

# 컴퓨터 비전 기술을 이용한 볼트 탭 형상 검사 시스템 개발

박양재  
가천대학교 IT대학 컴퓨터공학과

## Development of Bolt Tap Shape Inspection System Using Computer Vision Technology

Yang-Jae Park  
Dept. of Computer Engineering, Gachon University

요 약 컴퓨터 비전 기술은 인공지능의 한 분야로 인간의 눈의 기능을 기계가 수행 할 수 있도록 카메라로부터 영상 이미지를 취득하고, 알고리즘을 통하여 분석하고 판별한 후 생산부품의 양품과 불량품을 판별하는 부품 검사에 많이 적용되고 있다. 볼트 생산 시스템에서 생산되는 볼트 탭의 유무를 컴퓨터 비전 기술을 적용하여 자동으로 불량품을 선별하는 장치를 개발하였다. 형상검사 방법으로는 라인 스캔방식으로 검사영역의 시작점과 끝점의 위치를 파악하여 높이를 측정하는 방법을 사용하였으며, 볼트 탭의 유무를 판별하기 위한 방식으로는 원형 스캔방식으로 검사영역의 평균 밝기 값의 차이를 측정하여 유사도를 구하는 방식을 사용하였다. 두 종류의 볼트 탭의 검사 성능실험에서 총 검사에 소요되는 시간은 분당 300개 검사가 가능하며, 완벽한 검사 정확도를 나타내어 생산라인에서 검사의 정확성과 효율성을 입증하였다.

주제어 : 컴퓨터비전, 머신비전, 형상검사, 패턴인식, 볼트검사, 너트검사

**Abstract** Computer vision technology is a component inspection to obtain a video image from the camera to the machine to perform the capabilities of the human eye with a field of artificial intelligence, and then analyzed by the algorithm to determine to determine the good and bad of production parts It is widely applied. Shape inspection method was used as how to identify the location of the start point and the end point of the search range, measure the height to the line scan method, in such a manner as to determine the presence or absence of the bolt tabs average brightness of the inspection area in a circular scan type value And the degree of similarity was calculated. The total time it takes to test in the test performance tests of two types of bolts tab enables test 300 min, and demonstrated the accuracy and efficiency of the inspection on the production line represented a complete inspection accuracy.

**Key Words** : Computer Vision, Machine Vision, Shape Inspection, Pattern Recognition, Bolt Inspection, Nut Inspection

### 1. 서론

볼트는 다양한 제품의 결합과 고정의 사용되는 부품으로 공작기계, 자동차, 항공기 등에 필수적으로 사용되고 있다. 볼트의 불량 또는 체결이 완전하게 되어 있지

않을 경우 제품에 치명적인 문제를 야기 한다. 작은 부품인 볼트의 결함으로 인하여 전체 시스템의 성능저하의 원인이 되므로 정확한 품질검사를 통하여 안전성이 확보되어야 한다. 기존에 인력에 의한 육안검사는 비용과 작업시간, 작업자의 상태에 따라 품질관리가 어려운 문제

\*Corresponding Author : Yang-Jae Park(parkyj@gachon.ac.kr)

Received January 26, 2018

Accepted March 20, 2018

Revised February 28, 2018

Published March 28, 2018

점이 있으며, 기계의 소형화 정밀화 추세에 따라서 볼트도 작아지는 추세에 있다. 이와 같은 추세에 따라서 정확하고 신속한 검사 기술이 필요하게 되었다. 이와 같은 필요성에 따라 컴퓨터 비전을 이용한 형상검사 시스템이 적용되고 있다. 컴퓨터 비전 시스템은 카메라의 시각매체를 통해 입력받은 영상에서 주변물체와 환경 속성에 대한 이미지를 분석하여 유용한 정보를 생성하는 기술이다[1]. 컴퓨터 비전 기술을 적용하여 볼트 생산 시스템에서 생산되는 볼트의 형상을 카메라로 실시간 취득하여 양품의 볼트 탭 이미지와 취득한 이미지와의 차이를 비교하여 자동으로 선별하는 형상 검사 시스템을 개발하였다.

