

TFT-LCD 패널 검사를 위한 지역적 분별에 기반한 결함 영역 분할 알고리즘

정건희[†], 정창도^{**}, 윤병주^{***}, 이준재^{****}, 박길흠^{*****}

요 약

본 논문은 비전장비의 결함 검사 시스템을 위한 불균일한 휘도분포를 가지는 TFT-LCD 영상에서 결함 영역을 분할하는 방법을 다룬다. 불균일한 휘도분포 때문에 결함의 영역을 찾기 어려우며 이를 위해 많은 방법들이 제안되었다. Kamel과 Zhoa는 문자 및 그래픽의 분할을 위해 논리적 단계화 방법을 제안하였고, 이 방법은 공간상에서 수행되어지는 지역적 분할 방법으로 불균일한 분포 상에서도 문자가 잘 분할되는 장점이 있다. TFT-LCD의 저해상도 영상도 배경의 분포가 불균일하여 본 논문에서는 Kamel과 Zhoa의 방법을 답습하여 새로운 결함 영역 분할 방법을 제안한다. 제안한 방법은 결함주위에 발생하는 과검출(Ghost object)이 적은 장점이 있으며 제안 방법의 성능을 증명하기위해 실제 결함이 존재하는 TFT-LCD 영상을 이용하여 실험하고, 주파수상에서 많이 사용되는 FFT의 밴드패스 필터를 이용한 분할 방법과 비교하였다.

Segmentation of Defective Regions based on Logical Discernment and Multiple Windows for Inspection of TFT-LCD Panels

Gun-Hee Chung[†], Chang-Do Chung^{**}, Byung-Ju Yun^{***},
Joon-Jae Lee^{****}, Kil-Houm Park^{*****}

ABSTRACT

This paper proposes an image segmentation for a vision-based automated defect inspection system on surface image of TFT-LCD(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display) panels. TFT-LCD images have non-uniform brightness, which is hard to finding defective regions. Although there are several methods or proposed algorithms, it is difficult to divide the defect with high reliability because of non-uniform properties in the image. Kamel and Zhao disclosed a method which based on logical stage algorithm for segmentation of graphics and character. This method is a one of the local segmentation method that has a advantage. It is that characters and graphics are well segmented in an image which has non-uniform property. As TFT-LCD panel image has a same property, so this paper proposes new algorithm to segment regions of defects based on Kamel and Zhao's algorithm. Our algorithm has an advantage that there are a few ghost objects around the defects. We had experiments to prove performance in real TFT-LCD panel images, and comparing with the FFT(Fast Fourier Transform) method which is used a bandpass filter.

Key words: TFT-LCD, Segmentation Defects(결함 검출), Logical Level Technique(단계적 국부처리), Mask Based Technique(마스크 처리), Vision-based Automated Defect Inspection System (비전 기반 결함 자동 검사)

※ 교신저자(Corresponding Author): 박길흠, 주소: 대구광역시 북구 산격3동 경북대학교 IT 1호관 703호, 전화: 053)940-8849, FAX: 053)950-5505, E-mail: khpark@ee.knu.ac.kr

접수일: 2011년 9월 9일, 수정일: 2011년 10월 25일
완료일: 2011년 11월 11일

[†] 준회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부
(E-mail: kunhee1228@ee.kun.ac.kr)

^{**} 준회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부
(E-mail: cdjung@knu.ac.kr)

^{***} 준회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부
(E-mail: bjisyun@ee.knu.ac.kr)

^{****} 종신회원, 계명대학교 게임모바일콘텐츠학과
(E-mail: joonlee@kmu.ac.kr)

^{*****} 정회원, 경북대학교 전자전기공학부

※ 본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

1. 서 론

최근 디스플레이 장치에 대한 수요가 증가함에 따라 CRT(Cathode Ray Tube), TFT-LCD(thin Film Transistor Liquid Crystal Display), LED(Light Emitting Diode) 그리고 유기 EL(Organic Electro Luminescence Display)의 대표적인 AMOLED(Active Matrix Organic Light Emitting Diode)등의 다양한 디스플레이 중요성은 더 이상 굳이 언급할 필요가 없다. 이 중 특히 TFT-LCD는 디스플레이 시장을 주도하는 중심 분야로서 개인용 휴대 디스플레이인 휴대폰을 시작으로 개인용 노트북 등 다양한 기기에 적용되고 있는 현실이다. 이러한 TFT-LCD 시장의 규모가 더욱 커짐에 따라, 효율적인 LCD 패널의 생산 과정은 필수 요소가 되었다. 하지만 이러한 TFT-LCD도 결국 패널 생산의 마지막 검사 과정은 목시 검사자의 최종 검사에 상당히 의존하고 있기 때문에 여기에 비용과 시간이 투자되는 것은 피할 수 없는 과정이다. 그러므로 자동 검사 시스템의 개발과 더불어 이 검사 시스템의 정확성, 안정성, 재생산성 그리고 효율성이 요구된다[2,3].

TFT-LCD 영상은 BLU(Back Light Unit)의 불균일한 빛 반사, 액정의 불균일한 분포, 미세한 이물, 카메라 노이즈 그리고 공정상의 여러 요인으로 인해 전체적 휘도 분포가 고르지 못하고 노이즈가 혼재한다. 이러한 불균일한 휘도 분포와 노이즈 성분은 TFT-LCD결함 영역 추출에서 과검출을 유발하여 결실성 있는 불량 검사에 저해요인이 된다.

기존 연구되어온 공간영역 상에서 분할방법으로는 배경잡음을 제거하거나 결함을 강조하기 위한 영역 성장 기법[4-6], 배경신호를 평활화하는 B-스프라인 기법[7,8], 다항식 근사 기법[9], MMTF(Modified Modulation Transfer Function)기법[10]등이 있다. 이러한 방법들은 결함의 위치에 따라 배경 잡음과 결함의 차이가 줄어드는 경향이 있으며 배경 잡음의 패턴이 일정하지 않을 경우 그 성능이 저하되는 경향을 보인다. 특히, 배경분포와 실제 결함이 존재하는 영역사이에 과검출이 발생하며 불량 판정시 계산량 증가로 인하여 검사 시간이 증가한다. 또한 여러 원인들로부터 발생하는 각 결함마다 최적화된 알고리즘이 요구된다. 주파수 영역에서 대표적인 분할 방법으로는 FFT(Fast Fourier Transform)를 이용

한 주파수 상에서의 필터링 방법이다[11,12]. 하지만 결함의 주파수 대역을 정확히 알아내는 문제를 포함하여 주파수 필터링 자체가 필터링 부작용으로 인한 과검출과 미검출이 다수 생기므로 정확한 결함 검출 알고리즘으로는 한계성을 가진다. FFT 필터링 방법 또한 불량 영역의 과검출이 발생하며 이로 인해 안정적인 검사에 영향을 미칠 수 있다.

