

영상인식 기반 파워 컨넥터 리셉터클의 위치 확인을 위한 기초 연구

고윤석*

The Basic Position Tracking Technology of Power Connector Receptacle based on the Image Recognition

Yun-Seok Ko

요 약

최근에는 가사 로봇, 자율주행 전기 자동차, 경영 효율성을 제고하기 위한 제철소 용선차의 자율 운행 분야가 큰 관심을 받고 있는데, 사람의 간섭 없이 전원을 로봇이나 차량에 공급하기 위한 자동 전원 공급 기술 개발이 문제가 되고 있다. 본 논문에서는 자동 전원 공급 기술의 기초 연구로서 주어진 공간에 있는 전원 컨넥터의 리셉터클을 인식하고 그것의 위치를 확인할 수 있는 영상인식 기반의 전원 컨넥터 리셉터클 위치 추적 기초 기술을 연구하며, 오픈 CV 프로그램을 통해서 그 가능성을 확인한다.

ABSTRACT

Recently, the fields such as the service robot, the autonomous driving electric car, and the torpedo ladle cars operated autonomously to enhance the efficiency of management of the steel mill are receiving great attention. But development of automatic power supply that doesn't need human intervention be a problem. In this paper, a position tracking technology of power connector receptacle based on the computer vision is studied which can recognize and identify the position of the power connector receptacle, and finally its possibility is verified using OpenCV program.

키워드

Computer Vision, Image Recognition, Automatic Power Charger, Power Connector Receptacle
컴퓨터 비전, 영상 인식, 자동 전원 공급 장치, 전원 컨넥터 리셉터클

1. 서론

18세기 영국의 산업혁명 이후, 인류는 생산공정의 자동화를 통해 제품 생산 공정에서 인간의 간섭이나 노동을 최소화함으로써 생산성을 크게 개선할 수 있었음은 물론, 에너지를 절감하고 품질 및 정밀성을 고도

화할 수 있었다. 더 나아가 제어기술의 발전과 함께 항공, 조선 등 전 산업분야에서 자동화가 이루어져 왔으며 일부 영역에서는 이미 상당한 자동화가 이루어져 운영되고 있다[1-4]. 더 나아가, 전기, 전자 그리고 통신 분야의 비약적인 발전은 지금까지 무인화가 어려웠던 분야의 자동화를 가능하게 하고 있다. 특히 비

* 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과
• 접수일 : 2017. 01. 18
• 수정완료일 : 2017. 04. 13
• 게재확정일 : 2017. 04. 24

• Received : Jan. 18, 2017, Revised : Apr. 13, 2017, Accepted : Apr. 24, 2017
• Corresponding Author : Yun-Seok Ko
Dept. of Electronic Engineering, Namseoul University,
Email : ysko@nsu.ac.kr

전 센서의 발전으로 생산라인의 시각 검사, 공정제어, 부품선별, 그리고 산업용 로봇 제어의 자동화가 추진되어 상당한 성과를 거두고 있으며 관련 연구들이 활발하게 이루어지고 있다[1-9]. 최근에는 맞벌이 부부의 증가로 인한 지능형 가사 로봇, 대기오염 물질의 배출을 최소화하기 위한 자율주행 전기 자동차, 경영 효율성을 제고하기 위한 제철소 TLC의 자율 운행 분야가 큰 관심을 받고 있는데, 사람의 간섭 없이 전원을 로봇이나 차량에 공급하기 위한 자동 전원 연결 기술 개발이 문제가 되고 있다.

따라서 본 논문에서는 자동 전원 공급 기술의 핵심 기술로서 주어진 공간에 있는 물체를 추적해서 전원 체결 부를 확인하고 그것의 정확한 위치를 확인할 수 있는 비전 기반의 전원장치 위치 확인을 위한 기초 기술을 개발하는 것을 목표로 한다. 제안된 방법론은 OpenCV를 통해서 그 가능성이 검증된다.

