

Haar 웨이블릿 기반 에지영상추출과 BP 신경망을 이용한 얼굴 인식

최광미*, 정채영*

조선대학교 전산통계학과

iplab@hanmail.net

, cyjung@chosun.ac.kr

Human Face Recognition using BP Neural Networks and Edge Image Extraction Based on Haar Wavelet

Gwang-Mi Choi, Chai-Yeoung Jung

Dept. Computer & Statistics, Chosun University

요 약

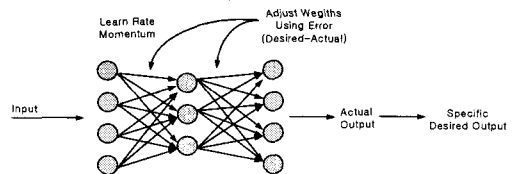
본 논문에서는 Haar 웨이블릿을 이용하여 얼굴에지영상을 추출하고 고차국소자동상관함수를 이용한 특징 벡터추출과 BP(Backpropagation Network) 알고리즘을 이용하여 얼굴을 인식하는 방법을 제안한다. 이를 위한 얼굴인식에 사용된 실험영상은 320×240 크기의 24bit RGB 컬러 영상을 사용하였고, 차영상을 이용하여 얼굴 영역을 분리한 후 Haar 웨이블릿을 이용한 에지영상 추출과 얼굴영역의 특징벡터를 구하기 위하여 고차 국소 자동 상관함수를 사용했다. 계산된 특징벡터는 BP 신경망의 학습을 통하여 얼굴인식을 위한 데이터로 사용된다. 시뮬레이션을 통해 제안된 알고리즘에 의한 인식률향상과 속도 향상을 입증한다.

1. 서 론

정지 영상이나 동영상으로부터 다수의 얼굴을 인식 하거나 한 개인의 얼굴을 식별하는 기술은 영상 처리나 패턴인식, 컴퓨터 비전과 신경망 등과 같은 다양한 분야에서 활발히 연구되어지고 있으며, 상업적으로나 법적으로 수많은 응용 사례를 가지고 있다. 이러한 얼굴인식기술(Face Recognition Technology, FRT)은 여권, 신용카드, 주민등록증, 그리고 범인의 얼굴사진 등과 같은 제한된 형태의 정지영상을 사용하는 방법에서부터 동영상 감시 시스템 등과 같은 실시간 인식에 이르기까지 그 종류가 다양하다.[1]

본 논문에서는 차영상을 이용하여 보다 정확한 얼굴영역을 추출하고 분리된 얼굴영역에서 정교한 에지 영상 추출을 위해 Haar 웨이블릿을 이용한 에지 영상 추출과 이동불변의 특징을 가지고 있는 고차국소자동 상관함수를 이용한 추출된 특징값을 BP 신경망 학습으로 처리속도와 인식률을 높이하고자 한다. 이를 위하여 2장에서는 다층 BP신경망과 고차 국소 자동 상관함수의 제반 이론에 대하여 고찰하고, 3장에서는 차영상 기반 얼굴검색 알고리즘, Haar 웨이블릿을 이용한 에지영상 추출과정과 고차국소자동상관함수를 이용한 특징추출 알고리즘을 기술한다. 4장에서는 실험 및 결과를 분석하고 5장에서 결론을 맺는다.

교사신호에 의한 학습 방법이다. 학습은 실제 출력과 얻는 순방향 부분과 실제 출력과 교사신호의 오차를 구하여 역전파시켜 델타규칙으로 가중치를 수정하는 역전파 부분으로 나누어져서 이루어진다. 델타규칙의 기본은 현재의 가중치로 계산된 실제 출력과 원하는 출력간의 오차를 감소시키는 방향으로 가중치를 조정하는 것이다. 그러나 신경회로망이 다층으로 구성되었을 때, 출력 뉴런과 직접 연결되지 않은 가중치는 어떻게 조정할 것인가 하는 문제가 발생하게 된다. BP 학습 알고리즘은 이러한 문제를 해결하기 위하여 신경회로망에 존재하는 모든 뉴런과 가중치에 책임을 분담시키는 방법을 택하고 있다. 실제 출력과 원하는 출력간의 오차에 대한 책임은 출력 뉴런의 오차를 그에 연결된 전위 뉴런으로 역전파시켜 책임을 분담시키며, 이러한 역전파 과정을 입력 뉴런에 이를 때까지 반복 수행한다. [그림 1]은 입력층의 각 유니트에 입력 패턴 신호를 주면 각 유니트에 변환되어 중간층에 전달되고 최후에 출력층에 신호를 출력하는 BP 알고리즘을 표현한 것이다.



