

화소 라벨링에 의한 얼굴 특징 인수 추출

Extraction of Facial Feature Parameters by Pixel Labeling

김승업, 이우범, 김옥현, 강병욱

Seung Up Kim, Woo Beom Lee, Wook Hyun Kim, Byeong Wook Kang

요 약

본 논문에서는 얼굴의 특징 추출 알고리즘을 제안한다. 사람의 얼굴에 대한 특징 인수를 추출하기 위하여 우선 이진 영상을 생성한다. 하나 하나의 고립된 영역으로 분리하기 위하여 화소 라벨링을 한 후 만들어진 가변 블록 단위로 면적을 구하고, 윤곽선 추적 방법에 의하여 둘레를 구한 후 면적, 둘레, 원형도 및 모양의 유사도를 구한다. 전체 유사도와 일반적인 구조 및 특징을 활용하여 눈, 코, 입의 특징 요소를 추출한 후 12개의 얼굴의 특징 인수들을 추출한다.

얼굴의 왼쪽 눈과 오른쪽 눈 사이의 거리, 왼쪽 눈과 코와의 거리, 오른쪽 눈과 코와의 거리, 왼쪽 눈과 입과의 거리, 오른쪽 눈과 입과의 거리, 코와 입과의 거리 및 각 거리간의 기울기를 이용하여 100명으로부터 획득한 297개의 원 영상을 대상으로 12개의 특징 인수를 추출한 결과 92.93%의 추출 성공률을 보였다.

Abstract

The main purpose of this study is to propose the algorithm about the extraction of the facial feature. To achieve the above goal, first of all, this study produces binary image for input color image. It calculates area after pixel labeling by variant block-units. Secondly, by contour following, circumference have been calculated. So the proper degree of resemblance about area, circumference, the proper degree of a circle and shape have been calculated using the value of area and circumference. And Third, the algorithm about the methods of extracting parameters which are about the feature of eyes, nose, and mouse using the proper degree of resemblance, general structures and characteristics(symmetrical distance) in face have been accomplished. And then the feature parameters of the front face have been extracted. In this study, twelve facial feature parameters have been extracted by 297 test images taken from 100 people, and 92.93 % of the extracting rate has been shown.

Keywords : Pixel labeling, facial feature parameters

I. 서 론

인간은 살고 있는 주위 환경으로부터 여러 가지의 유용한 정보를 시각 체계로 획득하여 이용한다. 영상처리는 2차원 영상 신호를 처리하여 경계선을 추적하고 다른 원하는 특징들을 강조하며, 영상 획득 과정에서 발생하는 전달 함수의 영향을 최소화하여 잡음의 영향을 줄임으로써 영상의 특징 요소 추출률을 높이는 것이 중요하다. 이러한 영상처리를 이용하여 얼굴인식에 많이 사용하고 있다.

얼굴 인식은 입력된 얼굴 영상과 이미 알고 있는 영상을 정합하거나 비교하여 사람의 얼굴을 판단하게 된다. 입력된 얼굴 영상에 대한 특징 영역 추출은 영상 배경의 복잡성, 영상의 해상도, 영상 내에서 얼굴의 위치, 크기, 기울기 등의 조건들 때문에 여러 가지 영상 처리 방법으로 특징을 분리하거나 명암 영상을 사용하여 얼굴 영역의 특징 요소들을 추출하게 된다.

얼굴 영상의 특징 추출이나 인식 방법에는 정면 얼굴 영상과 측면 얼굴 영상을 이용하는 방법, 두 가지 방법을 혼합하여 이용하는 방법 등이 있다.

측면 얼굴의 영상을 이용할 경우에는 얼굴과 배경 부분을 정확하게 분리하여야 하는 점이 어렵고, 정면 얼굴의 영상을 이용할 경우에는 측면 얼굴 영상보다 더 많은 정보를 추출할 수 있기 때문에 정면 얼굴을 이용한 시스템의 연구가 많이 진행되고 있다. 정면 얼굴을 이용한 얼굴 영상의 특징 추출이나 인식 방법에는 미리 사람의 얼굴 영상을 기억시키고 주어진 입력 영상과 직접 비교하여 상관 결과 가장 큰 값을 가지는 얼굴을 선택하는 형판 정합(template matching) 방법[1-2]과 전체 얼굴 영상을 얼굴 공간으로 변환시켰을 때 얻어지는 성분값을 이용하여 얼굴의 특징 벡터를 이용하는 방법[3-4], 얼굴을 구성하는 성분들의 특징 요소와 위치 관계를 이용하는 방법[5-7], 움직이는 얼굴에서 윤곽의 화소 카운팅 방법으로 각 부분의 위치를 찾는 방법[8-9], 색채 분포에 기

반한 얼굴 영역 추출 방법[10-11], 신경회로망을 이용하는 방법[12-13] 등이 있다.

형판 정합 방법은 취득된 영상의 크기가 변할 경우 고정된 형판에 의한 인식이 어렵고, 대상과 카메라의 각도나 거리 등이 가변이면 오인식될 우려가 있다.

얼굴의 특징 벡터를 이용하는 방법은 여러 가지 변형된 얼굴에 대하여 일반화된 특징 요소를 정의하기가 곤란하고, 특징 요소 추출 시간이 많이 걸린다.

