

# 도광판의 자동결함검출을 위한 템플릿 검사와 블록 매칭 방법

한 창 호<sup>†</sup> · 조 상 희<sup>†</sup> · 오 춘 석<sup>\*\*</sup> · 유 영 기<sup>\*\*\*</sup>

## 요 약

본 논문에서는 자동결함검출 방법으로 도광판의 다양한 패턴에 나타나는 돌출, 함몰, 점 등과 같은 작은 결함들을 검출하기 위해 모폴로지의 닫힘, 열림 방법을 이용하는 템플릿 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 일정한 패턴이 없는 도광판의 결함에 대해 결함을 검출할 수 있는 개선된 오프 방법을 이용하였다. 이 알고리즘을 적용한 결과 결함 검출에 좋은 성능이 있음을 보여준다. 제안된 알고리즘은 자체 개발한 장비에서 실제 도광판의 영상을 얻어 테스트 하였다.

키워드 : 머신비전, 화상검사, 도광판, 모폴로지

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

ChangHo Han<sup>†</sup> · SangHee Cho<sup>†</sup> · ChoonSuk Oh<sup>\*\*</sup> · YoungKee Ryu<sup>\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

In this paper, two methods based on the use of morphology and pattern matching prior to detect classified defects automatically on the back light unit which is a part of display equipments are proposed. One is the template check method which detects small size defects by using closing and opening method, and the other is the block matching method which detects big size defects by comparing with four regions of uniform blocks. The TC algorithm also can detect defects on the non-uniform pattern of BLU by using revised Otsu method. The proposed method has been implemented on the automatic defect detection system we developed and has been tested image data of BLU captured by the system.

Key Words : Machine vision, Image inspection, BLU, Morphology.

## 1. 서 론

현재 업체들의 생산량을 보면 LCD 생산 증가율보다, PDP (Plasma Display Panel) 생산의 증가율이 커지고 있으며, 2005년에는 프로젝션을 증가하는 것으로 나온다[1]. 크기도 대형화 추세로 30인치급은 2006년에 단종 될 우려가 있으며, 40인치 HD가 지속적으로 확대되고 있고, 50인치급 이상은 해마다 배로 증가하고 있다. TFT-LCD(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)나 PDP 시장이 커짐에 따라 여기에 사용되는 도광판(BLU: Back Light Unit)의 수요도 증가를 하게 되며, 도광판의 검사 장비 또한 자동화 시스템으로 바뀌고 있는 실정이다. 평판이 점점 더 대형화 되어가는 시점

에서 검사장비의 기술개발 또한 새로운 요구 사항에 맞추어 꾸준히 발전하고 있다.

TFT-LCD나 PDP 공정과정에서 발생할 수 있는 영상 결함을 검출하는데 정확성과 빠른 검사 속도, 그리고 불균일한 결함에 대한 효율적인 검출 방법이 요구되고 있다. 산업현장에서 발생하는 여러 가지 사례들을 일반화하고 체계화하는 시도가 진행되고 있으며, 밝은 부분이나 색의 번짐 현상으로 해석할 수 있는 각종 얼룩결함에 대한 접근이 시도되고 있다[2]. 본 논문에서 자동결함검출 알고리즘을 제안하여 시스템에 적용하여 실험을 하였다. 도광판의 다양한 패턴에 나타나는 돌출, 함몰, 점 등과 같은 작은 결함들을 검출하기 위해 모폴로지의 닫힘, 열림 방법[3, 12, 13]을 이용하는 템플릿 검사 방법을 사용하였고, 얼룩, 스크래치와 같은 큰 결함을 검출하기 위해 영상에서 격자와 같은 일정한 블록을 형성하고 각 블록을 비교하여 결함을 찾는 블록매칭 방법을 사용하였다. 또한 일정한 패턴이 없는 도광판의 결함에 대

\* 본 논문은 지역혁신인력양성사업의 연구 결과입니다.

