

다단계 임계화와 확률 밀도 함수를 이용한 TFT-LCD 결함 검출

TFT-LCD Defect Detection Using Multi-level Threshold and Probability Density Funtion

김세윤* · 정창도** · 윤병주* · 주영복*** · 최병재**** · 박길흠*

Se-Yun Kim*, Chang-Do Jung**, Byoung-Ju Yun*, Young-Bok Joo***,
Byung-Jae Choi**** and Kil-Houm Park*

* 경북대학교 전자전기컴퓨터학부

** 경북대학교 수학과

*** 연세대학교 컴퓨터과학과

**** 대구대학교 전자공학부

요 약

TFT-LCD 영상은 불균일한 휘도 분포와 노이즈 신호, 그리고 결함 신호로 구성되어 있다. 결함 신호는 주변 정상 영역의 화소값 분포에 비해 일정한 변화를 가지는 영역으로서 육안 검출이 어려운 수준의 한도성 결함을 포함한다. 본 논문에서는 다단계 임계화를 통해 신뢰할 수 있는 수준까지 결함과 결함 유사 영역을 모두 검출하는 과검출(過檢出)을 수행하고, Parzen Window를 이용한 확률 밀도 함수를 통해 실제 결함이 아닌 유사 영역을 제거하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘의 유효성을 확인하기 위해 다양한 실험 영상에 대한 실험 결과를 살펴보고 실제 TFT-LCD 영상에 적용하여 봄으로써 신뢰성 있는 결함 검출에 적합함을 입증하였다.

키워드 : 컴퓨터 비전, TFT-LCD, 다단계 임계화, Parzen Window

Abstract

TFT-LCD image consists of ununiform background, random noises and target defect signal components. Defects in TFT-LCD have some intensity variations compared to background region. It is sometimes difficult for human inspectors to figure out. In this paper, we propose multi-level threshold scheme for detection of the real defect using probability density function with Parzen Window. The experimental results show that the proposed algorithms produce promising results and can be applied to automated inspection systems for finding defects in the TFT-LCD image.

Key Words : Computer Vision, TFT-LCD, Multi-level Threshold, Parzen Window

1. 서 론

최근 들어 TFT-LCD (Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)는 고해상도, 넓은 시야각, 빠른 응답속도, 저 중량, 저 전력소모 등의 장점으로 모니터와 텔레비전, 그리고 휴대폰 등의 다양한 전자 기기에 사용됨으로써 주요 디스플레이로 각광 받고 있다 [1]. 디스플레이 제조사는 이러한 TFT-LCD의 수율 확보를 위한 방법으로 자동 결함 검출 시스템을 이용한 생산성 증대를 연구 및 적용하고 있다. 그림 1은 350 μ m/CCD의 aerial 카메라를 통해 획득된

TFT-LCD 영상으로서 실제 TFT-LCD 패널을 별도의 필터 없이 육안(肉眼)으로 본 것과 유사한 특성을 가지며 얼룩과 같은 영역성 결함 검출에 용이하다 [2,3].



그림 1. TFT-LCD 영상
Fig. 1. TFT-LCD image.

접수일자 : 2009년 8월 8일

완료일자 : 2009년 10월 5일

* 본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음.(IITA-2008-(109008040002-0001000100100))

TFT-LCD 영상은 BLU(Back Light Unit)의 불균일한 빛 반사, 액정의 불균일한 분포, 미세한 이물, 카메라 노이즈

즈 그리고 공정상의 여러 요인으로 인해 전체적 휘도 분포가 고르지 못하고 노이즈가 혼재한다. 이러한 불균일한 휘도 분포와 노이즈 성분은 TFT-LCD 결함 검출에서 과검출을 유발하여 견실성 있는 Mura 검출에 저해요인이 된다 [4]. 특히 결함과 배경의 화소값 차이가 매우 근소한 한도성 결함의 경우 결함 신호에 대한 임계치를 결정하기가 쉽지 않으므로 배경 신호와 결함의 분할이 어렵다.

기존의 대표적인 분할 방법으로는 워터셰드(Watershed) 알고리즘[5]과 슈퍼슬라이스(Superslice) 알고리즘[6,7]을 들 수 있다. 워터셰드는 수리 형태학적 필터를 이용한 방법으로서 배경 신호와 화소값 차이가 큰 결함의 경우 검출이 용이하지만, 한도성 결함의 경우 레벨 차이가 나지 않는 한계점을 가진다. 슈퍼슬라이스 알고리즘은 밝기 분할(Thresholding) 방법과 에지 추출(edge detection) 방법을 융합한 것으로서, TFT-LCD 영상과 같이 결함 내에도 노이즈가 존재하는 경우 임계화 방법보다 우수한 성능을 보인다. 그러나 한도성 결함과 같이 배경과 결함의 경계가 모호한 경우 에지 추출이 불가능하므로 견실한 성능을 보장할 수 없다.

