

논문 2012-49-9-35

자동 로봇 용접을 위한 Hand-Eye 레이저 거리 측정기 기반 용접 평면 인식 기법

(Hand-Eye Laser Range Finder based Welding Plane Recognition
Method for Autonomous Robotic Welding)

박 재 병*, 이 성 민**

(Jae Byung Park and Sung Min Lee)

요 약

본 논문은 자동 로봇 용접을 위한 Hand-Eye 레이저 거리 측정기 기반 용접 평면 인식 기법을 제안한다. 로봇 용접은 대상체의 형상에 의해 미리 정의된 용접선을 따라 금속 대상체를 용접 평면에 접합하는 과정이다. 따라서 성공적인 로봇 용접을 위해서는 용접 평면의 위치와 방향을 정확히 검출해야 한다. 만약 평면의 위치와 방향을 정확히 검출하지 못한다면 자동 로봇 용접은 실패하게 된다. 정밀한 용접 평면 인식을 위해 레이저 거리 측정기를 이용해 평면상의 직선을 검출한다. 레이저 거리 측정기에 의한 직선 검출을 위해 Hough 변환을 적용한다. Hough 변환은 투표 방법을 기반으로 하기 때문에 센서의 측정 오차를 줄일 수 있다. 이 때 레이저 거리 측정기가 부착된 로봇 관절을 회전시켜 평면상의 두 개의 직선을 검출한 후 두 직선의 방향 벡터에 외적을 취해 평면의 방향을 인식한다. 제안된 방법의 실효성을 검증하기 위해 Simlab사에서 개발한 로봇 시뮬레이터인 RoboticsLab을 이용해 시뮬레이션을 수행한다.

Abstract

This paper proposes a hand-eye laser range finder (LRF) based welding plane recognition method for autonomous robotic welding. The robot welding is the process of joining a metal piece and the welding plane along the welding path predefined by the shape of the metal piece. Thus, for successful robotic welding, the position and direction of the welding plane should be exactly detected. If the detected position and direction of the plane is not accurate, the autonomous robotic welding should fail. For precise recognition of the welding plane, a line on the plane is detected by the LRF. For obtaining the line on the plane, the Hough transform is applied to the obtained data from the LRF. Since the Hough transform is based on the voting method, the sensor noise can be reduced. Two lines on the plane are obtained before and after rotation of the robot joint, and then the direction of the plane is calculated by the cross product of two direction vectors of two lines. For verifying the feasibility of the proposed method, the simulation with the robot simulator, RoboticsLab developed by Simlab Co. Ltd., is carried out.

Keyword : Autonomous Robotic Welding, Hand-Eye Laser Range Finder, Welding Plane Recognition
자동 로봇 용접, Hand-Eye 레이저 거리 측정기, 용접 평면 인식

I. 서 론

* 정회원-교신저자, 전북대학교 전자공학부
(Division of Electronic Engineering, Chonbuk
National University)

** 학생회원, 전북대학교 전자·정보공학부
(Division of Electronics and Information
Engineering, Chonbuk National University)

접수일자: 2012년8월23일, 수정완료일: 2012년9월4일

자동 로봇 용접 분야는 그 특성상 고열과 증기 등으로 인한 매우 혹독한 환경에서 작업이 이루어지기 때문에 로봇, 센서, 제어, 인공지능 등 다양한 분야에서 매우 도전적인 연구 분야로 자리 잡고 있다^[1]. 특히, 로봇공

학 분야에서 용접 로봇은 지금까지 산업 생산성 향상을 위해 매우 중요한 역할을 수행하고 있다^[2-3]. 자동 로봇 용접에 있어서 정확한 용접 초기점 및 용접선 인식은 전체 용접 작업의 성공 여부를 결정하는 매우 중요한 기술이다^[4-5]. 자동 로봇 용접은 먼저 접합하기 위한 두 용접 대상체의 위치와 방향을 인식하여 용접 초기점 및 용접선을 획득한다. 이를 기준으로 용접 대상체의 형상에 의해 미리 정의된 용접선을 따라 자동으로 용접 작업을 수행하기 때문에 용접 초기점 및 용접선 인식에서 큰 오차가 발생할 경우 자동 용접 작업은 실패하게 된다. 따라서 용접 초기점 및 용접선 인식을 위한 연구가 많이 이루어지고 있다.