## 2. 관련연구

### 2.1 영상처리

#### 2.1.1 전역 고정 이진화

영상처리에서 이진화는 카메라에서 입력된 영상 이미지를 0 아니면 1 또는 흑 아니면 백으로 한꺼번에 둘 중 하나의 값으로 분류하는 방법을 이진화라고 한다. 방법으로는 전역 고정 이진화(global fixed thresholding)는 입력 영상에서 결정된 임계값(threshold)보다 밝기분포가 큰 픽셀들은 전부 백색으로, 그렇지 않은 픽셀들은 모두 흑색으로 변경하는 것을 의미한다.

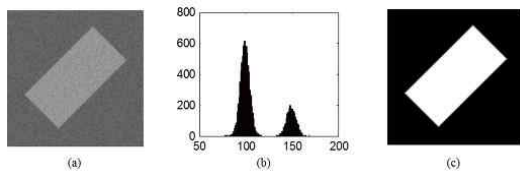


Fig. 1. Global Fixed Thresholding

Fig. 1에서 (a)는 취득 영상, (b)는 밝기 값 히스토그램, (c)는 결과 영상이다. (b)히스토그램에서 백그라운드 영역은 약 100, 물체는 약 150 정도의 밝기 값 분포를 갖는다. 따라서 임계값  $T=125$  밝기 값 분포 정도로 설정하고 이진화를 했을 때 (c)와 같이 가장 우수한 이진화 결과를 얻을 수 있다. 그러나 영상 이진화에서 임계값  $T$ 를 어떻게 자동으로 설정하는 것이 문제이다. 이론적으로 이진화에 따른 분류에러를 최소화 시켜주는 임계값을 최적 임계값(optimal threshold)라고 한다. 즉, 어떤 하나의  $T$

값을 설정했을 때  $T$ 값의 밝기보다 어두운 물체의 비율과  $T$ 보다 밝은 백그라운드의 비율의 합을 최소화 시켜주는  $T$ 값을 최적 임계값(optimal threshold)라고 한다. 그러나  $T$ 가 최적 임계값 인지를 결정하려면 어떤 픽셀이 백그라운드인지 물체인지를 구별하려면 미리 알고 있어야 하기 때문에 입력된 영상의  $T$  값을 보고 임계값을 결정하는 실제적인 방법으로는 오즈의 이진화 방법이 있다. 오즈의 이진화 방법은 임계값을 기준으로 입력 영상 픽셀들을 두 단계로 분류했을 때, 두 단계간의 분산을 최소화하거나 또는 두 단계간의 분산을 최대화하는 임계 값을 찾는 방법이다[2].

입력 영상 픽셀에서 임계값 보다 밝기분포가 작은 비율을  $x$ , 밝기분포의 평균을  $av_1$ , 분산을  $\sigma_1^2$ ,  $T$ 보다 밝기분포의 비율을  $y$ , 밝기분포의 평균을  $av_2$ , 분산을  $\sigma_2^2$ 라 했을 때  $(x+y=1)$ , 내부 단계 분산과 상호간의 단계 분산은 각각 (식1),(식2)와 같다.

$$\text{내부 단계 분산} = x\sigma_1^2 + y\sigma_2^2 \quad (1)$$

$$\text{상호간의 단계 분산} = xy(av_1 - av_2)^2 \quad (2)$$

(식1)과 (식2)는 반비례 관계이므로 둘 중 어느 것을 기준으로 최대화시키면 나머지는 최소화하는 것과 같은 효과를 나타낸다. 오즈의 이진화 알고리즘은 임계값의 범위를 8비트로 처리가 가능한 총 256 단계( $0 \sim 255$ )까지 단계적으로 임계값을 적용하여 최적의 임계값  $T$ 를 구하여 이진화 영상을 만드는 방법이다.

