

고무타이어의 음각 문자 인식 향상에 관한 연구

윤형진¹, 박구락^{2*}, 김동현³

¹공주대학교 멀티미디어공학과 석사, ²공주대학교 컴퓨터공학부 교수, ³공주대학교 컴퓨터공학과 박사

A Study on the Improvement of Intaglio Characters Recognition of Rubber Tires

Hyeong-Jin Yun¹, Koo-Rack Park^{2*}, Dong-Hyun Kim³

¹Student, Dept. of Multimedia Engineering, Kongju National University

²Professor, Dept. of Computer Science & Engineering, Kongju National University

³Ph. D., Dept. of Computer Engineering, Kongju National University

요 약 빠르게 성장하고 있는 현대 사회에서 생산 공정에 비전 시스템을 활용하여 자동화 하고자 하는 수요가 급증하고 있는 추세이다. 일반적으로 영상 인식은 주로 자동차 번호판과 같은 양각 문자에 대한 연구가 대부분으로, 음각 문자 인식에 대한 연구가 매우 미미한 상황이다. 특히 타이어 표면과 같은 고무 관련 제품에 마킹 되어 있는 음각 문자들은 주변과의 명도 차이가 크지 않기에 문자나 숫자를 영상을 통하여 인식하기에 매우 어려움을 가지고 있다. 이에 본 논문에서는 타이어 표면과 같은 고무 제품에 음각으로 마킹 되어 있는 문자의 인식률을 향상시키기 위한 시스템을 제안한 것으로, 조명의 환경에 따라 유연하게 적용할 수 있다. 제안 시스템을 통하여 타이어 및 고무 제품들의 생산 공정에 적용하면 생산 및 재고 관리와 불량 검출을 신속하게 처리할 수 있어 생산 효율성이 향상될 것으로 기대된다.

주제어 : 융합, 음각 문자, 타이어, 히스토그램 평활화, 비전 시스템

Abstract In today's rapidly growing contemporary society, there is a tendency for demand to automate production processes by utilizing the vision system. In general, image recognition is mainly concerned with embossed characters such as license plates, and research on recognition of intaglio characters is very limited. Especially, intaglio characters, which are marked on rubber related products such as tire surfaces, have difficulty in recognizing characters or numbers through image because the difference in brightness with surrounding is not so large. In this paper, we propose a system to improve the recognition rate of characters marked on intaglio rubber products such as tire surfaces. Also, it can be applied flexibly according to the lighting environment. Through the proposed system, production and inventory management and defect detection can be processed quickly by applying to the production process of tire and rubber products.

Key Words : Convergence, Intaglio Character, Tire, Histogram Equalization, Vision System

1. 서론

현대 사회는 과학기술의 발전으로 인하여 산업 전반에 걸쳐 급속도로 발전하고 있으며, 사람이 하는 일을 기계나 로봇이 대체하는 4차산업혁명의 시대가 진행되고

있다. 특히 산업 현장의 자동화를 위하여 영상처리와 컴퓨터를 융합한 머신 비전 시스템의 활용이 높아지고 있으며, 영상처리와 분석을 통하여 획득된 영상 데이터를 활용한 생산 및 제조 공정 자동화 및 사용자 편의 중심의 스마트 팩토리 시스템 등이 점진적으로 확산되고 있는

*Corresponding Author : Koo-Rack Park(ecrprpark@kongju.ac.kr)

