

TFT-LCD의 결함 검출을 위한 원근 변환 기반의 패턴 제거 방법

이준재[†], 이광호^{**}, 정창도^{***}, 박길흠^{****}, 박윤범^{*****}, 이병국^{*****}

요 약

TFT-LCD의 결함은 LCD 패널 자체에 존재하는 패턴으로 인해 원본영상과 입력영상 간의 차영상에 문턱치를 적용하여 검출한다. 그러나 카메라의 특성에 기인한 기하학적인 왜곡에 의해, 패널의 패턴 주기에 해당하는 피치가 영상의 중심에서 멀어질수록 심하게 달라진다. 본 논문에서는 주어진 피치영역의 상하좌우 주변영역과의 비교에 기반한 검출을 제안한다. 이때, 왜곡 보정을 위해 피치계산을 위한 특징점을 추출하고 원근변환을 수행한다. 현장 데이터에 대한 실험을 통해 제안방법의 우수성을 입증한다.

Pattern Elimination Method Based on Perspective Transform for Defect Detection of TFT-LCD

Joon-Jae Lee[†], Kwang-Ho Lee^{**}, Chang-Do Chung^{***},
Kil-Houm Park^{****}, Yun-Beom Park^{*****}, Byung-Gook Lee^{*****}

ABSTRACT

Defects of TFT-LCD is detected by thresholding the difference image between the input image and template one because LCD panel has its inherent patterns. However, the pitch corresponding to pattern period is gradually changed according to the distance from the center of camera due to geometric distortion of camera characteristics. This paper presents a method to detect defects through comparing the pitch area with neighbor pitch areas where the perspective transform is performed with the extracted features to correct the distortion. The experimental results show that the performance of the proposed method is very effective for real data.

Key words: TFT-LCD Inspection(LCD 검사), Defect Detection(결함 검출), Vision Inspection(시각 검사), Machine Vision(머신 비전)

※ 교신저자(Corresponding Author): 이준재, 주소: 대구 시 달서구 달구벌대로 1095, 전화: 053)620-2177, E-mail: joonlee@kmu.ac.kr

접수일: 2011년 12월 6일, 수정일: 2011년 12월 22일

완료일: 2012년 4월 30일

[†] 종신회원, 계명대학교 게임모바일콘텐츠학과 교수
(E-mail: joonlee@kmu.ac.kr)

^{**} 정회원, 경일대학교 전자공학과 교수
(E-mail: kwangho@kiu.ac.kr)

^{***} 준회원, 타이코에이애플 연구소 선임연구원
(E-mail: cdjung@te.com)

^{****} 정회원, 경북대학교 전자전기공학부 교수
(E-mail: khpark@ee.knu.ac.kr)

^{*****} 정회원, 서원대학교 수학교육학과 교수
(E-mail: ybpark@seowon.ac.kr)

^{*****} 정회원, 동서대학교 컴퓨터정보공학부 교수
(E-mail: lbg@dongseo.ac.kr)

※ 본 연구는 한국연구재단 기초연구사업 (2010-0023438, 2010-0009003)의 지원으로 수행되었음.

1. 서 론

액정 디스플레이는 기존의 CRT 디스플레이 장치를 대신해, 가볍고 전역적인 컬러 표현이 가능하며, 전력 소모량이 적은 장점으로 인해 점점 그 사용이 증가하고 있다. 이러한 발달과 함께 제조공정에서 LCD 패널의 결함 검출이 제품의 질과 직결 되는 중요한 공정으로 인식되어 왔다. 평판 디스플레이 장치에 결함이 생기는 이유는 제조 과정에서 제조 기계의 오작동, 먼지나 분진에 의한 미세한 결점, 제조자의 실수 등 많은 이유에 의해 생긴다. 이렇게 생긴 결함은 디스플레이 장치의 상품성을 낮추고, 사용자에게 불편을 주게 되므로, 제조 공정에서 평판의 결함을 검출하는 작업이 매우 중요하다.

제조 공정에서 현재까지의 결함 검출 방법은 전기적인 특성 테스트와 시각적 테스트로 나눌 수 있으며, 전기적인 불량검사는 주로 기능적인 검사로 주로 조립이 완전히 끝난 완제품을 전원을 넣어 검사하는 사후검사에 해당하며 결함이 발견 되면 분해 후 재조립 하는 과정을 거쳐야 하는 단점이 있다. 시각테스트는 화질에 주요 영향을 주는 미세 결함을 주로 검출하는 것으로서 조립 전에 인라인으로 수행하는 사전 검사의 형태로, 불량을 미리 검출하여 신뢰도를 높이고, 비용절감의 효과로 인해 그 사용이 점점 증가하고 있다[1-2].

TFT-LCD의 결함은 크게 매크로(macro) 결함과 마이크로(micro) 결함으로 나누고, 이에 대한 결함검출 방법과 접근은 매우 다르다. 전자는 넓은 영역에 걸쳐 얼룩이나, 여러 화소에 걸쳐있는 결함을 검출하는 것으로 수십 mm의 해상도로 영상을 획득한다. 후자는 한 화소내의 구성성분에 존재하는 아주 작은 결함을 검출하는 것으로 수 um의 해상도로 영상을 획득한다.

