

논문 2004-41SP-4-9

LCD 표면 검사를 위한 라인스캔 영상의 재구성

(Image Reconstruction Using Line-scan Image for LCD Surface Inspection)

고 민 석*, 김 우 섭*, 송 영 철**, 최 두 현**, 박 길 흠**

(Min-Seok Ko, Woo-Seob Kim, Young-Chul Song, Doo-Hyun Choi, and Kil-Houm Park)

요 약

본 논문에서는 프로젝션 프로파일(PP : Projection Profile) 과 컬러공간변환(CST : Color Space Transform)을 이용하여 라인스캔 카메라(Line-Scan Camera) 영상을 재구성함으로써 LCD 표면의 결함검출 성능을 높이는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 결함을 포함한 RGB 영역 분할, 대표값 추적시스템을 이용한 대표값 추출, 그리고 컬러공간변환을 이용한 Y영상 재구성 방법들로 구성되어 있다. 실험을 통하여 제안한 방법으로 재구성된 영상의 결함검출 성능이 영역카메라(Aerial Camera)의 결함검출 성능보다 우수함을 보였다.

Abstract

In this paper, we propose a novel method for improving defect-detection performance based on reconstruction of line-scan camera images using both the projection profiles and color space transform. The proposed method consists of RGB region segmentation, representative value reconstruction using the tracing system, and Y image reconstruction using color-space transformation. Through experiments it is demonstrated that the performance using the reconstructed image is better than that using aerial image for LCD surface inspection.

Keywords : LCD, Inspection, defect, detection, Reconstruction

I. 서 론

인간은 시각·청각·후각·미각·촉각 등으로 정보를 취득하며, 이들 중에 시각을 통하여 가장 많은 정보를 취득하고 있다. 컴퓨터를 이용한 시스템에서도 이러한 시각정보를 이용하려는 노력이 많이 시도되었다. 영상처리(Image Processing)는 시각 정보의 중요성과 영상을 취득하는 장비의 발달 및 처리 기술의 향상으로 다양한 분야에서 그 중요성과 활용도가 급격히 증가하고 있다. 영상처리와 비전기술은 초기에 검사와 조립을 위해 주로 사용되기 시작하여 인쇄회로 기판의 결함 검사, 반도체 Lead Frame 검사, BGA 검사, CD 검사 및

LCD/PDP 검사 등 다양한 분야에 적용되고 있다^[1-5]. 영상획득 방법은 영상 획득 장치인 카메라의 종류에 따라서 영역 카메라와 라인스캔 카메라로 나눌 수 있다. 영역 카메라는 한 번의 노출로 쉽게 2차원 영상획득과 위치선정을 할 수 있어서 다양한 영상이 간편하게 획득될 수 있다는 장점이 있다. 그러나 영역 카메라에 의한 영상 획득 방법은 방대한 데이터 량과 영상 획득 시의 흔들림, 해상도의 한계에 의한 검사 영역의 제한, 검사 흐름의 정지에 의한 검사 속도의 저하 등의 문제점을 안고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 고해상도, 빠른 영상획득 속도, 저 잡음, 균일한 영상의 획득, 무한대 길이의 영상획득 가능과 같은 장점을 가진 라인스캔 카메라를 사용하여 영상을 획득하는 방법이 사용되고 있다^[3,5].

LCD표면의 결점은 발생 원인에 따라 다양한 형태로 나타난다. 불량현상과 발생 원인에 따른 특징, 영상획득

* 학생회원, **정회원, 경북대학교 전자공학과
(Dept. of Electronics Engineering, Kyungpook National University)
접수일자: 2003년10월23일, 수정완료일: 2004년7월13일