† 준 회원 : 선문대학교 대학원 전자공학과 재학 중

\*\* 종신회원 : 선문대학교 전자정보통신공학부 교수

\*\*\* 정 회원 : 선문대학교 전자정보통신공학부 조교수

논문접수 : 2005년 9월 16일, 심사완료 : 2006년 6월 1일

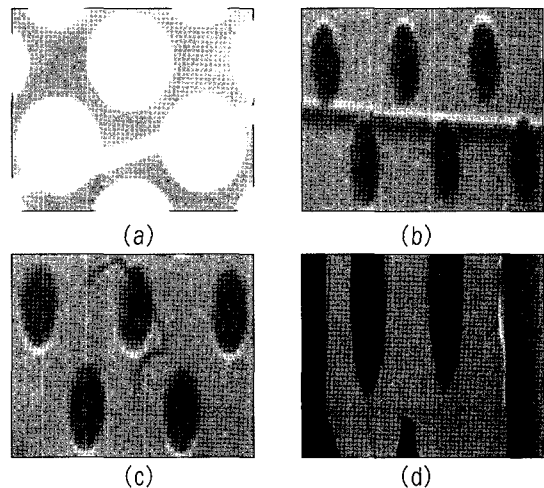
해 결함을 검출할 수 있는 개선된 오프 방법을 통한 자동결함 검출을 시도하였다. 이 알고리즘을 적용한 결과 결함 검출에 좋은 성능이 있음을 보여준다. 제안된 알고리즘은 자체 개발한 장비에서 실제 도광판의 영상을 얻어 테스트 하였다. 또한 T 업체로부터 실제 영상을 얻어 테스트 하였다.

**2. 도광판의 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 정의되지 않은 불균일한 형태의 결함을 포함한다.

결함들은 또한 밝기에 따라 구분하기도 한다. 밝은 결함과 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 1)은 1.7cm×1.7cm 크기의 활상면을 1700×1700 pixel의 고해상도로 획득한 영상의 일부이다. 아래의 영상들은 결함들로 간주될 수 있는 사례들이다. 작은 결함에서부터 큰 결함까지 다양한 모양으로 존재한다. 일반적으로 업체의 패널 검사공정은 다른 어느 공정보다 작업자에 의존하는 공정이라 할 수 있다. 제품의 양불 판별의 대부분이 검사자의 경험과 목시에 의존한 육안판별에 의해 이루어지고 있기 때문이다. 이러한 특성으로 인하여 검사공정은 표준화 및 정량화가 힘들고, 검사자의 경험과 상태에 따라 측정의 일관성을 이루기 힘들어 검사 결과의 양불 판정기준에 차이가 있을 수 있다.

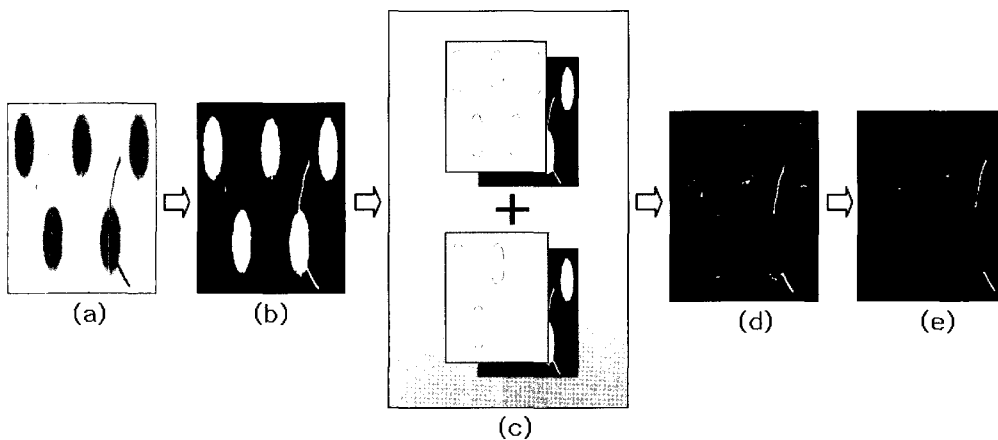


(그림 1) 도광판의 결함의 예:(a) 스크래치1, (b) 스크래치2, (c) 먼지, (d) 도광판 모서리 부분의 깨짐  
(Fig. 1) Examples of defects of BLU:(a) scratch I; (b) scratch II; (c) dust; (d) crash on edge