[그림 1] BP 알고리즘

2. 관련 이론

2.1 BP(Backpropagation Network) 학습 알고리즘

다층 퍼셉트론의 학습방법인 BP 학습 알고리즘은

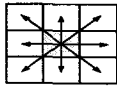
2.2 고차국소자동 상관함수

고차국소자동상관함수는 이미지의 영역에 P가 표시되어 있을 때 N차원의 자동상관계수는 N을 a_1, \dots, a_N 으로 대치시킨다면 다음 식(1)과 같이 정의할 수 있다.

$$x_i^N(a_1, \dots, a_N) = \int_p f(\tau) f(\tau + a_1) \dots f(\tau + a_N) d\tau \quad (1)$$

식(1)에서 $f(\tau)$ 는 τ 상에서 그레이 레벨로 표현한 것이다. 큰 영역을 지니고 있는 P를 조합하여 얻은 자동상관계수는 그 계수의 수가 너무 많기 때문에 일정할 과정을 거쳐 이를 감소시켜야 한다. 따라서 먼저 N차원의 범위를 2차원 정도로 제한한다.

($N=0,1,2$) 만일 0차원 자동상관계수는 영역 P의 그레이 레벨의 평균을 의미한다. [그림 2]과 같이 3x3의 국소필터를 지정된 범위내에 대치시키게 된다. 이 국소 필터중 정 가운데 픽셀에 대한 값을 참조하게 하며 모든 25개의 패턴을 지니고 있는 국소 필터를 순차적으로 이미지 영상에 대치시킴으로서 모두 25개의 영상에 대한 특징벡터를 구할 수 있다.



[그림 2] 3x3 국소필터

따라서 고차 국소 자동상관계수는 이미지 영역 P를 25개의 3x3 마스크 필터를 이용해 탐색하면서 각 참조 픽셀의 값을 합을 통하여 총 25개의 특징벡터를 계산하게 된다. 이 특징벡터는 이동불변의 특징을 지니고 있다.

이러한 국소 마스크 패턴을 사용하여 얻은 특징 벡터 f^v 는 식(2)로 정의된 고차 국소 자동상관계수의 특징벡터를 지니게 된다.

$$f^v = f_1, \dots, f_{25} \quad (2)$$

$I_{x,y}$ 를 3x3 마스크 패턴을 영상의 x, y 좌표를 탐색하였을 때의 특징 벡터라 한다면, $I_{x,y}$ 의 0차원 자동 상관 함수 f_1 로 표현할 수 있다. 그러므로 각각의 특징벡터 f_i ($i=1,2,3, \dots, 25$)는 식(3)로

정의된다.

$$\begin{aligned} f_1 &= \sum_x \sum_y (I_{x,y}) \\ f_2 &= \sum_x \sum_y (I_{x,y})(I_{x+1,y}) \\ &\vdots \\ f_{13} &= \sum_x \sum_y (I_{x,y})(I_{x-1,y})(I_{x+1,y+1}) \\ &\vdots \end{aligned} \quad (3)$$

$$f_{25} = \sum_x \sum_y (I_{x,y})(I_{x-1,y-1})(I_{x+1,y-1})$$

3. 얼굴검색 알고리즘, 얼굴에지영상추출과 특징 추출

3.1 마스크 생성 및 얼굴 영역 분리

본 논문에서는 동일 장소와 일정한 환경하에서 취득된 두 입력영상을 차영상법을 이용하여 배경영상에서 인물영역을 분리하고 얼굴을 검색한다. 먼저 카메라로부터 동일배경과 동일거리에 있는 영상을 320x240 크기의 24bit, RGB 컬러 영상을 취득하고, 영상 내의 잡음 제거를 위해 가우시안(Gaussian) 필터를 사용한다. 취득된 두 입력영상은 배경영상과 배경영상 내에 인물이 포함된 영상이다. 이 두 영상에 차영상법을 적용하게 되는데, 실험환경이 아닌 실제 환경에서는 같은 영역에 대해 일정한 픽셀 값을 얻기가 어렵고, 조도도 일정하지 않으므로 차영상 과정에서 임계값을 주어 동일 카메라로 얻어진 영상의 픽셀 값이 미소하게 변화해도 원하는 영상을 구할 수 있도록 한다.

