

스플라인 알고리즘을 이용한 비드 가시화

구 창 대* · 양 형 석*·† · 김 맹 남**

한국폴리텍VI대학 산업설비학과
(주)토탈소프트뱅크 의공학연구소

Bead Visualization Using Spline Algorithm

Chang-Dae Koo*, Hyeong-Seok Yang*·† and Maeng-Nam Kim**

*Dept of Automation of Industrial Installation Korea Polyteching VI College, Daegu 703-721, Korea

**Dept of Bio-medical Engineering Institute TOTAL SOFT BANK LTD., Daegu 701-730, Korea

†Corresponding author : hyungsuk820@hanmail.net

(Received October 28, 2014 ; February 5, 2015 ; Accepted January 8, 2016)

Abstract

In this research paper, suggest method of generate same bead as an actual measurement data in virtual welding conditions, exploit morphology information of the bead that acquired through robot welding. It has many multiple risk factors to Beginners welding training, by we make possible to train welding in virtual reality, we can reduce welding training risk and welding material to exploit bead visualization algorithm that we suggest so it will be expected to achieve educational, environmental and economical effect.

The proposed method is acquire data to each case performing robot welding by set the voltage, current, working angle, process angle, speed and arc length of welding condition value. As Welding condition value is most important thing in decide bead form, we would selected one of baseline each item and then acquired metal followed another factors change. Welding type is FCAW, SMAW and TIG. When welding trainee perform the training, it's difficult to save all of changed information into database likewise working angle, process angle, speed and arc length. So not saving data into database are applying the method to infer the form of bead using a neural network algorithm. The way of bead's visualization is applying the spline algorithm. To accurately represent Morphological information of the bead, requires much of morphological information, so it can occur problem to save into database that is why we using the spline algorithm.

By applying the spline algorithm, it can make simplified data and generate accurate bead shape.

Through the research paper, the shape of bead generated by the virtual reality was able to improve the accuracy when compared using the form of bead generated by the robot welding to using the morphological information of the bead generated through the robot welding.

By express the accurate shape of bead and so can reduce the difference of the actual welding training and virtual welding, it was confirmed that it can be performed safety and high effective virtual welding education.

Key Words : Virtual welding, Bead visualization, Spline algorithm

1. 서 론

용접은 제조 산업에서부터 중공업, 자동차 공업, 전기/전자 산업, 플랜트 설비 산업 분야 등에서 사용되어

지고 있다.

공업계 고등학교, 마이스터고, 직업 전문학교, 폴리텍 대학 등에서는 많은 학생들을 대상으로 용접 교육을 실시하고 있다. 하지만 오랜 세월동안 사용해 왔던 기술 이긴 하지만, 교육 훈련 중에는 많은 문제점이 노출되

고 있다. 가스중독, 섬광, 어지러움증, 정신이 혼란한 증세, 피부 화상, 각결막염 등 질병과 사고에 노출될 수 있으며, 불꽃 온도 및 작업복, 헬멧의 착용으로 체감온도가 40도 이상일 정도로 교육환경이 열악한 실정이다.

또한 용접 와이어 또는 용접봉, 전력, 실습자재, 피복, 가스, 소모성 공구 등 훈련 환경을 구축하거나 훈련시에 많은 비용이 소모가 된다. 특히 전력 문제는 심각한 상황이다. 비용절감 뿐만 아니라 에너지 절약, 유해가스 발생, 소모성 재료의 폐기 등에 대비할 수 있는 교육 방법이 필요하다.

가상 현실은 사람들이 일상적으로 경험하기 어려운 환경을 직접 체험하지 않고서도 그 환경에 들어와 있는 것처럼 보여주고 조작할 수 있게 해주는 방법이다.

본 논문에서는 실 용접에서 획득한 시편을 이용하여 가상에서도 실 용접과 동일한 비드의 형태를 표현하는 방법을 제시한다. 실 용접에서 생성되는 비드의 형태와 가상 용접에서 생성되는 비드의 형태의 정확도를 검증한 후, 가상 용접 훈련 시스템에 적용하여 현실과 동일한 형태의 비드를 생성함으로써, 초보 용접 훈련자의 용접 훈련에 많은 도움이 될 것이다²⁾.