매크로 결함 검출은 필름이나, 유리기판 등의 검사와 마찬가지로 대상체로부터 멀리 떨어져 찍기 때문에 화소를 구성하는 구조패턴이 없이 배경이 스무드한 휘도 성분을 가지고 있고, 얼룩 결함, 점 결함, 선결함 등 주로 여러 화소에 걸쳐 나타나는 결함을 말한다. 지금까지 문헌에 나타난 결함 검출 알고리즘은 주로 이런 매크로 결함을 검출하는 방법에 관한 것으로 주변 조명과 카메라 기하학에 기인한 휘도 변화를 보상하는 방법에 대한 연구가 많았다. 즉, 배

경의 휘도 변화가 심해 단순 문턱치나, 미분연산자로 쉽게 결함을 검출하기 어렵기 때문에 이를 보상하는 것에 대한 것이다. 이러한 방법들에는 컨벌루션 필터와 미리 정해진 특정 형태를 지니는 표준모델을 이용한 필터를 이용하여 LCD의 결함을 찾는 방법[2], 특정 크기의 마스크를 이용한 불균일한 휘도 변화와 낮은 대비를 갖는 결함의 검출 방법[3], 적응적인 문턱값을 다양하게 적용하여 결함을 찾는 방법[4], 퇴행 진단법을 이용한 영상 분할 기법으로 결함의 후보영역을 찾고 사람의 눈으로 결함인지 아닌지를 판단하는 방법[5], 휘도 측정기를 이용하여 LCD 패널 영상을 여러 부분으로 나누고 가중치를 준 이동 평균 기법의 분산을 이용한 결함 검출 방법[6], 돌출 맵 모델을 기반을 둔 TFT-LCD의 결함 검출 방법[7], 불균일한 휘도를 B-spline 근사화로 보정하는 방법[8], 퍼지 이론을 적용한 TFT-LCD의 결함 검출 방법[9], 방향성 필터 뱅크와 적응적인 다중 문턱값을 이용한 TFT-LCD의 선결함 검출[10], LOG 필터를 이용한 수직 밴드 무라(mura)와 흩어져 있는 모양의 무라를 검출하는 방법[11] 등이 있다.

반면, 마이크로 결함은 고해상도의 카메라를 이용하여 수 화소내의 영역을 촬영하고 화소내에 존재하는 다양한 패턴에 존재하는 결함을 검출하는 것으로, 복잡한 패턴에도 불구하고, 이를 찾아내는 알고리즘에 관한 것이다. 초기에는 TFT-LCD의 구조가 규칙적으로 격자무늬 형태로 이루어져 있어서, 반복적인 패턴을 갖는 텍스춰 성분만 제거하고, 결함만 존재하는 영상에서 이를 추출하는 방법에 대한 연구가 수행되었다[1-2]. 그러나, 최근에는 패턴구조가 매우 복잡해서 이러한 방법으로는 다양하고 복잡한 패턴을 제거할 수 없다. 이러한 연구에는 특이치 분해를 이용하여 격자무늬 패턴을 제거하는 방법[1], 적당한 웨이블릿 분해의 밴드들을 조합하여 패턴을 제거한 후에 재구성된 평면에서 우세한 부분을 결함으로 검출하는 방법[12] 등이 있다.

지금까지의 연구들은 대부분이 필름이나, BLU, 유리기판 등 패턴이 없거나, 패턴이 있다 해도 단순한 격자 무늬로서 주파수 영역이나, SVD를 가지고 간단하게 해결할 수 있는 문제에 국한되어 있다. 그러나 실제 TFT-LCD 공정단계에서 나타나는 각 셀의 형태는 그림 1에 나타난 것처럼 패턴이 아주 많거나 복잡해서 이러한 단순한 방법으로는 해결할 수 없다[1].

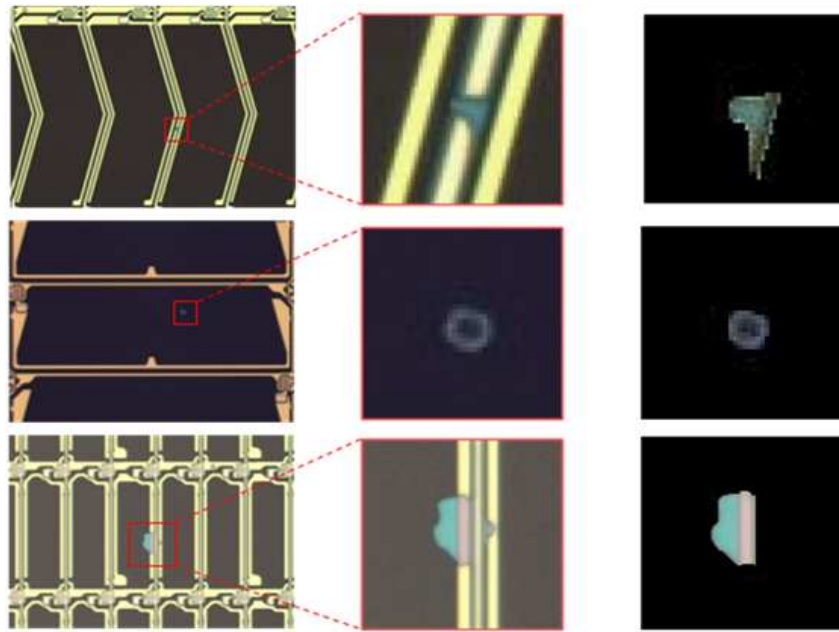


그림 1. 다양한 형태의 TFT-LCD 패턴 및 결함.

