

퍼지-뉴럴 알고리즘을 이용한 효과적인 용접제어시스템에 관한 연구

A study on the Efficient Welding Control System using Fuzzy-Neural Algorithm

Gwan-hyung Kim^{*}, Tae-yeong Kim^{**}, Sang-bae Lee^{***}

Dep. of Electro. & Comm. Eng, Korean Maritime Univ

E-mail : khkim@kmucc.kmaritime.ac.kr

Abstract

Generally, though we use the vision sensor or arc sensor in welding process, it is difficult to define the welding parameters which can be applied to the weld quality control. Especially, the important parameters is Arc Voltage, Welding Current, Welding Speed in arc welding process and they affect the decision of weld bead shape, the stability of welding process and the decision of weld quality. Therefore, it is difficult to determine the unique relationship between the weld bead geometry and the combination of various welding condition. Due to the various difficulties as mentioned, we intend to use Fuzzy Logic and Neural Network to solve these problems. Therefore, the combination of Fuzzy Logic and Neural network has an effect on removing the weld defects, improving the weld quality and turning the desired weld bead shape. Finally, this system can be used under what kind of welding process adequately and help us make an estimate of the weld bead shape and remove the weld defects.

1. 서 론

현재 급속히 발전하는 조선, 철강 산업 등과 같은 중공업 위주의 산업 국가에서는 용접이 차지하는 비중은 대단히 크며 용접 기술이 산업 전반에 미치는 영향 또한 대단히 크다고 할 수 있다. 그러나, 열악한 작업환경으로 인하여 대표적인 3D 직종으로 생각하고 있다. 또한 용접이라는 것은 여거가지 분야가 결합된 복잡함 기술이므로 숙달된 용접전문가의 양성에도 오랜 시간이 필요하고 많은 경비가 소요되는 어려운 점이 있다. 용접기술의 자동화와 무인화는 용접숙련공의 감소 문제에도 대처할 수

있기 때문에 최근에는 용접용 로봇(robot)의 도입이 급격히 증가하고 있는 추세에 있다. 그러나, 실제 현장에서의 용접용 로봇은 대부분 오프-라인(off-line)으로 작업을 수행하고 있어 생산성의 향상과 용접 품질 향상 면에서 그 기능을 충분하게 발휘하지 못하는 실정에 있다. 그러므로 이러한 결점을 보완하기 위해 보다 고감도의 센서를 도입하고 있으며, 이를 이용하여 용접시스템에 포함시키는 궤환시스템을 구성하여 용접선 추적 및 비드(bead)형상제어에 응용하고 있다. 또한, 최근에는 인간의 지능을 구현한 지능을 가진 인공지능제어기술이 발달되어 인간의 학습능력과 의사결정능력을 대신

하는 신경회로망(neural network)과 퍼지이론(fuzzy logic)등과 같은 최첨단기술을 도입하여 용접기술을 개발·발전시키고 있다. 그러므로 본 연구의 최종목표는 실시간으로 용접 시스템을 모니터링하고, 퍼지-뉴로제어기에 의해 용접 결함을 수정·보완 할 수 있는 지능을 가진 퍼지-뉴로제어시스템의 알고리즘을 개발하는 것이다.

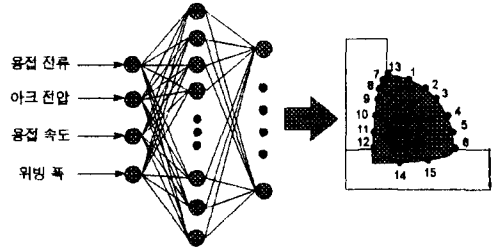


그림 1. 신경회로망을 이용한 모니터링모드

2. 용접시스템 모델링 및 실험결과

비드형상을 결정하는 많은 변수들 가운데 가장 중요한 파라메타는 아크전압, 용접전류, 용접속도, 위빙 폭 등이다. 그러므로 용접 비드형상에 가장 큰 영향을 미치는 4가지 입력 파라메타로 한정하였고, 이러한 파라메타에 대하여 현재의 용접상태에 해당하는 기하학적 비드형상을 실시간으로 예측해 내어 그 결과를 사용자에게 보여주는 것이다. 모니터링과 동시에 플랜트에서의 출력을 분석하여 용접 비드형상을 개선하기 위하여 입력 파라메타에 대한 보상량을 퍼지 알고리즘과 신경회로망 알고리즘을 이용하여 추론·학습하여 보상하는 기능을 가지는 것이다.

본 시스템의 기능은 크게 다음과 같은 세가지 모드(mode)로 나눈다.

