

문자 인식 향상을 위한 회전 정렬 알고리즘에 관한 연구

진고환

우송대학교 IT융합학부 교수

A Study on Rotational Alignment Algorithm for Improving Character Recognition

Go-Whan Jin

Professor, Department of IT Convergence, Woosong University

요 약 영상 기반을 기반으로 하는 기술들의 지속적인 발전으로 다양한 분야에서 활용되고 있고, 카메라를 통하여 획득한 영상의 객체를 분석하고 판별하는 비전 시스템의 기술 수요가 급속하게 증가하고 있다. 비전 시스템의 핵심 기술인 영상 처리는 반도체 생산 분야의 불량 검사, 타이어 표면의 숫자 및 심볼과 같은 객체 인식 검사 등에 사용되고 있고, 자동차 번호판 인식 등의 연구가 계속하여 이루어지고 있는 실정으로, 객체를 신속, 정확하게 인식할 필요가 있다. 본 논문에서는 곡면과 같은 곳에 마킹되어 있는 숫자나 심볼과 같이 기울어진 객체를 인식하기 위하여 입력된 영상 이미지의 객체 기울기에 대한 각도 값을 확인하여 객체의 회전 정렬을 통한 인식 모델을 제안한다. 제안 모델은 컨투어 알고리즘을 기반으로 객체 영역을 추출하고, 객체의 각도를 산출한 후, 회전 정렬된 이미지에 대한 객체 인식을 진행할 수 있는 모델이다. 향후 연구에서는 기계학습을 통한 템플릿 매칭 연구가 필요하다.

주제어 : 융합, 컨투어, 히스토그램 평활화, 객체 인식, 비전 시스템

Abstract Video image based technology is being used in various fields with continuous development. The demand for vision system technology that analyzes and discriminates image objects acquired through cameras is rapidly increasing. Image processing is one of the core technologies of vision systems, and is used for defect inspection in the semiconductor manufacturing field, object recognition inspection such as the number of tire surfaces and symbols. In addition, research into license plate recognition is ongoing, and it is necessary to recognize objects quickly and accurately. In this paper, propose a recognition model through the rotational alignment of objects after checking the angle value of the tilt of the object in the input video image for the recognition of inclined objects such as numbers or symbols marked on the surface. The proposed model can perform object recognition of the rotationally sorted image after extracting the object region and calculating the angle of the object based on the contour algorithm. The proposed model extracts the object region based on the contour algorithm, calculates the angle of the object, and then performs object recognition on the rotationally aligned image. In future research, it is necessary to study template matching through machine learning.

Key Words : Convergence, Contour, Histogram Equalization, Object Recognition, Vision System

*Corresponding Author : Go-Whan Jin(gwjjin@wsu.ac.kr)

Received October 14, 2019

Accepted November 20, 2019

Revised November 8, 2019

Published November 28, 2019

1. 서론

최근 몇 년간 영상을 기반으로 하는 기술은 많은 분야에서 활용되고 있고, 지속적인 기술 발전이 이루어지고 있으며, 산업의 다양화에 따라 CCD 카메라 등의 사용이 광범위하게 이용되고 있어[1], 비전 시스템에서의 영상처리와 관련된 기술 수요가 빠르게 확산되고 있다[2].