검사원들의 기포(Blister) 측정에 대한 AGC(아사히 그라스사)의 테스트 결과에 의하면 12명의 검사원이 0.55~1.18mm 범위의 기포 10개에 대한 육안으로 크기를 측정한 결과로 검사자들 사이에 최근 0.65mm의 편차가 있다고 알려지고 있다. 물론 검사원간의 편차가 가장 작을 때를 살펴보면 기포 크기 0.55mm 일때의 편차 ±0.05mm이므로 검사원들의 측정 편차는 ±0.05mm 이상임을 알 수 있다. 이러한 측정오차와 검사원간의 편차는 AGC에만 해당하는 결과는 아니다. 따라서 이를 표준화하는 작업이 선행되어야 한다.

**3. 템플릿과 블록 매칭 알고리즘**

작은 결함을 검출하기 위한 템플릿 검사(Template Check) 방법은 (그림 2)에서 보듯이 모폴로지 기법을 이용한 것으로



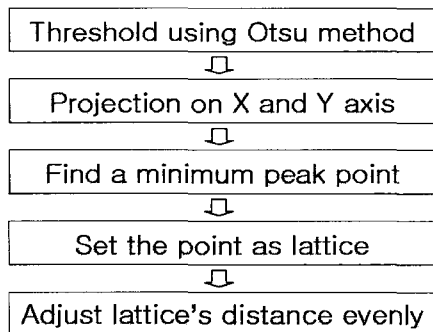
(그림 2) 템플릿 검사의 처리과정:(a) 도광판 원 영상,(b) 임계치를 이용 이진화 한 영상(T=100),(c) 템플릿 검사 알고리즘 수행, (d) 메디안 필터를 적용한 영상(e) 결과 영상  
(Fig. 2) The process of template check method:(a) Original image from BLU;(b) Thresholded image(T=100); (c) Template check method; (d) The result of the compare images;(e) Result image

먼저 원 영상을 이진화 연산을 행한 후, 단함 연산을 수행한다. 그리고 다시 이진화한 영상과 단함 연산을 수행한 영상의 음영 값을 비교하여  $\Delta C(x,y)$  값을 산출한다. 두 번째로 이진화한 영상을 열립 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. 열립, 단함 연산은 2회를 반복하도록 설정하였다. 템플릿 검사 방법을 거쳐 나온 영상에는 잡음이 남아 있는데 1 픽셀 단위의 작은 점들을 제거하기 위하여 3x3 메디안 필터(Median Filter)를 적용하여 검출에 필요한 결함만 구할 수 있었다. 여기서 사용한 이진화 연산 방법은 오쯔(otsu) 방법[4, 6, 7]을 사용하여 얻었다.

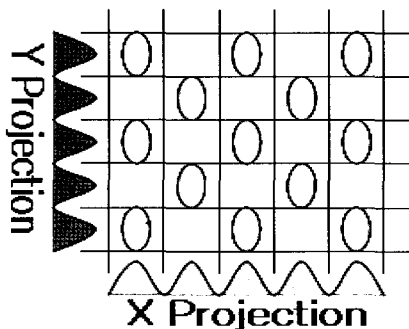
$$D(x,y) = \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} (|\Delta C(x,y)| + |\Delta O(x,y)|) \quad (1)$$

위 식에서  $D(x,y)$ 는 대응화소에 대한 템플릿 검사 방법을 통해 얻어진 음영 값이며,  $\Delta C(x,y)$ 는 단함 연산을 한 후, 단함 연산 하기전의 영상과 비교한 차이의 음영 값이며,  $\Delta O(x,y)$ 는 열립 연산을 거친 후, 열립 연산을 하기 전의 영상과 비교한 차이의 음영 값이다. 그리고 N, M은 영상의 크기이다.

