

---

# 헤어와 얼굴의 특징을 이용한 얼굴 검출

## Face Detection Using Features of Hair and Faces

---

이우람\*, 황동국\*, 이상주\*, 최동진\*, 박희정\*\*, 전병민\*  
충북대학교 컴퓨터공학과\*, 안동과학대학 컴퓨터정보과\*\*

Woo-Ram Lee(ninayosi@hanmail.net)\*, Dong-Guk Hwang(dkh@kebi.com)\*  
Sang-Ju Lee(sangju77@korea.com)\*, Dong-Jin Choi(tobehuman@hotmail.com)\*  
Hee-Jung Park(hjpark@andong-c.ac.kr)\*\* Byoung-Min Jun(cubcc.chungbuk.ac.kr)\*

---

### 요약

본 논문에서는 영상내의 얼굴과 헤어의 컬러와 기하학적 특징을 이용하는 얼굴 검출 알고리즘을 제안한다. 컬러 특성을 이용하여 얼굴과 헤어의 후보영역을 검출 한 후, 이 영역들의 조도에 대한 편차를 이용하여 배경 영역을 제거한다. 그리고 얼굴과 헤어가 인접하는 기하학적 특징을 이용하여 여러 후보영역 중 실제 얼굴영역을 검출한다. 제안한 알고리즘 성능은 실험 영상에 대한 얼굴의 검출률 실험을 통하여 평가 되었으며, 실험결과 높은 검출률을 보였다.

■ 중심어 : | 얼굴 검출 | 얼굴 | 헤어 |

### Abstract

In this paper, we present a face detection algorithm which uses the features of color and Geometry of faces and hairs appeared in images. after candidate area detection using color features, background areas are removed by the deviation of luminance in each of candidate areas. And then, final face area is detected using feature of geometry between face and hair. Performance of the presented algorithm is evaluated by detection rate test. The test result showed high detection rate.

■ Keyword : | Face Detection | Face | Hair |

---

## 1. 서론

얼굴 검출은 영상 내에 존재하는 얼굴영역을 찾아내는 작업이다[1][2]. 얼굴영역은 표정의 변화, 빛의 조건, 카메라의 각도 등, 수많은 조건에 의해 다른 형태와 컬러로 표현되기 때문에, 얼굴 검출 연구의 어려움이 존재한다[3]. 최근 몇 년 동안의 얼굴 검출 방법을 살펴보면,

우선 Brand J.D.는 피부 확률맵(skin probability map)을 사용하는 얼굴 검출 방법을 제안했고[4], De Dios, J.J.는 YCbCr 컬러공간보다 피부색이 가지는 범위를 효율적으로 표현할 수 있는 새로운 컬러공간인 YCgCr 공간을 이용하였다[5]. 그리고 Young-Bum Sun은 컬러 정보를 이용해 얼굴 후보 영역을 검출한 후, 후보 영역의 크기나 가로 세로 길이 등의 특징점

(Feature)을 이용하는 방법을 제안하였다[6]. 그러나 De Dios, J.J가 사용한 방법은 컬러 정보만을 가지고 얼굴 검출을 수행하기 때문에, 배경에 얼굴색의 영역이 존재하면 얼굴로 검출하는 문제점이 발생한다. 그리고 Young-Bum Sun이 제안한 방법에서 이용하는 얼굴 후보영역의 특징점은 동일 인물이라도 여러 조건에 의해 다른 형태로 나타날 수 있기 때문에 특징 추출에 어려움이 있을 수 있으며, 기울어진 얼굴이 있거나, 영상이 뒤집히거나 회전하게 되면 얼굴 검출이 불가능하다는 단점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해, 본 논문에서는 컬러 정보 뿐 아니라 영상 내에서의 얼굴과 헤어의 기하학적 특징도 함께 이용하는 얼굴영역 검출방법을 제안한다. 얼굴과 헤어영역이 가지는 컬러특징을 사용하여 얼굴 및 헤어 후보영역을 검출하고, 기하학적 특징을 이용하여 실제 얼굴 영역을 검출한다. 얼굴과 헤어의 기하학적 특성을 이용함으로써 얼굴과 유사한 배경영역이 존재하거나, 얼굴영역내의 특징점을 찾기 힘든 경우에도 얼굴 검출이 가능하다. 본 논문의 구성을 살펴보면, 2장에서는 얼굴 영역과 헤어 영역이 가지는 여러 특성에 대해 설명한다. 그리고 3장에서는 얼굴 후보영역과 헤어 후보영역의 검출과정을 설명하고, 실제 얼굴 영역을 찾기 위한 영역 분석방법에 대해 설명한다. 4장에서는 제안한 알고리즘의 성능을 평가하며, 마지막으로 5장에서는 결론과 향후 연구에 관해 기술한다.