비전 시스템은 영상과 컴퓨터를 융합하여 영상 이미지를 획득, 분석, 판별하는 시스템으로서 산업분야에서 생산품을 검사하는 자동화 공정에 사용되고 있고, 제품을 생산하는 기업을 대상으로 비전 시스템 도입이 큰 이슈로 대두되고 있다[3-5]. 영상 처리는 비전 시스템의 핵심 기술 중 하나로서, 반도체 생산 분야에서 불량 검사, 타이어 표면의 숫자 및 심볼의 인식 검사에 사용되고 있고[6,7], 문자 인식 분야에서는 자동차 번호판 인식 향상에 관한 연구[8,9], 기계 부품 도면에 포함되어 있는 문자의 인식 성능을 개선하기 위한 연구[10] 및 입력된 영상의 장면을 탐색하는 기법 및 획득된 영상을 인식하여 객체를 추출하는 방법 연구[11,12]와 같이 영상 처리와 관련된 연구가 진행되고 있다. 또한 제조업에 ICT를 접목하여 통합적인 관리를 하고 있는 스마트 팩토리의 확산으로[13], 생산 공정에 비전 시스템의 도입을 통한 생산품의 불량 검수가 필수적이다. 획득된 영상 객체에서 숫자 인식은 패턴인식의 한 분야로서 응용 분야가 다양하고, 인식 방법에 대한 많은 방법론이 보고되고 있어 활발하게 연구되고 있으며[14], 필기체 인식 및 운송 차량 중에서 컨테이너의 식별자 인식과 같이 영상 이미지에 포함되어 있는 숫자와 같은 문자 인식 연구가 지속되고 있다[15,16]. 생산 공정에서의 비전 시스템은 인식의 정확성에 의한 제품의 불량 검출이 우선이라 할 수 있다. 특히 타이어와 같은 곡면에 마킹되어 있는 숫자의 객체를 인식하기 위해서는 회전 정렬이 필요하다. CCD 카메라로부터 입력받은 인식 대상의 객체 기술기에 대한 각도 값을 확인하여 객체를 정렬하면, 영상 처리에 있어 다양성과 유용성이 증가할 수 있다. 숫자를 인식하는데 있어서 각도는 숫자와 같은 객체의 인식률에 많은 영향이 있기 때문에, 본 논문에서는 입력된 영상 이미지에서 컨투어 알고리즘을 기반으로 숫자 영역을 추출하여 객체 이미지의 각도를 구한 후, 회전 정렬된 이미지에 대한 인식 모델을 제안한다. 제안 모델을 비전 시스템에 적용하여 숫자와 같은 객체를 인식할 경우 불량 검출이 정확해 질 것으로 기대된다.

2. 관련 연구

2.1 Adapted Binarization

입력된 영상의 이진화는 전역적, 지역적 이진화로 분류되고 있으며, 전역적 이진화는 1개의 임계값으로 입력 영상 전체를 신속하게 이진화하는 방법이며, 지역적 이진화는 입력 영상의 화소를 기준으로 $M \times N$ 크기의 블록으로 분할하고, 각 블록마다 상이한 임계값을 설정하여 적용하는 이진화 기법이다. 적응적 이진화는 블록의 개념을 기반으로 수행하며, 각 블록내의 연산을 통하여 임계값을 산출하고, 이 임계값이 속해 있는 영상 이미지의 부분이나, 픽셀을 대상으로 이진화를 수행하며, 다음의 (식 1)은 임계값을 구하는 식으로, S 는 설정한 블록 내의 합, k 는 임계값 조절 변수, N_p 는 블록내의 픽셀의 수이다[17]. 조명의 변화에 매우 강인한 적응적 이진화 기법은 좋은 성능 지니고 있다.

$$T(u, v) = \frac{S \times \frac{(100 - k)}{100}}{N_p} \quad (\text{식 1})$$

2.2 Histogram Equalization

입력된 이미지가 밝거나 어두운 경우와 같이 한쪽으로 치우칠 경우에, 명도값의 히스토그램을 균등하게 분배함으로써 영상의 밝기 조절이 가능하다. 히스토그램 평활화는 분포가 일정한 히스토그램을 생성하는 것을 목적으로 하고 있으며, 밝은 영상은 어둡게 하고, 어두운 영상은 밝아지게 하여 적당한 명도값을 유지시키는 것으로, 평활화 과정은 다음의 (식 2)를 거쳐 (식 3)과 같은 단계로 진행된다[18].

$$h_c(i) = h_c(i-1) + h(i) \text{ for } i=1,2,\dots, \quad (\text{식 2}) \\ L-1 \text{ where } h_c(0) = h(0)$$

여기서, h_c 는 누적하는 표준화된 히스토그램이고, L 은 모든 가능한 레벨 강도를 가지고 있는 입력 이미지이며, h 는 표준화된 히스토그램이다.

$$F(z) = \partial(L-1)h_c(z) \text{ for } z=0,1,\dots,L-1 \quad (\text{식 3})$$

$F(z)$ 는 히스토그램 평활화를 위한 Transformation Function이고, 값값값값값값값값은 가장 가까운 정수로 사사오입한 것이며, 이후 입력 이미지

를 다시 스캔하고 그레이 레벨 $z'(=F(z))$ 을 출력 이미지로 기록한다.

3. 회전 정렬 모델

3.1 제안 모델 구성도

다음의 Fig. 1은 테두리로 구성되어 있는 로고 및 숫자 이미지를 회전 정렬하기 위한 제안 모델의 구성도이다.

