신경회로망을 이용한 WirelessUSB 기반의 용접관리 시스템

김하나*, 이준희**, 신동석*, 강성인*, 김관형*
*동명대학교 컴퓨터공학과
**동명대학교 정보통신공학과
e-mail:khkim@tu.ac.kr

Welding Monitoring System using Neural Network based on WirelessUSB

Hana Kim*, Jun-Hee Lee**, Dong-Suk Shin*, Sung-In Kang*, Gwan-Hyung Kim*
*Dept of Computer Science, TongMyong University
**Information and Communications Engineering, TongMyong University

요 약

최근 무인 로봇 및 산업 자동화의 비약적인 발전으로 용접 분야에서도 무인화 및 자동화 시스템 구축이 활성화 되고 있다. 본 논문에서는 아크 용접 시스템의 주요한 용접 인자인 용접전류, 용접전압 정보를 PSoC 기반의 WirelessUSB를 이용하여 무선으로 모니터링 시스템에 전송하고 이를 신경회로망에 적용하여 용접 현상을 모니터링 하였다. 또한 산업 현장에도 일반화된 TCP/IP 통신을 이용하여 원격으로 관리가 가능하도록 구현하였다.

키워드 : PSoC, WirelessUSB, 신경회로망, 용접모니터링, 아크용접

I. 서론

최근 산업자동화의 발전으로 용접분야에서도 무인화 및 자동화 시스템 구축이 활성화되고 있으며 산업현장에서의 TCP/IP 통신 또한 일반화되고 있다. 이러한 무인화 및 자동화 시스템에서 가장 요구되는 사항은 관리자가 직접적, 지속적으로 용접 품질을 감시하지 않아도 용접 진행 시 용접품질의 판별 결과를 현장 밖에서 정확하게 모니터링하고 제어하는 것이다.

용접현상은 용접 시 마다 매우 다양한 형태를 보이는데 이러한 특성 때문에 용접현상은 수식적으로 공식화기기 힘들고 유연하게 대처하기 힘들다. 이러한 용접 현상을 모니터링하기 위해 주로 사용되는 용접인자는 전류, 전압, 송급속도 등이며, 이러한 인자들을 이용하여 인공지능의 한 분야인 신경회로망을 적용하면 보다 쉽고 편리하게 분석 가능하다.

또한 최근에 빠르게 발전하고 있는 무선 전송 방식중 하나인 WirelessUSB를 이용하여 그림 1과 같이 용접기에서 ADC된 용접인자를 모니터링 시스템에 전송할 수 있다. 이렇게 전송된 용접인자를 이용하여 용접 품질을 판별 및 모니터링하고 그 결과를 다시 TCP/IP를 이용하여 서버에 전송한다.

〈그림 1〉 무선 용접 모니터링 시스템 구성도

이러한 원격제어 시스템을 통해 용접 무인화 시스템에서의 용접결과를 관리자가 실시간으로 확인하고 제어함으로서 무인화 시스템의 효율 및 정확성을 향상시킬 수 있다.

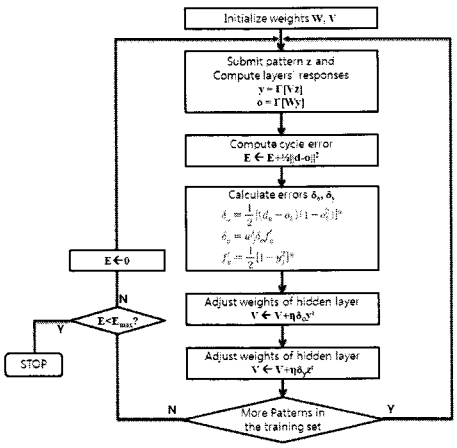
II. 본론

용접 시 발생되는 다양한 현상은 다양한 용접 출력 파형을 가지지만 이러한 각각의 파형은 정상 혹은 불량의 여러 패턴으로 분리되고 묶일 수 있다. 용접 출력 파형이란, 용접 시 와이어와 모재 사이에 통전되는 용접전류, 용접전압의 형태

를 말하는 것으로 이는 용접 출력 특성을 관찰하거나 분석하는데 사용되며, 이러한 파형의 형태를 계측하기 위한 모니터링 기술이 개발되고 있다[1].

본 논문에서는 아크 용접 시 발생되는 용접전류, 용접전압 데이터를 역 전파 학습 알고리즘에 사용하여 용접현상을 분류하였다.