Received July 26, 2018

Accepted October 20, 2018

Revised August 21, 2018

Published October 28, 2018

추세이다[1,2]. 대표적으로 영상처리를 통하여 반도체 패키지의 마킹 및 불량 검사, 타이어 표면의 이미지 검사 등에 사용되고 있고[3-5], 영상처리 분야에서의 문자 인식은 주로 자동차 번호판 인식에 대한 연구가 대부분이다[6,7]. 또한 영상을 인식하여 객체를 추출하고[8], 영상 장면 탐색 기법 연구[9]와 같이 영상과 관련된 다양한 연구가 계속하여 이루어지고 있는 실정이다. 이러한 영상 처리 시스템은 일반적으로 자동차 번호판과 같이 양각 문자 및 숫자를 인식하는 시스템이 많이 개발되어 제조 공정에 사용되고 있으나, 타이어나 펜, 컵 등에 음각으로 인쇄하거나 레이저로 마킹을 한 문자나 숫자를 인식해야 하는 경우가 발생하고 있다. 그러나 지금까지 대부분 양각 문자 인식률을 향상 시키는 연구가 이루어지고 있으며, 음각 문자 인식에 대한 연구는 미미한 상황이다. 특히 타이어와 같은 고무 제품에 마킹되어 있는 음각 숫자들은 주변과의 명도 차이가 크지 않아 자동차 번호판 인식과 같은 방법으로 인식하기에는 많은 어려움이 따르고 있으며, 주변의 조명에 따라 인식율이 현저하게 저하되는 경우가 발생하기에, 음각 문자 인식과 조명에 강건한 시스템이 필요하다.

본 논문에서는 타이어에 음각으로 마킹 되어 있는 숫자를 히스토그램 평활화 기법을 통하여 숫자의 인식률을 향상시킬 수 있는 시스템을 제안한다. 제안 시스템을 통하여 타이어 생산 공정에 적용하면 생산 및 재고 관리를 원활하게 할 수 있고, 불량 검출로 생산의 효율성이 향상될 것으로 기대된다.

2. 관련연구

2.1 영상 이진화

CCD 카메라를 통하여 입력된 영상에서 필요한 정보를 획득하기 위해서 영상 이진화를 이용하여 전처리 과정 수행을 통하여 배경과 필요한 정보의 내용을 분리한다. 이진화는 영상 이미지의 픽셀에 대하여 0과 1의 레벨로 변환시키는 것이며, 이를 통하여 필요한 정보를 획득한다. 영상을 이진화로 변환하기 위하여 각 픽셀 값들의 크기를 비교하는 기준값을 결정할 필요가 있으며, 이 기준값을 임계값이라 하고, 최적의 임계값을 결정하는 것은 매우 중요한 일이다. 일반적인 이진화 방법은 그레이 영상에서 명도값을 통하여 임계값을 결정하고, 이후 다

음의 (식 1)에 의하여 이진 영상으로 변환되며, 변환된 결과로 배경은 흰색으로, 물체는 검정색으로 나타난다[10].

$$\begin{cases} \text{If } I_{gray} \geq \text{Threshold} \\ \quad \text{Then } I_{binary} = 1 \\ \text{else } I_{binary} = 0 \end{cases} \quad (\text{식 1})$$

임계값을 결정하는 방법에 따라 지역 및 전역적 이진화 방식으로 구분되며[9], 전역적 이진화는 전체의 영상 이미지에 1개의 임계값만을 사용하여 이진화 하는 것으로 알고리즘이 단순하고 수행시간이 짧아지는 장점이 있으나, 이진화 수행 후 결과 영상에서 세부적인 객체의 표현이 어렵고, 빛과 같은 조명에 민감하며, 정보의 손실이 많다는 단점을 가지고 있다[12,13]. 지역적 이진화는 작은 영역 혹은 각 픽셀마다 서로 다른 임계값을 적용시키는 방법으로 일정한 지역을 정의하여 지역 내의 명도값의 분산과 평균을 이용하여 임계값을 결정하는 방법으로 블록 이진화와 적응 이진화로 분류할 수 있다. 블록 이진화는 영상 이미지의 화소를 기준으로 $M \times N$ 크기의 윈도우를 생성하여 윈도우 내의 픽셀들의 평균값을 이용하는 방법이고, 적응 이진화는 블록을 분리하여 각 블록마다 다른 임계값을 설정하는 것으로 주변 화소들의 최소, 최대 명도를 이용하여 임계값을 구하는 방법이다[14,15].

