색상보정 및 패턴 정합기법을 이용한 LCD 패턴검사에 관한 연구

A Study on Pattern Inspection of LCD Using Color Compensation and Pattern Matching

예 수 영*, 유 충 웅*, 남 기 곤*

Soo-Young Ye*, Choong-Woong Yoo*, Ki-Gon Nam*

요 약

본 논문에서는 LCD 조립이 완료된 제품에 대해 색상보정 기법을 이용한 LCD 패턴검사 방법을 제안하였다. 기존의 검사 시스템은 패턴 매칭에 의한 검사 기법을 많이 사용하고 있다. 이러한 방법은 LCD의 백라이트(back light) 장치의 휘도차이, 액정의 광특성, 구동특성에 의해 투과되는 빛의 차이, 주위 조명에 의한 색차 등을 보정 할 수 없으며, 또한 이로 인해 불량검출의 효율성을 저하시키는 원인이 된다. 제안하는 검사 방법은 다양한 원인에 의해 발생하는 LCD의 색상 차를 보정한 후 패턴 매칭을 통해 불량을 검출하는 방법이다. 먼저, 검사 대상인 LCD 패턴의 색상을 기준 영상에서 설정된 색상으로 보정한다. 색상이 보정된 영상은 다양한 전처리 기법을 적용하여 패턴 검사를 수행한다. 실험을 통하여 본 연구에서 제안한 알고리듬은 LCD 패널에서 여러 가지 불량품을 검출 할 수 있었고, 또한 제안된 방식은 기존의 방식과 비교하여 불량 검출이 용이함을 알 수 있었다.

Abstract

In this paper, we propose a method for the pattern inspection of LCD module using the color compensation and pattern matching. The pattern matching is generally used for the inspection method of LCD module at the industry. LCD module has many defections such as the brightness difference of the back light, the optic feature of liquid crystal, the difference of the light penetrated by driving LCD and the color difference by the lighting. The conventional method without the color compensation can not solve these defections and decreases the efficiency of inspecting LCD module. The method proposed to inspect defective badness through the pattern matching after it compensated color difference of the LCD occurred by the various causes. At first, it revises with setting by standard tone of color with the LCD pattern of the reference image.

And It perform the preprocessing and pattern matching algorithm on the compensated image. In experiment, we confirmed that this algorithm is useful to detect some defections of LCD module. The proposed methods was easy to detect the faulty product.

Keywords : color compensation, pattern matching, liquid crystal display, inspection

I. 서 론

현재 TFT-LCD는 모바일 디스플레이(mobile display)로 가장 많이 사용되고 있다. 이는 CRT모니터처럼 빔을 쏘는 방식이 아니라 액정에 전기 자극을 주어 색을 표시하기 때문에 전자파가 적고, 부피가 작아 공간 활용도를 높게 해준다. 이 밖에도 화면이 전체적으로 평평하기 때문에 특정 부분만 오목하거나 볼록하게 보이는 왜곡 현상도 나타나지 않으며, 깜빡임이 적어 눈의 피로도도 적다[1,2].

이러한 이유로 LCD의 소비량이 증대되고, 따라서 LCD 관련 장비가 급속히 발달하고 있으며, 또한 낮은비용으로 고품질의 제품을 얻기 위하여 다양한 종류의 자동화 검사 장비를 도입하고 있다[3]. 그중에서 우선적으로 요구되는 것은 조립 완료된 LCD의 불량을 판별하기 위한 검사 시스템의 개발이다. 조립 완료된 TFT-LCD는 일련의 제조 과정에서 발생된 다양한 종류의 불량들이 종합적으로 나타난다. 대표적인 불량 현상은 LCD 화면의 색깔이 균질하지 않거나, 불규칙적인 선이나 점 등의 얼룩이 나타난다. 현재, 생산라인에서는 불량의 유무를 판별하기 위해서 사람의 눈에 의존한 수동적인 방법이 사용되고 있다. 이 경우 검사자의 상태나 검사환경에 따라서, 혹은 검사자 개개인에 따라서 불량의 정도가 다르게 판별 될 수 있다. 또한 동일한

*부산대학교 전자공학과
접수 일자 : 2006. 3. 16 수정 완료 : 2006. 10. 9
논문 번호 : 2006-3-14
※본 연구는 교육부에서 주관하는 "차세대물류IT기술연구사업단"에 의해 지원 받은 연구임

LCD 패널에 대해서도 검사 결과가 달라지는 문제점을 안고 있다. 이에 따라 검사과정 상의 비용절감과 불량에 대한 객관적인 판단 및 검사 속도의 향상을 위해서 결함검사를 자동화하기 위한 자동 검사 시스템의 도입이 절실하다.