용접선 및 용접 초기점을 인식하기 위해 먼저 용접 대상체의 위치와 방향을 인식해야 하는데 용접 작업의 특성상 외란에 강인한 센서를 이용한다. 이전 연구에서는 강력한 레이저 구조광과 비전 시스템을 이용해 용접 대상체로부터 용접 초기점을 측정하는 연구가 진행되었다^[6]. 용접 대상체에 투영된 4개의 선형 레이저 구조광을 비전으로 검출함으로써 용접 초기점과 용접선을 인식하였다. 거리에 따라 비전의 정밀도가 낮아지는 문제로 Coarse-Fine 접근법을 통해 자동 로봇 용접에 적합한 정확도를 갖는 용접 초기점과 용접선 인식에 성공했다. 하지만 2단계의 인식 작업을 순차적으로 수행해야 하는 비효율성이 있었다. 또한, 전체 센서 시스템이 4개의 구조광과 1개의 비전 센서로 구성되어 있기 때문에 로봇 끝단에 부착하기에 크기가 좀 크다는 단점이 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 스캐닝 레이저 거리 측정기를 로봇에 부착하여 용접 대상 평면의 위치와 방향을 인식하는 방법을 제안한다. 이전의 레이저 구조광 기반 비전 센서 시스템에 비해 스캐닝 레이저 거리 측정기만을 로봇에 부착하기 때문에 전체 시스템을 매우 콤팩트하게 구성할 수 있다. 또한 레이저 거리 측정기가 갖는 측정 정밀도와 빠른 측정 속도로 인해 정확하고 신속한 측정이 가능하다.

본 논문의 이후 부분은 다음과 같이 서술되었다. II 장에서는 자동 용접 로봇 시스템의 전체 구성에 대해 기술한다. III장에서는 로봇의 회전에 기반 한 평면 인식 기법에 대해 설명한다. 여기서 측정 노이즈를 줄이기 위한 Hough 변환^[7]에 대해 설명하고 이동하는 센서 프레임에서 획득된 서로 다른 3점으로부터 평면의 방정식을 구하기 위한 좌표 변환에 대해서도 설명한다.

IV장에서는 본 논문에서 제안된 평면 인식 기법에 대한 실효성을 보이기 위해 로봇 시뮬레이터^[8]를 이용해 시뮬레이션을 수행한다. 마지막으로 V장에서는 결론을 맺는다.

II. 자동 로봇 용접 시스템

본 연구의 자동 로봇 용접 시스템의 목적은 그림 1과 같이 조선 작업에 사용되는 대형 강판에 용접 대상체를 접합하는 것이다. 이 때 용접 대상체는 강판에 가용접된 상태이며 로봇이 강판과 용접 대상체를 인식하여 두 물체 사이의 접합선을 따라 용접하게 된다. 이 때 두 물체 사이의 접합선은 용접 대상체의 형상에 의해 미리 정의된다.

로봇은 그림 2와 같이 End-Effector에 용접토치를 부착하여 용접 작업을 수행한다. 이 때 용접토치의 끝 부분이 미리 정의된 용접선을 따라 이동하면서 자동 용접



그림 1. 자동 로봇 용접 대상체
Fig. 1. Autonomous robotic welding parts.



그림 2. 용접 토치가 부착된 자동 용접 로봇
Fig. 2. Autonomous welding robot with a welding torch.



그림 3. Hokuyo사의 레이저 거리 측정기 UBG-04LX-F01
Fig. 3. Laser range finder, UBG-04LX-F01 of Hokuyo Co., Ltd.

표 1. 레이저 거리 측정기 UBG-04LX-F01 사양
Table 1. Specification of Laser Range Finder, UBG-04LX-F01.