2.2 히스토그램 평활화

입력된 영상 이미지의 픽셀 값이 특정한 값을 중심으로 하여 특정한 대역에 분포되어 있는 것을 넓은 대역으로 분포시키는 방법으로 영상 이미지의 밝기 분포를 재분배하고, 명암의 대비를 최대화하는 것으로 영상 처리 분야에서 널리 사용되고 있다[16]. 히스토그램 평활화는 다음의 (식 2)를 이용하여 균일화시킬 영상의 누적 히스토그램을 추출한다. 이후 다음의 (식 3)과 같이 영상 이미지의 전체 픽셀수로 누적 히스토그램 값을 나누고, 최대 명도값을 곱하여 정규화된 값으로 변환하여 결과 영상 이미지를 생성한다. 여기서 N_t 는 영상의 전체 픽셀수이고, $K[i]$ 는 변환된 결과 영상이다[17].

$$H[i] = \sum_{j=0}^i \text{hist}[j] \quad (\text{식 2})$$

$$K[i] = \frac{H[i]}{N_t} \times 255 \quad (\text{식 3})$$

히스토그램 평활화는 영상 이미지 내에서 명암에 대한 값의 분포가 균일하지 못한 경우 명암값의 분포를 균일화 하여 영상의 인식이 향상되도록 하는 기법으로 결과는 밝은 영상은 조금 어두워지고, 어두운 영상은 밝아져 적당한 명도값을 유지하게 된다.

3. 제안 시스템

3.1 시스템 구성도

다음의 Fig. 1은 음각으로 구성되어 있는 숫자 인식을 향상시키기 위한 제안 시스템의 전체 구성도로서 크게 2가지로 이루어져 있다. 첫째, Probe로서 타이어에 음각으로 인쇄되어 있는 숫자를 촬영하기 위한 CCD 카메라와 렌즈, 자동으로 조절이 되는 LED 조명으로 구성되어 있다. 둘째, 머신 비전 시스템으로서 Probe로 부터 촬영된 영상을 입력 받아 MIL 라이브러리로 숫자 인식을 진행한다.

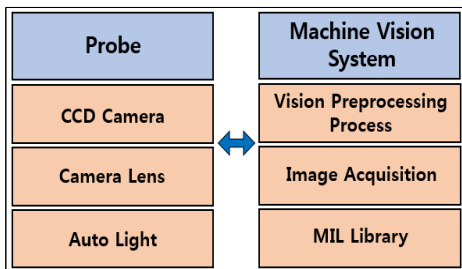


Fig. 1. System Configuration

3.2 시스템 프로세스

다음의 Fig. 2는 제안 시스템의 프로세스로서 6단계로 이루어져 있다. 첫째, Probe로부터 각기 다른 조명에 의하여 촬영된 15장의 이미지를 획득한다. 둘째, 입력 받은 이미지에서 중앙부분의 마킹된 숫자에 대하여 관심영역 (ROI : Region of Interest)을 설정한다. 셋째, 숫자 인식을 위하여 히스토그램 기법을 통하여 임계값을 산출한다. 넷째, 임계값을 이용하여 영상 이미지의 이진화를 수행한다. 다섯째, 이진화된 이미지를 숫자 인식을 통하여 결과값을 획득한다. 여섯째, 15장의 이미지 중에 가장 높은 인식률의 이미지와 결과값을 추출한다.

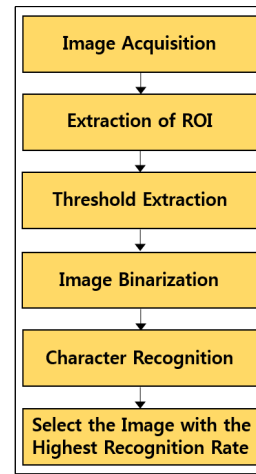


Fig. 2. System Process

3.3 이미지 획득

다음의 Fig. 3은 조명 밝기에 따라 획득된 영상 이미지의 일부이다.

