

백라이트 유닛의 결함 검사를 위한 비전 시스템 개발

Development of Vision system for Back Light Unit of Defect

*조상희, **한창호, ***오춘석, ****유영기

*Cho Sang Hee, **Han Chang Ho, ***Oh Choon-suk, ****Ryu Young Kee

Abstract - 본 연구에서는 백라이트 유닛의 결함을 위한 머신비전 시스템을 구축한다. 시스템은 크게 하드웨어와 소프트웨어로 나눌 수 있고 하드웨어는 조명부, 영상획득부, 로봇 암 제어부로 분류된다. 조명부는 36W FPL램프로 구성되었고 조명부의 상판에 아크릴판을 거치대로 이용하여 백라이트 유닛을 거치한다. 로봇 암 제어부는 2축 로봇 암을 제어하여 로봇 암의 센서부착 지지대에 부착된 CCD 센서를 이동시킨다. 이와 동시에 영상획득부에서는 이미지를 획득하여 PC로 전송한다. 소프트웨어의 화상처리 검사 알고리즘은 일정 패턴이 있는 도광판에 대한 검사 알고리즘과 일정패턴이 없는 백라이트 유닛에 대한 검사 알고리즘으로 분리된다. 일정 패턴이 인쇄되어 있는 패널에 대한 검사 알고리즘은 모폴로지 연산을 이용하는 템플릿 체크방법과 블록 매칭 방법이 사용되었고 일정패턴이 없는 유닛에 대한 검사는 개선된 Otsu 방법을 이용하여 얼룩이나 흐릿한 결함에 대한 결함을 검출하였다. 실험결과 불균일한 결함과 밝기가 일정하지 않은 결함일지라도 90% 이상의 검출율로 뛰어난 성능을 입증하였다.

Key Words : Machine Vision, Inspection, Back Light Unit, Image Processing

1. 서론

TV나 컴퓨터의 모니터 정도로 인식되던 디스플레이가 휴대폰과 컴퓨터, TV뿐만 아니라 모든 가전제품과 통신기에 응용이 되면서 디스플레이 산업의 중요성 또한 더욱 강조되고 있다. 응용되는 디스플레이의 종류에는 2000년대 이전까지 디스플레이 시장을 장악했던 CRT(Cathode Ray Tube; 브라운관)와 소형화가 어렵고 휴대가 용이하지 않은 CRT의 단점을 보완하여 2000년 이후 급속하게 발전하면서 CRT를 밀어내고 디스플레이 시장의 새로운 주역으로 탄생한 FPD(Flat Panel Display; 평판디스플레이)가 있다. 평판 디스플레이 패널의 생산 공정에 있어서 마지막 단계에서는 생산품에 어떠한 물리적 결함이 있는지를 검사하여 양호와 불량률을 판정한다. 이러한 결함검사 과정에서 사용되는 검사장비는 평판디스플레이를 생산할 때 발생하는 불량화소나 결함을 광학적 센서로 발견해 이를 물리적으로 치유하는 장비로 관련 제품의 무결점을 위해서는 가장 중요한 생산설비이다. 본 연구에서는 이러한 평판 디스플레이 장치의 결함을 검사하는 시스템을 구현하고 실험을 통하여 성능을 검증하였다.

2. 비전 시스템의 구현

본 시스템은 크게 하드웨어와 소프트웨어로 분류된다.

저자 소개

- * 鮮文 大學 電子工學科 碩士課程
- ** 鮮文 大學 電子工學科 博士課程
- *** 鮮文 大學 情報通信工學科 教授
- **** 鮮文 大學 情報通信工學科 教授

2.1 하드웨어

2.1.1 조명부의 설계

FPD의 표면에 대한 이미지를 얻기 위해서는 적절한 조명시스템이 반드시 필요하다. 본 시스템에서는 36W FPL 램프 5개를 사용하였고 램프의 정격수명을 연장하여 주며 안정적인 조도를 확보하고 열손실을 최소화하여 안정기의 효율을 극대화 시키며 전체발열을 최소화하였다. 또한 낮은 전자파 간섭(EMI) 및 최저의 고조파함유율(THD)로 다른 외부기기와의 오동작을 완벽하게 방지하고 램프의 파장에 의한 영상의 화면 떨림 현상을 방지하기 위하여 고성능의 저고조파 함유형 전자식 안정기를 사용하였다.

