Journal of the Research Institute of Industrial Technology. Vol. 20, 2003

지능기법을 이용한 가공시스템의 설계 및 모니터링에 관한 연구

金永卓 · 文熙根 · 金秀貞 · 金寬衡 · 李尙培
韓國海洋大學校 電子通信工學科

A Study on the Design and Monitoring of Processing System Using Intelligent Method

Young-Tak Kim, Hee-Gun Moon, Soo-Jung Kim, Kwan-Hyung Kim and Sang-Bae Lee
Dept.of Electronic & Communication Eng., Korea Maritime University

요 약: 본 논문은 지능 기법과 영상처리기법을 이용하여 특정 대상물의 절단위치를 검색하는 방법을 제시한 것으로서, 최근에는 기존의 아날로그 센서를 대신한 CCD(Charge-Couple Device)카메라로 얻어진 화상 데이타(data)를 이용하여 물체의 정보를 추출하는 방법이 많이 응용되고 있다. 최근에 영상의 형태학, 신경망, 지식기반의 영상 해석 시스템에 대한 관심이 높아지면서, 거의 모든 분야에 화상처리기법들이 사용되어지고 있다. 따라서 본 논문에서는 실시간 그레이 레벨의 입력 화상에 대하여 영상처리기법을 이용하여 특정 물체의 특정위치 검출 방법을 제안하고, 실제의 시스템에 적용한 예를 제시하려고 한다.

핵심어 : 신경망, 인공 지능, 영상 처리, 마이크로 콘트롤러

Abstract: In this paper proposed detecting specific position of the object using intelligent method and image processing. Recently instead of classifying the object by shade using existing analog sensor, apply a theory to detect of the object information by using image data from CCD camera. It takes interest in the morphology of image, neural networks and image analysis system on knowledge base. and now days, image processing method was used in the most part of field. So, In this paper proposed detecting method on specific position of specific object about real time gray level input image using image processing method and application case in real system.

Key Words: neural network, artificial intelligent, image processing, micro-controller

1. 서론

최근 산업과 컴퓨터 기술의 비약적인 발달로 인하여 종전에 처리할 수 있었던 정보의 양이나 형태보다 많고 복잡한 일들을 처리할 수 있게 되었고, 근래에는 센서(sensor) 기술의 발달로 인간의 시각에 해당하는 카메라(camera)의 성능과 처리 기술이 고도로 발달되어있으며, 이를 제어하는 제어기술이 컴퓨터와 멀티미디어(multimedia) 그리고 신호처리 등의 기술의 급격한 발달로 인하여 다양한 형태의 영상신호처리 방법들이 제안되고 발달되고 있다[1][2]. 오늘날 산업현장에서도 머신 비젼 시스템(machine vision system)과 고성능의 마이크로 프로세서(micro processor)를 도입하여 영상응용과 멀티미디어 응용분야로 생산자동화에 주력하고 있는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 구성된 비젼 시스템에서 영상의 전처리 과정 중 물체와 배경을 분리한다든지, 일정한 농도 값 이상의 픽셀(pixel)들만 추출해 낸다든지, 영상의 전체적인 정보를 간략화 하는 등 다양한 이미지(image)처리의 전처리로 사용되고 있는 이진화 처리 과정 중 임계값 설정에 관하여 논의한다. 영상의 이진화 처리에는 P-타일법(단순 임계치 방법), 모드(Mode)법, 평균 이진화, 반복(Iterative) 이진화, 적응(Adaptive) 이진화 방법이 있지만, 본 논문에서는 신경망과 모드법(mode)을 응용하여 입력 영상의 히스토그램의 패턴(pattern)에 따라서 영상의 이진화에서 임계값을 적용하는 방법을 제안하여 이를 바탕으로 이진 영상 투영을 통하여 위치를 추출한 결과를 기존의 기계식에 의존하고 있는 수산업 분야의 가공 시스템에 비젼 시스템을 도입한 전자 제어기를 구성하여 실험한 결과를 제안한다.

