

LCD 결함검사 알고리즘에 관한 연구

전 유혁, 김 규 태, 김 은 수
광운대학교 전자공학과
Tel : 02-940-5118, Fax 02-941-5979

A Study on the Implementation of LCD Defect Inspection Algorithm

Yoo-Hyuk Jeon, Kyu-Tae Kim, Eun-Soo Kim
Dept. of Electronic Eng., Kwangwoon Univ.
bombi@explore.kwangwoon.ac.kr

Abstract

In this paper we show the LCD simulator for defect inspection using image processing algorithm and neural network. The defect inspection algorithm of the LCD consists of preprocessing, feature extraction and defect classification. Preprocess removes noise from LCD image, using morphology operator and neural network is used for the defect classification. Sample images with scratch, pinhole, and spot from real LCD color filter image are used. The proposed algorithms show that defect detected and classified in the ratio of 92.3% and 94.6 respectively.

I. 서 론

LCD 외관 검사장치에 대한 국내 기술자립도는 미미하기 때문에 기초 기반기술에 관한 연구가 필요하다. 특히, CCD로부터 입력되어 디지털 신호로 변환된 영상에서 회로의 이상 유무를 자동으로 검색하기 위해서

는 이에 적합한 패턴인식 알고리즘이 개발 되어야 한다. 이에 대해 본 논문에서는 LCD 표면에 발생하는 결함을 검출하고 분류할 수 있는 전체적인 알고리즘을 구현하고자 하였다. 이를 위해 그림 1과 같은 결함검사 처리 단계를 구성하였다

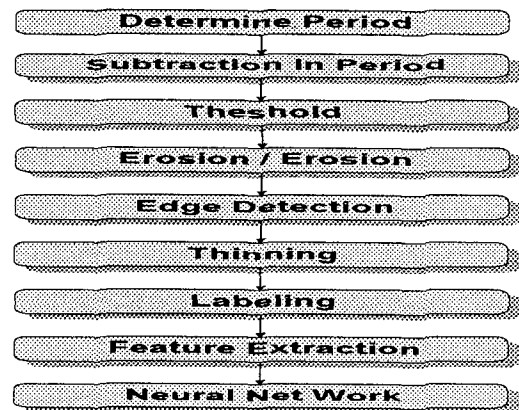


그림 1. LCD 결함 검사 알고리즘

II. 결함 영역 획득

LCD 기판(칼라 필터 포함)은 일정한 주기로 반복적인 패턴을 가지는 Texture 타입의 영상이다. 본 논문에서는 LCD 기판 영상의 배경 패턴을 이미 알고 있고 처리해야 할 데이터 양이 많기 때문에 LCD 영상의 특징인 주기성을 이용한 알고리즘을 적용하였다. 여기서 배경 패턴 주기를 예측하는 방법은 다음과 같이 두 단계로 이루어져 있다. 첫 번째, 검사 전에 LCD기판 샘플을 CCD로 측정하여 반복되는 패턴의 실제 길이를 측정하여 CCD의 resolution과의 상관 관계를 계산하여 입력 영상 내에 반복되는 주기를 예측한다. 두 번째, 신뢰성을 높이기 위해서 LCD 검사 알고리즘의 처음 단계에서 검사 전에 물리적으로 예측된 주기를 중심으로 하여 일정 범위 안에서 입력 영상의 일부분에 대해서 그림 2의 알고리즘을 적용하여 주기를 확정한다.