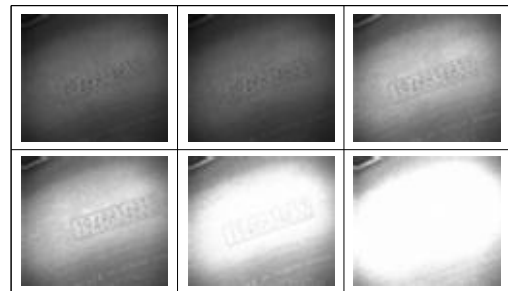


Fig. 3. Image Acquisition

타이어는 표면이 밝은 타이어가 있고, 어두운 타이어가 있기 때문에 고정되어 있는 조명으로 이미지를 획득할 경우 어두워서 마킹 되어 있는 숫자를 인식하지 못하는 경우 및 너무 밝아서 인식이 어려운 경우가 발생하기에, 제안 시스템은 영상 이미지 획득 시 조명은 카메라 자체에서 가장 어두운 조명에서 가장 밝은 조명까지 15 단계로 자동으로 조절하여 영상 이미지를 획득한다.

3.4 관심영역 추출 및 임계값 설정

다음의 Fig. 4는 원본 영상 이미지와 히스토그램이다. 획득된 영상 이미지 내에서 가장 많이 사용된 명암값을 추출한 후, 추출된 명암값을 임계값으로 설정하여 이진

화를 수행한다.



Fig. 4. Histogram of Original Image

임계값을 설정하기 위해 다음과 같은 과정을 수행한다. 첫째, 히스토그램을 추출하기 위하여, 관심영역을 설정한다. 검출 대상이 아닌 이미지 전체로 영역을 지정할 경우 히스토그램 분포가 전체적으로 명확하게 추출되지 않기 때문에, 관심영역을 설정하여 검출영역을 지정하고, 해당 영역의 히스토그램을 추출한다. 둘째, 추출된 히스토그램에서 빈도수가 가장 많은 명도값을 획득한다. 마지막으로 획득한 명도값을 임계값으로 설정하여 이진화를 수행한다.

다음은 히스토그램을 이용하여 최대 명암값을 추출하기 위한 알고리즘의 일부분이다.

```

1-Dimensional Histogram h;
cv::MatND histo = h.get-Histogram (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;
    }
}
    
```

다음의 Fig. 5는 관심영역 설정 유, 무에 따른 이진화 이미지이다. (a)의 경우 관심영역 부분에 대해 계산된 임계값으로 추출한 이진화 이미지이고, (b)의 경우 이미지 전체에 대해 계산된 임계값으로 추출한 이진화 이미지이다. 관심영역을 설정하면 해당 영역의 명도가 높아져 임계값이 높아져 이진화를 수행할 경우, (a)의 이미지와 같이 숫자가 선명하게 추출되는 반면, 전체 이미지로 진행할 경우 임계값이 낮게 나오기 때문에 숫자가 흐릿하

게 추출된다.

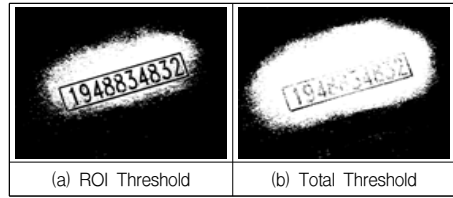


Fig. 5. ROI Setting Image

4. 실험 및 고찰

다음의 Fig. 6은 Probe로부터 영상을 입력받아, 관심영역을 설정한 후 초점값 및 히스토그램 연산하기 위한 비전 측정 시스템의 메인 화면이다.

