

BLU의 자동결함검출을 위한 템플레이트 검사와 블록매칭 방법

조상희* 한창호 오춘석 유명기
선문대학교 전자정보통신공학부

goodluck2u_@hotmail.com, chhan@webmail.sunmoon.ac.kr, csoh@sunmoon.ac.kr,
ryu@sunmoon.ac.kr

Template Check and Block Matching Method for Automatic Defects Detection of the Back Light Unit

SangHee Cho*, ChangHo Han, ChoonSuk Oh, YoungKee Ryu

SunMoon Univ. Department of Electronics, Information and Communication Engineering

요 약

본 논문에서는 자동결함검출 방법으로 돌출, 함몰, 점 등과 같은 작은 결함들을 검출하기 위해 모폴로지의 닫힘, 열림 방법을 이용하는 템플레이트 검사 방법을 사용하였고, 얼룩, 스크래치와 같은 큰 결함을 검출하기 위해 영상에서 격자와 같은 일정한 블록을 형성하여 각 블록을 비교하여 결함을 찾는 블록매칭 방법을 사용하였다. 또한 이 알고리즘을 적용한 결과 결함 검출에 좋은 성능이 있음을 보여준다. 제안된 알고리즘은 자체 개발한 장비에서 실제 BLU의 영상을 얻어 테스트를 하였다.

Keywords: Machine vision, Image inspection, BLU, Matching, Morphology.

1. 서 론

최근, TFT-LCD (Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)나 PDP (Plasma Display Panel) 시장이 커짐에 따라 여기에 사용되는 BLU (Back Light Unit)의 수요도 증가를 하게 되었으며, BLU의 검사 장비 또한 자동화 시스템으로 바뀌고 있는 실정이다. TFT-LCD나 PDP 공정과정에서 발생할 수 있는 영상 결함을 검출하는데 정확성과 빠른 검사속도, 그리고 불균일한 결함에 대한 효율적인 검출 방법이 요구되고 있다. 최근 산업현장에서 발생하는 여러가지 사례들을 일반화 하고 체계화 하는 시도가 진행되고 있으며, 밝은 부분이나 색의 번짐 현상으로 해석할 수 있는 각종 얼룩결함에 대한 접근이 시도되고 있다. 본 논문에서는 제안한 알고리즘을 통해 균일화된 결함에 대한 검출 실험을 하고, 불균일한 결함 검출에 대한 가능성을 제시한다.

2. BLU의 결함

결함의 종류를 크게 두 가지 그룹으로 분류했다. 첫 번째 그룹은 작은 결함으로, 돌출이나 함몰, 점 등이 포함되며 먼지나 잡음에 의한 영상은 결함으로 간주하지 않는다. 다른 한 그룹은 보통 100µm 이상의 크기를 갖는 큰 결함으로, 얼룩, 스크래치 등과 그 밖에 정의 되지 않은 불균일한 형태의 결함을 포함한다.

결함들은 또한 밝기에 따라 구분하기도 한다. 밝은 결

함과 어두운 결함으로 구분할 수 있다. 정도의 차이는 사람의 시지각에 근거하여 판단하며, 정상적인 패턴이라도 주위의 영상과 밝기가 차이가 나면 결함으로 간주한다. 본 논문에서 제시한 알고리즘은 음영 값으로 비교하는 방법이므로 밝기에 따른 결함을 검출할 수 있지만, 여기서는 고려하지 않았다.

그림 1은 1.7cm x 1.7cm 크기의 활상면을 1700x1700 pixel의 고해상도로 획득한 영상의 일부이다.

