

블랍 크기와 휘도 차이에 따른 결함 가능성을 이용한 TFT-LCD 결함 검출[†]

(A TFT-LCD Defect Detection Method based on Defect Possibility using the Size of Blob and Gray Difference)

구 은 혜¹⁾, 박 길 흠²⁾
(Eunhye Gu and Kil-Houm Park)

요 약 TFT-LCD 영상은 다양한 특성의 결함을 포함하고 있다. 배경 영역과의 휘도 차이가 커서 육안으로 식별 가능한 결함부터 휘도 차이가 매우 적어서 육안 검출이 어려운 한도성 결함까지 포함한다. 본 논문에서는 휘도 차이를 이용하여 결함 영역에 포함될 확률이 높은 결함 화소부터 순차적으로 단계를 진행하면서 결함 후보 화소를 검출하고, 검출된 후보 화소를 블랍으로 구성하여 블랍의 크기와 주변 영역과의 휘도차이를 이용한 기법을 통해 최종적으로 결함 영역과 잡음을 구분하여 검출하는 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘의 타당성을 확인하기 위해 다양한 결함을 포함하는 영상에 대한 실험 결과를 살펴봄으로써 신뢰도 높은 결함 검출 결과를 입증하였다.

핵심주제어 : 결함 검출, 순차적 검출, TFT-LCD, 블랍 분석

Abstract TFT-LCD image includes a defect of various properties. TFT-LCD image have a recognizable defects in the human inspector. On the other hand, it is difficult to detect defects that difference between the background and defect is very low. In this paper, we proposed sequentially detect algorithm from pixels included in the defect region to limited defects. And blob analysis methods using the blob size and gray difference are applied to the defect candidate image. Finally, we detect an accurate defect blob to distinguish the noise. The experimental results show that the proposed method finds the various defects reliably.

Key Words : Defect detection, Iterative detection, TFT-LCD, Blob analysis

1. 서 론

TFT-LCD는 높은 해상도, 낮은 전력소모 등의 장

점으로 인해 컴퓨터, TV, PDA 및 휴대폰 등 다양한 기기의 디스플레이 장치로 각광받고 있다[1]. 이와 같은 LCD 산업의 발달은 관련 업계의 시장 경쟁이 심화되었음을 의미하고 따라서 관련 업체는 생산성 향상을 위한 비용 절감이 필요한 실정이다[2]. 원가 절감 및 품질 향상을 위해 LCD 결함 자동 인식 시스템의 개발은 지속적으로 이루어지고 있지만 국내외적으로 만족할만한 결과를 얻지 못하고 있다.

기존의 LCD 결함 검출 방법 중 저해상도 카메라

[†] 이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2013R1A1A2007984).

[†] 이 논문(저서)은 2013학년도 경북대학교 연구년 교수 연구비에 의하여 연구되었음.

1) 경북대학교 전자공학부, 제1저자

2) 경북대학교 전자공학부, 교신저자

기반의 방법은 얼룩성 결함(Mura)을 검출하는 방법이 다양하게 제시되었다. 저해상도 획득 영상에서 결함을 검출하는 기존의 대표적인 방법으로 가보 필터를 적용하는 방법[3], 결함 검출의 신뢰성을 높이기 위해 배경 영역의 휘도 분포를 보정하는 방법[4-5] 등이 있다. 하지만 가보필터 기반의 방법은 방향성 및 물리적 변형과 같은 특정 형태로 규정된 결함에만 적용 가능한 한계점을 가진다.

LCD 결함의 생성 원인은 제조과정의 먼지나 분진, 기계의 오작동, 제조 과정의 실수 등 많은 이유에 의해 발생한다. 따라서 획득 영상은 불균일한 휘도 분포 뿐 아니라 다양한 잡음이 혼재된 형태로 나타난다. 이러한 LCD 영상의 특성은 결함의 과검출 요인으로 작용하며, 특히 배경 영역과의 휘도차이가 매우 적은 한도성 결함의 경우에는 건설한 검출 결과를 도출하기 매우 어렵다.

일반적으로 LCD 영상의 결함 검출은 영상의 결함 후보 화소 검출 후 결함 후보 블랍(blob)을 구성하여 블랍 분석을 통해 최종적으로 결함을 분류한다[6-7]. LCD 영상에서 배경과의 휘도차이를 이용하여 결함을 검출하는 기존의 방법은 크기가 다른 두 개의 국부 영역의 평균을 계산하여 그 값과의 차이가 큰 영역을 결함으로 검출하는 기법[8], 영상의 각 화소값이 전체 픽셀에서 어느 정도의 비율을 차지하는지를 나타내는 명암도 분포 특징을 이용하여 결함을 검출하는 기법[6] 등이 있다. 하지만 이와 같은 기존의 결함 검출 기법은 배경과의 화소값 차이가 크지 않은 한도성 결함과 크기가 일정이상으로 작은 결함의 경우 정확한 결함 검출 결과를 기대하기 어렵다.