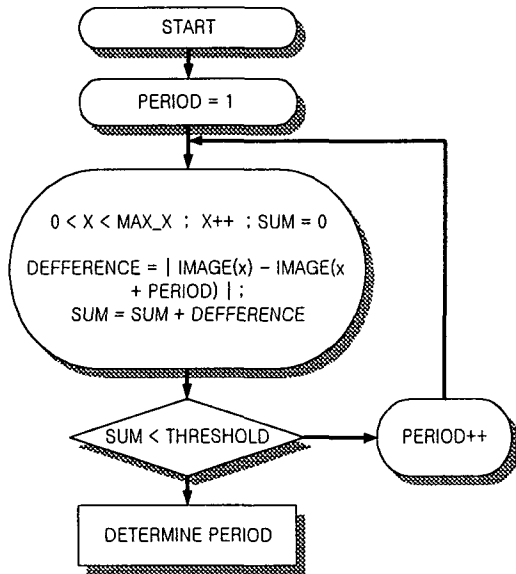


그림 2 주기 확정 알고리즘

LCD 영상은 반복되는 패턴을 일정한 주기로 연속되는 Texture 영상이므로 확정된 주기를 가지고 그림 3에서와 같이 검사 대상 영역을 주기만큼 떨어진 이웃과 비교하여 명암도 값의 차이가 있을 경우 그 영역을 결함 영역으로 분리할 수 있다. 검사 대상 영역과 이

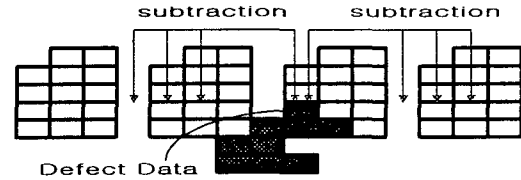


그림 3. 결함 영역 분리

웃영역과의 명암도 차이만으로 비교를 할 경우에는 검사대상의 흔들림과 조명의 불 균일성으로 인하여 오차가 생길 수 있기 때문에 정확하게 주기만큼 떨어진 이외에 그 주변 영역으로 비교 대상영역에 추가하여 결함영역 분리의 신뢰도를 증대 시켰다.

III. 특징추출과 결함분류 및 인식

검출된 결함을 분류 및 인식하기 위한 기하학적, 통계적 특징을 추출하기 위해서는 이진화된 결함 패턴을 포함한 영상내의 미세한 잡음을 제거하고 결함 패턴을 각각 하나의 객체로서 분리하는 전처리 과정을 거친 후에 기하학적, 통계적 특징을 추출하여야 한다. 이진화된 결함 패턴을 포함한 영상은 CCD로 영상을 획득하는 과정에서 열로 인하여 발생하거나 전송라인으로부터 발생하는 잡음 등을 포함할 수 있다. 또한 이진화 처리과정에서 발생하는 결함 패턴의 외각선 왜곡이나 선 형태의 결함 패턴일 경우에는 끊어짐이 발생할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해 모폴로지 연산(morphological operation)인 확산 및 침식 연산을 3×3크기로 적용하였다.

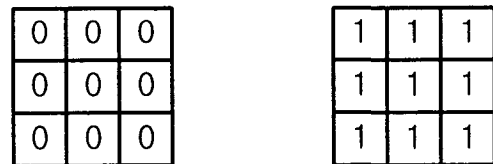


그림 4. 모폴로지 연산 마스크

이진화된 결함 패턴 영상 그 자체는 많은 데이터 가지고 있으므로 데이터량을 가능한 줄일 필요가 있고 각각의 결함 패턴을 객체로 분리하는 labeling 처리를

하기 위해서 경계선 검출은 필요하다. 또한, 경계선 검출과정에서 얻어진 각각의 결함 패턴의 경계선의 길이는 나중에 있을 특징 추출 과정에서 중요한 정보로 사용된다. 경계선 검출에는 Roberts Operators, Sobel Operators, Prewitt Operators, Isotropic Operators 등이 주로 사용되나 그 중 Sobel Operators가 기타 다른 마스크보다 미세한 검출 효과가 있기에 본 LCD 결함 검사 알고리즘에 적용하였다. 마스크의 크기가 커지면 커질수록 경계면 검출의 민감도는 증가하나 처리하여야 할 계산 양이 많아지는 단점이 있다. 본 논문에서는 이진화된 결함 패턴의 경계면을 검출하기 위해 경계면 검출의 민감도보다는 계산 양의 감소가 효율적인 3×3 크기의 마스크를 적용하였다.

경계선 검출로 인하여 많은 데이터량을 감소하였지만 검사영역의 크기를 고려할 때, 더 많은 양의 데이터를 감소시키면서 라벨링(labeling)위한 전처리 단계로서 경계선을 오직 한 픽셀로 이루어지게 하기 위한 그림 5와 같은 세선화(thinning) 과정이 필요하다.