2. 임계값 추출을 위한 신경망 설계

본 논문에서 제안된 시스템에서 CCD 카메라로

부터 획득되는 이미지는 256레벨(256 level)의 그레이 스케일 이미지(Gray scale image)이다. 입력영상의 전처리 과정 중 이진화처리에서 가장 중요한 요인은 적당한 임계값을 결정하는 것이다. 일반적으로 가장 많이 사용되는 방법은 영상의 히스토그램 정보를 이용하는 것인데, 이는 이미지의 히스토그램의 정보를 눈으로 확인한 뒤 적당한 임계값을 선정해야하는 단점이 있다.

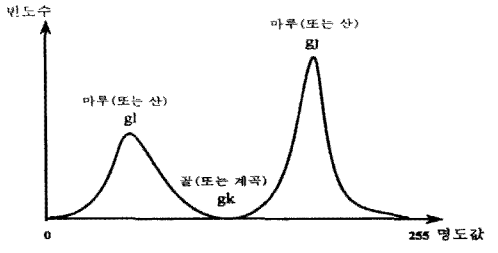


그림 1. 임계값 결정을 위한 히스토그램

위의 그림 1은 히스토그램 분석을 통한 임계값을 결정하는 방법으로 두 개의 산(또는 마루) gl과 gj사이에 있는 계곡(또는 골)인 gk에 해당하는 곳의 명도값을 임계값으로 선정하는 것이 일반적인 방법이다. 물론 이런 히스토그램에 대하여 탐색 알고리즘을 적용할 수는 있지만, 본 논문에서는 히스토그램 분석을 통한 몇 가지의 특징과 외부 환경 변화와 입력되는 대상물의 차이에 따라 가변되는 히스토그램 정보를 이용하여 신경망으로 학습을 시켜 외부 요인에 따른 적당한 임계값을 추출하도록 하였다. 본 논문에서 구성한 신경망의 개략적인 구성은 아래의 그림 2와 같다.

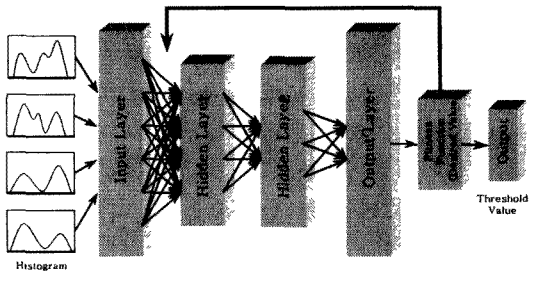


그림 2. 신경망의 구성도

위의 그림 2에서와 같이 신경망의 입력층은 CCD 카메라와 이미지 그레버 보드로부터 실시간으로 획득하는 입력 영상의 히스토그램의 분석과 이진영상의 투영이미지 조사를 통하여 추출된 특징이 입력된다. 입력된 특징에 따라서 신경망의 출력층에서는 학습된 웨이트(weight) 값과 목적함수(목표값)에 따라서 해당되는 임계값을 출력하게된다.

아래의 그림 3은 입력영상의 히스토그램과 탐색 영역의 이진화 투영이미지를 나타낸 것으로 1번에는 전체 입력영상을 나타내고, 2번에는 전체 입력 영상 중 위치를 찾고자하는 대상 영역이다. 이에 따른 히스토그램을 4번과 3번에 나타내고 있다. 그리고 최종 결과인 투영이미지는 5번에 나타내었다. 따라서 이진화를 통하여 탐색영역의 투영 이미지를 조사하여 최종적인 데이터를 얻게된다. 탐색영역에 대한 투영이미지는 5와 같다. 결론적으로 5와 같은 투영이미지를 생성하기 위해서는 기본적으로 입력 영상에 대하여 필터링(filtering) 같은 처리나 기타의 기법을 적용하지만 무엇보다도 이진화시의 임계값의 선정이 가장 중요한 역할을 한다.