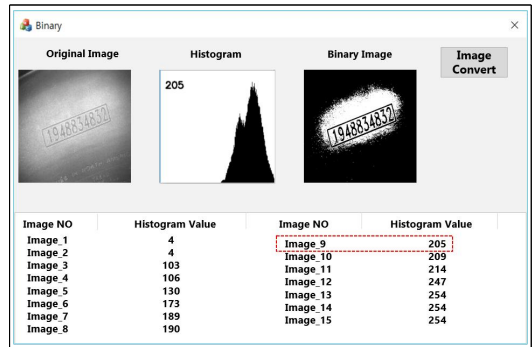


Fig. 6. 1 Image Histogram Distribution

시스템의 실험 및 측정에 사용된 장치는 FOV(Field of View) 257*206, 분해능 82 μ m인 CCD 카메라, 조명은 카메라 내부 조명을 사용하였고, 비주얼 스튜디오 2010 대화상자 기반의 MFC와 전처리 기능을 사용하기 위하여 OpenCV 라이브러리를 사용하여 소프트웨어를 구현하였다. 상단은 CCD 카메라로부터 입력된 이미지와, ROI영역을 설정한 히스토그램 분포도 이미지와, 히스토그램을 통해 계산된 임계값으로 이진화 작업을 통해 추출한 이미지를 출력하도록 구성하였고, 하단 리스트박스는 15장의 이미지에 대한 빈도수가 가장 많은 명암값을 출력하도록 구성하였다. 마지막으로 버튼을 사용하여 원 이미지에서 히스토그램 명암값을 이용하여 최종 이미지가 출력하도록 구성하였다. 다음의 Fig. 7은 비전 측정 시스템을 통하여 실험한 숫자 인식 결과 화면이다.



Fig. 7. Test Result

(a)는 10개의 숫자가 전부 인식된 원 영상이며, (b)는 이진화된 결과 화면이다. (c)는 인식하기 어려운 원 영상이며, (d)는 이진화된 결과 화면이다. (b)의 경우 입력된 원 영상이 양호하여 인식이 잘 되었으며, (d)의 경우 (c) 원 영상을 입력 받았지만, 높은 조명에 의해 숫자가 명확히 보이지 않은 현상으로 인해 인식되지 않는 결과 화면이다. 다음의 Fig. 8은 입력 이미지 15장의 인식 숫자의 개수를 출력한 결과로서, 이미지 15장 가운데 인식된 숫자가 가장 높은 개수는 10개로서, 인식률은 100%로 확인되었다.

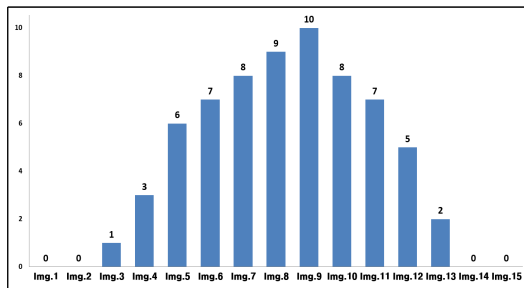


Fig. 8. Image Recognition Result

5. 결론 및 향후 연구 방향

타이어 생산 공정에서 생산량 및 재고 파악과 불량률의 검출은 타이어 제품의 신뢰성에 많은 영향을 미칠 수 있기에 생산에 비전 시스템을 적용하고자 하는 수요가 급증하고 있다. 본 논문에서는 타이어 표면에 음각으로 마

킹 되어 있는 숫자를 인식하기 위한 비전 시스템을 제안한 것으로 조명 환경에 따라 서로 다른 이미지를 생성하여 히스토그램 평활화 기법을 적용하여, 가장 인식률이 높은 영상을 획득할 수 있는 시스템이다. 이미지 별로 실험한 결과 9번의 영상이 가장 인식이 잘되는 것으로 측정되었다. 제안 시스템을 통하여 타이어 생산 공정에 적용하면 생산에 대한 관리를 원활하게 할 수 있고, 빠른 재고 파악과 불량률의 검출이 가능하여 생산의 효율성이 향상될 것으로 기대된다. 향후 연구 방향으로 조명의 변화에도 원활한 음각 문자의 인식이 가능한 알고리즘 연구와 임계값 지정에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.