또한 물체의 이송에 따른 해상도의 변화, 회전 등 기하학적인 변형이 존재하여, 이의 정밀도를 높이기 위한 보정을 포함한 혁신적인 방법이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 TFT-LCD 기판을 획득한 영상으로부터, 패턴의 주기(피치라 부름)를 자동으로 찾아내고, 이를 미리 정의한 주기로 원근 변환하여 보정을 하고, 한 피치내에 있는 영상에 대해 주변의 피치 영상과의 차를 이용해 각 패턴이 제거된 영상을 얻고, 이 영상을 분할하여, 그 분할된 영역내의 색상과, 영역, 모양을 이용하여 결함을 판단하는 알고리즘을 제안한다. 본 논문은 2장에서 획득되어진 영상(제조 공정에서 카메라로 얻은 영상)에 대한 특징을 설명하고, 이런 특징들에 따른 결함 검출의 어려움에 대해 기술한 후, 3장에서 제안하는 알고리즘의 단계별 설명을, 4장 실험 및 결과에서 실제 제조공정에서 사용되는 영상에 대한 실험결과를 정리하고, 5장에서 결론을 기술한다.

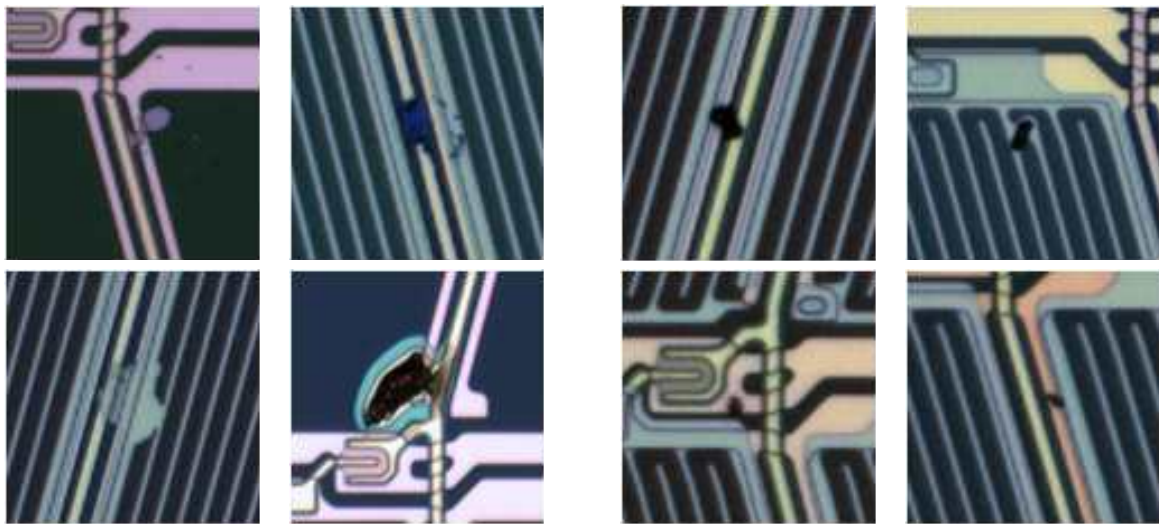
2. TFT-LCD 패널 영상의 특징 및 결함

제조 공정에서 사용되는 카메라로 획득된 TFT-LCD 패널은 32인치 52인치 등 점차 대 화면으로 확대되고 있으며, 고정밀도의 품질 성능을 보장하기 위해 카메라의 해상도도 점점 정밀해지고 있다. 패턴내의 결함을 검출하는 검사장비는 최소 2um 이하의

측정정밀도를 요구하고 있으며, 이를 만족하기 위해서는 인라인 공정상에서 실시간으로 검사하기 위해서는 수십대의 라인 또는 영역 카메라 및 처리 시스템이 필요하다. 본 논문에서는 4096×4096 픽셀 크기의 칼라 카메라로 얻은 영상에 대한 결함을 추출 알고리즘을 제시하고 실험을 통해 검증한다. 결함은 제조 공정상에서 다양한 원인에 의해 나타나며, 그 공정상의 결함의 종류도 많다. 그림 2는 4096×4096 영상에 존재하는 결함영역 주위에 256*256 화소 크기로 나타낸 것으로 치명적(killer) 결함 및 비치명(nonkiller) 결함으로 구분한다. 치명적 결함은 특정 부분의 유실, 물질이 흘러서 주위의 선과 합쳐지는 등 회로에 이상을 주는 치명적인 것이고, 비치명적 결함은 단순히 먼지 같은 이물이 묻어서 불거나 간단한 후처리로 제거할 수 있는 것을 말한다. 따라서 결함 검사의 목적은 결함 대상 영역을 추출하고, 이 영역에 대한 칼라나 모양정보 등의 특징벡터를 통해, 치명적 결함만을 추출하는 것을 말한다.

3. 피치 비교를 이용한 패턴 제거 방법

4096×4096 혹은 그 이상 되는 크기의 영상에서 결함 영역을 추출하는 것은 패턴이 있는 경우에 쉽지 않다. 간단한 방법으로는 원본모델(template)을 가지고 있어서 이들과의 차를 구하고 이 차 영상을 해석



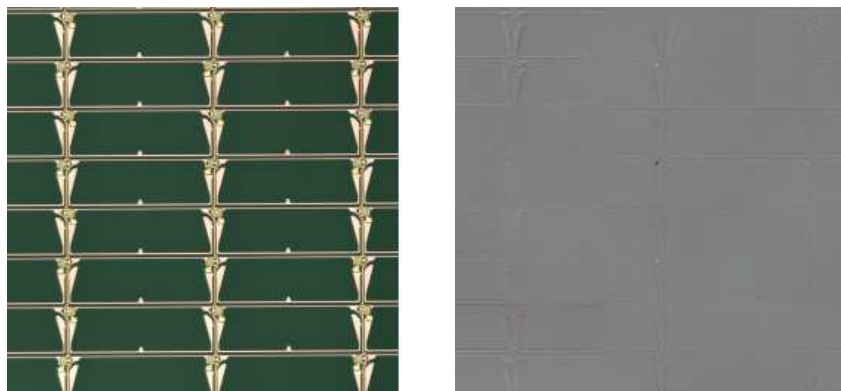
(a) 치명적 결함 (b) 비치명적 결함(이물)

