

---

# 신경회로망을 이용한 지능형 가공 시스템 제어기 구현

김관형\* · 강성인\* · 이태오\*

## An Implementation of the Controller for Intelligent Process System using Neural Network

Gwan-Hyung Kim\* · Sung-In Kang\* · Tae-Oh Lee\*

### 요 약

본 논문은 신경회로망의 학습 알고리즘과 패턴인식을 위한 신경회로망 모델을 논의하였고, 생산가공 시스템에서의 광량 센서에 대한 물체 검출, 신경회로망을 이용한 패턴 분류, 마이크로 컨트롤러 시스템 그리고 DC 서보 모터의 제어기 설계에 대하여 논의하였다. 본 논문은 제시된 시스템의 구조를 기반으로 생선의 아가미와 꼬리 부분을 절단하는 어류 가공 시스템에 적용하여 실험하였고, 산업현장에 응용할 수 있는 지능제어시스템의 성능을 그 결과로 제시하였다.

### ABSTRACT

In this study, this system makes use of the analog infrared rays sensor and converts the feature of fish outline when sensor is operating with CPU(80C196KC). Then, after signal processing, this feature is classified a special feature and a outline of fish by using the neural network, one of the artificial intelligence scheme. This neural network classifies fish pattern of very simple and short calculation. This has linear activation function and the error back propagation is used as a learning algorithm. And the neural network is learned in off-line process. Because an adaptation period of neural network is too long when random initial weights are used, off-line learning is induced to decrease the progress time.

### 키워드

퍼지 모델링, TSK 퍼지 모델, 비선형 시스템, 신경회로망

### 1. 서 론

오늘날 사회는 기계기술에서 시작되어 최근의 전자기술, 정보기술, 제어기술 등으로 발전하여 오늘날의 산업을 이룩하였다.

제어기술로는 요즘 인공지능기법이 많은 부각을 받고 있으며, 공학과 산업 응용에서 공통적으로 사용하고 있다. 그 중에서 신경회로망은 수학적인 공

식이 요구되지 않으므로 작업과 동작 환경에 대한 수학적인 모델을 쓸 수 없는 시스템에 적용이 되므로 데이터의 패턴 인식이나 음성인식, 연산메모리 등에 많이 쓰인다.

따라서 이런 알고리즘을 바탕으로 아날로그식으로 명암과 거리를 판별할 수 있는 광량 센서를 나열하여 특징점과 윤곽을 검출하였으며, 현 산업 공정에서 대두되고 있는 인공지능 제어기법을 기반으로 특징점과 윤곽을 패턴 분류하였다.

본 시스템의 적용은 어류가공 시스템에 적용하였으며, 마이크로 컨트롤러(80C196KC)를 이용해서 생선의 종류, 크기 등의 가변적인 불확실한 상황에서도 공정의 안정성과 비선형적인 상황을 인식하는 인공지능 제어기법을 이용한 가공기계를 연구하였다. 또한 실험 대상인 어류의 아가미와 꼬리부분 절단기의 위치를 동시에 마이크로 컨트롤러로 위치를 제어하였고, 컨베이어 모터제어와 어류의 고정과 절단 동작을 시퀀스적으로 구현하였다.

본 논문의 구성은 신경회로망의 개요와 학습 알고리즘과 패턴인식을 위한 신경회로망 모델에 관해서 논의하였고, 제시한 지능형 가공 시스템의 구성은 광량 센서에 대한 물체 검출, 신경회로망을 이용한 패턴 분류, 마이크로 컨트롤러 시스템, DC 서보 모터 제어에 대해 설명하였다. 결론으로 제시된 시스템을 기반으로 생선의 아가미와 꼬리 부분을 절단하는 어류 가공 시스템에 적용하여 실험하였으며, 그 성능을 결과로 제시하였다.

## II. 신경회로망

신경회로망은 학습을 통해 지식과 경험을 축적하여 스스로 상황을 판단할 수 있는 인간과 유사한 것을 만들고자 생겨난 인공지능의 한 분야이다. 신경회로망의 발달은 뇌의 생물학적 신경세포와 그들의 연관관계를 단순화시키고 수학적으로 모델링하여 뇌가 나타내는 지능적 형태를 구현해 보자고 하는 것이었다. 신경회로망은 개념적으로 매우 단순하며 주어진 입력에 대해 자신의 내부구조를 스스로 조직화하여 학습해 나간다.

