

피부색 정보와 얼굴의 구조적 특징 분석을 통한 얼굴 영상 인식 시스템

Human Face Recognition System Based on Skin Color Informations and Geometrical Feature Analysis of Face

이 응 주

Eung-Joo Lee

요 약

본 논문에서는 칼라 CCD 카메라로부터 입력된 얼굴 영상에서 피부색 정보와 눈, 코, 입 등의 얼굴 영역 특징자 및 턱선의 선형적 특징을 이용한 얼굴 영상 인식 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘에서는 인간의 시각 체계와 비교적 유사한 HSI 좌표계 상에서 피부색에 대한 색상 정보와 명암값 정보를 함께 이용함으로써 얼굴영역 추출의 효율을 높였고, 인종에 따라 적응적인 추출이 가능하도록 하였다. 또한 추출된 얼굴 영역에서 얼굴 인식을 개선하기 위해 눈, 코, 입 등의 구조적 위치 정보와 턱선의 선형적인 특징값을 이용하여 얼굴 인식을 개선하였다. 제안한 알고리즘에서는 기존의 명암 정보를 이용하는 방법과는 달리 색상 정보와 명암 정보를 함께 이용함으로써 정확한 얼굴 영역의 검출이 가능하였으며 인식 방법에 있어서 구조적 특징자 외에 턱선의 선형적인 관계값을 이용함으로써 인식 효율을 개선하였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose the face image recognition algorithm using skin color information, face region features such as eye, nose, and mouse, etc., and geometrical features of chin line. In the proposed algorithm, we used the intensity as well as skin color information in the HSI color coordinate which is similar to human eye system. The experimental results of proposed method shows improved extraction quality of face and provides adaptive extraction methods for the races. And also, we used chin line information as well as geometrical features of face such as eye, nose, mouse information for the improvement of face recognition quality. Experimental results shows the more improved recognition as well as extraction quality than conventional methods.

I. 서 론

컴퓨터를 이용한 영상 인식분야가 발전하면서 특히 얼굴 인식 분야는 그 용도가 매우 다양하고 적용범위도 넓으므로 매우 활발히 진행되고 있는 분야이다. 얼굴 정보는 범죄자 검색 시스템, 개인용 컴퓨터의 접근 제어, 공공 기관에서의 보안 시스템, 컴퓨터 게임, 3D TV의 시청자 검색 시스템 등의 분야에서 널리 이용되는 기술이다.

현재까지 알려진 얼굴 인식의 단계는 크게 얼

굴 영역 검출, 얼굴 특징점 추출, 그리고 얼굴 분류 등의 세 가지 기술로 나눌 수 있다. 즉 얼굴 영역을 먼저 찾고 눈, 코, 입과 같은 구성 요소들을 직접 추출[1,3]하여 최종 단계인 인식과 분류가 이루어지게 된다. 그러나 얼굴 분류 기술의 전처리 단계라 할 수 있는 얼굴 영역 검출과 얼굴 특징점 추출은 영상이 배경과 영상에서 얼굴이 차지하는 크기나 얼굴의 방향 등에 대한 제약물 가지고 있으므로 제안한 논문에서는 얼굴 영역

추출의 정확성을 높이기 위하여 피부색 정보를 이용하여 1차 얼굴 후보 영역을 추출하고 그 영역에 대해 명암값으로 얼굴영역만을 추출하도록 하여 정확도를 높였다. 이러한 방법은 눈, 코, 입 추출의 정확도도 높일 수 있다. 또한 턱과 입의 구조적 관계값과 턱의 선형적 관계를 이용하는 방법을 적용하여 우수한 성능을 나타내었다.

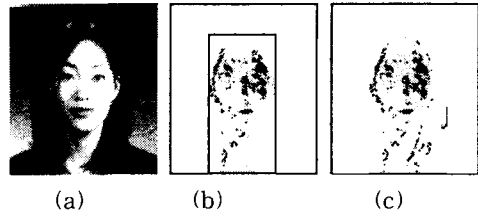


그림 1. 얼굴영역 추출 단계: (a) 원 영상; (b) 색상; (c) 색상+명암.

