

# 역전파 신경망을 이용한 케이블의 색깔인식

이문규\* · 윤찬균\*\*

Cable Color Recognition Using a Back-Propagation Neural Network

Moon-Kyu Lee · Chan-Kyun Yun

〈Abstract〉

Automated vision inspection has become a vital part of computer related industries. Most of the existing inspection systems mainly utilize black and white images. In this paper, we consider an application of automated vision inspection in which cable color has to be recognized in order to detect the quality status of assembled wire harness. A back-propagation neural network is proposed to classify seven different cable colors. To represent a single point in image space, we use the  $(L^*, a^*, b^*)$  model which is one of commonly used color-coordinate systems in image processing. After training the neural network with  $(L^*, a^*, b^*)$  data obtained from color image, we tested its performance. The results show that the neural network is able to classify cable colors with high performance.

## 1. 서론

산업현장에서의 시각검사작업(Visual inspection)은 단순반복적인 특성으로 인하여 피로의 누적에 의한 생산성과 품질의 하락을 초래하는 경우가 많다. 이러한 상황을 타개하기 위하여는 자동시각인식을 이용한 검사시스템의 활용이 필수적이다. 실제로, 이러한 중요성을 인식하여 선진 외국에서는 시각인식과 자동검사 부문에 상당한 실적의 연구를 수행하였고 현장에 활용한 사례도 적지 않았다.

국내에서도, 최근에 이 분야가 G7 과제의 하나로 선정되어 중요한 연구분야로 주목되고 있고, 흑백화상의 시각인식분야에 있어서는 상당부분 연구수행이 이루어진 상태이나 아직까지 현장에 실용화된 예는

많지 않다. 그 원인으로는, 시스템의 안정성이나 성능면에서의 문제 등을 포함한 여러가지를 들 수 있겠으나, 특히 상대적으로 영세 규모인 대부분의 중소기업의 경우에는 자금압박으로 인하여, 거의가 외제인 고가의 자동검사시스템을 구축하기가 어려운 것이 가장 큰 원인일 것이다.

본 연구는 이와 같이 아직까지 실용화 예가 극히 적은 부분인 색깔인식에 의한 자동검사시스템 구축을 위한 기초적인 연구이다. 궁극적으로 구축하고자 하는 자동검사시스템의 검사대상은 <그림 1>에서 보는 바와 같이 컴퓨터 관련 기기의 부품인 접속 케이블(wire harness)로서 색깔이 서로 다른 다수의 케이블로 조립되어 있는데, 그 조립순서가 사양에 맞는지를 검사하여 양/불량을 판정한다. 이러한 검사작업을 자동화하

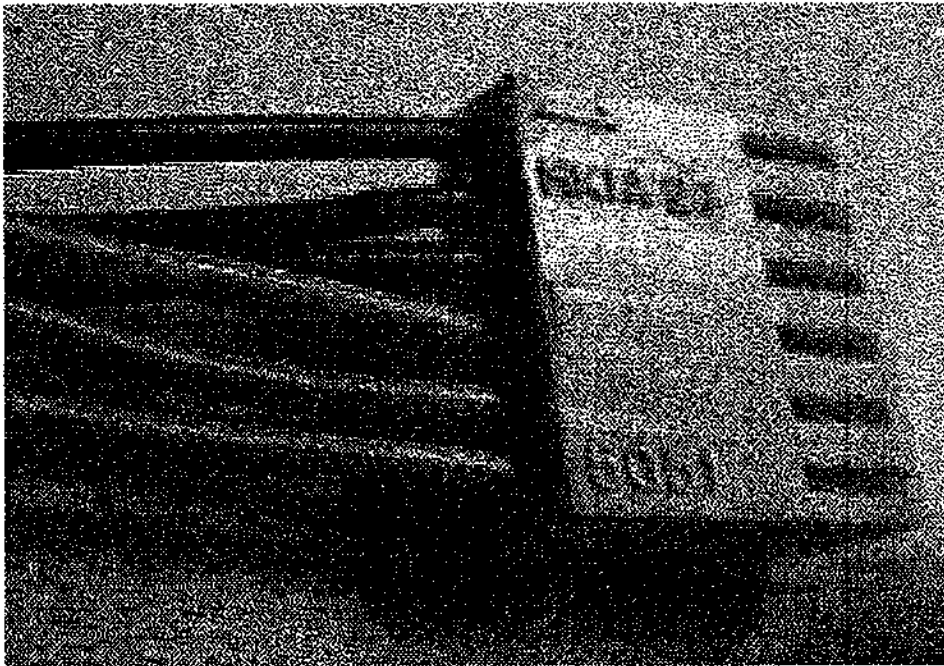
\* 계명대학교 산업공학과

\*\* 대우정보시스템주식회사

기 위해서는 우선 각 케이블의 색깔을 화상으로부터 자동으로 판정한 후, 조립된 모든 케이블의 색깔을 정해진 순서에 맞는가를 확인해야 한다. 한편, 입력된 화상의 상태는 대상물 주위의 조도에 매우 민감하기 때문에 시스템 특성에 맞는 최적의 조명시스템을 구축하는 것이 화상처리시스템에서 해결해야 할 주요한 과제 중의 하나이다. 본 논문에서는, 이러한 검사시스템을 구축하기 위한 핵심연구로서 화상인식에 있어서 조명의 영향을 크게 줄일 가능성이 있는 인공신경망을 응용한 단일 케이블의 색깔인식문제를 다룬다.

