

# 휴대폰 키버튼 불량 검사 시스템

이 준 재<sup>†</sup>

## 요 약

본 논문에서는 핸드폰 조립 전의 키패드의 개별버튼에 불량 검사방법을 제안한다. 제안한 알고리즘은 키패드의 영역 분할, 폰트 영역 분할, 이동 및 회전의 처리과정을 통해, 동일 색상의 검사 및 등급 분류, 폰트 검사, 스크래치 검사로 이루어져 있다. 특히, 본 논문에서 제안한 영역분할 방법은 기존의 단순 문턱치를 기반으로 키패드의 경사나 곡면 모양에 기인한 휘도 변화에 대응하기 위해, 패드 영역만을 B-spline으로 근사화하여, 각 화소마다 다른 표면 문턱치를 적용하는 방법을 제시한다. 또한, 키패드의 회전 정보를 고유치 및 고유벡터를 사용하여 매우 빠르고 효율적으로 구하는 방법을 제시한다. 실험결과 제안한 방법은 실제 인라인 공정상에 적용하여 실험결과 우수한 성능을 보여준다.

## Keypad Button Defect Inspection System of Cellphone

Joon Jae Lee<sup>†</sup>

### ABSTRACT

In this paper, we develop a defect inspection method for each buttons of keypad of cellular phones before they are assembled. The proposed algorithm consists of the similar color checking and its classification, font error detection, and scratch detection based on the segmentation of keypad area and font, translation and rotation processing sequentially. Especially, the proposed segmentation method approximate the pad region as B-spline function to deal with illumination change due to the shape of key button with the slant and curved surface followed by simple thresholding. And also, the rotational information is obtained by using eigen value and eigen vector very fast and effectively. The experimental results show that the performance of the proposed algorithm is good when it is applied to in-line process.

**Key words:** Defect inspection(결함검사), segmentation(분할), classification(분류)

### 1. 서 론

현재 공장 자동화를 통해 대량 생산되는 미세부품들에 대한 불량검사가 필요하다. 최근 들어 전자 산업 및 반도체산업, 공업 제품 전반의 미세 부품부문의 수요가 급증하는 가운데, 머신비전 업체들도 이러한 수요에 대응해 다양한 분야로 시장을 늘려가고 있으며, 그 중 미세 부품의 불량여부를 판단하기 위한 장비를 개발하는 것이 주류를 이루고 있다. 이

러한 장비는 실제 인라인 생산 공정 자동화에 적용함으로써 제품의 품질향상, 생산품의 균일화 및 제품생산성을 향상시킴으로서 생산원가를 절감하고 기업의 기술경쟁력을 향상시키고자 하는데 목적이 있다[1-4].

특히, 휴대폰 관련 수요가 점차 증가하는 추세에 있어서 이의 부품에 대한 검사는 여러 항목에서 요구되고 있다. 휴대폰 반도체 칩 제조시 후공정의 패키징 외관검사, PCB(printed circuit board)의 솔더

※ 교신저자(Corresponding Author) : 이준재, 주소 : 대구시 남구 대명 3동 2139번지(617-716), 전화 : (053)620-2177, FAX : (053)620-2391, E-mail : joonlee@kmu.ac.kr  
접수일 : 2009년 8월 6일, 수정일 : 2009년 9월 23일

완료일 : 2009년 10월 26일

<sup>†</sup> 중신회원, 계명대학교 게임모바일콘텐츠학과 교수

※ 본 연구는 2008년도 계명대학교 비사(신진)연구기금으로 이루어졌음.

페이스트 검사[1], 휴대폰 키패드의 외관검사[4] 등, 패키지의 외관검사는 불의 모양이나, 체적 등 3차원 형상검사가 주로 진행되고 있으며, PCB의 솔더 페이스 검사도, 솔더의 위치보다는 면적과, 체적 및 형상을 판단하는 3차원 검사로 옮겨지고 있다. 이는 휴대폰 내부의 내구성 및 견고성에 관한 것으로 외부충격에 대한 휴대폰의 신뢰성을 판단하는 중요한 요소이다. 한편, 이의 디스플레이 관련 LCD, 필름, 유리[2,3] 및 휴대폰 키패드의 외관검사는 색상의 일치, 숫자 및 문자의 인쇄 불량, 이송중의 이물질 첨가 및 스크래치등 주로 2차원 검사가 대부분이다. 이러한 항목들은 소비자가 구매시 직관적으로 판별되기 때문에, 최종 출하시 반드시 검사를 거쳐야 한다[1-4].