이진 문자 추출에 사용되었던 공간필터링 알고리즘인 Kamel과 Zhao의 방법은 불균일한 배경 휘도를 가지는 배경에서 이진문자 추출에 관한 알고리즘이다[1]. TFT-LCD의 영상도 불균일한 배경 휘도를 가지므로 본 논문에서는 이 방법을 TFT-LCD 패널의 불량 검출에 적용하기 위해서 기존에 Kamel과 Zhao가 제안한 방법의 윈도우와 이진화 로직을 기반으로 하여 기존 연구되어진 방법들이 가지는 과검출을 최소화할 수 있는 알고리즘을 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 II장에서 TFT-LCD 패널 영상의 특징 및 결함에 관해 설명하고, III장에서는 이진 문자 추출에서 적용한 Kamel과 Zhao의 알고리즘을 설명하고, 이에 기반을 둔 제안하는 알고리즘을 설명한다. IV장에서 실제 결함영상을 이용하여 대표적으로 많이 사용하는 주파수 영역 상에서 푸리에변환을 이용한 버터워스 대역 필터링 방법과 기존에 제안되어진 Kamel과 Zhao의 방법을 TFT-LCD에 적용한 것과 본 논문에서 제안한 방법들을 비교하고 실험 결과와 고찰을 통해 제안하고자 하는 알고리즘의 성능을 증명하고자 한다. 그리고 V장에서 결론을 맺는다.

2. TFT-LCD 패널 영상의 특징 및 결함

카메라로부터 얻어진 TFT-LCD 패널 영상은 일반적으로 BLU의 존재로 인한 휘도 분포가 균일하지 못한 성질과 결함 신호 그리고 고주파 잡음을 가지고 있다. 이렇게 획득되어진 영상 위에 결함은 무작위로 존재 하고, 임계화 단계 적용 시 휘도 변화가 심하지 않은 부분에까지 나쁜 영향을 미친다.

그림 1. (a)는 BLU를 점등하여 6k 흑백 라인스캔 카메라로 TFT-LCD 패널을 350 μ m 공간해상도로 획득한 영상이다. 이 영상은 불균일한 배경 분포를 이루고 있다. 이러한 영상은 TFT-LCD의 구조상 특정한 다수의 판들로 이루어진 다중층 구조로부터 야기된다. 밀단의 플레이트(Plate) 중 하나인 BLU가

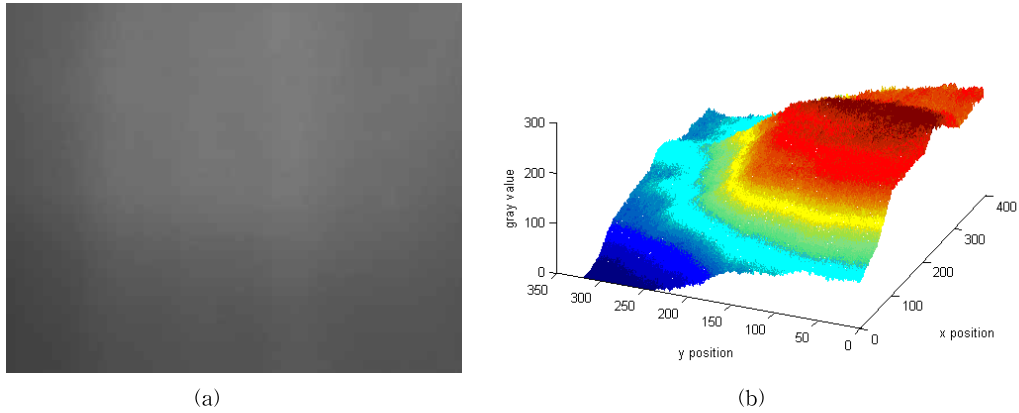


그림 1. TFT-LCD 패널 영상과 3차원에서의 휘도 분포 (a) 패널 영상 (b) (a)의 3차원 프로파일

전체 패널에 광원을 공급한다. BLU는 수개의 형광색 램프들과 발산 플레이트로 구성되며 형광색 램프들은 광원으로서 역할을 하고, 확산 플레이트는 빛을 전체 패널로 확산한다.

영상위에 나타나는 결함을 본 논문에서는 크게 다음의 작은 영역 결함, 큰 영역 결함, 선결함, 부정형 결함으로 분류하고 다음과 같이 정의하였다.

작은 영역 결함은 얼룩, 스크래치, 점 등과 같은 작은 영역을 가지는 결함이고, 지름이 정해진 화소 크기 이하를 말한다. 큰 영역 결함은 결함이 가지는 영역이 큰 결함을 말하고, 이는 어떤 지역, 굴곡, 급작스런 높은 휘도 변화, 비정규적인 휘도변화에 의해 생기는 것으로 정해진 지름의 화소 이상인 영역을 말한다. 선 결함은 곧은 혹은 약간 굽은 수평, 수직의 선, 벨트, 띠 모양 등의 결함을 말한다. 부정형 결함은 정해진 모양이 없는 부정확한 형태의 결함을 말하며, 빛샘, 돌기, 찍힘, 주입구방사 등 다양한 이유로 인해

서 생긴 결함을 말한다.