일 조각의 결점 분석[23], 통조림 제품의 분류[14] 등이 발표되었다. 한편, 교통분야의 색깔인식 응용연구로서 Priese & Rehrmann[21]이 도로, 차선 및 교통표지판의 인식 시스템을 구현한 바 있다.

국내의 시각검사에 관한 연구는 역시 흑백화상이 주 연구대상이었고([2], [3], [4], [8]), 색깔인식분야의 경우는 최근에 이르러서야 소수의 대학 및 기업에서 연구되고 있다[7]. 서울대학교 자동차공동연구소의 실시간 비전 검색연구실은 SMD 부품의 검사 및 장착시스템을 개발한 바 있다[5]. 이 시스템은 DSP



〈그림 1〉 접속 케이블의 구조

## 2. 연구 동향

### 2.1 시각인식 자동검사

비전(Vision)을 이용한 자동검사분야의 연구는 최근에 활발히 진행되고 있는데, 대부분이 흑백화상을 대상으로 한 연구로서 전자부품검사[5,16] 및 측정[11]과 공작기계부품 마모검사[9] 등이 그 일부이다. 색깔인식에 의존한 분석 및 검사의 최근의 예로서는 과

(Digital Signal Processor) 8개를 병렬로 연결하여 (Red (R), Green(G), Blue(B)) 색의 단파장의 빛을 내는 조명의 서로 다른 각도를 이용하여 납땜의 양 불량을 검사하였다. 집단운송체계에 응용할 수 있는 시스템으로서 정준형, 한민홍[6]은 앞차가 브레이크를 밟았는지를 구별하는 시각인식 시스템을 (H, S, V) 좌표계를 이용하여 구축하였다.

## 2.2 칼라영상 처리

화상내에 존재하는 대상물(object)의 색깔인식을 위해서는 우선 대상물에 속한 화소의 색깔요소값을 구하여야 한다. 색깔을 구별하는 화소의 요소값으로서 초기에는 (R, G, B) 값을 사용하였으나, 근래에는 보다 변별력을 높이기 위하여 (R, G, B)를 다른 좌표계로 변환하여 사용하는 연구결과가 많이 발표되었다.

McLaren[20]은  $(L^*, a^*, b^*)$ 값으로 색깔 공간(color space)을 구성하는 방법을 제안하였고, 그 후 Schacter 등[22]이  $(L^*, a^*, b^*)$ 가 색의 集落(color clustering)에서 효율적인 도구임을 보였다. Andreadis[10]는 (R, G, B) 값이 조도에 따라 변화하게 되므로 조도에 의한 영향을 감소시키기 위하여 (R, G, B) 값을 정규화시켜 사용하였다.

다수의 색깔이 혼재한 화상의 분할(segmentation)에 관하여는  $(L^*, a^*, b^*)$ 를 변환하여 구한  $(L^*=lightness, H^*=hue, C^*=chroma)$ 를 이용한 연구 (Celenk[13])와 gray 값의 막대그래프(histogram)에 가우시안(Gaussian) 함수를 곱하여 분석하는 Scale Space Filter(SSF)를 제안한 Witkin[24]의 연구외에도 Huang 등[17]과 Lim & Lee[19] 등의 연구들이 주목된다.

지금까지의 칼라영상을 대상으로 한 연구가 주어진 화상에서 특정부분의 화상을 분할해 내는데 중점을 두었으나, 최근에는 색깔인식분야의 산업체 응용연구가 일부 발표된 바 있다. Kishida 등[18]은 역전파 신경망(backpropagation neural network)을 이용하여 5가지 단추에 어울리는 실의 색깔을 구분하는 문제를 다루었고, 동일한 문제에 대하여 Fujimura 등[15]은 코호넨(Kohonen) 신경망을 응용한 결과를 발표하였다. 이와 유사한 연구로서 Cai & Chen[12]은 차(茶)잎의 색깔을 구별하기 위한 역전파 신경망모형을 제시하였다.