#### 2.1.2 지역 가변 이진화

전역고정 이진화는 입력 대상이 되는 영상에서 단일 임계값으로 완전한 이진화를 만드는데 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 픽셀의 위치마다 서로 다른 값의 임계값을 적용하는 가변 임계값 이진화 기법이 연구 되었다. 이 방법은 입력영상의 배경 밝기값 분포를 일차평면을 적용하여 제거하여 배경과 글자영역의 밝기 값이 분리되어 선명한 이진화 영상을 만들 수 있다. 임계값은 전역 임계 값 및 로컬 임계값으로 분류 할 수 있다. 문서 이미지와 같이 배경과 전경이 균일하게 대비되는 이미지의 경우 전역 임계값이 더 적합하며, 상당한 배경 노이즈 또는 명암 및 조명의 변화가 있는 영상의 픽셀이 저하 된 문서 이미지에서는 전경이나 배경으로 쉽게 분류 할 수없는 많은 픽셀이 있다. 이러한 경우 로컬 임계값을 사용한 이진화가 더 적합하다. 국소 평균과 평

균 편차를 이용하여 배경을 제거하는 국부 적응 임계기법은 지역 평균 계산 시간은 창 크기에 따라서 차이가 나며, 지역 평균을 계산하기 위한 사전 처리로서 적분 합 이미지를 사용한다[3].

### 2.1.3 가우시안 필터

영상처리 분야에서 2차원 가우시안 함수 값을 사용하여 마스크를 만들고, 입력영상과 마스크 영상의 연산을 실행하는 것을 나타낸다. 가우시안 함수는 연속함수이나 마스크 영상을 만들기 위해 x좌표와 y좌표 값이 정수일 경우만 가우시안 함수 값을 계산하여 마스크 영상을 만든다. 마스크 연산은 마스크의 크기가 커지면 CPU 연산 속도가 크게 증가한다. 입력 영상의 크기가 커지는 경우나 다수의 영상에 가우시안 필터를 적용하는 경우 문제점이 발생한다. 이러한 문제점은 2차원 함수는 1차원 함수의 곱으로 분해하여 가우시안 필터를 적용할 수 있다. (식3)은 2차원 가우시안 함수는 x와 y축으로 1차원 가우시안 함수의 곱으로 분해된다. 입력되는 영상은 x축 방향과 1차원 마스크는 y축 방향으로 연산을 수행하여 결과 영상을 만들어낸다[4].

$$G_{\sigma}(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}} \tag{3}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{y^2}{2\sigma^2}}$$

가우시안 필터는 현재 픽셀 값과 이웃 픽셀 값들의 가중평균을 이용해서 현재 픽셀 값을 결정한다. 현재 픽셀에서 근처에 있을수록 큰 가중치를 멀어지면 작은 가중치를 갖게 된다. 가우시안 필터의 이미지는 공간적으로 천천히 변하기 때문에 가까이 있는 픽셀들은 비슷한 값을 갖는다는 사실에 기초하여 만들어졌다. 그래서 노이즈 값은 상대적으로 이웃 픽셀들 값과 상관성이 작기 때문에 이웃 픽셀 값들의 가중 평균의 방식으로 완화시킬 수 있다. 하지만 경계(edge)와 같이 공간적으로 급변하는 부분에서는 단점을 보인다. 경계도 무더진다. 이것도 사실 가우시안 필터의 중요한 장점이기도 하지만, 노이즈 제거의 목적에서는 단점이다. 노이즈는 제거하면서도 경계 정보는 그대로 유지해야하기 때문이다. 이점을 보완하기 위해 좌우대칭 필터가 등장했다.

### 2.1.4 캐니 경계 검출

캐니 경계 검출 알고리즘은 다양한 시각 객체에서 유용한 구조정보를 추출하고 처리 할 데이터양을 감소시켜주는 알고리즘이다. 이 알고리즘은 다양한 컴퓨터 비전 분야에 적용 되고 있으며, 캐니 에지 탐지 알고리즘의 프로세스는 5단계로 분류 된다[5].

- 1)이미지의 잡음제거와 부드럽게 만들기 위해 가우시안 필터 적용
- 2)이미지 강도의 기울기 값을 계산
- 3)가장자리 감지에 대한 가짜 응답률 제거
- 4)잠재적 경계를 결정하기 위해 이중 임계값 적용
- 5)약하고 강한 에지에 연결 안된 다른 모서리를 모두 억제하여 모서리 감지

Fig. 2는 카메라에 적용된 캐니 경계 감지 결과 영상이다.



