
색도정보와 Mean-Gray 모폴로지 연산을 이용한 컬러영상에서의 얼굴특징점 검출

강영도* · 양창우** · 김장형*

Facial-feature Detection in Color Images using Chrominance Components and Mean-Gray Morphology Operation

Young-do Kang* · Chang-woo Yang** · Jang-hyung Kim*

요 약

얼굴검출 작업에서 다양한 형태를 가지는 후보영역을 검사하기 위한 기하학적 연산과정이 수반된다. 본 논문에서는 컬러영상에서 색도 분포 특성을 이용함으로써 얼굴가림과 방향에 영향을 받지 않고 얼굴 유효특징점을 검출할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 얼굴의 특징점 주변에서 Cb와 Cr이 일관적인 색도차를 가진다는 점에 착안한 것으로써, 기본 색도차 영상인 Eye맵 마스크에서 특징점을 효과적으로 강조시킬 수 있는 평균-그레이 모폴로지 연산을 수행한다. 실험을 통해, 제안한 방법이 가변적 형태의 후보영역에 대해서도 강인하게 얼굴의 유효특징점을 검출할 수 있음을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

In detecting human faces in color images, additional geometric computation is often necessary for validating the face-candidate regions having various forms. In this paper, we propose a method that detects the facial features using chrominance components of color which do not affected by face occlusion and orientation. The proposed algorithm uses the property that the Cb and Cr components have consistent differences around the facial features, especially eye-area. We designed the Mean-Gray Morphology operator to emphasize the feature areas in the eye-map image which generated by basic chrominance differences. Experimental results show that this method can detect the facial features under various face candidate regions effectively.

키워드

Facial feature detection, Face detection, Eye map, Gray morphology

1. 서 론

주어진 임의의 영상으로부터 얼굴의 존재여부를 판별하고 그 영역을 검출하는 작업은 얼굴인식 및 추적, 표정과 포즈인식을 위한 필수적인 전처리 기술일 뿐만 아니라 그 자체로도 영상검색, HCI, 감시 등 다양한 분야에 적용할 수 있는 기술이며, 얼굴검출은 위치, 크기, 방향, 표정과 두발상태는 물론 조명 등의 가변적 환경 제약을 극복해야 하는 문제를 해결할 수 있어야 하고, 그와 동시에 인식 속도에 있어서도 응용분야에 적합한 수준이 보장되어야 한다는 면을 가지고 있다[1, 2].

얼굴을 검출하는 방법은 크게 특징 기반 방법과 분류기반 방법으로 나눌 수 있다[3]. 특징기반의 방법은 얼굴특징을 찾아낸 후 그들의 공간적 관계를 이용하여 얼굴영역을 찾아내는 방법이며 눈, 코, 입술 등의 국부적 얼굴특징을 먼저 검출한 뒤 이들을 종합하여 얼굴을 검출하는 상향식 방법과 얼굴영역을 먼저 찾은 후에 국부적 특징들을 판별하는 하향식 방법으로 분류된다. 분류기반 방법은 주어진 영상에서 생성가능한 모든 부분영상을 얼굴과 비얼굴 범주로 분류해냄으로써 전체적으로 얼굴 영역의 존재여부를 판별하는 접근 방법으로 얼굴과 비얼굴에 대한 학습집합을 이용한 신경망 접근 방법과 통계학적 방법인 주성분 분석(PCA; principal component analysis) 방법이 있으며 다양한 크기를 가지는 얼굴영역의 존재를 설명하기 위해서 거친 해상도로부터 점차 섬세한 수준의 다중 해상도에서 동작한다.