얼굴을 구성하는 성분들의 특징 요소와 위치 관계를 이용하는 방법은 특징을 많이 사용하기 때문에 많은 사람을 구분할 수 있으나 얼굴과 배경을 분리하는 단계에서 얼굴의 형태가 조명 및 각도에 의한 왜곡 발생 가능성이 크다.

움직이는 얼굴에서 윤곽의 화소 카운팅 방법으로 각 부분의 위치를 찾는 방법은 얼굴이 한쪽으로 치우쳐 있거나 눈이나 이마 부분이 머리로 감추어져 있으면 특징을 찾기 어렵다.

색채 분포에 기반한 얼굴 영역 추출 방법은 특징 추출 시 잡음에 민감하고 복잡한 배경으로부터 특징 추출이 어려우며, 처리해야할 데이터의 양도 많아지게 된다.

신경회로망을 이용하는 방법은 모든 계산이 병렬로 이루어지므로 처리속도가 빠르고, 입력 패턴이 시험 패턴에 비해 약간 손상된 형태일지라도 인식이 가능하나, 구현이 어렵다.

얼굴의 특징을 추출하기 위해 사람의 얼굴 영상은 좌우 대칭이고, 눈썹 아래 눈이 있고, 그 아래 코, 코 아래 입술이 있다는 기본적인 기하학적 지식을 가지고 위에 소개한 방법들을 이용한다.

본 논문에서는 사람의 얼굴에 대한 특징 요소를 추출하기 위하여 우선 이진 영상을 생성한다. 하나 하나의 고립된 영역으로 분리하기 위하여 화소 라벨링을 한 후 만들어진 얼굴 요소 후보 블록 단위로 면적을 구하고, 윤곽선 추적 방법에 의하여 둘레를 구한 다음 면적, 둘레, 원형도(circularity) 및 종횡비(aspect ratio)의 유사도를 구한다. 그리고 종합 유사도는 영상의 정규화를 위하여 계산된 각각의 블록 유사도에 일정한 상수값을 적용하여 구한다. 눈, 코, 입의 특징 요소는 블록의 종합 유사도, 대칭적 거리, 블록 위치의 유사도를 활용하여 추출한다.

추출된 각 특징 요소 사이의 거리와 선분의 기울기를 이용하여 12개의 특징 인수들을 추출하는 방법을 제시한다. 제안된 방법의 타당성을 확인하기 위하여 컬러 영상을 대상으로 실험하고 그 결과를 고찰한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제1장의 서론에 이어 제2장에서는 화소 라벨링에 의한 특징 요소 추출 시스템을 제안하고, 제3장에서는 실험결과 및 분석에 대하여 기술하며, 마지막으로 제4장에서 결론을 맺는다.

II. 화소 라벨링에 의한 얼굴의 특징 요소 추출

최동선과 이주신[7]은 입력 영상을 이진화하여 레이블을 부여한 후, 레이블링된 이진 영상에 체인 코드를 적용하여 면적, 둘레, 원형도를 구하여 이들을 특징 요소로 한다. 얼굴 영상에서 중요 요소인 두 눈은 특징 요소의 유사도와 거리를 이용하여 검출하고, 기운 영상의 경우에는 추출된 두 눈을 기준으로 보정한다. 다음 단계로, 마스크를 생성한 후에 라인 히스토그램을 사용하여 얼굴의 특징 요소를 구하고, 각 특징 요소 사이의 거리와 각도를 정면 얼굴을 인식하기 위한 요소로 추출한 다음, 역전과 알고리즘을 사용하여 사람의 정면 얼굴을 인식하는 방법을 제안하였다.

본 논문에서는 컬러 얼굴 영상을 대상으로 하였으며 카메라나 스캔된 입력영상으로부터 얼굴 영역의 눈, 코, 입의 특징을 추출한다. 즉, 사람의 얼굴에 대한 특징 요소를 추출하기 위하여 우선 이진 영상을 생성한다. 하나 하나의 고립된 영역으로 분리하기 위하여 화소 레이블링을 한 후 만들어진 얼굴 요소 후보 블록 단위로 면적을 구하고, 윤곽선 추적 방법에 의하여 둘레를 구한 다음 면적, 둘레, 원형도(circularity) 및 종횡비(aspect ratio)의 유사도를 구한다. 그리고 종합 유사도는 영상의 정규화를 위하여 계산된 각각의 블록 유사도에 일정한 상수값을 적용하여 구한다. 눈, 코, 입의 특징 요소는 블록의 종합 유사도, 대칭적 거리, 블록 위치의 유사도를 활용하여 추출한다. 추출된 각 특징 요소 사이의 거리와 선분의 기울기를 이용하여 12개의 특징 인수들을 추출한다.

그림 1은 얼굴 구성 요소 특징 추출 시스템의 구성도를 나타낸다.