## 3. 색깔인식 인공신경망

### 3.1 화상정보의 좌표계 변환

시각인식에 의한 일반적인 검사과정은 다음 <그림

2>와 같은 과정을 거친다. 우선 검사대상의 화상(image)을 카메라로부터 입력받아 화상정보화한 후, 이를 개선하기 위한 전처리(preprocessing)와 영상분할(segmentation)과정을 거친 후 대상물의 특징을 추출한다. 추출된 특징정보를 이용하여 주어진 해법에 따라 인식 또는 판단하여 검사결과를 출력한다.

카메라로부터 입력된 화상을 실시간으로 컴퓨터의 기억장치에 저장할 수 있는 것이 프레임 그래버(frame grabber)인데, 본 연구에서 사용한 비디오드럼(서두 미디어社 제품)은 4:1:1 (Y,U,V) 형식을 지원한다. 4:1:1 (Y,U,V) 형식에서 숫자는 4개의 입력 화소(Pixel)에 대한 각 성분의 표본 크기를 나타내고, 밝기성분 Y는 각 화소에 대해 추출되며 색상성분 U,V는 4개의 화소에 대한 평균값이 추출된다. 그러므로 4개의 입력 화소에 대하여 4개의 밝기성분(Y)과 각 한개씩의 색상성분(U,V)이 있으므로 전체적으로 6개의 자료가 사용된다.

화상정보의 기본요소는 각 화소(pixel)의 정보인데 칼라영상에서는 (R,G,B)로 표현된다. 이러한 각 화소의 (R,G,B) 정보로부터 직접 판단과정을 수행할 수도 있으나, 기존의 많은 연구에서는, 적용대상에 따라 이 (R,G,B) 값을 다른 3차원 좌표계로 적절히 변형하여 사용하는 것이 우수한 성능을 나타내는 것으로 보고되고 있다[11]. 본 논문에서는 <그림 3>에서 도시된 대표적인 칼라 좌표계 중에 하나인  $(L^*, a^*, b^*)$ 를 사용하였는데 그 변환과정은 다음과 같다:

$$1) (Y,U,V) \rightarrow (R,G,B)$$

$$R = Y + V,$$

$$G = Y - 0.3455U - 0.7170V,$$

$$B = Y + U.$$

$$2) (R,G,B) \rightarrow (X,Y,Z)$$

$$X = 2.7690R + 1.7518G + 1.1300B,$$

$$Y = 1.0000R + 4.5907G + 0.0601B,$$

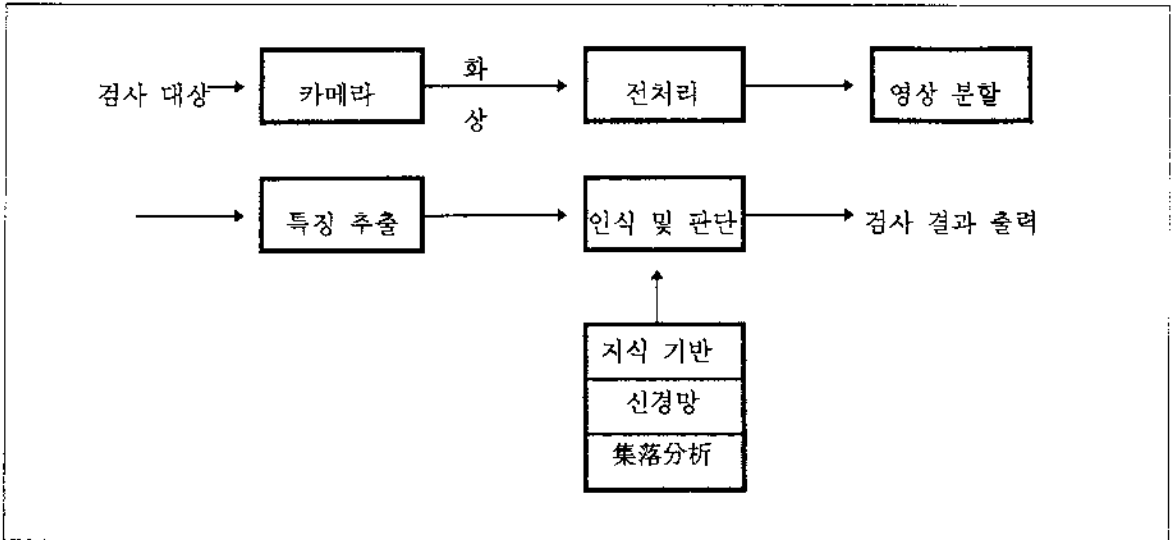
$$Z = 0.0565G + 5.5943B.$$

$$3) (X,Y,Z) \rightarrow (L^*, a^*, b^*)$$

$$L^* = 116[Y/Y_0]^{1/3} - 16,$$

$$a^* = 500[(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3}],$$

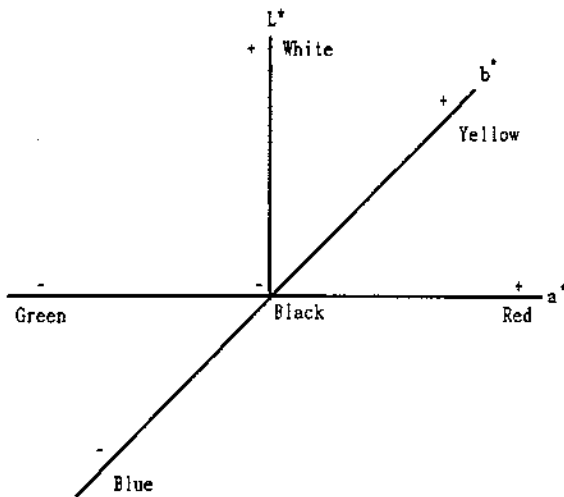
$$b^* = 200[(Y/Y_0)^{1/3} - (Z/Z_0)^{1/3}],$$



〈그림 2〉 시각인식에 의한 검사과정

$$X/X_0 > 0.01, Y/Y_0 > 0.01, Z/Z_0 > 0.01.$$

$$X_0 = Y_0 = Z_0 = 175.1748,$$



〈그림 3〉 (L\*, a\*, b\*) 좌표계

### 3. 역전파신경망

컴퓨터의 발달과 더불어 인간과 같이 계산하고 판단하며, 인식할 수 있는 컴퓨터를 통한 인공지능의 구현을 위하여 많은 노력이 경주되고 있다. 인간의 뇌

의 구조와 기능을 모방한 신경망 모델들은 최근에 여러 분야에서 유효성을 인정받아 널리 이용되고 있는데 그 예로는 패턴인식, 광학, 음성타자기, 문자인식, 아날로그 VLSI 디자인, 로봇공학(robotics) 등을 들 수 있다[1].

신경망 중에서 가장 일반적으로 이용되고 있는 역전파신경망은, 다층 퍼셉트론(multi-layer perceptron)의 하나로써 학습방법이 오류(error)를 출력층으로부터 계산하여 입력층에 이르기까지 역방향으로 수정시키는 역전파 방식을 사용하는데, 주로 패턴인식, 실시간 음성인식, 다른 언어간의 번역, 로봇트 동작제어 등에 응용되고 있다. 이 역전파신경망을 이용할 경우, 문제의 성격에 따라 시행착오(trial & error) 방식으로 신경망의 구조를 결정하게 된다. 즉, 신경망의 구조에 영향을 주는 여러가지 매개변수(parameter)-학습률(learning rate), 모멘텀(momentum)계수, 층수(number of layers), 층내의 유니트의 수-들의 조합에 대하여 학습효과를 분석하여 가장 적절한 신경망을 구축하게 된다. 이와 같이 문제의 성격에 따라 시행착오 방식으로 최적의 신경망의 구조를 결정해야 하는 단점이 있으나, 일단 학습이 되면 주어진 입력자료에 대하여 단순한 가중치 계산과정에 의하여 출력값이 생성되므로 결과를 신속하게 얻을 수 있고, 비

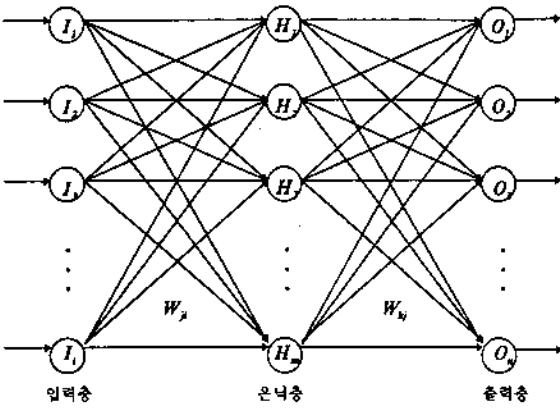
선형 모형을 잘 반영할 뿐만 아니라, 규모가 커질수록 많은 자료를 수용할 수 있는 등의 여러 장점이 있다.

이와 같은 특성을 가지고 널리 응용되고 있는 역전파 신경망의 예(은닉층이 하나인 경우)가 <그림 4>에 주어져 있다.

이러한 역전파 신경망을 실례에 응용하는 과정은 크게

- ㄱ) 신경망의 구조 결정
- ㄴ) 학습자료에 의한 학습
- ㄷ) 학습된 신경망의 성능평가
- ㄹ) 실제 응용

등의 4단계를 거친다.