패턴인식과 시스템인식, 또는 제어와 같은 응용에서 가장 일반적으로 사용되는 신경회로망 구조는 오류 역전파(Error Back-Propagation) 알고리즘을 갖는 다층 신경회로망(Multi layered neural network)이다. 본 논문에서 사용된 전형적인 다층 신경회로망은 그림 1.에 나타내었다.

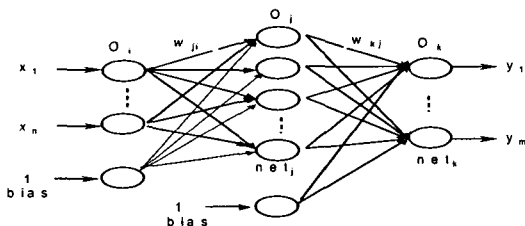


그림 1. 다층 신경회로망의 구조  
Fig. 1 The Structure of Multi-Neural Networks

## III. 자동화 가공시스템

### 3.1 광량 센서에 의한 물체 검출과 신경망을 이용한 패턴 분류

센서는 오래전부터 제어 기기의 검출부로서 이용되어 왔지만 최근엔 소형으로서 고성능인 센서가 다종 개발되어 각종 산업이나 민생 응용에서부터 마이컴에 이르기까지 광범위하게 이용되고 있다.

본 연구에서는 아날로그 방식의 적외선 센서를 사용함으로써 물체의 윤곽과 특징점을 추출하여 신호 처리한 후에, 인간의 학습 능력과 유사한 신경회로망 제어 기법으로 패턴 분류하고자 한다.

신호 검출은 물체에서 반사되는 빛의 양(아날로그)을 측정하여 물체의 윤곽과 특징점을 측정하는 방법으로, 마이크로 컨트롤러를 사용하여 아날로그의 신호를 A/D 변환한다. 이렇게 신호를 받은 여러 물체들의 윤곽이나 특징점들을 마이크로 프로세서에서 판별하게 된다.

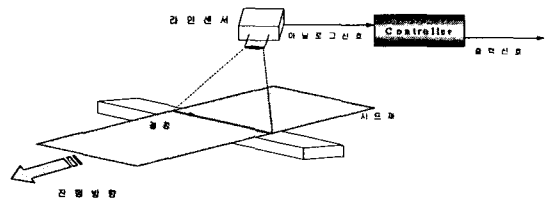


그림 2. 결점 검사 시스템  
Fig. 2 The System of Fault Detection

이러한 구조로 생산 가공 시스템에서 활용되고 있으며, 그림 2는 산업 공정에서 라인 센서를 이용한 결점 검사 시스템 구조이다.

### 3.2 마이크로 컨트롤러를 사용한 전체 시스템

본 논문에서는 80C196KC를 사용하여 모터 2개의 위치 제어와 A/D 변환할 수 있는 제어 응용 시스템을 구현하였다. 그림 3은 제안된 시스템에서 마이크로 컨트롤러의 기능을 나타내고 있다.

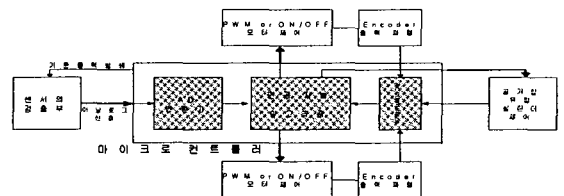


그림 3. 전체 시스템에서 마이크로 컨트롤러의 기능  
Fig. 3 The Ability of Micro-Controller in Total System

### IV. 실험 결과 및 분석

#### 4.1 전체 시스템

본 논문에서 제안된 전체 시스템은 센서 회로, 절단 위치로 이동하는 모터, 컨베이어 모터를 제어 하면서 고정과 절단 동작을 시퀀스적으로 동작을 수행하는 주 제어기인 내장형 제어기로 구성되어 있다.

그림 4는 전체 하드웨어 구성도로서 내장형 제어기(80C196KC)를 기준으로 주변 장치들을 나타 낸 것이다. 먼저, 광량센서에서 나오는 아날로그 신호를 CPU 자체내의 A/D 변환기능으로 처리해서 이 데이터를 임시 저장 레지스터에 저장한다. 그래서 데이터를 신호처리 한 후에 신경망 학습에 의한 아가미의 절단 부분을 찾아서 위치 제어 모터를 움직이고, 컨베이어 모터를 정지시킨 후에 어류 고정, 절단 동작한 후 컨베이어 모터를 움직이면 1 사이클의 동작이 끝나게 된다.