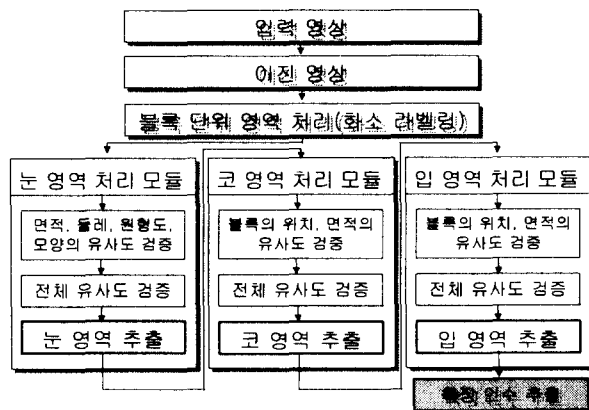


그림 1 특징 추출 시스템의 구성도
Fig.1 Block diagram of feature extraction system

1. 이진 영상의 생성

이진 영상을 만들기 위하여 입력 영상의 각 화소에 대해서 명도가 있는 일정값 이상의 경우에 대응하는 출력 영상의 화소값을 0으로, 그 이외의 경우는 1로 처리한다. 이진 영상은 물체의 모양, 위치, 수의 정보를 가지고 있

다. 즉, 모든 화소값의 평균을 초기의 임계값으로 정하고 그 값보다 작으면 배경으로, 크면 물체로 정한 후 배경과 물체의 각각의 평균의 중간값을 구하여 그 값을 새로운 임계값으로 정한다. 그리고, 초기 임계값과 새로운 임계값을 비교하여 임계값이 서로 같으면 그 값이 최종적인 임계값이 되고, 그 값보다 작으면 1로, 크면 0으로 할당하여 이진 영상을 생성한다.

2. 얼굴 요소 후보 블록 생성

이진 영상에서 연결된 블록을 구분하여 그 블록에 서로 다른 번호를 붙여 연결된 블록의 갯수를 구하고, 구분된 얼굴 요소 후보 블록의 면적을 구한다.

얼굴 요소 후보 블록 생성 단계에서는 생성된 이진 영상을 입력하여 영상 내 화소들 사이의 연결 관계에 의해서 하나의 얼굴 특징 요소의 후보 영역이 될 수 있는 얼굴 요소 후보 블록을 생성한다. 이진 영상에서 연결된 각각의 영역에 고유 라벨을 부여하고, 동일 라벨 영역을 하나의 얼굴 요소 후보 블록으로 할당하여 각 블록 단위의 다양한 특징 요소에 의한 블록간의 유사성 측정을 목적으로 한다.

3. 얼굴 요소 후보 블록 특징 요소의 인자 측정

얼굴 구성 요소의 후보가 될 수 있는 얼굴 요소 후보 블록이 생성되면 각 블록의 면적, 둘레를 이용하여 원형도와 종횡비의 특징값을 계산하여 블록간의 유사성을 측정한다. 블록 단위의 면적은 각 블록 영역의 화소의 수를 합하여 구하고, 둘레는 윤곽선 추적 방법에 의하여 구한다. 식(1)에서 면적과 둘레를 이용하여 원형도를 구하고, 식(2)에서 블록의 가로와 세로의 비율로서 종횡비에 관한 정보를 구한다.

$$\text{원형도} = \frac{4\pi \times S_b}{O_b^2} \tag{1}$$

{ S_b : 얼굴 요소 후보 블록의 면적
 O_b : 얼굴 요소 후보 블록의 둘레

$$\text{종횡비} = \frac{\text{MAX}_h + \text{MAX}_v}{\text{MAX}_v} \tag{2}$$

{ MAX_h : 얼굴 요소 후보 블록의 수평으로 가장 긴 거리
 MAX_v : 얼굴 요소 후보 블록의 수직으로 가장 긴 거리

4. 얼굴 특징 요소의 추출

본 절에서는 얼굴 요소 후보 블록 단위의 영역에 관한 각 영역의 면적, 둘레, 원형도, 종횡비의 유사도를 구한 후 이 값들의 종합 유사도가 가장 크고, 일정 범위의 거리에서 가장 가깝게 있는 2개의 블록을 눈 특징 영역으로 추출한다. 두 눈 사이의 중점으로부터 수직 아래로 블록을 탐색하면서, 두 눈의 평균 면적과 블록 위치의 유사도를 구한 후 이 값들의 종합 유사도가 가장 큰 블록을 코와 입 특징 영역으로 추출한다. 얼굴 영상에 대한 특징

요소를 추출하는 알고리즘을 다음과 같이 제안한다.

[제안 알고리즘]

단계 1. 블록 단위의 영역에 관한 각 고립 영역의 화소의 수와 최대·최소의 x, y 좌표를 이용하여 블록의 면적 (S_b)을 구하고, 둘레(O_b)는 윤곽선 추적 방법을 이용하여 구하며, 원형도(C_b)와 종횡비(A_b)는 식(1)과 식(2)을 이용하여 구한다.

단계 2. 아래의 식(3)의 후보 블록 채택 조건에 해당하는 블록을 제외한 너무 작거나 큰 블록은 잠음으로 간주하여 제거한다. 여기서 MAX_F 과 MIN_F 값은 입력 영상에 따라 여러 차례 반복 실행을 통하여 얻어진 경험값의 상한과 하한을 의미하며, 단위는 화소의 수를 나타낸다.