현재 소수의 키패드 검사 시스템은 주로 여러개의 개별 버튼들이 조립된 이후에 불량 검사가 이루어진다. 따라서 조립 이전 단계에 하나의 개별 버튼이 불량이 발생 하였다면, 패드 전체를 폐기 처분해야 한다. 그러나 본 논문에서는 핸드폰을 구성하는 부품 중 가장 불량률이 높고, 검사의 정밀성을 요구하는 키패드의 버튼에 대한 검사 방법을 제안한다. 이는 조립 이전 단계의 개별 버튼에 대한 영상을 정확한 위치 이동과 회전을 통해 컬러 불량 여부와 스크래치 검사, 폰트 불량 여부 등의 모든 불량 요소에 대한 검출하는 알고리즘을 포함한다. 본 논문에서 제시하는 방법은 인라인 공정에서 처리할 수 있는 속도의 하드웨어 및 소프트웨어로, 하드웨어는 키패드 버튼의 입력 및 이송장치, 선별장치, 카메라 및 조명 시스템으로 구성되어있고, 소프트웨어는 영상입력, 키패드의 영역 분할, 폰트 영역 분할, 이동 및 회전의 처리 과정을 통해, 동일 색상의 검사 및 등급 분류, 폰트 검사, 스크래치 검사 알고리즘으로 이루어져 있다. 특히, 본 논문에서 제안한 영역분할 방법은 기존의 단순 문턱치를 기반으로 키패드의 경사나 곡면 모양에 기인한 휘도 변화에 대응하기 위해, 패드 영역만을 B-spline으로 근사화하여, 각 화소마다 다른 표면 문턱치를 적용하여, 다양한 형태의 키패드를 분할하는 방법을 제안한다. 또한, 키패드의 이동 및 회전 정보를 고유치 및 고유벡터를 사용하여 매우 빠르고 효율적으로 구하는 방법을 제시한다. 본 논문에서 제안한 방법은 실제 인라인 공정상에 적용하는 것을 목적으로 하여, 처음으로 키패드 버튼에 대한 검사장비 및 검사방법을 제시한 것으로 실험결과 우수한

성능을 보여준다.

## 2. 키패드 검사의 문제 및 검사 항목

휴대폰 키패드는 다양한 모양과 색상 재질을 가지고 있다. 아래 그림 1은 다양한 형태의 키패드 형태를 제시한 것으로 버튼이 개별적인 것, 함께 붙어있는 것, 모양도 원, 사각형, 임의의 모양의 것과, 색상도 검은색에서 금은색에 이르기 까지 다양하다. 또한 재질이 반사도가 매우 높은 것에서부터 낮은 것에 이르기 까지 매우 다양하여 각 모델에 맞는 검사 장비와 구성, 알고리즘이 필요하다. 휴대폰 키패드 검사는 크게, 조립 후에 검사하는 사후검사와, 조립 전 개별 버튼에 검사하는 사전 검사로 나누어 졌으며, 초기에는 전체적인 불량만 보는 사후 검사가 수행되었다. 이는 시스템 구성상 FOV(field of view)가 어느 정도 확보되어 광학 시스템 설계의 용이함, 그리고 대상체의 변화에 따른 휘도변화가 적은 것으로 인해 검사장비의 개발이 상대적으로 쉽다. 그러나, 불량이 발생 시, 제품을 폐기처분해야 하기 때문에 생산성의 저하를 가져오는 단점이 있다. 이와 관련하여 최종 완제품 업체에서, 부품업체에 대한 검사 요건이 강화되고, 또한 생산성을 향상시키고자 개별버튼에 대한 검사가 이루어지고 요구되고 있다.

개별 버튼은 휴대폰의 전체 크기에 비해서 크기의 비가 커서, 작은 것에 대해서 정밀도를 획기적으로 향상시키기는 어렵다. 즉 어떤 연결된 버튼은 휴대폰의 가로 크기 만큼 커서, 휴대폰 전체를 검사하는 것에 비해 약간 나은 정밀도를 얻을 뿐이다. 또한, 대상체의 형상이 다양하고, 재질이 달라, 이에 대해 동일한 검사알고리즘을 적용하는 것이 쉽지 않다. 그림 2는 다양한 형태의 키버튼을 보여 주는 것으로 (c)같은 경우는 모양도 기울어져 있고, 모서리의 각 형상으로 인해, 폰트 영역을 추출하거나, 패드 영역을 추

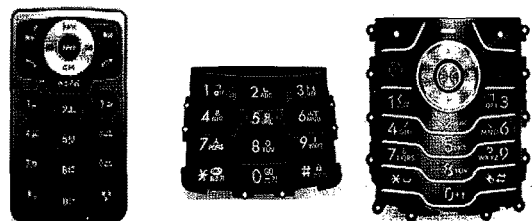
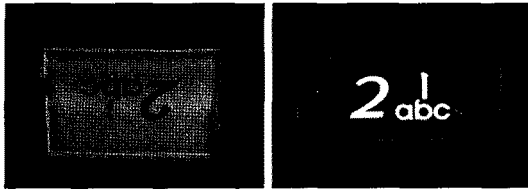
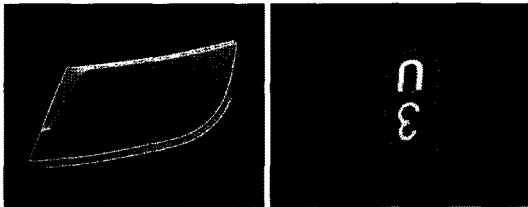


그림 1. 다양한 휴대폰 키패드



(a) 반사도가 높은 은색 (b) 색상차가 뚜렷한 버튼 버튼



(c) 휘어져 휘도변화가 (d) 모서리가 이상한 버튼 큰 버튼

그림 2. 모양, 색상, 명암도가 다른 다양한 키패드 버튼

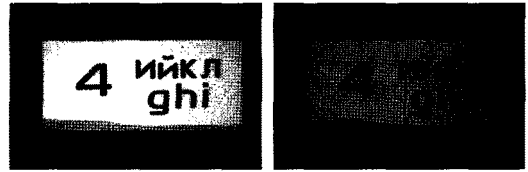
출하는 것이 쉽지 않다. 이에 대처하기 위해서는 각 모델에 따라, 적합도록 조정할 수 있도록, 사전에 학습과, 파라미터 설정을 쉽게 할수 있는 융통성 있는 알고리즘이 필요하다. 다만 다행인 것은 한 회사가 주로, 2~3개의 모델에 대해 수개월에 걸쳐 생산되기 때문에, 동시에 구별해야 하는 것은 몇 개 모델에 한하며, 모델이 바뀔때, 이에 대한 설정값에 따라 적응적인 알고리즘의 개발이 필요하다.