REFERENCES

- [1] C. S. Pyo, J. Lyou. (2013). Automation of Tire Tread Extruder Line Using Cameras. *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, 19(3), 262-267. DOI : 10.5302/J.ICROS.2013.12.179
- [2] J. H. Park, K. J. Lee. (2017). Realization of user-centered smart factory system using motion recognition. *Journal of Convergence for Information Technology*, 7(6), 153-158. DOI : 10.22156/CS4SMB.2017.7.6.153
- [3] 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
- [4] 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
- [5] H. S. Ryu, J. K. Choi, J. H. Kwon, B. M. Koo, M. Y. Park, (2001). A Study on Optical Condition and preprocessing for Input Image Improvement of Dented and Raised Characters of Rubber Tires. *Journal of Korea Institute of Information and Communication Engineering*, 6(1), 124-132.
- [6] 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
- [7] 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

- [8] 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
- [9] 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
- [10] I. J. Kim. (2007). "An Adaptive Binarization of Camera Document Image by Image Quality Estimation. *Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, 34(9), 797-803.
- [11] R. C. Gonzalez and R. E. (1993). Wood. *Digital Image Processing*. Addison Wesley.
- [12] M. K. Kim. (2009). Comparative Performance Evaluation of Binarization Methods for Vehicle License Plate. *Journal of the Korea Contents Association*. 9(8), 9-17. DOI : 10.5392/JKCA.2009.9.8.009
- [13] B. H. Seo, B. M. Kim, C. B. Moon, Y. S. Shin. (2008). Binarization of number plate Image with a shadow. *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, 13(4), 1-13.
- [14] A. M. A. Talab, Z. Huang, W. Junfei. (2014). An Enhanced Bernsen Algorithm Approaches for Vehicle Logo Detection. *International Journal of Signal Processing*, 7(4), 203-210.
- [15] S. Moldovanu, L. Moraru. (2015). Robust Skull-Stripping Segmentation Based on Irrational Mask for Magnetic Resonance Brain Images. *Journal of Digital Imaging*, 28(6), 738-747.
- [16] J. A. Stark. (2000). Adaptive image contrast enhancement using generalizations of histogram equalization. *IEEE Transactions on Image Processing*, 9(5), 889-896.
- [17] C. J. Im, D. W. Kim. (2017). Real-Time Traffic Information and Road Sign Recognitions of Circumstance on Expressway for Vehicles in C-ITS Environments. *Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers*, 54(1), 55-69. DOI : 10.5573/ieie.2017.54.1.055

윤형진(Yun, Hyeong Jin)

[정회원]



- 2016년 8월 : 우송대학교 계입멸
티미디어학과(공학사)
- 2018년 3월 : 공주대학교 대학원
멀티미디어공학과 석사과정
- 2016년 5월 ~ 현재 : (주)덕인 주임
연구원

- 관심분야 : 영상처리, 자동화 시스템, 머신비전
- E-Mail : puhaha1961@naver.com

박구락(Park, Koo Rack)

[정회원]



- 1986년 2월 : 중앙대학교 전기공
학과(공학사)
- 1988년 2월 : 숭실대학교 전자계
산학과(공학석사)
- 2000년 2월 : 경기대학교 전자계
산학과(이학박사)

- 1991년 4월 ~ 현재 : 공주대학교 컴퓨터공학부 교수
- 관심분야 : 경영정보, 정보통신, 영상처리, 전자상거래
- E-Mail : ecgrpark@kongju.ac.kr

김동현(Kim, Dong Hyun)

[정회원]



- 1986년 2월 : 중앙대학교 전기공
학과(공학사)
- 2005년 2월 : 공주대학교 컴퓨터
멀티미디어공학과(공학석사)
- 2010년 2월 : 공주대학교 컴퓨터
공학과(공학박사)

- 2016년 6월 ~ 현재 : (주)정보소프트 기술이사
- 관심분야 : 영상처리, 지식관리, 지리정보, 시뮬레이션
- E-Mail : dhkim977@naver.com