그림 2. 다양한 형태의 치명적 및 비치명적 결함

하는 방법이 있다. 이 방법은 여러 피치를 포함하는 입력영상일 경우, 원본 영역을 등록하고, 이들 사이의 영상차를 구하여 해석하는 방법이다. 그러나 카메라와 물체사이의 거리 및 조도의 변화로 인해, 입력영상과 원본영상이 달라 오차를 많이 나타낸다. 이를 보완하기 위해 입력영상 자체 내에서 원본영역을 추출하여, 이것과 차이를 구하는 방법이 있으나, 이 역시 두 영역사이가 조명의 휘도변화 및 왜곡에 기인하여 오류가 발생한다. 이의 대안으로 한 피치영역에 대해 4 방향의 주변 영역과 차를 구하고 이들의 평균을 취하는 방법은 알고리즘이 간단해서 쉽게 구현할 수 있다. 물론 가장자리 부분은 존재하는 부분만 처리를 한다. 그림 3은 한 피치영역에 대해 상하좌우의 영역과 비교를 하는 것을 나타낸다. 즉, 빨간 테두리

영역을 처리하기 위해 흰색 테두리가 그려진 주변의 4 영역과 각각 차를 구하여 평균을 구하면, 동일한 패턴이 존재하는 부분은 사라지고, 결함이 있는 영역만 남게 된다.

결함 검출 성능의 주요 요인으로는 결함 또는 이물영역의 분할 정확성 (blob정합성)과 결함 검출을 위한 특징 추출이다. 한 피치영역에 대한 회전과 이동이 발생할 경우 이를 보정하는 시간이 많이 걸린다. 또한 렌즈의 왜곡에 기인하여 주변부에서 결함이 부정확하게 추출될 수 있다. 이를 보완하기 위하여, 입력영상으로부터 특징 매칭을 통해 피치를 구하고 이들 사이를 적절한 크기로 재설정한다. 이렇게 하면 각각의 피치 영역을 정해진 피치의 크기로 변환하게 되게, 그렇게 되면 회전 및 사영으로 인한 보정을



(a) 원영상 (b) 피치비교 후 차영상

그림 3. 피치 비교 방법

쉽고 빠르게 처리할 수 있다.

4. 제안한 원근 변환에 의한 결함 검출방법

본 논문에서는 TFT-LCD의 인라인 공정상에서 패턴내에 존재하는 결함을 고정밀로 검사하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 원근변환을 통해 회전 및 왜곡된 영상을 미리 정의한 크기로 변환한 후, 피치 비교 방법에 의해 패턴이 제거된 차영상을 만들고, 이 차영상으로부터 결함영역을 추출한 후, 결함내의 칼라분포나, 결함영역의 모양정보를 이용하여 결함여부를 판별하는 알고리즘으로 그림 4에 나타내었다. 획득한 영상은 수평 직선과 비교해보면 왼쪽과 오른쪽이 6~8 pixel 차이가 있는 원근왜곡(perspective distortion)이 존재한다. 이를 원래의 형태로 변환하기 위해서는 대응을 위한 점을 찾아, 이에 대응하는 이미 정의된 점으로 변환식을 구하면, 입력영상의 모든 점이 왜곡이 없는 이상적인 영상으로 변환된다.

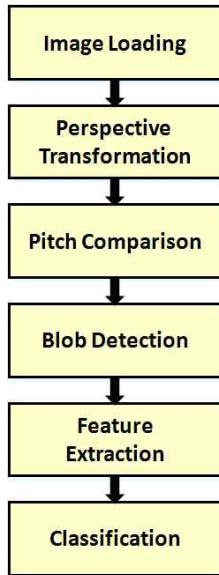


그림 4. 원근변환에 의한 결함 검출 흐름도

4.1 카메라 기하학 및 원근 변환

평면 물체와 카메라 평면의 각도에 따라 센서의 투영되는 모양은 다르게 나타난다. 즉, TFT-LCD의 크기는 일정하나, 카메라와 물체와의 거리, 각도에 따라 다르게 투영된다. 이러한 두 개의 평면을 매핑하는 변환으로 수학적 정의는 아래와 같이 세 점이 일직선상에 놓이면 변환 후 세 점도 직선상에 놓일

때 이 변환을 투영변환(projective transformation)이라 한다. 투영변환은 선형변환으로 아래와 같이 수식으로 표현할 수 있고 여기에서 변수 8개를 결정하면 된다. 여기서 미지수

$m = \{m_0, m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6, m_7\}$ 로 정의한다.

$$x_t = \frac{m_0x_u + m_1y_u + m_2}{m_6x_u + m_7y_u + 1}, \quad y_t = \frac{m_3x_u + m_4y_u + m_5}{m_6x_u + m_7y_u + 1} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} x_t \\ y_t \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_0 & m_1 & m_2 \\ m_3 & m_4 & m_5 \\ m_6 & m_7 & m_8 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_u \\ y_u \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