II. 제안한 피부색 정보와 명암정보를 이용한 얼굴인식 과정

1. 피부색 정보와 명암 정보를 이용한 얼굴영역 추출

얼굴 색채 히스토그램에서 동일한 인종은 유사한 피부색을 가지며 칼라 공간에서 좁은 범위에 밀집해 있다[2]. 본 논문은 이러한 특성을 이용하여 인간의 비선형적인 시각 특성에 비교적 유사한 HSI 좌표계에서 색상, 명도를 사용하였다.

1차 얼굴 후보 영역은 HSI 좌표계로 변환된 영상의 색상정보가 23도~27도의 범위 내에 밀집해 있는 객체들을 레이블링 연산을 통해 찾아내고 이 범위에 있는 모든 객체 중 가장 큰 객체가 얼굴후보영역이 된다. 많은 표준영상의 실험 중 1차 얼굴 후보 영역이 머리카락을 비롯한 착용한 옷의 종류에 따라 매우 가변적이고 그 영역이 넓어지는 현상이 발견되었다. 따라서, 제안한 논문에서는 찾아진 1차 얼굴 후보 영역 내를 검사해 적용적으로 계산된 임계값 이상의 명암값 분포를 얼굴영역으로 찾아내고 이외의 부분은 제거하여 얼굴 영역만을 추출하도록 하였다. 식(1)~식(3)에서는 RGB 좌표계를 HSI 좌표계로 변환하는 식을 나타내었으며, 그림 1에 원영상으로부터 색상 정보와 색상과 명암 정보로서 얼굴 영역을 추출하는 과정을 나타내었다.

$$I = \frac{(r+g+b)}{3} \quad (1)$$

$$S = 1 - \frac{3[\text{Min}(r, g, b)]}{(r+g+b)} \quad (2)$$

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{[(r-g)+(r-b)]}{2}}{[(r-g)^2+(r-b)(g-b)]^{\frac{1}{2}}} \right\} \quad (3)$$

그림 1에서 (a)원 영상에 대해 (b)영상은 색상(Hue)만을 이용한 추출영상이며, (c)영상은 색상으로 추출된 영상의 영역에 대해 명암값 분포를 조사해 얼굴영역 이외의 부분을 제거한 영상이다. 최종적으로 구해진 얼굴영역에서는 좌표값을 이용하여 얼굴영역의 수직과 수평 중앙선을 구할 수 있다. 얼굴의 눈, 코, 입의 구성요소 추출에 결과 좌표를 이용함으로써 인식 속도를 향상시켰으며 인식의 효율을 높였다. 표 1은 얼굴 영역 추출을 위해 40여명의 인종별 HSI값을 분광측정계로 측정된 값을 나타내었다.

표 1. 인종별 HSI 좌표값

좌표계	H	S	I
백인종	27	163	210
황인종	24	170	179
흑인종	23	198	106

표 1의 HSI 좌표계 상에서 나타난 색상, 색농도 및 명암값 알 수 있듯이 백인종, 황인종, 흑인종의 순으로 명암값의 크기값이 나타나며 색농도는 흑인종, 황인종, 백인종의 순서대로 나타났다. 또한 표에서와 같이 색상은 인종별에 관계없이 23°~27° 사이에서 분포함을 알 수 있다. 본 논문에서는 황인종을 기준으로 색상값 측정을 했으며, 얼굴 영역 추출시 보다 세밀하게 즉, 얼굴 영역을 추출하면서 인종별 피부색 파악을 위해서 색농도 및 명암 정보를 추가적으로 사용하면 백인종이나 흑인종의 경우도 경계값을 적용적으로 설정함으로써 인종별 얼굴 인식도 가능하게 하였다. 실험에 사용된 남녀 표준 영상 40개 중 얼굴영역 이외의영역이 제거되고 얼굴영역만을 정확하게 추출된 영상이 38개로서 95%의 얼굴영역 인식을 나타내었다.

