

論文 96-33B-10-7

형태 분석에 의한 특징 추출과 BP알고리즘을 이용한 정면 얼굴 인식

(Full face recognition using the feature extracted
by shape analyzing and the back-propagation
algorithm)

崔 東 善 *, 李 周 信 **

(Dong-Sun Choi and Joo-Shin Lee)

요 약

본 연구에서는 얼굴 형태를 분석하여 기운 영상이나 입력영상의 크기에 무관하게 눈의 위치를 검출하는 방법을 제안하고 제안된 방법에 의해 얼굴요소에 대한 특징파라미터를 추출하고, 신경회로망에 BP(Back Propagation) 알고리즘을 사용하여 사람의 정면 얼굴을 인식하였다. 입력 영상으로부터 얼굴의 특징 요소를 추출하기 위하여 먼저 입력 영상을 이진화 하였다. 라벨을 부여한 후, 라벨링(labeling)된 이진 영상에 체인 코드를 적용하여 면적, 둘레, 원형도 등을 구하여 이들을 특징 파라미터로 하였다. 얼굴 영상에서 중요 요소인 두 눈은 특징 파라미터간의 유사도와 거리를 이용하여 검출하고, 기운 영상의 경우에는 추출된 두 눈을 기준으로 보정하였다. 다음 단계로, 마스크를 생성한 후에 라인 히스토그램을 사용하여 얼굴 요소의 특징점을 구하고, 특징점들간의 거리와 각도를 정면 얼굴을 인식하기 위한 파라미터로 사용하였다. 제안된 방법의 타당성을 검토하기 위하여 20명에 대해 BP 학습 알고리즘을 사용하는 3층 신경회로망에서 모의 실험을 하였다. 입력층 및 은닉층의 노드수를 각각 9,10개로 했을 때 모의실험은 100 %의 인식률을 보였다.

Abstract

This paper proposes a method which analyzes facial shape and extracts positions of eyes regardless of the tilt and the size of input image. With the extracted feature parameters of facial element by the method, full human faces are recognized by a neural network which BP algorithm is applied on. Input image is changed into binary codes, and then labelled. Area, circumference, and circular degree of the labelled binary image are obtained by using chain code and defined as feature parameters of face image. We first extract two eyes from the similarity and distance of feature parameter of each facial element, and then input face image is corrected by standardizing on two extracted eyes. After a mask is generated line histogram is applied to finding the feature points of facial elements. Distances and angles between the feature points are used as parameters to recognize full face. To show the validity of the proposed method, we performed a computer simulation using 3 layer neural network with BP learning algorithm. We confirmed that the proposed algorithm shows 100% recognition rate on both learned and non-learned data for 20 persons.

* 正會員, 中京工業專門大學 電子科

(Dept. of Electronic Engineering, Jung Kyung Technical College)

** 正會員, 淸州大學校 電子工學科

(Dept. of Electronic Engineering, Chong Ju Univ.)

接受日字:1996年1月31日, 수정완료일:1996年10月8日

I. 서 론

영상 처리 분야에 있어서 패턴 인식은 중요한 연구 분야의 하나로서 그 직접적인 실용성에 대한 기대감 때문에 오래 전부터 연구가 되어 많은 발전을 보였다.

패턴 인식에 관한 연구는 통계적 및 구문론적 방법, 그리고 신경회로망을 이용하는 방법 등이 있다. 통계적 방법이나 구문론적 접근 방법은 패턴 인식에 있어서

계산량이 방대하고 물체의 크기, 환경 변화, 잡음 등에 의해 전체적 인식이 저하된다. 따라서 이러한 문제를 효과적이고 유연하게 대응할 수 있고, 보다 향상된 인식 결과를 얻을 수 있는 방법으로 최근에는 신경회로망을 많이 이용하고 있다.^[11-51]

패턴인식중 얼굴 인식과 지문 인식은 보안 유지, 범죄인의 동일성 판별과 같은 응용 분야에서 사용되어지면서 관심이 고조되고 있다.^[16-91]

얼굴인식 기술은 일반적으로 데이터 베이스 내에 검색하고자 하는 사람이 존재하는가를 확인하는 것으로, 확인 과정에서 탐색 영역을 좁히기 위해서 인종, 나이, 성별등과 같은 부수적인 정보들이 이용 된다.

좁혀진 탐색 영역에서 얼굴 인식을 위한 연구는 통계적인 특성을 이용하거나,^[10-141] 지식기반 특성을 이용하여^[15-161] 얼굴 요소의 영역을 검출한 후, 마스크를 형성하여 인식하는 방법으로 대별되어 진행된다.

이러한 얼굴영상인식 기술은 크게 얼굴 영역의 분리 및 인식을 위한 기준점의 선정, 인식 파라미터의 선정, 그리고 인식 과정으로 구성된다.