카메라로부터 획득 되어진 영상위에 나타나는 결함은 위의 그림 2의 예와 같이 모양과 특징 등으로 분류하는 기준에 따라 여러 종류로 분류가 가능하고, 결함이 주위의 결함 없는 부분과 순간적인 높은 휘도 차이가 심한 경우 눈으로도 쉽게 찾을 수 있지만, 결함이 없는 주위와의 휘도차이가 크지 않으면 눈에 잘 안 띄고, 이 경우 기존의 결함검출방법에서는 결함이 잘 검출되지 않는다. 최근에 많은 자동화 결함검출 장비들이 개발되어 실용화되어 있긴 하지만 아직도 그 결함을 검출하는 능력이 업계에서 요구하는 성능 수준에 이르지 못하고 있다.

자동화 장비의 카메라에 의해 획득되어 순수하게 결함 검출 처리 전의 영상이 가지는 특징은 획득된 영상에 히스토그램 평활화를 적용해 보면 영상이 가지는 불균일한 휘도 변화를 알 수 있고, 이로 인한 단순 문턱값 적용으로는 결함 검출이 어려움을 알

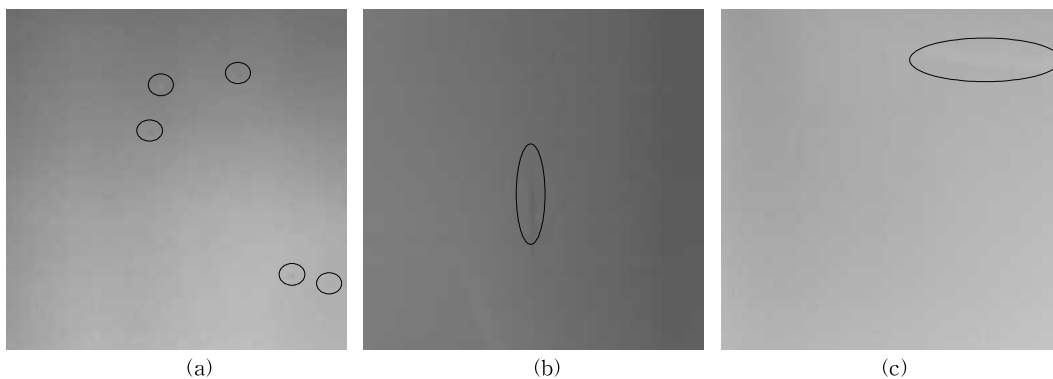


그림 2. TFT-LCD 패널 영상위의 결함 종류 (a) 점형 작은영역 결함, (b) 스크래치 결함, (c) 밝은 가로방향 선형 결함

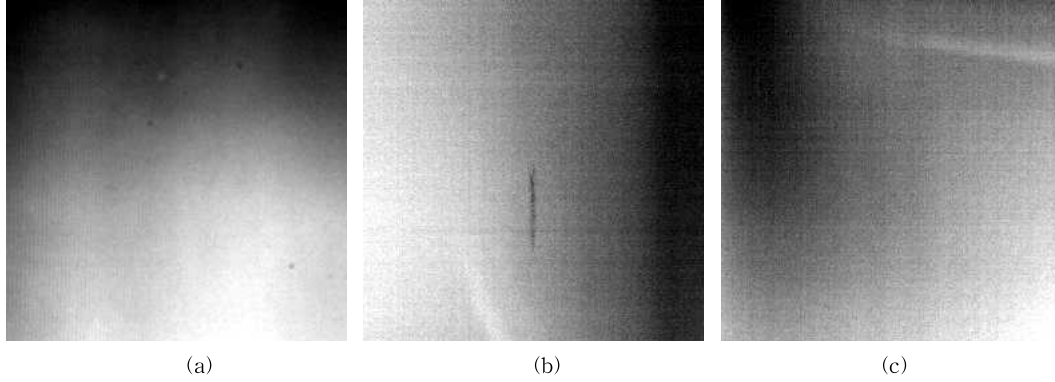


그림 3. 히스토그램 평활화를 한 결함 영상 (a) 점형 작은영역 결함, (b) 스크래치 결함, (c) 밝은 가로방향 선형 결함

수 있다. 예로 그림 2의 영상을 히스토그램 평활화를 한 결과를 그림 3를 통해서 볼 수 있다.

3. 결함 영역 분할 알고리즘

Kamel과 Zhao의 분할 알고리즘([1])을 간단히 설명하면 먼저 검출하고자 하는 문자의 두께를 W 로 정해준다. 처리할 영상을 I , 중심 픽셀을 (a, b) 라 하고 중심 픽셀에서 거리가 W 인 8방향 $(2W+1) \times (2W+1)$ 크기의 윈도우 P_i 를 그림 4와 같이 정의하고 짝수 번째 그룹과 홀수 번째 그룹을 분리한다.

각 윈도우 P_i 에서 평균값을 m_i 라 하고, 로직함수 $L(P_i)$ 를 아래와 같이 정의한다.

$$L(P_i) = \begin{cases} true & \text{if } m_i - I(a, b) \geq T \\ false & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

여기서 T 는 문턱값이다.

$P'_i = P_{(i+4) \bmod 8}$, $i = 0, \dots, 3$ 으로 정의하고 위 수식(1)

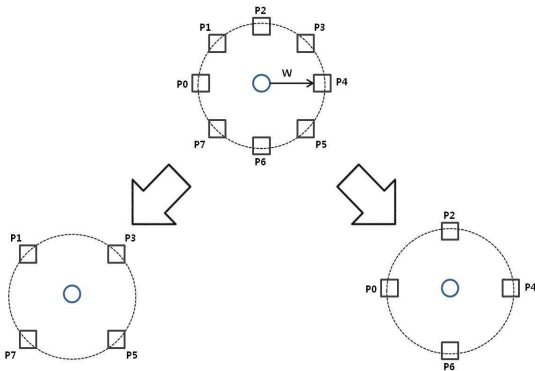


그림 4. Kamel과 Zhao의 방법

을 이용하여 이진화 영상 $B(x, y)$ 를 아래의 수식(2)로 얻는다.

$$B(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } \bigvee_{i=0}^3 [L(P_i) \wedge L(P'_i) \wedge L(P_{i+1}) \wedge L(P'_{i+1})] \text{ is true} \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

이는 중심 픽셀에서 각 윈도우의 평균값이 최소한 문턱값 레벨이거나 4방향에서 구해진 지역적 평균값보다 작게 된다면 이를 분할할 문자로 판단한다.