2. 눈, 코, 입 특징점 추출

제안한 논문에서는 얼굴의 구조적 특징값 추출을 위한 전처리 과정으로 HSI로 변환된 영상의 명암(Intensity)영상을 이용한다. 얼굴의 구성 요소들이 수평 에지를 많이 가진다는 특징을 이용해 수평 소벨연산, 이진화 과정, 팽창(Dilation), 레이블링(Labeling)연산[3]을 적용하여 1차 구성 요소 추출이 이루어진다. 그림 2에 특징점 추출을 위한 전체 구성도를 나타내었다. 그림 3은 이러한 전처리 단계를 거쳐서 눈, 코, 입 특징점이 추출되는 과정을 나타내고 있다.

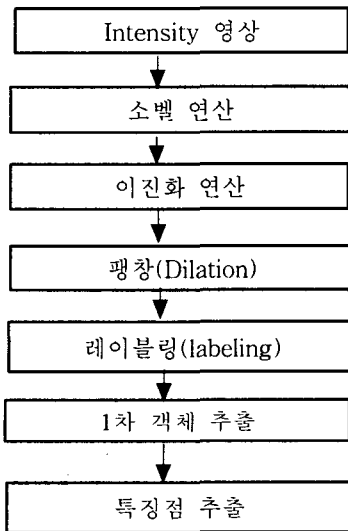


그림 2. 특징점 추출을 위한 전체 구성도

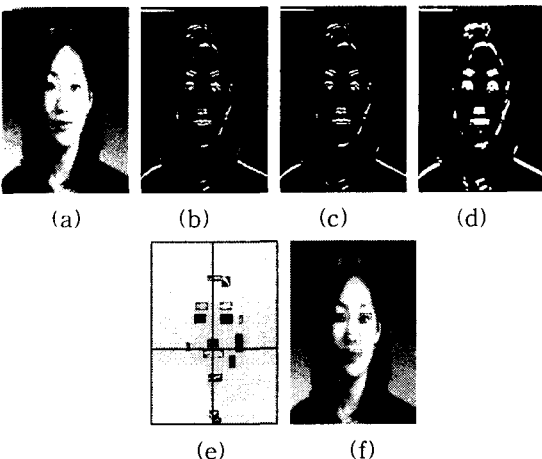


그림 3. 전처리 단계와 결과 영상: (a) 원 영상; (b) 소벨 연산; (c) 이진화; (d) 팽창처리; (e) 레이블링; (f) 눈, 코, 입 추출.

전처리 단계를 거쳐 눈, 코, 입 특징점을 결정하기 위한 알고리즘으로 양 눈과 코의 상대적 위치관계를 이용하여 비슷한 y좌표를 갖는 두 개의 눈 후보점과 한 개의 코 후보점을 결정한다. 다음의 조건을 만족하는 경우에 하나의 쌍으로써 얼굴 영역 내의 눈으로 설정하고 이들의 거리 비를 특징으로 한다. 그림 4에 눈영역 추출을 위한 흐름도를 나타내었다.

- 조건1. 객체가 수평중양선 위에 존재하고 대칭되는 y좌표 내에 객체가 존재.
- 조건2. 대칭쌍이 2개 이상 존재하면 아래쪽에 위치하고 거리가 임계치 이하인 대칭쌍이 존재.

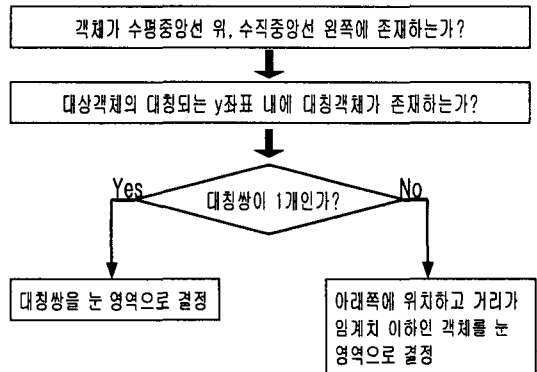


그림 4. 눈 영역 추출 흐름도

또한 다음의 조건을 만족하는 객체를 코 후보점으로 설정하고 거리 비를 특징으로 하며 그림 5에 코 영역 추출 흐름도를 나타내었다.

- 조건1. 눈 후보 영역의 아래에 위치하고 그 사이에 존재하며 y좌표 차이가 임계치이하
- 조건2. 다수가 존재하면 상위의 객체를 선택.