후보 블록 채택 조건 :

$$\text{MIN}_F < \{S_b, O_b, C_b, A_b\} < \text{MAX}_F \tag{3}$$

단계 3. 각 얼굴 요소 후보 블록에 대한 i 번째와 j 번째 블록에 대한 특징 요소의 유사도를 구한다. 식(4)의 S_{ij} 는 면적의 유사도, 식(5)의 O_{ij} 는 둘레의 유사도, 식(6)의 C_{ij} 는 원형도의 유사도, 식(7)의 A_{ij} 는 종횡비의 유사도를 나타낸다. 그리고 이들 식에서 S_b 는 블록 면적, O_b 는 블록 둘레, C_b 는 블록 원형도, A_b 는 블록 종횡비를 나타낸다.

$$S_{ij} = \frac{S_b[j] + S_b[i] - |S_b[j] - S_b[i]|}{S_b[j] + S_b[i]} \tag{4}$$

$$O_{ij} = \frac{O_b[j] + O_b[i] - |O_b[j] - O_b[i]|}{O_b[j] + O_b[i]} \tag{5}$$

$$C_{ij} = \frac{C_b[j] + C_b[i] - |C_b[j] - C_b[i]|}{C_b[j] + C_b[i]} \tag{6}$$

$$A_{ij} = \frac{A_b[j] + A_b[i] - |A_b[j] - A_b[i]|}{A_b[j] + A_b[i]} \tag{7}$$

단계 4. 각 얼굴 요소 후보 블록의 중점과 중점 사이의 거리를 구한다.

단계 5. 영상의 정규화를 위하여 계산된 각각 블록의 값들에 대한 종합 유사도 T_{ij} 를 구한다. 식(8)에서 상수값은 특징을 찾을 때 면적, 둘레, 원형도, 종횡비의 유사도가 어느 정도 중요한지를 나타내는 가중치 계수로 경험에서 얻어진 2이하의 값으로써 면적은 0.5, 둘레는 0.7, 원형도는 0.9, 모양의 유사도는 2.0일 때 눈의 모습과 가깝게 되는 값을 나타낸다.

$$T_{ij} = \frac{(0.5 \times S_{ij} + 0.7 \times O_{ij} + 0.9 \times C_{ij} + 2.0 \times A_{ij})}{4.1} \tag{8}$$

단계 6. 후보 눈 블록, $B_{eye}(\cdot)$ 를 찾기 위하여 식(9)을 이용하여 얼굴 요소 후보 블록 영역에 대한 종합 유사도가 가장 크고, 대칭이면서, 블록이 일정 거리 내에 존재하는 두 개의 블록, i, j 를 찾아서 눈의 영역으로 판정한다.

$$\text{눈 후보 조건 : } B_{eye}(\cdot) \begin{cases} MAX\{T_{i,j}\} \\ T_{i,j} = T_{j,i} : (\text{대칭}) \\ 5 < D(T_{i,j}, T_{j,i}) < 50 \end{cases} \quad (9)$$

단계 7. $B_{eye}(i, j)$ 와 $B_{eye}(j, i)$ 를 찾을 때까지 단계 2를 반복한다. 여기서 $B_{eye}(i, j)$ 와 $B_{eye}(j, i)$ 는 왼쪽 눈과 오른쪽 눈을 나타낸다.

단계 8. 코 후보 블록 탐색은 $B_{eye}(i, j)$ 중점과 $B_{eye}(j, i)$ 중점 범위내(x축)에 있으면서 $B_{eye}(i, j)$ 와 $B_{eye}(j, i)$ 높이의 평균값만큼 밑에서 시작하여 $B_{eye}(i, j)$ 와 $B_{eye}(j, i)$ 높이의 평균값과 $B_{eye}(i, j)$ 와 $B_{eye}(j, i)$ 사이의 거리를 합한 값(y축)의 범위로 한정한다. $B_{eye}(i, j)$ 와 $B_{eye}(j, i)$ 사이 선분의 중점에서 수직으로 블록을 탐색하면서 찾은 블록 중 블록의 위치, 면적의 유사도를 구한 후 종합 유사도가 가장 큰 블록을 코로 판정하고, 그 중심점을 구한다. 식(10)의 P_n 은 $B_{eye}(i, j)$ 와 $B_{eye}(j, i)$ 사이 중심으로부터 수직 아래로 코 후보 위치에 있는 블록 유사도(값이 1에 가까울수록 코 후보 블록)이고, 식(11)의 S_n 은 $B_{eye}(i, j)$ 와 $B_{eye}(j, i)$ 사이 중심에서 $B_{eye}(i, j)$ 와 $B_{eye}(j, i)$ 평균 면적의 0.5배 되는 블록 면적 유사도, 식(12)의 T_n 은 종합 유사도를 나타낸다. P_{nb} 는 $B_{eye}(i, j)$ 와 $B_{eye}(j, i)$ 중점에서부터 수직 아래로 코 후보 블록의 거리, C_e 는 $B_{eye}(i, j)$ 와 $B_{eye}(j, i)$ 사이의 거리, S_b 는 코 후보 블록 면적, S_e 는 $B_{eye}(i, j)$ 와 $B_{eye}(j, i)$ 의 평균 면적을 나타낸다. 식(11)의 상수값 0.5는 $B_{eye}(i, j)$ 와 $B_{eye}(j, i)$ 평균 면적의 0.5배 되는 블록을 코로 찾기 위한 경험값을 나타낸다.

$$P_n = \frac{P_{nb}[j] + C_e - |P_{nb}[j] - C_e|}{P_{nb}[j] + C_e} \quad (10)$$

$$S_n = \frac{S_b[j] + S_e \times 0.5 - |S_b[j] - S_e \times 0.5|}{S_b[j] + S_e \times 0.5} \quad (11)$$

$$T_n = \frac{(P_n + S_n) / 2.0}{1.5} \quad (12)$$

단계 9. 입 후보 블록 탐색은 $B_{eye}(i, j)$ 중점과 $B_{eye}(j, i)$ 중점 범위내(x축)에 있으면서 단계 8에서 찾은 코의 중점에서 시작하여 $B_{eye}(i, j)$ 와 $B_{eye}(j, i)$ 높이의 평균값과 $B_{eye}(i, j)$ 와 $B_{eye}(j, i)$ 사이의 거리를 합한 값(y축)의 범위로 한정한다.