방식, 주위환경에 따른 오류 등을 종합적으로 고려하여, 일반적으로 얼룩, 긁힘 등 저해상도 영상의 결점검출에는 영역 카메라를 이용한 영상획득 방식이 사용되고, RGB 픽셀의 불량으로 나타나는 점이나 선 형태의 고해상도 영상의 결점 검출에는 라인스캔 카메라를 사용한 영상획득방식이 사용된다. 본 논문에서는 영역 카메라와 라인스캔 카메라를 모두 사용하는 영상획득방식의 비효율성을 낮추기 위해 고해상도 영상인 라인스캔 카메라 영상으로부터 특징부분을 추출함으로써 저해상도의 영역카메라 영상과 유사한 형태의 영상을 재구성하였다. 영상을 재구성하여 라인스캔 영상만으로 다양한 형태의 결점검출을 할 수 있으며, 전체적으로 비전 검사 시스템의 영상획득과정을 줄이게 되어 비용 및 생산 단가를 절감할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 인식 대상인 라인스캔 카메라 영상과 불량영상의 특징에 대한 분석을 다루며, III장에서는 프로젝션 프로파일의 교차점을 이용한 전처리 과정을 설명한다. IV장에서는 특징 영역에서의 프로젝션 프로파일의 최대값을 이용한 특징 추출 과정에 대해서 설명하고, V장에서는 컬러 스페이스 변환에 의한 재구성 방법을 다룬다. VI장에서는 제안한 방법의 효율성을 보여주는 실험결과를 설명하고, VII장에서 결론을 맺는다.

II. 라인스캔 카메라와 LCD영상의 특징

본 절에서는 결점검출에 사용되는 라인스캔 카메라의 특징과 획득된 영상의 특징 그리고 획득영상에서의 결점검출을 위한 대표적인 방법인 표준편차(STD: Standard Deviation) 방법에 대해서 서술한다.

라인스캔 카메라는 수평 및 수직 축 방향으로 고해상도의 영상획득이 가능하기 때문에 물체 표면의 정밀 검사용으로 많이 이용되고 있다. 라인스캔 카메라를 이용하여 획득된 1차원 영상은 여러 가지 원인에 의해 불균일한 명암도 분포를 갖는다. 즉, 물체와 렌즈 중심과의 각도, 조리개의 개폐, 검사 대상물의 특성, 조명의 공간적인 불균일에 의해 1차원 영상에 나타나는 불균일한 명암도 분포 등이 그것인데 이것들의 보정에 관해 많은 연구가 있었다^[3]. 그러나, 보정된 1차원 영상이라고 하더라도 조명이 시간적으로 변화할 경우, 조합된 2차원 영상에는 명암의 불균일 현상이 나타날 수 있다. 라인스캔 카메라의 영상 획득 속도는 형광등이 깜박이는 속도보다 훨씬 빠르기 때문에 얻어진 2차원의 영상에는



그림 1. Line-scan camera로 획득한 LCD 표면 입력영상
Fig. 1 The line-scan camera image of LCD surface.

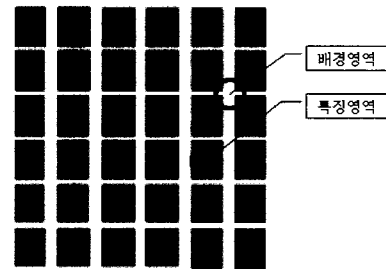


그림 2. 배경과 특징영역
Fig. 2. The background and feature regions.

밝은 부분과 어두운 부분의 반복적 무늬가 나타난다. LCD의 표면검출과 같이 대상물이 자체조명을 가지고 있을 경우에는 위와 같은 방식으로 명암도의 불균일과 반복적 무늬를 모두 제거하기는 어렵다. 본 논문에서는 영상을 재구성함으로써 위 문제를 최소화하고자 명암도의 불균일과 반복적 무늬가 제외된 특징부분에 대한 유효범위를 지정하고 영상을 재구성했다.

LCD 영상은 그림 1과 같이 RGB색상을 담당하는 3개의 부픽셀(Sub-pixel)이 하나의 픽셀(pixel)을 형성하고 픽셀과 픽셀 및 부픽셀과 부픽셀 사이에는 검은 격자로 분리되어 있는데 이를 BM(Black Matrix)이라고 한다.