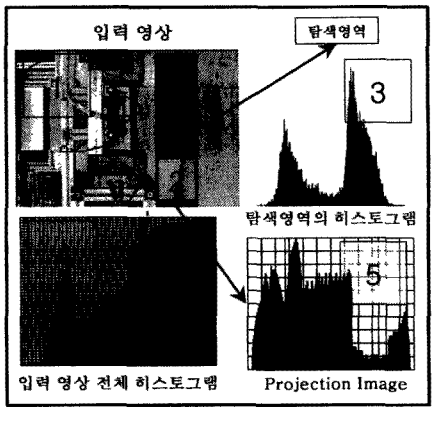


그림 3. 입력 영상의 히스토그램 정보

입력 영상에 대한 히스토그램의 특징은 앞에서 논한바와 같이 마루와 골 그리고 히스토그램의 빈도수, 입력 영상의 종류와 외부의 조명 영향에 따른 명도값을 상황에 따라 추출한 결과를 이용한다. 실험 환경은 실내의 작업공간이며 비젼 시스템을 통하여 실시간으로 영상을 획득하고, 동적으로 임계값 처리하여 이진화 결과를 산출하기 위하여 입력되는 특징은 외부 환경의 변화의 조건을 6단계로 나누고 각 단계에서 얻어진 대상물의 히스토그램과 투영이미지의 특징을 아래의 그림 4와 같이 7가지로 선정하여 신경망의 입력으로 결정하였다.

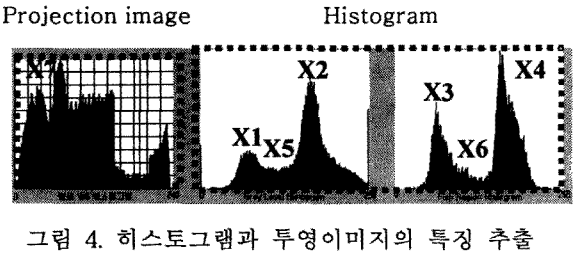


그림 4. 히스토그램과 투영이미지의 특징 추출

아래의 그림 5는 입력 영상에 대하여 외부 환경 변화에 따라 이진 영상의 투영 이미지 결과가 달라지는 것을 보여준다.

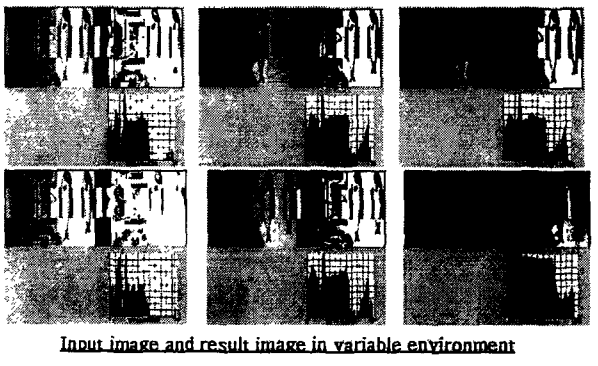


그림 5. 외부 환경에 따른 영상의 변화

본 논문에서 사용된 신경망 구조는 오류역전파(Error Back-Propagation) 알고리즘을 갖는 다층 정적 신경망(Multi Layered Static Neural Network)이다.

아래의 그림 6은 본 논문에서 오류 역전파 알고리즘을 이용하여 구성한 하나의 입력층과 출력층, 2개의 은닉층을 가지는 다층 신경망의 전체적인 구성이다. 입력층과 은닉층, 출력층을 기호를 표기하면 다음과 같다.

O_i : 신경망의 입력층의 출력값(7)
O_j : 신경망의 첫 번째 은닉층의 출력값(25)
O_k : 신경망의 두 번째 은닉층의 출력값(5)
O_l : 신경망의 출력층의 출력값(1)

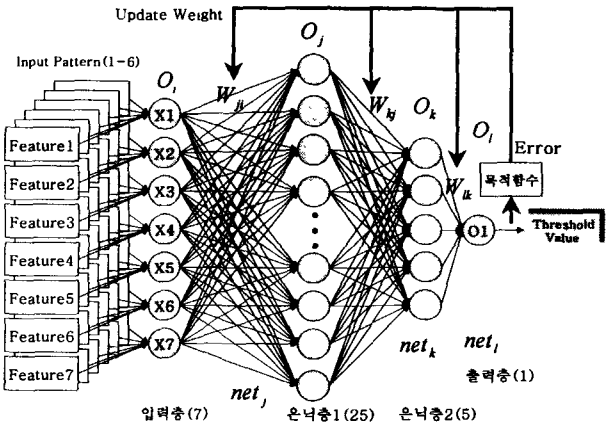


그림 6. 오류 역전파 알고리즘

$$X=\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7\} \in \mathcal{R}^k \quad (1)$$

$$O \in \mathcal{R}^k \quad (2)$$

$$O = \Psi^3[W_{lk} \copyright \Psi^2[W_{kj} \copyright \Psi^1[W_{ji} \copyright X]]] \quad (3)$$