Fig. 2. Canny edge detection result applied to camera

### 2.1.5 허프 변환

허프 변환(hough transform)은 Paul Hough가 개발한 이미지에서 선을 찾는 강력한 방법으로 다음 3단계로 구성된다.

- 1)이진 에지 이미지를 사용하여 누산기 배열에 계산값을 누적 시킨다.
  - 2)누적기 배열의 최대 값을 찾는다.
  - 3)발견된 피크가 노이즈가 아닌 라인인지 확인
- 취득 이미지 (x,y) 좌표의 픽셀들은 (r,θ)변수 공간에서 곡선의 형태로 표현된다. 또한 (x,y) 좌표에서 동일 직선상에 존재하는 픽셀들의 경우 (r,θ)변수 공간에서 교점을 갖게 된다. 허프 변환 기법은 이와 같은 특징을 적용하여 이미지의 특정 픽셀들을 (x,y)좌표에서 (r,θ)변수 공간으로 대응 시킨 후, 선출과정을 통해 교점을 찾아 직선 좌표를 도출하는 방법이다[6].

### 3. 실험 및 결과

#### 3.1 시스템 구성

컴퓨터비전을 이용한 볼트 탭 형상 검사 시스템의 구성은 컴퓨터 비전용 소프트웨어와 반송 시스템, 분리 시스템, 컴퓨터 비전 카메라, 컴퓨터비전 조명으로 구성되어 전체 시스템 구성은 Fig. 3과 같다.

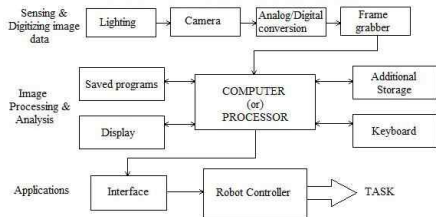


Fig. 3. System Configuration Diagram

##### 3.1.1 컴퓨터비전 소프트웨어

사람의 두뇌에 해당하며, 검사 대상에 따라 검사항목 및 양품/불량 판정에 대한 기준을 설정하고, 카메라를 통하여 취득한 영상을 기준으로 판정하는 역할을 수행한다. Cognex Vision Pro Max License와 OpenCV 2.4.13.3 라이브러리를 이용하여 최적화된 사용자 인터페이스를 설계하여 사용자의 편의를 향상 하였다[7].

##### 3.1.2 이송 시스템

검사 대상이 되는 제품을 규격 및 형상, 재질에 따라 카메라가 영상을 취득하기 가장 알맞은 위치로 이송하고 카메라가 영상을 취득한 후 판정에 따른 불량처리 및 회수에 대한 역할을 담당하는 부분이다.

##### 3.1.3 분리 시스템

컴퓨터 비전 소프트웨어에 의한 양품과 불량품 판정에 따라서 검사가 완료된 제품을 분리하는 시스템이다.

##### 3.1.4 컴퓨터비전 카메라

일반 디지털 카메라 또는 DSLR과는 다르게 자동화 설비에 최적화된 16K TDI급 고해상도 Line Scan 카메라와 F-Mount Line Scan 전용 고해상도/저왜곡 렌즈(Tele-centric)를 적용하였다.

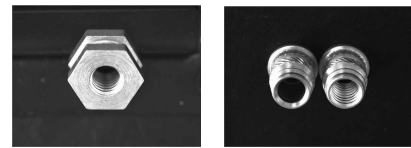
##### 3.1.5 컴퓨터비전 조명

이동하는 제품의 속도, 형상에 따라 비교적 높은 광량

이 요구되며, 이에 따른 발열문제 해결과 검사 대상을 카메라가 명확히 인식할 수 있는 영상을 제공해 줄 수 있는 조명이 필요하다.

#### 3.2 검사대상에 대한 연구

본 시스템의 검사대상은 Fig. 4와 같이 두 종류의 (a) 황동탭(Brass with Tap)과 (b)너트타입의 탭(Nut Type with Tap)이다.