## II. 얼굴 및 헤어 영역의 특징

본 논문에서 사용한 얼굴 및 헤어 영역의 특징은 컬러 특징과 기하학적 특징이다. 컬러 특징은 색상정보와 조도에 대한 표준 편차(standard deviation)정보이다. 피부색과 헤어색 영역의 결정은 YCbCr 컬러 공간의 Y성분을 제외한 Cb, Cr 성분의 특정범위를 사용하여 결정한다. 이 범위는 백여 개의 실험영상을 사용하여 영상들이 가지는 범위를 분석하여 결정되었다. [표 1]은 본 논문에서 사용한 Cb, Cr 성분 각각의 범위를 나타내며, 이를 이용해 얻은 얼굴과 헤어 영역이 [그림 1]에 나타나 있다.

표 1. 피부색과 헤어색의 Cb,Cr 범위

	Cb	Cr
얼굴 영역	100~125	123~134
헤어 영역	138~160	123~134



그림 1. 색상정보를 사용한 피부와 헤어색 영역

조도에 대한 표준 편차 정보는 얼굴 영역과 헤어영역이 가지는 입체적 특징에 기인한다. 사람의 얼굴영역은 눈, 코, 입과 같은 특징점으로 인한 굴곡이 존재하기 때문에 빛을 받게 되면 영역내의 조도 값의 편차가 일정 크기 이상으로 나타난다. 반면에 배경에 존재하는 단순한 피부색의 영역은 얼굴영역보다 조도 값의 편차가 작아 0에 가까우며, 반복되는 무늬(texture)를 가진 배경내의 피부색의 영역은 경우에는 조도 값의 편차가 크게 나타난다[7]. 이러한 조도 값의 편차특성을 사용하여 얼굴영역과 배경영역을 분리 할 수 있으며, 이는 헤어 영역에도 마찬가지로 적용된다. [표 2]는 얼굴, 헤어, 단순한 배경영역, 복잡한 배경영역이 가지는 조도의 표준편차 범위를 나타낸다. 이 범위는 백여 개의 실험영상에 존재하는 여러 영역들을 분석하여 결정되었다.

표 2. 얼굴, 헤어, 배경영역의 조도 편차 범위

	Cb
단순한 배경영역	0~3
얼굴 영역	4~40
헤어 영역	4~63
복잡한 배경영역	63 이상

식 (1), (2)는 4×4 영역 내의 평균과 표준 편차를 구하는 식을 보여준다.

$$m = \frac{1}{16} \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 D(i, j) \quad (1)$$

$$V = \sqrt{\frac{1}{16} \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 (D(i, j) - m)^2} \quad (2)$$

두 번째로 헤어 및 얼굴의 기하학적 특징은 얼굴과 헤어의 위치에 기인한다. 사람의 헤어는 얼굴영역 위쪽에 인접하여 존재하기 때문에, 두 영역의 교차영역을 포함하는 얼굴 후보영역을 실제 얼굴영역이라 간주 할 수 있다. 그러나 교차영역은 헤어스타일과 성별 등의 여러 가지 조건에 의해 달라지기 때문에 사람마다 다양한 형태를 가지게 되어, 얼굴 후보영역에 포함되어 있는 교차영역의 크기는 일정하지 않게 된다. 따라서 얼굴 후보영역이 얼굴로 분류되기 위해서는 해당 얼굴 후보영역에 포함되어 있는 교차영역이 해당 얼굴 후보영역의 일정 이상의 크기를 가지고 있어야 한다. 조도의 표준 편차 정보만으로는 일반적으로 노출된 신체부위와 얼굴을 구별할 수 없기 때문에 이러한 기하학적 특성을 사용한다.