$$\begin{aligned} &\text{if } |Image1(x,y) - Image2(x,y)| < \text{threshold} \\ &\text{then } Differ_Image(x,y) = 0 \quad \text{else} \\ &\quad Differ_Image(x,y) = \\ &\quad |Image1(x,y) - Image2(x,y)| \end{aligned} \quad (4)$$

단, Image1 : 배경영상,
Image2 : 얼굴이 포함된 입력영상,
Differ_Image : 차영상

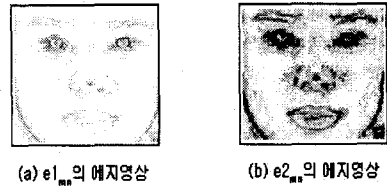
식(4)에서 배경의 픽셀 값과 얼굴의 픽셀 값이 비슷한 경우, 차영상법을 적용하면 얼굴영역의 일부가 배경 픽셀 값에 의해 제거되게 되고, 배경 영역에서도 임계값 보다 큰 부분은 잡음으로 나타나게 되므로 마스크로 사용하기엔 부적절하다. 그러나 이러한 잡음은 미소한 확률이나 크기를 가지므로 이진화 하여 영상을 팽창(dilation)시켜 제거할 수 있다. 영상의 팽창은 물체의 경계면에서 0의 픽셀값을 1로 바꾸는 방법으로 지정된 이웃 픽셀 값들을 이용하여 픽셀을 변화시킨다. 그러나 마스크로 사용하기 위한 차영상 영역이 지나치게 팽창되면 마스크가 분리하고자 하는 인물영역보다 커질 우려가 있다. 따라서 얼굴영상의 크기에 맞게 영상을 축소(erosion)한 후 좌, 우에서 픽셀값을 조사하여 마스크를 생성한다.[2] 그리고 마스크를 인물이 포함된 입력영상에 투영하여 배경영역이 분리된 인물영역을 추출하게 된다.

3.2 특징 영역 분리

얼굴에서의 특징들은 눈썹, 눈, 코, 입에 그 얼굴에 대한 대부분의 정보가 존재하므로 이 5가지 영역을 포함하도록 사각형 모양의 얼굴 영역을 입력 영상으로부터 분리해 내었다. 특징 영역 분할을 위해 먼저 미디안 필터를 이용하여 잡음 제거후 Sobel 연산자를 이용하여 에지를 검출하였다. 이 검출된 에지 성분들

의 가로 방향 히스토그램을 살펴보면 가장 많은 에지를 포함하는 부분이 눈 영역 근처가 되므로 가장 많은 에지를 가진 위치에서 위쪽 방향으로 픽셀값을 조사하여 눈썹의 상한 위치를 찾아내었다.

카메라로부터 일정한 거리에 있는 사람의 얼굴의 크기는 비슷하므로, 눈썹, 눈, 코 및 입을 모두 포함하도록 눈썹의 상한 위치와 얼굴의 중심선을 기준으로 좌우 동일한 크기로 잘라내었다.



[그림 4] e_{1mn} , e_{2mn} 의 에지영상

3.3 Haar 웨이블릿을 이용한 에지영상추출

본 논문에서는 분리된 얼굴영역을 Haar 웨이블릿 필터를 이용하여 분해된 영상의 고주파 성분과 저주파 성분의 부밴드를 이용하여 입력영상에 대한 에지영상을 추출하였다. 만일 원영상을 $I(w, h)$ 이라 할