본 논문에서는 결함 분류를 위한 블랍 분석의 부담을 최소화하기 위해 결함 후보 블랍의 과검출을 줄이고자한다. LCD 영상의 다양한 결함에 적응적으로 후보 화소를 검출하기 위한 방법으로 순차적 결함 검출 기법[9]을 적용한다. 배경의 불균일한 분포가 보정된 영상에서 결함은 배경 영역과 휘도 차이와 크기가 큰 결함과 배경과의 휘도 차이가 매우 적은 한도성 결함까지 다양하게 존재하며, 검출이 용이한 결함부터 순차적으로 결함 후보 화소를 검출한다. 순차적으로 검출된 결과를 누적하여 최종 결함 후보 화소를 결정하고, 결함 후보 블랍을 구성한다. 블랍 분석의 부담을 최소화하기위하여 블랍의 크기와 휘도차이를 이용하여 신뢰도 높은 결함 블랍만을 검출하는 기법을 제안

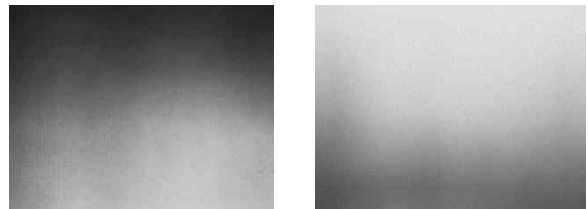
한다.

제안 방법의 성능을 검증하기위해 LCD 영상의 특성을 반영하는 임의의 영상을 구성하여 결과를 분석하고, 실제 환경의 적용 가능성을 분석하기 위해 실제 다양한 결함을 포함하는 LCD 영상의 검출 성능을 평가한다.

2. 본 론

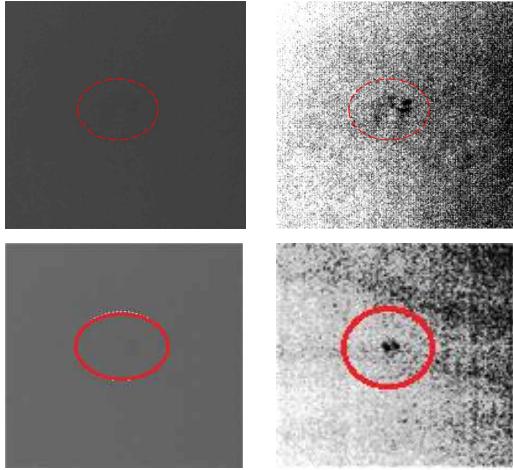
2.1 TFT-LCD 영상 특성

LCD 영상은 <Fig. 1>과 같이 패널의 가장자리에 존재하는 BLU(Back Light Unit)에 의해 BLU에 가까울수록 높은 휘도값을 가지고 멀어질수록 낮은 휘도값을 가지는 불균일한 휘도 분포를 포함한다[10]. 결함 검출을 위해 이러한 배경의 불균일한 휘도 분포는 전역적 처리에 어려움을 주는 요인으로 작용하기 때문에 본 논문에서는 불균일한 휘도 분포 추정을 위해 기존의 다양한 배경 영역의 휘도 분포 보정 방법 중 형태학적 연산[10]을 이용하여 전처리 후 제안 기법을 적용한다.



<Fig. 1> Example of various TFT-LCD image

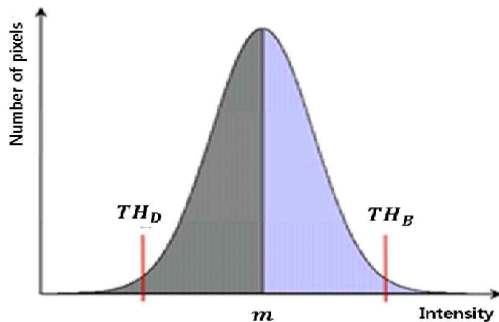
LCD 영상에 나타나는 결함은 매우 작은 크기로 나타나지만 주변 영역에 비해 높은 값을 가지는 결함부터 크기가 크지만 주변 영역과의 휘도 차이가 적은 결함까지 다양한 특성을 가진다. <Fig. 2>의 왼쪽 열의 영상은 실제 LCD 영상으로, 붉은 색으로 표시된 영역에 결함이 존재하고 있다. <Fig. 2>의 오른쪽 열은 각 영상에 존재하는 실제 결함의 위치를 육안으로 확인하기위해 히스토그램 평활화를 적용한 영상이다. 실제 획득된 영상에서 배경과의 휘도 차이가 적은 한도성 결함 검출의 어려움을 보여준다.