(a) Brass with Tap (b) Nut Type with Tap

Fig. 4. Inspection Object

##### 3.2.1 이미지처리 방식

본 연구에서는 이송 시스템에 의하여 볼트가 검사 위치로 이동되면 센서가 설치된 카메라가 획득한 영상을 이미지 처리하여 볼트의 탭의 유무를 판별하는 방식을 적용하였다. 이 방법은 결함이 없는 정상 볼트 이미지와 획득된 이미지와의 차이를 통하여 양품과 불량품을 판별한다. 이미지 처리순서는 Fig. 5와 같은 순서로 수행된다.

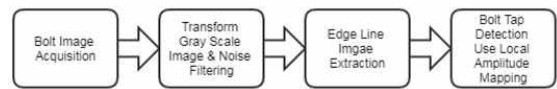


Fig. 5. Image Processing Method

먼저 카메라를 통하여 볼트 생산 시스템에서 생산된 볼트의 영상을 취득한다. 빠른 이미지 처리를 위하여 취득한 이미지를 흑백 이미지로 변환한다. 취득된 이미지는 조명에 의한 빛과 그림자 같은 잡음이 있기 때문에 이를 감소시키기 위하여 필터링과 경계 추출을 수행한다. 볼트 탭의 정상 이미지와 취득된 이미지와 비교를 통하여 볼트 탭의 유무를 판별을 수행 한다[12,13].

컴퓨터 비전용 카메라에서 취득한 영상 이미지는 사각의 픽셀로 구성되어 있으며, 각 픽셀들은 서로 다른 각각의 밝기 값과 색상 값을 지님으로서 실제 이미지와 유사한 사진으로 나타난다. 취득된 영상 이미지는 흑백으로 색상 값은 단일 값이며 밝기 값만 다양하게 가짐으로 물체를 표현한다. 픽셀의 밝기 값은 숫자로 나타내어지

며 흑색은 0, 백색은 255의 값으로 표현된다. 즉, 모든 픽셀의 밝기 값의 범위는 0-255 사이이다. 그러므로 본 시스템에서는 픽셀의 밝기 값을 이용하여 탭의 형상 검사를 수행한다.

본 시스템은 픽셀의 밝기 값의 차에 따라서 흑색부분과 백색부분의 경계면을 검출해 내는 라인스캔방식과 원형 이미지 박스를 설치한 영역 안에서 형상이 다름으로 발생하는 밝기 차이를 발견하기 위한 원형 스캐닝 방식을 사용하여 패턴 매칭방식에 따른 유사도를 검사하여 양품과 불량품의 판별하는 방식을 적용하였다[14,15].

라인 스캐닝 방식의 검사 방법은 Fig. 6과 같이 검사 대상이 이송 시스템에 의하여 검사대상이 비전 카메라의 검사영역 안으로 들어가면 라인 스캔하여 대상의 위치와 시작점과 끝점을 검출하여 높이를 계산하는 방식을 적용하였다. 이 방식으로 대상의 높이를 측정하여 설정된 높이와 다른 경우 불량을 선별하는 기능을 수행한다.

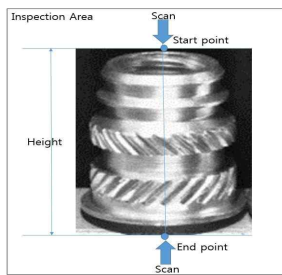
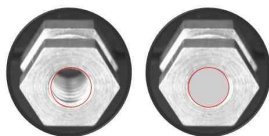


Fig. 6. Line Scanning Method

탭의 유무를 판정하기 위한 방식으로는 원형스캔방식을 적용하여 설정 이미지와 비교하여 밝기 값의 차이가 나는 부분에 원형 툴을 설치하여 설정된 영역 내에서 불량제품의 기준이 되는 밝기 값의 한계 영역을 설정하고 기준 값과 비교하여 판정한다.

Fig. 7과 같이 양품과 불량품 이미지의 형상의 차이를 발견하는 방식을 적용하여 탭이 있는 경우와 없는 경우를 판별하는데 적용하였다.