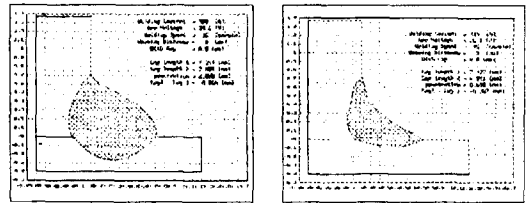
- (1) 모니터링 모드
- (2) 초기값 설정모드
- (3) 제어모드

2-1. 신경회로망을 이용한 모니터링모드

모니터링 작업은 아크센서로부터 얻어진 정보를 이용하여 실시간으로 비드형상을 사용자에게 보여주며 동시에 이러한 형상으로부터 용접 파라메타의 변동에 대한 결과를 파악 할 수 있고 퍼지-뉴로제어기의 설계에 결정적인 정보가 된다. 이러한 시스템의 구성은 그림 1.과 같이 구성하여 학습한다.

실험에 필요한 자료의 영역은 다음과 같다.

- (1) 용접전류 : 180~370 [A]
- (2) 아크전압 : 20~32 [V]
- (3) 용접속도 : 16~50 [cm/min]
- (4) 위빙 폭 : 3~5 [cm]



(a)	(b)
용접전류 : 338[A]	용접전류 : 215[A]
아크전압 : 29.6[V]	아크전압 : 28.1[V]
용접속도 : 45[cm/min]	용접속도 : 45[cm/min]
위빙 폭 : 3[cm]	위빙 폭 : 3[cm]

그림 2. 임의의 입력 데이터에 대한 신경회로망의비드형상 예측 결과

그림 2.의 결과는 임의의 입력 파라메타를 입력 했을 때 출력으로 나타나는 비드형상과 실제의 비드형상과 차이를 못 느낄 정도였다. 또한 이것은 신경회로망의 학습능력을 잘 대변하고 있는 것이다.

2-2. 신경회로망을 이용한 초기값 설정모드

원하는 비드형상에 대한 적절한 용접 파라메타를 예측해 내기 위하여 다음과 같은 시스템 인식방법으로 시스템의 구성은 그림 3.과 같다. 먼저 모니터링모드에서와 같은 실험결과 자료

를 토대로 하여 원하는 용접 비드형상인 5개의 파라미터를 다음과 같이 정의한다.

- (1) 수직길이(L1) , (2) 수평길이(L2)
- (3) 침투깊이(A) , (4) 용접두께(B)
- (5) 돌출높이(C)

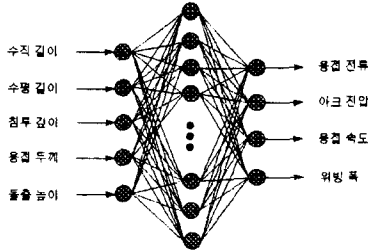


그림 3. 초기값 설정모드 신경회로망

용접 비드형상을 대변하는 (1)~(5)까지의 결과를 얻게하는 초기 용접 조건을 다시 학습시켜 그들 조건에 맞는 최적의 용접조건을 찾아 제어모드의 입력으로 사용하게 되는 것이다.

2-3. 시스템의 구성과 외란에 대한 보상

용접은 앞 장에서 언급하였던 초기값 설정모드에서의 출력값을 이용하여 용접을 수행한다. 이러한 시스템의 구성도는 그림 4.와 같다.

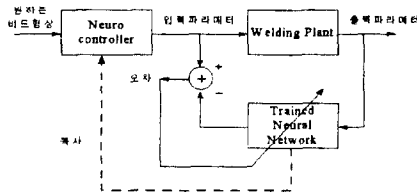


그림 4. 초기값 설정모드가 결합된 시스템의 구성도

그러나 실제 용접플랜트에서는 뜻하지 않는 외란(용접기 이상)이 발생하여 용접 비드형상의 결과가 바람직하지 못할 때가 있다. 이러한 상황에서 최적의 비드형상을 얻기위해 용접 파라미터의 보상 정도를 퍼지이론이나 신경회로망

이론과 같은 인공지능기법을 이용하여 보상하는 과정이다.

2-3-1. 퍼지제어기를 이용한 외란에 대한 제어모드

본 장에서 사용되는 퍼지 논리 제어기의 입력 파라미터는 초기 용접 조건 설정모드에서 설정된 값과 용접 플랜트의 센서 출력값(용접 파라미터)을 제환하여 원하는 용접 파라미터와 외란이 포함된 용접 플랜트의 출력 파라미터와의 오차(e)와 오차 변화량(Δe)을 퍼지 제어기의 입력으로 하고, 출력은 각각의 파라미터에 대한 보상량이다.