신경망 기반의 접근 방법은 많은 양의 학습 예제를 필요로 할 뿐만 아니라 주 목적이 그레이 영상에서 정면 얼굴을 찾는 데 집중되어 왔으며, 주성분 분석방법은 정확하고 신뢰할 수 있는 결과를 얻을 수 있지만 계산량이 많고, 여러 가정들에 의존한다[3, 4]. G. Wei의 얼굴검출기 모듈[3]은 전형적인 하향식 방법의 특징기반 접근방법에 속하며 얼굴 후보 선택에서 제외된 영역을 다시 반복적으로 영역을 분할하는 과정(iterative region partitioning procedure)으로 복구하여 신뢰할 수 있는 얼굴영역이 확보되므로 국부적인 얼굴특징점에 대한 검증과정 없이 전체적인 특징점 분포가 18% 이상을 차지하면 얼굴영역으로 결정하고 있다.

본 논문에서는 얼굴검출의 전처리 작업으로 G. Wei의 접근 방법에서 반복 영역분할 과정에 소요되는 연산량을 줄이고 상대적으로 단순한 면적과 단선처리 과정과 눈 주변의 색도 정보를 이용하여 얼굴 방향과 크기 및 배경 복잡도에 무관한 얼굴특징점 검출 알고리즘을 제안한다. 작업 기준이 되는

색도정보는 얼굴의 유효특징점 중에서 가장 핵심적이라 할 수 있는 눈을 기본으로 하였다. 2장에서는 제안된 특징점 검출 알고리즘 과정을 정리하고, 3장에서는 실험을 통해서 제안된 방법에 대한 성능을 평가한다. 마지막으로 4장에서는 결론을 맺는다.

II. 눈 중심의 얼굴 특징점 검출

본 논문에서 제안하는 얼굴 특징점 검출시스템은 YCbCr 컬러공간에서 피부색조 클러스터로 분할된 작업영역을 대상으로 하며 이후의 모든 연산은 분할된 작업영역 내부에만 적용된다. 작업 영역에 대해서 CbCr 색도차로 Eye맵 마스크와 휘도성분의 Y 마스크를 구성한 후 마스크에서는 평균 그레이 모폴로지 연산 과정을 적용하여 눈영역을 강조한 후, 상위 그레이값을 좁은 영역으로 축소한 Y 마스크와 결합하여 얼굴 특징점을 검출한다. 그림 1에서 점선 사각형에 해당하는 부분이 눈영역 검출 알고리즘이다.

2.1 피부색조 영역 분할

피부컬러를 모델링하기 위해서는 먼저 적합한 컬러공간을 선택하여 피부컬러 클러스터를 판별해내야 한다. 본 논문에서는 YCbCr 공간을 선택하였다. YCbCr 컬러 공간은 휘도와 색도 정보를 분리시킬 수 있어서 피부컬러의 클러스터를 압축시켜준다는 점에서 얼굴검출 작업에 적합하다[3-5]. YCbCr 컬러공간은 ITU-601 표준으로 RGB 공간과의 변환은 식(1)과 같이 표현된다.

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.257 & 0.504 & 0.098 \\ -0.148 & -0.291 & 0.439 \\ 0.439 & -0.368 & -0.071 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

피부색조 영역의 분할은 Cb와 Cr을 대상으로 식(2)과 같이 수행하였다.

$$F(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } (100 \leq C_b \leq 140 \leq (140 \leq C_r \leq 170)) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

여기서 $F(x, y)$ 는 피부색조 컬러로 결정된 이진영상이며, 컬러 표본은 Sony DSC-F707 모델 디지털 카메라와 AnyCam PC카메라를 통하여 획득한 15명에 대한 30개 영상에서 피부색조 화소를 추출하여 통계량을 정하였다. 피부색조 클러스터로 분할된 영상은 이진 모폴로지 연산(opening & closing)을 통하여 잡음제거 효과와 함께 작은 홀들이 메워