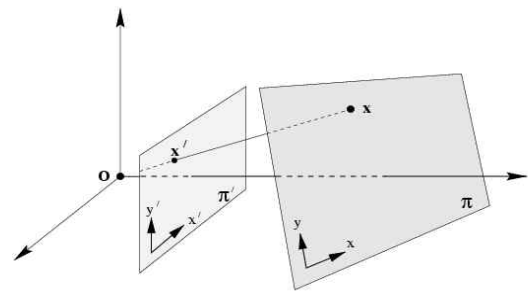


그림 5. 두 평면의 매핑



그림 6. 투영왜곡의 제거

그림과 같이 영상의 투영왜곡을 제거할 수 있는 변환이다. 변수가 8개이므로 왼쪽 영상에서 좌표 4개를 구하고 변환하고자 하는 왜곡이 없는 좌표를 결정하면 아래 오른쪽과 같은 영상을 구할 수 있다. 왼쪽 영상에서 보다 안정적인 변환식을 구하기 위해서는 보다 많은 점들이 필요하고 이때는 다음과 같이 선형대수학의 이론을 이용하여 구할 수 있다. 주어진 특징 점들의 대응 $\{(x_u^i, y_u^i), (x_t^i, y_t^i)\}, i=1, \dots, n$ 에 대하여, $2n \times 9$ 크기의 A행렬을 다음과 같이 구성하면

$$A = \begin{bmatrix} x_t^1 y_t^1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_u^1 x_t^1 & -x_u^1 y_t^1 & -x_u^1 \\ 0 & 0 & 0 & x_t^1 y_t^1 & 1 & -y_u^1 x_t^1 & -y_u^1 y_t^1 & -y_u^1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_t^n y_t^n & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_u^n x_t^n & -x_u^n y_t^n & -x_u^n \\ 0 & 0 & 0 & x_t^n y_t^n & 1 & -y_u^n x_t^n & -y_u^n y_t^n & -y_u^n \end{bmatrix} \quad (3)$$

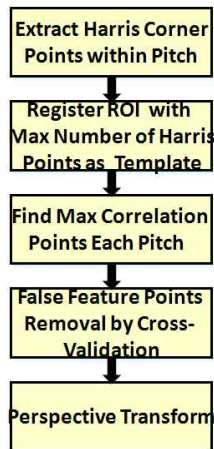


그림 7. 원근변환을 위한 특징추출

이렇게 추출한 특징점을 가지고 원근변환을 하기 전에 신뢰성있는 특징만을 선별하는 과정을 거친다. 이는 원근변환후에 얼마나 정확한 타겟영상이 생성되는데 영향을 미치게 되고, 궁극적으로 시스템의 성능에 중요한 영향을 미치게 된다.

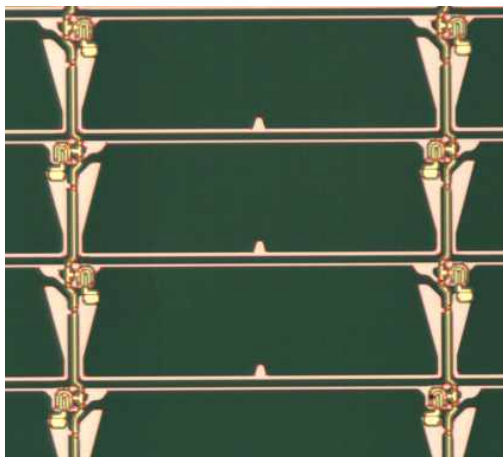
즉, 원근변환을 하기위한 특징점의 개수가 현재의 피치를 기반으로 할 경우 너무 적어서 잘 못 찾았을 경우, 변환결과가 좋지 않다. 특징점의 개수를 늘리

는 것이 필요하다. 따라서 피치를 기반으로 특징을 추출하는 것이 아니라 반복되는 패턴의 주기를 기준으로 선택하여 많은 특징점을 추출하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 피치기반으로 특징점을 추출한 것이 아니라, 입력영상의 반복적인 주기를 사용자가 선택하고 입력하게 하는 다이얼로그 상자를 추가하여 신뢰성 있는 원근변환을 할 수 있도록 한다.

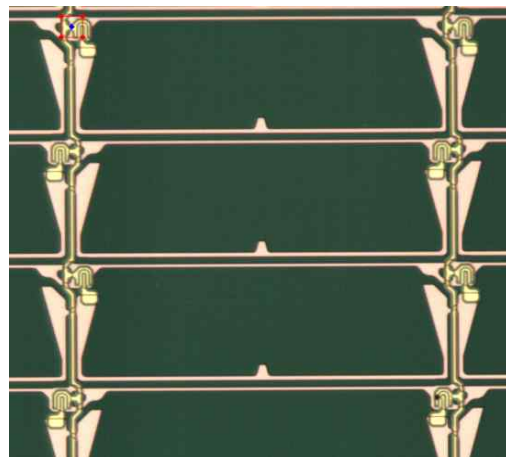
특징점 추출시 이물 또는 결함 영역에 의해 잘못 추출되는 경우가 발생하므로 이들을 제외해야 한다. 그림 8은 잘 못 찾은 점 및 결함으로 인한 특징점을 빨간색으로 표시하였다. 현재의 특징 추출 알고리즘은 화소기반이므로 좀 더 정밀한 추출을 위해서는 부화소 기반으로 처리하는 것이 필요하다.