식(1)과 (2)는 입력과 출력값이 실수 영역으로 정의된 것이고, 식(3)에서 $\Psi'[\cdot]$비선형 활성 연산자이고 ©는 합성 연산자(스칼라 곱이나 거리 측정)이다. 또한 입력층과 첫 번째 은닉층사이의 웨이트를 W_{ji}, 첫 번째 은닉층과 두 번째 은닉층 사이의 웨이트를 W_{kj}, 두 번째 은닉층과 출력층 사이의 웨이트를 W_{lk}로 표기한다. 모든 정보는 순방향 신경망의 웨이트에 저장되며, 학습 과정 동안 웨이트 행렬 W_{ji}, W_{kj}, W_{lk}의 성분은 계속적으로 새로운 정보로 바뀌어 진다. 오류-정정 처리를 기반으로 한 교사 학습 알고리즘은 W_{ji}, W_{kj}, W_{lk}를 적당한 값으로 결정하는 것이다[3][4].

그리고 신경망의 비선형 활성화 함수는 다음의 식(4)로 표현되는 단극성 시그모이드 함수를 사용하였다.

$$\Psi[x] = \frac{1}{1 + \exp(-x)} \quad (4)$$

표 1. 신경망의 학습 요소

오류역전파 알고리즘의 학습요소		
초기 웨이트 값	-1~1	rnadom value
활성 함수의 기울기	0.5	·
학습률	0.8	·

위의 표 1은 본 논문에서 사용한 오류 역전파 학습 알고리즘기반 신경망의 학습요소이다.

표 2. 신경망의 입력 특징값

Pattern / Input	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	Desired Value
Pattern1	50	140	60	145	110	95	100	115
Pattern2	55	145	65	150	115	100	110	120
Pattern3	60	150	70	155	120	105	110	120
Pattern4	65	155	75	160	125	110	120	125
Pattern5	70	160	80	165	130	115	120	125
Pattern6	75	165	85	170	135	120	130	130

위의 표 2는 실험을 통하여 입력영상의 특징을 추출한 값으로, 해당 특징 벡터마다 하나의 출력값, 임계값으로 결정되어진다. 각 패턴마다 하나의 값으로 결정되어지고, 오프라인 상에서 학습이 종료된 후, 웨이트 값을 실제 시스템 상에 적용하게 된다.

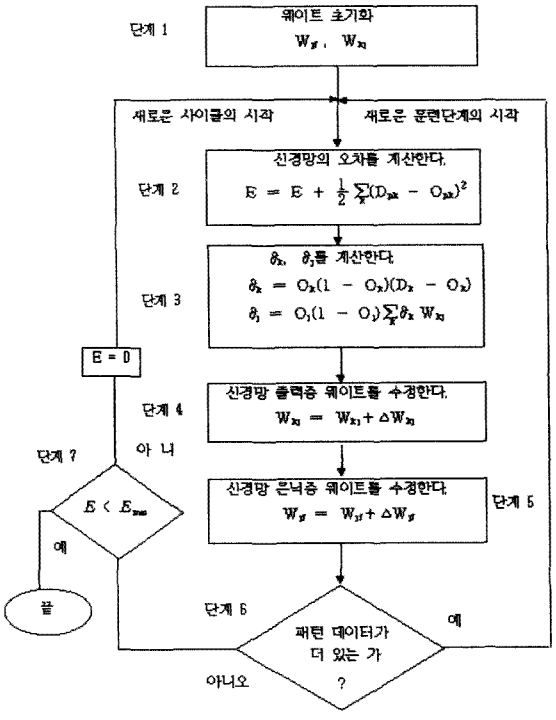


그림 7. 오류 역전파 알고리즘의 학습 순서도

위의 그림 7은 오프라인(off line) 학습을 통하여 NN의 웨이트를 결정하기 위한 오류역전파 알고리즘의 전체처리 순서도이다.