<Fig. 2> LCD detects of TFT-LCD image

2.2 순차적 결함 후보 화소 검출 기법

결함 검출을 위한 전처리로 배경 영역의 평탄화를 통해 조명의 영향을 최소화한다. 일반적인 LCD의 결함은 주변 배경 영역에 비해 어두운 화소값을 가지는 결함과 밝은 화소값을 가지는 결함으로 구분되고, 육안으로 구별 가능한 결함과 육안 식별이 어려운 한도성 결함으로 구분할 수 있다. 결함 영역과 배경 영역의 휘도 차이가 클수록 정확한 검출이 가능하다. 따라서 본 논문에서는 다양한 결함 화소 검출 기법 중 <Fig. 3>과 같이 영상의 평균값을 기준으로 결함의 가능성이 높은 휘도차가 큰 영역부터 순차적으로 검출하는 기법[9]을 적용한다.



<Fig. 3> Threshold method using a standard deviation

입력 영상 x, y 의 평균값 m 과 표준편차 σ 를 이

용하여 밝은 결함(bright-defect)과 어두운 결함(dark-defect)을 검출하는 임계값을 수식 (1)과 같이 정의한다.

$$\begin{aligned} TH &= m + k\sigma \\ TH_D &= m - k\sigma \end{aligned} \quad (1)$$

이때 k 는 영상에서 결함 영역이 차지하는 비율을 결정하는 상수이다. 결정된 임계값을 이용하여 영상에 존재하는 결함 후보 화소를 나타낸 영상 $DI(x, y)$ 를 수식 (2)를 통해 구성한다.

$$DI(x, y) = \begin{cases} 1, & TH_B \leq I(x, y) \text{ or } TH_D \geq I(x, y) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

영상의 평균과 표준편차를 이용하여 검출하는 방법으로 배경과의 휘도 차이가 큰 결함은 신뢰도 높게 검출 가능하다. 하지만 배경과 유사한 휘도 값을 가지는 결함의 경우 정확한 검출 결과를 보장하기 어렵다. 또한 다양한 휘도값을 가지는 결함이 존재하기 때문에 상수 k 에 의존적인 결과를 도출하게 된다. 영상과 결함의 특성에 따라 적응적인 k 값 결정이 매우 중요하다. 따라서 영상에 존재하는 결함 중 배경과의 휘도 값 차이가 큰 영역부터 배경 영역과의 휘도차이가 적은 결함까지 순차적으로 결함을 검출하기 위해 적응적으로 k 값을 결정한다.

결함 후보군을 검출하는 순차적 검출 기법은 아래의 수식 (3)과 수식 (4)에 따라 진행된다.

$$\begin{aligned} TH_B(l) &= m + k_l\sigma_l \\ TH_D(l) &= m_l - k_l\sigma_l, \quad (l = 0, \dots, m) \end{aligned} \quad (3)$$

$$I(x, y) = \begin{cases} 1, & TH(l) \leq I(x, y) \text{ or } TH_D(l) \geq I(x, y) \\ & \text{and } (x, y) \notin DR \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

여기서 $DI_l(x, y)$ 는 l 번째 단계에서 검출된 결함 후보군 영상이며, $TH_B(l)$ 과 $TH_D(l)$ 은 l 번째 단계에서 사용되는 임계값을 나타낸다. 이때 현재 단계인 l 단계에서 검출된 결함 후보군은 다음단계의 검출 과정에서 배제한다. DR 은 이전 단계까지 검출된 결함 후보군 화소의 집합으로 수식 (5)와 같이 정의한다.

$$R \quad (x,y) \{DI(x,y) = 1\} \quad (5)$$

단계가 진행됨에 따라 새로운 임계값을 통해 결함 후보군을 검출해야하므로 이전 단계들에서 검출된 화소를 제외한 나머지 화소를 이용하여 평균값 m_l 과 표준편차 σ_l 을 재설정한다. 사용되는 k 값은 영상의 특성에 따라 적응적으로 변화하기 위하여 아래의 수식(6)과 같이 조절하여 각 단계에 적절한 임계값을 결정한다.

$$k_l = \begin{cases} k_0 - (w_1j), \sigma_l \geq 3\sigma_r \\ k_0 - (w_2j), \sigma_l \geq 1.5\sigma_r \text{ or } \sigma_l < 3\sigma_r \\ k_0 - (w_3j), \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

여기서 w_1, w_2, w_3 은 각 조건마다 k 값의 변화량을 조절하는 가중치, j 는 k 값의 변화 범위를 결정하는 상수이며 결함 화소가 검출될 때까지 1씩 순차적으로 증가한다. 또한 σ_r 은 결함이 존재하지 않는 참조 영상의 표준편차를 의미한다. 현재 단계의 표준편차가 참조 영상의 표준편차와 비슷할수록 현재 단계에서 검출된 결함 후보 화소가 한도성 결함에 포함될 가능성이 높고, 잡음 신호가 혼재되어 있을 가능성이 있다. 따라서 참조 영상의 표준편차와 비교하여 값이 유사할수록 k 값의 변화량이 작도록 가중치를 설정한다.