따라서 본 논문에서는 TFT-LCD 영상의 특성에 임계화 방법을 제안하고, 과검출된 결과에서 실제 결함을 최종 판정하는 알고리즘을 제시한다. 제안한 방법은 영상 평탄화를 통해 전처리된 TFT-LCD 영상을 대상으로 하고 있으며, 다단계 임계화 방법을 통해 신뢰성 있는 단계까지 누적된 결함 후보군에 대하여 가우시안 커널(kernel) 기반의 확률 밀도 함수를 이용하여 최종 결함을 검출한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 TFT-LCD 영상의 특성을 살펴보고 III장을 통해 제안한 방법에 대해 설명한다. IV에서는 제안 방법의 효용성을 입증하기 위해 인위적으로 생성된 유사 TFT-LCD 영상과 실제 TFT-LCD 영상에 대한 제안 방법의 적용 결과를 살펴본다. 그리고 마지막 V장을 통해 본 논문의 결론을 맺는다.

2. TFT-LCD 영상의 특성

TFT-LCD 영상은 후면에 존재하는 BLU의 광 특성에 매우 의존적이다. BLU는 TFT-LCD의 내부 구조상 패널의 가장자리에 위치하게 되며, 선광원의 형태를 띠고 있다. 따라서 획득된 TFT-LCD 영상은 BLU의 위치에 가까울수록 높은 화소값을 가지게 되며, 멀어질수록 낮아지게 되는 불균일한 휘도 분포를 가지고 있다. 그림 2는 패널의 상부에 BLU가 위치한 경우에 대한 획득 영상의 예를 나타내고 있으며, 화소값에 근거한 전역 처리를 위해서는 영상의 평탄화를 통한 전처리 과정이 필수적임을 반증하고 있다.

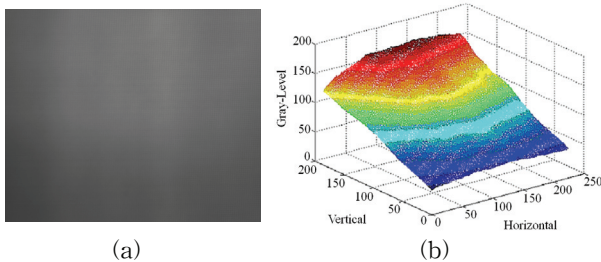


그림 2. TFT-LCD영상의 불균일한 휘도 분포
Fig. 2. Non-uniform intensity distribution of TFT-LCD image.

이러한 TFT-LCD의 특성은 실제로 BLU에서 가까운 위치에 존재하는 어두운 결함(Darker Defect)이 BLU로부터 다소 떨어진 배경 신호보다 오히려 더 큰 화소값을 가질 수 있음을 의미한다. 그림 3은 이러한 TFT-LCD 영상의 특성을 나타낸 예로서 실제 TFT-LCD 영상과 결함 영역의 라인 프로파일을 통해 결함의 화소값 특성을 나타내고 있다. 그림 3(b)에서 타원으로 표시된 영역이 그림 (a)에서 화살표로 표시된 라인에 존재하는 결함을 의미하고 있으며, 이를 통해 결함은 주변 배경 신호에 비해 크거나 작은 화소값을 가지는 영역을 의미함을 알 수 있다. 더불어 어두운 결함임에도 불구하고 BLU 위치에 따른 휘도 불균일성에 의해 어두운 배경 신호보다 더 큰 화소값을 가지고 있음을 확인할 수 있다. 이 때 노이즈 신호는 배경 신호 뿐만 아니라 결함에도 존재하고 있으며 그 변화 정도가 심할수록 결함과 배경 신호의 분할은 어려워진다.

