신경망회로를 이용한 평판의 충격위치 탐지

이상권*, 이주영*, 박진호**
인하대학교

Estimation of Impulse Position on the Plate Using Artificial Neural Network .

Sang-Kwon Lee*, Joo-Yung Lee*, Jin-Ho Park**
*Dept. of Mechanical Engineering, Inha University, ** Korea Atomic Energy Research Institute

요약

원자력 구조물, 항공기 구조물 등의 손상은 각 구조물의 손상에 의해서 발생하는 충격파의 탐지로서 손상의 위치를 탐지 할 수가 있다. 이러한 손상의 위치를 탐지하기 위한 역변환 문제는 오랜 기간 동안 중요한 연구의 과제가 되고 있다. 본 연구에서는 신경망 회로 기술을 이용하여 이러한 충격파를 탐지하고자 하며, 이 기술의 검증을 위해서 평판에서 실험을 실행하여 검증 하였다.

1. 서론

본 연구는 원자력발전소의 경수로 가압기에서 금속파편에 의한 충격파의 발생 위치를 탐지하기 위한 기법 연구에서 신경망회로 기법에 관련 사항으로서 먼저 신경망 회로에 대한 기본적인 이론과 이러한 이론을 바탕으로 평판에 대하여 충격파가 발생할 때 원자로에서 사용하는 방법과 동일하게 가속도계 신호 3개를 이용하여 충격파의 발생 위치를 탐지하는 기술을 개발 하고자 한다.

2. 신경망 회로 이론

신경망회로 이론 [1] 은 생물학적 인간의 두뇌의 신경세포들 간의 연결 관계로 Fig. 2처럼 모델링 한 것으로서 학습과 재생이라는 2단계의 작업으로 수행된다. Fig. 2 에서 x_i 는 신경세포의 입력신호에 해당하며 입력된 신호는 두뇌가 물건의 형태를 구분하기 쉽도록 입력신호의 가공을 진행한다. 이 작업은 Fig. 2의 가중치 w_i 에 해당하며 이 값은 오랜 기간 동안 사람이 살아가는 동안에 학습을 통하여 최적의 값으로 얻을 수 있다. 이렇게 가공된 정보를 취합하여 두뇌로 보내지면서 새로운 입력에 대한 정보를 분석하고 인식하게 된다. 여기서 학습되는 과정은 Fig.3에서 보여주는 봐와 같은 알고 있는 목표 신호가 출력되도록 입력신호에 가중치w_i를 반복하여 곱해준다. 그리하여 출력 신호와 입력 신호에 대한 오차를 최소화하는 작업을 한다.

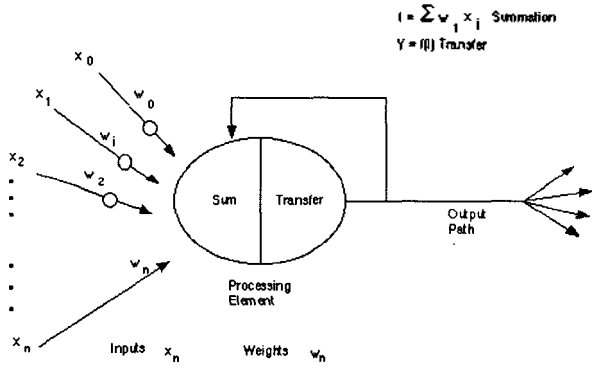

Fig. 1 Neural Network 모델링

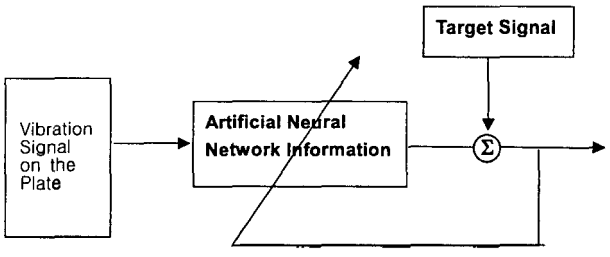

Fig. 2 Neural-Network의 학습과정

이 경우 뉴런의 최종 출력은 다음의 식으로 표현된다.

$$\mathbf{y} = f^3(Wf^2(Wf^1(\mathbf{Wx}+\mathbf{b}^1)+b^2)+b^3) \quad (1)$$

여기서 y=y1, y2, y3, ... 는 출력 벡타이며, W 는 가중치

행열이며, x=x1, x2, x3,.. 는 입력벡타 이다. 학습을 통해서 최적 가중치가 정해지면 출력은 목표값에 근접하게된다. 이때 가중치 W 는 중요한 비선형식을 해결하는 중요한 변수행렬이다 [2]. *f* 는 입출력 관계식을 나타내는 전달함수이다. *b* 는 함수에 대한 절편벡타를 나타낸다.