본 논문에서 TFT-LCD 결함 검출에 적용하고자 각도를 이용한 윈도우 선택과 논리적 단계화 기법을 중간값 선택으로 대체한 알고리즘을 제안한다. 먼저 각도를 θ (360의 약수)로 정하고 윈도우 크기를 $n \times n$ 로 정한다. 중심 픽셀 (a, b) 에서 거리가 W 인 윈도우 P_i 를 그림 5와 같이 각 윈도우 사이의 각이 θ 가 되도록 설정한다. 그러면 $N = \frac{360}{\theta}$ 개의 윈도우 집합 $P = \{P_1, P_2, \dots, P_N\}$ 를 얻을 수 있으며 P 에 의한 영상의 평균값의 집합 $m = \left\{ m_i = \frac{1}{N} \sum_{(x,y) \in P_i} I(x, y) \mid i = 1, \dots, N \right\}$ 을 계산 할 수 있다.

TFT-LCD 결함 영역은 배경과의 밝기에 따라 암 결함과 휘결함이 있으며 이를 구분하기 위해 처리픽셀에서 주변부 평균값과의 차이를 문턱값 T_1 이상과 T_2 이하로 나눈다. 문턱값 T_1, T_2 는 수식 (3)으로 설정한다.

$$T_1 = I(a, b) + \alpha S(m), \quad T_2 = I(a, b) - \alpha S(m) \quad (3)$$

여기서 $S(m) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (m_i - M)^2}$, $M = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N m_i$ 이고 α 는 양의 실수인 변수이다.

그리고 로직함수 $L_1(P_i), L_2(P_i)$ 를 수식 (4)으로 정의한다.

$$L_1(P_i) = \begin{cases} true & \text{if } m_i \geq T_1 \\ false & \text{Otherwise} \end{cases}, \quad (4)$$

$$L_2(P_i) = \begin{cases} true & \text{if } m_i \leq T_2 \\ false & \text{Otherwise} \end{cases}$$

로직함수에서 True와 False를 통해 배경영역과 결함영역으로 분할을 시행 후, 암결함과 휘결함의 영역을 1과 -1로 각각 값을 줌으로써 최종적으로 암결함과 휘결함의 영역을 동시에 표시한다. 즉 3진화 된 결과 영상을 출력한다.

$$B(a, b) = \begin{cases} 1 & \text{if } C_1(a, b) \geq \frac{N}{2} \\ -1 & \text{if } C_2(a, b) \geq \frac{N}{2} \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases}, \quad (5)$$

여기서 $C_1(a, b) = \#\{true|L_1(P_i), i=1, \dots, N\}$, $C_2(a, b) = \#\{true|L_2(P_i), i=1, \dots, N\}$ 이고 $\#$ 은 집합의 개수이다.

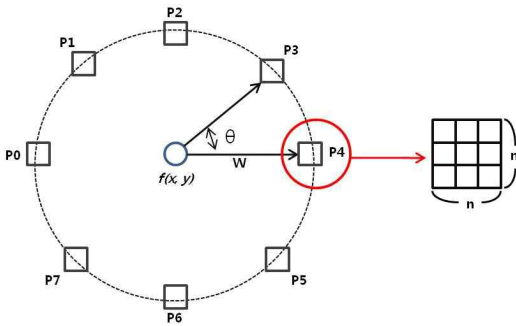


그림 5. 제안 알고리즘 윈도우

밑의 그림 6는 제안하는 TFT-LCD 결함 영역 분할 알고리즘의 흐름도이다.

입력영상 $I(a, b)$ 에서 다음과 같은 과정을 거치게 된다.

- | |
|------------------------------------|
| Step 1. 입력 영상 |
| Step 2. θ, W 을 이루는 P_i 설정 |
| Step 3. 각 윈도우 평균 m_i |
| Step 4. 임계치 T_1, T_2 계산 |
| Step 5. 논리함수 L_1, L_2 유도 |
| Step 6. 삼진화 영상 $B(a, b)$ 획득 |
| Step 7. 최종 암결함과 휘결함을 포함하는 분할 영상 |

위 단계를 현재 처리 위치를 $I(a, b)$ 에서 $I(a+\alpha, b+\beta)$ 만큼 영상전체에 대해 이동을 시키면서



그림 6. 제안 알고리즘 흐름도

반복 수행한다.

4. 실험 결과 및 고찰

제안한 방법의 적합성을 증명하기 위하여 TFT-LCD 영상과 유사한 영상을 생성하여 결과를 분석하고, 이후 실제 TFT-LCD 영상에 적용하여 검증하였다. 실험용 PC는 Intel Core i5 CPU와 4G Byte memory의 사양이며, Visual Studio 2008 컴파일러를 사용하였다. 아래에 보이는 그림 7(a)는 8비트의 결함을 포함한 TFT-LCD 패널 가상 그레이 영상이다. 그림 7는 총 27개의 결함을 가지고 있으며, 결함과 주변부와의 휘도차이가 5부터 25까지의 차이를 보이며, A라인과 B라인 그리고 C라인상의 결함은 각각 5, 13 그리고 23 픽셀 사이즈이다. 이는 그림7(b)에 존재하는 가상 영상을 3차원으로 표현한 영상을 통해 확인할 수 있다.