### 2.1 색상의 차이에 의한 불량

업계에서 요구하는 제일 첫 번째 검사 항목은 색상의 동일여부 검사로 조립후에 시각적으로 가장 눈에 잘 띄어서, 소비자의 불만이 직접적으로 나타날 수 있는 부분이기 때문이다. 이는 키버튼 색상 착색시, 한 번에 생산하는 것이 아니라, 일정량을 생산하고, 또 다시 일정량을 생산할 때, 전과 색상의 비나, 공정과정이 약간씩 다른 것에 기인한다. 특히, 또한 제조업체 입장에서는 비슷한 색상을 분류하여, 재사용함으로써 해서 생산성을 높이려는 측면이 있다. 즉, 한 휴대폰 내에서 색상차만 없으면 되기 때문에, 이를 색상등급으로 분류하는 것이 중요하다. 그림 3은 색상이 극단적으로 다르게 나타난 키 버튼의 예이다.

### 2.2 폰트의 찌힘 및 인쇄 불량

다음 검사항목은 폰트의 불량으로 그림 4에서 보



(a) 밝은 색상 (b) 어두운 색상

그림 3. 색상의 차이가 나는 키패드 버튼



(a) 폰트가 지워진 패드 (b) 폰트위에 인쇄된 이물질

그림 4. 폰트 불량인 키패드 버튼

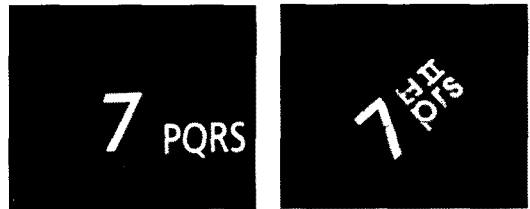


그림 5. 스크래치 불량인 버튼

이는 것처럼 레이저 마킹 시 오류 또는 이물질의 첨가, 또는 이송과정에서 문자의 훼손 등에 기인한다.

### 2.3 스크래치 불량

스크래치는 주로 이송 중에 발생하며, 이는 이송 관련 공정을 향상시키는 중요한 항목이다. 그림 5에서 보듯이 주로 굽힘이나, 찌힘이 발생하며, 이런 현상이 전영역 혹은 국부적으로 일어나기 때문에 이를 구별해 내는 것이 필요하다.

## 3. 제안한 불량 검사 시스템

### 3.1 하드웨어 시스템

검사장비의 동작원리는 키패드가 무작위로 들어오면 상단의 진공흡착기가 이를 흡착하여 이송하고, 하단부에 있는 카메라 위에 정지하면 이의 영상을 획득하여, 각 불량을 판단하여 각 트레이로 이송하여 놓는다. 키패드의 불량형태는 그림 2처럼 다양하나 여기서는 3가지 불량에 대해서만 검사한다. 즉, 첫

표 1. 사용된 카메라, 렌즈 및 조명 사양

구분	사양
카메라	해상도 : 1392×1040 화소크기 : 4.65×4.65 F P S : 18 fps CCD 크기 : 1/2 inch
렌즈	초점거리 : 12mm
조명	종류 : LED White 방식 : 돛식 간접조명 직경 : 150mm

번째 트레이는 칼라 불량, 두 번째는 스크래치 불량이고, 세 번째는 폰트 불량 패드가 놓이게 된다. 카메라는 IEEE 1394 방식의 1392×1040 해상도를 가지는 칼라 카메라이고, 조명은 돛 조명의 간접 조명 방식을 사용하여, 키패드의 다양한 표면상태에 반사광을 줄이기 위하도록 설계되었다.

3.2 불량 검사 알고리즘

영상처리 알고리즘의 흐름은 그림 6의 과정과 같다. 먼저 불량 검출을 위한 키패드가 들어오면 영상의 획득이 이루어지고, 자동으로 문턱치가 계산되고, 모델에 따라 이미 정의 해놓은 표면 함수에 따라 그에 따른 키의 패드영역과, 폰트 영역이 추출된다. 다음 패드영역에서 칼라값을 기준값과 비교하고, 유사 등