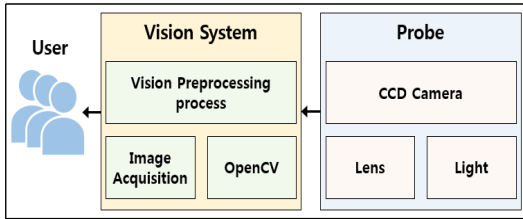


Fig. 1. Proposed Model Configuration

Probe는 테두리로 구성되어있는 숫자 및 로고를 촬영하여 입력하기 위한 CCD 카메라, 카메라 렌즈, 조명으로 구성되어 있고, 머신 비전 시스템은, Probe로 부터 촬영된 영상을 입력받아 회전 정렬 보정을 수행하여 영상 이미지를 인식한다.

3.2 모델 프로세스

다음의 Fig. 2는 회전 정렬 보정 모델의 프로세스로서 5단계로 이루어져 있다.

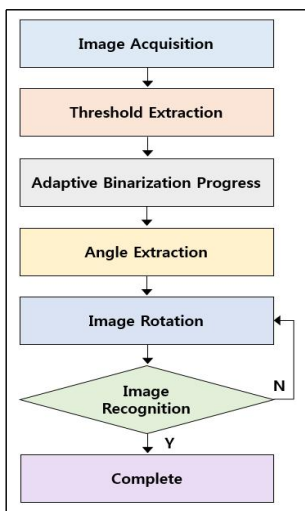


Fig. 2. Proposed Model Process

첫째, Probe로부터 영상 이미지를 획득한다. 둘째, 입력받은 이미지를 전처리 기술인 적응적 이진화를 진행한다. 셋째, 컨투어를 사용하여 테두리에 대한 각도를 추출한다. 넷째, 추출한 각도를 사용하여 이미지 회전을 진행한다. 다섯째, 회전된 이미지를 사용하여 인식을 진행한다. 영상 이미지의 인식이 실패할 경우, 회전이 역방향으로 정렬되었다고 판단하고, 다시 이미지 회전을 실행하여 인식한다.

3.3 임계값 추출

다음의 Fig. 3은 임계값 추출을 위한 (a) 원본 이미지와 (b) 히스토그램 추출 이미지이다. 임계값을 추출하기 위하여, 히스토그램을 추출하였고, 최대값인 254를 임계값으로 설정하여 이진화를 진행하였다.

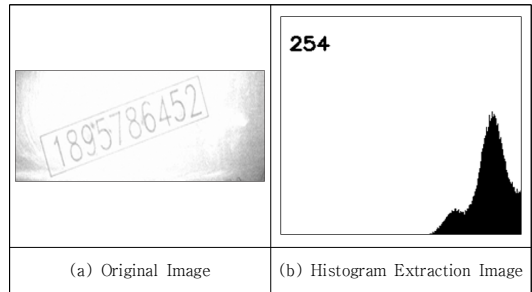


Fig. 3. Threshold Extraction

다음의 Fig 4는 임계값을 추출하기 위하여, 히스토그램 최대값을 추출하는 알고리즘의 일부분이다.

```

1-Dimensional Histogram h;
cv::MatND histo = h.getHistogram (Original Image);
Max Frequency No.;
Gray Value;
for (int i=0; I < Max Brightness Value ; i++) {
    if (histo.at<float>(i) > Max Frequency No.) {
        Max Frequency No. = histo.at<float>(i);
        Max Gray Value = i;
    }
}
    
```

Fig. 4. Histogram Maximum Value Extraction

3.4 적응적 이진화

다음의 Fig. 5는 입력된 원본 이미지와 적응적 이진화

를 진행한 이미지이다. 제안 모델에서는 컨투어를 진행하기 위하여 일반적인 이진화가 아닌 적응적 이진화를 수행하였다. 컨투어 기능 특성상 배경이 검은색, 타겟은 흰색으로 구성되어 있어야 기능을 수행할 수 있기에 적응적 이진화를 적용하였다.

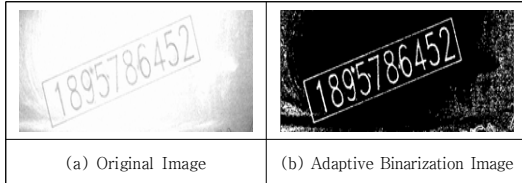


Fig. 5. Adaptive Binarization Progress

3.5 각도 추출

다음의 Fig. 6은 입력된 이미지의 전처리를 통하여 추출한 영상 이미지를 사용하여 윤곽선 검출을 위하여 컨투어 알고리즘을 적용한 이미지로서, 추출된 외곽선을 이용하여 각도를 추출한다.