큰 결함을 검출하기 위해 블록 매칭(Block Matching) 방법을 이용하였다. 먼저 블록 매칭방법을 구현하기 위하여 (그림 5)의(a)에서와 같이 원래 영상에 격자를 그린다. 격자는 다음과 같은 방법으로 구한다.



(그림 3) 격자 구하는 방법  
(Fig. 3) Finding lattices method



(그림 4) X, Y축의 투영도  
(Fig. 4) Projection of X, Y axis

(그림 5)(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 합한 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.

$$G(X) = \sum_{i=1}^4 |G(x) - G(i)| \quad (2)$$

위 식에서  $G(X)$ 는 블록 매칭을 한 결과 값이며 (그림 5)(c)와 같다.  $G(x)$ 는 (그림 5)(b)의 가운데 영상을 의미하며 네 방향의 블록 영상  $G(i)$ 와 비교하여 값을 구한다.

템플릿 방법을 이용하여 결함을 검출할 때 일정한 패턴이 없는 경우의 검출을 위해서는 기존의 오쯔 방법을 이용하여 자동으로 찾기에는 문제가 있다. Hui-Fuang Ng가 제시한 Valley-Emphasis 방법[5]을 이용한 템플릿 방법을 사용하였다. 기존 오쯔 방법은 다음식과 같이 표현할 수 있다.

$$P_i = \frac{n_i}{n} \quad (3)$$

$n_i$ 는 주어진 영상에서 음영레벨  $i$ 의 픽셀 수,  $n$ 은 전체 픽셀 수,  $P_i$ 는 음영레벨  $i$ 의 발생확률이다.

전체영상의 평균 음영레벨은 식(4)와 같다.

$$\mu_T = \sum_{i=0}^{L-1} ip_i \quad (4)$$

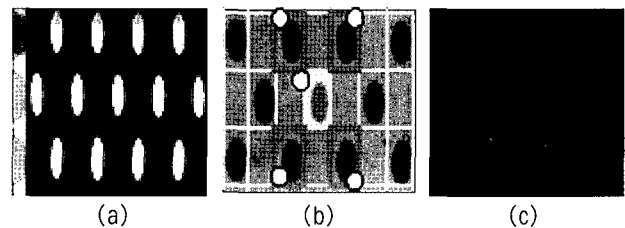
문턱값을 구할 때 두 영역

$$C_1 = \{0, 1, \dots, t\}, \quad C_2 = \{t+1, t+2, \dots, L-1\}$$

으로 나뉘는데 각각  $C_1$ 과  $C_2$ 는 필요한 영상과 배경이 된다.

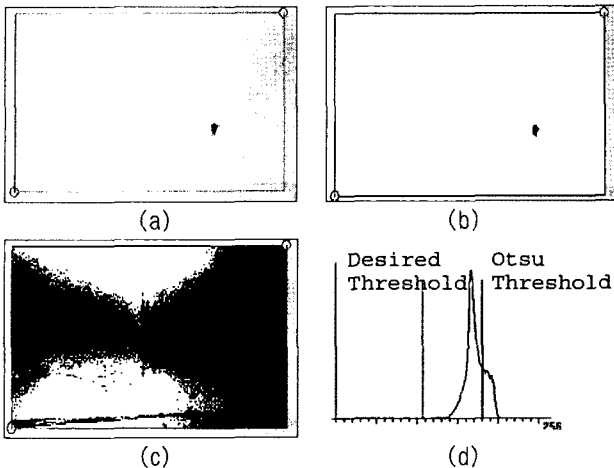
두 영역의 확률은 식(5)와 같으며,

$$\omega_1(t) = \sum_{i=0}^t p_i, \quad \omega_2(t) = \sum_{i=t+1}^{L-1} p_i \quad (5)$$