<그림 4> 은닉층이 하나인 역전파 신경망의 구조

특히 두번째의 학습과정에 사용되는 해법은 다수가 개발되었는데, 은닉층이 하나일 경우 수식으로 설명하면 다음과 같다:

a) 용어 정의

$\zeta_k$  = 출력층 유니트 k의 목표출력값,

$\alpha$  = 학습계수,

$V_i$  = 입력층 유니트 i의 입력값,

$V_j$  = 은닉층 유니트 j의 출력값,

$V_k$  = 출력층 유니트 k의 출력값,

$W_{ij}$  = 입력층 유니트 i와 은닉층 유니트 j의 연결가중치(interconnection strength, 또는 weight),

$W_{jk}$  = 은닉층 유니트 j와 출력층 유니트 k의 연

결가중치,

$\epsilon$  = 아주 작은 실수.

b) 활성화 함수(activation function) 선택:

활성화 함수로 가장 많이 사용되는 sigmoid 함수  $g(x)$ 는  $x$ 가 유니트의 입력값이라 할 때,  $g(x) = 1/(1+e^{-x})$ ,  $-\infty < x < \infty$ 이다.

c) 입력층으로 입력된 입력자료로부터 은닉층과 출력층의 출력값 계산( $g_j(x)$ 와  $g_k(x)$ 는 각각 은닉층 유니트 j와 출력층 유니트 k의 활성화함수임):

$$V_j = g_j(\sum_i W_{ji} V_i),$$

$$V_k = g_k(\sum_j W_{kj} V_j).$$

d) 출력층과 은닉층의 오차계산:

$$\delta_k = \zeta_k - V_k,$$

$$\delta_j = V_j(1 - V_j)(\sum_k \delta_k W_{kj}).$$

e) 은닉층과 출력층의 연결가중치를 수정:

$$W_{kj} = W_{kj} + \alpha \delta_k V_j,$$

f) 입력층과 은닉층의 연결가중치를 수정:

$$W_{ji} = W_{ji} + \alpha \delta_j \zeta_i.$$

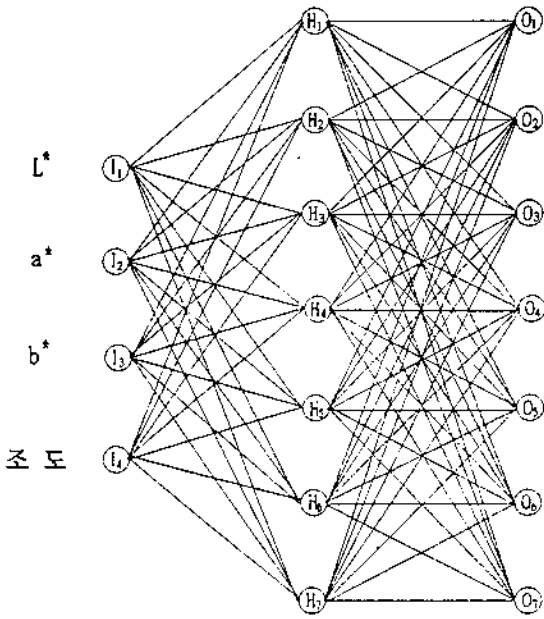
g) 모든  $W_{ji}$ 와  $W_{kj}$ 의 변화량이  $\epsilon$ 보다 작으면 종료.

### 3.3 케이블의 색깔인식을 위한 인공신경망

#### 3.3.1 신경망 구조

단일 케이블을 대상으로 구축한 색깔인식 역전파 신경망은 <그림 5>에 도시한 바와 같이 입력층, 은닉층 및 출력층의 유니트가 각각 4, 7, 7개로 구성되어 있다.

입력층의 입력자료는 저장된 화상파일(TGA형식)에서 추출한 케이블 색깔성분인 ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ )값과 조도(照度)의 4가지를 사용하였다. 여기서 조도를 입력자료로 사용한 이유는 화상자료가 조도에 매우 민감하기 때문에 어떠한 조명 조건하에서도 색깔을 인식할 수 있게 하기 위함이다. 은닉층의 유니트 수는 임의로 7개로 하였고, 출력층은 구별하고자 하는 색깔 총 개수인 7개로 구성하였다. 학습자료의 출력층 값은 청색, 갈색, 녹색, 분홍색, 적색, 흰색, 황색의 순서로 하여 해당색깔인 경우에 0.9가 되고 나머지는 0.1이 되도록 하였다.



(그림 5) 색깔인식 인공신경망의 구조

### 3.3.2 학습 및 평가

본 연구에서 사용한 평가시스템은

- 1) CCD Color Camera
  - 2) Frame grabber - VideoDream(서두미디어社 제품)
  - 3) 조명 장치 - 할로젠 전등
  - 4) 개인용 컴퓨터 - PC 486DX-50MHz
  - 5) 인공신경망 소프트웨어 - NeuralWorks Explorer (ver 4.05)
  - 6) 시편 - 학습 및 테스트용 접속케이블 set
  - 7) 기타 - 전압조정기
- 등으로 구성되어 있다.