3. 실험 시스템 구성

위에서 제시한 처리과정을 실험하기 위하여 본 논문에서는 실제 실험 환경을 구성하였다.

다음의 그림 8은 전체 시스템의 구성으로 비젼처리에서 컴퓨터를 이용하여 입력 영상을 가공하여 디지털 I/O를 통하여 마이크로 컨트롤러로 데이터를 전송하면 이에 따라서 모터(motor)가 움직이게 된다.

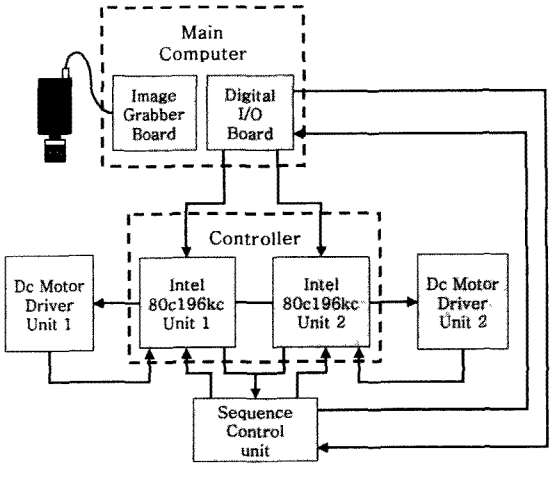


그림 8. 전체 시스템 구성도

다음의 그림 9는 제어부의 인터페이스 관계를 나타낸 그림으로 PC로부터 I/O 인터페이스 카드를 통하여 프로세서로 입력된 두 개의 위치값을 실제 이동거리에 적당한 값으로 변환하여 모터를 움직이게 된다.

그림에서와 같이 모터의 회전 축에 로터리 엔코더를 장착하여 모터의 정·역 회전에 따른 펄스를 인텔사의 80C196KC의 HSI로 입력받아 페루프 제어를 하여 계측한 위치로 이동하도록 설계되어있다.

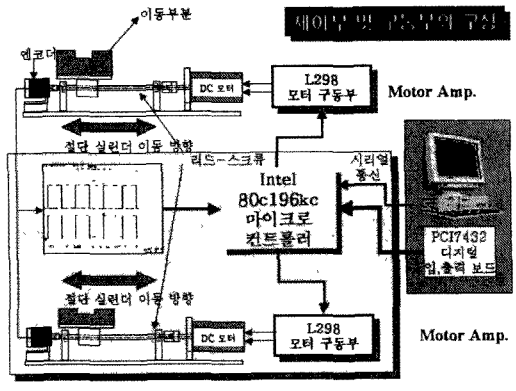


그림 9. 제어부의 구성

아래의 그림 10은 앞에서 제시한 시스템의 구성도에 따라 실제로 구성된 제어기의 내부 구성요소를 나타낸 것이다.

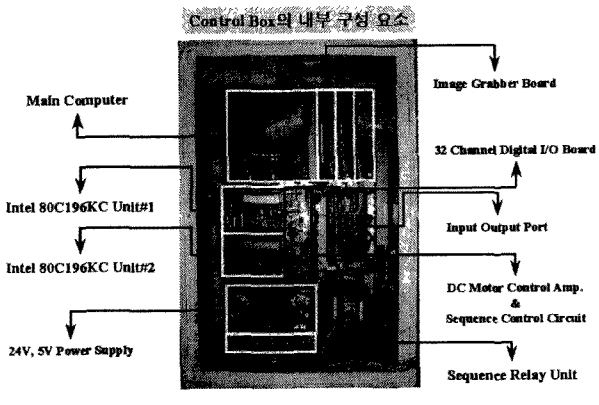


그림 10. Control box의 내부 구성

제작된 Control Box에는 메인 컴퓨터에 장착된 CCD 카메라로부터 입력되는 아날로그 영상 신호를 양자화하고, 그 값을 PC의 메모리에 저장시키기 위한 Image Grabber Board와 위치값을 전송하고 시스템 동작을 관측하기 위한 디지털 I/O Board가 있으며, 시스템의 액추에이터를 제어하기 위한 마이크로 컨트롤러와 릴레이 및 Control Box의 전원을 공급하기 위한 전원부로 구성되어 있다.