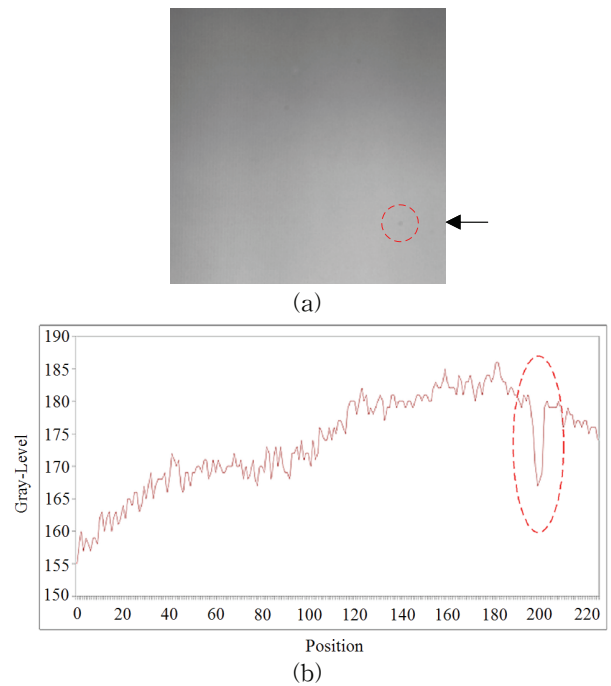


그림 3. TFT-LCD 결함의 특성. (a) TFT-LCD 영상, (b) (a)에 표시된 라인에 대한 프로파일

Fig. 3. Characteristics of TFT-LCD defect.
(a) TFT-LCD image, (b) cut-view of marked line on (a)

한편 배경 신호와 화소값 차이가 2~3정도인 한도성 결함의 경우 노이즈 신호의 변화량과 구분이 모호하므로 기존의 임계화 방법을 통한 결함 검출을 적용할 경우 결함 검출을 위한 임계치의 설정이 쉽지 않을 뿐만 아니라 검출 단계에서 결함 외에 노이즈 신호가 다량 검출될 수 있다. 즉 한도성 결함을 포함한 견실한 결함 검출을 위해서는 TFT-LCD 영상 내에 존재하는 모든 결함을 포함하면서 노이즈 검출을 최소화하는 과검출된 임계화 결과에 대하여 노이즈 신호를 억제할 수 있는 후처리 과정이 수반되어야 한다.

3. 제안한 TFT-LCD 결함 검출 방법

TFT-LCD 영상의 신뢰성 있는 결함 검출을 위한 제안 순서도를 그림 4에 나타내었다. 제안한 알고리즘은 우선 입력 영상에 대한 전처리로서 평탄화를 수행하여 TFT-LCD의 배반 조명에 의한 불균일한 조명 효과를 최소화 한다. 평탄화 된 영상에 근거한 다단계 임계화 과정을 통해 결함 및 결함 후보 영역이 검출되고 결함의 군집도를 이용한 Parzen Window를 이용하여 결함 가능성을 판단함으로써 최종 결함을 검출한다.

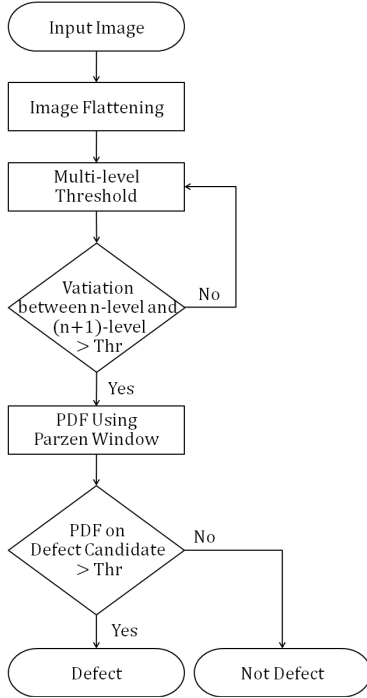


그림 4. 제안한 TFT-LCD 표면 영상 결함 방법의 순서도
Fig. 4. Proposed flowchart for defect detection of TFT-LCD surface image.

TFT-LCD 표면 영상은 2장에서 살펴본 바와 같이 패널의 구조적 특징에 의하여 영상 전체에 불균일한 휘도 분포를 가지고 있다. 영상 전체에 대한 임계화를 적용하기 위해서는 이러한 TFT-LCD 표면 영상을 평탄화할 필요가 있으므로 식 (1)을 통해 정규화된 영상을 도출한다 [8].

$$I_N = m_d + \frac{I - m}{\sigma} \times \sigma_d \quad (1)$$

여기서 I , m 그리고 σ 는 입력 영상과 입력 영상에 대한 평균, 표준편차를 각각 나타내며, I_N , m_d , 그리고 σ_d 는 정규화 된 영상, 원하는 평균과 표준편차를 각각 나타낸다. 일반적으로 TFT-LCD의 결함은 주변 정상영역에 비해 밝은 화소값을 가지는 휘 결함(bright-defect)과 어두운 암 결함(dark-defect)으로 나누어지는데, 고정된 상수를 통한 다단계 임계화를 위해서는 식 (2)와 같이 암 결함을 휘 결함으로 반전시키는 과정이 필요하다.

$$I_{bright} = abs(I_N - m_d) \quad (2)$$

I_{bright} 는 영상 전체의 평균값 이하의 화소들에 대하여 평

균을 기준으로 한 반전 결과를 나타내며, I_N 과 m_d 는 식 (1)에서 표현된 정규화 영상과 평균을 각각 나타낸다.