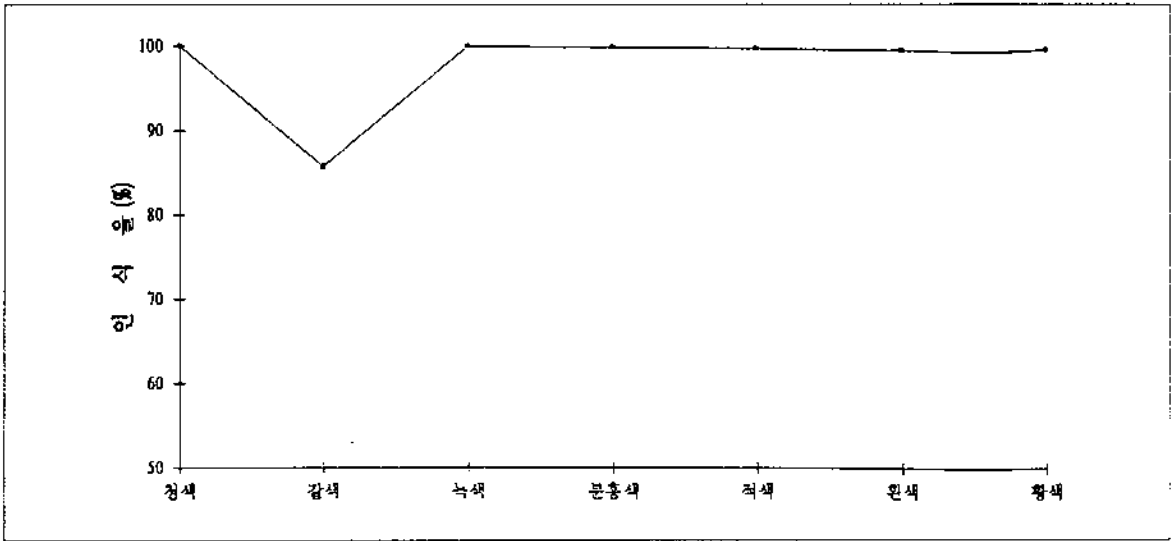
학습자료는 10가지 다른 조도(78, 123, 141, 187, 228, 267, 277, 303, 439, 613Lux)하에서 69개를 채취하였고 성능평가자료는 7가지 다른 조도(107Lux-511Lux)하에서 색깔별로 7개씩 49개를 채취하였다. 이 학습 자료를 가지고 (그림 5)의 신경망을 학습시킨 후, 각 성능평가자료를 입력하여 구한 색깔과 원하는 원래의 케이블 색깔과 비교한 결과 48개를 제대로 인식하여 인식 성공율이 약 98%이었다[그림 6참조].

이 결과에서, 오인식한 경우는 갈색을 분홍색으로 판단한 경우였는데 또한 올바르게 판단한 경우에도 역시 갈색과 분홍색이 경쟁적인 관계에 있었다. 여기서 경쟁적인 관계라는 것은 신경망의 출력값에 큰 차이가 없다는 것을 의미한다. 본 연구에서는, 이와 같이 경쟁적인 관계로 인한 오인식 확률을 감소시키기 위하여 2중구조의 신경망을 구축하고 그 성능을 평가하여 보았다. 즉 전체 신경망의 구성을 (그림 7)에서 보는 바와 같이 우측부분이 (그림 5)와 같고 좌측은 경쟁적 관계에 있는 2가지 색깔만을 따로 판별하는 보조 신경망으로 구성되어 있다.