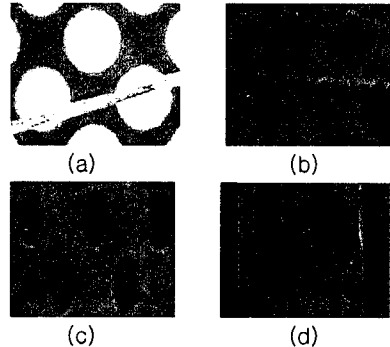


그림. 1 BLU의 결함의 예: (a) (b) 스크래치 (c) 먼지 (c) BLU 모서리 부분의 깨짐

3. 템플레이트와 블록 매칭 알고리즘

작은 결함을 검출하기 위한 템플레이트 검사 (Template Check) 방법은 그림 2에서 보듯이 모폴로지 기법을 이용한 것으로 먼저 원 영상을 이진화 연산을 행한 후, 단

형 연산을 수행 한다. 그리고 다시 이진화한 영상과 닫힘 연산을 수행 한 영상의 음영 값을 비교하여 $\Delta C(x,y)$ 값을 산출한다. 두 번째로 이진화한 영상을 열림 연산을 행한 후, 이진화한 영상의 음영 값과 비교하여 $\Delta O(x,y)$ 를 산출한다. 마지막으로 $\Delta C(x,y)$ 과 $\Delta O(x,y)$ 를 더하여 결과값 $D(x,y)$ 을 구한다. 열림, 닫힘 연산은 2회를 반복 하도록 설정하였다. 템플레이트 검사 방법을 거쳐 나온 영상에는 잡음이 남아 있는데 1 픽셀 단위의 작은 점들을 제거하기 위하여 메디안 필터(Median Filter)를 적용 하여 검출에 필요한 결함만 구할 수 있었다. 여기서 사용한 이진화 연산 방법은 오프(otsu) 방법을 사용하여 얻었다.

$$D(x,y) = \sum_{x=0}^N \sum_{y=0}^N |\Delta C(x,y)| + |\Delta O(x,y)|$$

위 식에서 $D(x,y)$ 는 대응화소에 대한 템플레이트 검사 방법을 통해 얻어진 음영 값이며, $\Delta C(x,y)$ 는 닫힘 연산을 한 후, 닫힘 연산 하기전의 영상과 비교한 차이의 음영 값이며, $\Delta O(x,y)$ 는 열림 연산을 거친 후, 열림 연산을 하기 전의 영상과 비교한 차이의 음영 값이다.

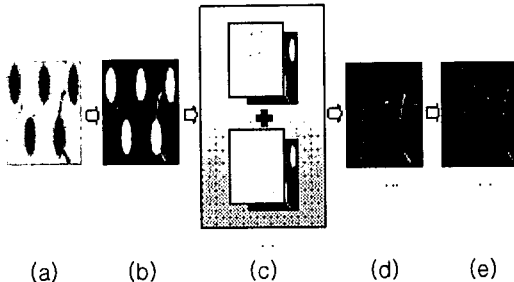


그림. 2 템플레이트 검사의 처리과정 : (a) BLU 원 이미지, (b) 임계치를 이용 이진화 한 영상 (T=100), (c) 템플레이트 검사 알고리즘 수행 (d) 메디안 필터를 적용한 이미지 (e) 결과 이미지

큰 결함을 검출하기 위해 블록 매칭 (Block Matching) 방법을 이용하였다. 먼저 블록 매칭방법을 구현하기 위하여 그림 3의 (a)에서와 같이 원래 이미지에 격자를 그린다. 격자는 다음과 같은 방법으로 구한다.

- Step 1: 오프(otsu) 방법을 이용한 임계값 선정
 - Step 2: X 성분과 Y 성분에 대한 투영도를 도시
 - Step 3: 투영도 상의 최소점들을 선별
 - Step 4: 최소점들에 의한 수평과 수직 격자 생성
 - Step 5: 생성된 격자 사이의 거리를 고르게 조정
- 그림 3 (b)를 보면, 블록 매칭은 비교하고자 하는 블록 영상(x)의 왼쪽 상단(1), 오른쪽 상단(2), 왼쪽 하단(3), 오른쪽 하단(4) 네 곳의 영상과 음영 값을 비교하여 합

한 차이 값을 (c)의 그림과 같이 나타낸다. 그러므로 차이가 나는 곳은 큰 음영값을 갖게 되어 영상에서 쉽게 발견할 수 있다. 블록 매칭을 통해 구해진 영상의 잡음을 제거하기 위해 메디안 필터를 사용하였다.

$$G(X) = \sum_{i=0}^3 |G(x) - G(i)|$$

위 식에서 $G(X)$ 는 블록 매칭을 한 결과 값이며 그림 3 (c)와 같다. $G(x)$ 는 그림 3 (b)의 가운데 영상에 의미하며 네 방향의 블록 영상 $G(i)$ 와 비교하여 값을 구한다.