결함 후보군을 검출하는 다단계 임계화는 아래의 식 (3)에 따라 현재 단계 영상의 최대, 최소 화소값에 기반한 정규화 영상을 구성하여 설정된 임계치를 기준으로 영상을 임계화한다. 정규화란 입력 영상의 화소 분포 범위를 원하는 범위로 재설정하여 각 화소의 화소값을 사상(mapping)하는 것을 의미한다. 이 때 임계치는 전 단계에 걸쳐 동일한 값으로 설정하는데, 동일한 입력 영상 조건에서 임계치를 높이 설정할수록 각 단계별 검출량이 줄어들게 되어 민감한 검출이 이루어진다.

$$f_{Nor_n}(i,j) = \begin{cases} \frac{f(i,j) - \min_{R_n}}{\max_{R_n} - \min_{R_n}} \times range, & f(i,j) \in R_n \\ f(i,j), & otherwise \end{cases} \quad (3)$$

여기서 $f_{Nor_n}(i,j)$ 은 정규화 된 영상에서 (i,j) 위치의 화소값을 의미하며, $f(i,j)$, \max_{R_n} , \min_{R_n} 은 현재 단계의 영상에서 (i,j) 위치의 화소값, 최대 화소값, 최소 화소값, 그리고 $range$ 는 정규화 된 영상의 화소범위를 나타낸다. 이 때 현재 단계에서 검출된 결함 후보군은 \max_{R_n} 에 가까운 값을 가진 화소들로서 다음 단계의 영상 정규화 과정에는 배제되어야 한다. 즉 현재 단계의 관심 화소들의 집합 R_n 은 이전 단계에서 검출된 결함 후보군인 $f_{c_{n-1}}(i,j)$ 을 배제한 화소들로서 식 (4)로 표현된다.

$$R_n = \{f(i,j) | f(i,j) \neq f_{c_{n-1}}(i,j)\} \quad (4)$$

단계가 높아질수록 노이즈 신호에 가까운 결함들이 검출되게 되는데 이는 곧 실제 결함을 모두 포함하면서 결함에 가까운 노이즈 신호는 가장 적을 때의 단계를 가장 신뢰해야 함을 의미한다. 이 때 노이즈 신호는 평탄화 된 영상에서 화소값의 분포가 매우 좁을 뿐 만 아니라 결함 신호에 비하여 공간적으로 넓은 영역을 차지한다. 즉 노이즈 신호는 특정 단계에서 급격하게 다량으로 검출되기 시작하므로, 본 논문에서는 단계 간 검출 화소 수의 변화도가 80% 이상 발생하기 전까지를 신뢰성 있는 단계로 설정하였다.

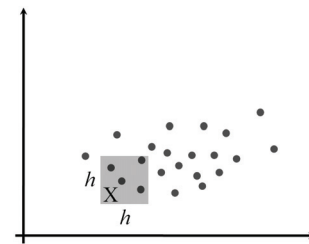


그림 5. 2차원 공간의 Parzen Window
Fig. 5. Parzen Window for 2-dimension.

신뢰성 있는 단계까지의 누적 검출 결과에서 실제 결함 영역에는 검출 화소들이 군집되어 있으며 과검출 된 노이즈 신호 영역에는 산재된 형태로 나타난다. 이는 노이즈 신호가 백색 잡음(white-noise) 형태를 띠고 있기 때문이며, 검출 결과의 확률 밀도 함수를 통해 노이즈 신호를 억제할 수 있음을 의미한다. 즉 누적 검출 결과 영상을 로컬 영역으로 나누어 각 영역에 대한 확률 밀도 함수값을 통해 결함과 노이즈 신호를 분류할 수 있다. 이를 위해 본 논문에서는 로

컬 영역 처리에 적합한 Parzen Window[9]를 이용하여 검출 결과에 대한 확률 밀도 함수를 구함으로써 과 검출된 노이즈 신호에 대한 억제 방법을 제안하였다.