얼굴인식에서 인식 파라미터의 선정은 인식에 중요한 영향을 주게 된다. 또한 선정된 인식파라미터의 정도를 높이기 위해서는 선정된 인식 파라미터의 기준점 선정이 매우 중요하다. 최근 기준점 선정을 위해 눈에 대한 템플릿을 가지고 눈의 위치를 검출하거나 제한된 환경에서의 눈의 위치검출 방법등이 제안되어 왔다.^[17-211]

그러나, 눈에 대한 템플릿 매칭 방법은 기울어진 영상을 인식하지못하기 때문에 정확한 정렬이 요구되며, 스케일이나 회전에 따른 여러 가지 템플릿이 요구된다는 단점이 있다.^[171] 눈의 템플레이트를 사용한 경우 잡영 또는 그림자 등에 의해 검출이 불가능한 문제가 존재하고 있으며,^[181] 가변 템플레이트를 사용한 경우 얼굴의 특징을 추출, 변형, 회전, 이동도 가능하나, 템플레이트가 눈썹 위에서 적용되는 경우 눈과 눈썹을 구분하는데 실패하고 계산의 복잡성이 존재한다.^[191]

또한, 차영상을 이용하여 눈의 위치를 검출하기 위해서는 눈을 감았을때와 떴을때의 각각의 영상프레임을 가지고 처리해야 하는 문제점이 있다.^[201] 또 다른 연구로 얼굴 특징 추출을 위해 Hough 변환을 사용한 경우에는 눈동자가 원으로 표현되었을 때 타원이 공막의 둘레를 표현하기 위해 사용되었다. 그러나, 타원은 얼굴의 중심에서 멀리 떨어져 있는 눈꼬리부분을 표현하

는데는 부적절하다는 단점이 존재하고 있다.^[211]

본 논문에서는 이와같은 문제점들을 개선하기 위한 장의 영상 프레임에 가지고 기운 영상과 영상의 스케일 변화에 무관하게 눈의 위치를 검출하는 방법을 제안하고 형태분석에 의해 특징파라미터를 추출한 후 BP 알고리즘을 이용하여 얼굴을 인식하였다.

눈의 위치 추출방법은 이진화된 얼굴영상으로부터 라벨링을 부여한 후, 라벨링된 영상에 대해 체인 코드에 의해 둘레, 면적, 원형도를 구하고, 이들에 대한 유사도를 구하여, 전체유사도가 가장 큰 것을 눈으로 결정하여 눈의 위치를 검출하였다.

눈을 기준으로 기운 입력 영상을 보정하고, 추출된 두 눈을 기초로, 눈, 코, 입 턱을 검출하기 위한 마스크를 생성하며, 생성된 마스크 영상에 대한 라인히스토그램을 얻은 후, 이를 이용하여 눈, 코, 입, 턱등의 중심점을 산출하여 중심점들을 특징점으로 하였다. 이 특징점들간의 거리와 각도를 얼굴인식을 위한 인식파라미터로 사용하였다.

얼굴 인식은 신경회로망의 BP 알고리즘을 사용하였으며, 기운영상을 포함한 정면 얼굴 영상을 가지고 3층 신경회로망에서 모의 실험을 하였다.

II. 특징추출

1. 위치 추출

얼굴 영상의 특징 영역은 카메라로부터 입력된 영상을 이진화한 후,^[131] 각각의 영역을 라벨링하여 특징 영역으로 하였다.

이진화된 영상으로부터 폐 영역(Closed area)들을 연결도(Connective Weight)를 이용하여 라벨을 부여하였으며, 라벨링된 영역의 특징 파라미터는 체인 코드의 방향 벡터를 이용하여 면적, 둘레 그리고 원형도를 계산하였다. 얼굴 영상에서 얼굴 요소들의 둘레는 체인 코드를 이용하여 생성된 방향 벡터로부터 둘레 P_0 는 식 (1)에 의하여 구하였다.

$$P_0 = \sum(E) + \sum\sqrt{2} (O) \quad (1)$$

식(1)에서 E는 4근방 화소의 방향 벡터 개수이고, O는 8근방 화소 중 4근방 화소를 제외한 화소의 방향 벡터의 개수이다. 일반적으로 이진 영상에서는 화소의 값이 "1"인 경우를 모두 합하면 면적을 구할 수 있지만 수행 시간이 가변 되는 문제점이 있다. 이와 같은

문제를 해결하기 위해서 체인 코드를 이용하여 면적을 구하였다.

얼굴 요소에 대한 원형도 e 는 식 (2)와 같다.

$$e = \frac{4\pi \times \text{면적}}{(\text{둘레길이})^2} \quad (2)$$

반경이 r 인 원의 경우, 원주 길이 $2\pi r$, 면적은 πr^2 이므로 $e = 1.0$ 으로 된다. 따라서 원형도는 원형에 가까울수록 크고(최대1.0), 도형이 복잡하게 될수록 작음으로 된다. 또이진영상의 폐 영역의 화소 $p(x_i, y_i)$ 로 구성된 얼굴 요소들에 대한 중심 좌표 (\bar{x}, \bar{y}) 는 식 (3)과 같다.

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_i \\ \bar{y} &= \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} y_i \end{aligned} \quad (3)$$

식(3)에서 N 은 얼굴요소를 이루고 있는 화소수이다.

형태 특징은 얼굴 각 요소의 둘레, 면적, 원형도 그리고 중심 좌표로 하였다. 형태 특징 분석에 의한 눈의 위치 추출 알고리즘은 다음과 같다.