기존의 검사 시스템은 패턴 매칭에 의한 검사 기법을 사용하고 있다. 이 방법은 패턴 매칭의 대상에 따라 기준영상(reference image), 부영상(sub image), 히스토그램 정보를 이용하여 검사를 실시한다. 기준영상을 이용한 패턴 매칭의 경우 검사 대상 영상과의 차이를 이용해 검사를 한다[4],[5]. 부영상을 이용한 패턴 매칭의 경우 검사대상 이미지 내의 반복 패턴을 이용해 검사를 실시한다[6]-[8]. 히스토그램을 이용한 패턴 매칭의 경우 검사 대상 영상을 블록화 하여 각 블록의 히스토그램을 비교하여 검사를 한다[9]. 그러나 기존의 방법들은 LCD 백라이트(back light) 장치의 휘도차이, 액정의 광특성, 구동특성에 의해 투과되는 빛의 차이, 주위의 조명도에 의한 색차가 발생하며, 이러한 원인들은 검사의 효율성을 떨어트린다.

따라서 본 논문에서는 색상보정 기법을 이용한 LCD 패턴검사 기법을 제시하고자 한다. 제안하는 검사 방법은 LCD의 색상을 보정하는 영역과 패턴 매칭을 통해 불량을 검출하는 영역으로 구성된다. 먼저, 검사 대상인 LCD 패턴의 색상을 기준 영상에서 설정된 색상으로 보정한다. 색상이 보정된 영상은 다양한 전처리 과정을 거쳐 패턴을 검사한다. 이러한 과정을 거친 후 불량 대상으로 추정되는 LCD에서 추출된 영상을 분석하여 양품과 불량을 판정한다.

II. 검사 시스템 구성 및 불량 추출 항목

본 논문에서 제안하는 LCD 검사 시스템은 크게 LCD의 색상을 보정하는 영역과 패턴 매칭을 통해 불량을 검출하는 영역으로 구성되며 그림 1에 검사 시스템의 전체 블록도를 나타내었다.

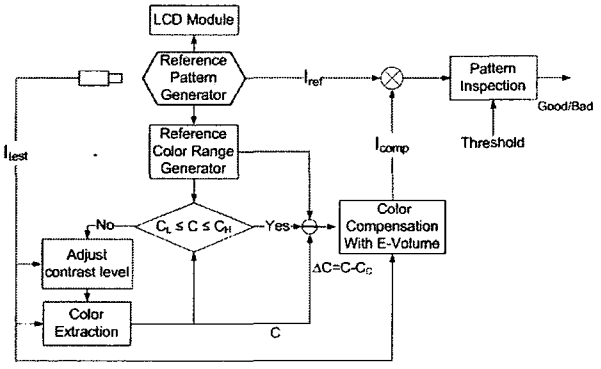


그림 1. 색상보정 기법을 이용한 LCD 검사 시스템 블럭도
Fig. 1. Block diagram of LCD inspection system with color compensation.

색상 보정을 위한 용도로 지정된 제품의 기준 영상 I_{ref} 로부터 하한치, 중심치, 상한치의 색상 데이터 C_L, C_C, C_H 를 설정한다. 검사 패턴에 따라 추출되는 색상의 선형성이 달라 질 수 있으므로 테스트를 통해 색상 추출 영역을 설정한다. CCD 카메라로부터 입력된 검사 대상 이미지 I_{test}로부터 색상 데이터를 추출하여 I_{ref}에서 설정된 범위와 비교한다. 추출된 색상이 한도를 벗어날 경우 I_{test}의 명암 레벨을 조절하여 색상을 재 추출한다. 색상이 한도 기준에 들어올 경우 I_{test}의 색상 데이터 C와 중심 색상 데이터 C_C 와의 차이 ΔC 만큼 I_{test} 전자볼륨을 조정한다. 전자볼륨은 액정셀의 작동전압(operation voltage)을 조절하여 광투과율을 변화 시키며 이에 따라 LCD의 색상 명암대비가 변하게 된다. 이 과정을 통해 색상 보정된 영상 I_{comp} 를 얻는다. 기준 영상 I_{ref}와 보정된 영상 I_{comp} 를 위치 보정을 시키기 위하여 전처리 과정을 거친다. 전처리 과정을 거친 I_{ref}과 I_{comp}영상을 위치 보정하여 매칭 시킨다. 매칭된 영상의 차이로 얻어진 영상을 분석하여 LCD 제품의 패턴 결함을 판정한다.

LCD 패턴의 결함은 발생 원인에 따라 다양한 형태로 나타난다. 본 논문에서는 찾고자 하는 LCD 패턴 결함의 유형을 표1에 나타내었으며, 다음과 같다. 미싱라인(missing line), 블랙/화이트 스팟(black/white spot), 순정성(purity), 균질성(uniformity), 색상 명암대비(color contrast)로 분류 하였다.

표 1. LCD 불량 항목
TABLE 1. The Defect Items of LCD.

Items	Defect Image
Missing Line	
Black/White Spot	
Purity	
Uniformity	Dark Bright
Color Contrast	Dark Bright

전극의 단락이나 단선에 의해 나타나는 미싱라인(missing line)은 1개라도 허용되지 않는다. 블랙/화이트 스팟(black/white spot)은 크기와 개수가 제품별로 정의되어 진다. 오염 물질에 의한 퓨러티(purity) 결함은 허용되지 않는다. 균질성 불량(uniformity)은 사람이 판정할 경우 규격화 될 수 없는 단점이 있으나, 영상처리 시스템에서는 결함 LCD의 통계적 수치를 이용해 규격화함으로써 검출 할 수 있다. 색상 명암대비(color contrast)는 규격 색상을 만족 하도록 보정하는 프로세스에 의해 최적화 되고 보정 불가능한 제품은 불량으로 판정한다.