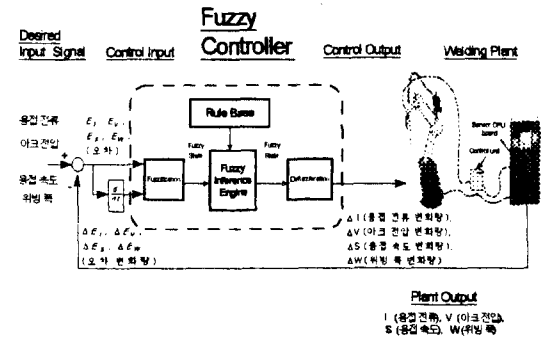


그림 5. 퍼지제어기를 이용한 제어기의 블록 다이어그램

그림 5.에서 보는 바와 같이 퍼지 제어기의 입력(오차, 오차 변화량)으로부터 퍼지 알고리즘에 의해 각각의 보상량을 추론하게 된다.

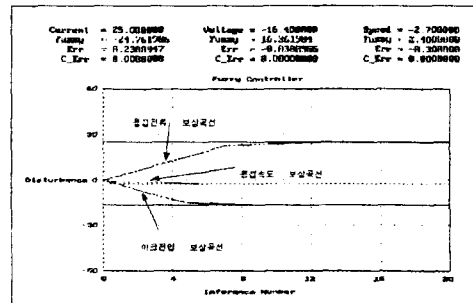
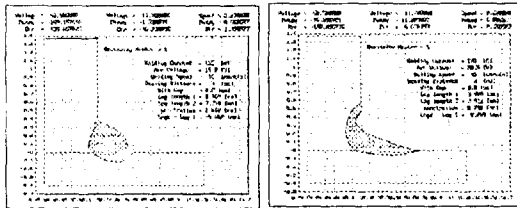


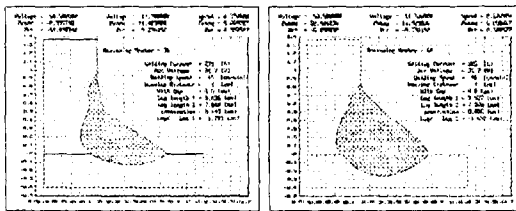
그림 6. 외란에 대한 퍼지제어기의 보상과정

그림 6.은 퍼지 제어기에 의해 외란을 보상하는 과정을 보여 주고 있다. x축은 추론 수를 나타내고 y축은 오차 즉 외란의 발생 크기를 나타낸 것이며, 시간에 따라 외란을 추종해 가는 것은 그림 7.에서 볼 수 있다.



(a) (b)

외란이 참가된 비드형상 2번 보상 후 비드형상



(c) (d)

8번 보상 후 비드형상 20번 보상 후 비드형상

그림 7. 보상 진행 중의 비드형상

4-3-2. 신경회로망을 이용한 외란에 대한 제어모드

여기에서 사용되는 신경회로망의 구조는 FIR 필터와 유사한 기능을 가지는 시간지연 신경회로망(TDNN : Time Delay Neural Network)을 제어기로 제시하고자 한다. 그림 8.에서 보는 바와 같이 TDNN의 입력(오차)으로부터 신경망 학습 알고리즘에 의해 각각의 보상량을 학습하게 된다. 그림 9.는 학습이 완료된 뒤 임의의 외란 입력에 대한 TDNN의 보상 결과를 점선으로 나타낸 그림이다. 그러므로 이러한 신경회로망 구조는 동적인 노이즈제거에 주로 사용된다. 그림 10. ~ 그림 11. 에서는 외란에 대한 보상을 나타내고 있다.