< 눈의 위치 추출 알고리즘 >

1. 단계 : 라벨링된 영역의 특징 파라미터 계산.
2. 단계 : 면적 둘레 그리고 원형도에 의한 얼굴, 배경, 어깨 부분의 분리.
 면 적 : 10이하 , 500 이상 제거
 둘 레 : 20이하 , 400 이상 제거
 원형도 : 0.2이하 , 0.9 이상 제거
3. 단계 : 각 라벨 영역에 대한 특징 파라미터의 유사도 계산.
 라벨 번호 i 와 k 의 면적의 유사도 Sa_{ik} , 둘레의 유사도 Sp_{ik} , 원형도의 유사도 Sc_{ik} 는 다음식 (4),(5),(6)과 같다.

$$Sa_{ik} = \frac{la_i + la_k - |la_i - la_k|}{la_i + la_k} \times 100\% \quad (4)$$

$$Sp_{ik} = \frac{lp_i + lp_k - |lp_i - lp_k|}{lp_i + lp_k} \times 100\% \quad (5)$$

$$Sc_{ik} = \frac{lc_i + lc_k - |lc_i - lc_k|}{lc_i + lc_k} \times 100\% \quad (6)$$

여기서, la, lp, lc 는 라벨링된 영역의 면적, 둘레, 원형도의 값이다.

4. 단계 : 각각 라벨 링된 얼굴요소 중심들 사이의 기하학적 거리 계산.

5. 단계 : 2 단계 반복.

6. 단계 : 면적, 둘레 그리고 원형도에 대한 전체 유사도와 기하학적 거리에 의해서 눈을 추출.

전체 유사도 S_{ik} 는 식 (7)과 같다.

$$S_{ik} = \frac{\alpha Sa_{ik} + \beta Sp_{ik} + \gamma Sc_{ik}}{3} \quad (7)$$

식 (7)에서 α, β, γ 는 면적, 둘레, 원형도의 기여도로서 1이하의 상수이다.

카메라의 스케일 변화에 무관하게 얼굴의 특징 파라미터를 추출하기 위하여 면적과 둘레의 정규화는 두 눈사이의 거리를 기준으로 수행하였다.

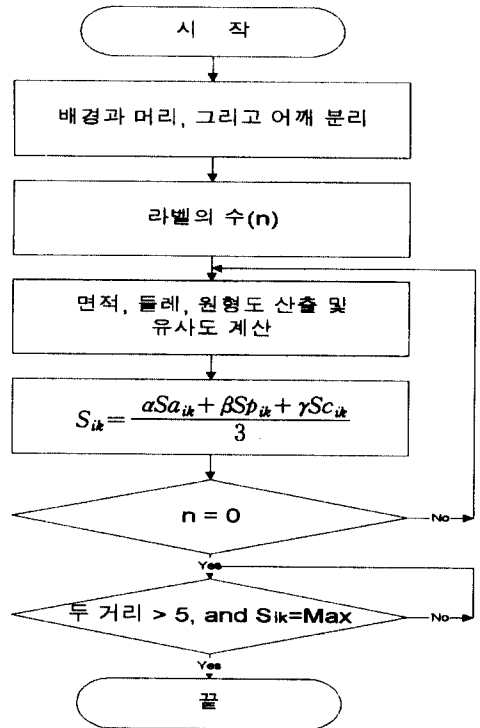


그림 1. 눈 위치 추출 알고리즘의 순서도
 Fig. 1. Flow-chart extracting eye position extracting algorithm.

각 얼굴 특징 요소들에 대한 유사도를 이용하여 두 눈을 추출하는 알고리즘의 순서도는 그림 1.과 같다. 먼저 특징 파라미터를 이용하여 배경과 사람의 머리 그리고 어깨 부분을 분리하였다. 눈의 추출에서 두 눈 사이의 최소 거리는 반복 실험에 의하여 5개의 화소이

상으로 하였으며, 라벨들 사이의 유사도가 가장 큰 값으로 정하였다.

눈의 위치 추출 알고리즘에 의해서 두 눈의 좌표 $P1(x_1, y_1)$ 과 $P2(x_2, y_2)$ 를 추출한 후 기운 영상을 보정한다. 기운영상을 보정하기 위한 보정각 θ 는 식(8)과 같다.

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right) \quad (8)$$

보정된 이진 영상의 눈으로부터 마스크를 만들어 눈, 코, 입 등 얼굴 특징 요소의 특징점을 추출한다.

그림 2.는 특징 요소 추출을 위한 마스크의 형태이며 두 눈의 거리 f 는 유클리디안 거리에 의하여 구한다. 그림 3.은 특징 파라미터로 눈을 추출하고 두 눈을 기준으로 마스크를 형성한 것이다.

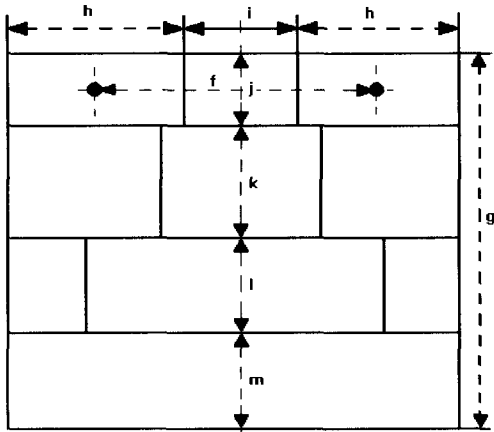


그림 2. 특징 요소 추출을 위한 마스크
Fig. 2. The mask to extract feature elements.