Ⅲ. LCD 색상 보정 기법

색상 보정을 위해 색상의 중심치와 상하한치 데이터를 기존 샘플들로부터 추출해 내야 한다. 중심값 C_C는 전자 볼륨으로 색보정을 하기 위한 최종 목표값으로 사용되고, 아래와 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} C_C &= m_{center} \pm \sigma_{center} \\ C_L &= m_{lowerlimit} + 3\sigma_{lowerlimit} \\ C_H &= m_{upperlimit} + 3\sigma_{upperlimit} \end{aligned} \quad (1)$$

여기서, C_L, C_C, C_H는 각각 색상의 하한, 중심, 상한 기준값이며, $m_{lowerlimit}$, m_{center}, $m_{upperlimit}$, 와 $\sigma_{lowerlimit}$, σ_{center}, $\sigma_{upperlimit}$는 각각 하한, 중심, 상한 샘플의 평균과 표준편차를 나타낸다. 색상의 중심치와 상·하한치를 결정하려면 각 제품 모델과 패턴에 따라 색보정 영역의 크기와 위치 계산에 사용될 변수를 지정해 주어야 한다. 본 논문에서 색상 데이터를 설정하기 위한 조건으로 그림 형태의 패턴에서 명암대비가 가장 안정적인 Red 영역의 평균값을 사용하였다.

I_{test}의 색보정은 색보정 영역에서 데이터를 추출 후 I_{ref}의 데이터와 비교하여 중심값에 비해 높거나 낮으면 전자볼륨을 조정하여 보상해주는 방식을 사용한다. LCD 색상을 보정하기 위한 전자볼륨 조정 방법은 아래와 같이 나타내었다.

$$\begin{aligned} &\Delta C = C_C - C \\ &\text{if } \Delta C \le 0, \text{Volumn}_{up} = \Delta C/m_\delta \\ &\text{if } \Delta C > 0, \text{Volumn}_{down} = -\Delta C/m_\delta \end{aligned} \quad (2)$$

여기서, C_C 는 I_{ref}에서 얻은 색보정 중심 샘플의 중간값이고 m_δ 는 전자볼륨 스텝(step) 값의 평균적 재귀값이다. Volumn_{up}는 전자 볼륨을 상향 조정하기 위한 값이고, Volumn_{down}는 하향 조정하기 위한 값을 나타낸다.

그림 2에 색상 데이터가 높거나 낮은 LCD 이미지에 대한 보정 결과를 나타내었다.

(a) (b) (c)

그림 2. LCD 색상보정 결과
(a) low color 이미지, (b) 보정된 이미지,
(c) high color 이미지

Fig. 2. Results of LCD color compensation.
(a) low color image, (b) compensated image,
(c) high color image

Ⅳ. LCD 패턴 검사 기법

기준 영상 I_{ref}와 색상이 보정된 검사 대상 영상 I_{comp} 의 위치를 보정해야 한다. 위치 보정을 위한 전처리 과정을 통해 검사 패턴의 무게 중심 C_x, C_y,와 회전 각도 θ를 얻어낸다. 전처리 과정을 거친 영상을 I_{ref}에 맞게 위치 이동 시킨 후 두 이미지의 차이 영상을 레이블링(labeling) 한다. 레이블링된 결과 이미지를 주어진 임계값을 이용해 양품과 불량을 판정한다. 균질성 검사는 검사 대상 영상 자체 영상 내에서 히스토그램을 이용하여 양품과 불량 판정을 실시한다.

4.1 영상의 전처리

색상 보정이 완료된 입력 영상은 식 (3)를 이용하여 이진화 영상으로 변환 시킨다.

$$I_b(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } I(x,y) \ge T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

여기서, I_b 는 이진화된 영상이고, x,y는 영상내 픽셀의 위치를 나타내고, T는 이진화 하기 위한 임계값을 나타내었다.

임의의 임계값 T를 기준으로 LCD 패턴에 속하는 화소는 1의 값을 갖고, 배경에 속하는 화소는 0의 값을 갖는다. 이진화를 위한 임계값 T는 LCD의 백라이트에 의해 패턴 부분의 밝기 값이 주변 배경에 비해 밝은 특성을 이용하여 결정한다.

수평오차를 보정하기 위하여 이진 영상을 세선화시키고, 위치오차를 보정하기 위하여 이진영상을 레이블링한다.

영상의 세선화 과정[10],[11]은 이진화된 영상에서 물체의 윤곽선을 찾기 위하여 에지 검출을 수행한다. 이상적인 에지 추출은 한 픽셀 두께로 나타나야 하지만 일반적으로 에지 추출 과정을 거친 영상은 여러 픽셀 두께의 에지점을 생성하게 된다. 윤곽선을 추출하기 위한 영상은 한 픽셀 두께의 에지이어야 하므로 세선화 과정이 필요하다.

레이블링은 영상에 있는 모든 연결된 요소들을 찾고, 각 요소에 레이블을 붙이는 과정이다[12].