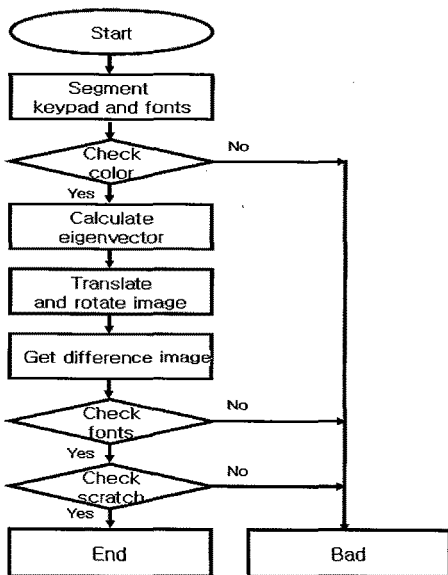


그림 6. 결함검출 알고리즘의 흐름도

급으로 분류하고, 이동 및 회전 알고리즘으로 입력영상을 기준영상과 일치 시킨 후에 폰트 불량 및 스크래치 불량을 검사한다. 키패드 영상은 CCD카메라를 이용하여 획득하고, 기준 모델의 이미지 데이터와 검사대상 키패드 이미지의 비교 분석을 통해 불량 여부를 판별하게 된다. 불량률의 주요 유형은 키패드의 색상오차, 스크래치 및 이물, 폰트의 인쇄 불량이다.

가. 폰트 및 패드 영역 분할

영상 처리의 가장 근본적인 문제는 환경의 변화에 민감하다는 것이다. 카메라를 통해 들어오는 정보의 데이터화에 있어 환경의 변화는 데이터의 오차를 가져오고, 그러한 오차의 예측 범위를 한정하는 것이 힘들기 때문에 시스템의 오류를 가져올 가능성이 높아진다. 영상 처리의 기본 원리는 카메라를 통해 들어오는 정보에서 원하는 정보를 정확하게 추출하여 상황을 파악하는데 있다. 그러나 주변 환경의 밝기나 조명, 카메라의 위치 이동에 의해 데이터가 예측 범위를 벗어나는 상황이 되었을 경우 그에 따른 예외에 관한 정의가 필요한 것이다[5-9]. 먼저 배경으로부터 패드영역만을 분할하기 위한 이진화는 그림 7의 모양에 근거하여 Otsu의 이진화 방법을 사용한다[5-6].

수식(1)에서 T는 문턱치를 위한 값이 되고,  $\mu_1$ 는 영상 내의 배경에 해당하는 영역의 평균 휘도,  $\mu_2$ 는 키패드 버튼 영역의 평균 휘도이다.  $\sigma$ 는 영상 전체의 표준 오차 범위, P1은 영상에서 배경이 차지하는 비율, P2는 영상에서 키패드 버튼 영역이 차지하는 비율이다.

$$T = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2} + \frac{\sigma^2}{\mu_1 + \mu_2} \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \quad (1)$$

본 논문에서는 수식 (1)을 사용하지만 검출결과에 따라 문턱치값이 다시 조정되어서 수행된다. 그러나

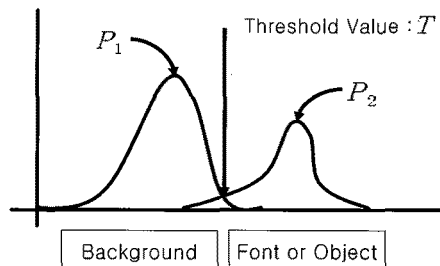


그림 7. 문턱치 결정을 위한 확률 분포함수

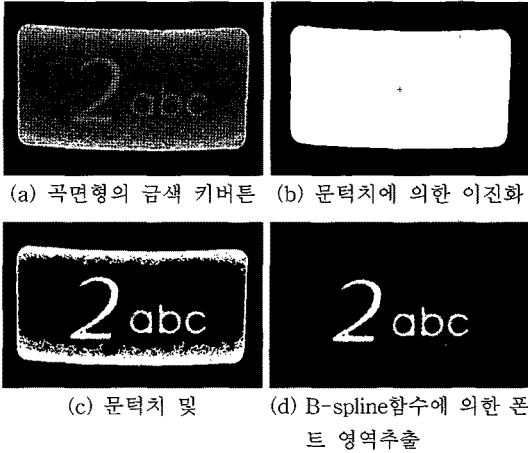


그림 8. 불균일한 휘도 변화를 갖는 키패드 버튼의 이진화

영역분할 전의 영상이 가지는 특징은 획득된 영상에 단순 문턱값을 적용해 보면 키패드의 특성에 의해 영상이 가지는 불균일한 휘도 변화를 알 수 있다. 이는 단순 문턱값 적용으로는 패드 영역을 구분하기 어려움을 알 수 있게 한다. 즉, 키패드의 다양한 형태에 의한 영상의 불균일한 휘도에 대한 폰트 영역을 추출하기 위해서, 초기에 단순 문턱치를 구하여 영역을 이진화 하고, 폰트 영역이 아닌 배경 영역의 데이터를 가지고 B-spline으로 근사화하고 이표면 문턱치로 하여 폰트 영역을 이진화 한다. 그림 8은 이러한 단계를 거쳐 추출한 폰트 영역 영상이다.