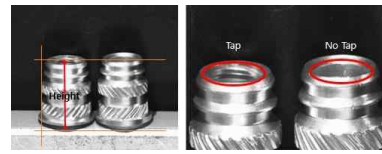


(a) Difference in average brightness value

Fig. 7. Circle Scanning Method

### 3.2.2 판단가능 항목 설정

검사 대상 제품의 호환성 확보 및 비전 시스템 소프트웨어의 비용을 절감하기 위하여 높이 규격과 내부 탭 유무를 동시에 판별할 수 있도록 Fig. 8과 같이 설정하였다.



(a) Height Measurement (b) Tap Measurement

Fig. 8. Inspection Item

너트타입의 탭(Nut Type with Tap)의 검사항목은 탭의 유무 검사와 높이검사를 동시에 수행할 수 있도록 깊은 곳의 탭까지 검사하기 위하여 고광량의 국부조명을 이용하였으며, 깊은 조리개 심도를 활용하여 최적화된 이미지 처리를 Fig. 9와 같이 취득하였다. 카메라의 각도는 비스듬한 각도로 탭의 유무를 판별하기 위한 최소치 이내의 각도를 유지하여 높이 측정에 대한 왜곡 무결성을 최대한 확보하였다.

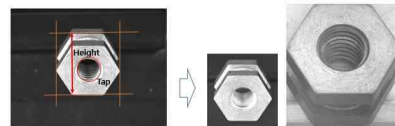


Fig. 9. Nut Type with Tap Inspection Item

### 3.2.3 검사 시스템의 구성

검사 시스템의 검사과정은 이송장치를 통해 검사대상인 탭이 이송 시스템으로 공급되면 비전 카메라를 사용하여 대상의 정면이미지를 취득하고 이미지분석과 처리를 통해 검사대상 여부를 판별한다. 검사결과가 부합하면 RS-485통신을 이용하여 PLC에 전달되며 제품분리장치에 의해 양품과 불량을 Fig. 10과 같이 분리 배출하는 시스템이다.

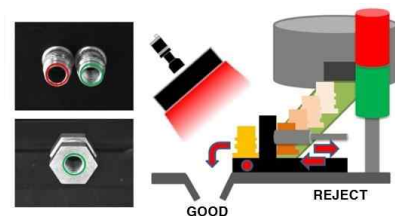


Fig. 10. Inspection process

### 3.3 실험 결과

컴퓨터 비전을 이용한 탭 형상 검사 시스템의 성능 검사는 두 종류의 황동 탭(Brass with Tap)과 너트타입의 탭(Nut Type with Tap)의 양품과 불량 선별의 정확성과 시간을 측정하였다. 실험은 황동탭과 너트타입의 탭 각각 1000개이며, 양품 960개, 불량품 40개로 10회 반복하여 측정하였다. 탭의 형상을 검사하는 실험에서는 종류별 1000개의 대상에서 40개의 불량품을 정확하게 선별하여 완벽한 정확도를 나타내었다. Fig. 11은 볼트 탭 형상 검사 시스템의 양품과 불량을 선별하는 결과 화면이다.



Fig. 11. Inspection results

## 4. 결론

본 논문에서는 컴퓨터 비전 기술을 적용한 볼트 탭 형상 검사 시스템을 개발 하였다. 이미지 검사 알고리즘으로는 라인 스캔방식으로 검사영역의 시작점과 끝점의 위치를 파악하여 높이를 측정하는 방법을 사용하였으며, 탭의 유무를 판별하기 위한 방식으로는 원형 스캔방식으로 검사영역의 평균 밝기 값의 차이를 측정하여 유사도를 구하는 방식을 사용하였다. 본 시스템은 검사대상을 컴퓨터 비전 카메라 영역까지 이송하는 시간은 두 종류 모두 평균 분당 300개 정도이며, 한 개의 볼트 탭 검사 시간은 검사 이미지를 카메라가 획득하는 시간은 약 50ms, 검사시간은 약 150ms 으로 총 검사시간은 약 200ms 소요되었다. 두 종류의 볼트 탭의 검사 정확도는 100%를 나타내어 생산라인에서 사람의 육안 검사를 대신하여 자동으로 수행 할 수 있는 정확성과 효율성을 입증하였다.