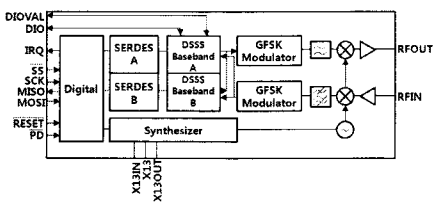
역 전파 학습 알고리즘이란 오차를 정정하는 규칙으로서, 그림 2와 같은 과정을 거쳐 입력에 대해 원하는 출력과 실제로 얻어진 것들에 대한 차이를 줄여나가는 방식이다. 이 알고리즘은 뛰어난 학습능력과 높은 신뢰도를 가지며 패턴 인식과 같은 응용분야에서 일반적으로 사용된다[2][3].



〈그림 2〉 역 전파 학습 알고리즘 흐름도

또한 용접기로부터 A/D 변환을 거친 용접전류, 용접전압을 무선으로 전송하는데 사용한 PSoC 기반의 WirelessUSB이란, Zigbee, 블루투스와 같은 무선 데이터 전송 모듈의 하나로서 2.4GHz(ISM) 대역을 사용하며, 전송속도는 16k~ 1Mbps까지 사용자가 설정하여 사용할 수 있다. 수신거리는 약 10~50m 정도의 전송범위를 지원하며 저전력 설계가 가능하다.

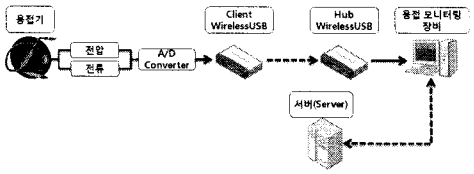
특히, 본 논문에서 사용한 RF 통신모듈은 Cypress사의 CYWUSB6935 칩으로, 전송속도는 최대 62.5Kbits/sec, 전송범위는 최대 50m이며, 하나의 싱크노드에서 최대 512개까지 센서노드를 연결할 수 있다. CYWUSB6935 내부 블록 구성은 그림 3과 같다[4].



〈그림 3〉 CYWUSB6935 내부 블록도

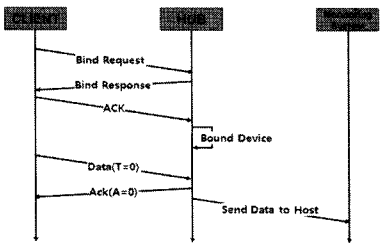
III. 실험 및 구현

먼저 용접 데이터를 추출하기 위해 그림 4와 같이 용접기로부터 전류, 전압을 계측한 후 A/D 변환기를 거쳐 변환하여 용접 데이터를 추출한다. 이렇게 추출된 데이터는 용접기에 연결된 Client WirelessUSB를 통해 모니터링 시스템에 연결된 Hub WirelessUSB로 전송되며 Hub에 전송된 데이터는 모니터링 시스템으로 전송된다.



〈그림 4〉 용접 모니터링 시스템 구성도

용접기에 위치한 Client WirelessUSB 노드와 용접 모니터링 장비에 위치한 Hub WirelessUSB 노드간의 연결 과정과 데이터가 전송되는 과정은 그림 5와 같다[5].



〈그림 5〉 노드 Binding과 데이터 전송

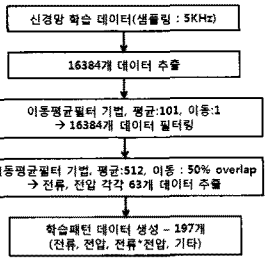
이 때 사용되는 Sequence Bit(T)와 ACK Bit(A)는 데이터의 무결성을 보장하기 위한 토글 비트로 패킷의 헤더에 포함되며 각 노드간 전송되는 패킷의 구성은 다음과 같다.

(1) Radio Manufacturing ID(MID)
(2) Network Channel
(3) Network PN Code
(4) Device ID
(5) Network Checksum Seed
(6) Network CRC Seed

본 논문에서 사용한 CYWUSB6935의 최대 전송속도는 64Kbps이지만 16Kbps의 전송속도를 사용하여 여러 환경적 잡음에 내성을 가져 데이터 전송 시 손실이 적도록 하였다.