특징 파라미터의 좌우 끝점은 두 눈의 중심좌표를 잇는 직선에 평행 되는 각 얼굴 요소의 중심을 기준으로 직각 슬릿을 만들고 라인 히스토그램을 이용하여 찾는다.

그림 4.는 정면 얼굴을 인식하고자 선정한 특징 파라미터들의 위치들이다. 턱은 이진 영상에서 얻은 두 눈의 좌표 $P1, P2$ 과 코의 좌표 $P3$ 가 서로 교차하여 만나는 좌표인 $P5$ 로부터 $P9$ 부분을 턱으로 하고 $\angle P5P3P9$ 을 4등분하여 점 $P6, P7, P8$ 을 얻었다. 얼굴 요소의 특징점들의 좌표는 이진 영상에서 추출된 두 눈의 중심 좌표로부터 형성된 마스크에서 라인 히스토그램 분포를 분석하여 얻는다.

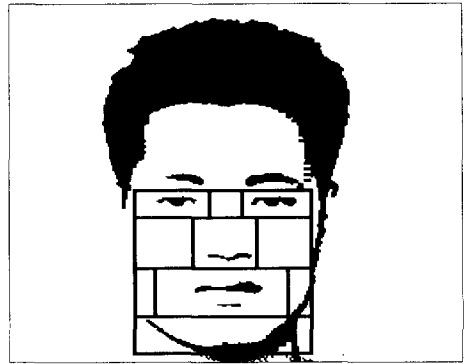


그림 3. 두 눈을 기준으로 한 얼굴 마스크
Fig. 3. Face mask standardized on two eyes.

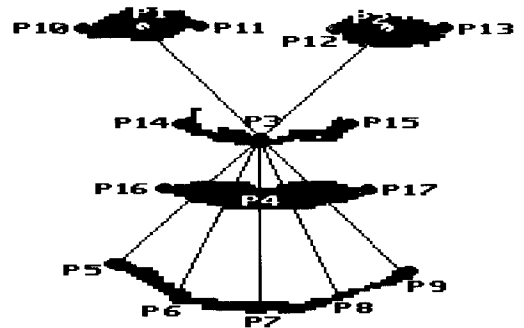


그림 4. 정면의 특징 파라미터
Fig. 4. Feature parameters of full face.

그림 5.는 그림 4.의 좌측 눈에 대한 라인 히스토그램과 특징점을 나타낸 것이다. 특징점 $P1$ 은 식 (3)에 의해서 추출된 것이다.

2. 인식 파라미터 추출 및 얼굴 인식 신경 회로망의 구성

얼굴의 인식 파라미터는 얼굴 특징 파라미터 사이의 거리 그리고 각도로 정하였다. 인식 파라미터 설정은 얼굴의 대칭성을 고려하여 얼굴의 좌반부를 이용하였다. 또 특징 파라미터 선정에서 턱 부분의 $P5, P9$ 는 입력 영상에 따라 위치의 추출되지 않는 경우가 많기 때문에 제외하였다. 표 1.은 정면 얼굴의 인식을 위하여 설정한 인식 파라미터이다.

입력된 영상에서 추출된 인식 파라미터는 스케일 변화에 영향을 받는 요소로서 정규화가 필요하다. 확대 또는 축소된 영상, 기울어진 영상의 인식을 위하여 두 눈 사이의 거리로 정규화 하였다.

그림 4.에서 $P1$ 과 $P2$ 사이의 거리를 j 라 할 때 모든 거리를 j 로 나누어주어 거리에 대한 정규화값을 얻었다. 인식파라미터는 특징점간의 거리 그리고 각도로 설

정하였으므로, 정규화가 필요한 것은 거리이며, 각도는 입력영상의 회전 및 스케일에 영향을 받지 않는다.

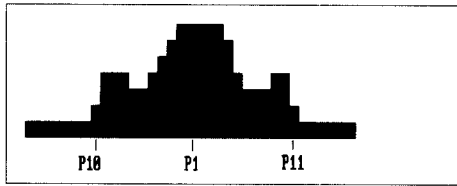


그림 5. 좌측 눈의 마스크에 대한 라인 히스토그램
Fig. 5. Line histogram of left eye by mask.

표 1. 정면 얼굴에서 설정한 인식 파라미터
Table 1. Recognition parameters determined in full face.

번호	내용	번호	내용
1	P1,2의 정규화거리	6	P14,15의 정규화거리
2	P1,3의 정규화거리	7	P2,1,3의 각도
3	P3,4의 정규화거리	8	P3,6의 정규화거리
4	P16,17의 정규화거리	9	P3,7의 정규화거리
5	P10,11의 정규화거리		

또, 신경회로망의 입력 벡터는 얼굴 인식 파라미터를 최대값이 0.5 그리고 최소값이 -0.5로 정규화하여 사용하였다.