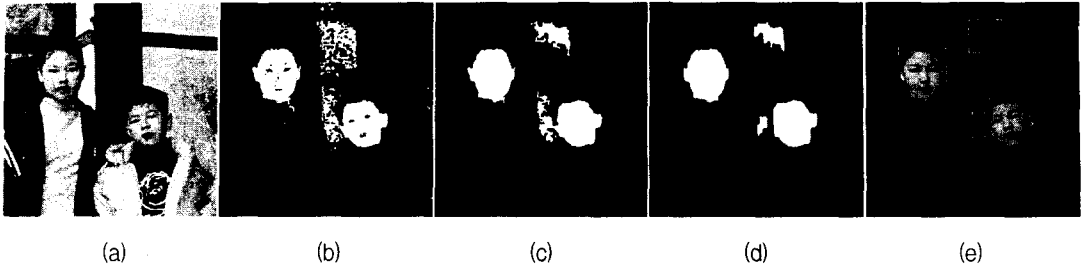


그림 2. 피부색조 영역 분할 과정
Fig. 2. The process of skin-tone area partitioning

지고 경계가 부드럽게 처리된다. 이진영상에 대한 영역필터링은 [3]의 반복 영역분할 과정을 피하고 상대적으로 연산과정이 단순한 단선필터링[4]을 수행하여 극단적으로 좁은 영역을 구획하였다. 이 과정을 거친 영상은 레이블링 연산을 통해 눈 검출 알고리즘의 입력대상인 작업영역으로 분류되며 이후의 모든 연산은 개별 작업영역 내부로만 한정된다. 그림 2는 작업영역을 구하는 과정을 보인 것으로 (a)는 입력 컬러영상, (b)는 YCbCr 컬러 공간에서 피부색조로 분할된 이진영상, (c)는 이진모폴로지 연산을 이용하여 잡음을 제거한 영상, (d)는 단선처리된 영상, (e)는 최종적인 작업영역의 구획을 결정한 상태를 보인 것이다. 본 논문에서는 최종적으로 분할되어진 (e)의 부분 영역들을 작업영역으로 정하였다.

2.2 Eye맵 마스크 생성

일반적으로 그레이 영상을 평활화 또는 이동시켜 문턱치 조절을 통해서 얼굴특징점을 얻거나[5] 후보영역의 일정 비율(18%)을 통해 특징점을 취하는[3] 방법은 눈, 코, 입과 같은 얼굴의 유효특징점 이외에도 임계치 이상의 밝기 차이를 보이는 부분을 동시에 노출되어 버린다. 본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 눈영역 주변에서 높은 Cb값과 상대적으로 낮은 Cr값을 가진다는 연구결과[6]를 응용하여, 눈영역의 색도 차이를 강조시키기 위하여 평균그레이 모폴로지 연산을 설계하여 Eye맵 마스크를 처리하였다. 그림 3은 작업영역에 대한 Cb, Cr영상 및 두 색도의 상대적인 비율을 정규화 시킨 마스크 영상[6]을 보인 것이다.

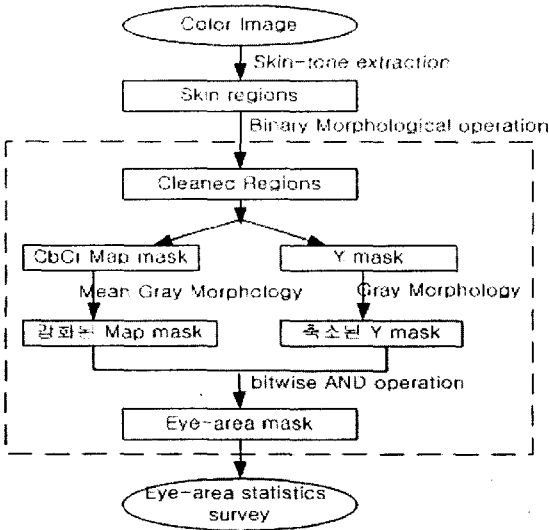


그림 1. Eye영역 검출 시스템 흐름도
Fig. 1. The flowchart of the eye detection system.