항목	값
각 해상도	0.351562°
측정 거리	0.06~4.095m
정확도	0.06~1m: ±0.01m 1~4m: 거리의 1%
스캔 시간	28ms
반도체 레이저 파장	$\lambda=785nm$
측정영역	240°

을 수행하기 때문에 강판과 용접 대상체의 정확한 위치와 방향 인식이 무엇보다도 중요하다. 만약 강판과 용접 대상체의 측정 위치나 방향에 오차가 발생할 경우 자동 용접 작업이 실패할 뿐만 아니라 용접 작업 중 용접 토치나 로봇에 물리적 충격을 주어 고장을 유발할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 강판의 정확한 방향 인식 기법을 제안한다.

조선 작업의 경우 강판이 거대하기 때문에 대부분의 작업이 실외에서 이루어진다. 따라서 직사광선 등 외란에 강인한 센서를 이용해 강판의 방향을 인식해야 한다. 본 논문에서는 그림 3과 같이 Hokuyo사에서 개발한 레이저 거리 측정기 UBG-04LX-F01 모델을 이용한 강판 인식 방법을 제안한다.

레이저 거리 측정기 UBG-04LX-F01은 회전하는 레이저 다이오드를 이용해 2차원 거리 정보를 매우 신속하고 정밀하게 획득할 수 있다. 레이저 거리 측정기 UBG-04LS-F01의 기본 사양은 표 1과 같다.

레이저 거리 측정기를 이용해 평면상의 직선을 검출할 수 있으나 평면의 방향을 인식하기 위해서는 2개

이상의 직선에 대한 정보가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 레이저 거리 측정기가 부착된 로봇의 관절을 제어함으로써 2개의 직선을 검출하고 이렇게 검출된 직선 정보를 이용해 평면의 방향을 인식하는 방법을 제안한다.

III. 용접 평면 인식

용접 평면을 인식하기 위해 그림 4와 같이 6자유도 KUKA 로봇에 레이저 거리 측정기를 부착하였다. 먼저 로봇의 회전 전 초기 위치에서 레이저 거리 측정기에 의한 평면 측정을 수행한다. 그림과 같이 레이저 다이오드가 회전하며 평면 위의 점들을 측정한다. 다음으로 로봇의 관절을 일정 각만큼 회전 시킨 후 다시 평면을 측정한다. 이와 같은 과정을 통해 평면의 방향을 인식하게 된다. 이 때 초기 위치에서 로봇 프레임 {R}과 센서 프레임 {S}의 방향을 일치하도록 정의하였고 두 프레임 상의 원점은 {R}의 y축 방향으로 l_s 만큼 평행 이동된 상태이다.

로봇에 부착된 레이저 거리 측정기와 강판 사이의 거리는 1m 이내이다. 따라서 표 1의 레이저 거리 측정기의 사양에서 볼 수 있듯이 ±0.01m 이내의 거리오차가 발생할 수 있다. 이러한 거리 오차는 최종 획득된 평면의

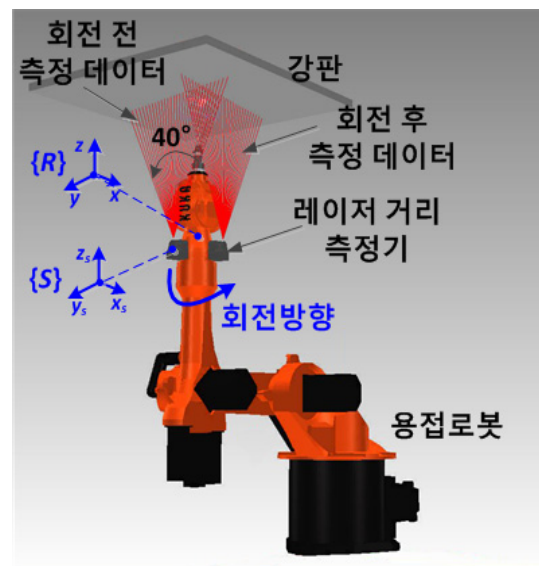


그림 4. Hand-eye 레이저 거리 측정기의 회전 동작에 의한 용접 평면 검출

Fig. 4. Welding plane detection by rotational motion of the hand-eye laser range finder.