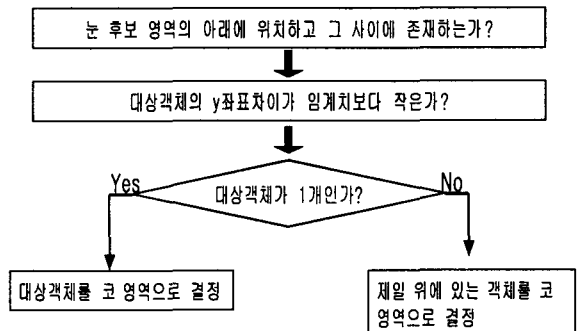


그림 5. 코 영역 추출 흐름도.

또한 다음의 조건을 만족하는 객체를 입 후보점으로 설정하고 거리 비를 특징으로 한다. 그림 6에 입 후보점 추출 흐름도를 나타내었다.

- 조건1. 코 후보 영역의 아래에 위치하고 그 두 눈 좌표의 외곽 영역 내에 존재.
- 조건2. 다수가 존재하면 가로길이 비가 넓고 상위에 존재하는 객체를 선택.

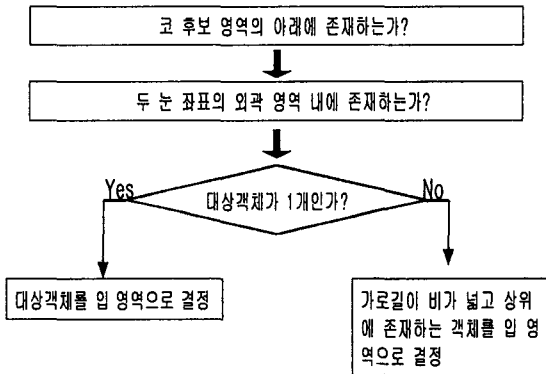


그림 6. 입 후보점 추출 흐름도.

그림 7은 이러한 알고리즘을 적용하여 추출된 얼굴의 특징점을 나타낸 영상들이다. 실험에 사용된 남녀 표준 영상 38개 중 정확한 눈, 코, 입 특징점이 추출된 영상이 36개로써 90%의 인식율을 나타내었다.



그림 7. 특징점 추출 결과 영상

그림 8에서는 눈, 코, 입에 해당하는 특징점간의 구조적 특성치들이다. 각 특징점은 얼굴에서 비교적 구별하기 쉽고, 각 개인마다 다른 형태를 지니고 있다. 이러한 각 특징점을 비교하기 위해서 눈, 코, 입 등의 구조적 위치에서 서로의 상관관계를 비교한 값이 이용되었다.

본 논문은 입과 코, 눈의 위치와 그들 상호간의 최소/최대값의 평균치를 이용해서 비율의 오차값을 줄였다. 식 (4) 및 (5)에서와 같이 특징점 사이의 거리 비율은 유클리디언 거리식으로 계산된다. 유클리디언 거리에 의한 인식은 각 사람들의 표준편차(σ)로 정규화 시킨다.

$$d^2 = \sum_i |X_i - r_i|^2$$

i : 인식에 사용한 특징의 개수.
 r_i : DB의 특징 값.
 X_i : 입력된 사람의 특징 값. (4)

$$d^2 = \sum_i \frac{|X_i - r_i|^2}{\sigma_i^2}$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left(\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m r_{ijk} - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left(\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m r_{ijk} \right) \right)^2$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left(\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (r_{ijk} - \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m r_{ijk})^2 \right) \quad (5)$$

그림 8에 얼굴의 특징점 추출을 위한 두 눈간의 거리, 눈과 코의 거리 및 코와 입의 거리 등 특징점들의 위치관계를 나타내었고 표 2에 추출된 거리에 대한 데이터를 나타내었다.