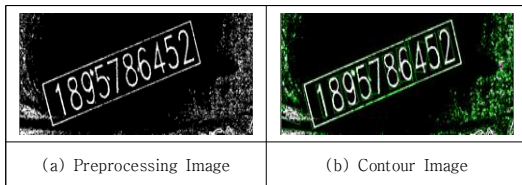


Fig. 6. Contour Image

다음 Fig. 7은 추출한 외곽선을 사용하여 수평을 기준으로 회전된 각도를 추출한 이미지이다.

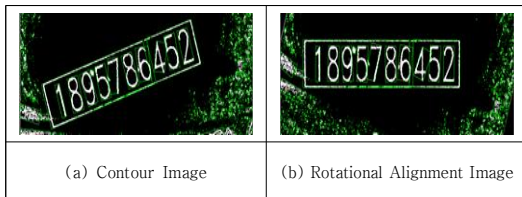


Fig. 7. Rotational Alignment Image

제안 모델에서는 테두리에 대한 각도를 추출하기 위해서 추출된 각도들 중에서 추출된 외곽선에서 최대길이의 외곽선을 추출하여 회전을 진행한다. 다음의 Fig. 8은 외곽선 중에서 최대 길이의 외곽선을 추출하기 위한 알고리즘의 일부이다.

```
vector<vector<Point>> contour;
findContours(img, contour, CV_RETR_EXTERNAL,
CV_CHAIN_APPROX_NONE);
for (int i=0; i<contour_Size; i++) {
RotatedRect Rect=minAreaRect(contours[i]);
Point2f rectPoint[4];
Rect.points(rectPoint);
Point2f HorizonLength = (rectPoint[1].x-rectPoint[1].y)-
(rectPoint[0].x-rectPoint[0].y)
Point2f VerticalLength = (rectPoint[2].x-rectPoint[2].y)-
(rectPoint[1].x-rectPoint[1].y)
cv::Point2f usedEdge = edge1;
if(cv::norm(edge2) > cv::norm(edge1))
usedEdge = edge2;
if(cv::norm(MaxLenEdge) < cv::norm(usedEdge))
{
MaxLength = usedEdge;
cv::Point2f reference = cv::Vec2f(1,0);
}
```

Fig. 8. Extract the Outline of the Maximum Length

컨투어 추출은 find 컨투어 함수를 사용해서 추출하였고, 추출된 컨투어 영역들 전체에 대한 각도를 추출하였다. 각도 추출은 외곽선을 사각형으로 지정하여 가로, 세로 길이를 추출한 후 가로, 세로 길이에서 최대값을 1차적으로 설정하였으며, 추출한 최대값을 컨투어를 사용하여 전체 외곽선에서 최대값을 추출한 후 각도를 산출하였다.

3.6 이미지 인식

회전된 이미지를 사용하여 마스터 이미지의 인식을 진행한다. 이미지 인식은 MIL라이브러리를 사용하였으며, 인식 과정에서 이미지가 반대로 회전된 경우 인식률이 낮아 오류로 처리하였다. 제안 모델에서는 반대로 회전된 경우 다시 180도로 이미지 회전을 진행하고, 다시 인식을 진행하였다. 다음 Fig. 9는 정상 회전된 이미지와 반대로 회전된 이미지이다. 반대로 회전된 경우 인식률은 현저하게 저하된다.

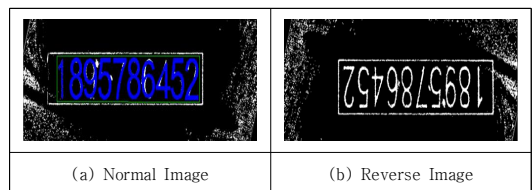


Fig. 9. Normal and Reverse Rotation

4. 실험 및 고찰

다음의 Fig. 10은 제안 모델의 실험을 위하여 Probe로부터 입력된 영상 이미지에 대하여, 관심영역을 설정하고, 적응적 이진화 및 히스토그램 연산, 회전 정렬하기 위한 메인 화면이다.