하나의 픽셀은 LCD 화면을 구성하는 요소이자 검출하고자 하는 결점을 포함하는 특징영역이라고 할 수 있으며, 부픽셀과 부픽셀 사이 그리고 픽셀과 픽셀사이의 그레이레벨(Gray Level)이 낮은 영역인 BM은 특징추출과 무관한 배경(Background)영역으로 볼 수 있다. 그러므로 LCD 영상은 배경영역과 특징영역으로 분류할 수 있으며 배경과 특징영역은 그림 2와 같다. 따라서 영상재구성을 위한 대표값을 추출하기 위해서는 배경에서 특징영역을 추출하기 위한 전처리 과정이 필요하다.

획득된 영상의 해상도가 낮으면 결점의 경계가 모호해지며, 이를 해결하기 위하여 해상도를 높인다면 원가비용의 상승 등 여러 가지 문제점을 가지게 된다. 즉, 원가비용과 해상도, 실시간 처리, 그리고 불규칙적인 특성 등 여러 요인에 의해 결점검출은 쉬운 문제만은 아니다. 따라서 적절한 해상도와 원가비용을 가지는 카메

라의 선택과 영상의 오류보정을 위한 알고리즘은 결점 검출에 있어서 매우 중요한 요소가 된다.

본 논문에서 사용한 결합 임계화 방법은 다음 식 (1) 과 같다. 식 (1)에서는 표준편차(σ)를 기준으로 임계치를 부여하고 임계치를 벗어나는 경우를 결점으로 판별한다.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i,j=0}^{N-1} (g_{ij} - m_k)^2}{N^2}} \quad (1)$$

여기서, g_{ij} 는 (i, j) 의 화소값이고, m_k 는 $N \times N$ 크기의 k 영역의 평균 화소값을 나타낸다. 결점영역 R_D 는 식 (2)와 같이 정의되며, K 값에 따라서 결점검출의 정도를 결정하게 된다^[7].

$$R_D = \{(x, y) \mid |g_{xy} - m_k| \leq K\sigma\} \quad (2)$$

본 논문에서는 LCD 영상의 결점검출을 높이기 위한 영상 재구성 알고리즘을 제안하고, 식 (1)의 검출방식을 이용하여 결점검출의 효율성을 나타내고자 한다.

III. 프로젝션 프로파일을 이용한 전처리 과정

본 논문에서는 획득 영상에서 픽셀의 구역을 지정하고 부픽셀의 영역을 판단하기 위한 전처리 과정으로 프로젝션 프로파일을 이용하였다. 픽셀의 구역을 표시하는 BM은 수직·수평 프로젝션 프로파일의 그레이레벨 값이 동시에 최소값을 가지는 교차점으로 식 (3)과 같이 정의할 수 있다.

$$F(x, y) = F(H_{Vmin}(x), H_{Hmin}(y)) \quad (3)$$

여기서 $H_{Vmin}(x)$ 와 $H_{Hmin}(y)$ 는 x, y 축으로의 프로젝션 값들 중에서 임계값 범위내의 최소값을 가지는 좌표들을 나타낸다. 즉, x, y 축으로 프로젝션한 $H_V(j)$ 와 $H_H(j)$ 중에서 주기내의 최소값을 가지는 값들로 이루어진 함수를 나타낸다. $H_V(j)$ 와 $H_H(j)$ 의 함수는 수평, 수직의 화소값을 x, y 축으로 투사시키는데, 수직 화소값을 x 축으로 투사하여 구한 결과를 V 로 두고 수평 화소값을 y 축으로 투사하여 구한 결과를 H 로 둔 함수로 식 (4)와 같이 표현할 수 있다.

$$H_V(j) = (v_1, v_2, \dots, v_j, t) \\ = \left(\sum_{j=1}^n V(x_1, y_j, t), \dots, \sum_{j=1}^n V(x_m, y_j, t), t \right)$$

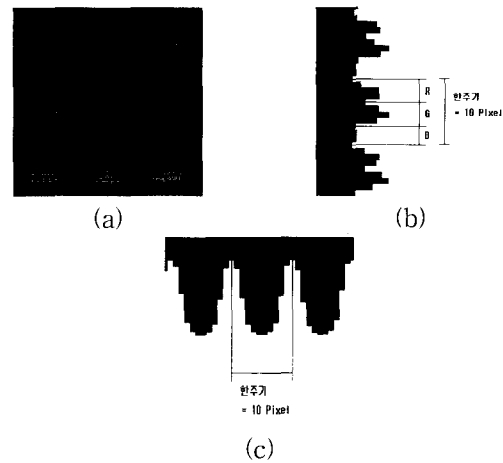


그림 3. (a) RGB영역을 포함한 일부영상, (b) 수평 프로젝션 프로파일, (c) 수직 프로젝션 프로파일
Fig. 3. (a) RGB region, (b) Horizontal projection profile, (c) Vertical projection profile.