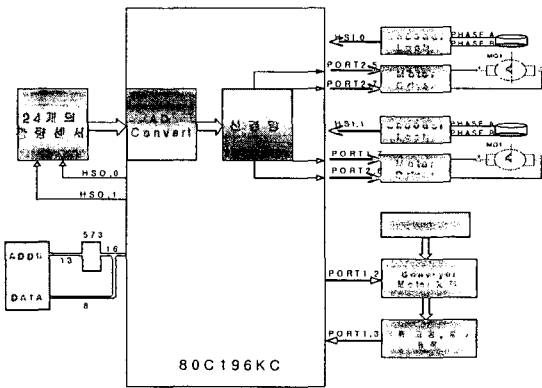


그림 4. 전체 시스템 구성도  
Fig. 4 The Structure of Total System

그림 5는 절단기의 기본 구조를 그린 것으로 어류를 타깃 접시(Target Tray)에 올려놓고, 컨베이어가 진행하면서 광량센서에 의해 아가미 부분의 윤곽을 받아 절단위치로 칼날을 이동시킨다. 이 때 어류검출센서로 신호가 들어오면 컨베이어는 정지하고 V자형 칼날과, -자형 칼날이 공기압에 의해 위에서 밑으로 내려치는 동작을 한다. 시스템의 구성요소로는 센서요소, 입력요소, 출력요소, 동작요소가 있으며, 그림 6에 제시하였다.

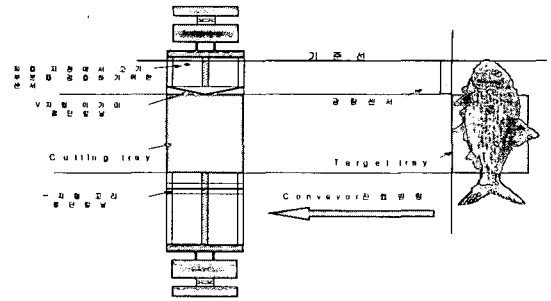


그림 5. 절단기 기본 구조도  
Fig. 5 The Structure of Cutting Machine

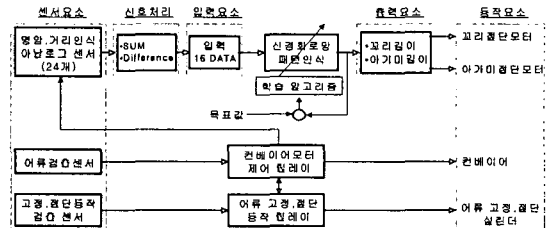


그림 6. 가공 시스템의 구성요소  
Fig. 6 The Components of Processing System

#### 4.2 센서 회로

일반적으로 광센서는 광기전력을 이용한 것으로 빛을 받아서 그것을 전기적 신호로 바꾸는 일종의 변환기이다.

점등 방식으론 스태틱 점등(Static drive)과 펄스 점등(Pulse drive)이 있는데, 스태틱 구동은 송신부 쪽에서 일정한 전류(정격을 넘지 않는)를 계속 흘러 수신부에서 읽는 가장 간단한 방법이지만 송신부의 전류가 약해서 잘 쓰이지 않는다.

펄스 구동 방식은 일정한 펄스를 송신부에 입력시켜 송신부의 출력을 높게 해서 비교적 외란광의 영향을 줄이는 방법이다.

본 연구에서는 마이크로 프로세서에서 펄스를 구동시켜 센서와 동기화하여 데이터 값을 가져온다. 그림 7은 광량 센서 펄스 구동방식에 대해 묘사했다.

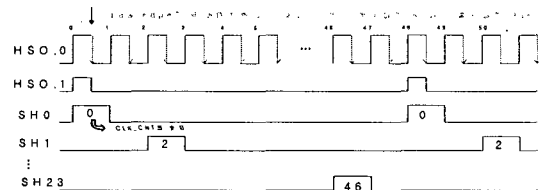


그림 7. 광량센서 펄스 구동 방식  
Fig. 7 The Pulse Operating Method using Optical Sensor

80C196KC는 HSO.0 핀으로 계속해서 shift register chip(74HC164)에 기준 펄스를 만들고 HSO.1 핀으로 HSO.0이 48번 클럭이 생성될때마다 한번씩 클럭을 생성한다. 그러면 shift register(74HC164)에선 SH0~SH23과 같은 파형이 생성되어 각각의 광량 센서에 홀러 센싱을 하게 된다. 80C196KC에서 A/D 변환하는 시기는 HSO.0의 클럭이 짝수 번째의 Low edge에서 A/D 변환한다. 각각의 수광부 센서에서 나오는 아날로그 신호를 A/D 변환해서 80C196KC의 임시 레지스터 D000H에서부터 차곡차곡 저장한다.