단계가 높아질수록 배경 영역과 휘도 차이가 적은 한도성 결함까지 검출되지만 어느 단계이상으로 임계화가 진행되는 경우 잡음 신호 및 배경 신호까지 검출된다. 따라서 현재 단계의 표준편차가 참조 영상의 표준편차보다 크거나 같은 경우($\sigma_l \geq \sigma_r$)에만 결함 후보 화소 검출 기법을 적용한다.

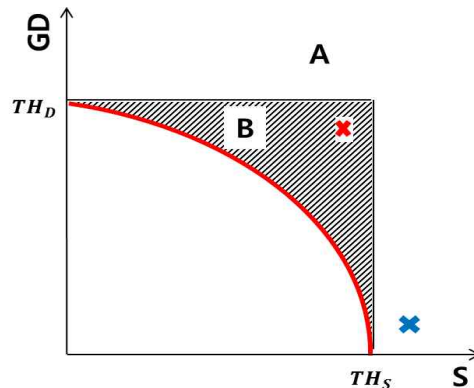
2.3 블랍(blob)의 크기와 휘도차이를 이용한 결함 영역 검출

다양한 결함을 포함하는 저해상도 LCD 영상의 결함 검출을 위해 순차적 결함 후보 검출 기법[9]을 이용하는 경우, 결함의 영역을 결정하는 것이 아니라 결함의 후보 화소를 검출하므로 결함 영역뿐만 아니라 결함과 유사한 배경 신호까지 함께 과검출되는 결과를 도출하게 된다. 이와 같은 결과를 이용하여 결함 블랍을 구성하고 블랍 분석을 통해 결함을 분류하기

에는 많은 부담이 따른다. 따라서 본 논문에서는 결함 후보 화소를 형태학적 기법의 적용을 통해 블랍으로 구성한다. 형태학적 연산은 구조요소를 이용하여 아래의 수식 (7)과 같이 열림(opening), 닫힘(closing) 연산을 이용하여 잡음을 제거하거나 영역확장 등에 사용한다[11].

$$\begin{aligned} \text{opening} : A \circ B &= (A \ominus B) \oplus B \\ \text{closing} : A \bullet B &= (A \oplus B) \ominus B \end{aligned} \quad (7)$$

본 논문에서는 형태학적 연산을 통해 구성된 각 블랍의 결함 가능성을 판단하여 결함일 가능성이 높은 블랍만을 결정하는 기법을 제안한다. 기존의 결함 검출 기법은 배경 신호와의 휘도 차이 또는 결함 영역의 크기를 독립적으로 사용하여 결함 영역을 결정한다. 하지만 이러한 검출 기법은 한도성 결함의 신뢰도 높은 검출 결과를 보장하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 블랍의 크기와 휘도 차이를 적용하여 한도성 결함까지 건실하게 검출하고자 한다. <Fig. 4>는 블랍의 크기 S 와 배경과의 휘도차이 GD 를 이용한 좌표 평면에서 결함이 존재하는 영역을 나타낸다. 기존의 방법은 블랍의 크기와 휘도 차이를 독립적으로 적용하므로, 배경 영역과의 휘도차이가 일정 이상이거나 크기가 일정 크기 이상인 경우인 A 영역에 해당하는 경우를 결함으로 검출하게 된다.



<Fig. 4> Defect detection criteria using the S-GD plane

그러나 기존의 방법의 경우 <Fig. 4>의 푸른색으로 표시된 표식의 블랍 크기와 휘도 차이를 가지는 블랍은 결함으로 검출되지만 붉은색 표식의 블랍 크기와

휘도 차이를 가지는 블랍은 결함 검출에서 배제된다. 실제 푸른색 표식에 해당하는 블랍보다 붉은색 표식에 해당하는 블랍이 주변과의 휘도 차이가 크지만 결함으로 검출되지 않는 문제점이 생긴다. 이와 같이 기존방법의 경우, 일정 이상의 크기(H)를 가지는 조건과 일정 이상 배경과의 휘도차이(TH_D)를 가지는 조건을 독립적으로 적용하여 결함을 검출하므로 한도성 결함을 포함하는 B영역에 해당하는 결함 검출이 어렵다. 기존 방법의 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 <Fig. 4>의 B영역에 속하는 특성을 가지는 결함까지 검출하는 블랍 크기와 휘도 차이 모두를 고려한 결함 검출 방법을 제안한다.

주변 영역과의 휘도 차이 GD 가 클수록, 블랍의 크기 S 가 클수록 해당 블랍이 결함 영역으로 결정될 가능성이 높다. 따라서 영상에서 n 번째 블랍의 결함 가능성 DP 을 수식 (8)과 같이 결정한다.

$$DP_n = \left(\frac{S_n}{TH_S} \right)^2 + \left(\frac{D_n}{TH_D} \right)^2 \quad (8)$$

여기서 TH_S 는 기존의 블랍 해석 방법을 통해 결함을 검출할 때 기준이 되는 결함의 크기를 의미하며, TH_D 는 기준이 되는 결함의 휘도 차이를 의미한다.