II. 적용분야 연구

2.1 서비스 로봇

로봇은 산업용 로봇과 서비스 로봇으로 구분될 수 있다. 최초의 산업용 로봇은 1961년 유니메이트에 의해 제작되어 GM에 설치되었으며, 산업 자동화 응용을 위해 장소에 고정되거나 이동이 가능하며, 자동제어, 재 프로그래밍, 3축 이상 프로그램 제어가 가능한 다목적 매뉴얼레이터로 정의된다. 반면에 서비스 로봇은 제조 작업공정을 제외하고 인간의 안녕과 행복을 위해 유용한 작업을 자동 또는 반자동으로 수행하는 로봇으로 정의된다[2]. 서비스 로봇은 개인용과 전문용으로 구분되는데, 개인용의 경우 가사 도우미, 장애인 도우미, 오락, 보안 등의 목적으로 개발되고 있는데 산업용 로봇과는 달리 주로 모바일 형태로 개발되고 있다. 이때 모바일용은 배터리를 전원으로 하기 때문에 주기적인 전기 에너지 충전이 요구되며, 서비스 로봇은 사용용도에 따라 다양한 크기를 가질 수 있기 때문에 로봇의 효율적 관리 제어를 위해서는 전원 공급 장치가 로봇의 배터리 연결부를 자동 추적하여 전원 연결부를 삽입할 수 있도록 하는 로봇 전원 연결부 위치 자동 추적 기술의 개발이 요구된다.

2.2 전기 자동차

전 세계적으로 화석연료의 고갈, 지구온난화에 대비하고 환경오염을 줄이기 위해 자동차로부터 발생되는 온실가스와 미세먼지를 줄일 수 있는 전기자동차가 큰 관심을 받고 있다. 초기에는 배터리의 성능문제 때문에 실용화에 많은 어려움이 있었지만, 최근 배터리의 에너지 저장능력과 충방전 기술의 발전으로 기존 가솔린 및 디젤 자동차를 대체해가고 있다.



그림 1. 자동차 자동 전원 충전기
Fig. 1 Automatic charge of automobile

더욱이 최근에는 운전자의 편의를 도모하고 음주운전이나 졸음운전으로 인한 사고를 줄이기 위해 고도화된 센서, 마이크로프로세서 그리고 통신기술을 기반으로 자율주행 기술이 개발되고 있다. 궁극적으로 미래사회는 자율주행자동차와 자동에너지충전소가 대세를 이루는 시대가 될 것으로 예상된다. 그림 1은 테슬라가 최근, 개발하여 공개한 자동차 자동 충전기를 보인다¹⁾.

2.3 제철소 용선차

제철소는 국가의 기간산업으로 전 산업의 경쟁력을 확보하는데 매우 중요한 역할을 담당하기 때문에, 생산원가를 절감하고 운영의 효율성을 제고할 수 있는 자동화에 많은 관심을 가지고 있다. 특히 고로로부터 용선 차에 쇳물을 받아 기관차로 견인, 여러 공정을

1) www.bidneset.com

거처 제강공장에 용선을 운송하는 용선 운송 작업 자동화를 위해 노력하고 있다. 그리고 이러한 용선 운송 작업을 자동화기 위한 연구들이 수행되고 있는데, 용선 차를 회전시키기 위해 용선에 전기를 공급하는 것이 매우 중요하다. 현재, 이 작업은 수작업으로 이루어지고 있는데, 무인화를 위해서는 반드시 사람의 간섭 없이 전기 에너지를 공급할 수 있는 기술이 개발돼야 한다. 그림 2는 기관차에 의해 견인되는 용선 차들을 보인다.