그림 8과 그림 9는 물체가 있을 때와 없을 때의 수광센서에서 나오는 아날로그 파형과 발광센서로 들어가는 파형을 비교하였다. 물체가 없을 때의 수광센서의 출력 전압은 0.5V의 offset 전압이 뜨고, 물체가 있을 때의 수광센서의 출력 전압은 2.5V의 전압이 나타나 현격한 차이를 보였다.

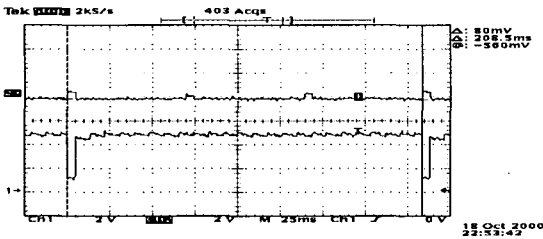


그림 8. 물체가 없을 때의 수광·발광 신호  
Fig. 8 The Signal when Object doesn't Exist

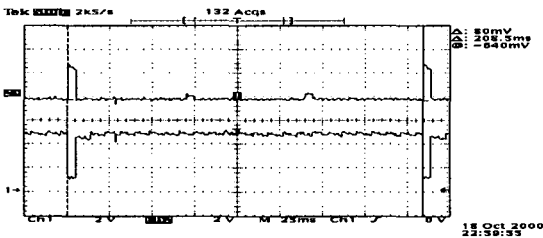


그림 9. 물체가 있을 때의 수광·발광 신호  
Fig. 9 The Signal when Object Exists

그림 10은 80C196KC와 센서부의 인터페이스 구조에 대한 그림이다.

아날로그 광량센서는 아가미의 윤곽과 지느러미의 특징점을 추출하는 장치로서, 카메라로 받는 데이터보다는 정확도가 떨어지지만, 24개의 센서 값을 컨베이어 모터가 움직이면서 32번 스캔하는 방식으로 어류의 아가미 부분을 검출한다. 그리고 센서의 감도가 달라질 수 있으므로 가변 저항기(10

kΩ)의 설치로 어느 정도 감도를 조절하였다. 이러한 방법으로 받은 센서의 데이터를 신호 처리해서 분석한 결과 일정한 파형을 얻을 수 있었다.

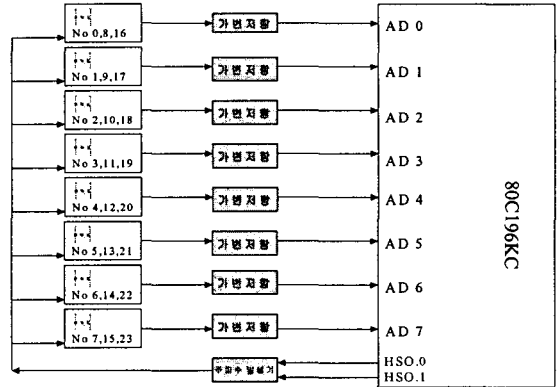


그림 10. 마이크로프로세서와 센서와의 인터페이스

Fig. 10 The Interface Between Micro-Process System and Sensor System

그림 11은 센서에서 받은 데이터와 신호 처리해서 분석한 그래프이다. 그림 11(a)는 실질적인 명태를 컨베이어에 올려놓고 아날로그 광량 센서로 스캔한 데이터이고, 그림 11(b)는 24개 각각의 센서에서 받은 데이터를 합해서 100으로 나눈 값이며 식(1)에서 나타내었다. 그림 11(c)는 더해서 100을 나눈 값들을 각각 편차를 구해 그래프로 나타냈고 식(2)와 같다.

