. Ko, J. J. Lee, T. M. Koo, K. H. Park, "Defect Detection Method for TFT-LCD Panel Based on Saliency Map Model", TE NCON 2004. 2004 IEEE Region 10 Conference, vol.A, pp.223-226, 2004.
- [6] C. M. Tseng, C. W. Tsai, C. S. Lin, Y. C. Lu, C. C. Hung, "Automatic Inspection of Etching Transistors in TFT-LCD Panel", Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Mechatronics, Taiwan, 2005.
- [7] K. M. Lee, M. S. Chang, P. G. Park, "Periodic Comparison Method for Defects Inspection of TFT-LCD Panel", ROCOM 2007, Hanzhou, 2007.