FFT방법 중 기저선 잡음 제거를 위해 가장 일반적으로 사용하는 필터가 버터워스 필터링으로써, 버터워스 대역 필터링은 버터워스 고주파 통과 필터와 저주파 필터를 합쳐놓은 형태이다[13]. 간단히 설명

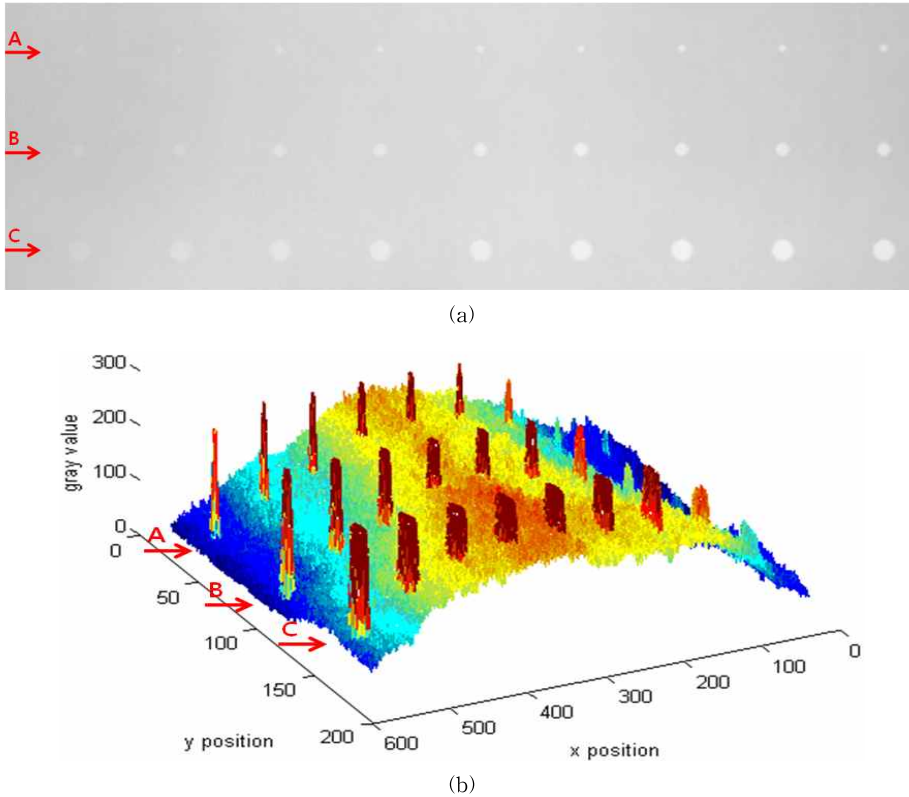


그림 7. 결함을 가지는 TFT-LCD 가상 이미지와 3차원 프로파일 (a) 결함을 가지는 가상 TFT-LCD패널 이미지, (b) 3차원 프로파일

하자면 특정 대역 상의 주파수를 통과시켜 해당 주파수의 성분만이 남아있게 만드는 알고리즘으로서 기저선 변동 잡음을 제거하기 위해 쓰는 대표적인 방법 중 하나이다. 제안하는 알고리즘의 목표가 기저선 잡음을 제거하여 신호의 기저선을 정렬인 만큼 버터워스 대역통과 필터링을 통해 기저선 정렬이 된 신호와 결과를 비교하였다.

FFT방법의 버터워스 필터링 변수들은 저주파 차단주파수=60, 고주파 차단주파수=10, 밝은 문턱값=2, 어두운 문턱값=-2으로 두었고, 영상 분할 문턱치 방법은 분할 크기를 15픽셀, 밝은 문턱값=1.5, 어두운 문턱값=-1.5로 설정하였다. 제안한 알고리즘의 변수는 각도=30도, 너비=15로 설정했으며, 윈도우 크기 크기는 3으로 하였다. 제안한 알고리즘의 문턱치 값은 50바이트를 주어 음의 값이 없도록 한 다음 47이하의 암결함, 53이상은 휘결함으로 설정하였다.

또한 기존에 이진 문자 추출에 사용되었던 Kamel

과 Zhao의 알고리즘을 TFT-LCD영상에 적용하여 결함을 이진 문자 추출에 대응하여 실험을 실시하였다. 변수값은 윈도우 크기=3, 밝은 문턱값 = 169, 어두운 문턱값 = 163으로 설정하였으며 문턱치 값 설정은 제안 알고리즘과 같은 STD방식을 사용하였다. 방향성은 기존의 문자 추출과 같이 8방향으로 설정하였다.

위에서 본 가상 결함을 가지는 TFT-LCD패널 영상을 언급된 조건으로 각각 FFT한 뒤 버터워스 대역통과 필터링을 통해 결함 영역을 분할한 영상, 기존의 Kamel과 Zhao의 알고리즘, 그리고 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 이용한 최종 결함 영역 분할 영상은 아래와 같다.

그림 8(a)결과에서 쉽게 볼 수 있듯이 FFT뒤에 버터워스 대역 통과 필터링을 이용한 방법은 최종 결함 영역 분할시 영상의 모서리 부분에 과검출이 보이는 것과 더불어 배경과의 밝기 차이가 가장 적은 편인 영상의 왼편 영역에 존재하는 결함 영역 분할이