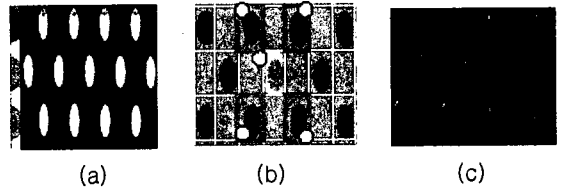


그림. 3 블록 매칭의 처리과정: (a) X 성분과 Y 성분에 대한 투영도 (b) 블록끼리 매칭 (c) 결과 이미지

4. 실험 및 결과 데이터

본 논문에서 제안한 알고리즘은 자체 개발한 소프트웨어와 하드웨어 시스템에 적용하였다. 소프트웨어는 IBM PC, Pentium IV, Windows 운영체제에서 동작하며, Visual C++ 6.0으로 개발되었고, 열림, 닫힘 등과 같은 모폴로지 알고리즘은 인텔에서 제공하는 Opencv (opencv-b4a, ipl25) 라이브러리를 이용하였고, 그밖에 다른 알고리즘은 C++ 코드로 구현을 했다. 하드웨어 시스템은 라인 스캔 카메라와 조명을 사용하여 카메라를 움직여 영상을 획득한다. 조명은 PLC 램프를 사용하며, 카메라는 5150 pixel/line, 40MHz/pixel의 성능이 갖는다.

실험은 실제 BLU를 자체 제작한 자동결함 검사 시스템에서 카메라를 구동시켜 획득한 이미지를 통해 검증 실험을 하였다. 검출한 결함들을 보면 템플레이트 검사 방법을 이용한 경우 결함의 크기와 상관없이 검출을 하기도 하지만 작은 결함에 대해 검출이 뛰어나다. 특히, 원래의 영상 패턴에 작고 가는 라인형태인 그림. 4의 (a)와 같은 먼지 또는 (b)와 같은 작은 돌출이나 함몰, 그리고 (c)와 같은 비교적 큰 결함에 대해서도 좋은 결과를 볼 수 있다. 이 방법은 조명의 영향을 받기 쉽다는 단점이 있다. 그러므로 적절한 조명부의 설계가 시스템의 검출 성능을 좌우한다. 이것은 반복적인 실험을 통해 구현되었고, 조명이 고르게 분포 하도록 하기 위하여 프리즘 시트를 이용하여 빛을 일정하게 분산 시켰다.

그림. 5에서는 블록 매칭 방법을 이용하여 검출한 결함들의 이미지를 보여주고 있다. 그림. 5의 (a)는 스크래치

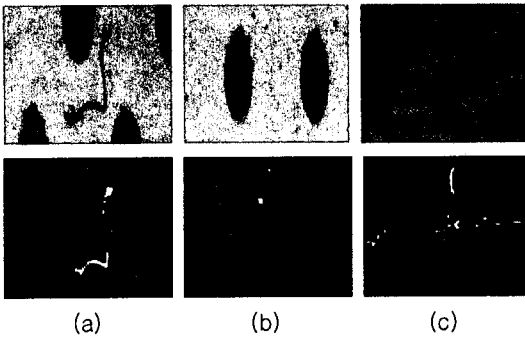


그림. 4 템플레이트 검사에 의한 결함 검출: (a) 먼저 (b) 들출 결함 (c) 스크래치

결함을 갖고 있는 영상이고, (b)는 블록매칭을 적용한 결과이며, (c)는 후처리 결과이다. 후처리를 위해서 이진화 연산을 적용하였고, 다시 메디안 필터를 사용하여 잡음처럼 보이는 작은 변화를 제거 하였다. 그림(c)에서 스크래치 결함이 점선 형태로 끊어지는 이유는 그림(a)의 영상에서 원모양과 라인이 겹치기 때문이다.