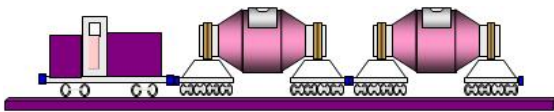


그림 2. 제철소 용선차
Fig. 2 Torpedo ladle cars of steel mill

위의 분석결과로부터 로봇, 전기자동차 그리고 용선차의 완전 자동화 및 무인화를 실현하기 위해서는 인간의 간섭 없이 자동 전원 공급이 가능해야 함을 알 수 있다. 하지만 전원 컨넥터 리셉터클이 다양한 높이를 가지기 때문에 컴퓨터 비전을 이용하여 전원 컨넥터 리셉터클의 위치를 추적, x, y축을 제어하여 전원 연결부를 삽입할 수 있는 자동 전원 연결 기술이 개발돼야 한다. 그리고 이를 실현하기 위해서는 기본적으로 영상인식기술을 기반으로 파워 컨넥터 리셉터클의 위치를 확인할 수 있는 기술이 요구된다,

III. 오브젝트 중심점 추적 알고리즘

본 논문에서는 OpenCV의 형태학적 영상 변환 연산들을 활용하여 오브젝트의 중심점 추적 기술을 설계한다. 그림 3은 오브젝트의 중심점 추적 흐름도를 보인다. 이미지 센서는 주어진 속도로 반복적으로 영상 프레임을 캡처하여 장해진 공간에 저장한다. 영상 처리 프로그램은 이미지 센서로부터 BGR 데이터를 읽어 들여 매트릭스(Matrix)에 저장한 다음, 경계 값(Threshold Value)에 근거하여 이진화된 영상을 얻는다. 이때, 잡음 데이터가 포함될 수 있기 때문에 이를

을 제거하기 위한 연산들이 수행돼야 하는데 형태학적 영상 처리에서는 영상 특징(Feature)의 형상이나 형태와 관련된 비선형 연산(Operation)들, 침식연산(Erosion Operation), 확장연산(Dilation Operation), 개방연산(Open Operation) 그리고 닫힘 연산(Close Operation)등이 있다. 여기에서는 잡음을 제거하기 위해서는 정해진 구조요소(Structuring Element)를 가지고 침식과 확장 연산이 수행되도록 한다.

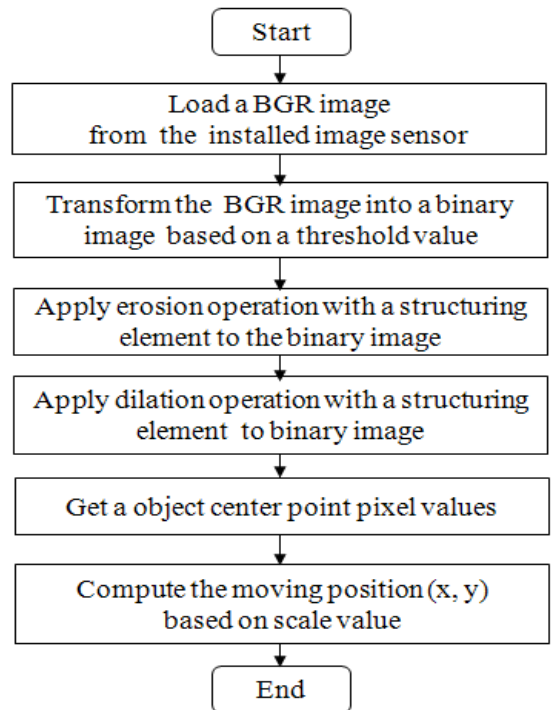


그림 3. 물체 중심점 추적 흐름도
Fig. 3 Flow chart of object center tracking

여기서, 구조요소는 작은 정방형 구조요소들(2x2~5x5)중의 하나가 될 수 있으며, 침식연산을 통해서 하나의 영역에 의해서 둘러싸인 홀들(Holes)과 영역들 간의 간격(Gaps)을 더 크게 해서 제거하거나, 확장 연산을 통해서 더 작게 함으로서 한 영역의 경계선이 채워지는 것을 통해서 이진 영상에 포함된 잡음들이 제거된다. 영상인식의 기본이론에 대한 이해를 돕기 위해 Auckland 대학의 영상처리 관련 자료²⁾를

기반으로 침식연산과 확장연산 이론이 각각 3.1과 3.2에 설명된다.