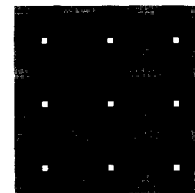


그림 4. RGB영역을 포함한 교차점
Fig. 4. Intersection point of RGB region.

$$H_H(j) = (h_1, h_2, \dots, h_j, t) \\ = \left(\sum_{j=1}^n H(x_1, y_j, t), \dots, \sum_{j=1}^n H(x_m, y_j, t), t \right) \quad (4)$$

식 (4)에서 m, n 은 영상의 폭과 높이를 나타낸다. $H_{Vmin}(x)$ 와 $H_{Hmin}(y)$ 는 식 (5)의 임계값 범위내의 최소값을 가지는 $H_V(j)$ 와 $H_H(j)$ 로 정의할 수 있다.

$$H_{Vmin}(x) = \{Min\{H_V(j) \mid 0 \leq j \leq \alpha\}\} \\ H_{Hmin}(y) = \{Min\{H_H(j) \mid 0 \leq j \leq \beta\}\} \quad (5)$$

α, β 로 표현되는 임계값의 범위는 영상에서의 주기를 의미하며 설정주기는 영상에 따라서 9~11의 값을 가진다. 따라서 평균주기인 10에서 1.2배한 값을 최대 임계값으로 한다. 그림 3(a)는 LCD의 입력영상이고, (b)는 수평 프로젝션 프로파일에서의 평균주기를 나타낸다. (c)는 수직 프로젝션 프로파일에서의 평균주기를 그림으로 나타낸 것이다.

이후 입력영상에서 수평, 수직 프로젝션 프로파일 중에서 주기내 최소값의 교차점을 찾아낸다. 그림 4는 추출된 교차점을 원영상에 표시한 것이다.

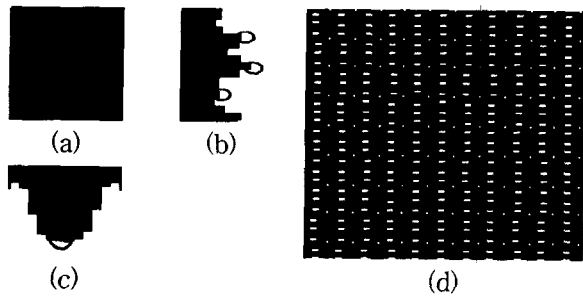


그림 5. (a) RGB 픽셀 영상, (b) 수평 프로젝션, (c) 수직 프로젝션, (d) R, G, B에서 취하는 대표값 영역

Fig. 5. (a) A RGB pixel image, (b) its horizontal projection, (c) its vertical projection, (d) extracted region.

IV. 대표값 추적알고리즘을 이용한 대표값 추출

영역 카메라 영상에서는 RGB 픽셀사이의 간섭으로 인한 색 번짐 현상으로 결점과 배경사이를 구별하기 어렵다. 본 논문에서는 이러한 색 번짐 현상과 간섭을 피하고자 대표값 추출을 위해 유효한 범위를 지정하였다. 라인스캔 카메라의 주기적인 픽셀의 변화를 배제하기 위해서 최대값 주위의 일정한 범위를 대표값을 추출하기 위한 유효한 범위로 규정하였다. 그림 5(a)는 임의의 한 특징영역의 RGB 픽셀을 확대한 영상이며, (b)는 특징 영역의 수평 프로젝션에서 최대값을 가지는 화소의 근원지를 표시한 것이며, (c)는 수직 프로젝션에서 최대값 주위의 일정한 범위를 표시한 것이다. (d)는 (c)와 (b)에 의해 대표값을 계산하기 위한 유효한 범위를 나타낸다.