(그림 5) 블록 매칭의 처리과정:(a) X 성분과 Y 성분에 대한 투영도, (b) 블록끼리 매칭, (c) 결과 영상

(Fig. 5) The process of block matching method:(a) Projection of x-axis and y-axis:(b) Block Matching method:(c) The result image



(그림 6) 오프 방법을 이용한 검출;(a) 원영상,(b) 원하는 결과 영상,(c) 오프의 문턱값 결과,(d) 문턱값  
 (Fig. 6) Contamination Detection with Otsu's Method;  
 (a) Original Image; (b) Desired Threshold Result;  
 (c) Otsu's Threshold Result(d) Threshold Values

두 영역의 평균은 식(6)이 된다.

$$\mu_1(t) = \sum_{i=0}^t ip_i/\omega_1(t), \mu_2(t) = \sum_{i=t+1}^{L-1} ip_i/\omega_2(t) \quad (6)$$

두 영역을 최대화하여 얻어진 문턱값  $t^*$ 는 식(7)이며, 간략화하면 식(8)과 같이 된다.

$$t^* = \underset{0 \leq t < L}{\text{Arg Max}} \{ \omega_1(t)(\mu_1(t) - \mu_T)^2 + \omega_2(t)(\mu_2(t) - \mu_T)^2 \} \quad (7)$$

$$t^* = \underset{0 \leq t < L}{\text{Arg Max}} \{ \omega_1(t)u_1^2(t) + \omega_2(t)u_2^2(t) \} \quad (8)$$

(그림 6)(a)영상을 보면 패턴이 없는 영상에 결함이 있는 경우의 영상이며, (그림 6)(b)는 검출하고자 하는 결과 영상을 보여주고 있다.

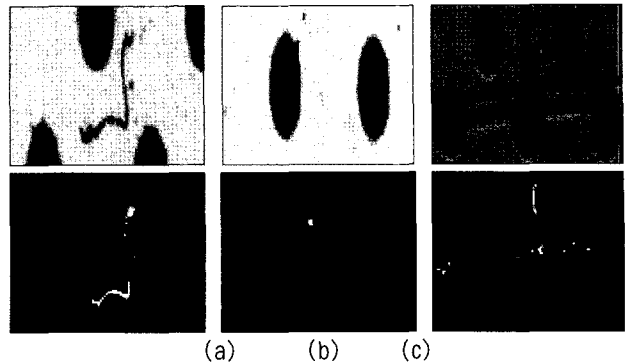
(그림 6)(d)와 같은 결과를 얻기 위하여 Valley-Emphasis 방법을 이용하였는데, 식(9)와 같다.

$$t^* = \underset{0 \leq t < L}{\text{Arg Max}} \{ (\omega_1(t)u_1^2(t) + \omega_2(t)u_2^2(t))(1 - p_t) \} \quad (9)$$

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 6)(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  $\alpha$ 값을 추가하였다. 이 값에 의해 결함 검출에 미세한 조정을 할 수 있게 된다. 식은 다음과 같다. 기본  $\alpha$ 값은 1로 설정된다.

$$t^* = \underset{0 \leq t < L}{\text{Arg Max}} \{ (\omega_1(t)u_1^2(t) + \omega_2(t)u_2^2(t))(1 - p_t) \cdot \alpha \} \quad (10)$$



(그림 7) 템플릿 검사에 의한 결함 검출:(a) 먼지, (b) 돌출 결함, (c) 스크래치  
 (Fig. 7) Image of defects detected by template check method:  
 (a) line defect;(b) protrusion defect(c) line and scratch defect

#### 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 구현했다[8, 9]. 하드웨어 시스템은 라인 스캔 카메라와 조명을 사용하여 카메라를 움직여 영상을 획득한다[10, 11]. 조명은 PLC 램프를 사용하며, 카메라는 5150 pixel/line, 40Mhz/pixel의 성능을 갖는다.