2. 시편 촬영 및 계측

2.1 용접 조건 Data Set

로봇 용접을 통해 시편을 획득하기 위해서는, 먼저 각 용접 조건별로, 시편을 획득할 수 있는 Data Set을 구성한다. 비드의 형태에 직접적인 영향이 될 수 있는 전압, 전류와 간접적인 요인이 작업각, 진행각, 속도, 아크길이를 이용하였고, 해당 Data Set의 조건 별로 로봇 용접을 수행한다.

2.2 로봇 용접 및 시편 계측

로봇 용접을 이용하여 전류, 전압, 속도, 작업각, 진행각 등을 파라미터로 샘플을 획득한 후, 광학측정기를 이용하여 비드의 형상을 측정한다. 이 때, 비드를 정확히 계측하기 위해서는 비드의 단면 정보가 정확히 나타나야 한다. 잘못 절단을 하였을 경우, 비드의 단면 정보가 정확히 나타나지 않아, 정확한 비드의 형태를 계측할 수 없다. 그리하여 레이저 절단으로 단면적이 깨끗하게 나올 수 있도록 절단을 수행하고, 비드 계측을 수행한다²⁾.

비드 계측 방법은 비드의 형태 중, 가장 높은 지점을 기준으로 좌,우로 각각 4개의 점을 선정한다. 이 때,

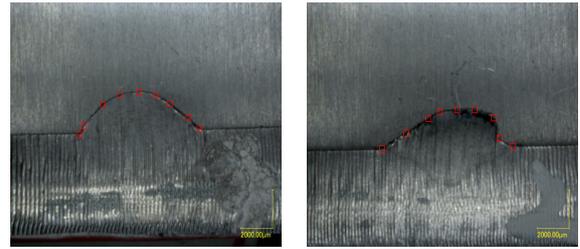


Fig. 1 Bead measuring point

처음 시작점과 끝 점은 높이 값이 0이어야 하며, 지점 선정 방법은 스플라인 알고리즘을 최대한 활용하기 위하여 비드의 모양이 굴곡이 진행되는 지점을 기준으로 선정을 한다. Fig. 1은 완만한 형태의 비드 계측 지점과 굴곡이 심한 형태의 비드 계측 지점을 나타낸 것이다.

3. 뉴럴 네트워크 알고리즘

뉴럴 네트워크는 뇌기능의 특성 몇 가지를 컴퓨터 시뮬레이션으로 표현하는 것을 목표로 하는 수학 모델이다. 뉴럴 네트워크는 시냅스의 결합으로 네트워크를 형성한 인공 뉴런(노드)이 학습을 통해 시냅스의 결합 세기를 변화시켜, 문제 해결 능력을 가지는 모델이다¹⁾.

가상 용접 훈련에서 용접기의 전압과 전류, 토치의 작업각, 진행각, 속도에 따른 비드 형태를 결정하기 위하여 뉴럴 네트워크 알고리즘을 이용한다. 뉴럴 네트워크 알고리즘의 입력 값은 전압, 전류, 작업각, 진행각, 속도, 아크길이를 주어지게 되며, 알고리즘의 연산을 통하여 비드 형태의 9개 좌표 지점을 도출한다. Fig. 2는 가상 용접 훈련에서 사용되는 뉴럴 네트워크 알고리즘의 구조를 나타낸 것이다³⁾.

4. 스플라인 알고리즘

스플라인 알고리즘은 컴퓨터 그래픽에서 수학 공식 가운데 스플라인 함수를 이용하여 표현하는 매끄러운 곡선이다. 스플라인 곡선은 적은 수의 제어점으로 매끄러운 곡선을 만들기 위한 방법의 하나이며, 함수의 차