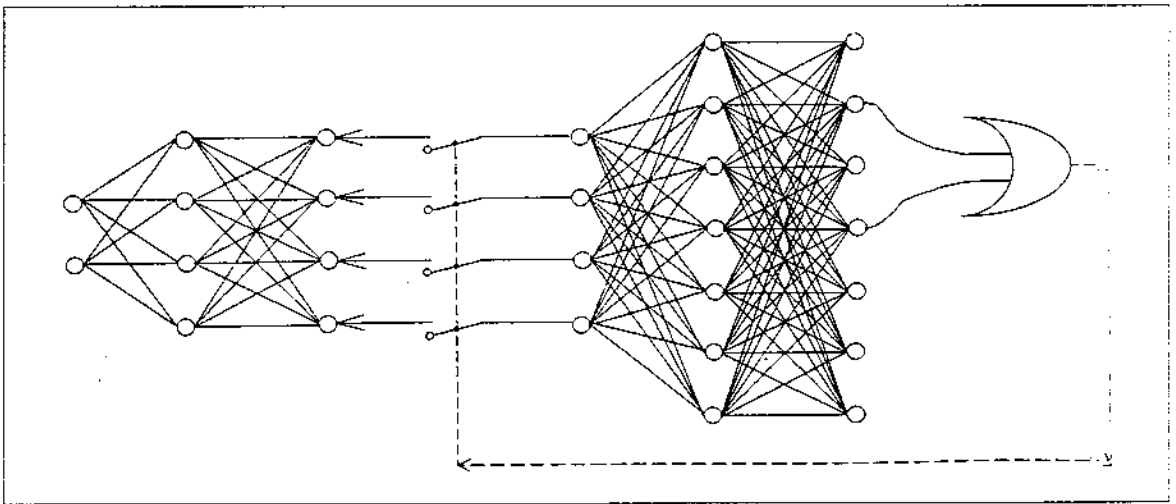
주 신경망의 출력값은 대개 0과 1사이에 있게 되는데, 그 중 가장 큰 값이 해당색깔을 인식하도록 하였다. 이러한 인식과정의 결과로 출력값을 0과 1로 이진화한 후, 그 값이 최종적으로 OR gate로 입력되게 된다. 여기서 OR gate는 갈색과 분홍색의 두색중 어느 한개라도 그 색깔로 판정되는(출력값이 1일 때) 경우에 좌측의 보조신경망을 활성화시키게(switch on) 하는 역할을 한다. 따라서, OR gate의 값이 1이면 보조신경망의 입력층 유니트에는 우측의 주 신경망의 입력층 유니트 값들이 동기화되어 그대로 입력되게 되고, 그 결과로 계산된 두 출력 유니트의 값 중 큰 것이 해당색깔로 판정된다. 보조 신경망의 학습과정은 주 신경망과 동일한 방법으로 수행하되, 두 색깔에 대한 학습자료만을 가지고 학습된다. 이러한 2중구조의 역전파신경망에 상기의 성능평가자료를 입력하여 평가한 결과, 49개 모두 완벽하게 인식하였다. 따라서, 제시된 2중구조의 신경망이 판정의 모호한 영역을 상당부분 감소시킴으로써 인식을 제고에 유용함을 알 수 있다. 이러한 구조는 본 실험에 있어서 경쟁관계에 있는 특정의 두 색깔인 갈색과 분홍색의 인식율을 제고하기 위한 구조이나, 이것을 응용하면 다수의 경쟁적인 색깔쌍들을 위한 일반적인 구조를 쉽게 구축할 수 있을 것이다.

## 4. 결론

끝으로, 본 연구에서는 컴퓨터 관련 기기의 핵심부품인 wire harness 자동검사 시스템을 구축하기 위한



〈그림 6〉 색깔별 성능평가 결과



〈그림 7〉 경쟁관계인 두 색깔의 인식율을 제고하기 위한 2중 구조의 역전파신경망

기초 연구로서 단일 케이블의 색깔을 인식하는 신경망을 개발하였고 그 성능을 평가한 결과 만족할 만한 결과를 얻었다. 특히, 인식상에 모호한 영역을 줄이기 위하여 구축된 2중 신경망 구조는 상당수의 유사한 분류문제에 쉽게 적용될 수 있을 것으로 보인다.

본 연구에서 개발된 신경망을 응용하면 향후 wire harness 자동검사 시스템에 활용가능할 것으로 판단되나, 자동검사 시스템의 요구 특성인 인식의 고속화를

이루기 위해서는 화상정보의 on line 처리를 위한 추가 연구가 요망된다.