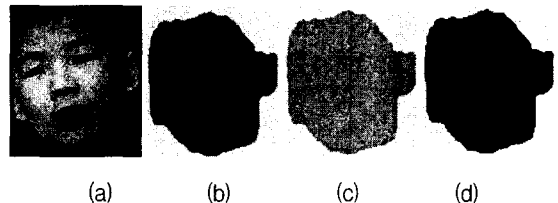


그림 3. Cb, Cr영상 및 초기 Eye맵 마스크
Fig. 3. The Cb, Cr images and the normalized Eye map mask

2.3 Mean-Gray 모폴로지 알고리즘

본 논문에서는 색도정보만을 이용하여 모폴로지 연산을 위한 구조요소(SE)를 구성하기 위하여 Cb와 Cr값을 [0, 1]범위로 정규화시켜 Eye맵 마스크를 생성한 후에 그림 3(d)의 마스크 영역에서 눈 주변에 분포된 색도의 분포를 조사하였다. 조사방법은 그림 4와 같이 마스크에서 눈 영역의 경계 주변을 3x3, 4x3, 5x3크기의 3개 격자(통계적으로 눈 영역은 가로로 긴 형태이므로 격자의 형태를 세로

방향으로 정하였다)를 선화하면서 각 격자 위치마다 눈 영역과 바탕에 대한 평균을 구하여 경계를 나누는 그레이값 표준편차를 구하였다.

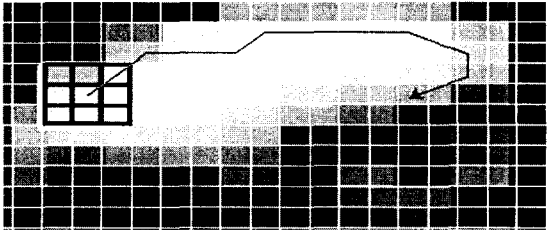


그림 4. 눈영역 주변의 표준편차 조사

Fig. 4. The survey of the standard deviation around the eye area

피부색조 화소를 취득한 표본 영상으로부터 눈 영역에 대한 표준편차를 조사한 결과, 5x3격자인 경우 눈영역과 바탕 영역에 대한 편차가 뚜렷하였으며 경계를 나누는 표준편차는 6.0으로 조사되었다. 이 결과를 모폴로지 연산에 반영하기 위해서 5x3격자에서 중앙의 열과 행에 해당하는 셀을 이용하여 구조요소를 구성한 후 식(3)의 연산과정을 적용시켰다.

$$F(x, y) = \begin{cases} (m \oplus b)(s, t) & , \text{if } \sigma_b^2 > \sigma_M^2 \\ \bar{M} & , \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

여기서 \bar{M} 과 σ_M^2 는 각각 작업영역의 평균과 분산을 나타내고, σ_b^2 는 작업영역 중 구조요소에 해당하는 화소의 분산을 나타낸다. \oplus 는 그레이 스케일 모폴로지 팽창 연산자[7]를 나타낸다.

$$(m \oplus b)(s, t) = \max_{\substack{(s-x), (t-y) \\ \in D_m; (x, y) \in D_b}} \{ m(s-x, t-y) + b(x, y) \} \quad (4)$$

즉, 작업영역에서 전체 표준편차를 초과하는 영역에 대해서는 평균-그레이 팽창연산을 적용시키고 평균이하의 영역은 초기 파라미터로 주어진 평균값을 유지시킨다. 그림 5는 다양한 마스크에 대해서 평균-그레이 모폴로지 연산을 적용시켜 눈 영역을 강조한 결과를 보이고 있다.



그림 5. Mean-Gray모폴로지 연산을 거친 마스크
Fig. 5. The modified mask result from Mean-Gray Morphology Operation.