방향에 영향을 주게 된다. 따라서 이러한 거리 오차를 줄이고 측정된 거리 데이터로부터 직선을 검출하기 위해 그림 5와 같이 Hough 변환을 적용하였고 이에 대한 수식은 다음과 같다.

$$\rho = x_i \cos \theta + z_i \sin \theta \quad (1)$$

여기서, $P_i(x_i, y_i, z_i)$ 는 레이저 거리 측정기로부터 획득된 i 번째 거리 값과 레이저 투영 각에 의해 계산된 3차원 측정 좌표이다. 이 때 측정된 거리 값은 센서 프레임 {S}의 x_s - z_s 평면상에 있기 때문에 y_i 값은 0이다. 그리고 레이저 거리 측정기는 전방 40° 측정 영역 내에서 114개의 거리 데이터를 획득하기 때문에 i 는 1부터 114의 값을 갖는다. 114개의 점 $P_i(x_i, 0, z_i)$ 를 식 (1)에 대입하여 이를 만족하는 모든 (θ, ρ) 셀의 가중치를 증가시킨다. 결과적으로 최대 가중치를 갖는 $(\theta, \rho) = (\theta_{max}, \rho_{max})$ 값이 측정된 점들이 이루는 직선의 방정식의 계수를 결정하게 된다. 이와 같이 Hough 변환은 투표를 통한 가중치 증가 방법에 기반을 두고 있어서 거리 데이터의 외란에 대한 영향을 감소시킬 수 있다.

Hough 변환에 의해 결정된 $(\theta_{max}, \rho_{max})$ 값에 의해 최종 직선의 방정식은 다음과 같이 결정된다.

$$\rho_{max} = x \cos \theta_{max} + z \sin \theta_{max} \quad (2)$$

식 (2)를 만족하는 임의의 두 점을 $P_1(x_1, 0, y_1)$, $P_2(x_2, 0, y_2)$ 라고 정의하자. 두 점 ${}^S P_1$ 과 ${}^S P_2$ 는 센서 프레임 {S}에서 정의된 점이다. 이 때 센서 프레임 {S}는 이동 좌표계이므로 이동할 때마다 이동된 센서 프레임 {S}을 기준으로 점들을 다시 정의해야 하는 문제가 있다. 따라서 초기위치에서의 로봇 프레임 {R}과 일치하도록 고정된 전역 프레임 {U}를 정의한다. 이 때 센서 프레임 {S}에서 정의된 점을 전역 프레임 {U}에서 표시

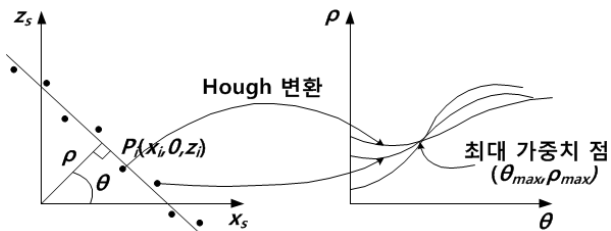


그림 5. 측정 거리 정보로부터 직선을 획득하기 위한 Hough 변환

Fig. 5. Hough transform for line acquisition from measured distances.

하면 다음과 같다.

$${}^U P = \begin{bmatrix} \cos \Delta \theta & -\sin \Delta \theta & 0 & 0 \\ \sin \Delta \theta & \cos \Delta \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & l_s \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} {}^S P \quad (3)$$