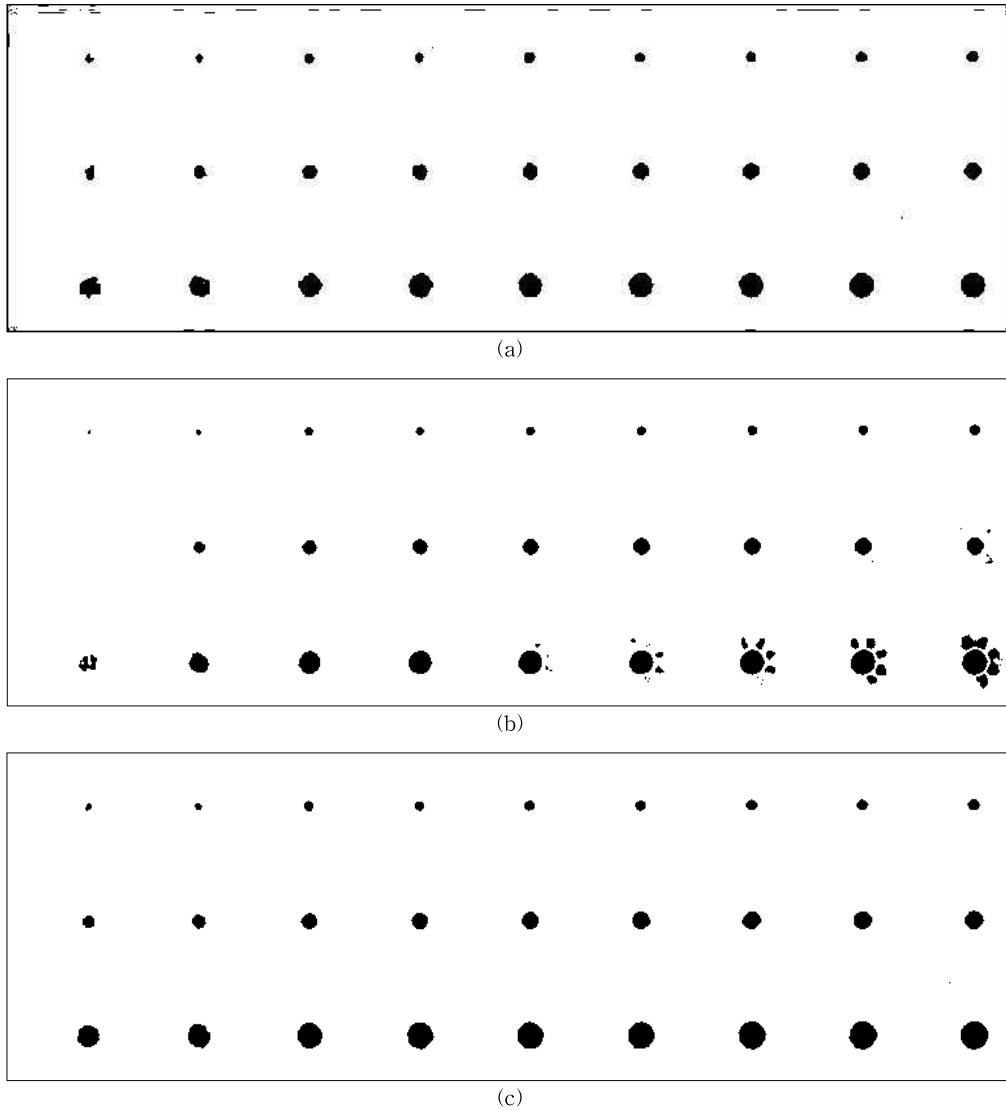


그림 8. 가상 TFT-LCD이미지 임계화 결과 비교 (a) FFT 밴드패스 필터링 결과 (b) Kamel과 Zhao알고리즘 결과 (c) 제안 알고리즘 결과

제대로 되지 않음을 눈으로 확인 할 수 있다. 또한 주파수 영역 처리 방법은 결함과 배경영역의 휘도 차이가 미미할 시 차단 주파수 정하기가 상당히 난해하게 된다. 또한 그림 8(b)의 Kamel과 Zhao가 제안한 이진 문자 추출 알고리즘을 TFT-LCD에 그대로 적용시 윈도우와 처리픽셀간의 차이의 단순 평균화를 취하는 특성상 과검출이 더욱 심하게 나타나는 것과 더불어 미검출이 생기는 것을 확인할 수 있다.

반면에 그림 8(c)결과에서는 영상 상단의 과검출이 최소화 되는 것과 동시에 배경영역과 결함의 밝기

차이가 적게 나는 영상의 왼편 부분의 결함이 정확히 검출되는 결과를 볼 수 있다. 즉, 제안한 알고리즘은 그림 7처럼 결함이 불균일한 배경신호와 더불어 있으며, 배경신호와 밝기 차이가 크지 않더라도 결함 영역을 우수하게 검출하는 것을 알 수 있다.

그림 9 실험 영상은 실제로 결함을 포함하는 TFT-LCD패널 영상 5개를 대상으로 FFT뒤 버터워스 필터링 방법과 제안한 알고리즘의 성능을 비교하였다. 그림 9에서 볼 수 있듯이 대부분의 영상이 제안한 방법이 버터워스 필터링 보다 과검출을 최소화