각 블랍의 결함 가능성 DP_n 이 1이상이고 값이 클수록 결함일 가능성이 높다고 판단되어 최종적으로 결함 영역으로 검출한다.

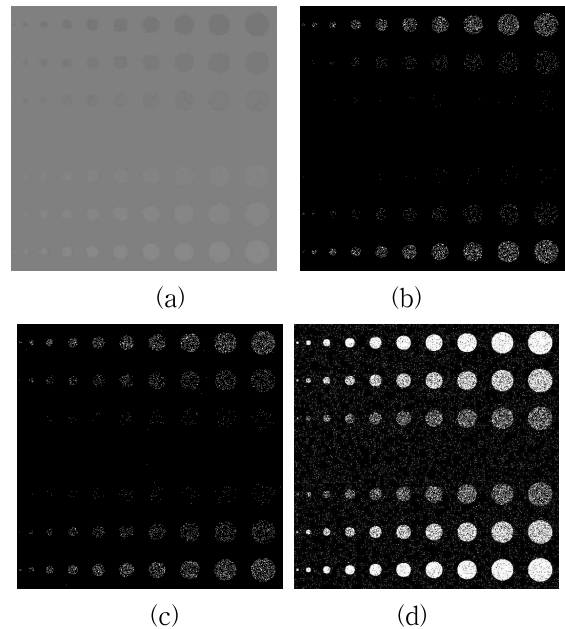
3. 실험결과

본 논문에서 제안한 결함 검출 기법의 타당성을 증명하기 위하여 TFT-LCD의 특성을 반영하는 모의영상을 제작하여 적용하였다. 실험용 PC는 3.40GHz Core i7 CPU와 4GB 메모리의 사양이며, Visual C++ 2008 컴파일러를 사용하였다. 모든 실험은 512×512 크기의 8bit 영상이다.

<Fig. 5> (a)는 불균일한 휘도 분포가 존재하지 않는 배경 영역에 다양한 크기와 휘도 값을 가지는 결함을 포함한 실험 영상이다. 영상의 가운데 영역은 결함이 존재하지 않으며 위쪽 방향으로 갈수록 휘도 값이 낮은 어두운 결함이 존재하며, 아래쪽 방향으로 갈

수록 휘도 값이 높은 밝은 결함이 존재한다. 또한 영상의 좌측 방향에서 우측방향으로 갈수록 크기가 큰 결함이 존재한다. 이와 같이 다양한 결함이 존재하는 영상에서 <Fig. 5>는 순차적 결함 후보 검출 결과를 나타낸다.

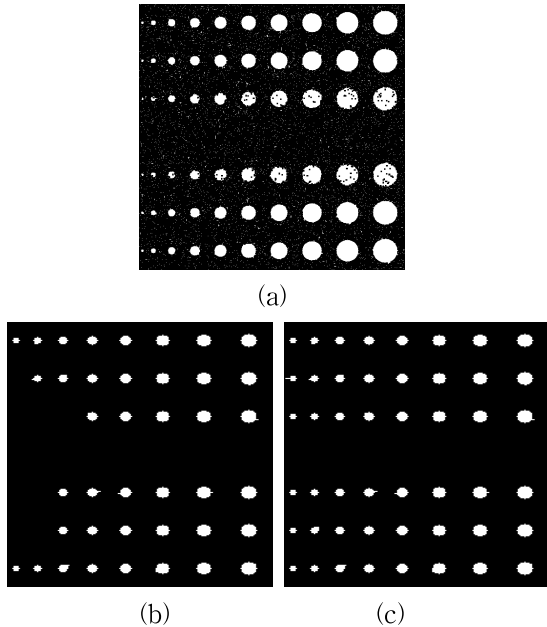
<Fig. 5> (b)와 (c)는 각각 1번째 단계와 2번째 단계에서 검출된 결함 후보 화소 영상을 나타내며 <Fig. 5> (d)는 순차적 검출을 통해 최종적으로 누적된 결함 후보 영상을 나타낸다. 각 단계에 따라 결함 영역에 포함될 확률이 높은 순으로 검출결과가 나타남을 알 수 있다.