2.1.2 로봇 암 제어부

FPD의 불특정된 위치의 이미지를 얻기 위해서는 CCD 카메라를 자유자재로 이동할 수 있는 제어가 필요하다. 본 연구에서는 IA Korea사의 X-SEL 컨트롤러를 사용하였다. 2축의 암 로봇이 지정하는 위치로 동기모드로 동작하고 비상 정지나 에러발생시의 모터 구동원의 차단 등 안정성을 확보하였다. PC와는 시리얼 포트를 통하여 명령과 응답을 주고받으며 MFC 프로그래밍을 통하여 통신 프로토콜을 명령함으로써 로봇 암을 원하는 위치와 원하는 거리만큼, 원하는 속도로 이동이 가능하다.

2.1.3 영상 획득부

본 연구에 이용된 카메라는 라인 스캔 이미지 센서를 탑재한 고해상도 디지털 출력 타입의 CCD 카메라이다. 비디오 신호는 10bit 디지털 및 아날로그 신호를 출력하고 해상도는 5150픽셀, 분해능은 7 μ m \times 7 μ m이다. 본 카메라는 대부분의 프레임 그레이버 호환성이 좋고, 정확도가 높은 화상처리 구축이 가능하다. 프레임 그레이버로 사용된 화상보드는 캐나다의 Matrox사에서 제작된 Matrox Meteor II / Digital 보드를

사용하였다. 이 보드의 특징은 입력되는 NTSC 신호를 60Hz/sec의 속도로 YUV, RGB로 변환시켜 PCI 버스를 통하여 CPU를 거치지 않고 바로 PC 메모리로 저장시켜주는 데 있다. 또한 일반 PC의 PCI 슬롯에 장착하여 사용한다.

2.2 소프트웨어

2.2.1 일정 패턴이 있는 유닛의 결함 검사

도광판의 경우 패턴에 인쇄오류로 인해 나타날 수 있는 점이나 돌출, 또는 합물 결함은 사람의 육안으로도 식별이 어려운 정도의 작은 크기를 갖는다. 이러한 작은 결함을 검출하는 방법이 템플릿 체크방법이다.

$$T(x, y) = \sum_{x=0}^M \sum_{y=0}^N |\Delta M_C(x, y)| + |\Delta M_O(x, y)|$$

위 식은 템플릿 체크방법의 계산식이다. 이 방법은 이진 영상을 구한 후 닫힘 연산을 수행하여 다시 이진화한 영상과 닫힘 연산을 수행한 영상의 음영 값을 비교하여 $\Delta M_C(x, y)$ 값을 산출한다. 그리고 이진영상에 대한 열림 연산을 행한 후, 이진영상의 음영 값과 비교하여 $\Delta M_O(x, y)$ 값을 산출한 후 두 값을 더하여 결과값 $T(x, y)$ 을 구한다.

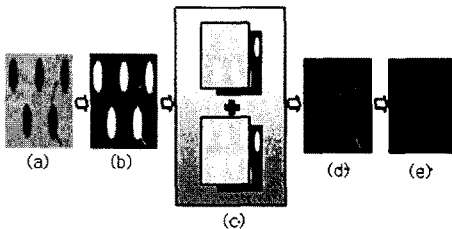


그림 1. 템플릿 체크방법의 과정 : (a) 원영상 (b) 이진영상 (c)템플릿 체크방법 수행 (d) 후처리 (e) 결과 이미지

그림 2는 블록매칭 방법의 처리과정이다. 이 방법은 이진 영상에 격자를 생성하여 서브 블록을 생성하고 생성된 격자에 의해 나누어진 서브 블록을 이용하여 블록끼리 매칭을 시도한다.