3. 신경망회로이용 충격위치 탐지

금속파편의 충격 위치를 탐지하기위한 신경망회로의 적용기술은 Fig. 3에서 보여 주는 바와 같다. 먼저 평판 혹은 원자로 위에 가속도계를 3개 부착하여 임의의 점에서 가진하여 가진 점의 신호와 가속도신호 사이의 상관도를 구한다. 이러한 상관도 (Cross Correlation)는 가진시 발생하는 진동파가 가속도계에 도달하는 시기를 나타내는 위상을 알려준다. 이러한 위상은 각 가속도계 마다 다르게 나타난다. 따라서 구조물의 일정 지점에 가속도계를 설치하고 충격 위치에 따른 상관도를 이용하여 Fig. 3에서 보여주는 방법과 같이 신경망회로를 학습시키면 식(1)에서 보여주는 가중치 W 행렬과 절편 벡타 b 에 대한 최적값을 구할 수가 있다. 최적화 과정에 사용되는 기술은 다양하며 신경망회로의 응용 대상에 따라서 결정된다. 일반적으로 가장 많이 사용되는 기술은 역 전파 기법 (Back Propagation) 이다.

본 연구에서도 Fig.2 에서 보여준 역전파 (Back Propagation) 신경망회로를 이용하였다 [3,4]. 이러한 역전파 신경망회로는 다층 퍼셉트론으로서 은닉층이 존재하는 다층 신경망회로이다.

다층신경망회로의 각 층 (Layer)의 가중치 *wi* 는 출력치와 목표치 (Target Signal)의 오차 즉 경비함수(Cost Function)를 최소화하는 경사진 면을 따라서 움직이면서 최적화한다. 이 과정이 신경망 회로의 학습과정이 된다. 본 연구에서 사용되는 목표치는 구조물의 금속파편 충격위치이다. 학습과정은 신경망회로를 통하여 입력되는 입력치에 가중치를 주어서 목표치와 일치하도록 역전파하여 최적의 가중치 W를 찾아낸다. 따라서 신호가 많으면 많을수록 더 좋은 학습과정을 가진다. 또한 다양한 위치에서 충격을 주어서 학습하면 실제 학습 이후에도 다양한 곳에서 발생하는 충격 위치를 잘 탐지 할 수가 있다. 신경망회로의 입력은 충격파의 위치에 따른 다양한 형태의 인자를 제공해야 한다. 본 연구에서는 이러한 인자의 형태를 위해서 가속도 신호와 충격 신호간의 상관도를 이용하여 적용하였다

3. 신경망회로이용 충격위치 탐지 실험

3.1 실험장치

알루미늄 평판에서 충격지점의 위치를 추정하기 위해 Fig.4 와 같이 실험 장치를 구성하였다. 사용된 시편의 크기는 1200mm의 정방형 평판이고 두께는 10mm 이고 재질은 Al6061이고 가장자리에서 반사되는 파의 영향을 배제하기 위해서 가운데 400mm의 정방형 사각형에 왼쪽