코의 중점에서 수직 아래로 블록을 탐색하면서 찾은 블록 중 종합 유사도가 가장 큰 블록을 입으로 판정하고, 그 중심점을 구한다. 식(13)의 P_m 은 $B_{eye}(i, j)$ 와 $B_{eye}(j, i)$ 사이 중심으로부터 수직 아래로 입 후보 위치

에 있는 블록 유사도(값이 1에 가까울수록 입 후보 블록)이고, 식(14)의 S_m 은 $B_{eye}(i, j)$ 와 $B_{eye}(j, i)$ 사이 중심에서 $B_{eye}(i, j)$ 와 $B_{eye}(j, i)$ 평균 면적의 1.5배 되는 블록 면적 유사도, 식(15)의 T_m 은 종합 유사도를 나타낸다. 그리고 P_{mb} 는 코 영역 중점에서 수직 아래로 입 후보 블록의 거리, C_e 는 $B_{eye}(i, j)$ 와 $B_{eye}(j, i)$ 사이의 거리, S_b 는 입 후보 블록 면적, S_e 는 $B_{eye}(i, j)$ 와 $B_{eye}(j, i)$ 의 평균 면적을 나타낸다. 식(14)의 상수값 1.5는 $B_{eye}(i, j)$ 와 $B_{eye}(j, i)$ 평균 면적의 1.5배 되는 블록을 코로 찾기 위한 경험값을 나타낸다.

$$P_m = \frac{P_{mb}[j] + C_e - |P_{mb}[j] - C_e|}{P_{mb}[j] + C_e} \quad (13)$$

$$S_m = \frac{S_b[j] + S_e \times 1.5 - |S_b[j] - S_e \times 1.5|}{S_b[j] + S_e \times 1.5} \quad (14)$$

$$T_m = \frac{(P_m + S_m) / 2.0}{1.5} \quad (15)$$

아래의 그림 2는 위의 제안 알고리즘에 의해 눈, 코, 입의 추출된 영상을 나타낸다.



(a) 입력 영상 (b) 특징 요소 추출 영상

그림 2 입력 영상과 특징 요소 추출 영상

Fig.2 Input image and extraction image of feature component

5. 얼굴 특징 인수의 추출

그림 2(b)에서 눈, 코, 입 특징 요소의 중심이 구해지면 표1의 특징 인수를 추출한다.

표 1 얼굴 영상의 특징 인수

Table 1 Feature parameters of facial image

구분	특징 인수	구분	특징 인수
1	N1-N2의 정규화 거리	7	N2-N1-N3의 cot 값
2	N1-N3의 정규화 거리	8	N1-N3-N2의 cot 값
3	N2-N3의 정규화 거리	9	N3-N2-N1의 cot 값
4	N1-N4의 정규화 거리	10	N2-N1-N4의 cot 값
5	N2-N4의 정규화 거리	11	N1-N4-N2의 cot 값
6	N3-N4의 정규화 거리	12	N4-N2-N1의 cot 값

특징 인수는 왼쪽 눈(N1)과 오른쪽 눈(N2) 사이의 거리, 왼쪽 눈(N1)과 코(N3)와의 거리, 오른쪽 눈(N2)과 코(N3)와의 거리, 왼쪽 눈(N1)과 입(N4)과의 거리, 오른쪽 눈(N2)과 입(N4)과의 거리 및 코(N3)와 입(N4)과의 거리를 구한다. 그리고 각 거리간의 기울기를 이용하여 코탄젠트(cot)의 값을 구하여 얼굴 영상 분류에 적용할 특징 인수를 추출한다.

특징 요소 사이의 거리는 얼굴 영상의 크기에 불변하도록 좌·우측 눈 사이의 거리로 나누어 정규화시키며, 각도는 얼굴의 형태가 좌우 대칭을 이루기 때문에 수직 중심을 기준으로 같은 거리에 있는 좌우 대칭인 점들이 같은 점들로 인식되지 않도록 한다.

특징 인수는 두 특징 요소 사이의 거리와 두 특징 요소 사이 선분에 대한 각도를 계산한다. 그림 3에서 세 특징 요소들의 좌표를 각각 $P_1(x_1, y_1)$, $P_2(x_2, y_2)$, $P_3(x_3, y_3)$ 라 할 때 P_1, P_2 두 점 사이의 거리 ℓ 은 식(16)을 이용하여 구하고, 각도 θ 는 식(17), 식(18), 식(19)을 이용하여 구한다.