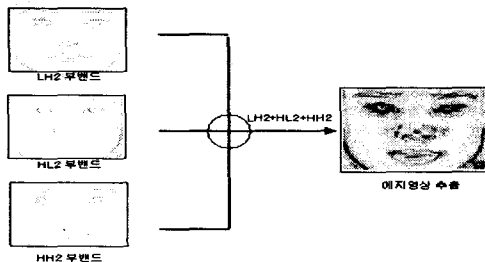
때 원영상의 수직성분의 부밴드 LH, 수평성분의 부밴드 HL, 대각선 성분의 부밴드 HH은 해당 부밴드의 윤곽선을 포함하고 있다. 기존의 연구에서는 LH, HL 에지성분만으로 에지영상을 추출하였는데, 본 논문에서는 보다 정확하고 선명한 에지영상을 추출하기 위해서 LH, HL, HH의 에지성분을 이용하여 원영상의 에지영상을 추출하였다.

LH 부밴드의 요소들을 v_{mn} , HL 부밴드의 요소를 h_{mn} , HH 부밴드의 요소를 z_{mn} 라 정의했을 때 에지영상의 요소 e_{mn} 은 다음 식(5)에 의해 정의될 수 있다.

$$e_{mn} = \sqrt{(v_{mn})^2 + (h_{mn})^2 + (z_{mn})^2} \quad (5)$$

이때 m, n 은 원영상의 폭과 높이를 나타낸다.

$1 \leq n \leq h$ 에서 [그림 3]는 원영상의 Haar 웨이블릿 2단계 분석의 LH2, HL2, HH2 부밴드를 이용하여 검출된 에지 영상을 나타내고 있다. 본 시스템에서는 원영상 영역 내 포함된 우성의 에지에 대한 구체적 정보를 이용하기 해서 Haar 웨이블릿 분석을 수행한 2단계 분석 영상의 HL2, LH2, HH2 영역을 주 에지성분으로 사용하고자한다.

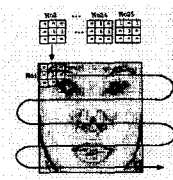


[그림 3] LH2, HL2, HH2 부밴드를 이용하여 검출된 에지영상

[그림 4]은 1단계 분석의 LH1, HL1, HH1을 이용한 e_{1mn} 과 2단계 분석의 LH2, HL2, HH2을 이용한 e_{2mn} 의 에지영상을 보여주고 있다. [그림 4]에서 보는 바와 같이 e_{2mn} 의 에지영상이 훨씬 선명하고 뚜렷함을 보여주고 있다.

3.4 고차 국소 자동 상관함수를 이용한 특징추출

주어진 입력 영상으로 추출된 에지영상은 고차국소 자동상관 함수를 통하여 얼굴영상이 담고 있는 25개의 특징벡터를 생성한다. 얼굴추출 알고리즘을 통하여 얻은 얼굴 영상은 3x3 마스크 패턴을 통한 탐색을 통하여 특징벡터가 생성되어진다. 검출된 얼굴영상은 이진영상으로 마스크 패턴에 대한 픽셀의 총합으로 결정되어진다. [그림 5]는 마스크패턴의 탐색과정을 나타내고 있다. 정사각형의 격자는 왼쪽에서 오른쪽으로, 위쪽에서 아래쪽으로 이동하며 격자내의 픽셀의 합을 구한다. 작성된 특징벡터의 값은 특징벡터 정규화 과정을 통하여 영상 내에 담겨진 얼굴의 이동불변의 특징을 지닌다. 이러한 특징벡터는 주어진 영상 내에 포함된 얼굴의 크기와 위치, 방향, 색상에 무관하게 계산된 특징벡터의 값이 일정한 값으로 표현될 수 있는 식(6)의 의해 정규화 과정을 거쳐야 한다.



[그림 5] 마스크 패턴의 탐색과정

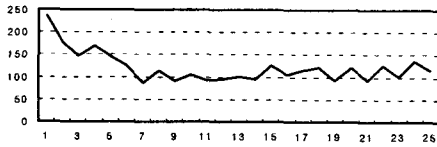
$$\frac{1}{wh} \sum_p^N \sqrt{I(r) I(r+a_1) \dots I(r+a_N)} \quad (6)$$

4. 실험 및 결과

4.1 고차국소자동상관함수를 이용한 특징벡터 추출

분리된 얼굴에지영상에 고차 국소 자동 상관 계수를 통하여 얼굴 영상이 담고 있는 정규화된 25개의 특징벡터는 영상 내에 담겨진 얼굴의 이동불변의 특징을 지닌다. [그림 6]는 검출된 얼굴영상에 대한 정

규화된 특징벡터의 그래프이다.



