

아크센서에 있어서 신경회로망을 이용한 신호처리 기법에 관한 연구

문 형순* (한국과학기술원 정밀공학과)
이 승영 (한국과학기술원 정밀공학과)
나 석주 (한국과학기술원 정밀공학과)

1. 서론

대형 구조물의 용접이나 소품종 대량생산에서 요구되는 용접자동화의 기능이 점차 증가됨에 따라 열악한 환경하의 수용접(manual welding)은 한계에 이르게 되었다. 유해 가스, 용접광, 소음등에 의해 작업자들이 점점 이러한 일을 기피하고 또한 수용접 시 나타나는 재현성(repeatability) 및 생산성 향상의 한계점으로 인해 로봇 용접용 센서의 필요성이 대두되게 되었다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 여러가지 센서들의 개발이 필수적으로 요구되었으며 이러한 필요성에 따라 접촉식 센서(tactile sensor), 아크 센서(arc sensor), 영상 센서(vision sensor)등이 개발되었다.

접촉식 센서는 로봇트가 움직여야할 용접부를 기계적인 접촉을 이용하여 안내하는 탐침, 안내로울러를 이용한 것이며 접근 방식이 비교적 간단하므로 가격이 싼 장점이 있으나 물리적인 접촉이 필요하며 얇은 모재나 정확하게 형상을 정의하기 어려운 용접 부인 경우에는 한계성이 있다.

영상 센서의 경우 레이저빔을 직접 용접부에 조사해 이에 의해서 반사된 빛을 영상 센서에서 받아서 이 광데이터를 수학적인 처리를 이용하여 용접부에 대한 정보를 얻어 내는 방식이다. 이는 용접조건의 변화에 따른 여러가지 적응능력이 있으나 영상처리 시간이 길고 아크광이나 주변 용접조건들에 의해 화상처리가 방해 받을 수 있다는 단점이 있다[1].

아크센서의 경우에는 팁-모재간 거리가 변화함에 따라 용접기의 특성에 따라서 전류, 전압이 변화하는 것을 이용한 것이다. 이는 아크 자체가 센서를 구성하는 역할을 하나 전극봉과 모재사이의 거리에 따른 전류값의 측정시 금속 이행모드에 의해 값들이 변화가 심하고 또한 전기적인 노이즈에 의해 이 값들의 신빙성이 떨어지며 결과적으로 아크센서의 정밀도를 저하시키는 요인이 된다.

본 연구에서는 노이즈에 대한 문제를 해결할 수 있는 알고리즘 개발과 이를 이용해서 용접그루브 끝단에서의 전류값을 예측하고 비례게인(proportional gain)을 통한 로봇트의 보정정보를 형성시켜 용접부의 그루브를 추적하는 시스템을 구성하고자 하며 이를 위한 시스템 구성도를 Fig.1에 나타내었다.

2. 아크센서의 구현

2-1. 실험적 모델링

팁-모재간의 거리에 대한 전류값의 상관관계를 갖는 비례게인들을 얻기위하여 일련의 실험들을 여러가지 와이어 공급속도, 용접전압, 팁-모재간 거리를 달리해서 해 볼 필요가 있다. 따라서 적은 횟수의 실험으로 용접전류와 팁-모재간 거리에 대한 관계를 구하는 것이 필요하였다. 이러한 이유로 용접전류와 팁-모재간 거리에 대한 관계식을 구하기 위하여 2³ 법을 사용하여 이들의 관계식을 얻고, 이를 이용해 용접선 추적을 위한 로봇트 제어신호를 구성하기위한 비례게인을 얻을 수 있다. [2].

2-2. 용접신호 처리

용접신호 처리를 위하여 측정된 전류를 하드웨어(hardware)적으로 저역통과필터(low pass filter)를 거친후 A/D변환을 하였으며 변환된 전류신호를 이동평균(moving average)알고리즘으로 디지털 필터링 효과를 주었다. 이렇게 처리된 전류 신호는 곧바로 토치 아래의 그루브 형상을 나타내어야 하나, 실제로는 전류의 노이즈성분, 아크의 불안정등 프로세서의 특성이 포함되어 그루브 형상을 정확히 알아내기에는 어려움이 있다. 따라서 미리 그루브의 형상을 가정할 수 있다면 이러한 난점이 많이 줄어들 것이다. 이러한 관점에서 신경회로망을 이용해 그루브의 형상을 인식하고 그루브의 양 끝단에서의 전류값을 2차 최소자승법을 이용하여 나온 값으로 훈련시킴으로서 2차 최소자승법의 특징을 살림과 동시에 노이즈 오류에 대한 안정성을 기하였다.