눈 영역이 강조된 마스크 영상은 휘도성분의 영상 밝기를 문턱치 값으로 이진화시킨 영상에 비해 특징점이 상대적으로 적게 나타남을 알 수 있으며 특히 평균-그레이 모폴로지 연산 과정을 거친 눈 영역이 마름모 모양으로 확장되므로 특징점을 검증하기도 편리하도록 되어 있다(본 논문에서는 특징점에 대한 검증과정은 포함되지 않았으며, 알고리즘이 마킹한 결과를 그대로 보였다). 눈 영역이 강화된 마스크는 비얼굴 요소에서 생기는 부가적인 특징점을 줄이기 위해서 상위 10% 밝기가 255를 넘도록 평행이동시킨 후 그레이 침식과정을 통하여 밝기값이 축소된 휘도성분의 Y마스크와 비트 단위 AND 연산을 통해서 최종으로 남은 부분만을 취하였다. 그림 6은 축소된 Y이미지와의 조합을 통해 최종적으로 남은 영역의 무게중심을 마킹한 결과를 보이는 것이다. 무게중심은 식(5)와 (6)에서 구할 수 있다.

$$C_x = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x, \quad (x, y) \in Region \quad (5)$$

$$C_y = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} y, \quad (x, y) \in Region \quad (6)$$



그림 6. 눈영역 마킹
Fig. 6. Marking the eye area

III. 실험 및 고찰

본 실험은 얼굴검출의 전처리 단계로 눈영역의 색도정보를 이용하였으므로 눈영역과 유사한 색도를 가지는 눈썹과 코, 입을 얼굴의 유효특징점으로 포함시켰다. 평균-그레이 모폴로지 연산을 통해 마킹된 특징점의 유효성을 평가하기 위해서 실험실 내에서 촬영된 영상 75개, 킬러가 과도하게 편집되지 않은 인터넷상의 영상 10개, 앨범을 스캐닝한 영상 15개, 외부 촬영한 영상 25개를 대상으로 정면과 측면 얼굴 및 얼굴 일부를 가린 경우와 머릿결과 의상이 피부색과 유사한 경우를 포함시켰다. 다양한 크기의 125개 영상에 대해서 얼굴 영역이 147개, 비얼굴 영역이 172개로 분할되었다. 표 1은 얼굴영역(fetch)을 대상으로 두 눈영역을 정확하게 마킹하거나 눈을 포함하여 눈썹, 코, 입에 대한 마킹이 포함된 경우를 유효특징점 추출로, 유효특징점이 마킹되었지만 눈과 눈썹, 코, 입 이외의 부분을 마킹한 경우는 과다추출로 분류하여 정리한 것이다. 유효특징점이 검출되었지만 눈 영역을 검출하지 못한 경우는 실패로 처리하였다. 147개의 얼굴영역에서 정상적인 마킹이 이루어진 영역이 138개로써 93.8%의 검출율을 나타내었으며 실험실내에서 촬영된 1인 얼굴 영상에 대해서는 96%의 유효특징점 검출율을 나타내었다.

표 1. 실험 결과
Table 1. The result of the experiment

	얼굴 fetch	유효특징점 추출	과다추출
실험실영상	80	77	3
인터넷영상	14	12	1
앨범스캐닝	23	22	1
외부촬영	30	27	3
계	147	138	8

표 2는 제안된 알고리즘이 색도정보만을 이용함으로써 발생하게 되는 문제점으로 비얼굴 영역으로 분할되어진 작업영역임에도 불구하고 마킹이 이루어진 오류를 요약한 것이다. 제안된 알고리즘이 추출한 특징점에 대해서 평가함수 또는 기하학적인 관계 검증을 통한 필터링 과정이 필수적으로 존재해야 함을 알 수 있다. 그림 7의 대표적인 오류 예를 보면 피부컬러와 유사한 마른 잔디밭의 나

뭇가지와 의상, 기둥에서 발생하였으며 마킹점이 대부분 1개 또는 선형의 군집형태를 띠고 있어서 특징점 검증 과정에 의해서 어렵지 않게 필터링이 가능할 것으로 예측된다. 현재의 실험에서는 특징점 필터링 과정은 포함되지 않았다.