단, 대표값 추출 범위를 찾고자 할 때, 결점을 포함하는 경우에는 결점이 가지는 그레이레벨의 변화에 의해서 대표값 추출범위를 규정할 수 없게 된다. 따라서 결점이 존재하는 환경에서 대표값을 추출하기 위한 방법으로 대표값 추적알고리즘을 제안한다. 대표값 추출에서 사용되는 프로젝션 프로파일은 특징영역을 찾기 위한 프로젝션 프로파일과는 달리 그림 6(b)와 같이 수직·수평 프로젝션 파일의 끝을 이용하여 RGB 픽셀의 경계값을 찾아내고 경계내에서 최대값을 가지는 R, G, B 부픽셀에 대한 화소의 근원지를 찾아내었다. 하지만 최대값은 결점의 영향에 의해 변화될 수 있으므로 원영상의 최상위 부분의 RGB 픽셀을 템플릿으로 두고 추출된 템플릿을 이용하여 아래 영역의 대표값 영역을 계산하는 대표값 추적알고리즘을 사용하였다.

그림 6은 제안하는 결점을 포함하는 대표값을 추적

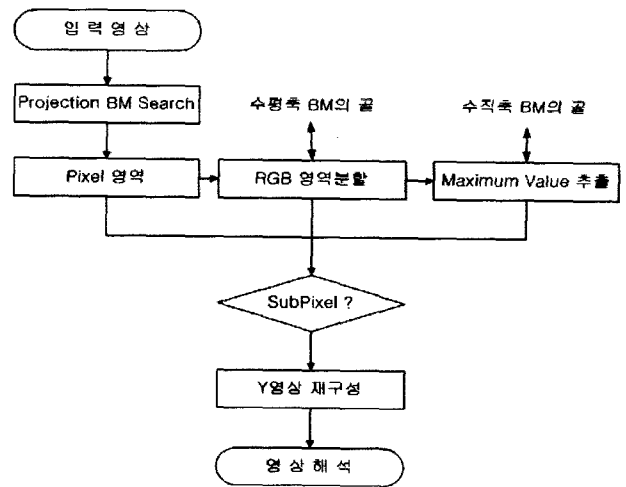


그림 6. 대표값 추적 시스템 블록다이어그램

Fig. 6. Block diagram of representative value tracing system.

하는 시스템을 블록 다이어그램으로 나타낸 것이다. 초기화된 대표값 좌표를 템플릿으로 저장하고 추적을 시작하게 되며, 다음 영역에서 프로젝션 프로파일을 사용하여 대표값을 대략적으로 분할해 내고 템플릿에 저장된 좌표와 비교하여 유사도를 알아낸다. 유사도가 가장 높은 영역을 이전에 추적하던 것과 같은 영역으로 판단하고 대표영역으로 사용하였다.

V. 컬러 스페이스 변환에 의한 영상 재구성

RGB 영역의 대표값(추출영역의 평균값)을 사용하여 재구성 영상을 구성한다. R 영역에서 추출한 대표값만을 사용한 R 영상과 G 영역에서 추출한 대표값만을 사용한 G 영상, 그리고 B 영상을 각각 하나의 영상으로 재구성하고 컬러스페이스변환을 통하여 영역 카메라의 영상과 유사한 하나의 영상으로 통합한다. 본 논문에서는 YIQ 컬러 스페이스 변환을 사용하였으며 그 중에서 RGB의 그레이레벨을 하나의 그레이레벨로 표현할 수 있는 Y영상으로 재구성한다. 여기서 사용된 RGB와 YIQ 사이의 관계는 식 (6)과 같다^[6].

$$\begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & 0.275 & 0.321 \\ 0.212 & 0.523 & 0.211 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (6)$$

컬러 공간 변환방식을 사용한 Y영상 재구성 방식을 블록 다이어그램으로 나타내면 그림 7과 같다. 원영상에서 RGB에 대한 대표값을 추출하고, 각각의 R, G, B 영상을 구성하였다. YIQ 컬러 공간 변환으로 RGB 영상을 Y 값만으로 구성된 하나의 재구성 영상으로 변환