3.1 침식 연산(Erosion Operation)

이진 영상 L 의 구조요소 M 에 의한 침식연산은 구조요소 M 이 입력 영상 L 에 완전 일치하는 모든 구조요소의 원점 위치 (x, y) 에서 1을 가지는 하나의 새로운 이진 영상 $g=L\ominus M$ 을 생성한다. 이 연산은 모든 픽셀 좌표들 (x,y) 에 대해 반복되며, M 이 L 에 완전 일치하면 $g(x,y)=1$, 그렇지 않으면 $g(x,y)=0$ 이다. 각 영역들의 내부 및 외부 경계들로부터 한 층의 픽셀들을 각각 벗겨냄으로서 입력영상을 오그라들게 한다. 그림 4는 3x3 정방형 구조요소에 대한 침식연산 결과를 보인다.

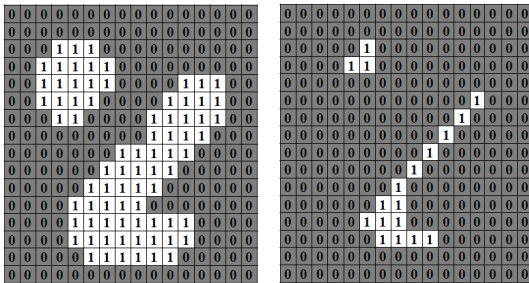


그림 4. 3x3 구조요소에 의한 침식연산 결과
Fig. 4 Result of erosion by a 3x3 structuring element

3.2 확장 연산(Dilation Operation)

이진 영상 L 의 구조요소 M 에 의한 확장연산은 구조요소 M 이 입력 영상 L 에 부분 일치하는 구조요소의 모든 원점 위치 (x,y) 에서 1을 가지는 하나의 새로운 이진 영상 $g=L\oplus M$ 을 생성한다. 이 연산은 모든 픽셀 좌표들 (x,y) 에 반복되며, M 이 L 에 부분일치하면 $g(x,y)=1$, 그렇지 않으면 $g(x,y)=0$ 이다. 확장 연산은 각 영역들의 내부 및 외부 경계들로부터 한 층의 픽셀들을 추가함으로서 입력 영상을 확장시킨다. 그림 5는 3x3 정방형 구조요소에 대한 확장연산 결과를 설명하기 위해 보인다.

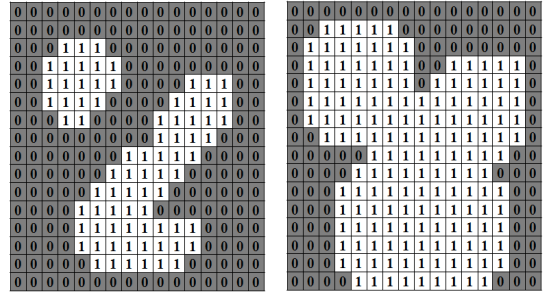


그림 5. 3x3 구조요소에 의한 확장 연산 결과
Fig. 5 Result of dilation by a 3x3 structuring element

IV. 실험 결과

본 논문에서는 영상 인식 기술기반의 오브젝트 중심점 추적 알고리즘을 이용한 파워 컨넥터 리셉터클의 중심점 추적 방법론을 연구하였다. 따라서 본 장에서는 제시된 방법론의 유효성과 가능성을 확인하기 위해 다음과 같은 실험을 실시하였다. 연구된 방법론에 대한 실험 시스템은 가격이 저렴하면서도 성능이 뛰어난 리눅스 운영체제 기반의 라즈베리 파이를 주 제어장치로 하였으며, 컴퓨터 비전 처리를 위한 프로그램으로는 인텔이 개발한 오픈소스 컴퓨터 비전 C 라이브러리인 OpenCV 기반의 프로그램이 활용되었다 [8]. 실험에서 영상센서와 바닥 면과의 거리는 385mm로 하였으며, 화면의 해상도는 640x480 픽셀이고 실제 크기는 392x294mm이므로 스케일 값을 0.6125로 하였다. 적용 가능성 실험은 파워 컨넥터 리셉터클 대응으로 30mm 직경 오브젝트와 60mm 직경의 오브젝트에 대해 개별적으로 수행되어 성능이 검증되었다.