여기서 ${}^U P$ 와 ${}^S P$ 는 각각 점 P 를 전역 프레임 {U}와 센서 프레임 {S}를 기준으로 나타낸 것이다. 또한, $\Delta \theta$ 와 l_s 는 각각 전역 프레임의 z 축에 대한 로봇 프레임의 회전각과 두 프레임 {U}와 {S}의 원점 간 거리를 나타낸다. 따라서 로봇의 초기 상태에서 $\Delta \theta$ 는 0이 된다. 이와 같이 식 (3)을 통해 센서 프레임에서 표시된 두 점 ${}^S P_1$ 과 ${}^S P_2$ 를 전역 프레임에 대한 ${}^U P_1$ 과 ${}^U P_2$ 로 표현할 수 있다. 같은 방법으로 전역 프레임 {U}의 z 축에 대해 각 θ_m 만큼 회전 시킨 후 측정된 거리 데이터에 대해 Hough 변환을 적용하여 획득한 직선의 방정식을 만족하는 점 하나를 구한다. 이 때 이 점은 로봇이 회전하기 전 획득한 직선의 방정식 위에 있지 않아야 하며, 가능한 한 멀리 위치한 점으로 선택한다. 이렇게 구해진 점 ${}^S P_3$ 에 대해 $\Delta \theta$ 에 θ_m 을 대입한 식 (3)의 변환 행렬을 곱해 전역 프레임에서 정의된 ${}^U P_3$ 을 획득한다. 이렇게 구해진 세 점 ${}^U P_1$, ${}^U P_2$, ${}^U P_3$ 과 외적을 이용하여 평면에 수직인 법선 벡터 \vec{n} 을 구할 수 있다.

$$\vec{n} = (a, b, c) = \overrightarrow{{}^U P_1 P_2} \times \overrightarrow{{}^U P_1 P_3} \quad (4)$$

따라서 식 (4)에서 구해진 법선 벡터로 정의된 평면의 방정식 $ax+by+cz=d$ 에 점 ${}^U P_1$ 을 대입하여 d 를 결정함으로써 전역 프레임을 기준으로 한 강판의 최종 평면 방정식을 획득할 수 있다. 이렇게 구해진 평면의 방정식 위에 용접선이 반드시 포함되므로 성공적인 자동 로봇 용접을 위해 로봇의 용접 토치는 평면 위를 따라 움직여야만 한다.

IV. 시뮬레이션 결과

강판의 평면 인식 기법의 실효성을 검증하기 위해 그림 6과 같이 Simlab사에서 개발한 로봇 시뮬레이터 RoboticsLab을 이용해 시뮬레이션을 수행하였다. 이 때 로봇에 부착된 레이저 거리 측정기는 Hokuyo사에서 개발한 UBF-04LX-F01의 사양에 따라 각 해상도를 0.351562° 로 정의하였으며 레이저 거리 측정기와 강판

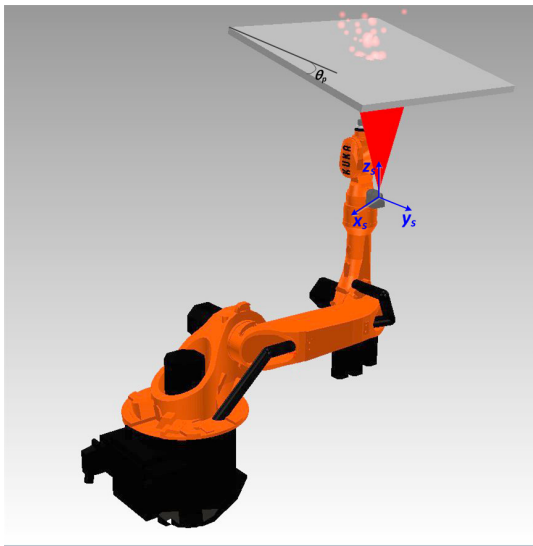


그림 6. RoboticsLab 시뮬레이터에 의한 실험 환경
Fig. 6. Experimental environment with the RoboticsLab Simulator.

사이의 측정거리가 1m 이내이므로 측정 거리에 대해 $\pm 0.01m$ 범위 내에서 균등 분포를 갖는 랜덤 노이즈를 포함시켰다. 초기위치에서 정의된 센서 프레임 {S}의 x_s 축을 기준으로 θ_p 를 0° , -15° , -30° 회전 시키면서 측정 실험을 진행하였다. 초기위치에서는 센서 프레임 {S}와 전역 프레임 {U}의 방향이 일치하기 때문에 전역 프레임을 기준으로 회전 시키며 측정 실험을 한 것이나 다름없다.