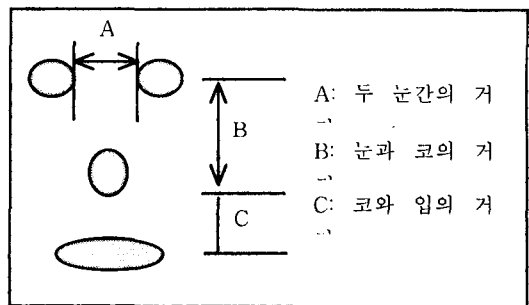


그림 8. 얼굴의 특징점

3. 눈, 코, 입 특징점 구성과 특성

앞에서 추출한 각 특징점의 후보영역의 좌표에서 해당 성분의 구조적 특성값을 구한다.

표 2. 표본 영상에서의 특징점 간의 거리 비율

표본	상-코	코-코	코-입	입-턱	코-턱	코-눈	눈-턱	양눈	입-턱
A	21	41	12	29	42	82	91	29	
비율	1:1.90476		1:2.23077		1:1.95238		1:3.13793		
B	26	50	11	29	40	90	87	29	
비율	1:1.92308		1:2.63636		1:2.25		1:3		
C	28	39	10	31	41	80	88	31	
비율	1:1.39286		1:3.1		1:1.95122		1:2.83871		
D	24	40	13	35	48	88	85	35	
비율	1:1.66667		1:2.69231		1:1.83333		1:2.42857		
E	25	42	12	31	43	85	86	31	
비율	1:1.68		1:2.58333		1:1.97674		1:2.77419		
F	24	43	11	37	48	91	86	37	
비율	1:1.79167		1:3.36364		1:1.89583		1:2.32432		
G	32	38	10	30	40	78	87	30	
비율	1:1.1875		1:3		1:1.95		1:2.9		
H	22	35	10	35	45	80	92	35	
비율	1:1.59091		1:3.5		1:1.77778		1:2.62857		
I	35	42	19	32	51	93	100	32	
비율	1:1.2		1:1.68421		1:1.82353		1:3.125		
J	38	43	20	42	62	105	103	42	
비율	1:1.13158		1:2.1		1:1.69355		1:2.45238		

4. 턱의 선형적인 관계를 이용한 특징점 추출

본 논문에서 제안한 얼굴 인식 알고리즘은 추출된 각 특징점의 비율의 관계값과 턱의 선형적인 관계값을 포함시켜서 구성하였다. 턱의 선형적인 관계값이란 턱에서 입까지의 구조적 위치값과 얼굴 영역에서 입의 구조적 위치를 이용하는 알고리즘이다. 그림 9에 턱선의 선형적인 관계값 추출을 위한 턱선과 볼너비 특징점으로부터 각도 및 턱선과 입너비 특징점으로 부터의 각도를 표시하였다.

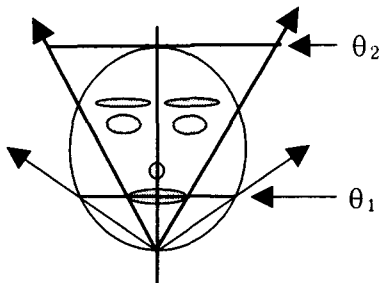


그림 9. 턱선에 대한 선형적인 관계값

이 알고리즘에서 추출된 턱의 선형적인 관계값은 그림 9에서와 같이 θ_1 은 턱과 입에서의 볼너비의 각도이고, θ_2 는 턱과 입 크기의 각도이다. 앞서 언급한 얼굴 특징점들의 구조적 특징 외에 θ_1, θ_2 의 비율을 산정하여 구별이 모호한 경

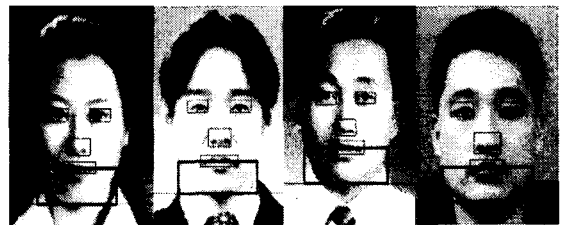
우 특정 사람을 구분하도록 하여 인식율을 개선하였다.

실 영상을 적용한 결과 위와 같은 턱의 관계값이 사람에 따라서 다양한 차이를 발견할 수 있었다. 제안한 논문에서는 우선 θ_1, θ_2 에 따라 얼굴 영상의 형태를 분류하여 얼굴인식의 특징점으로 구성하였다. θ_1 에 따른 얼굴 영역 분류 형태는 4가지 형태로 구성되며 특징은 다음과 같다.