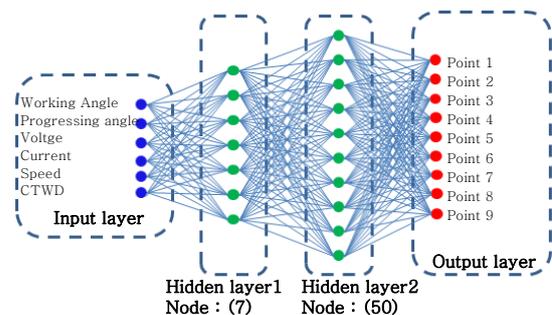


Fig. 2 Neural network algorithm

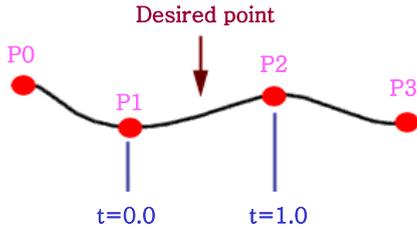


Fig. 3 Spline algorithm

수가 높을수록 선이 매끄럽게 되고 보통 3차 스플라인이 많이 사용된다. 베지어 곡선과 같이 널리 사용되고 있는데, 스플라인 곡선의 데이터로 베지어 곡선으로의 변환이 가능한 것이 특징이다. 스플라인 곡선은 모든 제어점을 지나가는 것과 지나가지 않는 것이 있으며, 후자는 컴퓨터 그래픽 등으로 곡면을 만드는 데에 사용하고 있다. 자동차나 비행기의 표현과 같은 유선형의 곡선을 설계할 때 많이 사용된다.

곡선을 정의하는 점들은 제어점이라 불리며, 만들어진 커브가 제어점들을 모두 지나가는 방식의 스플라인 알고리즘을 적용한다. 곡선위의 점을 계산하기 위해 필요한 점의 다른 라인 위에 두 개의 점을 Fig. 3에서 나온 것처럼 필요로 한다. 가장 가까운 두 제어점의 부분을 정하는 값 t가 점의 위치를 정한다.

제어점 P0, P1, P2, P3 그리고 변수 t를 주고, 점의 위치를 계산할 수 있다. 단, 제어점들은 동일한 평면위에 있다고 가정을 해야 한다. 해당 내용을 수식으로 표현하면, 아래와 같다.

$$q(t) = 0.5 * ((2 * P1) + (- P0 + P2) * t + (2 * P0 - 5 * P1 + 4 * P2 - P3) * t^2 + (- P0 + 3 * P1 - 3 * P2 * P3) * t^3)$$

5. 비드 가시화

앞에서 언급한 뉴럴 네트워크 알고리즘과 스플라인 알고리즘을 이용하여 가상의 비드를 생성한다. 가상 용접 훈련 중, 생성되는 입력값을 이용하여 뉴럴 네트워크 알고리즘에 대입한다. 대입된 입력값을 이용하여 알고리즘을 수행하게 되면 9개의 좌표값이 출력된다. 출력된 좌표 값을 스플라인 알고리즘에 대입하게 되면 비드의 형태 정보가 만들어지게 된다. 만들어진 비드의 형태 정보를 가상 현실에서 표현하는 것이 가상 용접 훈련의 가장 큰 핵심이다.

비드를 생성하는 방법은 스플라인 알고리즘을 통해 획득한 비드의 형태 정보를 가상의 시편 Mesh의 Vertex 좌표를 대입 시키는 방법으로 표현한다. Vertex의 기준 좌표에서 생성되는 비드의 좌표를 대입 함으로써,

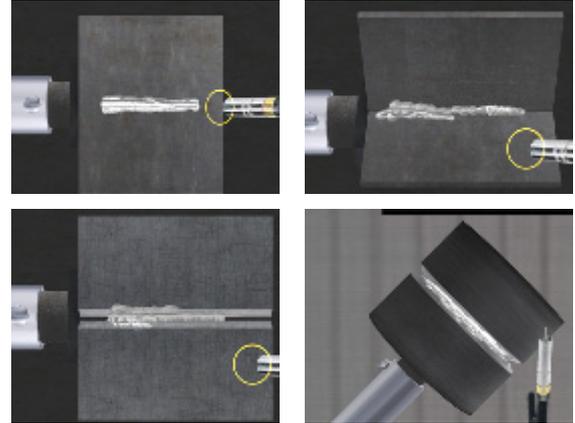


Fig. 4 Spline algorithm, application examples(BOP, T-Fillet, V-Groove, PIPE)

비드의 형태가 정확히 표현되는 방법이다.

Fig. 4는 스플라인 알고리즘을 적용하여 가상의 용접 환경에서 BOP, T-Fillet, V-Groove, Pipe 모재에 용접을 수행한 결과물이다.

6. 실험 및 구현 결과 분석

본 논문의 실험 환경은 Intel(R) Xeon(R) CPU W3550 @ 3.07GHz 3.06GHz와 4G의 RAM이 장착된 IBM 호환 PC를 활용하였으며, 소프트웨어는 Virtools 5.0과 Visual studio 2008 MFC, Microsoft SQL Server 2005를 사용하여 구현하였다.