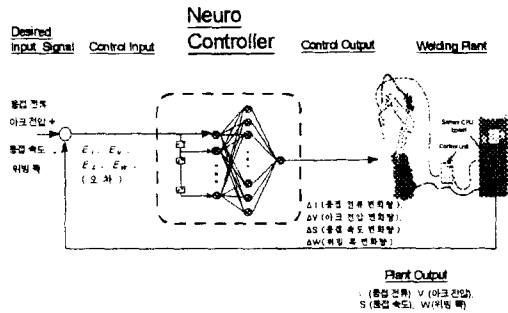


그림 8. 시간지연 요소를 가지는 신경회로망 제어모드

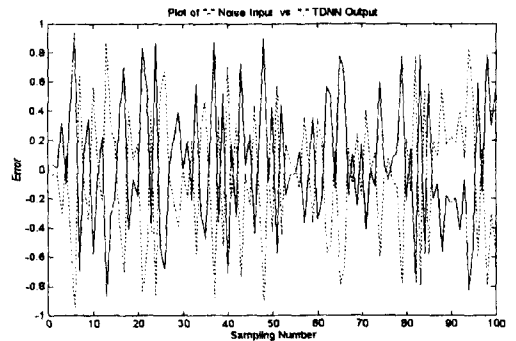


그림 9. 외란에 대한 TDNN의 보상

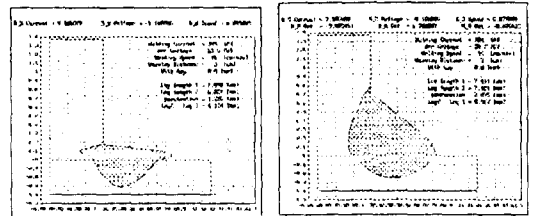


그림 10-(a). 보상 전

그림 10-(b). 보상 후

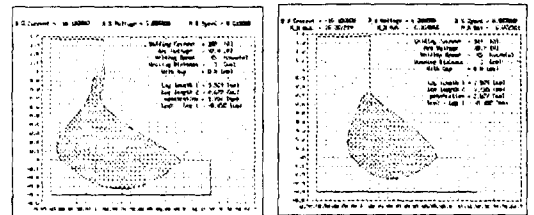


그림 11-(a). 보상 전

그림 11-(b). 보상 후

4-4. 퍼지제어기를 이용한 종합적인 시스템 모델링

초기값 설정모드와 퍼지 제어모드 및 모니터링 모드를 결합한 종합적인 구성도는 그림 12.와 같다.

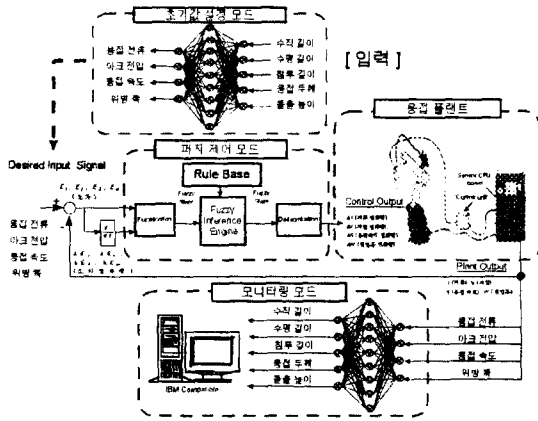


그림 12. 퍼지제어기와 신경회로망을 결합한 종합적인 구성도

4-5. 신경회로망을 이용한 종합적인 시스템 모델링

초기값 설정모드와 TDNN 제어모드 및 모니터링 모드를 결합한 종합적인 구성도는 그림 13.과 같다.

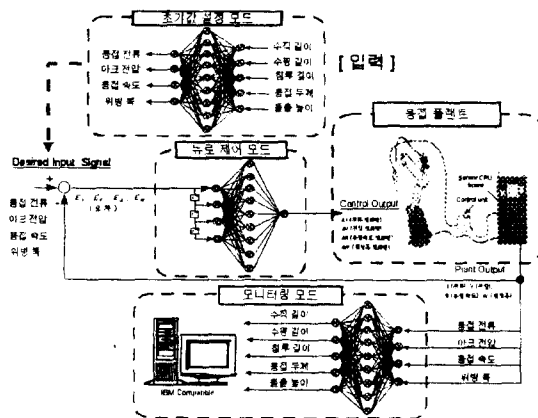


그림 13. 시간지연 신경회로망(TDNN)을 결합한 종합적인 구성도

V. 결 론

용접환경의 변화나 용접재질이나 조건의 변화에도 기존의 방법에 비해 탄력적으로 대응할 수 있는 장점을 지니고 있다. 또한, 수치적인 해석해를 구해서 대처하는 방법과 비교해서 신뢰성이나 외란에 대한 강건성등이 결코 떨어지지 않고 오히려 문제해결 방법의 편리성이나 시간적 경제적인 측면에서의 장점이 부각될 수 있음을 보여주었다.

참 고 문 헌

1. Y.K. Sung and Y.S. Han ; "Application of Welding Technology in Shipbuilding", Journal of KWS, Vol 10, No 4, DEC, 1992, pp. 82.-90.
2. 益本 功 : "データシステム研究委員會の活動と課題", 日本溶接學會誌, 第 55卷 第4號, 1986年, pp41-48.
3. W. Lucas, A. D. Brightmore : Expert System for welding engineers. Metal Construction 19, 1987, No. 5, pp. 254-260
4. W. A. Taylor : Expert System to generate arc welding procedure. Metal Construction 18, 1986, No. 7, pp. 426-431
5. O. Blodgett : Schweißprogramme fuer Taschenrechner. Welding and Metal Fabrication 49, 1976, No. 5, pp. 58-59 and No.8, pp. 86-87