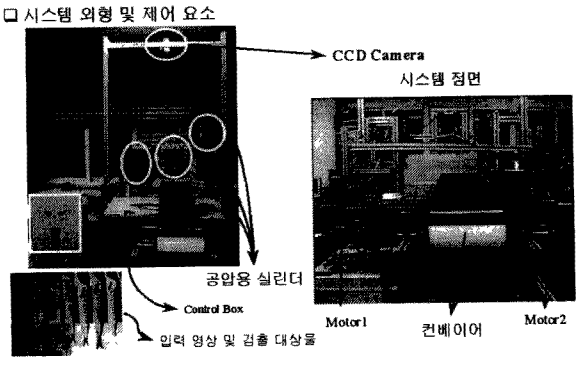


그림 11. 가공 시스템의 기계적 구성

위의 그림 11은 실제 가공 시스템의 기계적 구성을 나타낸다. 시스템은 컨베이어를 통해 이송된 대상물을 중앙 상단의 CCD 카메라를 통하여 영상을 받아 들여 대상물의 위치 정보를 처리한다.

4. 실험 및 결과

본 장에서는 기존의 이진화 처리 결과와 제안한 신경망 학습을 통하여 출력된 임계값으로 이진화한 결과를 비교 분석한다.

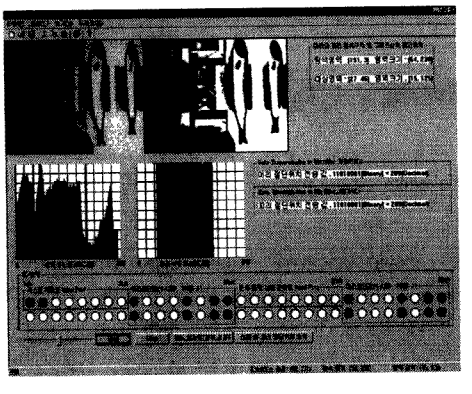


그림 12. 이진화 결과1

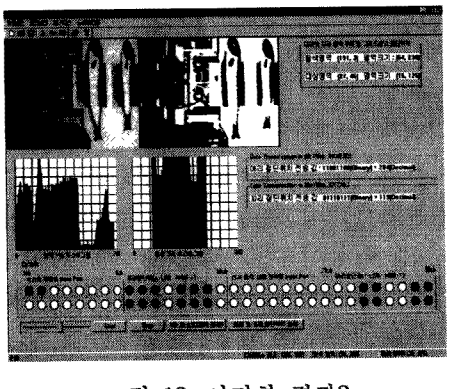


그림 13. 이진화 결과2

위의 그림 12와 13은 아래의 슬라이더 바를 이용하여 사용자의 눈으로 투영 이미지의 결과를 확인하여 수동적으로 임계값을 조절한다.

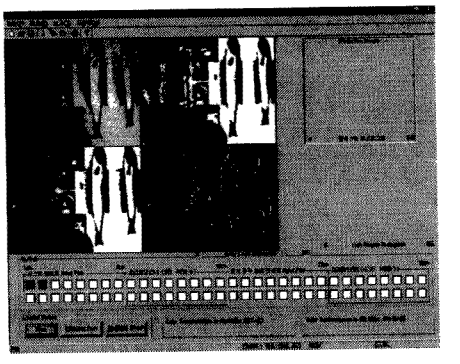


그림 14. 동적 이진화 결과

위의 그림 14는 본 논문에서 제안한 오류 역전파 알고리즘 기반 다층 신경망의 학습을 통하여 출력된 임계값을 입력 영상에 적용한 이진 이미지와 단순 임계치를 이용한 이진영상의 결과를 나타낸 것이다.