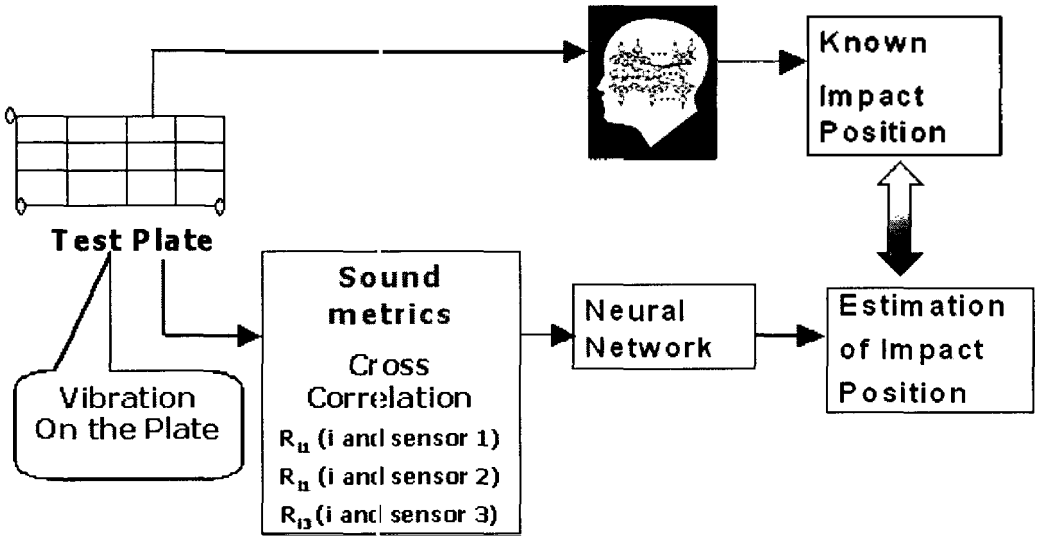

Fig. 3 Identification of the Impact position using a neural network

아래 모서리에 가속도계(S0)을 설치하고 오른쪽 아래 모서리에 가속도계(S1)을 왼편 위의 모서리에 세 번째 센서(S2)를 설치하였다. 그리고 임팩트 해머를 이용하여 원하고자 하는 위치에 탄성파를 발생시켰다. 샘프링(Sampling frequency)는 50kHz이고 TDS2024 4채널 오실로스코프를 통해 신호를 획득하였다. 그리고 P/C로 전송되어 실험결과를 정리하였다. 전체적인 실험 장비는 Fig. 5와 같다.

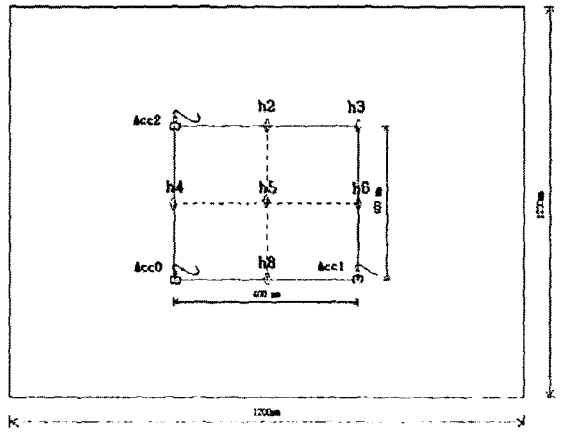

Fig.4 Aluminum Plate used for the Impact Test

Fig.5 Aluminum Plate used for the Impact Test

3.2 진동 측정 실험결과

Fig. 6은 Fig.5의 h2 지점에서 충격을 주어 가속도계 1, 2,3 지점에서 측정된 가속도계 값이다. 이와 같이 가진점을 이동하여 h1으로 부터 h8 까지 이동하면서 측정하였다. 각 지점의 측정은 11회가진하여 데이터를 받았다. 11회중에 4회는 충격점의 위치를 역 추정하기위한 신경망회로의 학습과정에 사용되어 지며 3개는 학습결과의 증명에 사용되며 나머지 3회는 실제 신경망회로의 실습에 사용되었다.

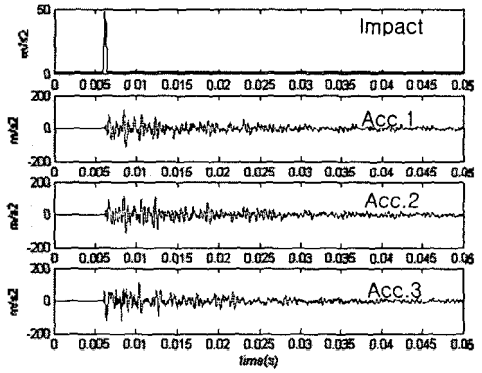

Fig. 6 Acceleration and Impact signal measured at h1 and acc. 1,2, and 3.

3.3 신경망 회로 적용 충격위치 추정

Fig. 7 는 충격 신호 h1과 각 가속도계의 상호 상관도를 나타낸다. 여기서 상관도가 가장 높은 곳의 시간은 가속도계의 위치에 따라서 다르다. 이것의 시간 지연이며 위상(Phase)의 차이이다. 본 연구에서는 이러한 위상 차이를 이용하여 충격점의 위치를 구하고자 한다. 충격점의 위치를 구하기 위해서 먼저 알려진 충격점을 이용하여 신경망 회로를 학습 (Train)하고 학습결과를 검증 (Validation) 해야한다. 학습결과는 Fig. 3에서 보여주는 방법으로 먼저 목표치 (Target)을 선정해야한다.

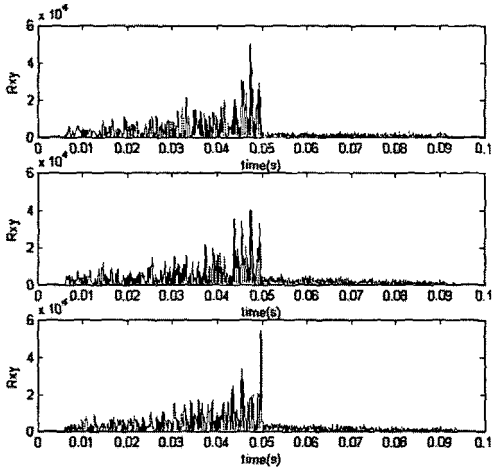

Fig. 7 Acceleration and Impact signal measured at h1 and acc. 1,2, and 3.