먼저, 직경 30mm 물체에 대한 위치 추적 실험을 실시하였는데, 그림 6과 7은 각각 실제위치와 영상인식 기술을 이용해서 추적한 결과를 보인다. 그림을 통해서 실제위치와 추적위치와의 오차가 3.4mm 이내임을 확인함으로써 30mm 직경의 비교적 작은 직경의 리셉터클에 대한 컴퓨터 비전 기반 오브젝트 추적 방법론의 적용 가능성을 확인할 수 있었다.

2) www.cs.auckland.ac.nz

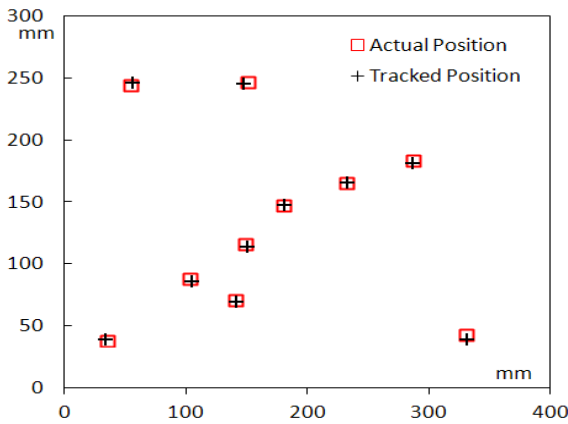


그림 6. 30mm 직경 물체의 실제위치와 추적된 위치
Fig. 6 Actual and tracked positions of 30mm object

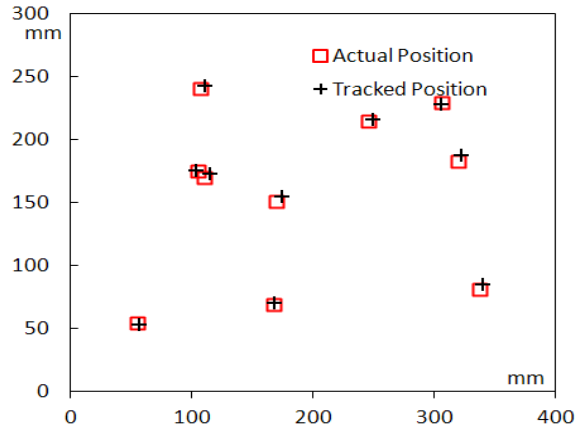


그림 8. 60mm 직경 물체의 실제위치와 추적된 위치
Fig. 8 Actual and tracked positions of 60mm object

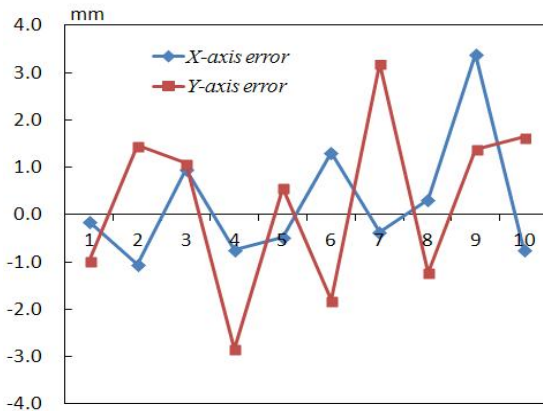


그림 7. 30mm 직경 물체의 실제위치와 추적된 위치의 오차
Fig. 7 Error between actual and tracked position of 30mm object

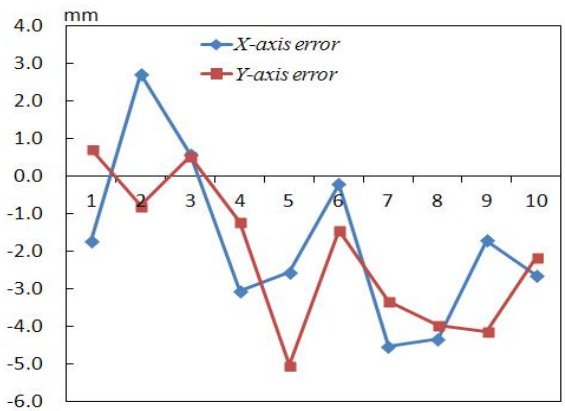


그림 9. 60mm 직경 물체의 실제위치와 추적된 위치의 오차
Fig. 9 Error between actual and tracked position of 60mm object