$$\ell = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (16)$$

$$\tan \alpha = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, \quad \tan \beta = \frac{y_3 - y_1}{x_3 - x_1} \quad (17)$$

$$\tan(\alpha - \beta) = \frac{\tan \alpha - \tan \beta}{1 + \tan \alpha \cdot \tan \beta} \quad (18)$$

$$\cot \theta = \frac{1}{\tan(\alpha - \beta)} \quad (19)$$

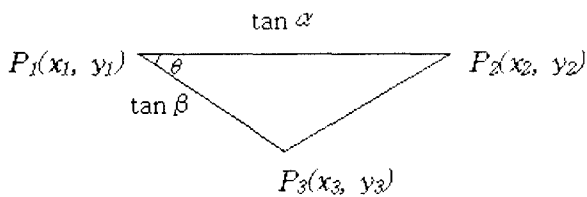


그림 3 두 특징 요소 사이의 거리와 각도
Fig.3 Distance and angle of feature component

III. 실험 결과 및 분석

개개의 입력된 얼굴 영상에서 얼굴 요소 후보 블록 단위의 블록 기반 특징 추출 시스템을 기반으로 눈, 코, 입의 특징 요소를 추출하고, 추출된 각 특징 요소 사이의 거리와 각 선분의 기울기를 이용하여 특징 인수를 추출한다.

1. 실험 환경

본 연구는 Pentium III-450MHz의 시스템과 Turbo C 프로

그램 언어를 이용하여 얼굴 영상 분류에 필요한 특징 인수를 추출한다. 100명으로부터 한 사람 당 2개 또는 3개의 영상을 획득하여 총 297개의 영상을 실험 대상으로 하며, 추출된 영상의 크기는 200×280, 색상은 256 컬러를 사용한다.

본 연구는 정지된 컬러 영상과 디지털 카메라의 컬러 영상의 특징 요소를 획득하여 데이터베이스를 구축한다.

2. 실험 결과

사람의 얼굴에 대한 특징 요소를 추출하기 위하여 우선 이진 영상을 생성한다. 하나 하나의 고립된 영역으로 분리하기 위하여 화소 라벨링을 한 후 만들어진 얼굴 요소 후보 블록 단위로 면적을 구하고, 윤곽선 추적 방법에 의하여 둘레를 구한 다음 면적, 둘레, 원형도 및 종횡비의 유사도를 구한다.

얼굴과 배경을 분리하기 위하여 블록 면적은 화소의 수가 3보다 작거나 500보다 큰 블록, 둘레는 화소의 수가 5보다 작거나 400보다 큰 블록, 원형도는 0.2보다 작거나 0.9보다 큰 블록, 종횡비는 0.5보다 작거나 1.8보다 큰 블록을 제거한다.

종합 유사도는 영상의 정규화를 위하여 계산된 각 블록의 면적, 둘레, 원형도, 종횡비의 유사도에 가중치 계수를 적용하여 구한다. 그런 다음 종합 유사도가 가장 크고, 대칭적인 위치에 있는 두 개의 블록을 눈의 특징 요소로 판정한다.

코는 두 눈 사이 선분의 중점에서 수직 아래로 블록을 탐색하면서 블록의 거리, 면적을 이용하여 종합 유사도가 가장 큰 블록을 코의 특징 요소로 판정한다.

입은 코의 중점에서 수직 아래로 블록을 탐색하면서 블록의 거리, 면적을 이용하여 종합 유사도가 가장 큰 블록을 입의 특징 요소로 판정한다.

추출된 각 특징 요소 사이의 거리와 선분의 기울기를 이용하여 12개의 특징 인수를 구하는 제안 알고리즘을 수행하여 얼굴의 특징 인수를 추출한다.

그림 4는 같은 사람의 3가지 영상을 가지고 눈, 코, 입의 특징 요소를 추출한 영상을 나타낸다. 그림 4(a-1), (a-3), (a-5), (b-1), (b-3), (b-5), (c-1), (c-3), (c-5)는 입력 영상, 그림 4(a-2), (a-4), (a-6), (b-2), (b-4), (b-6), (c-2), (c-4), (c-6)는 눈, 코, 입의 추출된 영상을 나타낸다.



(a-1) (a-2) (a-3)

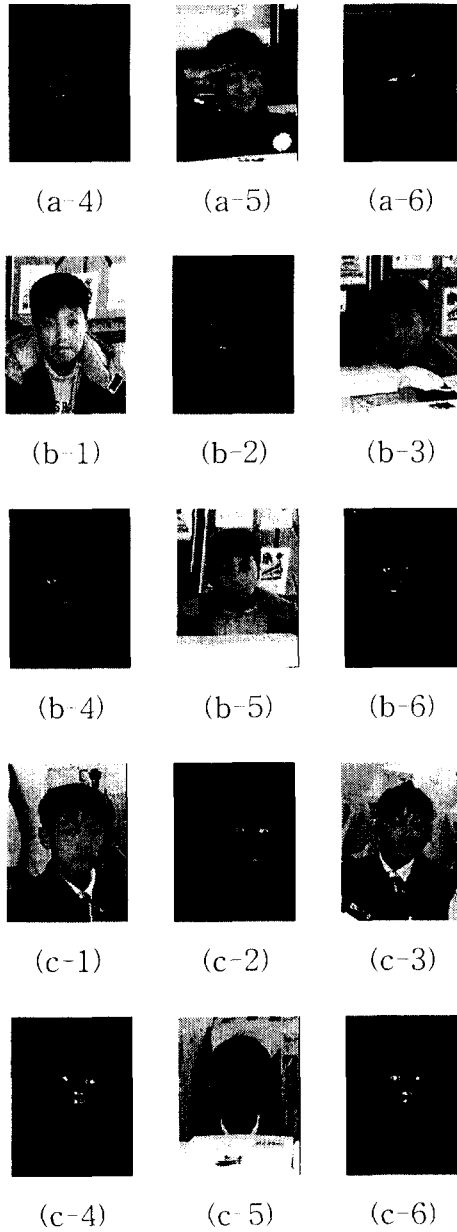


그림 4 3가지 영상의 특징 추출 결과

Fig.4 The result of feature extraction in the three original image

표 2는 전체 입력 영상 297개를 대상으로 분석한 결과 276개의 영상에서 얼굴 특징 요소 추출에 92.93%의 성공률을 나타내고 있다.