## REFERENCES

- [1] S. B. Baek, K. Y. Lee, W. J. Joo, K. Park & S. W. Ra. (2011). Improvement of the optical characteristics of vision system for precision screws using ray tracing simulation. *Trans. KSPE*, 28, 1194-1102.
- [2] H. J. Yang, D. H. Kim. & Y. G. Seo. (2017). Noise-robust Hand Region Segmentation In RGB Color-based Real-time Image. *Journal of Digital Contents Society*, 18(8), 1603-1613.
- [3] T. R Singh, S. Roy, O. Imocha, T. Sinam & M. Singh. (2011). A new local adaptive thresholding technique in binarization, *IJCSI International Journal of computer science issues*, 8(6), 271-277.
- [4] S. K. Hwang. (2015). *Visual C++ Image Processing Pprogramming*. Seoul. Gilbut Publishing.
- [5] Wikipedia, *Canny Edge Detector*, (2018), [https://en.wikipedia.org/wiki/Canny\\_edge\\_detector](https://en.wikipedia.org/wiki/Canny_edge_detector),
- [6] H. S. Kim.(2017), *Gpu based real time lane detection using compact hough transform*. Ph.D. dissertation, Kyungbok University.
- [7] OpenCV. (2017), *Opencv documentation*, <https://docs.opencv.org/2.4.13.3/>
- [8] S. J. Kim & S.C. Lee. (2014). Development of Inspection System for Surface of a Shack Absorber Rod using Machine Vision. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 15(6), 3416-3422.
- [9] K. H. Kwak, D. F. Huber, H. Badino & T. Kanade.(2011). *Extrinsic calibration of a single line scanning lidar and a camera. intelligent robots and systems (IROS)*, IEEE/RSJ International conference on. 3283-3285. San Francisco, CA, USA.
- [10] Gao, H. & Ye, X. & Li, J.(2013). *A simple line sensing method by laser line scanning for line scale measurement*, Proceedings -SPIE the international society for optical engineering, 875. Beijing, China.
- [11] Y. C. Kim, Y. M, Kim, S. G. Kim, H. B. Kim & M.T. Cho. (2016). Development of the Mechanical System and Vision Algorithm for the External Appearance Test Using Vision Image Processing. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 17(2), 202-208.
- [12] J. S. Yun. & .H. Kim. (2017), An Improvement of Histogram Equalization Using Edge Information of an Image. *Journal of Korea Multimedia Society*, 20(2), 188-195.
- [13] K. H. Kwak, D. F. Huber, H. Badino & T. Kanade. (2011). Extrinsic calibration of a single line scanning lidar and a camera. intelligent robots and systems (IROS), *IEEE/RSJ International conference on* 3283-3285. San Francisco, CA, USA.
- [14] H. Gao, X. Ye & J. Li. (2013). A simple line sensing method by laser line scanning for line scale measurement. *Proceedings -SPIE the international*

*society for optical engineering, 875, Beijing, China.*

- [15] S. J. Kim & S. C. Lee. (2014). Development of Inspection System for Surface of a Shock Absorber Rod using Machine vision. *Journal of the Korea Academia-industrial cooperation Society, 15(6)*, 3416-3422.

박 양 재(Park, Yang Jae)

[정회원]



- 1985년 2월 : 인하대학교 전자공학과 (공학사)
- 1990년 8월 : 인하대학교 정보공학과(공학석사)
- 2003년 8월 : 인하대학교 전자계산공학과 (공학박사)
- 2001년 1월 ~ 2002년 12월 : (주) 이메디피아 원격의료 연구소 연구소장.
- 1993년 2월 ~ 현재 : 가천대학교 IT대학 컴퓨터공학과 교수
- 관심분야 : HCI, 영상처리, 모바일 네트워크, 감성공학
- E-Mail : parkyj@gachon.ac.kr