4.2 영상 오차 보정

검사장비에 LCD를 수동으로 장착시 발생하는 문제점은 제품이 정확히 수평 수직이 이루어지지 않는다는 것이다. 회전이 발생한 경우 I_{ref}과 I_{comp} 사이에 오차가 존재한다. 이를 위해서 LCD제품의 회전 정보를 얻어야 한다.

본 논문에서는 직선의 기울기를 이용하여 영상의 위치를 보정하고자 한다. 전처리 과정의 세선화 단계를 통해 그림 3과 같이 수평성분의 시작점 (x_1, y_1)과 끝점 (x_2, y_2)을 찾아낸다.

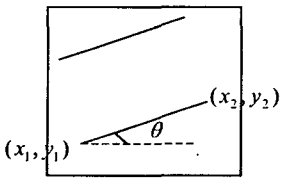


그림 3 수평성분 및 회전 각도 추출

Fig. 3. Calculation of rotation angle.

이 점들을 이용하여 식 (2)와 같이 직선의 방정식을 구하여 회전각도 θ를 계산 할 수 있다. 회전각도 θ만큼 영상을 회전시켜 줌으로써 기준영상과 색상 보정된 영상의 수평 경계선을 일치시킨다.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{V}{H}\right) = \tan^{-1}\frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} \tag{4}$$

수평 경계선을 일치 시킨 후 두 영상 사이의 위치 오차를 보정하기 위하여 각 영상의 무게 중심을 구한다.

이진화된 영상의 레이블링(labeling)영역에서 블록의 중심점, 면적, 가로세로 길이에 대한 정보를 획득한다.

기준 영상 I_{ref}와 I_{comp} 영상을 레이블링한 후 면적이 가장 큰 레이블 영역에서 중심점을 각각 구한다.

중심점은 무게중심으로 식 (5)에 의해 구할 수 있다.

$$C_x = \frac{1}{m_i}\sum_{i\in n} x_i$$

$$C_y = \frac{1}{m_i}\sum_{i\in n} y_i \qquad n=1,2,.....k \tag{5}$$

C_x, C_y는 면적이 가장 큰 레이블 영역의 무게 중심점, m_i는 그 영역을 구성하는 픽셀의 개수, x_i, y_i 픽셀의 위치를 나타낸다. 두 영상의 무게중심점에 위치오차가 존재할 I_{ref}과 I_{comp}는 그림4와 같이 나타난다.

여기서 실선은 I_{ref}에 존재하는 블록영역을 나타내며, 점선은 I_{comp}에 존재하는 블록영역을 나타낸다. 두 영상 사이에 존재하는 중심위치를 찾아 오차 수정을 하여 검사영역을 일치시킨다.

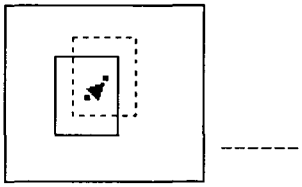


그림 4. 위치오차

Fig. 4. Position difference.

4.3 불량 판정

I_{ref}와 I_{comp}의 위치를 보정한 후 이들 영상의 차영상을 구한다. 이 차영상을 레이블링하여 검사 대상 영역을 설정 한 후 불량을 검출한다.

레이블링된 영상에서의 불량 검출은 레이블링된 영역의 기하학적 특징과 모멘트(moment)를 이용하여 특징을 검출한다. 기하학적 특징은 그 내용에 따라 위치 특징, 크기 및 모양 특징등이 있다. 본 논문에서는 기하학적 특징 중 크기와 방향에 무관한 패턴의 면적(area), 면적비(area_ratio)와 응집도(compactness)를 이용하였다. 이들 기하학적 특징들은 패턴분류에 유용한 특징을 제공하며, 식(6),(7),(8)에 나타내었다.

$$A = \sum_{(x,y)\in R} I_d \tag{6}$$

$$R = A/B \tag{7}$$

$$C = (4\pi \times A)/P^2 \tag{8}$$

여기서, A는 대상체의 면적, B는 검사 영역의 면적, C는 대상체의 응집도를 나타내며 P는 대상체의 윤곽선의 길이이다.

이와 같은 기하학적 특징은 LCD의 미싱라인이나 퓨러티 불량과 같은 크기가 큰 불량의 분류에 사용되며 검출단계에서 가장 먼저 불량을 판정하기 위한 기준으로 사용된다. 대상체의 면적이 설정한도 $T_{largedefect}$ 보다 크게 되면 A와 B의 비를 이용하여 단순 직선인지 스크레치인지를 구분하며 1에 가까우면 미싱라인으로 판별한다. 응집도를 이용하여 원형불량의 정도를 파악하며 대상체가 복잡할수록 수치가 작아지고 원형에 가까울수록 1에 가까운 수치가 된다. 대상체의 면적이 설정한도 $T_{largedefect}$ 보다 작은 불량에 대해서는 블랙/화이트 스팟과 같은 원형 형태의 불량을 검출하기 위해 모멘트 특징을 이용한다. 모멘트 특징을 이용한 검출에서 표면결점 검사에 유용한 정보는 결점의 장축의 길이(long_axis), 단축의 길이(short_axis)를 사용하였다.