특징 요소 추출에 실패한 영상을 분석하여 보면, 13개의 영상에서 고개가 좌·우로 회전되어 눈, 코, 입의 영역이 명확하게 나타나지 않았고, 5개의 영상에서는 얼굴이 기울어진 정도가 심하여 특징 요소를 추출하지 못하였으며, 3개의 영상에서는 머리카락이 눈의 윤곽과 연결되어 눈의 영역을 추출하지 못하여 특징 요소를 추출하지 못

한 경우였다.

표 2 특징 추출 실험 결과

Table 2 The result of Experiment for feature extraction

구분	성공		실패		계		총 추출 대상 수
	스캐너	카메라	스캐너	카메라	스캐너	카메라	
영상수	188	88	13	8	201	96	297
성공률 (%)	93.53	91.67	6.47	8.33	100	100	92.93

그림 5는 그림 4에 의하여 추출된 특징 인수를 나타내고 있다. 35도 미만 기울어진 영상에서는 얼굴 특징 요소의 추출이 가능하였으나, 35도 이상 기울어진 영상에서는 특징 요소의 추출이 불가능하였고, 100명의 한정된 인원으로 데이터베이스를 구축하여 실험을 실시함으로써 특징 요소 추출 실패의 결과가 다양하게 나타나지 않았다.

레코드번호	파일명	특징 인수					
		N1-N2 특징 요소 사이 거리	N1-N3 특징 요소 사이 거리	N2-N3 특징 요소 사이 거리	N1-N4 특징 요소 사이 거리	N2-N4 특징 요소 사이 거리	N3-N4 특징 요소 사이 거리
76	a-1. pcx	1.000000	0.723316	1.134105	0.746316	1.142105	0.420526
		0.897400	0.074465	0.960190	0.480160	0.777906	0.497971
77	a-3. pcx	1.000000	0.724614	1.134146	0.748610	1.139024	0.427561
		0.891926	0.079038	0.957299	0.484434	0.775783	0.495298
78	a-5. pcx	1.000000	0.730286	1.135714	0.750000	1.142857	0.428571
		0.889654	0.087807	0.943139	0.480485	0.779526	0.496384
79	b-1. pcx	1.000000	0.975242	1.345483	1.038621	1.359140	0.325024
		0.500058	0.590321	0.646386	0.383274	1.057649	0.412674
80	b-3. pcx	1.000000	0.982452	1.336242	1.045200	1.352222	0.323333
		0.495770	0.600793	0.640315	0.383545	1.047611	0.417980
81	b-5. pcx	1.000000	0.980303	1.333333	1.040909	1.363624	0.313030
		0.500494	0.595735	0.640230	0.366800	1.053398	0.432062
82	c-1. pcx	1.000000	0.777778	1.111111	0.814815	1.132111	0.370370
		0.759713	0.217061	0.854953	0.474654	0.755269	0.521584
83	c-3. pcx	1.000000	0.780000	1.083333	0.811667	1.133333	0.375000
		0.767236	0.215889	0.848683	0.450027	0.737953	0.562217
84	c-5. pcx	1.000000	0.769124	1.113265	0.800120	1.133923	0.375385
		0.787049	0.191719	0.867528	0.473946	0.758024	0.520092

그림 5 특징 인수의 추출 결과

Fig.5 The result of Extraction in Feature Parameter

IV. 결 론

사람의 얼굴에 대한 특징 인수를 추출하기 위하여 우선 하나 하나의 고립된 영역으로 분리하기 위한 화소 라벨링을 한 후 만들어진 가변 블록 단위로 면적을 구하고, 윤곽선 추적 방법에 의하여 둘레를 구한 다음 면적, 둘레, 원형도 및 모양의 유사도를 구한다. 전체 유사도와 일반적인 구조 및 특징을 활용하여 눈, 코, 입을 추출하는 제안 알고리즘을 수행하여 얼굴의 특징 인수를 추출하였다.

제안된 방법의 타당성을 확인하기 위하여 100명을 대상으로 스캐너에 의해 획득한 영상과 디지털 카메라에 의해 획득한 총 297개의 영상을 실험하고 그 결과를 고찰하였다.

입력 영상에 대해 특징 추출을 위하여 제안된 알고리즘으로 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 블록단위의 각 영역에 관한 정보를 추출하여 얼굴의 일반적인 구조 및 특성에 관한 특징을 활용하여 눈, 코, 입의 12개의 특징 인수를 추출한 결과 92.93%의 추출 성공률의 결과가 나타났다.

둘째, 특징 인수간의 정규화 거리를 사용함으로써 영상의 크기 변화에 무관하게 특징 인수를 추출할 수 있었다.