본 연구에서 목표치는 당연히 충격점의 위치이므로 h1=1, h2=2, h3=3, ... 등으로 각 위치를 목표치로 선정한다.

본 연구에서는 가속도 계가 부착한 지점은 충격을 하지 않았으므로 h1=h7=h9=0으로 목표치를 주었고, 신경망회로의 입력은 상호 상관도를 이용한 위상값을 취하였다. 학습에 사용된 신호의 수는 각 점에 따라서 3개 혹은 4개를 취하였다. 이결과의 상관도는 Fig. 8에서 보여주는 봐와 같이 98.8 % 이다. 이와 같이 학습된 신경망 회로는 평판의 충격점을 탐지하기 위한 준비를 마친 결과이다. 이제 실전 실험을 하기 위해서 11번의 가진하여 얻어진 데이터 중에 학습 및 검증에 사용된 7~8개 신호 이외 3~4회의 신호에 대하여 학습된 신경망회로를 이용하여 실전 실험을 한 결과 Fig. 8 과 Fig.9과 같다. 이 결과에 의하면 학습과정에서 문제가 된 h5점의 가진점을 제외하고는 거의 모든 점의 가진 위치를 정확히 찾을 수 있다. 따라서 가진 위치를 정확히 알려진 상태에서 학습된 구조물의 진동 3점에서의 가속도 값을 알고 있다면 향후에 이점을 충격하는 점의 위치를 학습된 신경망 회로를 이용하여 99% 정확히 탐지할 수가 있다.

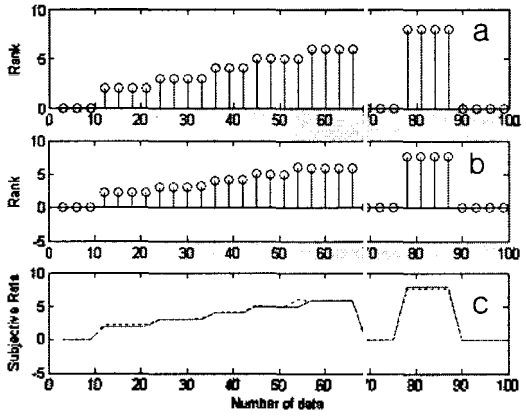

Fig.8 Comparison between target and output of neural_network

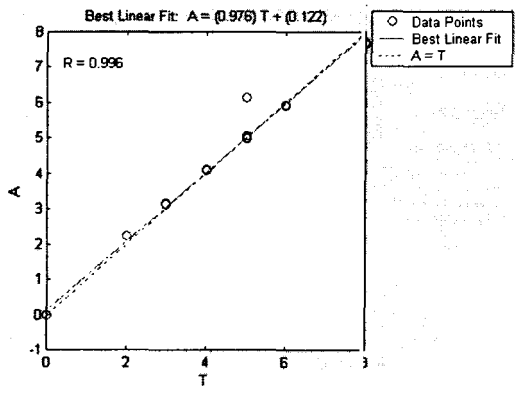

Fig. 9 Comparison between target and output of neural_network

5. 결론

본 장에서는 신경망 회로를 이용하여 원자로 냉각재의 금속파편의 위치를 추정 할 수 있는 방법에 대해서 조사 연구 하였다.

1. 본 연구에 사용된 신경망회로의 이론은 역 전파 신경망 이론 이다.
2. 신경경망 회로의 입력치로 측정점과 가속도 사이의 위상을 사용하고 목표치로서는 측정점을 직접이용 하면 충격 위치의 탐지가 충분히 가능하다.
3. 신경망 회로의 입력치로 측정점과 가속도 사이의 위상을 사용하고 목표치로서는 측정점의 좌표를 이용하는 경우도 충격위치의 탐지가 충분히 가능하다.

후기

본 연구는 산업자원부 전력기술개발 사업의 연구비로 지원되었음에 감사드립니다.

참고문헌

1. Bishop, C. M *Neural Networks for Patten Recognition*. Oxford University Press, 1994
2. Hagan Matrn, "DeNeural Network Design", PWS Publishing Company, 199
3. Davies P. and Laux, P. D. Artificial Neural Network Modeling of Human Response to Synthesized Machinery-Like Sound. Proc. *The 7th International Congress on Sound and Vibration*, Garmisch-Partenkirchen, Germany, 2461-2468, 2000
4. Lee, S. K., Chae, H. C, Park, D. C. and Jung, S. G. "Sound Quality Index Development for the Booming Noise Of Automotive Sound Using Artificial Neural Network Information Theory", Sound Quality Symposium 2002, 20