[그림 6] 얼굴영상 특징벡터 그래프

4.2 얼굴인식을 위한 신경망 설계

고차국소상관계수를 통해 얻은 25개의 얼굴 특징벡터는 데이터베이스에 저장되어 신경망 학습을 위한 입력패턴으로 사용된다. 특징벡터를 이용한 얼굴인식을 위하여 설계된 신경망은 입력층, 은닉층, 출력층의 뉴런수는 각각 25, 50, 5개로 하였다. 또한 학습 계수로는 학습률은 0.4, 모멘텀 0.7, 학습오차 0.01, 반복학습 횟수는 500회를 지정하여 학습 오차값이 지정된 학습오차(0.01) 값 이하로 감소하는 경우 학습이 완료된 것으로 간주하여 학습을 종료하였다.

실험에서는 10명의 영상에 대해 1인당 학습 영상 5개, 비학습 영상 5개를 가지고 실험한 결과 학습 영상에 대해서는 95.1%의 인식률을 보였고 비학습 영상에 대해서는 88.3%의 인식률을 나타내었다. 따라서 전체적으로 91.7%의 인식률을 보였다.

5. 결 론

본 논문에서는 일정한 조도 상태에서 취득된 두 입력영상에 대해 차영상을 적용하여 배경영상에서 얼굴을 분할한 후 차영상을 팽창과 수축을 하여 얼굴영역 내의 잡음을 제거하고 좌, 우의 픽셀 값을 조사하여 생성한 마스크로 얼굴영역을 분리하였다.

메디안 필터를 이용하여 잡음을 제거하고 소벨 필터로 에지를 검출하여 지식에 근거한 얼굴특징영역을 분리하였다. 분리된 얼굴영역의 에지영상 추출은 정확한 에지추출에 많이 사용되고 있는 Haar 웨이블릿 필터를 이용하였다.

특징패턴은 고차 국소 자동 상관 계수를 이용하고 BP 신경망을 이용한 인식결과 학습영상에 대해서는 95.1%의 인식률을 보였고 비학습 영상에 대해서는 88.3%의 인식률을 나타내었다.

향후 연구 과제는 조도의 변화가 심하거나 배경이 다르거나 얼굴표정이 다를 경우에 적용될 수 있는 얼굴영역 검출과 특징추출 및 인식 성능을 개선할 수 있는 알고리즘과 검출속도가 향상된 인식방법에 대해 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] Srinivas Gutta, Harry Wechsler, "Face Recognition using Hybrid Classifiers," Pattern Recognition, Vol. 130, No.4, pp.539-541, 1997.

[2] 유정현, 김형범, 김희년, 임춘환, 양원일, 박종안, "비디오 열에서 차영상 기반 얼굴 분할 및 특징 검출 알고리즘", 한국통신학회 학술발표지, pp.84-90, 1999.

[3] 최정일, 김수환, 이필규, "얼굴의 특징 추출을 위한 얼굴의 구성요소 분할" 한국정보과학회논문지, pp. 25-226, 1998.

[4] 박래홍, 이상영, 성영국, "지식에 기초한 특징추출과 역전파 알고리즘에 의한 얼굴인식" 전자공학회 논문지 제31권 B편 제7호, pp. 119-128, 1994.

[5] 임춘환 : 멀티미디어 영상통신을 위한 객체분할 및 웨이블릿 변환 기반 모델인식 pp.46-55, 2000.

[6] 김창원 : 신경망을 이용한 웹 사용자 얼굴인식 인 증시스템 구현 pp.58-72, 2002.

[7] 박철웅 외3인, "다층신경망을 이용한 얼굴 검색 알고리즘", 한국멀티미디어학회 학술발표지, pp.673-674, 1999.

[8] 전호상, 남궁 재찬, "혼합된 GA-BP 알고리즘을 이용한 얼굴 인식 연구", 정보처리학회 논문지 제7권 제2호, pp.552-553, 2000.