4.2 피치 검출을 위한 특징 추출

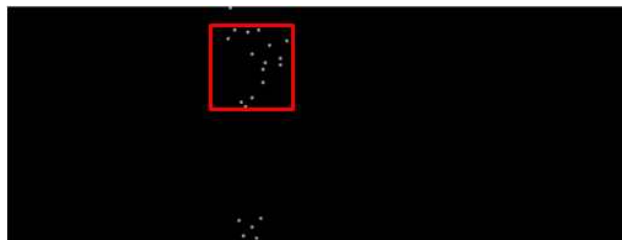
피치 검출을 위한 특징을 추출하기 위해 특징이 두드러지거나 많은 부분을 선택해야 한다. 그래야 이를 기준으로 다음 피치 주위에서 가장 정합이 잘되는 위치를 찾고, 이로부터 원근변환을 한다. 먼저, 한 피치내에서 Harris 코너점을 추출하고, 가장 특징 수가



(a) Harris Points 추출

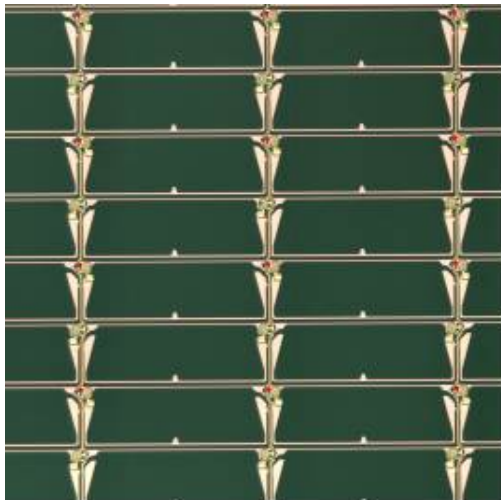


(c) 특징점의 수가 최대인 영역 추출



(b) 특징점의 수가 최대인 영역 추출

그림 8. 특징점 영역추출



(a) 추출한 점의 영상

- 1 - [228.00 32.00]
- 2 - [794.00 30.00]
- 3 - [1360.00 26.00]
- 4 - [231.00 410.00]
- 5 - [796.00 406.00]
- 6 - [1362.00 403.00]
- 7 - [233.00 787.00]
- 8 - [799.00 783.00]
- 9 - [1364.00 780.00]
- 10 - [235.00 1164.00]
- 11 - [801.00 1160.00]
- 12 - [1367.00 1157.00]

(b) 추출한 점의 좌표

그림 9. 템플릿 매칭을 통해 추출한 점

많은 영역을 템플릿으로 등록한다.

그림 10에서 템플릿 매칭으로 구한 영상의 특징점 좌표와 왜곡이 없는 좌표 12개를 이용하여 (1)식의 투영변환 식을 구하여 행렬로 표현한 값은 아래와 같다.

$$\begin{bmatrix} m_0 & m_1 & m_2 \\ m_3 & m_4 & m_5 \\ m_6 & m_7 & m_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.9997078 & -0.0061863 & 0.00428874 \\ 0.0056854 & 0.99696571 & -1.7696088 \\ -0.0000004 & 0.0000000 & 1.0000000 \end{bmatrix} \quad (4)$$

그러나, 찾은 특징점이 이물 또는 결함이 존재하거나, 블러링에 의해 부정확할 수 있다. 이를 보완하기 위해 12개의 특징점에서 차례대로 하나씩을 제거하여 그림 10과 같이 10개의 대응점으로 원근변환 파라미터를 구하고 MSE(Mean Square Error)를 계산하여 이중에 MSE값이 제일 작게 나오는 10개 점을

사용한다. 이상과 같이 획득한 특징점의 outlier를 제거한다. 그림 11은 최종 변환 영상을 나타낸다. 그림의 오른쪽과 아래쪽 가장자리가 없이 약간 축소되어 나타났다. 하지만 각 피치 간격이 일정하고, 기하학적인 변환이 보정되어 바로 좌우상하의 피치영역에 대해 차 영상을 구할 수 있다.

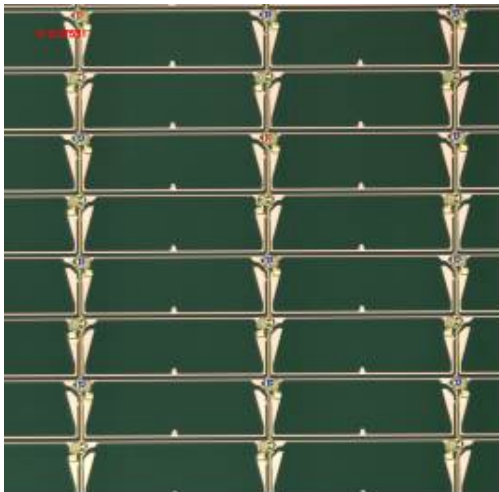
$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i^i - \hat{x}_i^i)^2 + (y_i^i - \hat{y}_i^i)^2 \quad (5)$$

5. 실험 및 결과

제안된 방법의 성능을 평가하기 위해서 TFT-LCD 제조업체로부터 제공받은 데이터 셋에 대해서 실험한 결과 거의 모든 데이터 영상에서 블랍 추출

표 1. 투영변환으로 구한 좌표

	영상의 특징점 좌표 (x_u, y_u)	왜곡이 없는 좌표 (x_t, y_t)	투영변환으로 구한 좌표 (\hat{x}_t, \hat{y}_t)
1	[228.00 32.00]	[228.00 32.00]	[227.80 31.43]
2	[794.00 30.00]	[794.00 32.00]	[793.90 32.66]
3	[1360.00 26.00]	[1360.00 32.00]	[1360.30 31.90]
4	[231.00 410.00]	[228.00 408.00]	[228.46 408.34]
5	[796.00 406.00]	[794.00 408.00]	[793.57 407.67]
6	[1362.00 403.00]	[1360.00 408.00]	[1359.96 407.99]
7	[233.00 787.00]	[228.00 784.00]	[228.13 784.24]
8	[799.00 783.00]	[794.00 784.00]	[794.24 783.67]
9	[1364.00 780.00]	[1360.00 784.00]	[1359.63 784.09]
10	[235.00 1164.00]	[228.00 1160.00]	[227.80 1160.15]
11	[801.00 1160.00]	[794.00 1160.00]	[793.91 1159.67]
12	[1367.00 1157.00]	[1360.00 1160.00]	[1360.30 1160.18]