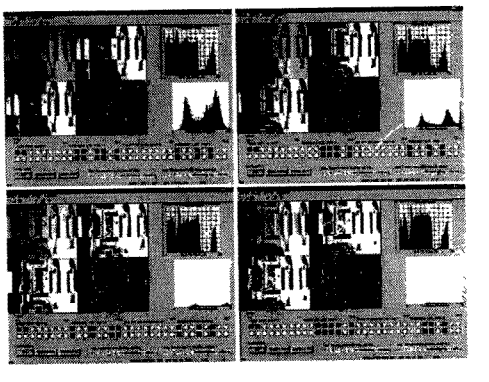


그림 15. 환경에 따른 동적 이진화 결과

위의 그림 15는 외부 환경의 변화에 따라 적절한 학습을 통하여 얻어진 이진 영상의 결과를 나타낸 것이다.

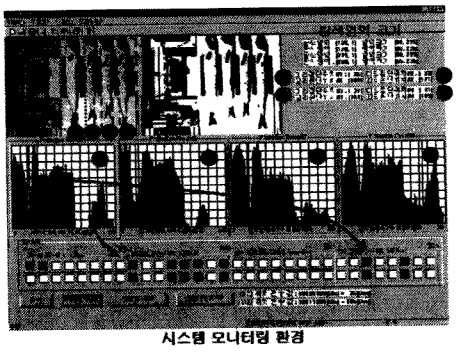
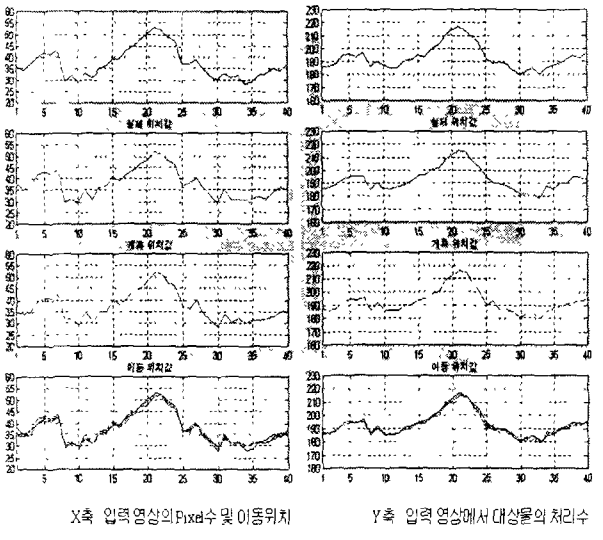


그림 16. 실제 monitoring 화면

위의 그림 16은 실제 시스템을 구동하기 위한

모니터링 화면에 구성을 나타낸 것이다.



X축 입력영상의Pixel수 및 이동위치 Y축 입력영상에서 대상물의 처리수

(a) 머리 부분 (b) 꼬리 부분

그림 15 대상물의 위치 분포 및 계측과 이동 거리

위의 그림 15는 제안된 방법을 바탕으로 시스템 구동시 실제 조작자가 monitoring 화면을 통하여 관측한 거리와 영상처리를 통하여 탐색된 거리, 그리고 프로세서에서 구동시키는 실제 모터의 이동 거리를 나타낸 것이며, 모두를 비교하면 monitoring 환경 상에서 2~10픽셀이내의 오차를 가짐을 알 수 있다.

표 3. 영상처리 시스템의 개발환경

Main Part	
중앙처리장치 (CPU)	Intel Celeron 333MHz
개발 운영체제	Window 98SE
개발 툴	Visual C++ 6.0 Matlab5.3
디지털 입·출력 카드 (Digital I/O Card)	PCI-7432 64채널 (각각 32채널) 디지털 Input, Output
이미지 그레버 보드 (Image Grabber Board)	Matrox Meteor II Image Grabber Matrox Image Library 5.02
CCD Camera	SAMSUNG SHC-410NAD, NTSC

위의 표 3은 입력 영상에 대하여 대상물을 인식하고 위치 정보를 추출하기 위한 영상처리 알고리즘 적용부인 PC와 비전 시스템을 기반으로 한 메인 시스템의 구성요소 및 개발 환경이다. 위의 구성요소로 이루어진 메인 시스템은 디지털 입·출력 카드의 입력과 출력 단자를 이용하여 제어부와 동기를 맞추는 역할을 한다.