먼저 θ_p 가 -15° 일 경우 로봇 초기 위치와 로봇 프레임 {R}의 z 축 방향으로 $\theta_m=110^\circ$ 회전한 후의 실험 결과는 각각 그림 7, 그림 8과 같다. 그림 7 (a)는 로봇 초기 상태에서 획득된 레이저 거리 측정에 의한 측정 결과를 센서 프레임에서 표시한 것이다. 이렇게 획득된 거리 값에 Hough 변환을 적용하기 위해 100을 곱해 정수로 변환한 후 그림 7 (b)에 보이는 것과 같이 x_h-y_h 이미지 평면에 나타낸다. 이렇게 구해진 이미지에 대해 Hough 변환을 적용하면 그림 7 (c)에 보이는 것과 같이 획득된 거리 좌표에 의한 투표 결과로서 $\theta-\rho$ 그래프를 구할 수 있다. 여기서 최대 투표수를 획득한 (θ_{max}, ρ_{max}) 값은 $(-90^\circ, -347)$ 이다. 이렇게 획득된 직선 중 이미지 상의 점들에 해당하는 선분을 그림 7 (d)와 같이 구할 수 있다. 선분의 양 끝점을 스케일링과 좌표 변환을 통해 센서 프레임 {S}에서 나타낸 후 이를 다시 전역 프레임 {U}에서 표시한 점을 각각 ${}^U P_1$, ${}^U P_2$ 라고 정의하였다. 다음으로 로봇이 z 축을 기준으로 $\theta_m=110^\circ$

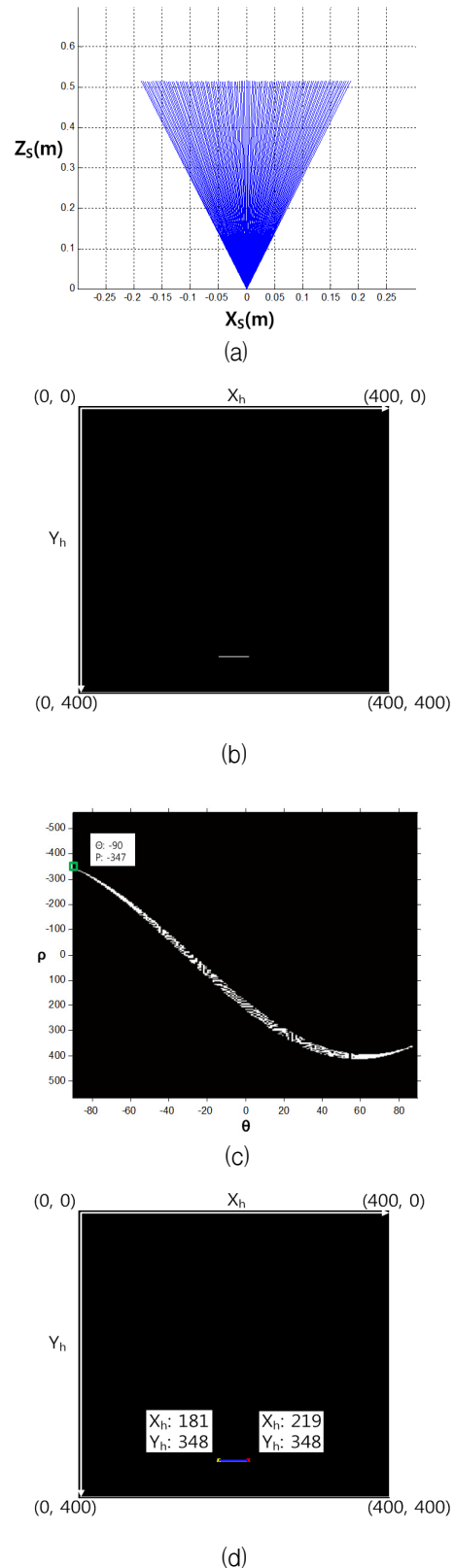


그림 7. θ_p 가 -15° 일 때 로봇 회전 전 실험 결과
Fig. 7. Experimental result before rotation of the robot for $\theta_p=-15^\circ$.