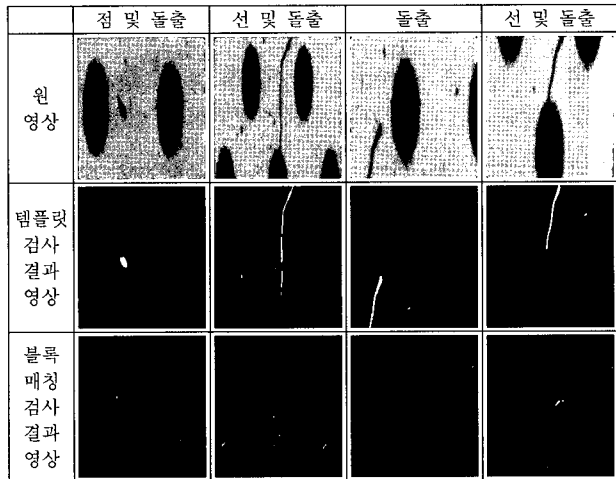
실험은 실제 도광판을 자체 제작한 자동결함 검사 시스템에서 카메라를 구동시켜 획득한 영상을 통해 검증 실험을 하였다. 검출한 결함들을 보면 템플릿 검사 방법을 이용한 경우 결함의 크기와 상관없이 검출을 하기도 하지만 작은 결함에 대해 검출이 뛰어나다. 특히, 원래의 영상 패턴에 작고 가는 라인형태인 (그림 7)의(a)와 같은 먼지 또는(b)와 같은 작은 돌출이나 함몰, 그리고(c)와 같은 비교적 큰 결함에 대해서도 좋은 결과를 볼 수 있다. 이 방법은 조명의 영향을 받기 쉽다는 단점이 있다. 그러므로 적절한 조명부의 설계가 시스템의 검출 성능을 좌우한다. 이것은 반복적인 실험을 통해 구현되었고, 조명이 고르게 분포 하도록 하기 위하여 프리즘 시트를 이용하여 빛을 일정하게 분산시켰다.

(그림 8)에서는 블록 매칭 방법을 이용하여 검출한 결함들의 영상을 보여주고 있다. (그림 8)의(a)는 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 제거하였다. (그림 8)(c)에서 스크래치 결함이 점선 형태로 끊어지는 이유는 (그림 8)(a)의 영상에서 원모양과 라인이 겹치기 때문이다.

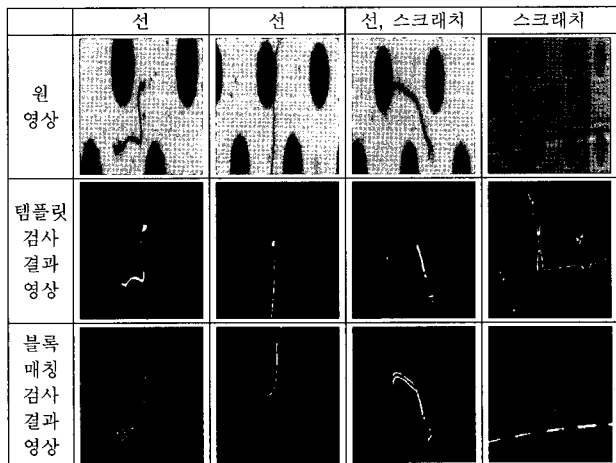
(그림 9) 과 (그림 10)는 두 알고리즘의 결과 영상을 비교하고 있다. 결과 영상에서 보듯이 결함의 크기에 따라 결함 검출이 다르게 나타난다.