얼굴 인식을 위한 신경회로망의 구성은 3층으로 구성하였으며, 입력층의 수를 9, 은닉층의 수를 10, 그리고 출력층의 수를 20개로 정하였다.

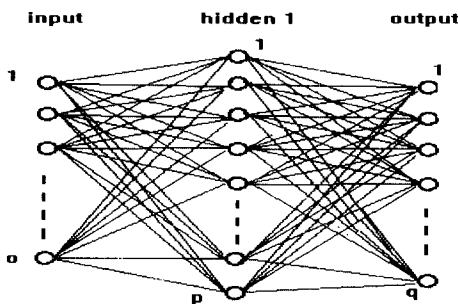


그림 6. 얼굴 인식을 위한 신경 회로망의 구성
Fig. 6. Configuration of neural network for face recognition.

그림 6은 얼굴 인식을 위한 신경회로망의 구성이다. 입력층, 은닉층, 그리고 출력층의 노드의 초기 값은 -1.0부터 1.0사이가 되도록 하고, 신경 회로망의 초기 가중치의 값들은 -0.3부터 0.3사이의 랜덤값으로 설정하였다.

III. 실험 및 고찰

형태 분석에 의한 특징 추출과 BP 알고리즘을 이용한 정면 얼굴 인식의 모의실험은 IBM PC-486 상에서 C언어를 이용하여 얼굴 인식을 위한 특징 파라미터를 추출한 후, 신경망에 BP 알고리즘을 이용하여 수행하였다.

입력 영상은 균일한 조명하에서 CCD카메라를 이용하여 얼굴로부터 1m의 거리에서 취득하였으며, 크기는 256 x 256으로 정하였다.

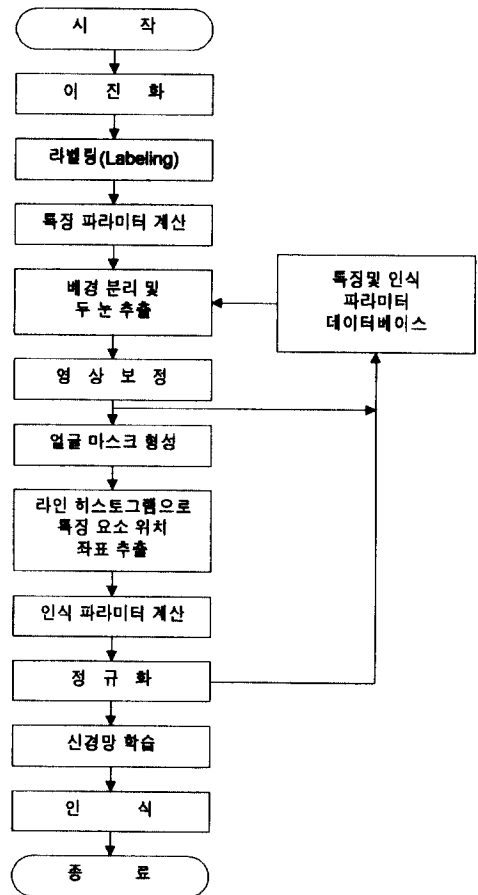


그림 7. 얼굴 인식 시스템 순서도
Fig. 7. Flow-chart of face recognition system.

인식 시스템은 전 처리와 인식 과정으로 나누었으며, 입력 영상으로부터 형태를 분석하여 배경과 불필요한 부분을 제거하고 마스크와 라인 히스토그램을 이용하여 얼굴 특징 요소를 추출하였다. 추출된 요소의 위치 좌표에서 인식 파라미터를 계산하여 정규화 하였다.

제안된 얼굴 인식 알고리즘의 타당성 검토를 위해 남녀 20명에 대해 각각 5장씩 정면 영상을 취득한 후 3장은 학습 데이터로, 나머지 2장은 비학습 데이터로 하여 3층으로 구성된 신경회로망에서 BP알고리즘을 사용하여 모의실험하였다. 그림 7은 입력 영상으로부터 인식 파라미터 추출 단계를 보인 얼굴 인식 시스템 처리 순서도이다.

카메라로부터 입력된 영상을 이진 영상으로 변환하고 라벨을 부여하여 체인 코드로 돌려, 면적, 원형도, 그리고 눈의 중심 좌표를 계산하였다. 그림 8은 입력 영상을 이진화한 영상이며, 표 2.는 그림 8.의 모델 (a)에 대한 특징 파라미터로서 얼굴 요소를 분리하는데 이용할 수 있다.

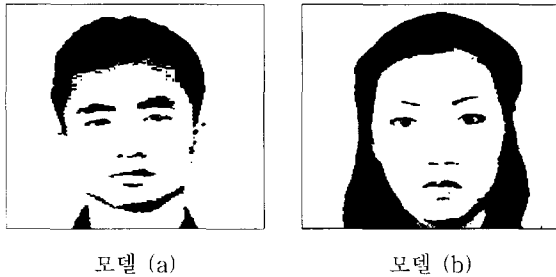


그림 8. 입력 영상의 이진 영상
Fig. 8. Binary image of input image.

표 2. 그림 8.의 모델 (a)에 대한 특징 파라미터

Table 2. Calculated feature parameters in Model (a) of Fig. 8.