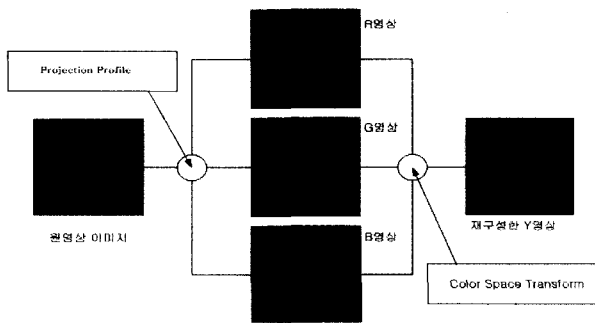


그림 7. 컬러 스페이스 변환
Fig. 7. Color space transformation.

표 1. 실험에 사용된 카메라 특성
Table 1. The characteristics of the camera.

Camera Unit		
	Line Scan Camera	Area Scan Camera
Resolution	25 μm^2	300 μm^2
pixel Size	7 $\mu\text{m} \times 7\mu\text{m}$	14 $\mu\text{m} \times 14\mu\text{m}$
Type	Line CCD Sensor	Area CCD Sensor

한다.

VI. 실험결과 및 고찰

라인스캔 카메라 영상을 재구성하기 위한 대표값 추출 시스템의 타당성을 확인하기 위해 동일한 대상물에 대한 재구성 영상과 영역 카메라 영상에 대해 결점 임계화 방법을 사용하여 결점검출에 대한 효율성을 비교 실험하였다^[7]. 표 1은 실험에 사용된 라인 스캔 카메라와 영역 스캔 카메라의 특성을 나타낸다.

제안한 방법의 검증에 위해 라인스캔 카메라영상을 재구성하여 만든 영상과 영역 카메라 영상에 대해서 STD 방법을 사용하여 결점검출 성능을 비교하였다. 실험 영상을 얻기 위해 LCD 표면에 크기와 9단계의 휘도 변화를 가지는 원형의 결점 패턴을 생성하고 영역 카메라와 라인스캔 카메라를 사용하여 실험영상을 획득하였다.

획득된 실험영상에 대하여 결점 임계화 방법으로 검출 성능을 비교 실험하였으며, 그 결과를 그림 8에서 확인할 수 있다. 그림 8(a)는 영역 스캔 카메라에서 획득한 결함 패턴 영상과 결함 검출 결과 영상을 나타내며 그림 8(b)는 라인 스캔 카메라에서 획득한 결함 패턴 영상을 본 논문에서 제안한 방법을 통해 그레이 스케일로 재구성한 영상과 그 결함 검출 결과 영상을 나



(a)



(b)

그림 8. STD에 의한 결점 검출 (a) 영역 카메라 영상의 결과 (b) 라인 카메라 영상의 결과

Fig. 8. Defect detection using the STD method (a) Result of an aerial camera image (b) Result of the line scan camera image.

타낸다. 결함의 패턴은 발생 가능한 결함의 강도와 그 크기에 대해 다양하게 생성되었으며, 영역 카메라로 획득된 영상의 결과가 총 9단계의 결함 강도 중 7단계까지는 검출 가능한 반면, 본 논문에서 제안한 방법으로 재구성된 영상을 사용한 경우 같은 결함 임계화 방법을 사용하였음에도 불구하고 8단계까지의 결함 검출이 가능하였다. 또한, 결함의 크기에 대해서도 영역 스캔 카메라만을 이용한 경우 결함의 크기가 매우 작을 경우 검출결과가 불안정 했던 반면, 제안한 방법으로 재구성한 영상은 안정적인 검출이 가능하였다.

VII. 결 론

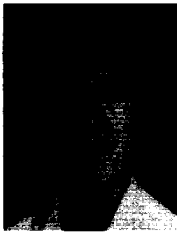
본 논문에서는 영역 카메라 영상에서 검출할 수 있었던 결점을 라인스캔 카메라 영상에서 효율적으로 검출할 수 있는 영상 재구성 알고리즘을 제안하였다. 라인 스캔 카메라 영상의 특징을 이용한 프로젝션 프로파일과 대표값 추적시스템을 이용하여 재구성 영상을 생성하였다. 실험을 통하여 재구성 영상이 의미 있음을 확인하였고, 결점 검출에 있어서도 영역 카메라 영상보다 유리할 수 있음을 정량적으로 입증하였다.