2-3. 신경회로망을 이용한 신호처리

입,출력 값은 시그모이드 함수의 특성에 의해 값들이 0 혹은 1로 수렴하는 것이 어려우므로 0.1 ~ 0.9 사이의 값으로 표준화(normalizing) 하였다[3].

이를 식으로 나타내면

$$[(0.9 - 0.1)/(Value(max) - Value(min)) \cdot (Value - Value(min)) + 0.1]$$

여기서 Value(max)는 사용하고자 하는 전류 범위의 최대값을 의미하며 Value(min)은 사용 전류의 최소값을 의미한다. 또한 Value는 토치가 그루브를 위빙할 때 측정되는 전류값을 의미한다.

원하는 출력값에 대한 데이터는 위에서 구한 표준화 값을 기초로하여 2차 최소자승법에 의해 나타난 끝단의 전류값을 이용하였다.

신호처리시 각각의 전류 패턴이 어떤 값을 가지게 되는가에 따라서 신경회로망의 학습의 최적성이 결정될 수 있으므로 본 논문에서는 용접 중심선과 이로부터 왼쪽, 오른쪽으로 약간의 편차를 준 3가지 모드에서 전류값을 측정하여 각각의 모드중에 가장 현저하게 나타나는 전류값들을 학습시 각각의 패턴으로 사용하였다. 이를 Fig.2에 나타내었으며 여기서 구한 전류 패턴을 조금 변경시켜 신경회로망의 전체 학습패턴을 형성하였다.

신호처리에 있어 노이즈 민감도가 작은 특성을 갖는 신경회로망을 구성하기 위해서 입, 출력 갯수, 은닉층 갯수, 은닉층의 처리단위를 다양하게 바꿔가면서 실험해 보았다. Fig.3에 위빙 끝단에서의 전류값을 예측하는 신경회로망의 구조를 각각 입력 갯수가 30개, 은닉층의 갯수 2개, 은닉층의 처리단위를 15, 20, 25로 변경시켜가며 실험한 결과를 나타내었으며 임의의 데이터에 대한 출력이 30 - 20 - 20 - 1의 구조인 경우 2차 최소자승법의 결과에 대한 값과 가장 유사함을 알 수 있었다. Fig. 4에서는 측정된 전류값중에 노이즈가 개재되었을때 위빙 끝단에서의 전류값을 형성시킬 경우 2차 최소자승법과 신경회로망의 결과를 비교하였다. 여기서 보면 2차 최소자승법을 이용한 경우는 노이즈가 개재된 경우 이를 추종하는 경향을 가지나 신경회로망의 경우 노이즈에 민감하지 않아 출력이 실질적인 값과 유사함을 알 수 있었다.

Fig. 5와 Fig.6에서는 각각 입력 갯수를 40개, 은닉층의 갯수를 2개, 은닉층의 처리단위를 20개씩 가진 신경회로망과 입력 갯수를 40개, 은닉층의 갯수를 2개, 은닉층의 처리단위를 25개씩 가진 신경회로망에 대한 실험결과를 나타내었으며 두 구조 모두 학습된 결과가 2차 최소자승법의 특성을 갖지 않음을 알 수 있었다. 은닉층의 처리단위를 더 증가시킬 수 있으나 입력갯수가 40개 이상일 경우는 처리시간이 많이 걸려 실제 용접공정에서의 사용은 정지시간을 지정할 때 범위가 대폭 줄어들므로 비 효율적이라 본 논문에서는 더 이상의 처리단위 증가 실험을 하지않았다.

3. 실험 및 결과

용접선 추적을 위한 알고리즘은 우선 위빙시간을 측정하고 샘플링 시간을 결정한다. 다음 위빙에서는 샘플링한 전류신호를 이용해서 기준 전류값을 선정후 각 위빙마다 전류값을 샘플링하고 고정치를 형성한 후 다음 위빙에 이 값들을 전달하게 된다.

실험에 사용한 재료는 두께 2mm의 연강을 사용했으며 보호가스로는 AR 80%, CO₂ 20% 인 혼합가스를 사용하였다. 용접와이어는 직경 1.2mm의 것으로 솔리드 와이어(Solid Wire)인 AWS ER70S-6을 사용하였다. 용접기는 모델명 Miller-Pulstar 450를 사용하였다.

이 데이터를 가지고 각각 초기 음셀각도 4°, 5°를 주고 용접선을 추적한 실험 결과를 각각 Fig.7과 Fig.8에 나타내었다.