키패드 버튼 영역에서 폰트영역을 추출하기 위한 알고리즘을 살펴보면 주어진 함수  $f$ 에 대한 스플라인 근사의 기본적 문제는 B-스플라인 계수  $(c_i)_{i=1}^n$ 을  $f$ 에 논리적으로 근사하는 다음과 같은 함수의 계수  $c_i$ 를 결정하는 것이다[10].

$$Pf = \sum_{i=1}^n c_i B_{i,d} \tag{2}$$

여기서 주어진 데이터로부터 B-스플라인 계수들을 구하는 것이다. 2차원에서는 두 개의 스플라인 공간의 텐서(tensor) 프로덕트는  $B_{i,d}$ 와  $B_{j,d}$ 가 반복적으로  $\tau_x = (t_j)_{j=1}^{n_x+d+1}$ 과  $\tau_y = (t_j)_{j=1}^{n_y+d+1}$  위에서 B-스플라인 함수가 되도록 다음과 같이 정의된다.

$$(Pf)(x,y) = \sum_{i=1}^{n_x} \sum_{j=1}^{n_y} c_{ij} B_{i,d}(x) B_{j,d}(y) \tag{3}$$

따라서, 텐서 프로덕트 cubic 스플라인의 경우 ( $d=3$ ). 계수  $c_{ij}$ 를 결정하기 위해, 본 논문에서는 49개

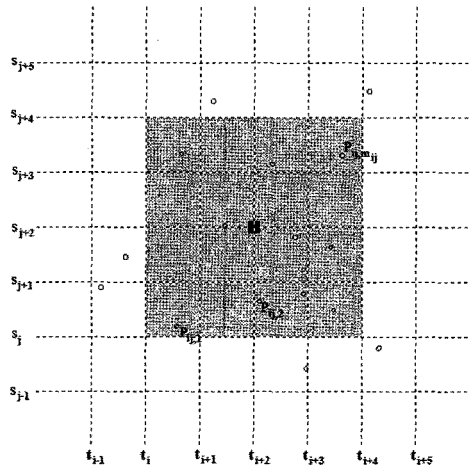


그림 9. 텐서 곱의 cubic 스플라인

의 공간을 가지는 로컬 스플라인 공간을 뜻하는 간격  $I = [t_\mu, t_\nu] \times [s_\mu, s_\nu] = [t_i, t_{i+4}] \times [s_j, s_{j+4}]$ 를 선택한다.

$$S_{d,\tau,I} = \text{span}\{B_{i-3,d} B_{j-3,d}, \dots, B_{i+3,d} B_{j+3,d}\}.$$

여기에서, 데이터 점들  $\{P_{ij,k}\}_{k=1}^{m_{ij}}$ ,  $P_{ij,k} = (x_{ij,k}, y_{ij,k}, z_{ij,k}) \in R^3$ 는 간격  $I = [t_i, t_{i+4}] \times [s_j, s_{j+4}]$  내에서 제한적으로 위치한다.

$$I = [t_\mu, t_\nu] \times [s_\mu, s_\nu] = [t_i, t_{i+4}] \times [s_j, s_{j+4}]$$

그러면 계수 행렬은 아래와 같이 구해진다.

$$\begin{bmatrix} B_{i-3,3}(x_{ij,1}) B_{j-3,3}(y_{ij,2}) \dots B_{j-3,3}(y_{ij,m_{ij}}) \\ B_{i-3,3}(x_{ij,1}) B_{j-2,3}(y_{ij,2}) \dots B_{j-2,3}(y_{ij,m_{ij}}) \\ \vdots \\ B_{i+3,3}(x_{ij,1}) B_{j+3,3}(y_{ij,1}) \dots B_{j+3,3}(y_{ij,m_{ij}}) \end{bmatrix} \tag{4}$$

즉, 문턱치 표면에 해당하는 베이스 면은 모델에 따라 정해지므로, 모델에 등록시 이 표면을 구하여 저장한다. 다음에 입력 키 버튼에 대하여 이 단순 문턱치(T), 저장된 표면 문턱치를 적용하여 폰트 영역을 추출하여 다음의 불량 판정과정을 수행한다.

나. 색상 검사 및 색상의 등급화 분류

키패드 버튼에서 컬러 불량량의 판정을 위한 영역은 버튼 내부에서 폰트 영역과 버튼 외부 윤곽선에 의한 색상 정보의 잡음을 제거한 뒤, 버튼 영역 내부의 컬러의 평균과 표준 오차를 계산하고, 그림 10에서처럼 표본 이미지의 평균값과 표준 오차 범위에서 벗어나는 대상은 등급화해서 불량 검출을 하게 된다.