2차원 공간인 영상에서 Parzen Window를 이용한 화소 x 에서의 확률 밀도 함수 $p(x)$ 는 아래의 식 (5)를 통해 도출할 수 있다.

$$p(x) = \frac{1}{h^2} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N k\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \quad (5)$$

여기서 h 와 N 는 로컬 영역의 폭과 영상 전체의 화소 수, x_i 는 로컬 영역 내의 화소들을 의미하며, $k(x)$ 는 커널 함수로서 식 (6)의 조건을 만족한다.

$$\int_x k(x)dx = 1 \quad (6)$$

결함 영역은 로컬 영역의 중심 화소를 중심으로 군집되어 나타나게 되므로, 중심 화소를 기준으로 멀어질 수록 가중치가 낮아지는 가우시안 커널을 이용하여 식 (5)를 수정하면 아래의 식 (7)과 같이 표현된다.

$$p(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{1}{(h\sqrt{2\pi})^2} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-x_i}{h}\right)^2\right) \quad (7)$$

가우시안 커널을 이용한 확률 밀도 함수는 앞서 도출한 신뢰성 있는 단계까지의 임계화 검출 영상에서 노이즈 신호에 비해 결함 영역에서 높은 값을 가진다. 이는 계산된 확률 밀도 함수가 검출 화소의 결함일 확률에 대한 척도가 될 수 있음을 의미한다.

4. 실험 및 고찰

제안한 방법의 적합성을 증명하기 위하여 TFT-LCD 영상과 유사한 영상을 생성하여 결과를 분석하고 실제 TFT-LCD 영상에 적용하여 검증하였다. 실험용 PC는 3.00GHz Core2 Duo CPU와 3GByte memory의 사양이며, Visual C++ 6.0 컴파일러를 사용하였다. 모든 실험은 512*512 크기의 8-bit Gray영상을 이용하여 수행되었다.

그림 6는 실제 TFT-LCD 영상과 유사한 특성을 가지도록 생성된 영상으로서 영상 전반에 걸친 불균일한 휘도 분포와 노이즈 신호, 그리고 그림 6(a)에 표시된 결함 신호를 포함하고 있다. 그림 6(b)는 그림 6(a)에 대해 Gray-Level 128로 바이어스 된 평탄화 영상으로서 다단계 임계화를 위한 전처리 과정 결과이며, 화살표로 표시된 라인에 대한 프로파일을 그림 6(c)에 나타내었다. 프로파일에서 알 수 있듯이 배경 대비 화소값 변화량이 가장 작은 결함은 배경 Gray-Level값과의 차이가 약 3정도를 나타내고 있다.

그림 7는 평탄화 된 전처리 영상인 그림 6(b)에 대해 임계치 Gray-Level 230을 이용한 다단계 임계화 검출 결과를 나타내고 있다. 이 때 실험에 사용된 영상은 모두 8bit Gray-Scale 영상이므로 식(3)에서의 *range*는 256으로 설정하였다. 각 단계별 영상은 이전단계까지의 검출 결과를 누적한 값을 나타내고 있는데, 그림 7(d)와 (e)에서 알 수 있듯이 노이즈 신호는 특정 단계에서 급격하게 나타나고 있다. 이 경우 레벨 간 검출 화소 수의 변화도가 80%이상 발생하기 직전까지 단계인 4단계가 가장 신뢰성 있는 단계로 선택됨을 알 수 있다.

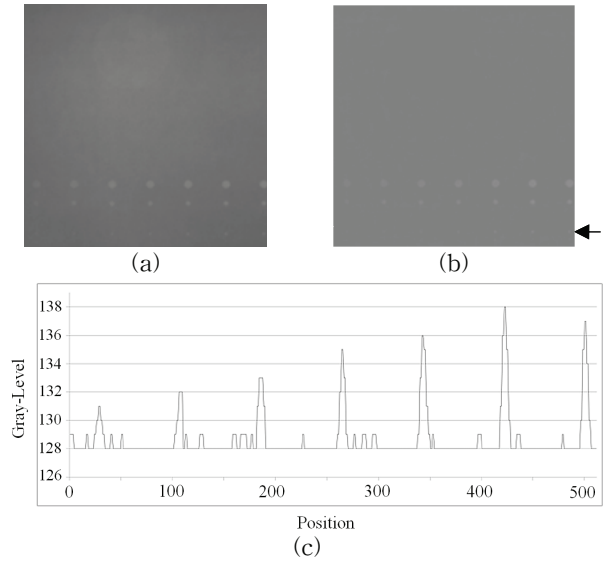


그림 6. 실험을 위해 생성한 TFT-LCD 유사 영상. (a) 원 영상, (b) (a)의 평탄화 영상, (c) (b)에 표시된 영역의 프로파일
Fig. 6. Artificial TFT-LCD image for experiment. (a) Original Image, (b) Flatten image of (a), (c) cut-view of marked line on (b)