영상 $f(x,y)$의 모멘트 m_{ij}를 식(9)으로 정의하고, 영상의 면적은 m_{00}, 중심점은 식 (10)으로 정의된다. 중심모멘트 μ_{ij}를 식(11)로 정의하면, 대상 영역의 장축 a와 단축 b의 길이는 식 (12)과 같이 나낼 수 있다.

$$m_{ij} = \sum_x \sum_y x^i y^j f(x,y) \tag{9}$$

$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \qquad \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}} \tag{10}$$

$$\mu_{ij} = \sum_x \sum_y (x-\bar{x})^i (y-\bar{y})^j f(x,y) \tag{11}$$

$$a = \sqrt{2}\sqrt{\mu_{20} + \mu_{02}\sqrt{((\mu_{20}-\mu_{02})^2 + 4\mu_{11}^2)}/\mu_{00}} \tag{12}$$

$$b = \sqrt{2}\sqrt{\mu_{20} - \mu_{02}\sqrt{((\mu_{20}-\mu_{02})^2 + 4\mu_{11}^2)}/\mu_{00}}$$

결점에 대한 불량판정은 식(13)에서 구한 장축 a와 단축 b

를 그림 5에 나타내었으며, 여기서 $T_{smalldefect}$는 스팟불량의 한도 기준이다.

$$D_{defectsize} = \frac{a+b}{2} > T_{smalldetect} \quad (13)$$

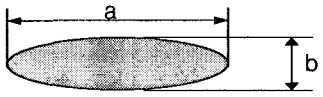


그림 5. 불량 결점 크기
Fig. 5. Size of defect area.

균질성 검출을 위해서 국부영역의 통계적 특징을 이용하는 적응적 다치 임계화법(adaptive multi-threshold)을 사용하였다.[13]. 균질성이 다르게 존재하는 얼룩형태의 국부 영역의 히스토그램은 휘도값의 평균값에서 좌우로 치우치는 형태를 나타난다. 영상 내부의 휘도 분포는 검사 영역 내부에서 가우시안 분포를 따른다고 가정하고, 각 블록에서의 임계값은 식(14)와 같이 결정된다.

$$V_{TH} = m_e + k\sigma \quad (14)$$

여기서 m_e는 현재 검사 영역의 휘도의 추정평균을 나타내고, σ는 현재 블록의 휘도 표준편차를 나타낸다. k는 검출강도를 조정하는 상수 값이다. 본 논문에서는 얼룩을 검출하기 위해서 비교적 낮은 상수값을 선택하여 실험을 수행한다. m_e는 선형 추정에 의해서 이미 처리가 완료된 좌상 블록에서 결함후보 영역을 제외한 화소들의 평균값에 의해서 결정된다. 이때, 현재 처리 블록의 좌상에 위치하는 각각의 블록 내에서 얼룩으로 구분되는 화소의 개수와 배경으로 구분되는 화소의 개수가 서로 다르다. 그러므로 휘도의 추정 평균을 구할 때, 현재 처리블록의 좌상 블록에서 배경 화소로 구분되는 화소의 개수에 따른 가중치를 적용하였다.(식 (15))

$$m_e = Mm_u + Nm_i \qquad where\ M+N=1 \quad (15)$$

여기서 m_u와 m_i는 각각 현재 처리 블록의 좌상에 위치하는 블록에서 얼룩을 배제한 평균값을 나타내고 M, N은 배경으로 구분되는 화소 수에 따른 가중치를 의미한다. 각각의 레이블링 된 불량후보에 대해서 이를 감싸는 주변 정상 영역 화소들의 휘도값 평균과 비교하여 결함의 크기와 휘도차를 이용해서 결함영역인지 판단한다.

V. 실험 결과

5.1 실험환경

그림 6은 본 논문에서 사용한 영상처리 시스템을 나타낸다. 패턴 제너레이터(pattern generator)는 테스트 패턴(test pattern)을 LCD에 공급하게 되고, PC에서는 RS232통신을 이용하여 제어한다. LCD에 출력된 테스트 패턴은 칼라 CCD 카메라에 의해 칼라 영상으로 획득된다. 영상 그레버(image grab)는 프로그래시브 카메라(progressive camera)를 지원하는 Matrox사의 Meteor-2/Standard를 사용하였다. 획득된 칼라 영상은 PC에 의해 전처리 과정을 거쳐 불량 유무를 판정하게 된다. 제안된 기법의 성능을 확인하기 위해 공정상에서 발생한 실제 항목별 불량을 이용하여 검사하였다. 실험 영상은 640×480의 크기를 가지는 24bit영상을 사용하였다. 실험에는 1.5inch LCD가 사용되었으며 X,Y축은 12.3pixel/mm로 표현된다. 제안된 알고리즘은 Visual C++ 6.0 컴파일러를 사용하여 구현하였다.

5.2 LCD 색상보정 결과

LCD 색상보정은 검사대상 LCD의 색상값을 기준 영상에 매칭 시키는 과정이다. 색상명암 중심치에서 각 명암단계별 변화치에 대한 PSNR 비교 결과를 그림 8에 나타내었다.