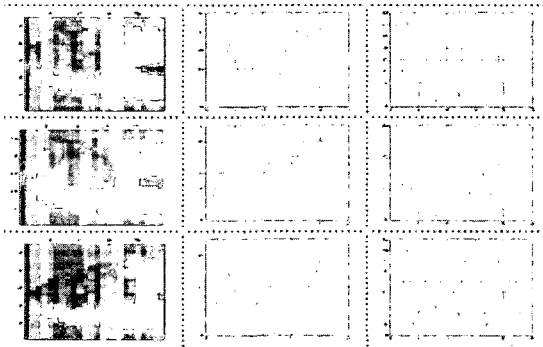
$$S(j) = \frac{\sum_{i=1}^{32} R_j(i)}{100}, j = 0, 1, 2, \dots, 23 \quad (1)$$

$$D(j) = S(j+1) - S(j), j = 0, 1, 2, \dots, 22 \quad (2)$$

$R_j(i)$  ; j번째 센서가 i번 스캔한 데이터 값  
 $S(j)$  ; j번째 센서의 32번 스캔한 값을 더한 값  
 $D(j)$  ;  $S(j)$  값의 편차값

신호 처리한 23개의 값에서 16개의 데이터 ( $D(7) \sim D(22)$ )값을 신경회로망의 입력으로 설정하며, Off-line 상에서 8마리 각각의 명태를 입력 패턴으로 설정해서 학습시켜 최적의 웨이트 값을 얻었다. 은닉층은 10, 학습률은 0.6 이고, 활성화 함수는 기울기가 0.0006인 선형 함수를 사용하였으며, 학습은 에러율이 0.0001 밑으로 내려 갈 때까지

계속하였다.



(a) 어류의 윤곽 (b) 더한 후 스케일 (c) 편차  
그림 11. 센서에서 받은 데이터

Fig. 11 The Data from Optical Sensor

그림 12는 아가미의 패턴을 받아 마이크로 컨트롤러에서 학습시킨 신경망 구조이다.

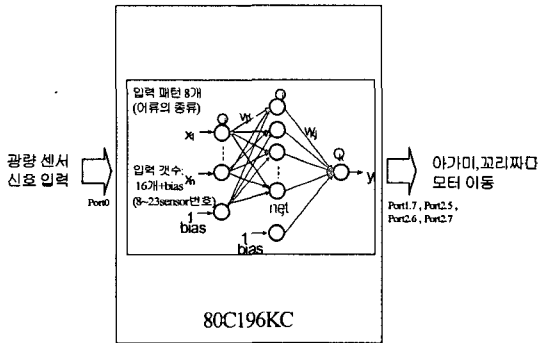


그림 12. 80C196KC에서 학습시킨 신경망 구조  
Fig. 12 The Learned Neural Network in 80C196KC

이렇게 구한 최적의 웨이트값들을 마이크로 컨트롤러 변수에 대입시켜, 실질적인 물체(생선)의 특징점과 윤곽의 데이터들이 들어오면 절단될 아가미와 꼬리부분의 절단 모터에 신호를 전송한다.

### 4.3. MCU를 이용한 모터 위치제어

센서에서 받은 데이터를 계측한 후, 아가미의 절단 부분을 찾아서 절단기의 위치를 절단 부위로 이동시키기 위해서 마이크로 컨트롤러 80C196KC를 사용하여 모터를 펄스폭 제어를 함으로써 오차 없이 정확히 절단기 위치를 설정할 수 있었다.

그림 13은 절단기의 위치를 제어하는 DC 모터 제어 시스템 구성도이다.

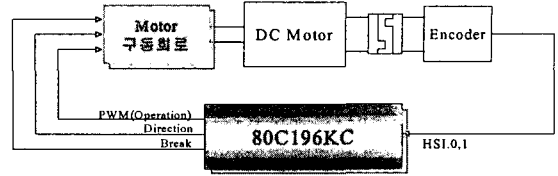


그림 13. DC 모터 제어 시스템 구성도  
Fig. 13 The Structure of DC Motor Control System

DC모터 제어를 위해 사용된 마이크로 컨트롤러 80C196KC의 적용된 기능에 대해 설명하면 다음과 같다.