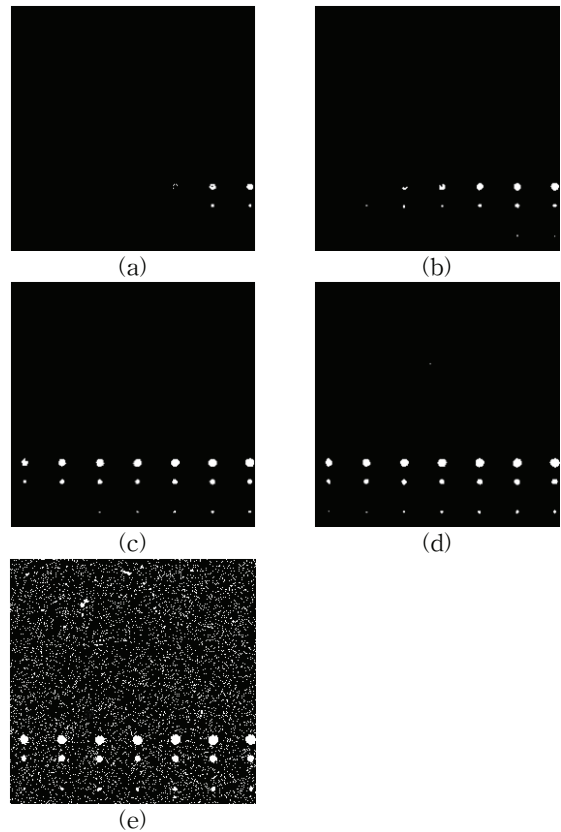


그림 7. 그림 3(b)에 대한 단계별 검출 누적 결과 (a)~(e) 1단계~5단계 검출 누적 영상

Fig. 7. Cumulative detection result of each level. (a)~(e) Cumulative detection image of level 1~5

그림 8는 실제 TFT-LCD 영상의 결함을 나타낸 것으로서 육안으로는 구분하기 힘든 수준의 결함을 포함하고 있음을 알 수 있다. 실제 결함의 위치를 가늠하기 위해 원 영상에 표시된 결함 영역에 대한 라인 프로파일과 원 영상에 대한 histogram equalization 결과를 함께 나타내었다. 라인 프로파일에서 알 수 있듯이 실제 결함은 노이즈 신호와의 화소값 차이가 2~3정도로 매우 미소함을 알 수 있다.

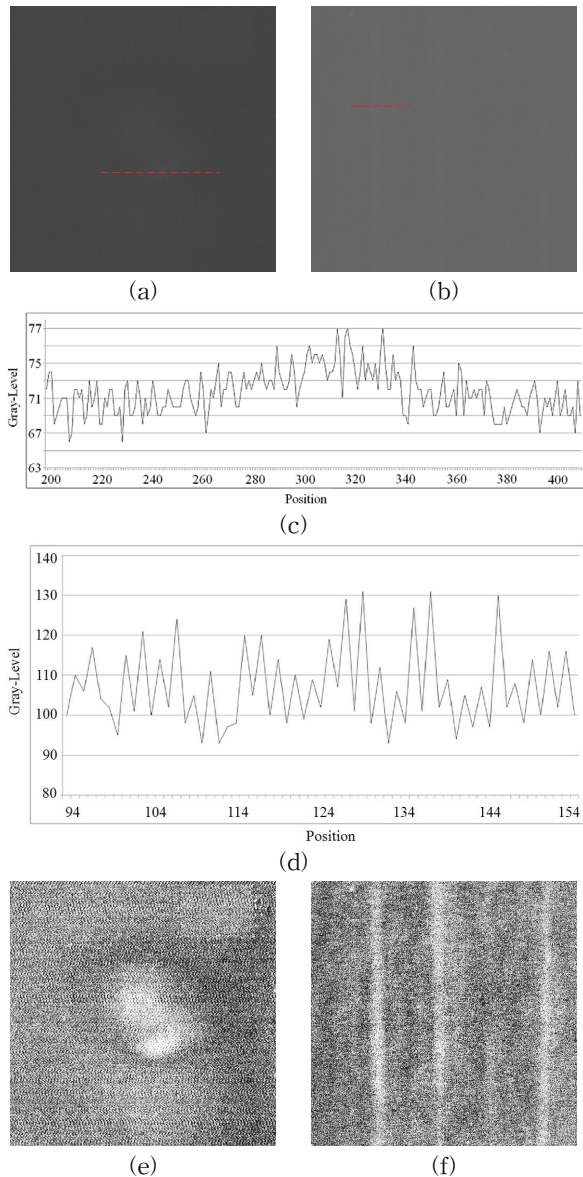


그림 8. 실제 TFT-LCD 영상의 결함 특성.
 (a),(b) TFT-LCD 원 영상,
 (c),(d) (a)와 (b)에 표시된 라인의 프로파일,
 (e),(f) (a)와 (b)에 대한 각각의 histogram equalization
 Fig. 8. Defect characteristics of original TFT-LCD image. (a),(b) Original Image,
 (c),(d) cut-view of marked line on (a) and (b) respectively,
 (e),(f) Histogram equalization of (a) and (b)