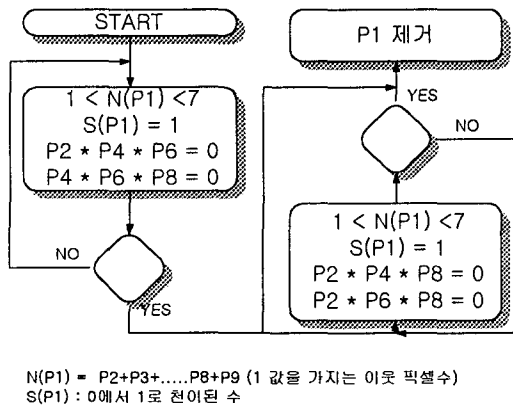


그림 5 세선화 알고리즘

그림 5에서 영상의 각 픽셀을 조사하여 그 픽셀이 외곽선의 일부인지를 검사해야 하며, 또한 그 픽셀이 골격선(즉 폭이 1인 최종의 가는 선)인지를 검사해야 한다. 이러한 검사에서 그 픽셀이 물체의 외곽선 이면서 골격선이 아니라는 판정이 나면 그 픽셀을 제거하는(즉, 0값으로 하는) 것이다. 세선화 과정 후의 최종 결함 패턴을 각각의 개체로서 분리하는 과정이 그림 6과 같은 라벨링(labeling) 과정이다.

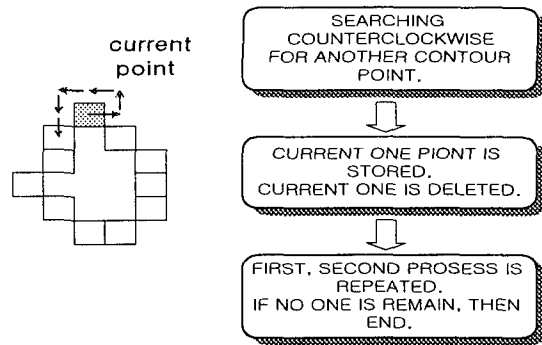


그림 6 라벨링 알고리즘

특징 추출은 대상체에 매우 의존적이기 때문에 제조 공정에서 발생하는 결함의 특성을 파악한 뒤, 여러 특징 추출 기법을 실험에 의해 분석하여 최상의 결과를 얻을 수 있는 적절한 알고리즘이 개발되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 기존의 특징 추출 기법들을 조사하여 LCD 결함 패턴에 적용하여 보고 그들 중 가장 효과적인 특징 추출 기법을 선정하였다. 또한 패턴 분류의 성능을 높이기 위해서는 특징 공간상에서 각 결함 패턴간의 거리를 최대한 이격 시켜야 하는 점을 고려하였으며 장 단축 비, 면적 비, 응집도, 면적의 크기 등을 특징으로 적용하였다.

결함을 종류 별로 인식하기 위해서 Look-up Table을 사용할 수 있으나 적용성 있고 효율적인 분류 및 인식을 위해서 신경망 알고리즘을 적용하였다. 본 논문에서 적용된 Back Error Propagation 알고리즘은 다층 퍼셉트론을 학습시키는 대표적인 학습 알고리즘으로써 출력 값과 목표 값과의 오차를 계산하고 에러 값을 감소시키는 방향으로 기울기를 조정함으로써 가중치 벡터를 조정하여 나간다. 신경망이 수렴을 하게 되면 학습은 완료되고 가중치 벡터는 고정된다.

IV. 실험 및 고찰

효과적인 LCD 결함 검사 알고리즘을 구현하기 위해서는 각 검사 단계에 적용되는 알고리즘을 반복적으로 실험과 분석을 통한 성능의 향상과 검증이 필요하므로 본 논문에서는 그림 7과 같은 LCD 결함 검사 시뮬레이터를 구현하였다.