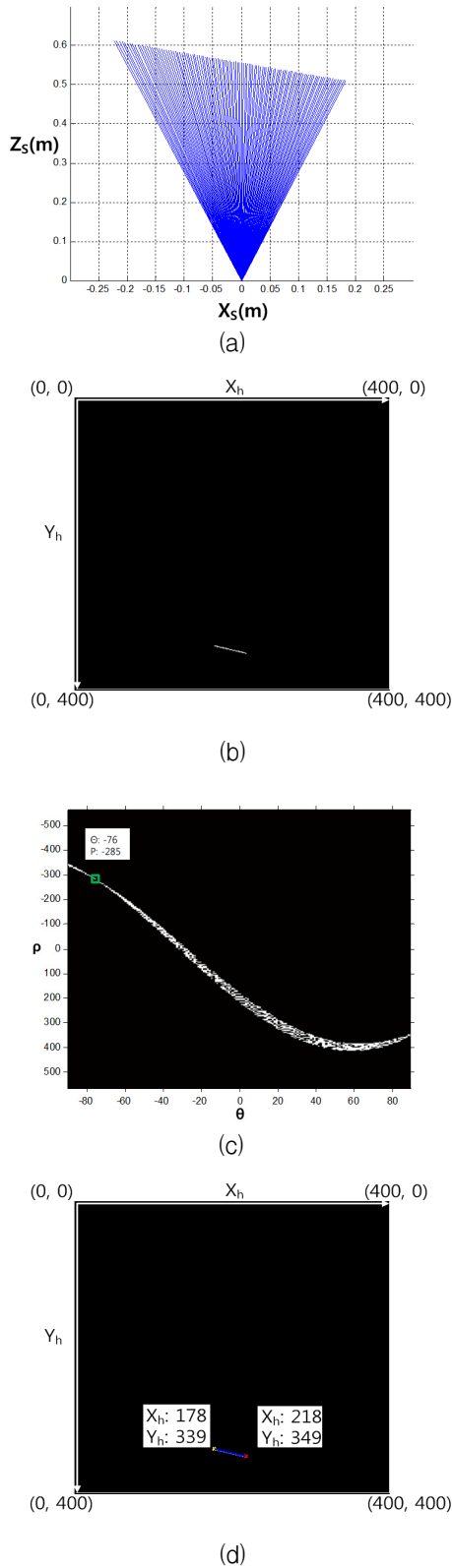


그림 8. θ_b 가 -15° 일 때 로봇 110° 회전 후 실험 결과
 Fig. 8. Experimental result after 110° rotation of the robot for $\theta_b=-15^\circ$.