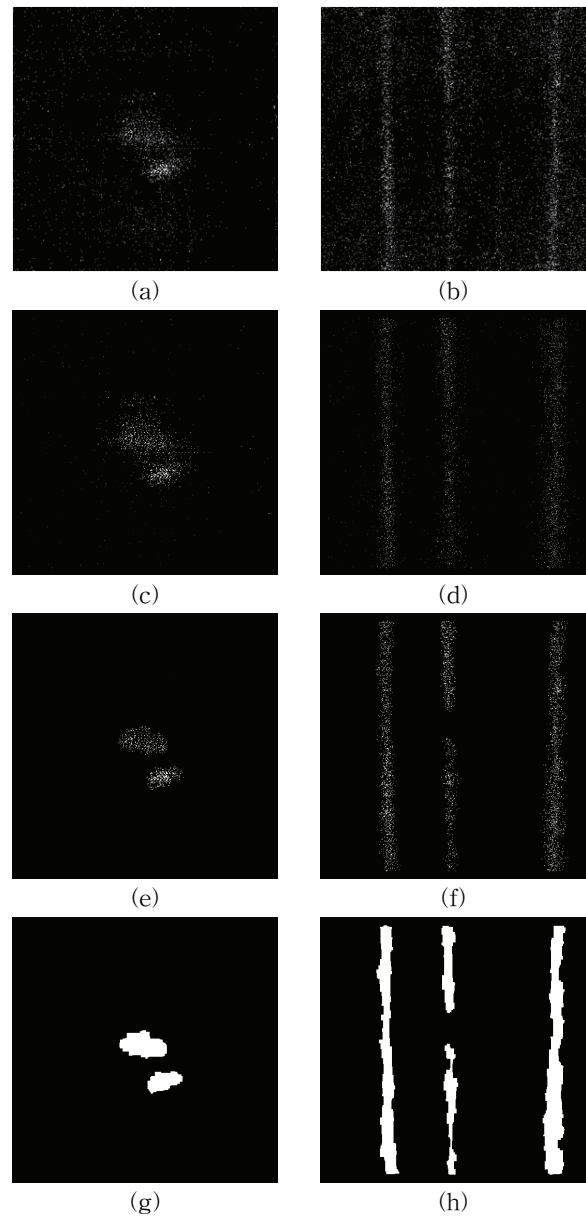


그림 9. 그림 8(a), (b)에 대한 각각의 실험 결과.
 (a),(b) 다단계 임계화 결과 영상,
 (c),(d) (a)와 (b)에 대한 확률 밀도 함수,
 (e),(f) (c)와 (d)에 대한 임계화 영상,
 (g),(h) (e)와 (f)에 대한 닫힘 연산 결과
 Fig. 9. Experimental result of Fig. 8(a) and (b) respectively.

(a),(b) Result of multi-level threshold,
 (b),(d) Probability Density Function of (a) and (b),
 (e),(f) Threshold image of (c) and (d),
 (g), (h) Closing operation result of (e) and (h)

그림 9은 실제 TFT-LCD영상인 그림 8(a)와 (b)에 대해 제안 방법을 이용한 결함 검출 결과를 나타내고 있다. 그림 9(a)와 (b)의 경우 임계치 Gray-Level 230을 이용한 다단계 임계화 영상으로서 결함 영역 뿐만 아니라 노이즈 신호 또한 어느 정도 검출되어 과검출이 일어난 영상으로 볼 수

있다. 이러한 과검출 영역을 억제하기 위한 방법으로 가우시안 커널을 이용한 30*30 크기의 Parzen Window를 이용한 확률 밀도 함수를 나타내면 그림 9(c)와 (d)를 각각 도출할 수 있다. 이 때 확률 밀도 함수는 [0~1]의 분포를 가지므로 육안으로 그 분포를 살펴보기 위해 [0~255]의 범위를 가지는 그레이 영상으로 정규화하여 나타내었다. 그림 9(e)와 (f)는 확률 밀도 함수에 임계 확률 (0.2×10^{-7})을 이용하여 임계화 한 것으로서 임계 확률은 검사 시스템의 민감도에 따라 설정 가능하다. 최종 검출 결과에서 확인할 수 있듯이 그림 8(a)와 (b)에서 육안 식별이 어려웠던 결합 신호에 대하여 제안한 방법이 우수한 성능을 보임을 확인할 수 있다. 그림 9(g)와 (h)는 제안한 방법에 의해 검출된 결합에 대한 식별성을 높이기 위하여 13*13크기의 사각 형태소를 이용하여 닫힘 연산을 수행한 결과를 나타낸 것이다.