제안된 비드 가시화의 실험 방법은 실 용접에서 시편을 획득한 Data Set을 가상에서 동일하게 설정한 후, 로봇 용접과 동일하게 가상 용접을 진행하였다. 진행 후, 실제 시편을 절단한 위치와 동일한 지점의 단면 정보를 추출하여 실제 비드 단면 정보와 가상의 비드 단면 정보를 비교하여 가상 비드의 정확도를 확인하였다. 실험 값은 Table 1의 용접 조건 값을 이용하여 실제 용접한 결과와 가상으로 용접한 결과 값을 이용하여 실험 및 분석을 수행하였다.

Fig. 5와 Fig. 6은 실제 비드의 단면 정보와 가상 비드의 단면 정보를 나타낸 것이다. Fig. 5는 완만한 형태의 비드를 비교 한 것이고, Fig. 6은 굴곡이 심한 비드의 형태를 비교하였다. Fig. 5의 왼쪽의 영상은 실제 용접을 통해 얻은 비드를 절단하여 광학측정기로 촬영하여 측정한 영상이며, 오른쪽 그림은 가상으로 용접한 결과물을 나타내었다.

실제 비드와 가상의 비드의 정확도를 분석해 본 결과, 완만한 형태의 비드는 98% 이상의 높은 정확도를 나타내었고, 굴곡이 심한 비드의 경우 95% 이상의 정

Table 1 Database

Welding data							
ID	base	Volt (V)	Amp (A)	Speed (mm/min)	WA	TA	Thickness (mm)
F_B_1	base	22	100	300	0	15	6
F_B_2	Volt	18	100	300	0	15	6
F_B_3	Volt	20	100	300	0	15	6
F_B_4	Volt	24	100	300	0	15	6
F_B_5	Volt	26	100	300	0	15	6
F_B_6	Volt	28	100	300	0	15	6
F_B_7	Amp	22	80	300	0	15	6
F_B_8	Amp	22	120	300	0	15	6
F_B_9	Amp	22	140	300	0	15	6
F_B_10	Amp	22	160	300	0	15	6
F_B_11	Amp	22	180	300	0	15	6
F_B_12	Amp	22	200	300	0	15	6
F_B_13	Speed	22	100	200	0	15	6
F_B_14	Speed	22	100	400	0	15	6
F_B_15	WA	22	100	300	-20	15	6
F_B_16	WA	22	100	300	-10	15	6
F_B_17	WA	22	100	300	10	15	6
F_B_18	WA	22	100	300	20	15	6
F_B_19	WA	22	100	300	30	15	6
F_B_20	TA	22	100	300	0	0	6
F_B_21	TA	22	100	300	0	5	6
F_B_22	TA	22	100	300	0	10	6
F_B_23	TA	22	100	300	0	15	6
F_B_24	TA	22	100	300	0	20	6