그림 8은 눈영역을 정확하게 마킹한 예이다. (a)와 (b)는 정상 조명을 이용한 정면얼굴과 어두운 환경에서 얼굴 일부가 가려진 경우를 보인 것이다. 실험실에서 촬영된 영상의 대부분은 방향, 얼굴가림, 크기, 배경 등에 대한 변화에 전반적으로 신뢰할 수 있는 결과를 얻을 수 있었다. (c)와 (e)는 45도 방향의 얼굴과 기울어진 얼굴, 머릿결이 피부컬러와 동일한 넓은 범위에서에서 검출을, (f)는 앨범을 스캔한 영상에서 성공적인 검출이 이루어진 경우이다.

표 2. 비얼굴 영역에 마킹된 오류
Table 2. Detection rate at the non-facial fetches.

	비얼굴 fetch	마킹된 fetch
실험실영상	58	7
인터넷영상	20	4
앨범스캐닝	56	13
외부촬영	38	11
계	172	35

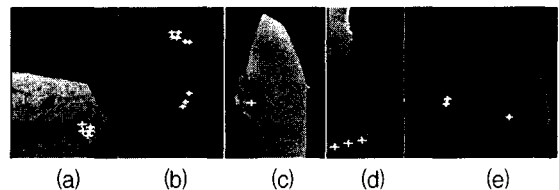


그림 7. 비얼굴 영역에서 마킹된 패턴
Fig. 7. The marking pattern at a non-facial fetch.

그림 9는 눈과 함께 눈썹, 코, 입의 유효특징점이 검출된 경우로 하나의 영상에 2인 이상의 얼굴이 포함될수록 눈 영역뿐만 아니라 유효특징점이 동시에 검출되는 비율이 증가되는 것으로 조사되었다.

IV. 결론

본 논문에서는 얼굴검출 작업의 전처리 작업으로써, 눈 주변 화소의 Cb와 Cr값이 일관된 분포를

가진다는 점에 착안하여 얼굴영역의 크기와 방향, 복잡한 배경에 무관하게 눈영역을 강조할 수 있는 평균-그레이 모폴로지 연산자 구성 방법을 제안하였다. 피부색조 클러스터로 분할된 작업영역을 제안한 알고리즘에 적용하여 색도차를 강조한 마스크와 축소한 Y마스크를 AND시켜 마킹된 특징점을 조사하였다.



그림 9. 유효특징점을 검출한 예
Fig. 9. The result of facial-feature detection.

실험실 내 1인 영상에 대해서는 96%의 특징점 검출율을 얻었으며, 다양한 영상에 대해서도 93.8%의 양호한 검출을 얻을 수 있었다. 또한 얼굴의 방향과 크기에 영향을 받지 않으면서 유사한 색도차를 갖는 눈썹과 코, 입 등의 핵심적 얼굴 유효특징점까지 검출되는 부가효과를 얻을 수 있었다. 한편 비얼굴 영역임에도 불구하고 유효특징점으로 마킹되는 오류도 일부 발견되어 향후 효과적인 얼굴검출 작업으로 이어지기 위한 피부색조 클러스터링 개선 방안과 검출된 특징점 간의 관계검증을 통한 영역 필터링에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