그림 11은 폰트와 버튼 윤곽선에 의한 잡음을 낮추기 위해 윤곽선에 가까운 영역은 침식을 통해

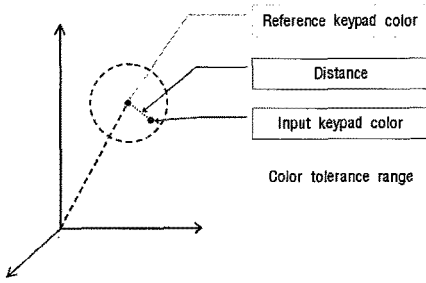


그림 10. 표준 색상과 입력 색상의 거리

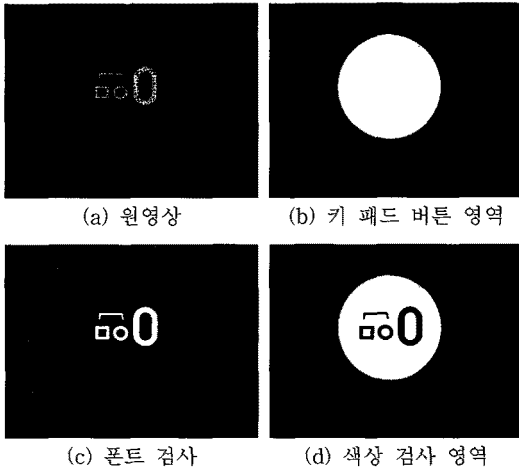


그림 11. 색상 및 폰트 영역 검사를 위한 영역 추출

제거하고 폰트 부분을 팽창시켜 버튼 영역에서 제거함으로써 버튼 영역 컬러 평균의 값을 안정화 시킨다. 즉, 키 패드 버튼 전체 영역을 추출하고, 이 버튼 전영역에서 폰트 영역을 단순 문턱치와 B-spline 표면을 사용하여 추출한다. 다음 폰트 영역을 제외한 버튼 영역의 색상값을 가지고 색상의 불량 유무를 판별한다.

다. 폰트 및 스크래치 검사를 위한 이동 및 회전 알고리즘

폰트 검사를 하기 위해서는 기준 폰트와 비교를 해야 하기 때문에 원본에 대한 이동 및 회전 벡터를 구해야 한다. 이동 및 회전은 키 버튼 전체 영역을 가지고 수행하면 쉬우나, 그림 11의 영상의 경우처럼 키버튼이 원형인 경우는 (b)의 패드 영역만으로는 어렵기 때문에, 폰트를 이용하는 경우와, 키패드 영역을 이용하는 경우를 모델마다 설정하는 것이 좋다. 이동 정보는 입력영상에서 그림 11 (c)의 영역을 추

출하고, 중심을 구함으로써 원본 영상의 중심점으로 이동시켜 표준 영상과의 차영상을 구할 수 있도록 한다.

또한 검사대상 키패드 영상을 미리 등록된 키패드 이미지와 차영상 작업을 하여 키패드의 스크래치 및 폰트 인쇄 오류를 검출하므로 차영상 작업 이전에 검사대상 키패드 영상을 미리 등록된 키패드 영상과 동일한 형태를 가지도록 회전 작업을 해줄 필요가 있다. 본 논문에서는 영상을 회전을 하기 위한 기준 각을 결정하는데 PCA(Principal component analysis)의 한 가지 방법인 고유벡터(eigen vector)를 사용한다. 고유벡터는 원본 데이터 손실을 최소화하면서 근접하게 할 수 있는 방법이다[11]. 선택된 고유벡터는 삼각함수의 성질을 이용하여 회전 각( $\theta$ )를 구하게 된다.

예를 들어 다음 키패드의 폰트 데이터는 이미지 좌측 아래를 원점으로 하는 픽셀들의 집합으로 구성된다. 고유벡터의 특성에 따라 폰트 데이터의 중심점을 원점으로 이동 한다. 원점으로 이동 된 폰트 데이터를 이용하여 A행렬을 구성하게 되면 다음과 같다.

$$A = \begin{bmatrix} 12636549 & -3762543 \\ -3762543 & 5893278 \end{bmatrix} \quad (5)$$

구성된 A행렬을 통해 식  $(A - \lambda)x = 0$ 에서 특성방정식을 이용하여 고유치(eigen value)를 구하게 된다

$$\lambda = \begin{bmatrix} 14317107 & 0 \\ 0 & 4212720 \end{bmatrix} \quad (6)$$

구한 고유값에 따라 식  $Ax = \lambda x$ 를 이용하여 고유치를 구하면 다음 식과 같이 된다.

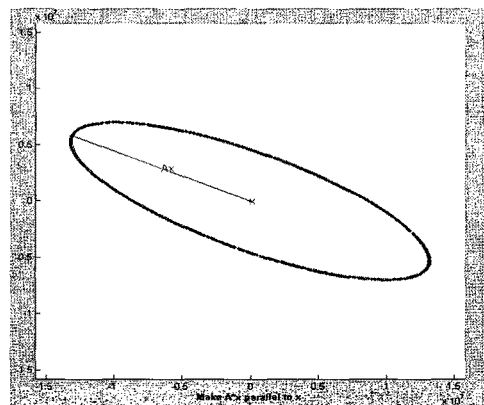
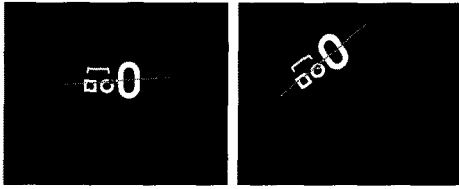
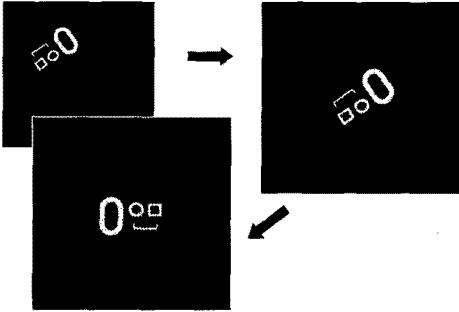


그림 12. 폰트 영상의 고유벡터



(a) 표준영상과 입력영상의 고유벡터



(b) 이동 및 회전

그림 13. 중심점에 의한 이동 및 고유벡터에 의한 회전

$$x = \begin{bmatrix} 0.913061 & -0.407823 \\ 0.407823 & 0.913061 \end{bmatrix} \quad (7)$$