(a) 두개의 점을 제거한 후의 특징점 영상

n	제거번호	MSE	최소
12		0.39584	
11	1	0.31335	✓
	2	0.35886	
	3	0.40004	
	...		
	12	0.36236	
10	1,2	0.31680	
	1,3	0.27752	
	...		
	1,5	0.27531	✓
	...		
	11,12	0.37951	

(b) 추출한 점의 좌표

그림 10. 템플릿 매칭을 통해 추출한 특징점

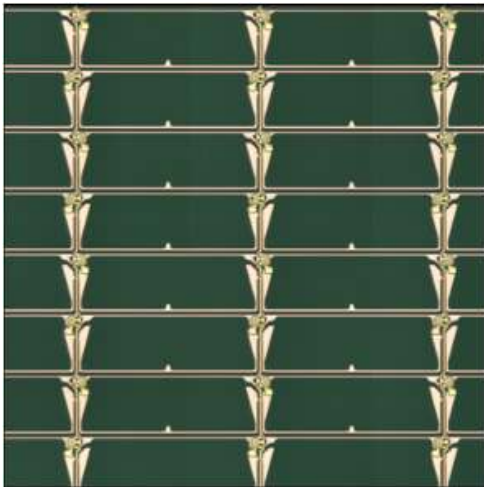
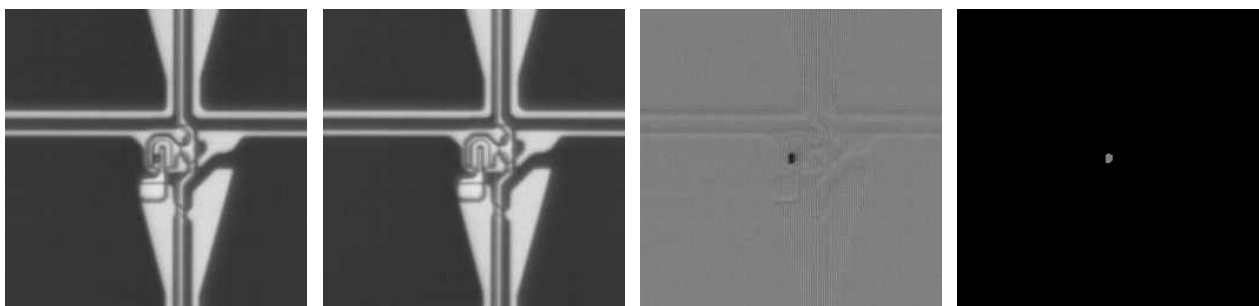


그림 11. 원근 변환 후의 영상

정합성능이 향상되었다. 그림 12는 원근변환 후에 템플릿 매칭을 통해 인근 국부영역의 원본영상과 결합

영상의 차를 구하여, 이를 이진화하여 결함영역을 추출한 영상을 보여준다. 기존의 원근변환 없이 얻은 블랍영상은 제안한 방법의 추출 결과에 비해 흰색 부분만큼 더 크게 영역이 분할되어서, 이 영역에서 특징벡터를 구하여 이물과 결함을 구분할 경우 신뢰도가 떨어진다. 다만 몇 영상에 대해 분할된 영상이 원래의 이상적인 블랍에 대해 작게 분할 되는 결과를 가져오고 있으며, 이는 채널사이의 배경영역이 명암도가 낮을 경우 차영상이 거의 나타나지 않는 것에 기인한다. 그리고 이 영역은 특징벡터를 추출 시 특징의 정보에 기여하지 못하는 것으로 성능에는 영향을 미치지 않는다. 그러나 특징으로 블랍의 형태나 모양을 고려할 경우에는 이 사이를 연결하여 하나의 영역으로 합병해야 원래의 형상을 유지할 수 있다. 따라서 이를 기반으로 뒷단의 특징추출 결과와 성능평가를 통해, 블랍정합성 향상도를 평가하고, 보완사



(a) 1차블랍의 국부영상

(b) 주변에서 가장 유사한 원 영상

(c) 차영상

(d) 추출된 블랍영상

그림 12. 패턴매칭에 의한 결함 추출과정

항을 추가하는 것이 필요하다.

6. 결 론

본 논문에서 제안한 TFT-LCD의 결함 검출방법은 카메라와 물체의 기하학적인 특성에 의해 영상의 왜곡을 보정하기 위해, 피치계산을 위한 중요한 특징을 추출하고, 이를 원근 변환으로 영상을 지정한 크기로 변환하여 수행하는 방법이다. 제안한 방법의 장점은 장비마다 다른 피치를 동일한 피치로 변환함과 동시에, 회전보정을 빠르게 보정하여 간단하게 차영상을 발생시키는 알고리즘을 제안한 것이다. 따라서 블랍 추출 및 해석에 의한 후 처리 과정을 쉽게 처리할 수 있다. 구현된 시스템의 결함검출 처리 시간은 현재 제조 공정에서 사용되는 자동화 결함 검출 장비의 처리 시간보다 최소 2배 이상 빠르고 결함 검출 성능 또한 우수하다. 또한 모든 종류의 FPD의 결함 검출에도 사용 될 수 있으므로 그 사용범위도 또한 넓다. 앞으로의 연구는 더 정밀한 결함 검출 알고리즘을 개발하기 위해, 고속병렬 처리 및 강건한 알고리즘에 대한 연구가 수행되어야 한다.