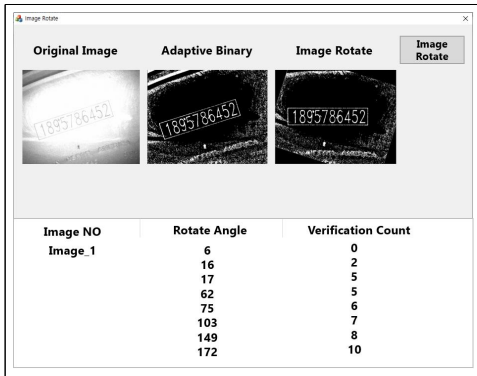


Fig. 10. Proposed Model Main Screen

제안 모델의 실험 및 측정을 위하여 분해능 82 μ m, FOV 257*206 성능의 CCD 카메라 사용하였고, 비주얼 스튜디오 2017 기반의 MFC와 전처리 기능을 위하여 OpenCV 라이브러리를 사용하였다. 상단은 CCD 카메라에서 입력받은 이미지, 적응적 이진화를 진행한 이미지, 컨투어를 사용하여 회전을 진행한 이미지가 출력되도록 구성하였으며, 하단 리스트 박스는 추출된 회전 각도별로 인식된 숫자 개수를 출력하도록 구성하였다. 다음의 Fig. 11은 추출된 회전 각도를 기반으로 이미지 인식을 진행하였을 때, 인식된 이미지의 개수를 출력한 결과이다. 추출된 각도별로 이미지 인식을 진행 하였을 때 최대 외곽선을 통하여, 이미지 회전을 진행한 경우가 인식률이 가장 높은 100%로 확인되어, 가장 큰 각도를 추출하여 회전 정렬을 통한 객체 인식이 필요하다.

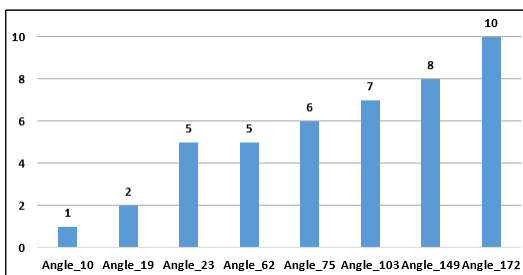


Fig. 11. Image Recognition Results Graph

5. 결론 및 향후 연구

최근 영상 기반의 기술은 산업 및 의료 분야 등 다양한 곳에서 활용되고 있고, 영상 처리와 관련한 기술의 수요가 급속하게 확산되고 있는 실정이다. 영상 처리의 대표적인 비전 시스템은 컴퓨터를 통하여 획득한 영상을 기반으로, 분석하고 판별하는 시스템으로서, 많은 분야에서 사용되고 있고, 특히 산업분야에서 생산되는 제품을 검수하는 자동화 공정에 적용되어 반도체의 불량 검사, 타이어 표면의 숫자 및 심볼 검사 등에 적용하여 육안으로 판별하기 어려운 불량을 검출하는데 많은 도움을 주고 있다. 그러나 곡면에 마킹되어 있는 심볼이나 숫자를 인식하고자 할 경우, 카메라를 통하여 입력된 영상 이미지가 기울어져 있어, 정확한 인식이 어려운 상황이 발생하기에 인식하고자 하는 객체를 정렬하는 방법이 필요하다. 제안 모델은 획득한 영상의 이미지가 기울어져 있을 경우 히스토그램 평활화 및 컨투어 알고리즘을 적용하여, 입력 이미지를 회전하여 정렬을 보정할 수 있는 모델로서, 비전 시스템을 활용하는 생산 현장에 적용할 경우 객체 인식률이 향상될 것으로 기대된다. 향후 연구로는 객체 인식의 속도 향상과, 기계학습을 통한 템플릿 매칭 연구가 필요하다.