고유치와 고유벡터를 이용하여 표현하면 다음과 같으며 두 벡터 중에 고유치가 가장 큰 벡터를 키패드 이미지의 기준 각으로 정한다. 선택된 고유벡터를 이용하여  $\theta$  값을 구한다.

$$\theta = \arctan\left(\frac{0.913061}{-0.407823}\right) \quad (8)$$

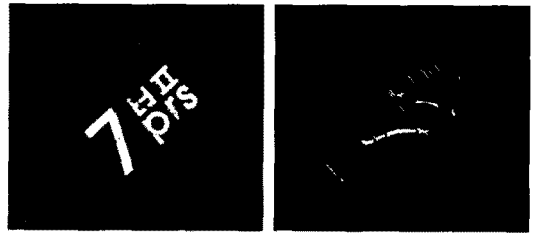
라. 폰트, 스크래치 및 이물 검사

그림 11에서 볼 수 있는 키패드 버튼의 컬러 평균을 구하는 영역에서 스크래치 여부를 판정하게 된다. 먼저 폰트를 제외한 키패드 버튼의 배경에 해당하는 부분에서 전체 평균보다 밝거나 어두운 영역을 문턱치로 이진화 하고, 다시 폰트 영역 내부에서 평균보다 밝거나 어두운 부분을 문턱치로 이진화 해내면,



(a) 표준 폰트 영상 (b) 입력 폰트 영상 (c) 폰트 불량 영상

그림. 14 폰트 불량 검사



(a) 키 버튼 입력영상 (b) 스크래치 검출 결과 영상

그림 15. 스크래치 검출 결과

그림 14, 15에서 보는 결과와 같은 폰트 및 스크래치 검출 결과를 얻을 수 있다.

4. 실험 및 고찰

본 논문에서 제안한 시스템의 성능을 평가하기 위해서, 다양한 핸드폰 키 버튼에 대해서 실험하였다. 색상 검출의 신뢰도를 검증하기 위하여 핸드폰 키패드에 부착되는 키 버튼 104개를 임의로 추출하여 각각 5장씩을 랜덤하게 획득하였다. 각 영상에 대해 키 버튼 영역을 추출하고, 폰트를 제외한 패드영역에서 RGB값의 평균을 구하고 표준 편차를 구한 결과 0.328로, 아래 그림 16에서 보듯이 소수를 제외한 모든 패드의 색상값이 고른 분포를 보인다. 이렇게 해서  $3\sigma$  밖에 있는 것은 제외하고, 평균값을 표준 데이터의 색상값으로 저장한다. 색상의 분류는 표준 색상을 기준으로 정해진 범위안에서 비슷한 색, 색상이 밝은 색, 어두운 색, 그리고 그 밖의 4가지 색상으로 구분한다. 이는 키 버튼 제작시 착색시간에 따른 환경이 일정하지 않아 동일한 색상값을 얻을 수 없기

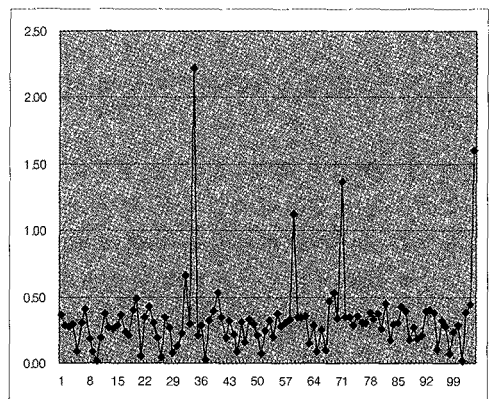
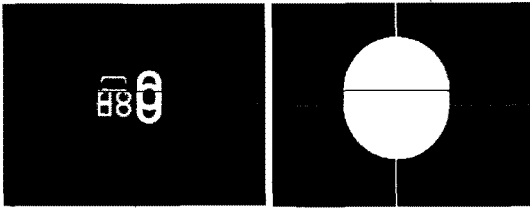


그림 16. 색상값의 표준 편차



(a) 패드 중심의 이동 및 회전 (b) 폰트 중심의 이동 및 회전

그림 17. 이동 및 회전의 불일치 예

때문이다. 따라서, 비슷한 색상으로 분류해서 같은 휴대폰 패드내에서 동일한 색상을 갖도록 재 사용하 기 위해서이다.

또한 동일그룹의 키버튼 1000개씩 10개의 그룹에 대하여 실험한 결과 1.5%의 색상 등급 분류오차가 발생하였다. 이는 낮, 밤등의 시간에 따라 조명의 변화에 기인한 것으로 여기지나, 재 사용시 등급 분류 내에서 다시 검사를 해서 분류하므로 크게 문제가 되지 않는다.

영역추출에서의 또 하나의 어려움점은 키 패드 버튼에 폰트를 인쇄시 위치 오차가 존재한다는 것이다. 따라서 폰트 인쇄가 약간의 이동만 있더라도 패드영역으로 이동 및 회전을 구하면 그림 17의 (a) 처럼 폰트간에 불일치가 발생한다. 또한 폰트를 기반으로 이동 및 회전을 구하면 (b)처럼 패드간의 불일치가 발생한다. 따라서 이런 결과로부터 부가적으로 폰트의 인쇄를 구할 수 있다. 그러나, 아주 약간의 이동이 발생할 경우는 각각의 이동 정보를 보정해 주어야 한다.