- A형 구조(100도 ~ 105도): 뾰족한 형태의 턱
: 턱에서 입까지의 길이가 길므로 전체적으로 뾰족하게 생긴 턱
- B형 구조(105도 ~ 110도): 긴 형태의 턱
: 턱에서 입까지의 길이에 비해 볼너비의 길이가 상대적으로 긴형태의 턱
- C형 구조(110도 ~ 115도): 둥근 형태의 턱
: 볼너비가 상대적으로 큰 형태의 턱으로써 둥근 형태의 얼굴의 턱 구조
- D형 구조(115도 ~ 120도): 평평한 형태의 턱
: 전체적인 얼굴의 형태가 납적한 형태의 턱

또한 이를 바탕으로 그림 10에 턱의 선형적인 관계를 이용하여 턱 추출 결과를 나타내었으며 표 3에 턱 유형에 따른 40개 실험 영상의 분포를 나타내었다.

표에서와 같이 대체로 B타입의 유형이 많았다. 얼굴의 구성요소가 추출된 실험영상 40개 중 정확한 턱선의 특징점이 추출된 영상이 38개로써 높은 추출율을 나타내었다.



(a) (b) (c) (d)
그림 10. 턱 추출 결과 영상: (a) A형 구조; (b) B형 구조; (c) C형 구조; (d) D형 구조.

또한 θ_2 에 따라서는 얼굴 영역 분류 형태 3가지 형태로 구성되며 특징은 다음과 같다. 이는 θ_1 에 비해 그 값의 분포가 넓지 않아 세 개의 유형으로 분류되어 진다. 표 4에 턱 유형에 따른 40개 실험 영상의 분포를 나타내었다

표 3. 턱 유형(θ_1)에 따른 실험영상의 분포

턱유형 (θ_1)	A	B	C	D	전체
영상 개수	8	16	13	3	40
%	20%	40%	32.5%	7.5%	100%

-A형 구조(45~60도)

: 입의 너비가 짧고 입-턱의 길이가 긴 형태

-B형 구조(60~70도)

: 입의 너비에 비해 입-턱의 길이가 상대적으로 긴 형태

-C형 구조(70~85도)

: 입의 너비가 길고 입-턱의 길이가 짧은 형태

표 4. 턱 유형(θ_2)에 따른 실험영상의 분포

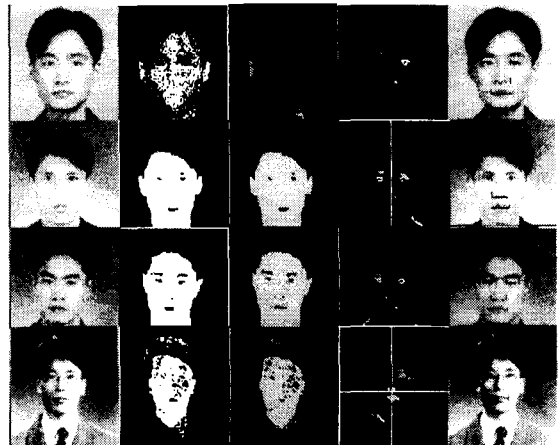
턱유형(θ_2)	A	B	C	전체
영상 개수	11	16	13	40
%	27.5%	40%	32.5%	100%

III. 실험 및 고찰

본 논문의 실험에서는 칼라 CCD카메라로 입력을 받은 영상에서 각 알고리즘을 순차적으로 적용시켜 시뮬레이션 하도록 하였으며 프로그램 제작 틀로서는 Visual C++을 사용하여 구현하였다. 또한 복잡하지 않은 배경과 일정한 조명, 그리고 비교적 비슷한 얼굴크기로서 실험 환경을 제한하였다. 얼굴영역을 직접 추출하는 데 있어서 향상되고 신뢰성 있는 추출을 위해 여러 알고리즘을 순차적으로 적용하여 얼굴영역의 범위를 축소시켜 나가는 방법을 제안하였다. 또한 눈, 코, 입을 비롯한 턱의 구조적 특징을 이용하여, 얼굴의 인식률을 개선 시키는 방법을 제시하였다. 표 5에 제안한 알고리즘을 적용하여 얼굴 영역, 특징점 및 턱을 추출한 결과를 나타내었다. 또한 그림 11에 제안한 방법을 이용하여 다양한 입력 영상에 대한 얼굴 후보 영역, 얼굴 영역, 구성개체 추출 및 특징점 추출 결과를 나타내었다.