4. 결론

아크센서를 구현하기 위한 신호처리 알고리즘 개발에 신경회로망을 도입함으로써 전류신호를 측정할때 나타나는 각종 노이즈에 대한 문제점을 해결할 수 있었으며 이를 이용한 아크센서를 실제 용접에 적용했을때 위빙중심을 잘 추적하는 것을 볼 수 있었다. 또한 신경회로망에 용접시 나타나는 여러가지 현상에 대한 데이터를 적용 함으로써 개선된 아크센서를 구현할 수 있으리라 생각된다.

참고 문헌

1. D. Grannan : The New Weld Joint Trackers - Their History and Technology, Welding Journal, March, 1986.
2. 나 석주, 이승영, 김 수영, 문 형순 : ARC WELDING ROBOT을 위한 ARC SENSOR 개발에 관한 연구, 한국과학기술원 정밀공학과, 보고서, 1992.
3. K. Andersen, G. E. Cook, G. Karssai and K. Ramaswamy : Artificial Neural Networks Applied to Arc Welding Process Modeling and Control, IEEE Transaction on Industry Application, VOL. 26, NO. 5, September/October 1990.

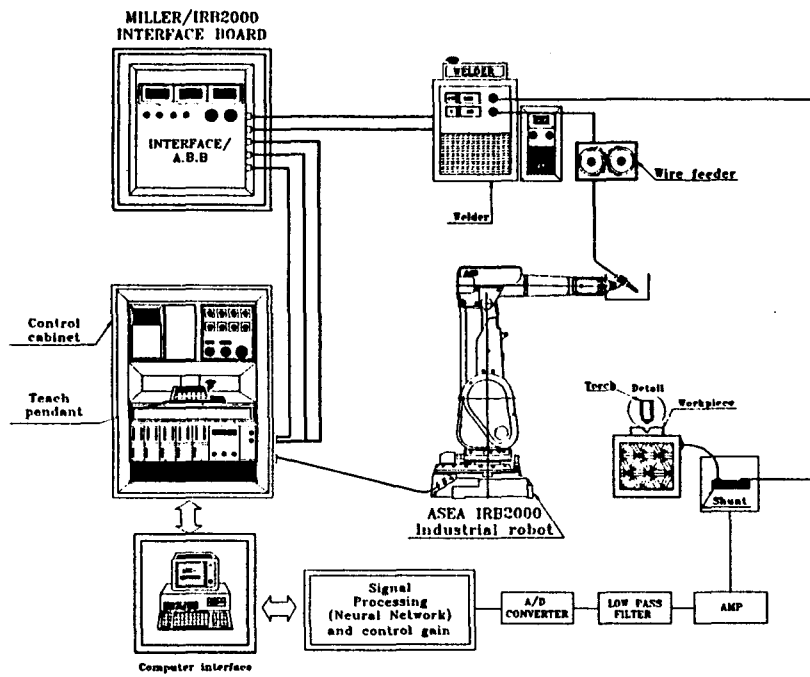


Fig.1 Schematic diagram for developing Arc sensor using Neural Network

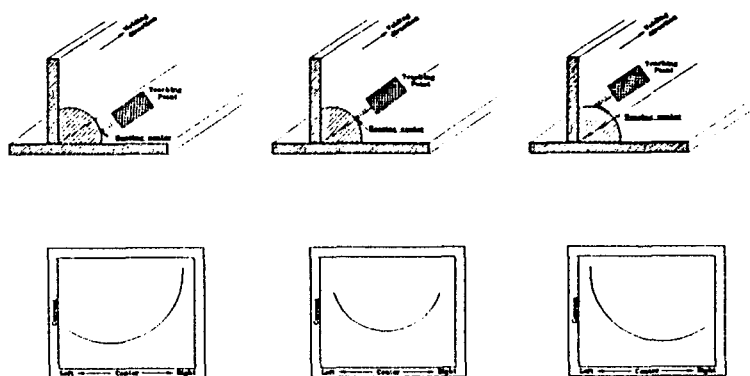


Fig.2 Experimental three patterns of measuring current

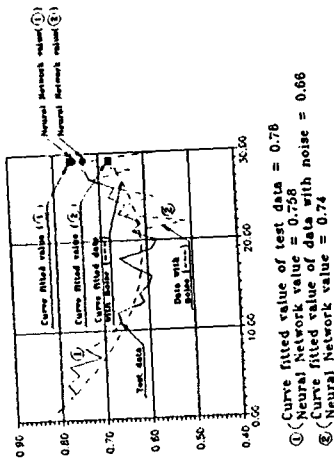


Fig.4 Test of Neural Network for calculation of current with noise (30 - 20 - 20 - 1)