폰트 불량 및 스크래치 불량을 측정하기 위하여, 정상인 패드 100개에 흡집 및 스크래치를 내고 실험 하였다. 실험결과 인위적으로 조작한 키패드에 대해서는 100%의 성능을 나타내었다. 그러나, 실제 현장에서는 하루에 수 십만개씩을 검사하고 이중에 서너 개의 불량을 나타내기 때문에, 실제 상황에서의 성능을 평가하기는 어려우며, 현장 라인에서 테스트를 해 보면서 보완점을 찾는게 필요하다.

### 5. 결 론

키패드 공정의 검사 효율을 향상시키기 위해 초당 30프레임의 CCD 카메라를 활용하여, 실시간으로 제품의 불량 여부 판단하고자 연구가 수행되었다. 본 논문에서는 컬러 값과 휘도 값을 통해 키패드의 불량

여부 판단에 관한 방법을 제안하였다. 밝기 정보를 이용하여 대상을 결정하고, 결정된 대상의 표본화된 데이터와의 비교를 통해 키패드의 색상 불량과 스크래치 여부, 폰트의 불량 여부를 판단한다. 여기에, 제약이 될 수 있는 영상내의 잡음에 대해 강력하게 대처할 수 있도록 B-spline 기반의 표면 문턱치 방법, 고유벡터를 이용한 회전 등의 알고리즘을 제안하였다. 또한 촬영된 영상이 물체의 재질과 조명의 방향에 무관하도록 LED 조명의 간접 조명을 설계하였다. 카메라를 이용하여 불량여부의 제품 조립 이전의 확인이 가능하고, 촬영된 영상의 실시간으로 처리해낼 수 있도록 구성 할 수 있으며, 정확성을 위해 매 초당 4개의 제품을 처리할 수 있어우 생산 속도의 극대화를 가져올 수 있다. 나아가, 더 나은 성능을 얻기 위한 휘도 보상 표면 근사화 알고리즘과 조명의 설계, 그리고 미세 이동 및 회전에 따른 부 화소 기반의 정밀 알고리즘에 대한 연구가 수행되어야 한다.

### 참 고 문 헌

- [1] 이준재, 이병국, 류재철, “B-spline 표면 근사화 기반의 3차원 솔더 페이스트 검사,” 한국산업용수학회논문지, 제10권 제1호 pp. 31-45, 2006.
- [2] 김상지, 이연주, 윤정호, 유훈, 이병국, 이준재, “웨이블릿 변환을 이용한 FPD 결함검출,” 한국산업용수학회논문지, 제10권 1호, pp. 47-60, 2006.
- [3] 김상지, 황용현, 이병국, 이준재, “B-spline 기반의 FPD 패널 결함검사,” 한국멀티미디어학회 논문지, 제10권 10호, pp. 1271-1283, 2007
- [4] Du Cheol Gang, Seung Il Han, Byung Gook Lee and Joon Jae Lee, “Keypad Inspection System of Cellular Phone,” *Computer Graphics, Imaging and Visualisation IEEE*, pp. 93-96. Bangkok, Thailand, 2007.
- [5] N. Otsu, “A threshold selection method from gray-level histograms,” *IEEE Trans. Sys., Man., Cyber.* Vol.9, pp. 62-66, 1979.
- [6] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, 2nd Edition, Prentice Hall, pp. 600-612. 2002.
- [7] F. H. Y. Chan, F. K. Lam, and Hui Zhu,



“Adaptive thresholding by variational method,” *IEEE Transaction on Image Processing*, Vol.7. No.3, pp. 468-473, 1998.

[ 8 ] S. Hosseini and R. Safabakhsh, “Automatic multilevel thresholding for image segmentation by growing time adaptive self-organizing map,” *IEEE Transaction on Pattern Analysis Machine Intelligence*, Vol.24, No.10, pp. 1388-1393, 2002.

[ 9 ] K. Taniguchi and S. Tatsumi, “A detection method for irregular lightness variation of low contrast,” *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Vol.7, No. 10-13, pp. 6401-6406. 2004.

[10] S. Y. Lee, G. Wolberg, and S. Y. Shin, “Scattered data interpolation with multilevel B-spline,” *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol.3, No. 3, pp. 229-244, 1997.

[11] I. T. Jolliffe, *Principal Component Analysis, Series: Springer Series in Statistics*, 2nd ed., Springer, NY, 2002.



이 준 재

1986년 8월 경북대학교 전자공학과 졸업(학사).  
 1990년 8월 경북대학교 전자공학과 졸업(석사).  
 1994년 8월 경북대학교 전자공학과 졸업(박사).  
 1998년 3월~1999년 2월 Georgia Tech. 연구교수

2000년 3월~2001년 2월 (주)파미 연구소장  
 1995년 3월~2007년 8월 동서대학교 컴퓨터정보공학부 부교수  
 2007년 9월~현재 계명대학교 게임모바일콘텐츠학과 부교수  
 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 컴퓨터그래픽스