만큼 회전 한 후 획득한 측정 거리는 그림 8 (a)와 같다. 이렇게 획득된 거리 데이터를 x_h-y_h 이미지 평면에 표시하면 그림 8 (b)와 같다. 초기 위치에서와 마찬가지로 Hough 변환을 적용하여 그림 8 (c)와 같은 결과를 얻을 수 있고 최대 득표를 한 $(\theta_{max}, \rho_{max})$ 는 $(-76^\circ, -285)$ 이다. 이렇게 획득된 직선 중 이미지 상의 점들로 이루어진 선분은 그림 7 (d)와 같이 구할 수 있다. 선분의 양 끝점을 좌표 변환을 통해 전역 좌표계 $\{U\}$ 에서 표시한 점을 ${}^U P_3, {}^U P_4$ 로 정의하였다. 이렇게 획득된 평면상의 4개의 점 ${}^U P_1, {}^U P_2, {}^U P_3, {}^U P_4$ 중 3점을 이용해 평면의 법선 벡터를 구한 결과 실제 평면의 법선 벡터와 각도 오차가 0.9° 이하로 나타났다. 이와 같은 방법으로 θ_b 가 0° 일 경우와 -30° 일 경우에 대해 실험한 결과 각각 각도 오차가 0° 와 2° 이하로 나타났다. 평면의 기울어진 각도 θ_b 가 커질수록 각도 오차가 커지는 경향을 확인할 수 있었다. 하지만 실제 자동 로봇 용접의 경우 용접 평면이 거의 수평에 가깝기 때문에 본 논문에서 제안한 방법을 이용해 용접 작업에 적합한 정밀도를 갖고 평면의 방향을 인식하는 것이 가능함을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 성공적인 자동 로봇 용접을 위해 용접 강판의 위치 및 방향을 정밀 측정하는 방법에 대해 제안하였다. 자동 로봇 용접 환경의 특성상 주변 외란에 강인한 레이저 거리 측정기를 이용하였다. 이 때 레이저 거리 측정기의 측정 오차를 줄이기 위해 Hough 변환을 적용하였다. Hough 변환을 통해 평면상의 직선의 방정식을 구할 수 있었다. 그리고 용접 강판의 방향을 구하기 위해서 로봇에 부착된 레이저 거리 측정기를 회전 시킨 후 용접 강판위의 직선을 하나 더 획득하였다. 이렇게 구해진 두 직선상의 서로 다른 3점을 고정된 전역 프레임에서 표시한 후 외적을 통해 평면의 법선 벡터를 계산할 수 있었다. 법선 벡터와 직선상의 한 점으로부터 전역 프레임에서 정의된 평면의 방정식을 획득하였다. 이렇게 구해진 평면의 방정식에 용접선이 포함되므로 로봇은 이 평면 상에서 용접을 수행해야 실패 없이 자동 용접이 가능하다. 본 논문에서 제안된 평면 인식 기법을 통해 조선이나 자동차 생산 공정에서 강판에 금속 대상체를 용접하는 작업의 성공률을 높일 수

있을 것으로 기대된다. 더 나아가 평면으로 이루어진 공간을 인식하여 3차원 그래픽 이미지를 재건하는 분야에도 활용 될 수 있을 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] P. Sicard and M. D. Levine, "An approach to an expert robot welding system," IEEE Trans. On SMC, pp.204-222, 1988.
- [2] J. N. Pires, A. Loureiro, T. Godinho, P. Ferreira, B. Fernando, and J. Morgado, "Welding Robots," IEEE Robotics & Automation Magazine, Vol. 10, pp.45-55, 2003.
- [3] 이수영, 정명진, 변증남, "CAD 데이터를 이용한 용접용 로봇의 최적 교시," 대한전자공학회 논문지, 제27권, 제10호, 1499-1508쪽, 1990.
- [4] X. Lin, C. Maoyong, W. Haixia, and C. Michael, "A Method to Locate Initial Welding Position of Container Reinforcing Plates using Structured-Light," In Proc. of the 27th Chinese Control Conference, pp.301-314, 2008.
- [5] X. Lin, C. Maoyong, H. Wang, and S. Ning, "Location of Initial Welding Position based on Structured-light and Fixed in Workspace Vision," Proc. of IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems, pp.588-592, 2008.
- [6] J. B. Park, S. H. Lee, and I. J. Lee, "Precise 3D Lug Pose Detection Sensor for Automatic Robot Welding using a Structured-Light Vision System," Sensors, Vol.9, No.9, pp.7750-7565, 2009.
- [7] R. Jain, R. Kasturi, and B. G. Schunck, "Machine Vision," McGraw-Hill, Inc., pp.218-223, 1995.
- [8] RoboticsLab Simulator, <http://simlab.co.kr>

저 자 소 개



박 재 병(정회원)-교신저자
2000년 성균관대학교 전기·전자 및 컴퓨터공학부 학사 졸업.
2002년 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 석사 졸업.
2006년 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 박사 졸업.

2006년~2007년 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 BK21 박사후연구원.

2007년~현재 전북대학교 전자공학부 조교수.

<주관심분야 : 다중 로봇 제어, 이동 로봇 제어, 원격 로봇 제어, 로봇 비전>



이 성 민(학생회원)
2010년 전북대학교 전자·정보공학부 학사 졸업.

2011년~현재 전북대학교 전자·정보공학부 전자공학 석사 재학.

<주관심분야 : 로봇 제어, 센서 계측>