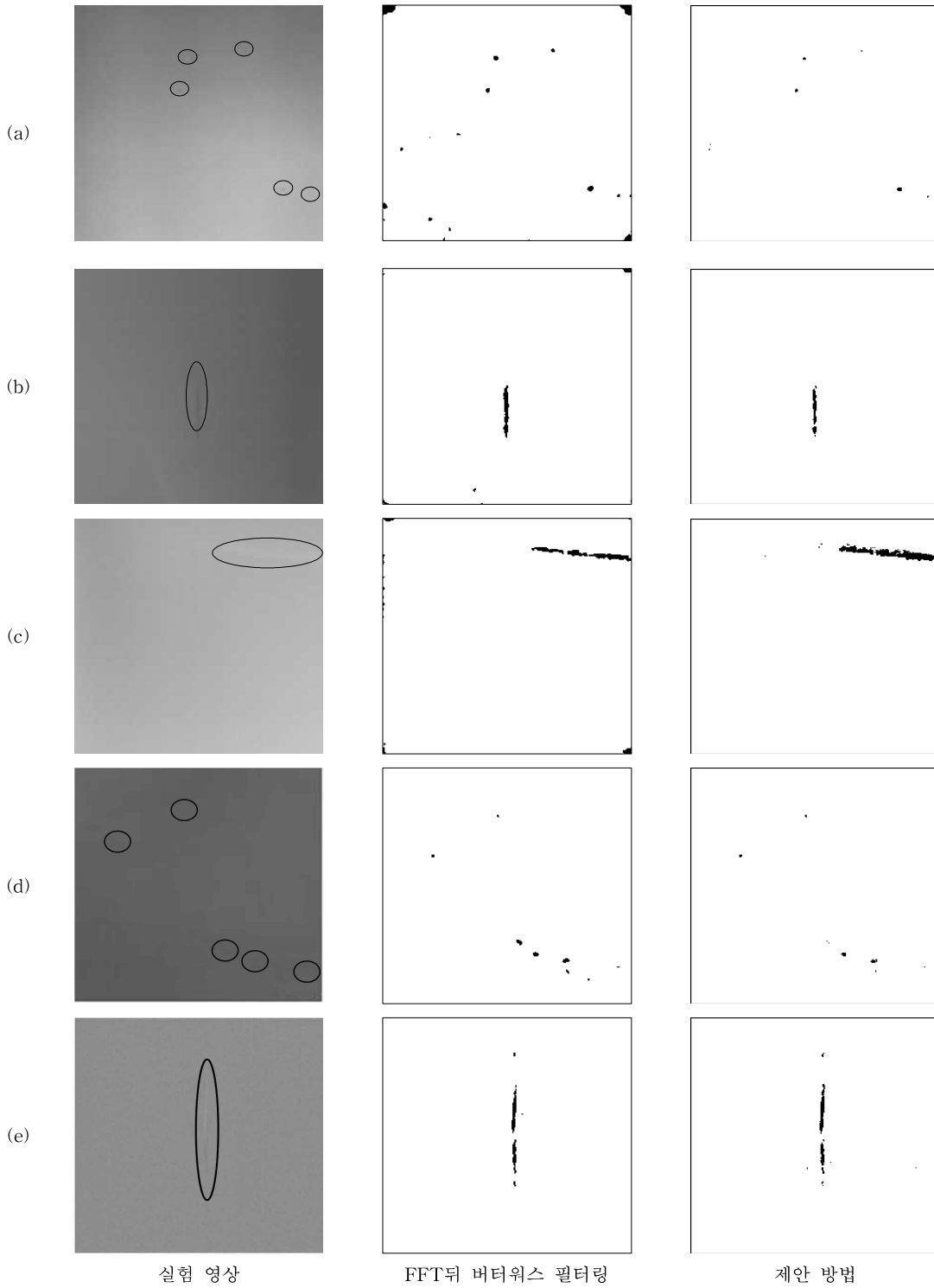


그림 9 실제 결함을 가지는 TFT-LCD패널 영상에서 버터워스 필터링과 제안 알고리즘 이미지들의 결과 비교
 (a) 실제TFT-LCD패널 결함 영상1, (b) 실제TFT-LCD패널 결함 영상2, (c) 실제TFT-LCD패널 결함 영상3, (d) 실제 TFT-LCD패널 결함 영상4, (e) 실제TFT-LCD패널 결함 영상5.

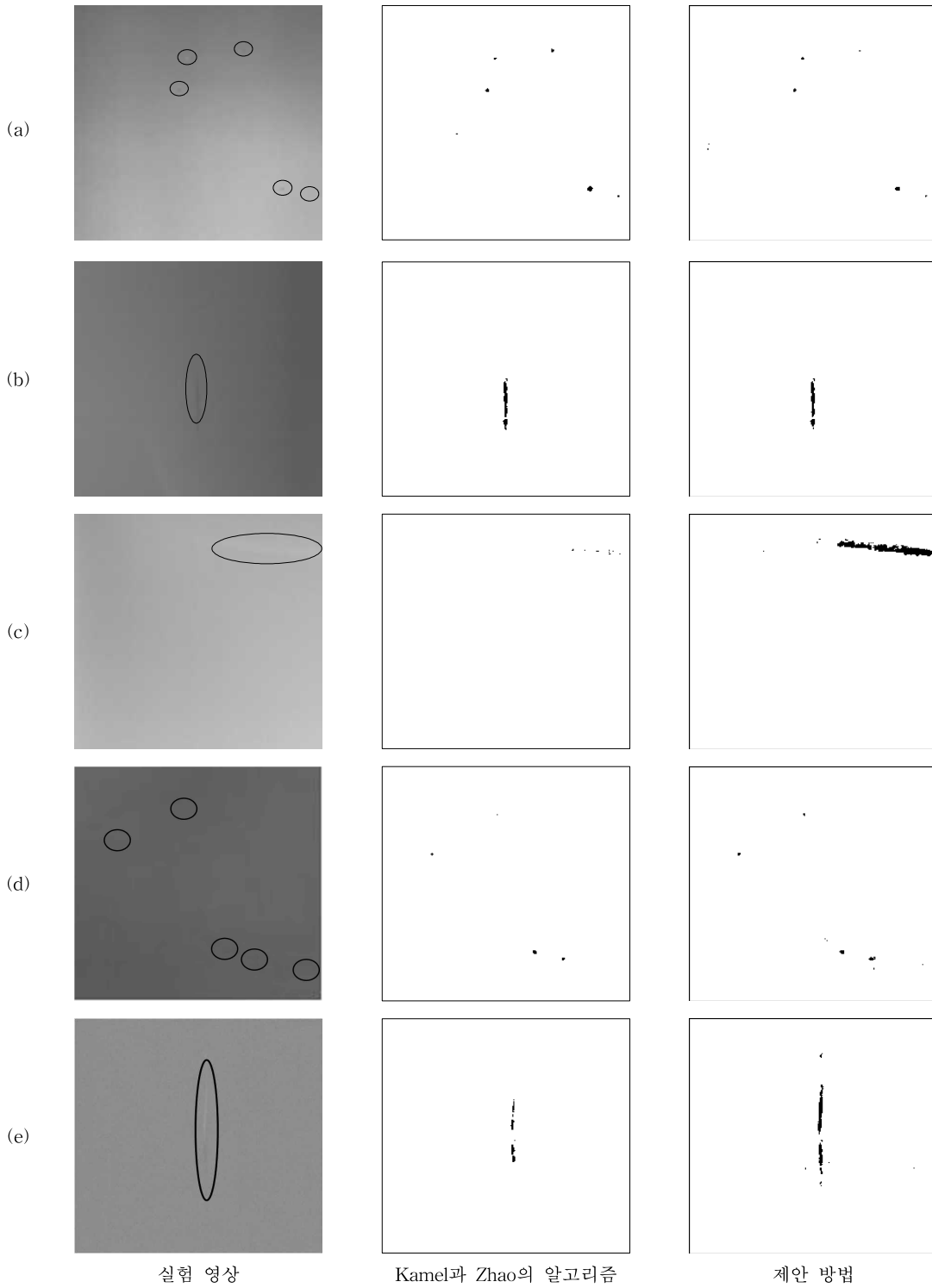


그림 10. 실제 결함을 가지는 TFT-LCD패널 영상에서 기존 방법과 제안 알고리즘 이미지들의 결과 비교
 (a) 실제TFT-LCD패널 결함 영상1, (b) 실제TFT-LCD패널 결함 영상2, (c) 실제TFT-LCD패널 결함 영상3, (d) 실제 TFT-LCD패널 결함 영상4, (e) 실제TFT-LCD패널 결함 영상5.

시키는 결과를 확인할 수 있다.