(그림 8) 블록매칭 알고리즘에 의한 결함 검출 : (a) 결함을 가진 영상, (b) 블록매칭 방법의 적용, (c) 후 처리  
 (Fig. 8) Image of defects detected by block matching method: (a) A defect image; (b) The result image of BM algorithm; (c) The result image of post-processing

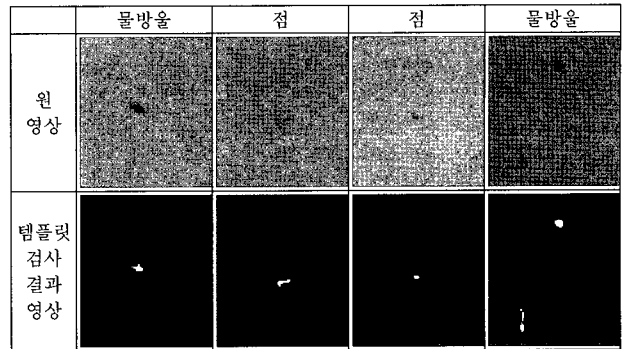


(그림 9) 템플릿 검사 결과영상과 블록매칭 검사 결과영상 1  
 (Fig. 9) The result images of TC and BM algorithm I

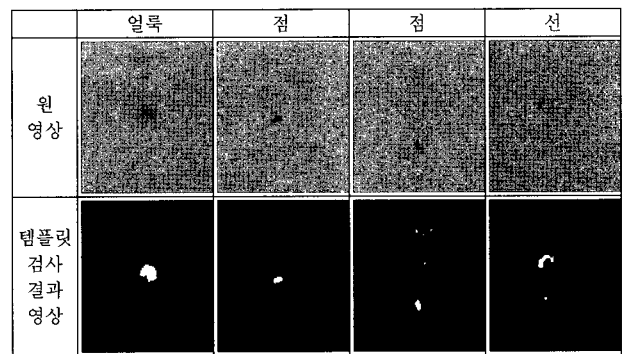


(그림 10) 템플릿 검사 결과영상과 블록매칭 검사 결과영상 2  
 (Fig. 10) The result images of TC and BM algorithm II

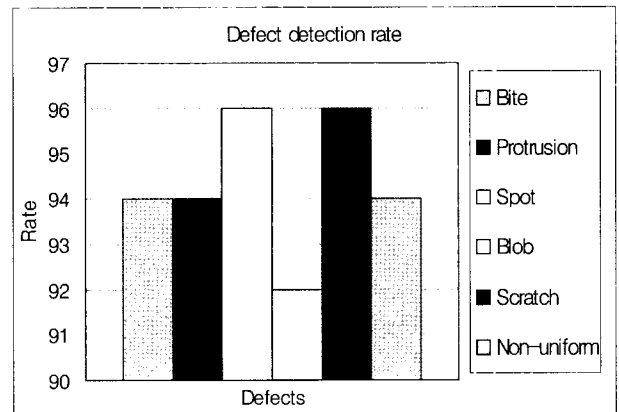
다음 (그림 11)에서 원영상은 또 다른 평면에서 영상을 획득하였다. 표에서 보듯이 얼룩 비슷한 점들이 보인다. 눈으로 잘 보이지 않을 정도로 배경색과 비슷하지만 템플릿 검사 알고리즘을 이용하여 결함들을 검출할 수 있었다. 여기서는 블록매칭 검사 알고리즘은 사용되지 않았다. (그림 11)의 원 영상에서 보듯이 특정한 패턴이 없는 경우는 새로 개선된 오픈 알고리즘 적용한 템플릿 검사 방법을 사용하여 결함을 검출한 예를 보여주고 있다.



(그림 11) 템플릿 검사 결과영상 1  
 (Fig. 11) The result images of TC algorithm I



(그림 12) 템플릿 검사 결과영상 2  
 (Fig. 12) The result images of TC algorithm II



(그림 13) 결함 검출율  
 (Fig. 13) Defect detection rate

(그림 12)에서는 템플릿 검사 방법을 사용한 또 다른 예를 보여 주고 있다. 검출된 결함의 밝기 값이 차이가 나는 경우, 또는 모양이 다른 경우를 보여주고 있다.