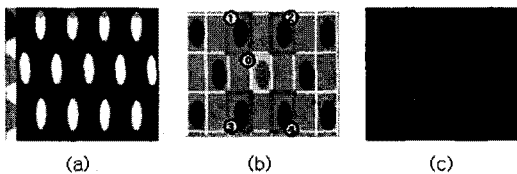


그림 2. 블록 매칭방법의 처리과정 : (a) 투영도 산출 (b) 격자를 생성하여 블록 형성 (c) 결과 이미지

$$B(X) = \sum_{i=1}^4 |G(x) - G(i)|$$

그림 2의 (b)에서 영상의 왼쪽 상단(①), 오른쪽 상단(②), 왼쪽 하단(③), 오른쪽 하단(④) 네 곳의 영상과 음영 값을 비교하여 합한 차이 값에 대한 결과영상(c)을 구할 수 있다. 결과 영상에서 패턴이 차이가 나는 곳은 큰 음영값을 갖게 되어 쉽게 발견할 수 있다. 블록 매칭을 통해 구해진 영상에서 역시 소수 픽셀단위의 잡음을 제거하기 위해 메디안 필터를 사용하였다.

2.2.2 일정 패턴이 없는 유닛의 결함 검사

템플릿 방법을 이용하여 결함을 검출할 때 일정한 패턴이 없는 경우의 검출을 위해서는 기존의 오프 방법을 이용하여 자동으로 찾기에 는 문제가 있다. Hui-Fuang Ng가 제시한 Valley-Emphasis 방법을 이용한 템플릿 방법을 사용하였다. 기존 오프 방법은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P_i = \frac{n_i}{n} \text{ 여기서 } n_i \text{ 는 주어진 영상에서 음영레벨 } i \text{ 의 픽셀 수, } n \text{ 은 전체 픽셀 수, } P_i \text{ 는 음영레벨 } i \text{ 의 발생확률이다.}$$

전체영상의 평균 음영레벨은

$$\mu_T = \sum_{i=0}^{L-1} i p_i \text{ 이 되며, 문턱값을 구할 때 두 영역}$$

$C_1 = \{0, 1, \dots, t\}$, $C_2 = \{t+1, t+2, \dots, L-1\}$ 으로 나누는데 각각 C_1 과 C_2 는 필요한 영상과 배경이 된다.

$$\text{두 영역의 확률은 } \omega_1(t) = \sum_{i=0}^t p_i, \omega_2(t) = \sum_{i=t+1}^{L-1} p_i$$

이며, 두 영역의 평균은

$$\mu_1(t) = \sum_{i=0}^t i p_i / \omega_1(t), \mu_2(t) = \sum_{i=t+1}^{L-1} i p_i / \omega_2(t) \text{이다.}$$

두 영역을 최대화 하여 얻어진 임계값 t^* 는

$$t^* = \text{Arg Max}_{0 \leq t < L} \left\{ \omega_1(t)(\mu_1(t) - \mu_T)^2 + \omega_2(t)(\mu_2(t) - \mu_T)^2 \right\}$$

이며 간략화한 식은 다음과 같다.

$$t^* = \text{Arg Max}_{0 \leq t < L} \{ \omega_1(t)u_1^2(t) + \omega_2(t)u_2^2(t) \}$$

아래 그림3의 (a) 영상을 보면 패턴이 없는 영상에 결함이 있는 경우의 영상이며, (b)는 검출하고자 하는 결과 영상을 보여주고 있다. (d)와 같은 결과를 얻기 위하여 Valley-Emphasis 방법을 이용하였는데, 식은 다음과 같다.

$$t^* = \text{Arg Max}_{0 \leq t < L} \{ (\omega_1(t)u_1^2(t) + \omega_2(t)u_2^2(t))(1 - p_t) \}$$

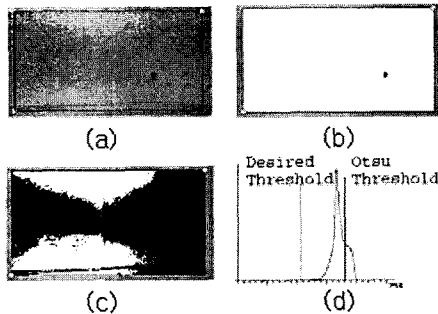


그림 3. 패턴이 없는 영상 결함 검사

이 식은 가중치 $(1-p_t)$ 가 추가되었다. $p_t = n_t / n$ 이며, 여기서 p_t 는 먼저 오프 방법으로 구한 t 값의 발생확률을 의미하며, n_t 는 음영레벨 t 의 픽셀 수, n 은 전체 픽셀 수이다. 결국 그림 3 (d)와 같이 단일모델인 경우는 p_t 값이 크므로 t 값은 줄어들게 되며, 이중모델인 경우는 p_t 값이 작으므로 t 값은 별 차이가 없게 된다.