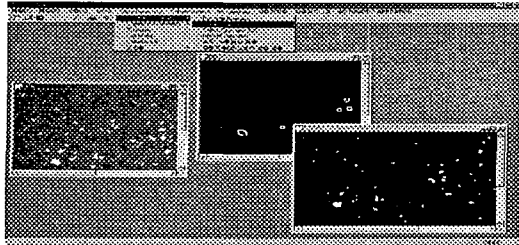


그림 7 LCD 결함 검사 시뮬레이터

입력 영상으로는 LCD 칼라필터의 실제 영상(667×500 μ m)을 가지고 픽셀 당 4.5 μ m의 해상도를 가지는 샘플 영상(2.9×2.2mm)과 같이 결함을 포함하고 있지 않은 영상을 만든 후에 pin hole, scratch, spot 결함을 임의의 위치에 첨가하여 결함을 포함하고 있는 그림 8과 같은 샘플 영상 100개를 만들어 LCD 결함 검사 시뮬레이션에 적용하였다.

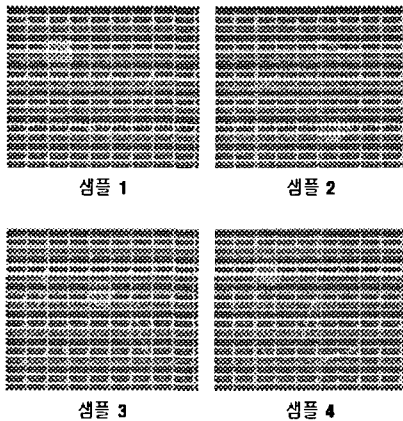


그림 8. 샘플 영상

Back Error Propagation 알고리즘을 적용하기 위해서는 표준 패턴의 특징 벡터를 이용하여 7000회에서 가장 적은 오차(0.0176)로 수렴하도록 학습시켰다. 샘플 영상으로부터의 결함 검출률은 92.3%이고 검출된 각각의 pin hole, scratch, spot 의 인식 및 분류률은 97.4%, 93.5%, 92.8%의 결과를 각각 얻을 수 있었다

V. 결 론

본 논문에서 제한된 알고리즘들은 LCD 결함 검사 시뮬레이터를 통하여 비교, 분석되어졌고 전체적인 알고리즘으로 통합하여 적용하였을 때에도 효과적임을 실험을 통하여 입증하였다. 그러나, 본 논문에서의 문제점으로는 실험에 사용된 입력 영상이 실제 LCD의 영상이 아닌 실제 영상으로부터 샘플 영상을 만들어 사용한 것이기 때문에 실제 CCD 카메라로부터 영상을 얻을 때 발생하는 잡음의 혼입을 고려하지 않았다. 이에 향후 연구과제로는 실제 LCD 영상을 대상으로 검사 알고리즘이 조정되어야 하며 결함의 획득과 분류 과정에서 Wavelet 변환을 이용한 알고리즘의 연구가 필요하며, LCD 영상은 처리하여야 할 데이터량이 많으므로 실시간 결함 검사를 위하여 본 논문에서 제한된 알고리즘 중 많은 계산량을 요하는 부분은 D.S.P를 이용한 고속화가 요구된다.

<참고 문헌>

- [1] Haruo Yoda, Yozo Ohuchi, Yuzo Taniguchi and Masakazu Ejiri, An automatic wafer inspection system using pipelined image processing techniques, IEEE, T-PAMI, vol. 10 pp. 4-15, 1988
- [2] Timothy S. Newman A survey of automated visual inspection Computer vision and image understanding, vo. 61, No. 2, pp. 231-262, 1995
- [3] F. Torres, J.M. Sebastian, R. Aracil, L.M. Jimenez and O. Reinoso, Automated real-time visual inspection for high-resolution superimposed printings, Image and vision computing vol. 16, pp. 947-958, 1998
- [4] J. R. Parker, Gray level thresholding in badly illuminated images, IEEE, T-PAMI, vol. 13, pp 813-819, 1991
- [5] Roland T. Chin, Automated Visual Inspection, C VGIP, vol. 42, pp. 346-381, 1988
- [6] J. R. Parker, Practical Computer Vision, Addison-Wesley, 1992