특징파라미터 라벨	면적	둘레	원형도	중심좌표
0	6068.00	643.14	0.18	(127,71)
6	274.00	87.35	0.45	(150,120)
7	190.00	79.11	0.38	(105,126)
8	91.00	61.94	0.29	(152,136)
9	98.00	54.87	0.41	(107,140)
10	10.00	14.72	0.58	(186,143)
11	18.00	19.31	0.61	(180,151)
13	10.00	15.89	0.50	(179,162)
14	24.00	24.72	0.49	(177,170)
15	47.00	42.62	0.33	(136,176)
16	13.00	16.72	0.58	(123,176)
18	144.00	85.94	0.25	(135,195)
19	48.00	38.72	0.40	(133,207)
20	458.00	204.54	0.14	(141,225)
21	25.00	23.89	0.55	(97,231)
22	12.00	15.89	0.59	(172,232)

제안된 알고리즘의 전체 유사도 계산시 γ 는 스케일 변화에 둔감하기 때문에 1로 정하고, α 와 β 를 각각 0.5로 하였다.

표 3. 정규화된 각 특징 파라미터의 유사도
Table 3. The similarity in each normalized feature parameter. 단위 (%)

모 델 특징 요소	유사도	모 델 (a)	모 델 (b)
왼쪽 눈 - 오른쪽 눈	면 적	96.33	79.77
	둘 레	99.45	92.14
	원 형 도	94.46	95.23
	전 체	63.27	60.39
왼쪽눈섭 - 오른쪽 눈섭	면 적	86.85	76.34
	둘 레	96.35	81.24
	원 형 도	94.37	87.34
	전 체	61.18	55.64
왼쪽 눈 - 코	면 적	80.98	29.60
	둘 레	99.18	64.32
	원 형 도	78.54	87.18
	전 체	56.54	44.71
왼쪽 눈 - 입	면 적	73.23	73.07
	둘 레	81.35	71.51
	원 형 도	90.02	69.96
	전 체	55.22	47.41

표 3은 그림 8.의 입력 영상으로부터 식(4),(5),(6),(7)에 의해 구해진 특징파라미터의 유사도를 나타낸 것이다. 표 3에서 모델(a), 모델(b)의 왼쪽눈과 오른쪽눈이 유사도가 가장 큰 것을 알 수 있다. 따라서 전체 유사도가 가장 큰 라벨을 추출한 영상이 그림 9에서 제안된 알고리즘에 의해 정확히 두 눈을 추출할 수 있음을 보였다.

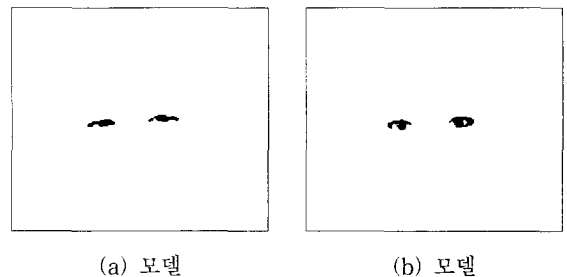
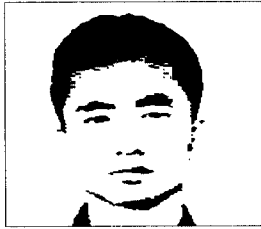


그림 9. 제안된 알고리즘에 의해 추출된 두 눈의 영상
Fig. 9. The image of extracted two eyes by the proposed algorithm.

특징요소 추출을 위한 마스크의 구성은 반복 실험 결과 그림 2의 마스크 파라미터인 가로를 $\frac{5}{2}h$ 로하고 세로는 $2f$ 로 정하였으며, $h = \frac{2}{3}f$, $i = \frac{1}{2}f$, $j = \frac{2}{5}f$, $k = \frac{3}{5}f$, $l = m = \frac{1}{2}f$ 로 정하였다.



(a) 원영상

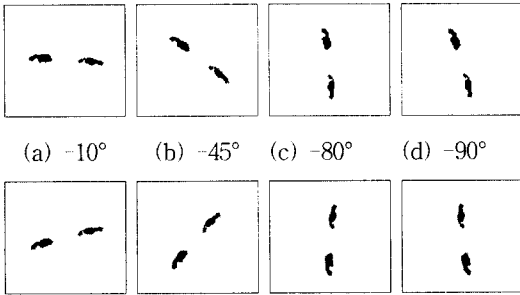


그림 10. 기울은 영상에서 제안된 알고리즘에 의하여 추출된 두 눈의 영상
Fig. 10. The images of extracted two eyes by proposed algorithm in the tilted images.

그림 10은 입력영상이 기울어진 경우에 각도에 따라 두 눈을 검출한 예이며, 90°이상도 눈은 검출되나 특징 파라미터 추출시 사용되는 마스크가 코가 눈 밑에 있다는 지식기반을 바탕으로 설정되었기 때문에 -80° ~ 80°의 범위로 정하여 모의 실험을 수행하였다.