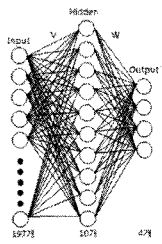
이렇게 전송된 용접 데이터를 이용하여 용접 품질 판별을 하기 전에 먼저 서버에서 신경망을 학습시킨다. 학습을 위한 용접 데이터의 샘플링 속도는 5KHz/sec이고 정상파형 5개, 불량파형 5개를 추출하였으며 이때 불량파형은 임의의 불량 용접 상황을 재현하여 추출하였다. 이렇게 추출된 학습 데이

터는 학습을 위한 신경망에 입력되기 전에 그림 6과 같은 필터 및 정규화 과정을 거친다[6].



〈그림 6〉 학습 데이터 필터 및 정규화 과정

먼저 5KHz로 추출된 학습 데이터에서 용접 기동 및 종료 시 나타나는 잡음 구간을 제외한 16384개 즉, 214개를 추출한다. 이렇게 추출된 데이터를 이동평균필터 기법을 이용하여 필터링한 뒤 다시 이동평균필터 기법을 이용하여 신경망 학습에 사용할 197개의 학습패턴 데이터를 생성한다.

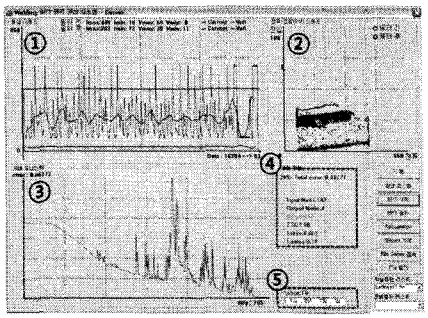


학습패턴	출력 HEX 코드
Good1	0001
Good2	0010
Good3	0011
Good4	0100
Good5	0101
Bad1	0110
Bad2	0111
Bad3	1000
Bad4	1001
Bad5	1010

〈그림 7〉 신경망 구조

이렇게 생성된 10개의 학습패턴을 이용하여 그림 7과 같은 신경망을 오류 역 전파 학습 알고리즘으로 학습시킨다. 이 때 각각의 학습패턴(Good1~Bad5)은 Hex 코드 형식의 Target Value를 가진다. 본 논문에서 구현한 신경망의 구조는 Input Layer 197개, Hidden Layer 10개, Output Layer 4개이며 학습률 0.9, 허용오차는 0.001로 학습하였다.

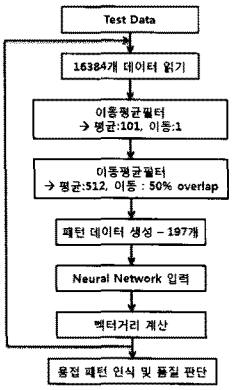
서버 측의 학습이 완료되면 서버의 품질관리 프로그램은 신경망 가중치(Weight Value) 데이터를 파일로 저장하고 용접 모니터링 장비에 학습된 신경망 가중치 데이터 파일을 전송한다. 이렇게 전송된 신경망 가중치는 용접 모니터링 시스템이 서버와 같은 신경망 구조를 가지게 하며 서버의 관리 프로그램과 연동될 수 있도록 하였다. 이러한 서버 프로그램의 구현은 그림 8과 같다.



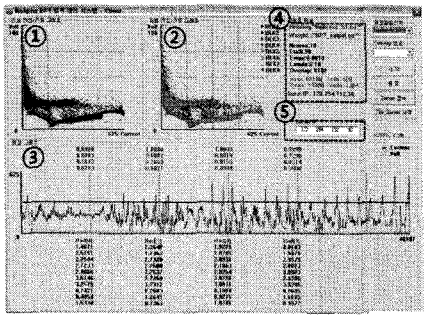
1. 용접 그래프 2. 전류·전압(IV) 그래프
3. 신경망 학습 에러 그래프 4. 용접 데이터 정보
5. 용접 모니터링 장비 IP 주소 입력

〈그림 8〉 서버 용접 관리 프로그램 - 신경망 학습

서버의 신경망과 같은 구조를 가진 용접 모니터링 프로그램은 용접기에서 WirelessUSB를 통해 전송되는 데이터를 수집하고 수집된 데이터는 그림 9와 같은 품질 판단 과정을 거치며 이것을 그림 10과 같이 구현 하였다.