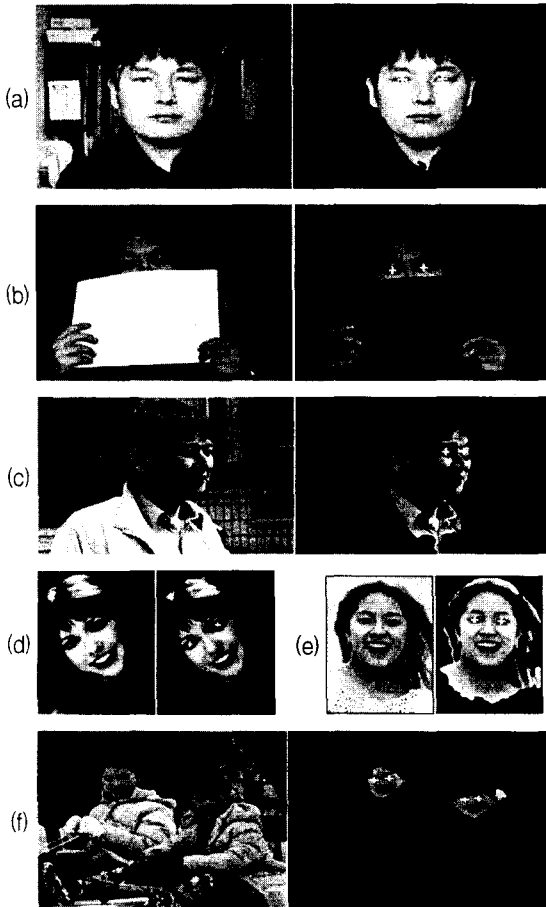


그림 8. 눈(eye)영역 검출 예
Fig. 8. The result of eye-area detection.



참고문헌

- [1] 유명현, 박정선, 이상용, 최형철, 이성환, "얼굴 기반 생체인식 기술의 현황과 전망", 정보과학회지 제19권 7호, pp.22-31, 2001.
- [2] M.-H Yang and N. Ahuja, "Face Detection and Gesture Recognition for Human-Computer Interaction", KAP, pp. 7-14, 2001.
- [3] G. Wei and I.K. Sethi, "Face detection for image annotation", Pattern Recognition Letters, vol. 20, pp.1313-1321, 1999.
- [4] 김영길, 한재혁, 안재형, "컬러 정지 영상에서 색상과 모양 정보를 이용한 얼굴 영역 검출", 멀티미디어학회 논문지, 제4권 제1호, pp. 67-73, 2001.
- [5] 김영일, 이웅주, "얼굴피부색, 얼굴특징벡터 및 안면각 정보를 이용한 실시간 자동얼굴검출 및 인식시스템", 정보처리학회논문지 B, 제 9-B권 제 4호, pp.491-500, 2002.
- [6] R.-L. Hsu, M. Abdel-Mottaleb, and A.K. Jain, "Face Detection in Color Images," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine intelligence, vol. 24, no. 5, pp. 696-706, May, 2002.
- [7] R. C. Gonzalez, "Digital Image Processing,

2nd", Prentice Hall, pp. 550-560, 2002.

저자소개

강영도(Young-Do Kang)



1989년 2월 제주대학교 정보공학과(공학사)
1998년 8월 조선대학교 교육대학원 전자계산전공(교육학석사)
2003년 2월 제주대학교 공과대학 정보공학과 박사과정 수료

※관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 비전

양창우(Chang-Woo Yang)



1983년 2월 경남대학교 전자계산학과 졸업(공학사)
1987년 경남대학교 대학원 전자계산학과(공학석사)
1993년 2월-현재 제주산업정보대학 컴퓨터정보계열 조교수

2000년 9월 - 현재 제주산업정보대학 종합정보지원센터 소장

※관심분야 : 영상처리, 멀티미디어 시스템



김장형(Jang-Hyung Kim)

1981년 2월 홍익대학교 정밀기계공학과(공학사)

1983년 2월 연세대학교 대학원 기계공학과(공학석사)

1990년 8월 홍익대학교 대학원 기계공학과(공학박사)

1995년 2월-현재 제주대학교 통신컴퓨터공학부 교수

1998년 3월 - 2000년 5월 제주대학교 전자계산소장

1999년 - 현재 해양정보통신학회 정회원

※관심분야 : CAD/CAM, 멀티미디어, 인공지능