다음, 직경 60mm 물체에 대한 위치 추적 실험을 실시하였다. 그림 8은 실제위치와 영상인식기술을 이용해서 추적한 결과를 보인다. 반면에 그림 9는 실제위치와 추적한 결과와의 오차를 보인다. 실험 결과를 통해서 60mm 직경 물체의 중심점 추적 오차가 4.5mm 임을 보임으로서 비교적 큰 직경을 가지는 리셉터클에 대한 적용 가능성을 확인할 수 있었다.

IV. 결론

본 논문에서는 자동 전원 공급 기술에서 파워 컨넥터 리셉터클의 중심점을 추적하기 위한 기반 기술로서 영상인식기술을 이용하여 정적인 물체의 중심점을 추적하는 방법론에 대해서 연구하였다. 제안된 방법론은 OpenCV를 통해서 가능성이 시험되었는데, 385mm의 측정거리에서 30mm 직경 물체와 60mm 직경 물

체에 대한 중심점을 측정한 결과 오차를 각각 3.4mm와 4.5mm로 보임으로서 그 가능성을 확인할 수 있었다. 차후, 파워 কেন터 리셉터클의 이동 추적을 위한 연구가 계속되어야 하겠다.

이 논문은 2016년도 남서울대학교 교내 연구비의 지원에 의하여 연구되었음

Electronic Communication Sciences Conf., Youngju, Korea, vol. 10, no. 1, June 2016, pp. 57-61.

[9] N. Kim and J. Ha, "Performing Missions of a Small Biped Walking Robot Using Image Processing," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 12, 2016, pp. 1225-1230.

저자 소개

Reference

[1] T. Jain and Meenu, "Automation and Integration of Industries through Computer Vision Systems," *Int. J. of Information and Computation Technology*, vol. 3, no. 9, 2013, pp. 963-970.

[2] V. Kumar, G. Bekey, and Y. Zheng, "Assessment of International Research and Development in Robotics-Industrial, Personal and Service Robots," *NASA Report*, February 2016.

[3] B. LeCost and E. Aolm, "A Computer Vision Approach for Automated Analysis and Classification of Microstructural Image Data," *Computational Materials Science*, vol. 110, December 2015, pp. 126-133.

[4] D. Sun, *Computer Vision Technology in the Food and Beverage Industries*. Woodhead Publishing, August 2012.

[5] K. Park and H. Song, "An Automated Protection Welding System using Vision Processing Technique," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 4, 2011, pp. 517-522.

[6] S. Cho, J. Kim, K. Ban, and E. Kim, "A Study on 3D Panoramic Generation using Depth-map," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 4, 2011, pp. 831-838.

[7] K. Kim, "Optimal Structures of a Neural Network Based on OpenCV for a Golf Ball Recognition," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 2, 2015, pp. 267-274.

[8] S. Lee, Y. Lee, H. Jung, E. Lim, and Y. Ko, "A Study on the Automation System based on the Computer Vision and Position Control Technology-Object Position Tracking Technology," *Proc. of the 2016 Spring Korea Institute of*



고윤석(Yun-Seok Ko)

1984년 2월 광운대 공대 전기공학과 졸업(공학사).

1986년 2월 광운대 대학원 전기공학과 졸업(석사).

1996년 2월 광운대 대학원 전기공학과 졸업(공학박사).
 1986년~1996년 한국전기연구소 선임연구원.
 1996년~1997년 포스코 경영연구소 연구위원.
 1997년~현재 남서울대학교 전자공학과 교수.
 2012년~2013년 University of Utah 방문교수
 ※ 관심분야 : 전력시스템 자동화, 배전자동화, 주택 자동화, 로봇제어