실제 이 식을 결함검출에 적용하기 위해 실험치 a 값을 추가하였다. 이 값에 의해 결함 검출에 미세한 조정을 할 수

있게 된다. 식은 다음과 같다. 기본 α 값은 1로 설정된다.

$$t^* = \text{Arg Max}_{0 \leq k \leq L} \left\{ \begin{matrix} (\omega_1(t)u_1^2(t) + \\ \omega_2(t)u_2^2(t))(1-p) \cdot a \end{matrix} \right\}$$

3. 실험 및 결과 데이터

본 논문에서 제안한 시스템은 IBM PC, Pentium IV, Windows 운영체제에서 동작하며, Visual C++ 6.0으로 개발되었다. 실험은 실제 도광판을 본 시스템의 카메라를 구동시켜 획득한 이미지를 통해 검증 실험을 하였다. 검출된 결함들을 보면 템플릿 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.

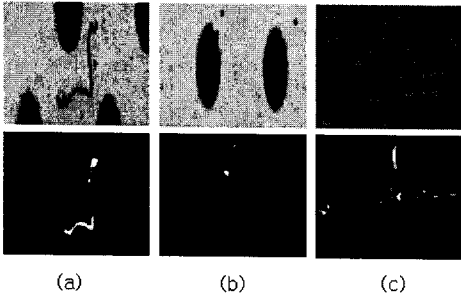


그림 4. 템플릿 체크방법의 처리결과

그림 5에서는 블록 매칭 방법을 이용하여 검출한 결함들의 이미지를 보여주고 있다. 그림 5의 (a)는 스크래치 결함을 갖는 영상이고, (b)는 블록매칭을 적용한 결과이며, (c)는 후처리 결과이다. 후처리를 위해서 이진화 연산을 하였고, 메디안 필터를 사용하여 잡음처럼 보이는 작은 변화를 제거 하였다. 그림 5 (c)에서 스크래치 결함이 점선 형태로 끊어지는 이유는 그림 5 (a)의 영상에서 패턴 모양과 스크래치가 겹치기 때문에 동일한 음영값을 갖기 때문이다.

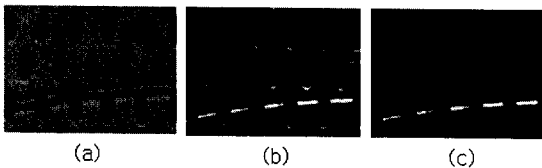


그림 5. 블록 매칭방법의 처리과정

다음 그림 6에서 원영상은 또 다른 평면에서 영상을 획득하였다. 표에서 보듯이 얼룩 비슷한 점들이 보인다. 눈으로 잘 보이지 않을 정도로 배경색과 비슷하지만 템플릿 검사 알고리즘을 이용하여 결함들을 검출할 수 있었다. 여기서는 블록매칭 검사 알고리즘은 사용되지 않았다. 그림 6의 원 영상에서 보듯이 특정한 패턴이 없는 경우는 새로 개선된 오즈

알고리즘 적용한 템플릿 검사 방법을 사용하여 결함을 검출한 예를 보여주고 있다.

	불방출	점	점	불방출
원영상				
템플릿 검사				
	얼룩	점	점	선
원영상				
템플릿 검사				

그림 6. 일정 패턴이 없는 유닛의 결함 검사

4. 결론

본 논문에서는 조명부와 영상 획득부, 로봇 암 제어부로 구성된 백라이트 유닛의 결함을 검출하는 비전시스템을 설계하고 도광판에 적용시켜 효과적인 결과를 확인하였다. 도광판의 출광특성상 결함이 발생할 경우 난반사가 제대로 이루어지지 않기 때문에 최적화된 화면을 볼 수 없게 된다. 대형 평판 디스플레이의 수요가 증가함에 따라 로봇 암의 이동범위를 40~45인치의 대형 평판 디스플레이 매체도 검사가 가능하도록 설계하였다. 또한 영상획득부의 CCD 센서를 컬러로 교체하면 불량화소 검출이 가능하고 이처럼 다른 디스플레이 장치의 결함검출에 응용이 가능하다.

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.

※ 본 연구는 지역 혁신 인력 양성 사업(CN-31) 자원으로 수행되었음.