얼굴 인식을 위한 모의 실험 수행에서 먼저 인식 파라미터는 표 1에서 추출한 9개를 사용하였다. 이때 학습 계수와 은닉층 뉴런의 개수 변화에 따른 출력 층의 RMS오차와 최대 오차를 그림 11 및 그림 12에 나타내었다. 그림 11 및 그림 12에서 네트워크 A, B 그리고 C는 은닉층 뉴런의 개수를 10개로 고정하고 학습 계수를 각각 0.2, 0.3 그리고 0.5로 가변 시킨 경우로서 학습 계수가 0.2일 때 가장 우수한 특성을 보였다.

네트워크 D, E는 학습계수를 0.2로 고정시키고 은닉층의 뉴런수를 4개, 8개로 가변시킨 경우이다. 결국 은닉층의 뉴런수가 10개인 네트워크 A에서 가장 양호

한 학습곡선을 얻을 수 있었다.

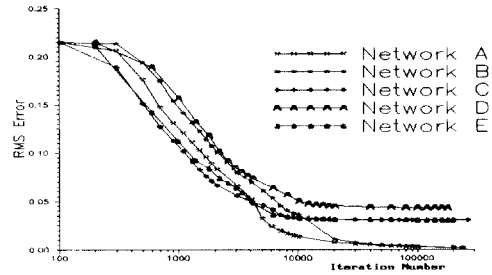


그림 11. 학습 계수 및 은닉층 뉴런수 변화에 따른 RMS 오차
Fig. 11. RMS errors according to the changes of the learning rate and the number of hidden neurons.

구해진 얼굴 인식 파라미터를 가지고 3층 신경회로망에 BP알고리즘을 적용하여 학습을 수행한 결과 약 20만회 학습하였을 때, 최대 오차가 약 0.015로서 양호한결과를 얻었으며, 그림 13.와 그림 14.는 학습데이터와 비학습데이터에 대한 최대 오차로써 그 값이 0.015 보다 작은 값을 가질 때 인식한 것으로 하였다.

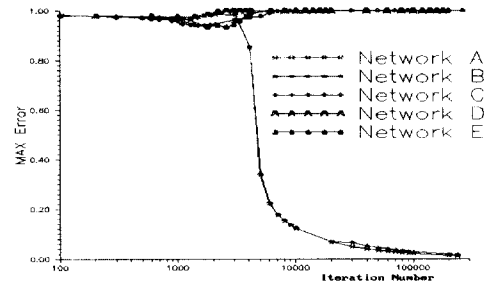


그림 12. 학습 계수 및 은닉층 뉴런수 변화에 따른 최대오차
Fig. 12. Max errors according to the changes of the learning rate and the number of hidden neurons.

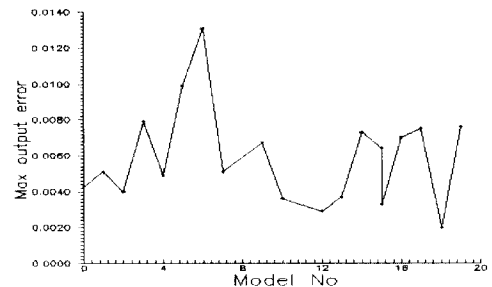


그림 13. 학습 데이터의 모델별 최대 오차
Fig. 13. Maximum error of learned models.

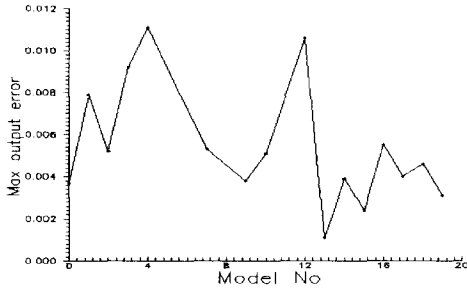


그림 14. 비학습 데이터의 모델별 최대 오차
Fig. 14. Maximum error of non-learned models.

학습데이터의 모델별 최대오차와 비학습데이터의 모델별 최대오차가 평균적으로 서로 커다란 차이가 없으므로, 형태분석에 의한 특징을 추출하여 정면얼굴을 인식하는 방법이 우수한 것으로 사료된다. 모의 실험결과 인식 파라미터수가 9개이며 은닉층수를 10개로하고 학습계수가 0.2일 때 100%의 인식률을 얻었다.

IV. 결 론

본 연구에서는 얼굴 형태를 분석하여 기운 영상이나 입력영상의 크기에 무관하게 눈의 위치를 검출하는 방법을 제안하고, 제안된 방법에 의해 얼굴 요소에 대한 특징 파라미터를 추출하여, 신경회로망에 BP알고리즘을 사용하여 사람의 정면 얼굴을 인식하였다.

제안된 방법의 타당성을 검토하기 위하여 20명에 대한 정면 얼굴 인식 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 형태 분석에 의한 눈의 추출은 영상의 기울어짐이 $-80^{\circ} \sim +80^{\circ}$ 범위내에서 정확하게 검출됨을 보였다.
2. 인식파라미터를 특징점간의 정규화거리와 각도를 사용하므로써 얼굴인식에 있어 얼굴영상의 스케일 변화에 무관하게 인식할 수 있었다.
3. 인식 대상 20명에 대하여 모의 실험을 한결과 인식 파라미터의 수를 9개, 은닉층의 뉴런수를 10개로 하고, 학습계수를 0.2로 정하여 약 20만 회 학습시킨 결과 학습 데이터, 비학습 데이터 모두에 대하여 100%의 인식률을 보임으로서 제안된 알고리즘의 우수성을 보였다.