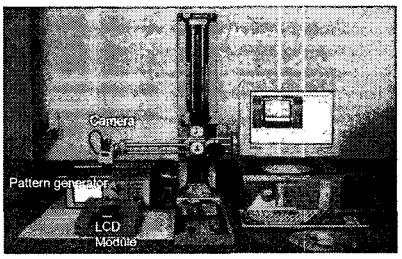


그림 6. LCD 패턴검사 시스템
Fig. 6. LCD pattern inspection system

명암도가 유사한 비교 레벨이 높은 PSNR을 보여 두 영상의 유사도가 높음을 알 수 있다.

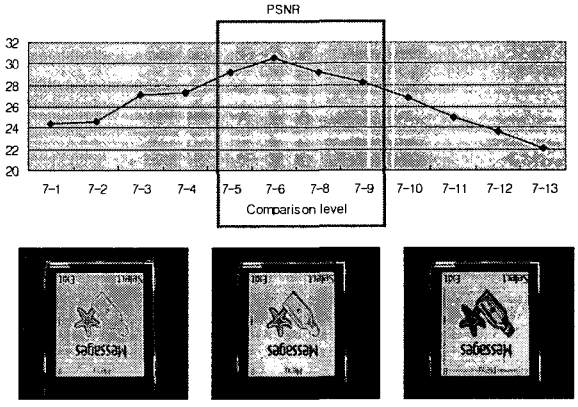


그림 7. 색상명암 단계별 PSNR 비교
(a) PSNR 비교 결과, (b) 명암 1단계 영상, (c) 명암 7단계 영상, (d) 명암 13단계 영상
Fig. 7. Comparison of PSNR.
(a) PSNR result, (b) color level 1 image, (c) color level 7 image, (d) color level 13 image

그림 8과 표2에 제안된 색상 보정 기법과 일반적인 검사 방법을 비교 하였다. 동일한 제품에 대해서 색상 보정을 하기 전 검사 대상 영상과 기준 영상과의 차이를 장축의 최대치를 이용해 나타내었다. 실험 결과 제안한 방법이 기존 방법에 비해 불량 결점의 크기가 일정하게 나타나므로 불량의 크기를 어느 정도 예측할 수 있을 뿐만 아니라 알고리듬적용이 용이 하여 불량 검출이 훨씬 쉬워진다.

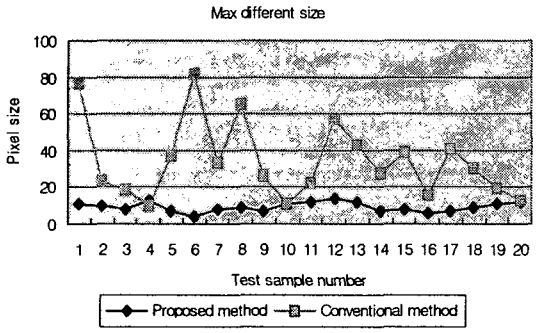


그림 8.제안된 검사 방법 비교

Fig. 8. Comparison of proposed inspection method.

표 2. 기존방식과 제안된 방식의 색상 명암단계별 최대 장축 길이 비교

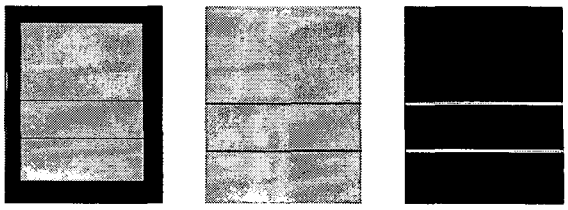
Table 2. Maximum Length Comparison of Proposed and Conventional Method.

NO	Proposed method	Conventional method
1	11	77
2	10	23
3	8	18
4	13	10
5	7	37
6	4	82
7	8	33
8	9	65
9	7	26
10	11	11
11	12	22
12	14	57
13	12	43
14	7	27
15	8	39
16	6	16
17	7	41
18	9	30
19	11	19
20	12	13
평 균	9.30	34.45
표 준 편 차	2.64	21.21

5.3 LCD 패턴 검사 결과

LCD패턴의 검사 항목은 LCD패턴 내부의 선, 이물질, 오염의 존재 여부를 검출해 내는 것이다. 그림 9(a)는 미싱라인이 있는 LCD에 회색의 패턴 영상을 적용하여 획득한 영상이다. 그림 9(b)는 제안된 색상 보정 기법 및 위치보정을 수행한 후 검사패턴 외부의 LCD모듈 부분을 제거한 영상이다. 추출된 영상을 기준 영상과 XOR 시켜 레이블링 과정을 수행한 결과를 그림 9(c)에 나타내었다.

그림 10은 칼라바(color bar) 패턴에서 미싱라인 불량을 검출한 결과이며 그림 11와 12은 각각 블루 패턴과 칼라바 패턴에서 이물질 불량을 검출하는 결과를 나타낸 것이다.