<Fig. 5> Defects detection result by iteration method. (a) Input image, (b) the defect image in the first step, (c) the defect image in the second step, (d) final result using the iteration method

<Fig. 6>은 기존의 결함 검출 기법과 제안한 블랍 크기와 휘도 차이를 동시에 이용한 결함 검출 결과를 비교한다. 순차적 결함 후보 검출 기법을 이용해 획득된 결함 후보 화소를 <Fig. 6> (a)와 같이 형태학적 연산을 이용하여 블랍으로 구성하였다. <Fig. 6> (a)의 각 블랍에 대해 기존의 블랍 분석 기법을 이용하여 결함 영역을 검출하게 되면 <Fig. 6> (b)와 같이 크기가 일정 이하로 작거나, 배경과의 휘도 차이가 적

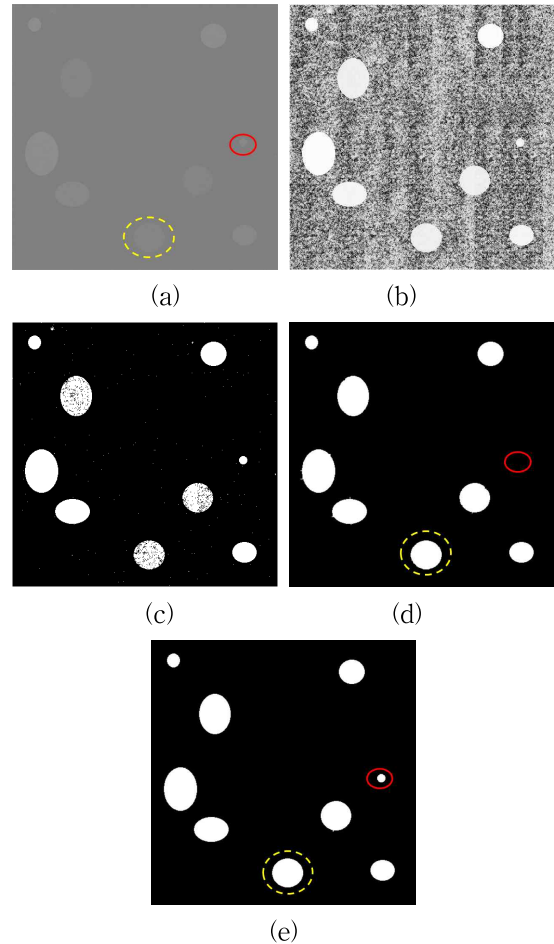
은 한도성 결함의 경우 검출되지 않는 결과를 나타낸다. 하지만 <Fig. 6> (c)와 같이 제안 기법인 블랍 크기와 휘도 차이를 동시에 적용하면 크기가 작으면서 휘도 차이가 있는 결함까지 신뢰도 높게 검출할 수 있음을 알 수 있다.



<Fig. 6> Defects blob detected by blob analysis. (a) the blob image, (b) the result of defect detection using the existing method, (c) the result of proposed method

<Fig. 7> (a)는 실제 LCD 영상의 배경 영역에 임의의 결함을 삽입한 영상으로 제안 방법의 성능을 분석하기 위해 배경과 각각 12, 7, 5, 3만큼의 휘도 차이를 가지는 결함을 다양하게 삽입하였다. <Fig. 7> (b)는 결함의 위치를 육안으로 확인하기 위해 히스토그램 평활화를 적용한 결과이다. <Fig. 7> (c)는 순차적 결함 후보 검출 방법에 의해 도출된 영상으로 결함 영역 이외의 잡음과 배경 성분까지 검출된 결과를 확인할 수 있다. <Fig. 7> (d)는 결함 후보 화소를 이용하여 블랍을 구성하고 기존의 결함 검출 방법을 이용하여 결함 영역을 검출한 결과로 일정 크기 이하의 결함 영역과 화소값의 차이가 일정 이하의 경우 결함 영역의 검출이 이루어지지 않은 결과를 확인할 수 있다. 노란색 점선으로 표시된 결함의 경우 배경과의 휘도 차이가 3이고 붉은 실선으로 표시된 결함 영역은

휘도차이가 7인 영역이다. 실제 붉은 실선으로 표시된 결함 영역이 배경과 높은 화소값 차이를 가지지만 그 크기가 일정이하로 작아 결함으로 검출되지 않는 결과를 나타낸다. 그에 비해 제안 알고리즘의 결과인 <Fig. 7> (e)의 경우 휘도 차이와 블랍의 크기를 모두 반영하여 결함을 검출함으로써 붉은 실선으로 표시된 크기가 작은 결함 영역까지도 검출하는 건설한 결함 검출 결과를 증명한다.