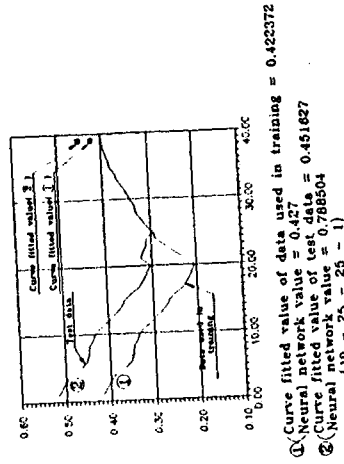


Fig.6 Test of Neural Network for calculation of current without noise (40 - 25 - 25 - 1)

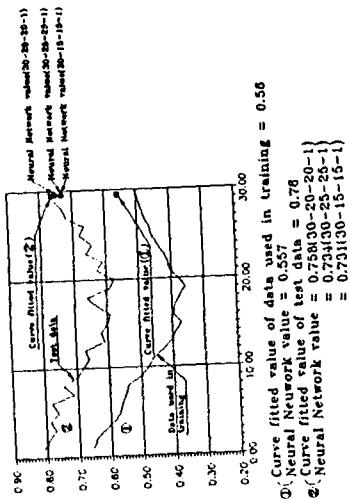


Fig.3 Test of three type's Neural Network for calculation of current without noise (30-15-15-1), (30-20-20-1), (30-25-25-1)

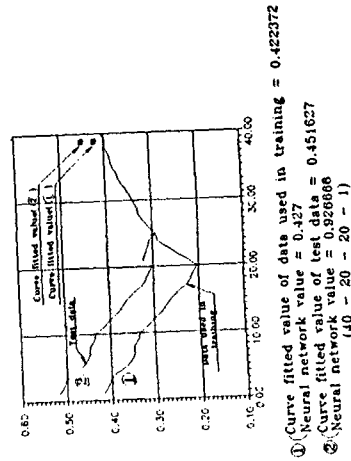


Fig.5 Test of Neural Network for calculation of current without noise (40 - 20 - 20 - 1)

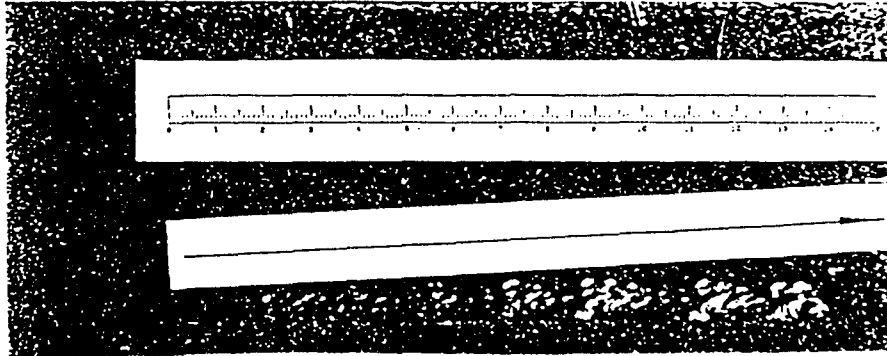


Fig. 7 Photograph of fillet weldment in seam tracking test using robot
(offset angle = 40° , $V_w = 4\text{mm/sec}$, Weave length = 4mm
weaving time = 0.3sec, dwell time = 0.12sec)

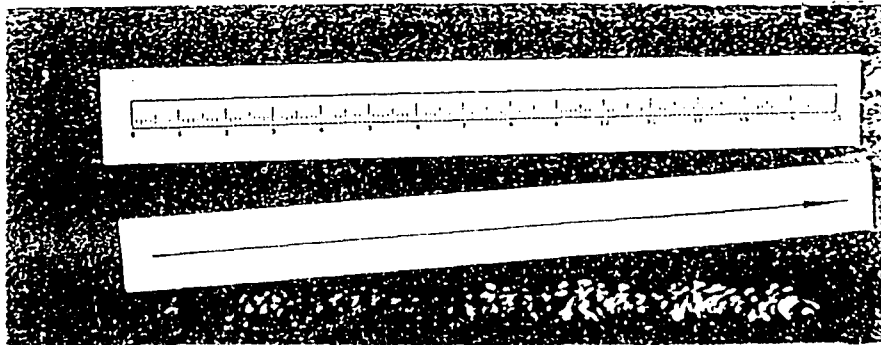


Fig. 8 Photograph of fillet weldment in seam tracking test using robot
(offset angle = 50° , $V_w = 4\text{mm/sec}$, Weave length = 4mm
weaving time = 0.3sec, dwell time = 0.12sec)