(a) (b) (c)

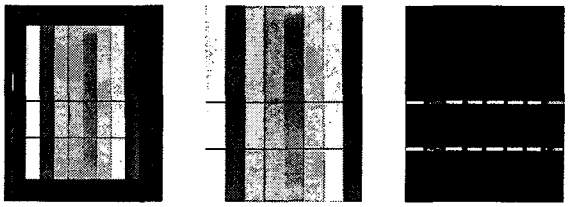
그림 9. 회색 패턴에서 미싱라인 불량 검출

(a) 미싱라인 불량 영상 (b) 추출된 영상 (c) 검출된 영상

Fig. 9 Missing line detect in gray pattern.

(a) missing line defect image (b) extracted image

(c) detected image.



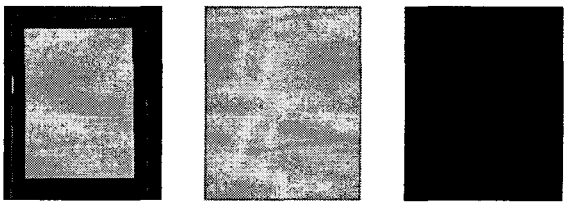
(a) (b) (c)

그림 10. 칼라바 패턴에서 미싱라인 불량 검출

(a) 미싱라인 불량 영상, (b) 추출된 영상, (c) 검출된 영상

Fig. 10. Missing line detect in color bar pattern.

(a) missing line defect image, (b) extracted image, (c) detected image



(a) (b) (c)

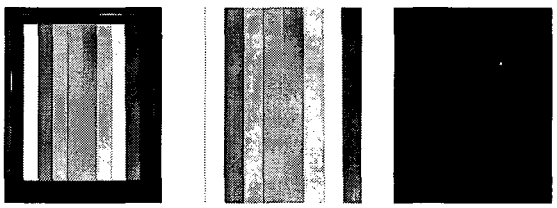
그림 11.파란색 패턴에서 이물 불량 검출

(a) 이물질 불량 영상, (b) 추출된 영상, (c) 검출된 영상

Fig. 11. Contamination detect in blue pattern.

(a) contamination defect image, (b) extracted image,

(c) detected image



(a) (b) (c)

그림. 12 칼라바 패턴에서 이물 불량 검출

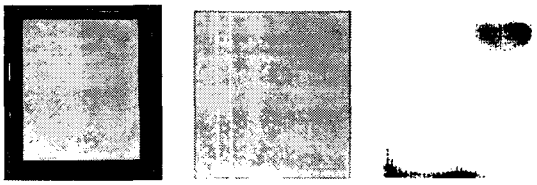
(a)이물 불량 영상, (b)추출된 영상, (c)검출된 영상

Fig. 12. Contamination detect in color bar pattern.

(a) contamination defect image, (b) extracted image,

(c) detected image

그림 13는 주변 정상 영역 화소들의 휘도값 평균과 비교하여 균질성 불량의 결함을 나타내었다.



(a) (b) (c)

그림 13. 회색 패턴에서의 균질성 불량 검출
(a) 균질성 불량 영상, (b) 추출된 영상, (c) 검출된 영상
Fig. 13. Uniformity defect detect in gray pattern.
(a) uniformity defect image, (b) extracted image,
(c) detected image

표3은 각 불량 항목에 대하여 10개의 불량들을 기존의 방법[14]과 본 연구에서 제안한 방법을 사용하여 검출한 결과를 나타내었다. 민감도(sensitivity)는 정확하게 결함을 검출할 확률을 나타내고, 식(14)와 같이 정의하였다.

특이도(specificity)는 결함이 아닌것을 결함이 아닌 것으로 검출할 확률을 나타내고, 식(15)와 같이 정의하였다.

$$\text{sensitivity} = 1 - \text{음성오류률} \quad (14)$$

$$\text{specificity} = 1 - \text{양성오류률} \quad (15)$$

양성 오류률(False-Positive rate)은 불량이 아닌데 불량을 검출하는 확률을 나타내고, 음성 오류률(False-Negative rate)은 불량에 해당되는데 불량을 검출하지 못하는 확률을 나타낸다.

각 LCD 불량 항목에 대하여 본 연구에서 제안한 방법이 민감도와 특이도 모두 90%이상임을 알 수 있었다. 즉, 이는 본 연구에서 제안한 방법이 기존의 방법보다 불량 검출에 용이함을 보여 준다.

표 3. 기존방식과 제안된 방식을 이용한 패턴 결함 검출결과
Table 3. Result of Detection of Pattern Defects Using Proposed and Conventional method

Defcet Items	Proposed method		Conventional method	
	Sensitivity	Specificity	Sensitivity	Specificity
Missing Line	0.95	0.93	0.70	0.78
Black/White Spot	0.95	0.95	0.69	0.65
Purity	0.93	0.94	0.64	0.59
Uniformity	0.92	0.94	0.58	0.66
Color Contrast	0.87	0.91	0.62	0.75