(그림 13)은 결함 검출율을 보여주고 있다. 이 그림에서 보면 각 다른 도광판 영상의 결함 검출율이 대부분 90% 이상임을 알 수 있다.

불균일한 결함에 대해서는 약 94%의 검출율을 보이고 있는데 앞서 정의된 결함 이외의 경우를 모두 포함하고 있다. 특히 밝기가 일정하지 않은 결함의 경우라 할지라도 결함 모양과 상관없이 90% 이상의 검출율을 보여준다.

## 5. 결 론

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

## 참 고 문 헌

- [1] 정보디스플레이 WorkShop, "디스플레이 산업의 현재와 미래", July 22, 2005
- [2] 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.
- [3] R.C. Gonzalez, R.E.Woods, "Digital Image Processing," 2nd ed., Prentice Hall, 2002.
- [4] Otsu N. A threshold selection method from graylevel histograms. *IEEE Trans Syst Man Cybern* 1979, 62-66
- [5] Hui-Fuang Ng, "Automatic Thresholding for Defect Detection", 3rd ICIG'04, 2004
- [6] P.S. Liao, T.S. Chen, and P.C. Chung, "A fast algorithm for multilevel thresholding", Journal of Information Science and Engineering, vol. 17, pp.713-727, 2001.
- [7] T.S. Newman, "A survey of automated visual inspection", Computer Vision and Image Understanding, Vol.61, No.2, pp. 231-262, 1995.
- [8] Matrox Electronic System Ltd., "Matrox Imaging Library," Manual No. 10513-MN-0600, February, 1999.
- [9] B.K.P. Horn, Robot vision, MIT Press, 1986.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] W. Niblack, An Introduction to Image Processing, Prentice-Hall, 1986,
- [13] J. R. Parker, Algorithms for Image Processing and Computer Vision, John Wiley&Sons, 1997.



## 한 창 호

e-mail : liberman@paran.com  
 1993년 청주대학교 전자공학과(학사)  
 1995년 청주대학교 대학원 전자공학과  
 (공학석사)  
 2005년~현재 선문대학교 대학원  
 전자공학과 박사과정

관심분야: 영상처리, 모션캡처, 자동검사



## 조 상 희

e-mail : goodluck2y\_@hotmail.com  
 2004년 선문대학교 전자정보통신공학부  
 (학사)  
 2006년 선문대학교 대학원 전자공학과  
 (공학석사)  
 2006년~현재 (주)한국영상기술 개발부  
 소프트웨어 엔지니어

관심분야: 영상처리, 제어시스템, 머신비전, 자동검사



## 오 춘 석

e-mail : choh@sunmoon.ac.kr  
 1980년 서강대학교 전자공학과(학사)  
 1986년 Marquette University 컴퓨터공학과  
 (석사)  
 1992년 University of Arizona 컴퓨터공학과  
 (박사)

1980년~1993년 전자통신연구원(ETRI) 선임연구원  
 2001년 미국 Optical Sciences Center Visiting Scholar  
 1993년~현재 선문대학교 전자정보통신공학부 교수  
 관심분야: 화상처리, 자동검사, 머신비전, 광학시스템설계



## 유 영 기

e-mail : ryu@sunmoon.ac.kr  
 1987년 한양대학교 기계공학과(학사)  
 1989년 한국과학기술원 생산공학과(석사)  
 1996년 한국과학기술원 자동화설계  
 공학과(박사)  
 1989년~1992년 삼성종합기술원  
 전자기기연구소 연구원

1996년~현재 선문대학교 전자정보통신공학부 조교수  
 관심분야: 화상처리, 광계측 센서, 정밀측정시스템