본 논문에서는 영상 재구성에 필요한 계산 시간에 대한 고려는 하지 않았다. 그러나 실제로 제안된 영상 재구성 알고리즘을 적용하기 위해서는 반드시 고려되어야 한다. 제안된 알고리즘의 고속화를 위해 DSP를 이용한 구현도 시도될 수 있을 것이다. 아울러, STD 방법과는 다른 좀더 효율적인 결함검출 알고리즘에 대한 연구도 계속 진행되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 국중옥, “국내 외 공장자동화 산업의 일반동향”, 한국정보처리학회, vol. 4, no. 4, pp. 4-17, 1997
- [2] 김도현, 강동구, “눈금 블록과 분할정복 기법을 이용한 신발 밑창 자동 검사 시스템”, 제어·자동화·시스템공학회논문지, vol. 8, no. 8, pp. 625-632, 2002. 8.
- [3] 장동식, 이만희, 부창완, “Line Scan Camera를 이용한 검사 시스템에서의 새로운 영상 처리 알고리즘”, 제어·자동화·시스템공학회논문지, vol. 3, no. 4, pp. 406-414, 1997. 8.
- [4] S. M. Sokolov and A. S. Treskunov, “Automatic vision system for final test of liquid crystal displays”, Proc. of 1992 IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, vol. 2, pp. 1578-1582, 1992. May.
- [5] 전유혁, 김규태, “LCD 결함검사 알고리즘에 관한 연구”, 대한전자공학회 99 추계종합학술대회 논문집, pp. 637-640, 1999. 11.
- [6] D. Chetverikov and A. Hanbury, “Finding defects in texture using regularity and local orientation”, Pattern Recognition, vol. 35, pp. 2165-2180, 2002.
- [7] G. McGunnigle and M. J. Chantler. “Resolving handwriting from background printing using photometric stereo”, Pattern Recognition, vol. 36, pp. 1869-1879, 2003.

저자 소개



고민석(정회원)
2002년 경북대학교 전자전기
공학부 학사 졸업.
2002년~경북대학교 전자공학과
석사 과정
<주관심분야: 영상처리, 컴퓨터
비전, 워터마킹>



김우섭(정회원)
2001년 경북대학교 전자전기
공학부 학사 졸업.
2003년 경북대학교 전자공학과
석사 졸업
2003년~경북대학교 전자공학과
박사과정

<주관심분야: 영상처리, 영상분할, 컴퓨터 비전,
워터마킹>



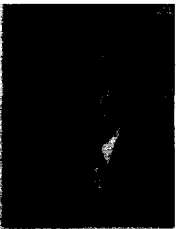
송영철(정회원)
1994년 광운대학교 전기공학과
졸업
1997년 광운대학교 전기공학과
석사
2001년 광운대학교 전기공학과
박사

2002년 3월 ~ 현재 경북대학교 전자전기공학부
조교수
<주관심분야: 영상처리, 생체신호처리, 패턴인
식>



최두현(정회원)
1991년 경북대학교 전자공학과
졸업
1993년 포항공과대학교 대학원
전자전기공학과 석사
1996년 포항공과대학교 대학원
전자전기공학과 박사

1996년~2003년 2월 경북대학교와 서울대학교
교육과 연구 수행
2003년 3월 ~ 현재 경북대학교 전자전기공학부
조교수
<주관심분야: Soft-computing 이론 및 응용, 생물
정보학, 정보처리 및 산업응용>



박길흠(정회원)
1982년 경북대학교 전자공학과
1984년 한국과학기술원
(공학석사 - 전자공학)
1990 ~ 한국과학기술원
(공학박사 - 전자공학)
1984~1989년 경북대학교
전자공학과 조교

1989 ~ 1991 경북대학교 전자공학과 전임강사
1991 ~ 2000 경북대학교 전자공학과 조교수
2000 ~ 현재 경북대학교 전자공학과 교수
<주관심분야: 의료영상인식, 초음파 영상검색, 영
상압축, 지문인식, 얼굴영상인식>