VI. 결 론

본 논문에서는 LCD 조립이 완료된 제품에 대해 색상보정 기법을 이용한 LCD 패턴검사 방법을 제안하였다. 색상 보정은 통계적 방식을 프로그램에 적용하여 전자볼륨을 사용하여 조절하였으며 기준 영상에 맞게 색상을 매칭시켜 에지 검출시 나타날 수 있는 에러를 줄였다. 패턴검사는 기준 영상과 비교하는 방법과 동일 패턴내의 특성을 이용한 방법을 혼합하여 검출력을 높일 수 있었다. 입력된 영상의 위치를 보정하기 위해 수평선분 추출과 무게중심을 이용한 위치보정을 수행하였으며 검사 대상 영상 판정을 위해 대상체의 기하학적 특징과 모멘트 특징을 이용하였다. 동일 영상 내 불량검출을 히스토그램을 이용한 적응적 임계화 과정을 거쳐 판별하였으며 이로 인해 다양한 LCD 패턴의 검출이 가능해졌다. 제안된 방식은 기존 방식에 비해 불량 검출율이 높았다. 향후 보다 여러 가지 패턴에 대한 데이터가 수집하여 신뢰도를 향상시킨다면 최근 경쟁적으로 출시되고 있는 다양한 평면 디스플레이 장치검사에 응용될 수 있을 것으로 예상한다.

참고문헌

[1] B. K. Noh, K. H. Kim. *LCD ENGINEERING*, SungAnDong, 2002.

[2] L. E. Tannas, "Evolution of flat-panel displays," *Proc. of the IEEE*, vol. 82, no. 4, pp. 499-509, Apr. 1994.

[3] J. H. Oh, D .M Kwak, and K. B Lee, et al., "Line Defect Detection in TFT_LCD Using Directional Filter Bank and Adaptive Multilevel Thresholding," *Key Engineering Materials*, vol. 270-273, pp. 233-238. 2004.

[4] K. Tanigchi, "Surface Defect Inspection for Small Sizes of Chip-Electronic-Parts Applying Color Image Analysis Techniques," *Japan Int'l Electronics Manufacturing Technology Symposium*, TC1-6, pp. 299-302, 1993

[5] M. E. Scaman, "Computer Vision for Automatic Inspection of Complex Metal Patterns on Multichip Modules (MCM-D)," *IEEE Trans. on Components, Packaging, and Manufacturing Technology-Part B*, vol. 18, no. 4, pp. 675-684, Nov. 1995

[6] R. Ge and D. A. Clausi, "Morphological Skeleton Algorithm for PDP Production Line Inspection," Systems Design Engineering, pp. 1117-1122.

[7] M. S. Ko, "Image Reconstruction Using Line-scan Image for LCD Surface Inspection," *Journal of the KITE*, vol. 41, no. 4, pp. 69-74, Jul. 2004

[8] A. Kumar, "Defect Detection in Textured Materials

Using Optimized Filters," *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics-Part B*, Vol. 32, No. 5, pp. 553-570, Oct. 2002

[9] J. S. Ryu, D. M. Kwak and K. H. Park, "Adaptive Multi-threshold Based Mura Detection on A LCD Panel," *Journal of the CASE*, pp. 347-350, 2003

[10] F. Chang, Y. C. Lu, and T. Pavlidis, Feature Analysis Using Line Sweep Thinning Algorithm, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 21, 145-158, 1999.

[11] R. Deriche. "Using Canny's criteria to derive a recursively implemented optimal edge detector," *Int. J. Computer Vision*, vol. 1, no. 2, May 1987.

[12] H. Samet, M. Tamminen, "Efficient component labeling of images of arbitrary dimension represented by linear bintrees," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 10, no. 4, pp. 579 - 586, 1988

[13] J. S. Ryu, D. M. Kwak and K. H. Park, "Adaptive Multi-threshold Based Mura Detection on A LCD Panel," *Journal of the CASE*, pp. 347-350, 2003.

[14] J. S. Jo, K. H. Baek, Y. G. Lee, K. G. Nam and K. R. Baek, "Real-time Image Processing System for PDP Pattern Inspection with Line Scan Camera," J. of IEEK, vol. 42-SC, no. 3, pp. 17-24, 2005.

예 수 영(Soo-Young Ye)
1996년 2월 동서대 전자공학과(공학사)
1998년 2월 부산대 전자공학과(공학석사)
2004년 2월 부산대 의공학협동과정 (공학박사)
2006년 10월 ~ 현재 부산대학교 의학전문대학원 BK21 고급의료인력양성 사업단 계약교수
※주관심분야 : 신호처리, 영상처리, 패턴인식, 의공학

유 충 웅(Choongwoong Yoo)
1985년 2월 부산대 전자공학과(공학사)
1991년 2월 부산대 전자공학과(공학석사)
1998년 2월 부산대 전자공학과(박사과정수료)
1988년 8월 ~1991년 7월 해군사관학교 전자공학과 교관 및 전임강사
1992년 3월 ~ 현재 서라벌대학 전산사무과 부교수
※주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 비젼, 신호처리 및 시스템공학

남 기 곤(Ki-Gon Nam)
1977년 2월 부산대 전자공학과(공학사)
1981년 2월 부산대 전자공학과(공학석사)
1989년 2월 부산대 전자공학과(공학박사)
1990년 3월 ~ 현재 부산대학교 전자공학과 교수
부산대학교 컴퓨터 및 정보통신 연구소 연구원
※주관심분야 : 영상처리, 패턴인식, 신호처리, 컴퓨터 비젼