앞으로 보다 많은 인식 대상에 대한 인식 실험을 수행하여 실생활에 적용될 수 있도록 개발되어야겠다.

참 고 문 헌

- [1] David E. Rumelhart, James L. McClelland, and the PDP Reserch Group, "Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition," Vol.1, *the MIT press*, Cambridge, 1986.
- [2] Ray, H, White. "Competitive Hebbian learning," *From the neuroprose archive at Ohio state University*. 1991.
- [3] D. S. Chen and R. C. Jain, "A Robust Back Propagation Learning Algorithm for Function Approximation," *IEEE trans. on Neural Networks*, Vol. 5, No. 3, pp. 467-479, 1994.
- [4] 최동선, 이주신, "Hough 변환과 Hybrid 학습법을 이용한 물체 인식에 관한 연구," 대한전자공학회, 한국 통신 학회, 합동 학술 발표 논문집, pp. 3-3-1, 1994
- [5] 백준호, 김유신, 손경식, "은닉층 뉴런 추가에 의한 역전파 학습 알고리즘," 전자공학회 논문지, Vol. 29(B), No. 4, pp. 58-65, 1992
- [6] Yoshinori ADACHI, Masahiro OZAKI, "Human Face Recognition by means of Neural Network," *proceeding of the 2nd International Conference on Fuzzy logic and Neural Network*, pp 1041-1044, July, 1992.
- [7] R.J. Baron, "Mechanisms of Human Facial Recognition," *Int. J.Man-Mach. Stud.* Vol. 15, pp. 137-178, 1981.
- [8] R.Chellappa et al, "Human and Machine Recognition of Faces: A Survey," *Proceedings of the IEEE*, 1995.
- [9] M.A Turk and A.P.Pentland, "Face Recognition Using Eigenfaces," in *Proc. Int. Conf. on Pattern Recognition*, pp. 586-591, 1991.
- [10] Chung-Lin Huang and Ching-Wen Chen, "Human Facial Feature Extraction For Face Interpretation And Recognition," *Pattern Recognition*, Vol. 25, No. 12, pp. 1435-1444, 1992.
- [11] Roberto Brunelli and Tomaso Poggio, "Face Recognition : Features versus Templates," *IEEE Trans. on PAMI*, Vol. 15,

- No. 10, pp. 1042-1052, 1993.
- [12] Chyuan Jy Wu and Jun S. Huang, "Human Face Profile Recognition by Computer," *Pattern Recognition*, vol. 23, No. 3/4, pp. 255-259, 1990.
- [13] 최동선, 류근택, 권영도, 이주신, "Line 히스토그램을 이용한 얼굴 형상의 특징 추출," 한국 통신학회, 하계 종합 학술 발표회 논문집, pp. 498-502, 1992
- [14] 和人외, "PICASSO (ピカソ): 顔繪師システム 顔の個人性特徴の抽出と記述," 畫像ラボ, pp. 24-31, 1990.
- [15] Alan L. Yuille, Peter W. Hallinan and David S. Cohen, "Feature Extraction from Faces Using Deformable Templates," *International Journal of Computer Vision*, pp. 99-111, 1992.
- [16] 이상영, 함영국, 박래홍, "지식에 기초한 특징 추출과 역전과 알고리즘에 의한 얼굴 인식," 전자공학회 논문집, Vol. 31(B), No. 7, pp. 119-128, 1994
- [17] I.Craw, H.Ellis and J. Lishman, "Automatic Extraction of Face Features," *Pattern Recognition Letter*, Vol. 5, pp. 183-187, 1987.
- [18] P.W Hallinan, "Recognizing Human Eyes," in *SPIE Proc. : Geometric Methods in Computer Vision*, Vol. 1570, pp. 214-226, 1991.
- [19] A. Yuille et al, "Feature Extraction from Faces Using Deformable Templates," in *Proc. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 104-109, 1989.
- [20] K.M.Lim & K.W.Oh, "A Face Recognition System Using Fuzzy Logic," *1st Korea-Japan Joint Conference on Computer Vision*. 1991.
- [21] M.Nixon, "Eye Spacing Measurement for Facial Recognition," in *SPIE Proc.* Vol. 575, pp. 279-285, 1985.

저 자 소 개



崔 東 善(正會員)

1947년 10월 2일생. 1972년 2월 한국항공대학교 전자공학과 졸업. 1980년 8월 숭실대학교 대학원 전자공학과 (공학석사). 1996년 10월 현재 청주대학교 대학원 박사과정수료 1977년 9월 ~ 현재

중경공업전문대학 전자과 교수. 주관심분야는 영상처리, 회로 및 시스템 등임



李 周 信(正會員)

1948년 1월 17일생. 1975년 2월 명지대학교 전자공학과 졸업. 1977년 2월 홍익대학교 대학원 전자공학과 (공학석사). 1986년 2월 명지대학교 대학원 전자공학과 (공학박사). 1979년 9월 ~ 현재 청주대학교 전자공학

과 교수. 주관심분야는 영상처리, 멀티미디어 등임