그림 10 실험 영상은 실제로 결함을 포함하는 TFT-LCD패널 영상 5개를 대상으로 기존의 알고리즘인 Kamel과 Zhao의 방법과 제안한 알고리즘의 성능을 비교하였다. 그림 10(a)와 그림 10(b)의 영상에서는 유사한 성능을 보이지만 나머지 그림 10(c)와 그림 10(d) 그리고 그림 10(e)영상 결과를 비교하게 된다면 앞에서 보았던 가상 TFT-LCD 결과와 같이 과검출 뿐만 아니라 미검출까지 발생하는 것을 통해 본 알고리즘의 우수한 성능을 확인할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 TFT-LCD 패널상에 존재하는 결함을 찾아내기 위해서 결함 영역 분할 방법으로 Kamel과 Zhao의 알고리즘을 이용하였다. 거리와 각도를 통해 처리하고자 하는 참조영역의 윈도우 크기와 검출할 수 있는 결함의 크기를 정함으로써 결함의 종류 및 크기에 따라 맞추어 분할 할 수 있음을 확인할 수 있었다. 또한 이 알고리즘에 기반하여 실제 결함이 존재하는 TFT-LCD 패널 영상을 실험 및 비교를 하였다. 주로 많이 사용되는 방법 중 하나로써 주파수 영역에서 버터워스 밴드 패스 필터링 결과에서 생길 수 있는 과검출을 최소한으로 줄임으로써 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 우수한 성능을 증명하였다. TFT-LCD 패널상의 결함을 정밀히 검출 및 분할 할 수가 있다면 이는 곧 추후에 이를 기반으로 분할된 결함을 몇몇의 객관적 요소들로 정량화함으로써 인간 시각 시스템에 기반을 둔 TFT-LCD 자동 결함 검출 시스템 구현에 한 발짝 다가갈 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Mohamed Kamel and Aiguo Zhao, "Extraction of Binary Character/Graphics Images from Grayscale Document Images," *CVGIP(Graphical Models And Image Processing)* Vol. 55, No.3, pp. 203-217, 1993.
- [2] M. Yumi, T. Kohsei, and T. Satoshi "Quantitative evaluation of Visual Performance of Liquid Crystal Displays," *Proc. SPIE, Algorithms and Systems for Optical Informa-*
tion Processing IV, Bahram Javid Demetri Psaltis, Vol.4113, pp. 242-249, 2000.
- [3] Y. Mori, K. Tanahashi, R. Yoshitake, and S. Tsuji, "Extraction and Evaluation of Mura Images in Liquid Crystal Displays," *Proceedings of SPIE*, Vol.447, pp. 299-306, 2001.
- [4] Lars Heucke, Mirko Knaak, and H, Zhu, "A New Image Segmentation Method Based on Human Brightness Perception and Foveal Adaption," *IEEE Signal Processing Letters*, Vol.7, No.3, pp. 468-473, 1998.
- [5] Lars Heucke, Mirko Knaak, and Reinhold Orglmester, "A New Image Segmentation Method on Human Brightness Perception and Foveal Adaption," *IEEE Signal Processing Letter*, Vol.7, No.6, pp. 129-131, 2000.
- [6] D.A. Besley, E. Kuh, and R.E. Welsch, *Regression Diagnosticx*, John Wiley & Sons, 1980.
- [7] 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," *IEEE TENCON'05*, Vol.1, pp. 144-148, 2005.
- [8] S.J. Kim, Y.H. Hwang, B.G. Lee, and J.J. Lee, "B- Spline 기반의 FPD 패널 결함 검사," 한국 멀티미디어학회논문지, 제10권 제10호 pp. 1271-1283, 2007.
- [9] S.I. Beak, W.S. Kim, T.M. Koo, I. Choi, and K.H. Park, "Inspection of Defect on LCD Panel Using Polynomial Approximation," *IEEE TENCON'04*, Vol.A21-24, pp. 235-238, 2004.
- [10] 오종환, 박길흠, "인간 시각시스템의 주파수 감도를 이용한 TFT-LCD 결함 강조," 전자공학 회논문지, 제44권, SP편, 제5호, pp. 20-27, 2007.
- [11] P.H. Pretorius, M.A. King, S.J. Glick, T. -S. Pan and D.-S. Luo, "Reducing the effect of nonstationary resolution on activity quantitation with the frequency distance relationship in SPECT," *IEEE Trans. on Nucl. Sci.* Vol.43, No.6, pp. 3335-3341, 1996.
- [12] A. Klatchko, and P. Pirogovsky, "Describing thin-film imaging with a Gaussian beam as

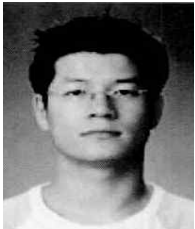
potential flow," *J. Appl. Phys.* Vol.98, No.8, pp. 084504-084504-6, 2005.

[13] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, *Digital Image Processing, 3rd ed.*, Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, pp. 173-175, pp. 183, 2008.



정 건 희

2009년 8월 연세대학교 정보통신 공학 학사
 2010년 3월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 석사과정
 관심분야 : 영상처리, 검사시스템, 패턴인식



정 창 도

2005년 경북대학교 수학과 학사
 2007년 경북대학교 수학과 석사
 2010년 경북대학교 수학과 박사
 2010년~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 Post.Doc 과정

관심분야: 행렬해석학, 최적화, 영상신호처리, 컴퓨터 비전 등



윤 병 주

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



이 준 재

1986년 경북대학교 전자공학과 학사
 1990년 경북대학교 전자공학과 석사
 1994년 경북대학교 전자공학과 박사

2000년~2001년 (주)파미 연구소장
 1998년~1999년 Georgia Institute of Technology 객원 교수

1994년~2007년 동서대학교 컴퓨터 정보공학부 부교수
 2007년~현재 계명대학교 게임모바일콘텐츠학과 부교수
 관심분야 : 영상처리, 3차원 컴퓨터 비전, 게임



박 길 흠

1982년 경북대학교 전자공학과 학사
 1984년 한국과학기술원 전기전자공학과 석사
 1990년 한국과학기술원 전기전자공학과 박사

1990년~현재 경북대학교 전자전기공학부 교수
 관심분야: 영상신호처리, 패턴인식, 영상압축