표 5. 제안한 알고리즘을 적용한 얼굴 영역, 특징점, 턱 추출 결과

과정	얼굴영역 인식	눈, 코, 입 인식	턱 추출	전체
영상 개수	38	37	36	40
%	95%	93%	90%	100%



(a) (b) (c) (d) (e)

그림 11. 특징점 추출 예: (a) 원영상; (b) 얼굴 후보 영역; (c) 얼굴 영역; (d) 구성개체 추출; (e) 특징점 추출

본 논문의 실험에서 오 인식된 결과들이 다소 발생되었다. 오 인식되는 이유는 얼굴의 입력 영상에서 머리카락, 안경, 조명의 흐림 등 눈 부위의 지나친 가림이나 턱 부분의 약한 윤곽선 때문이었으며, 얼굴 검증과정에서의 문제점 개선과 실시간 응용을 위한 알고리즘 구현을 위해 좀 더 적용적인 방법이 제안되어야 할 것이다.

IV. 결론

본 논문에서는 얼굴 영상의 피부색 정보와 눈, 코, 입 등과 같은 얼굴 영역 특징자들의 구조적인 특성을 이용하여 얼굴 영상을 인식하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘에서는 얼굴 영역 검출을 위해 피부색 정보와 명암 정보를 적용적으로 이용함으로써 얼굴 영역 추출율을 개선시켰고 또한 얼굴 인식을 위해 눈, 코, 입과 같은 특징자 외에 턱선과 볼너비, 턱선과 입너비

의 특성에 관련된 특성을 사용하여 인식율을 개선하였다.

제안한 방법을 적용한 결과 얼굴 영역 추출 및 인식을 부분에서 상당한 개선이 이루어진 것을 알 수 있다. 또한 본 알고리즘은 실 영상 처리를 기반으로 알고리즘을 구현하였으므로 지문 인식, 홍채 인식 등 보안 시스템 및 인식 시스템 구현에 대한 방법을 제시하였다.

접수일자 : 2000. 9. 4. 수정완료 : 2000. 10. 24
본 논문은 1999년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의해 연구되었음
(과제번호: KRF-99-041-E00273-E2305)

V. 참고문헌

- [1] Robert Brunelli and Tomaso Poggio, "Face Recognition : Feature versus Templates," PAMI, Vol. 15, no. 10, pp.1042-1052, Oct. 1993.
- [2] 유태웅, 오일석, "Extraction of Face Regions based on Chromatic Distribution Information," 정보과학회논문지(B) 제 24 권 제 2 호, 1992.
- [3] 유호섭, 소 정, 왕 민, 민병우, "고립영역 분석에 의한 얼굴 요소 추출," 정보과학회논문지(B) 제 23 권 제 7 호, 1996.
- [4] 장경식, "다해상도 영상을 이용한 얼굴 구성 요소 추출," 한국정보처리학회 논문지 제6권 제 12호 1999.
- [5] 이철우, 최정주, "후보영역의 밝기 분산과 얼굴특장의 삼각형 배치구조를 결합한 얼굴의 자동 검출," 멀티미디어학회 논문지 제3권 제1호 2000.



이응주(Eung Joo Lee)

正會員

1992년 경북대학교 대학원
전자공학과(공학석사)
1996년 경북대학교 대학원
전자공학과(공학박사)
1992년-1993년 국방과학연
구소품관소(연구원)

1993년-1996년 동진저나,대현테크연구소 연구위원
1999년 12월 SOFTEXPO'99정보통신장관상 수상
2000년 6월 교수연구원창업대회 중소기업청장상
1997년-현재 동명정보대학교 정보통신공학과
교수(주임교수)

관심분야: 영상처리, 컴퓨터비전, 신호처리,
칼라영상처리