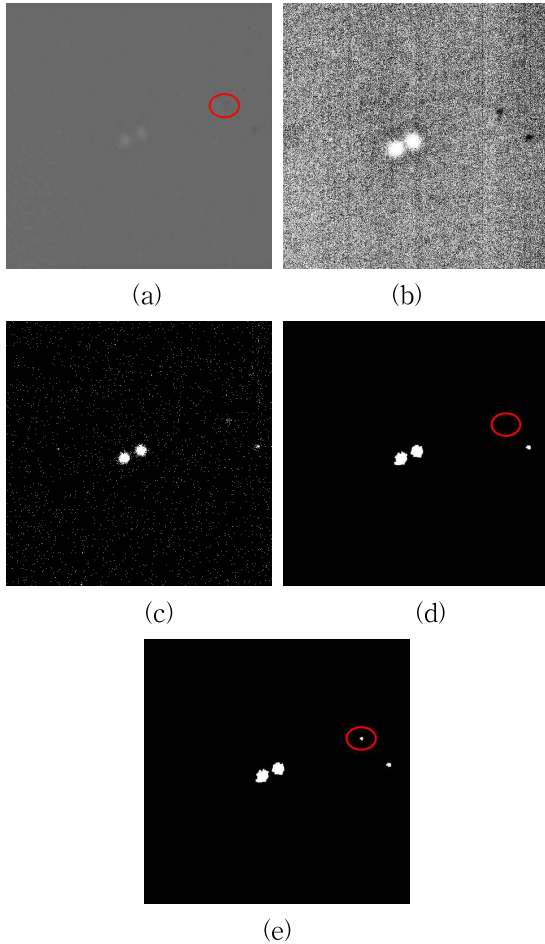


<Fig. 7> Detection results of artificial image. (a) Input image, (b) histogram equalization of (a), (c) the result of iteration method, (d) the result of defect detection using the existing method, (e) the result of proposed method

<Fig. 8>과 <Fig. 9>는 실제 결함이 존재하는 TFT-LCD영상에 제안 기법을 적용한 결과이다.

<Fig. 8> (a)와 <Fig. 9> (a)는 원 영상을 나타내

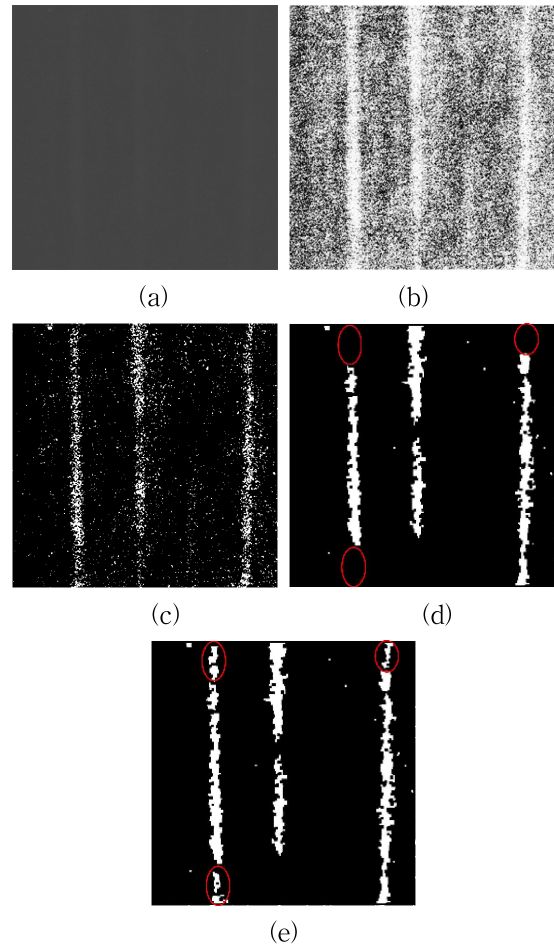
며 결함 존재를 확인하기 위해 <Fig. 8> (b)와 <Fig. 9> (b)는 히스토그램 평활화 결과를 나타낸다. 원영상에 배경영역과의 화소값 차이가 매우 작은 결함이 존재하는 것을 알 수 있다. 이와 같은 결함의 경우 기존의 결함 검출 방법을 이용하였을 때 결함 검출이 매우 어렵다.



<Fig. 8> Detection results of the real image. (a) Input image, (b) histogram equalization of (a), (c) the result of iteration method, (d) the result of defect detection using the existing method, (e) the result of proposed method

<Fig. 8> (c)와 <Fig. 9> (c)는 기존의 순차적 결함 검출 기법을 이용한 결과이다. 결함 영역 이외에 배경 신호까지 검출되는 결과를 나타낸다. 순차적 결함 검출 기법의 결과를 이용하여 블랍을 구성하고 각 블랍을 기존의 기법을 이용하여 결함 검출 결과를 <Fig.

8> (d)와 <Fig. 9> (d)에서 나타낸다. <Fig. 8> (a)에서 붉은 실선으로 표시된 결함 영역은 배경과의 휘도 차이가 영상상의 중앙에 위치한 휘결함과 유사하지만 그 크기가 일정 이하로 매우 작아서 <Fig. 8> (d)의 결과에서 결함으로 검출되지 못하는 결과를 나타낸다. <Fig. 9> (d)에서도 주변의 결함 영역과 휘도 차이가 유사하지만 블랍 크기가 작아서 검출되지 못한 결함의 영역을 붉은 실선으로 표시하였다. 이와 같이 기존의 순차적 결함 기법은 <Fig. 4>의 B영역에 포함되는 결함을 검출하지 못하는 결과를 보이며, 이러한 결과는 결함을 구성하는 블랍의 정확한 검출이 어려움을 알 수 있다. 이에 비해 <Fig. 8> (e)와 <Fig. 9> (e)



<Fig. 9> Detection results of the real image. (a) Input image, (b) histogram equalization of (a), (c) the result of iteration method, (d) the result of defect detection using the existing method, (e) the result of proposed method

의 제안 기법을 적용한 결과는 결함의 크기와 화소값 차이를 모두 고려하므로 배경 신호를 제외한 결함 영역을 건설하게 검출하는 결과를 나타낸다.