셋째, 얼굴의 특징 중 외부 환경의 영향을 덜 받는 특징 요소들 사이의 거리, 면적, 둘레, 원형도, 종횡비, 블록 위치의 정보를 반영함으로써 얼굴 요소 후보 블록의 기하학적 특징을 기반으로 특징 인수를 추출할 수 있었다.

넷째, 추출된 특징 파라미터를 분석·분류하여 데이터 베이스를 구축하게 되면 과도한 기억 장소를 낭비하지 않고도 얼굴에 관한 자료를 탐색할 수 있어 여러 분야에 응용될 수 있다.

본 논문에서 제안한 화소 라벨링에 의한 얼굴 특징 인수 추출 시스템은 정지 영상을 기반으로 하는 모든 영상 처리에서 활용 가능성이 크다. 그 활용 분야로는 여권의 사진 식별, 주민등록증의 사진 식별, 범죄자 찾기, 현금 카드 인출 시스템에서의 거래 불량자 식별 등이 있다.

향후 과제로는 얼굴의 기울기와 회전된 얼굴 윤곽을 구별하기 위하여 얼굴의 전체적인 윤곽의 크기와 모양 그리고 명암에 따른 특징 요소를 추출할 수 있는 알고리즘을 개발하여 부분적인 보안을 특징 인수의 추출 성공률을 더 높일 수 있다고 본다.

접수일자 : 2001. 3. 7

수정완료 : 2001. 4. 6

참고 문헌

[1] G. Chow and X. Li, "Towards a system for

automatic facial feature detection", *Pattern Recognition*, Vol. 12, No. 12, pp. 1739-1755, Dec. 1993.

[2] X. Xie, R. Sudhakar, and H. Zhuang, "On improving eye feature detection using deformable templates", *Pattern Recognition*, Vol. 27, No. 6, pp. 791-799, Jan. 1994.

[3] M. Kirby and L. Sirovich, "Application of the Karhunen-Loeve procedure for the characterization of human faces", *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 12, No. 1, pp. 103-108, 1990.

[4] B. S. Manjunath, R. Chellappa, and C. v. d. Malsbrug, "A feature based approach to face recognition", *Proc. IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 373-378, Jun. 1992.

[5] Roberto Brunelli and Tomaso Poggio, "Face Recognition : Features versus Templates", *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 15, No 10, pp. 1042-1052, Oct. 1993.

[6] 윤호섭, 왕민, 민병우, "고립 영역 분석에 의한 얼굴 요소 추출", *정보과학회논문지(B)*, 제 23 권, 제 7 호, pp. 752-765, 1996년 7월.

[7] 최동선, 이주신, "형태 분석에 의한 특징 추출과 BP 알고리즘을 이용한 정면 얼굴 인식", *전자공학회지(B)*, 제 33 권, 제 10호, 1996년 10월.

[8] S. A. Sirohey, "Human face segmentation and identification", *Tech. Rep. CAR-TR-695, Center for Automation Research, Univ. of Maryland*, 1993.

[9] L. Stringa, "Eyes detection for face recognition", *Applied Artificial Intelligence*, Vol. 7, No. 4, pp. 365-382, October-December 1993.

[10] Q. T. Luong, "Color in computer vision", *Handbook of Pattern recognition and Computer Vision*, pp. 311-368, 1993.

[11] Y. Dai and Y. Nakano, "Extraction of Facial Images from complex background using color information and SGLD matrices", *Proceedings of International Workshop on Automatic Face- and Gesture- recognition, Zurich*, pp. 238-242, 1995.

[12] J. Lampinen and E. Oja, "Distortion tolerant feature extraction with Gabor functions and topological coding", *INNC Paris, France*, Vol. 2, pp. 301-304, 1990.

[13] R. A. Jacobs, M. I. Jordan and A. G. Barto, "Task decomposition through competition in a modular connectionist architecture : the what and where vision tasks", *Cognitive Science*, vol. 15, pp. 219-250, 1991.



김승업(Seung Up Kim)
正會員
1993년 한국방송통신대학교
전자계산학과 학사
1996년 영남대학교 교육대학원
정보처리 석사
1999년~현재 제주도교육과학연구원
교육연구사

관심분야 : 패턴인식, 신경망, 영상처리



이우범(Woo Beom Lee)
正會員
1995년 영남대학교 컴퓨터공학과
공학사
1997년 영남대학교 컴퓨터공학과
공학석사
2000년 영남대학교 컴퓨터공학과
공학박사

2000년~현재 대구과학대학 컴퓨터공학과 전임강사
관심분야 : 패턴인식, 신경망, 영상처리, 컴퓨터 비전



김옥현(Wook Hyun Kim)
正會員
1981년 경북대학교 전자공학과 졸업
공학사
1983년 경북대학교 컴퓨터공학과
공학석사
1993년 일본 쓰쿠바 대학 공학연구과
공학박사

1983년~1993년 한국전자통신 연구원 선임연구원
1994년~현재 영남대학교 전자정보공학부 부교수
관심분야 : 시각정보처리, 패턴인식, 화상처리



강병욱(Byeong Wook Kang)
正會員
1970년 영남대학교 전기공학과 공학사
1977년 영남대학교 전자공학과
공학석사
1994년 경북대학교 전자공학과
공학박사

1979년~현재 영남대학교 전자정보공학부 교수
관심분야 : 소프트웨어 공학, 프로그래밍 언어, 데이터 압축