- ① 샘플/홀드 기능을 포함한 8또는 10비트의 A/D 변환기
- ② 인터럽트와 연계된 고속 입출력 기능  
HSI 기능 ; 엔코더가 부착된 모터 2개의 펄스를 동시에 인터럽트 사용으로 카운팅  
HSO 기능; 인터럽트 사용으로 아날로그 센서에 기준 클럭 발생
- ③ I/O 포트 중에 2개(포트 1, 포트 2)는 2개의 위치제어 모터의 동작, 방향, 기준선의 판별 제어와 컨베이어 모터 제어 사용

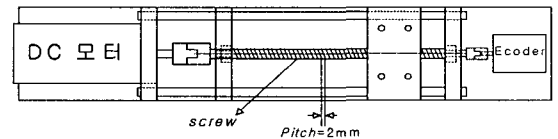


그림 14. 위치제어 모터의 평면도  
Fig. 14 The Structure of Position Control Motor

그림 14는 위치제어 모터의 평면도로, 피치 (screw가 한바퀴 돌았을 때의 거리 : pitch)가 2mm 이므로 모터가 한바퀴 돌 때 2mm 움직이면서 엔코더에서 나오는 펄스의 수는 25펄스 나오게 된다. 만약 20mm 가고자 한다면 DC 모터에 전원을 인가한 후 엔코더에서 나오는 펄스의 수가 250펄스 카운팅이 되면 모터를 정지하는 식으로 위치를 제어하였다.

### 4.4 컨베이어 제어와 시퀀서 동작

그림 15는 컨베이어 모터의 제어의 순서도로 나타내었다. 고정과 절단 동작은 공기압으로 동작이 되었고 시퀀스적으로 구현했다.

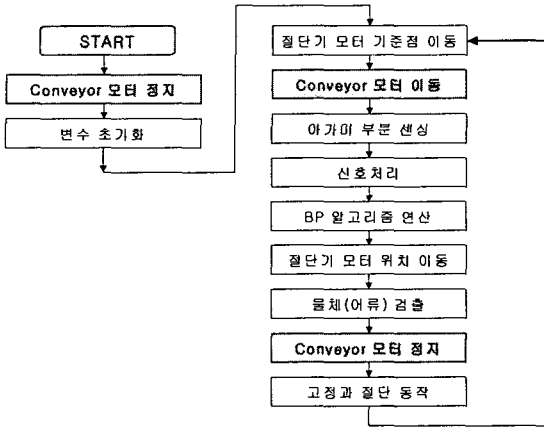


그림 15. 컨베이어 모터제어의 순서도  
 Fig. 15 The Flowchart of Conveyer Motor Control System

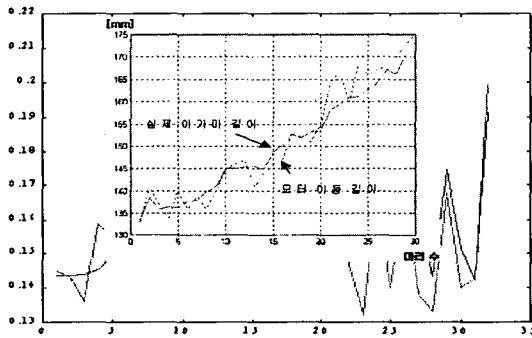


그림 16. 아가미와 모터 이동길이의 출력 비교  
 Fig. 16 The Comparison of The Gill Position Output and The Cutter Position Output

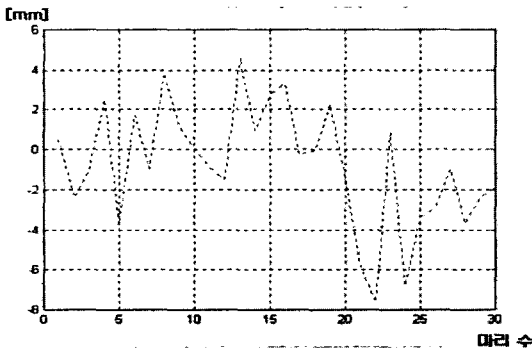


그림 17. 어류의 아가미와 모터이동거리의 오차분포  
 Fig. 17 The Error Distribution Between The Gill Position and Cutter Position

이런 방법으로 30마리의 명태에 대해 적용한 결과 실질적인 아가미 길이에 대한 아가미 절단기 위치제어 모터의 위치는 그림 16와 같이 나타났고, 두 위치의 편차를 그림 17에 나타냈다.

### V. 결 론

본 연구에서는 현재의 기계식 생선 가공 시스템의 일괄적인 동작과 노동 집약적인 수작업의 가공을 사용자와 관리자 측면에서 보다 편리하게 사용하기 위하여 정확하게 생선의 절단 위치를 검출해서 아가미와 꼬리 부분을 제거할 수 있는 시스템을 구현하였다.