4. 결 론

본 논문에서는 TFT-LCD 영상에 존재하는 다양한 결함을 영상의 평균과 표준편차를 이용하여 순차적으로 후보군을 검출하고 검출된 후보 화소를 블랍으로 구성한다. 구성된 블랍의 크기와 휘도 차이 특성을 이용하여 최종적으로 결함 영역을 검출하는 방법을 제안하였다. 기존의 결함 영역 결정 기법은 블랍의 크기와 휘도 차이를 독립적으로 적용하여 한도성 결함의 검출이 어렵다. 제안 방법은 블랍의 크기와 휘도 차이를 동시에 적용함으로써 다양한 영상에 대해 건설한 결함 검출 결과를 도출하였으며 특히 육안으로 식별이 어려운 한도성 결함에 대해서 신뢰도 높은 검출 결과를 나타냄을 확인하였다.

References

- [1] Y. C. Cho, B. J. Choi, and J. O. Yoon, "A Study on the Development of Backlight Surface Defect Inspection System using Computer Vision," *Journal of the Korea Industrial Systems Research*, Vol. 12, No. 3, pp. 116-123, 2007.
- [2] C. B. Moon, Y. H. Ahn, H. Y. Lee, B. M. Kim, and D. W. Oh, "Implementation of Automatic Detection System for CCFL's Defects based on Combined Lighting," *Journal of the Korea Industrial Systems Research*, Vol. 15, No. 2, pp. 69-80, 2010.
- [3] X. B. C. Zhuang and H. Ding, "A New Mura Defect Inspection Way for TFT-LCD using Level Set Method," *IEEE Signal Processing Letter*, Vol. 16, Issue. 4, pp. 311-314, 2009.
- [4] Y. Mori, R. Yoshitake, and T. Tamura, "Evaluation and Discrimination Method of 'Mura' in Liquid Crystal Displays by Just Noticeable Difference Observation," *Proceedings of SPIE*, October 7, 2002, pp. 715-722.
- [5] J. H. Oh, B. J. Yun, S. Y. Kim, and K. H. Park, "A Development of the TFT-LCD Image Defect Inspection Method Based on Human Visual System," *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Science*, Vol. E91, No. 6, pp. 1400-1407, 2008.
- [6] C. H. Noh, S. L. Lee, and M. S. Zo, "An effective classification method for TFT-LCD film defect images using intensity distribution and shape analysis," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 13, No. 8, pp. 1115-1127, 2010.
- [7] J. H. Kim, and K. W. Ko, "Research on Defect Inspection of LCD Panel," *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, Vol. 24, No. 4, pp. 7 - 14, 2007.
- [8] C. D. Jung, S. M. Lee, B. J. Yun, J. J. Lee, I. Choi, and K. H. Park, "TFT-LCD Defect Detection Using Mean Difference Between Local Regions Based on Multi-scale Image Reconstruction," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 15, No. 4, pp. 439-448, 2012.
- [9] S. M. Lee, T. H. Kim, and K. H. Park, "Sequential defect detection according to defect possibility in TFT-LCD panel image," *Journal of Korean Institute of Electronics and information Engineers*, Vol. 51, No. 4, pp. 799-806, 2014.
- [10] S. Y. Kim, C. D. Jung, Y. C. Song, and K. H. Park, "Intensity Flow Estimation of Thin Film Transistor Liquid Crystal Display Panel Surface Image Using Multiweighted Morphology Pairs," *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol. 49, Issue 6R, pp. 066601-1 - 066601-5, 2010.
- [11] K. S. Kim and H. H. Choi, "Morphological Filter for Enhancement of Monumental Inscription Image," *Conference on the Korea Industrial Systems Research*, May, 2001, pp. 311-317.



구 은 혜 (Eunhye Gu)

- 학생회원
- 안동대학교 컴퓨터공학과 공학사
- 경북대학교 전자전기컴퓨터학부
공학석사

• 관심분야 : ATR 시스템, 표적 검출, 패턴 인식



박 길 흠 (Kil-Houm Park)

- 정회원
- 경북대학교 전자공학과 공학사
- 한국과학기술연구원 공학석사
- 한국과학기술연구원 공학박사

• 경북대학교 IT대학 전자공학부 교수

• 관심분야 : 컴퓨터 비전, 얼굴영상인식, 의료영상인식

논문 접수일 : 2014년 05월 09일

1차수정완료일 : 2014년 07월 01일

게재확정일 : 2014년 07월 20일