5. 결 론

본 논문에서는 TFT-LCD 영상에서 배경 신호가 제거된 평탄화 영상에 대하여 다단계 임계화와 확률 밀도 함수를 이용한 결합 검출 방법을 제안하였다. 다단계 임계화는 노이즈 신호와의 차이가 큰 결합을 우선 검출하고 단계를 높여가며 노이즈 신호와 유사한 한도성 결합을 검출하는 것으로서, 노이즈 특성을 고려하여 신뢰성 있는 단계까지 검출 결과를 누적하였다. 누적된 검출 결과는 가우시안 커널을 이용한 Parzen Window 기반의 확률 밀도 함수에 의해 과검출 결과가 제거됨으로써 결합 신호만을 도출할 수 있었다. 제안한 방법은 실제 TFT-LCD 영상에 대하여 실험 결과를 도출하였으며 한도성 결합에 대한 견실한 검출 결과를 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] J. Jang, S. K. Lim, and M. H. Oh, "Technology development and production of flat panel displays in Korea," *Proceedings of the IEEE*, vol. 90, no. 4, pp. 501-513, 2002.

[2] J. H. Oh, D. M. Kwak, K. B. Lee, Y. C. Song, D. H. Choi, and K. H. Park, "Line defect detection in TFT-LCD using directional filter bank and adaptive multilevel thresholding," *Key Engineering Materials*, vol. 270-273, pp. 233-238, 2004.

[3] S. I. Baek, W. S. Kim, T. M. Koo, I. Choi, and K. H. Park, "Inspection of defect on LCD panel using polynomial approximation," *TENCON 2004*, vol. A21-24, pp. 235-238, Nov. 2004.

[4] G. B. Lee, C. G. Lee, S. Y. Kim, and K. H. Park, "Adaptive surface fitting for inspection of FPD devices using multilevel B-spline approximation," *21st International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications*, vol. 2, pp. 205-208, 2006.

[5] L. Vincent and P. Soille, "Watersheds in Digital Spaces: An Efficient Algorithm Based on Immersion Simulation," *IEEE Trans. Pattern*

Analysis and Machine Intelligence, vol. 13, no. 6, pp. 583-598, June. 1991.

[6] P. K. Sahoo, S. Soltani, and A. K. C. Wong, "A survey of thresholding techniques," *Comput. Vis. Graph. Image Process*, vol. 41, pp. 233-260, 1988.

[7] John F. Haddon, "Generalised Thresholding Selection for Edge Detection," *Pattern Recognition*, vol. 21, no.3, pp. 195-203, 1988.

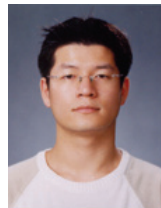
[8] S. Theodoridis, and K. Koutroumbas, *Pattern Recognition third edition*, pp. 43-45.

[9] W. S. Kim, D. M. Kwak, Y. C. Song, D. H. Choi, and K. H. Park, "Detection of Spot-Type Defects on Liquid Crystal Display Modules," *Key Engineering Materials*, vol. 270-273, pp. 808-813, 2004.

저 자 소 개

김세윤(Se-Yun Kim)

한국지능시스템학회 논문지 2009. Vol 19. No.3 참조



정창도(Chang-Do Jung)

2005년 : 경북대학교 수학과 학사
2007년 : 경북대학교 수학과 석사
2007년~현재 : 경북대학교 수학과 박사과정

관심분야 : 행렬해석학, 최적화, 영상신호처리, 컴퓨터 비전 등
Phone : 053-950-6834
Fax : 053-950-6306
E-mail : cdjung@knu.ac.kr



윤병주(Byoung-Ju Yun)

1993년 : 경북대학교 전자공학과 학사
1996년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
2002년 : 한국과학기술원 전자전산학과 박사
2003년~현재 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 부교수

관심분야 : 영상신호처리, 영상압축, 객체기반 영상 부호화, 객체 추적 컴퓨터 비전 등
Phone : 053-950-7329
Fax : 053-950-5508
E-mail : bjisyun@ee.knu.ac.kr

주영복(Young-Bok Joo)

한국지능시스템학회 논문지 2009. Vol 19. No.3 참조

최병재(Byung-Jae Choi)

한국지능시스템학회 논문지 2009. Vol 19. No.3 참조

박길흠(Kil-Houm Park)

한국지능시스템학회 논문지 2009. Vol 19. No.3 참조