REFERENCES

- [1] S. H. Kim. (2016). Realtime 3D Human Full-Body Convergence Motion Capture using a Kinect Sensor. *Journal of Digital Convergence*, 14(1), 189-194. DOI : 10.14400/JDC.2016.14.1.189
- [2] M. Janóczki, A. Becker, L. Jakab, R. Gróf & T. Takács. (2013). Automatic Optical Inspection of Soldering. *Artificial Science-Advanced Topics*. 387-440. DOI : 10.5772/51699
- [3] Y. R. Seo, K. Park, S. K. Kim & S. W. Ra. (2011). Vibration Analysis for a Feeding Unit of Vision Inspection System of Precision Screws. *Journal of The Korean Society of Manufacturing Technology Engineers*, 20(4), 446-451.
- [4] G. S. Kim, Y. H. Park, J. S. Park & J. S. Cho. (2015). Auto parts visual inspection in severe changes in the lighting environment. *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, 21(12), 1109-1114. DOI : 10.5302/J.ICROS.2015.15.0134
- [5] J. J. Park, G. H. Kim & E. S. Lee. (2014). A study on the elliptical gear inspection system using machine vision. *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers A*, 38(1), 59-63.

- DOI : 10.3795/KSME-A.2014.38.1.059
- [6] T. H. Lee, K. R. Park & D. H. Kim. (2017). A Study on Scratch Detection of Semiconductor Package using Mask Image. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(11), 43-48.
DOI : 10.15207/JKCS.2017.8.11.043
- [7] G. W. Jin. (2017). A Study on the BGA Package Measurement using Noise Reduction Filters. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(11), 15-20.
DOI : 10.15207/JKCS.2017.8.11.015
- [8] J. W. Jang & G. M. Park. (2017). License Plate Recognition System based on Normal CCTV. *Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers*, 54(8), 89-96.
DOI : 10.5573/ieie.2017.54.8.89
- [9] M. K. Oh & J. C. Park. (2017). Long Distance Vehicle License Plate Region Detection Using Low Resolution Feature of License Plate Region in Road View Images. *Journal of Digital Convergence*, 15(1), 239-245.
DOI : 10.14400/JDC.2017.15.1.239
- [10] H. R. Shin, S. H. Lee, J. S. Park & J. K. Song. (2019). Performance Improvement of Optical Character Recognition for Parts Book Using Pre-processing of Modified VGG Model. *The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, 14(2), 433-438.
DOI : 10.13067/JKIECS.2019.14.2.433
- [11] M. K. Kwon & H. S. Yang. (2017). A scene search method based on principal character identification using convolutional neural network. *Journal of Convergence for Information Technology*, 7(2), 31-36.
DOI : 10.22156/CS4SMB.2017.7.2.031
- [12] S. K. Lee, Y. S. Park, G. S. Lee, J. Y. Lee & S. H. Lee. (2013). An Automatic Object Extraction Method Using Color Features of Object and Background in Image. *Journal of Digital Convergence*, 11(12), 459-465.
DOI : 10.14400/JDPM.2013.11.12.459
- [13] H. J. Hahm. (2017). A Study of Smart Factory Policy For ICT-Based. *Journal of the Global e-Business Association, The e-Business Studies*, 18(6), 363-380.
DOI : 10.20462/TeBS.2017.12.18.6.363
- [14] D. Zhao. (2010). *A Study on the Face Expressive Recognition based on the Skin Color and the Face Geometric Characteristics*. Master's Thesis. PaiChai University, Daejeon.
- [15] J. Y. Song. (2018). A Recognition Algorithm of Handwritten Numerals based on Structure Features. *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, 18(6), 151-156.
DOI : 10.7236/JIIBC.2018.18.6.151
- [16] C. H. Woo. (2013). Image Preprocessing in Container Identifier Recognition System Using Multiple Threshold Regions. *Journal of Korea Multimedia Society*, 16(5), 549-557.
DOI : 10.9717/kmms.2013.16.5.549
- [17] Y. S. Hwang, H. Y. Yu & J. M. Lee. (2016). Robust Visual Odometry System for Illumination Variations Using Adaptive Thresholding. *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, 22(9), 738-744
DOI : 10.5302/J.ICROS.2016.15.0218
- [18] S. H. Kwon, H. C. Jeong, S. T. Seo, I. K. Lee & C. S. Son. (2008). Histogram equalization-based thresholding. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 91(11), 2751-2753.
DOI: 10.1093/ietisy/e91-d.11.2751

진 고 환(Go-Whan Jin)

[정회원]



- 1990년 2월 : 한국과학기술원 산업공학과 (공학석사)
- 1999년 2월 : 한국과학기술원 테크노경영대학원 (공학박사)
- 2002년 3월 ~ 현재 : 우송대학교 IT융합학부 교수
- 관심분야 : 비전 시스템, 빅데이터, 이동통신, 기술경영, 통신최적화
- E-Mail : gwjin@wsu.ac.kr