### 참고 문헌

- [1] 김대수, 「신경망 이론과 응용」, 하이테크정보, 17-39, 1992.
- [2] 박창문, 장동식, “실시간 자동차 유리마크 유무

- 및 불량도 자동인식시스템," 「한국경영과학회/대한산업공학회 '93 춘계공동학술대회 발표논문집」, 계명대학교, 1993.
- [3] 안상섭, 유명기, 노병욱, 조형석, "신경회로망을 이용한 인쇄회로기판의 결함 검출과 분류 알고리즘," 「'94 한국자동제어학술회의논문집」, 950-955, 1994.
- [4] 오영진, 김진현, 박귀태, "타이어 자동 선별을 위한 문자인식 알고리즘," 「제1회 문자인식 워크」, 121-126, 1993.
- [5] 윤일동, 황신환, 박상호, 정은진, 이상욱, "실시간 비전 시스템과 그 응용 알고리즘," *Proceedings of the First Manufacturing System Workshop* (「G7 첨단생산시스템 Workshop」), 생산기술연구원, 329-334, 1993.
- [6] 정준형, 한민홍, "Vehicle-Following System using Color-Vision," 「대한산업공학회/한국경영과학회 '94 춘계공동학술대회 발표논문집」, 창원대학교, 536-542, 1994.
- [7] 조태호, 전준석, "시각인식검사기술의 현황 및 개발전략," *Proceedings of the First Manufacturing System Workshop* (「G7 첨단생산시스템 Workshop」), 생산기술연구원, 323-328, 1993.
- [8] 황순자, 김용경, 신정금, 김문현, "신경망 기반의 Bare PCB 검색," 「한국정보처리응용과학회 '94 추계학술발표논문집」, 1(2), 348-351, 1994.
- [9] Al-kind, G. A., Baul, R. M., and Gill, K. F., "An Application of Machine Vision in the Automated Inspection of Engineering Surfaces," *International Journal of Production Research*, 30(2), 241-253, 1992.
- [10] Andreadis, I., Browne, M. A., and Swift, J. A., "Image Pixel Classification by Chromaticity Analysis," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 11, No. 1, pp. 51-58, 1990.
- [11] Asoudegi, E., "Computerized Dimensional Inspection," *Computers and Industrial Engineering*, 23 (1-4), 357-360, 1992.
- [12] Cai, Y., and Chen, C., "The Artificial Neural Network Method for Tea Classification," *Proceeding of 1993 International Joint Conference on Neural Network*, Nagoya, 975-978, 1993.
- [13] Celenk, M., "A Color Clustering Technique for Image Sementation," *CVGIP*, 52, 145-170, 1990.
- [14] Asensi, G. D., Sanchez, R. T., Balibrea, T. L. M., Lozano, M. J. L., "Automatic color identification system through computer vision techniques for its application in classification of canned vegetable tins according to product size and qualities," *International Conference on Systems, Man, Color and Cypernetics*, 868-872, 1994.
- [15] Fujimura, K., Tokutaka, H., Kishida, S., Nishimori, K., Ishihara, N., Yamane, K., and Ishihara, M., "Application of Kohonen's Self-Organizing Feature Maps into the Problem of Selecting the Buttons," *Proceedings of 1993 International Joint Conference on Neural Networks*, Nagoya, 2472-2475, 1993.
- [16] Griffin, P. M., Villalobos, J. R., Foster, J. W., and Messimer, S. L., "Automated Visual Inspection of Bare Printed Circuit Board," *Computers and Industrial Engineering*, 18(4), 505-509, 1990.
- [17] Huang, C., Cheng, T., and Chen, C., "Color Image Segmentation using Scale Space Filter and Markov Random Field," *Pattern Recognition*, Vol. 25, No. 10, pp. 1217-1229, 1992.
- [18] Kishida, S., Ishihara, M., Tokutaka, H., Fujimura, K., Nishimori, K., and Ishihara, N., "Problems of Selecting the Buttons in the Layered Neural Network Application," *Proceedings of 1993 International Joint Conference on Neural Networks*, 2528-2531, 1993.
- [19] Lim, Y.-W. and Lee, S.-U., "On the Color Image Segmentation Algorithm Based on the Thresholding and the Fuzzy C-Means Techniques," *Pattern Recognition*, Vol. 23, No. 9, 935-952, 1990.
- [20] McLaren, K., "The Development of the CIE(L\*, a\*, b\*) - Uniform Color Space," *J. Soc. Dyers*



*Colour*, 338-341, 1976.

- [21] Pries, L., and Rehrmann, V., "On Heierarchical Color Segmentation and Application," *Koblenz University, IEEE*, 1993.
- [22] Schacter, B. J., Davis, L. S., and Rosenfeld, A., "Scene Segmentation by Cluster Detection in Color Space," *Technical Report 424, Computer Science Center, University of Maryland*, 1975.
- [23] Sanchez, T. R., Balibrea, T. L. M., Alcantud, L. J. A., Asensi, D. G., "Automatic vision inspection system for the analisys and detection of breakages and defects of satsuma slices," *International Conference on Systems, Man, Color and Cypernetics*, 853-858, 1994.
- [24] Witkin, A. P., "Scale Space Filtering: a New Approach to Muti-Scale Description," *Image Understanding*, S. Ullman and W. Richards, Eds, 79-95, Ablex Publishing, N. J., 1984.



이 문규(李文圭)

1957년 1월 8일생  
 1979년 서울대학교 산업공학과  
 1981년 한국과학원 산업공학 석사  
 1989년 한국과학기술원 산업공학 박사  
 1992년 Rutgers대 Post-Doc.  
 현재 계명대학교 부교수이며 관심 분야는 machine vision 응용, 신경망, 지능형 생산시스템 및 물류시스템 등이다. 최근에는 컴퓨터부품의 자동검사 시스템과 중소기업용 창고관리 시스템 구축에 관련된 연구를 수행하고 있다.



윤 찬균(尹贊均)

1968년 12월 18일생  
 1993년 계명대학교 산업공학과  
 1995년 계명대학교 산업공학과 석사  
 현재 대우정보시스템주식회사에 근무하며 관심분야는 신경망, 색깔인식 자동검사 시스템 등이다.