광량 센서에서 나오는 신호를 CPU상에서 A/D 변환과 신호 처리하면서 인공지능 기법을 이용하여 어류의 특징점과 윤곽을 분류하였고, 엔코더에서 나오는 펄스를 카운팅해서 위치를 찾아 어류의 아가미와 꼬리 부분을 절단하기 위하여 DC 서보 모터 2개를 제어하였다.

그리고 실험을 통해 실질적인 아가미 길이와 신경회로망에서 출력된 아가미 길이의 오차 범위가 8mm 범위안에 존재하여 실제 절단 시에 어육의 손실을 최소화 할 수 있었다.

향후 연구 방향은 본 논문을 기초로 모든 어종에 연관시켜 정확한 데이터를 검출하여 절단기를 최적의 목적 위치로 이동시키고, 생선의 내장제거, 껍질제거를 할 수 있는 장치를 연구하여 모듈별 어류가공 기계를 계속 연구하고자 한다.

### 참고문헌

- [1] Lefteri H. Tsoukalas and Robert E. Uhrig, Fuzzy and Neural Approaches in Engineering, John Wiley & Sons Inc., 1992.
- [2] Jacek M. Zurada, Introduction to Artificial Neural System, West Publishing Company, 1992.
- [3] Chin-Teng Lin and C.S. George Lee, Neural fuzzy systems, Prentice Hall, 1996.
- [5] Yan-Qing Yang and Abraham Kandel, "Compensatory Neuro-fussy Systems with Fast Learning Algorithm", IEEE Trans. on Neural Networks, Vol. 9, No. 1, pp. 83-105, 1998

- [6] Y. Chen and F. Bastani, "ANN with Two Dendrite Neurons and Weight Initialization", Proc. IJCNN, Baltimore, Vol.III, pp. 139-146, 1992.
- [7] K. Hornik, M. Stinchcombe, and H. White, "Multilayer feedforward networks are universal approximators", Dept. Economics, University of California, San Diego, CA, discussion pap., June 1988.
- [8] K. S. Narendra and K. Parthasarathy, "A diagrammatic representation of back propagation", Center for Syst. Sci., Dept. of Electrical Eng., Yale University, New Haven, CT, tech. rep. pp. 78-85, Aug. 1988.
- [9] R.J. Thien and S.D. Hill, "Sensor Fusion for Automated Assembly Using an Expert System Shell", Proc. 5th Int. Conf. Advanced Robotics, Pisa, Italy, Vol. 2, pp. 1270-1274, 1991.
- [10] C.W. de Silva, Motion Sensors for Industrial Robots, Mech. Eng., pp. 40-51, 1985.
- [11] C.W. de Silva, "Advanced Techniques for Robotic Manipulator Control", Proc. Int. Conf. Tech, pp. 148-153, 1986.
- [12] G.F. franklin, and A.E. Naeini, Feedback Control of Dynamic Systems, Addison-Wesley, Reading, MA, 1986.
- [13] D.H. Rao and M.M. Gupta. "A Multi-Functional Dynamic Neural Processor for Control Applications", Proc. Am. Control Conf., San Francisco, pp. 2902-2906, 1993.
- [14] J.H. Smith and C. Naina, "The Space Station Freedom Evolution Phase", Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation, Scottsdale, AZ, pp. 1472-1477, 1989.
- [15] C.W. de Silva, Control Sensors and

Actuators, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1989

저자소개

**김관형(Gwan-Hyung Kim)**



2001년 : 한국해양대학교 전자통신공학과 공학박사  
 2000년~현재 : 동명정보대학교 컴퓨터공학과 전임강사  
 관심분야 : 최적제어 인공지능, 반도체 설계

**강성인(Sung-In Kang)**



2004년 : 한국해양대학교 전자통신공학과 공학박사  
 2000년~현재 : 동명정보대학교 컴퓨터공학과 전임강사  
 관심분야 : 인공지능, 신호처리, 임베디드 시스템, 자동 제어

**이태오(Tae-Oh Lee)**



2003년 : 한국해양대학교 전자통신공학과 공학박사  
 2000년~현재 : 동명정보대학교 컴퓨터공학과 전임강사  
 관심분야 : 네트워크, 자동화 시스템, 해상통신시스템, 마이크로프로세서, GPS응용