〈그림 9〉 품질 판단 과정



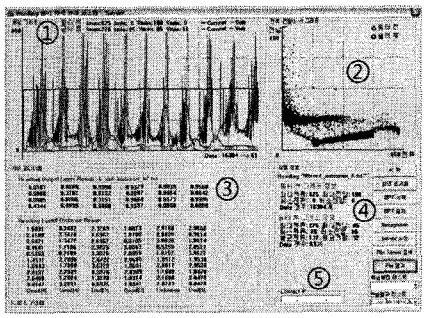
1. 전체 전류·전압(IV) 그래프 2. 구간별 전류·전압(IV) 그래
3. 용접 데이터 그래프 및 결과 판별
4. 용접 데이터 정보 5. 서버 IP 주소 입력

〈그림 10〉 용접 모니터링 프로그램

용접 모니터링 프로그램은 입력된 Test Data를 2^{14}개씩 읽은 후 학습 데이터와 같은 필터링과 정규화 과정을 거친다. 이렇게 생성된 197개의 데이터를 학습된 신경망에 입력하고

출력된 Output과 학습된 패턴 10개와의 벡터거리(Euclid Distance)를 계산하여 벡터거리의 유사도가 85% 이상인 패턴으로 분류한다. 단, Test Data를 읽을 때 구간별 중복률을 사용자가 설정가능하게 하여 전체 Test Data의 패턴 인식의 정확도를 향상시켰다.

용접 모니터링 프로그램에서 Test Data에 대한 인식이 끝나면 그 결과를 파일로 저장한 뒤 Test Data와 그 결과 파일을 서버 용접 관리 프로그램에 재전송한다. 이렇게 전송된 데이터는 그림 11과 같이 확인 가능하다.



1. 용접 그래프 2. 전류·전압(IV) 그래프
3. 용접 판별 결과 모니터링 4. 용접 데이터 정보
5. 용접 모니터링 장비 IP 주소 입력

〈그림 11〉 서버 용접 관리 프로그램 - 용접 결과 확인

IV. 성능평가 및 분석

본 논문에서 구현한 프로그램을 이용하여 6개의 용접 Test Data를 판별한 결과는 표 1과 같다.

〈표 1〉 Test Data 패턴 인식 결과

Data	구간 인식 결과						최종판별	Data 개수
1	G5	G5	G5	G5	G5		Good	56009
2	G5	G5	G5	G4	G5		Good	56249
3	B5	G5	U	U	G5		Bad	56099
4	G5	U	G1	U	U		Unknown	57246
5	B3	B3	B4	B3			Bad	46107
6	G4	G1	B3	G3	G4	B5	Bad	57794

(G1~G5 : Good Pattern, B1~B5 : Bad Pattern, U : Unknown)

각 Test Data의 구간별 인식결과에 따라 모든 구간이 정상패턴으로 인식되면 최종판별 또한 정상이지만 구간 인식 결과 한 구간이라도 불량패턴이 생기면 최종판별은 불량이 된다.

또한 학습 패턴과의 유사도가 85% 이하인 구간에 대해서는 학습한 10개의 패턴 이외의 미학습 패턴(Unknown)으로 분류하였다. 이러한 미학습 패턴이 정상 구간에 섞여 나오는 경우에는 최종적인 결과를 알 수 없으므로 최종판별 또한 Unknown이다.

V. 결론

용접 데이터를 WirelessUSB를 이용하여 무선으로 모니터링 시스템까지 전송하므로 유선일 때 생기는 공간상의 제약이 사라졌으며, 더 간단한 시스템 구성이 가능하게 되었다.

또한 패턴 인식을 위한 신경망을 서버에서 학습시키고 그 가중치를 용접 모니터링 프로그램에 전송하는 구조로 학습과 판별을 분리함으로서 각각의 기능이 더욱 효율적으로 수행된다. 이렇게 판별된 결과 데이터를 다시 서버에 재전송하므로 서버에서는 원격으로 용접 결과를 모니터링 할 수 있다.

향후 연구방향으로는 새로이 분류된 미학습 패턴을 서버에서 재학습 시킨 후, 용접 모니터링 장비로 신경망 가중치를 전송하여 실시간으로 전송되는 용접 데이터들을 더 정밀하고, 정확하게 판별할 수 있는 지능형 용접관리 시스템을 연구하고자 한다.

참고문헌

[1] 모니텍 코리아, "Welding Monitoring System", 모니텍 코리아, 2007

[2] Jacek M. Zurada, Introduction to Artificial Neural System, West Publishing Company, 1992

[3] Jinhan M&B, "신경망 이론과 응용(Ⅰ)", 김대수, 2005

[4] CypressMicroSystem, "WirelessUSBTM LR 2.4-GHz DSSS Radio SoC", 2004

[5] CypressMicroSystem, "CY3635 Technical Reference Manual", 2004

[6] 한학용, 하성욱, 허강인, Multimedia Sound Programming, 영진닷컴, p170~176, 2003