참 고 문 헌

- [1] C.J. Lu and D.M. Tsai, "Defect Inspection of Patterned Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display Panels Using a Fast-Image-Based Singular Value Decomposition," *Int. J. Prod. Res.*, Vol.42, No.20, pp. 4331-4351, 2004.
- [2] W.K. Pratt, S.S. Sawkar, and Kevin O'Reilly, "Automatic Blemish Detection in Liquid Crystal Flat Panel Displays," *SPIE Mach. Vision App. in Industrial Inspection*, Vol.3306, pp. 2-13, 1998.
- [3] K. Taniguchi and S. Tatsumi, "A Detection Method for Irregular Lightness Variation of Low Contrast," *IEEE Systems, Man and Cybernetics*, Vol.7, No.3, pp. 6401-6406, 2004
- [4] F.H.Y. Chan, F.K. Lam, and H. Zhu, "Adaptive Thresholding by Variational Method," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol.2, No.3, pp. 168-174, 1998.
- [5] J.Y. Lee and S.I. Yoo, "Automatic Detection of Region-Mura Defect in TFT-LCD," *IEICE Trans. Inf. & Syst.*, Vol.87-D, No.10, pp. 2371-2378, 2004.
- [6] B.C. Jiang, C.C. Wang, and H.C. Liu, "Liquid Crystal Display Surface Uniformity Defect Inspection using Analysis of Variance and Exponentially Weighted Moving Average Techniques," *International Journal of Production Research*, Vol.43, No.1, pp. 67-80, 2005.
- [7] K.B. Lee, M.S. Ko, J.J. Lee, T.M. Koo, and K. H.Park, "Defect Detection Method for TFT-LCD Panel Based on Saliency Map Model," *IEEE Region 10 Conference*, Vol.A, pp. 223-226, 2004.
- [8] 김상지, 황용현, 이병국, 이준재, "B-spline 기반의 FPD 패널 결함 검사," 멀티미디어학회논문지, 제10권, 제10호, pp. 1271-1283, 2007.
- [9] Z. Yu and Z. Jian, "Fuzzy Recognition of the Defect of TFT-LCD," *SPIE Electronic Imaging and Multimedia Technology IV*, Vol. 5637, pp. 233-240, 2005.
- [10] J.H. Choi, D.M. Kwak, K.B. Lee, and Y.C. Song, "Line Defect Detection in TFT-LCD Using Directional Filter Bank and Adaptive Threshholding," *Key Engineering Materials*, Vol.270-273, No. 8, pp. 233-238, 2004.
- [11] H.C. Chen, L.T. Fang, L. Lee, C.H. Wen, S.Y. Cheng, and S.J. Wang, "LOG-Filter-Based Inspection of Cluster Mura and Vertical-Band Mura on Liquid Crystal Displays," *SPIE Mach. Vision App. in Industrial Inspection*, Vol. 5679, pp. 257-265, 2005.
- [12] D.M. Tsai and C.H. Chiang, "Automatic Band Selection for Wavelet Reconstruction in the Application of Defect Detection," *Image and Vision Computing*, Vol.21, No.5, pp. 413-431, 2003.



이 준 재

1986년 경북대학교 전자공학과
학사
1990년 경북대학교 전자공학과
석사
1994년 경북대학교 전자공학과
박사
2000년~2001년 (주)과미 연구소장

1995년~2007년 동서대학교 컴퓨터정보공학부 부교수
2007년~현재 계명대학교 게임모바일콘텐츠학과 부교수
관심분야: 영상처리, 3차원 컴퓨터 비전, 게임



박 길 흠

1982년 경북대학교 전자공학과
학사
1984년 한국과학기술원 전기전
자공학과 석사
1990년 한국과학기술원 전기전
자공학과 박사

1990년~현재 경북대학교 전자전기공학부 교수
관심분야: 영상신호처리, 패턴인식, 영상압축



이 광 호

1983년 경북대학교 전자공학과
학사
1985년 경북대학교 전자공학과
석사
1992년 경북대학교 전자공학과
박사

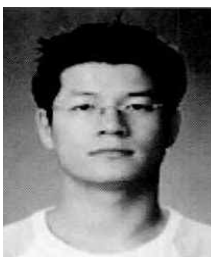
1888년~현재 경일대학교 전자공학과 교수
1998년~1999년 Univ. of South Florida 방문연구교수
관심분야: 영상처리, 3차원 컴퓨터 비전



박 윤 범

1986년 서울대학교 수학교육학과
학사
1988년 한국과학기술원 응용수
학과 석사
1994년 한국과학기술원 수학과
박사

1995년~현재 서원대학교 수학교육학과 교수
관심분야: CAGD, 영상신호처리, 패턴인식, 수학교육



정 창 도

2005년 경북대학교 수학과 학사
2007년 경북대학교 수학과 석사
2010년 경북대학교 수학과 박사
2010년~2012 경북대학교 전자전
기컴퓨터학부 Post.Doc
과정

2012년~현재 타이코에이엠피 연구소 선임연구원
관심분야: 행렬해석학, 최적화, 영상신호처리, 컴퓨터 비
전 등



이 병 국

1987년 연세대학교 수학과 졸업
(학사)
1989년 KAIST 응용수학과 졸업
(석사)
1993년 KAIST 수학과 졸업(박
사)

1993년~1995년 데이콤 종합연구소 선임연구원
1995년~현재 동서대학교 컴퓨터정보공학부 교수
관심분야: 컴퓨터그래픽스, CAGD, 영상처리