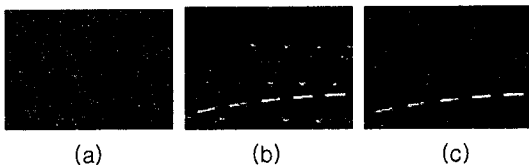


그림. 5 블록매칭 알고리즘에 의한 결함 검출 : (a) 결함을 가진 이미지 (b) 블록매칭 방법의 적용 (c) 후 처리

그림. 6 은 결함 검출율을 보여주고 있다. 이 그림에서 보면 각 다른 BLU 영상의 결함 검출율이 대부분 90% 이상임을 알 수 있다.

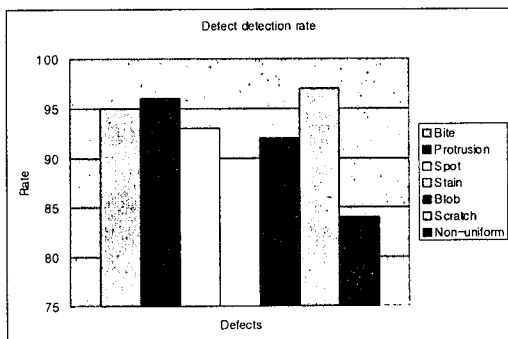


그림. 6 결함 검출율

불균일한 결함에 대해서는 약 84%의 검출율을 보이고 있는데 앞서 정의된 결함 이외의 경우를 모두 포함하고

있다. 특히 밝기가 일정하지 않은 결함의 경우는 검출율이 상대적으로 낮으며, 밝기가 일정한 결함의 경우는 결함 모양과 상관없이 90% 이상의 검출율을 보여준다.

5. 결론

본 논문에서는 디스플레이장치에 사용되는 BLU의 결함들을 검출하는 안정적이고 효과적인 방법을 제안하였다. 여러가지 형태로 정의된 결함들뿐만 아니라 불균일한 결함에 대해서도 검출이 가능함을 보여준다. 앞서 설명한 두 단계의 검출방법을 연속 수행함으로써 보다 향상된 검출율을 확인 할 수 있었다. 1단계에서 작은 결함 검출을 위해 템플레이트 검사 방법인 모폴로지를 이용하여 검출하며, 2 단계에서 큰 결함이나 1 단계에서 검출하지 못한 결함을 블록 매칭 방법을 이용하여 검출을 한다.

· 참고 문헌

- [1] C.Oh, Y.Ryu, and B.Roh, "Video Tape Recorder Head inspection using Image Processing Techniques," Optical Engineering, Vol. 38, No.1 pp. 124-130, Jan., 1999.
- [2] Y.Ryu, C. Oh and J. Lim, "Development of a non-contact optical sensor for a measuring the shape of a surface and thickness of transparent objects," Optical Engineering, Vol. 40, No.4, pp.500-502, Apr., 2001.
- [3] Jee Hong Kim, "A Detection Method of Non-uniform Brightness Defects in LCD Based on Human Vision," Journal of IEEK for SP, 2004, 05: 9-16.
- [4] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 9, no. 1, pp. 62-66, 1979.
- [5] R.C. Gonzalez, R.E.Woods, "Digital Image Processing," 2nd ed., Prentice Hall, 2002.
- [6] Matrox Electronic System Ltd., "Matrox Imaging Library," Manual No. 10513-MN-0600, February, 1999.
- [7] B.K.P. Horn, Robot vision, MIT Press, 1986.
- [8] P.J.Rousseeuw and A. M. Leroy, "Robust Regression and Outlier Detection," New York: John Wiley & Sons, 1987.