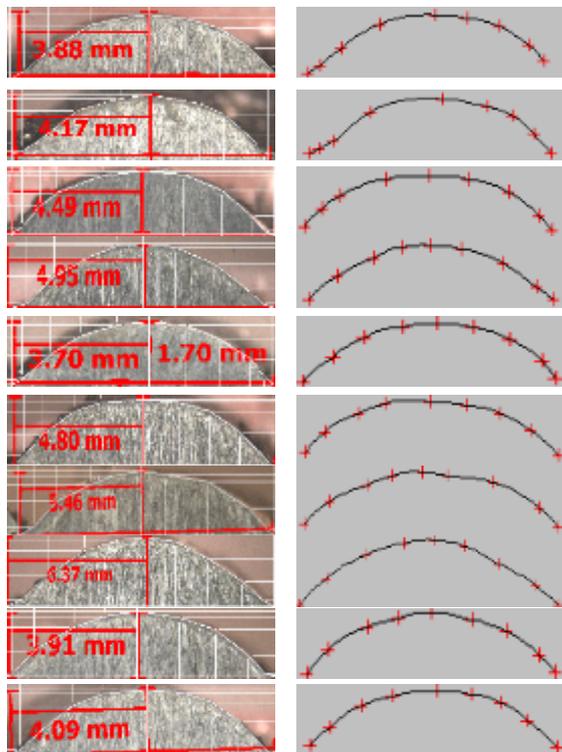


Fig. 5 Bead of a gentle form

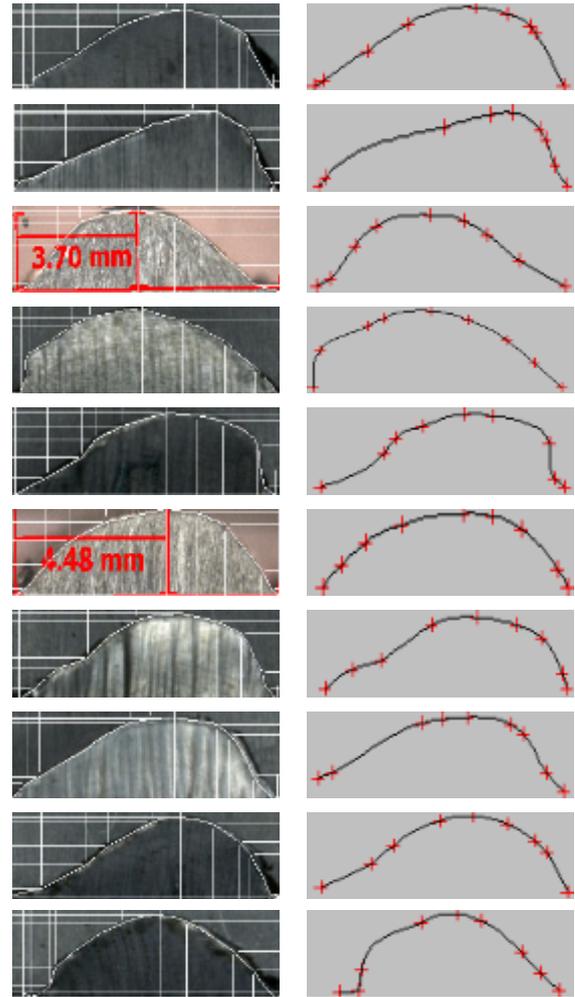


Fig. 6 The severe form of beads bend



Fig. 7 Virtual welding

확도를 나타내었다. 정확도 계산은 사전에 계측한 각 제어점의 좌표 정보를 이용하여 가상으로 생성된 제어점의 좌표를 정확도를 계산하고, 또한 실제 용접의 비드 면적과 가상 용접의 비드 면적을 이용하여 정확도를 계산하였다. Fig. 7은 실험에 사용된 가상 용접 훈련 시뮬레이터이며, Tabel 1의 용접 조건을 입력하여 가상 용접을 수행한 화면이다.

7. 결 론

본 논문에서는 실 용접에서 획득한 비드의 형태 정보를 이용하여 가상 용접에서 동일한 형태의 비드를 표현하는 방법을 연구하였다. 실제 비드를 계측한 후, 뉴럴 네트워크 알고리즘을 이용하여 비드의 형태 정보를 생성하였다. 생성된 비드의 형태 정보를 이용하여, 스플라인 알고리즘에 적용하여 가상의 비드의 형태를 결정하였고, 결정된 비드 형태를 가상 현실에서 표현하였다. 표현된 비드의 형태 정보를 실 용접에서 계측한 비드의 형태와 비교 하였을 때, 완만한 형태의 비드의 경우 98%,

굴곡이 심한 형태의 비드의 경우 95%의 정확도를 확인할 수 있었다.

실 용접과 유사한 형태의 비드를 표현함으로써, 가상 용접 훈련의 정확성과 신뢰성을 높일 수 있었다. 높은 정확성과 신뢰성을 바탕으로 초보 용접 훈련자에게 많은 도움이 될 것으로 사료되며, 또한, 용접 교육의 이점 외에, 환경적, 경제적인 요인 또한 많은 이익이 될 것으로 전문가 자문을 통해 확인 하였다.

References

1. G. Lee, U.Y. Yang, U.H. Son, Y.W. Kim, D.S. Jo, K.H. Kim, J.S. Choi, Virtual Reality Content-Based Training for Spray Painting Tasks in the Shipbuilding Industry, *ETRI Journal*, 32-5 (2010), 695-703 (in Korean)
2. D.S. Jo, Y.W. Kim, U.Y. Yang, G. Lee, J.S. Choi, K.H. Kim, Virtual Reality Based Welding Training Simulator, *Journal of KWJS*, 53 (2010), 49-49 (in Korean)
3. D.S. Jo, Y.W. Kim, U.Y. Yang, G.A. Lee, J.S. Choi, Visualization of Virtual Weld Beads, *In Proceedings of the 2009 ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, (2009), 269-270