표 4. 시스템의 개발 환경

Control Part	
개발 툴	IC96 C-Compiler(80C196KC)
모터 제어용 마이크로 프로세서	Intel 80C196KC (PWM, HSI, HSO)
DC 서보모터	2000rmp, 40W, 0.6A, DC60V
엔코더	Autonics사 ENB-25-2-1 (1회전 25펄스, 2상)
절단기 파워 소스	공압장치
동작 검출용 센서	Autonics사의 BE300-DFAL 광센서
	APD-C75 자기센서
순차 처리용 소자	릴레이(24VDC), 공압 솔레노이드 공압 실린더
모터 구동 드라이브	L298, 3A, 55V, 듀얼 H브릿지 내장

위의 표 5는 본 논문의 시스템에 사용된 제어부 및 구동부의 구성요소와 개발환경으로 PC에서 처리된 데이터를 전송받아 Intel 80C196KC로 두개의 모터를 피드백 제어를 하고 기타의 센서 입·출력 및 솔레노이드로 구성된 액추에이터를 구동하게된다.

5. 결 론

본 논문은 CCD 카메라를 통하여 실제 대상물의 화상을 그레이 스케일의 이미지로 입력받은 후 단순히 영상처리 기법만을 적용하여 정확한 절단위치를 찾는다는 것은 힘든 일이었다. 물론 하나의 대상에 대한 검출 알고리즘은 쉽게 찾을 수 있었지만, 이를 일반화하기에는 상당히 까다로운 조건들을 가지고 있었다. 따라서 본 논문에서는 다른 영상처리 기법보다 히스토그램과 신경망을 이용한 처리기법을 통하여 얻어진 이진 영상

이 본 시스템에서 보다 탐색 성능을 높임을 알 수 있었다. 또한 구성한 시스템은 PC, 마이크로 컨트롤러, DC 모터, 릴레이 등 각각의 모듈별로 상위 시스템에서 하위 시스템을 효과적으로 처리할 수 있어 보다 구조적이고 일률적인 처리를 할 수 있는 기능을 가지고 제안한 알고리즘을 적용하여 기존의 기계식에 비하여 성능이 우수함을 알 수 있었다.

앞으로의 연구방향은 본 시스템은 하나의 대상물만 유효하게 적용되는 단점을 보완하며, 그레이 레벨의 흑백 영상 대신 칼라 영역에서 대상물의 인식과 위치를 추출하는 연구가 필요하다. 컴퓨터와 마이크로 프로세서 그리고 비젼 시스템을 기반으로 하는 시스템의 보다 분산적이고 지능적인 제어시스템을 연구하여 호스트 컴퓨터와 각 개체들 사이에 상호 협조할 수 있는 지능형 다 개체 협력시스템을 개발하고자 한다.

참고문헌

[1] K. S. Narendra and K. Parthasarathy, "A diagrammatic representation of back propagatio n", Center for Syst. Sci., Dept. of Electrical Eng., Yale University, New Haven, CT, tech. rep. pp. 78-85, Aug. 1988.

[2] 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.

[3] D.H. Rao and M.M. Gupta. "A Multi-Functional Dynamic Neural Processor for Control Applictions", Proc. Am. Control Conf., San Francisco, pp. 2902-2906, 1993.

[4] 이상배, 퍼지 뉴로 제어 시스템, (주)교학사, 1999

[5] 오창석, "뉴로 컴퓨팅", 지성 출판사, pp. 121-275, 1996

[6] 김태영, 김관형, 김일, 이상배, "신경회로망의 패턴 분류를 이용한 용접 갭 검출에 관한 연구", 한국퍼지 및 지능 시스템 학회 논문집 Vol. 8, No. 2, pp. 527-531, 1998.

[7] 김관형, "실시간 화상처리 기법을 이용한 인공지능형 복합제어 시스템의 설계 및 구현", 한국해양대학교 박사학위 논문, 2001