그림 2. 헤어영역과 얼굴영역의 교차영역

### III. 제안한 알고리즘

Cb,Cr 값만을 사용하여 얼굴이나 헤어 후보영역을 생성할 경우, 배경에 존재하는 영역이 후보영역에 포함되는 문제가 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해 조도 값의 편차를 사용한다. 그 이후의 영역 관계분석 단계에서는 헤어, 얼굴 후보영역의 교차영역의 정보를 사용하여

최종 얼굴 영역을 추출한다. [그림 3]은 제안한 얼굴 검출 방법의 단계를 보여준다.

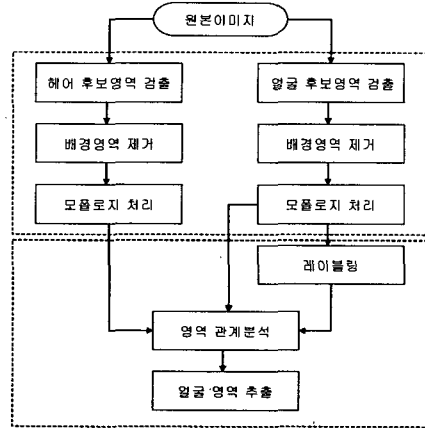


그림 3. 제안된 얼굴 검출 방법의 흐름도

#### 1. 얼굴 및 헤어 후보영역 검출

얼굴 후보영역 검출을 위해서 입력 이미지  $P(x, y)$ 를 YCbCr 컬러공간으로 변환 후에  $P(x, y)$ 의 각각의 픽셀에 대한 CbCr 공간상에서의 값인  $Cb(x, y)$ 와  $Cr(x, y)$ 가 2장에서 언급한 얼굴색의 범위 안에 존재하면, 해당 픽셀을 1로 그렇지 않을 경우에는 0의 값으로 할당하여, 결과 이진영상(binary image)  $T(x, y)$ 를 생성한다. 그러나  $T(x, y)$ 에는 실제 얼굴영역이 아닌 배경안의 얼굴색을 가지는 영역도 포함될 수 있다. 이런 배경영역을 제거하거나 크기를 줄이기 위해 2장에서 언급한 얼굴 후보영역과 배경영역내의 조도 값의 편차를 이용한다.  $T(x, y)$ 를 4×4영역으로 분할하고 각 영역 내의 편차  $x$ 가 1~50 사이의 값이 아닐 경우에는 그 4×4영역에는 0값을 할당하여 후보 영역에서 제거하여, 결과 이진영상  $D(x, y)$ 를 생성한다.  $T(x, y)$ 내의 각각의 4×4영역( $D(0, 0) \sim D(4, 4)$ )은  $D(x, y)$ 의 하나의 픽셀로 대응되기 때문에,  $D(x, y)$ 는  $T(x, y)$ 의 1/16 크기로 축소된다. 식(3)은  $D(x, y)$ 를 생성하는 식을 보여준다.

$$D(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } 1 < x < 50 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

그러나 실제 얼굴영역이 아닌 배경영역의 표준편차가 완벽히 1~50의 범위 밖이 아닐 수 있기 때문에  $D(x, y)$ 에서도 몇몇 배경영역들은 제거 되지 않고 남아 있을 수 있다. 이러한 영역들을 제거하기 위해  $D(x, y)$ 에 형태학적(morphology) 연산을 사용한다.  $D(x, y)$ 의 한 픽셀을 중심으로 하는  $3 \times 3$  영역의 9개의 픽셀 중 픽셀 값이 1인 픽셀의 개수  $N(D(x, y))$ 가 5 픽셀 이상일 경우에 결과 이미지  $M(x, y)$ 에 1의 값을 할당하고, 그렇지 않을 경우에는 0을 할당한다. 식 (4)는  $M(x, y)$ 를 생성하는 식을 나타낸다. 이후  $M(x, y)$ 의 후보영역들을 구별하고 크기 정보를 사용하기 위해 레이블링(Labeling)을 수행한다.

$$M(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } N(D(x, y)) > 5 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

헤어 후보영역 검출은 얼굴 후보영역을 검출과 같은 방법으로 수행된다. 2장에서 언급한 얼굴 후보영역과 다른 Cb, Cr의 임계범위와 조도의 표준편차를 사용하여 초기 헤어영역 후보를 검출하며, 그 이후의 과정은 얼굴 후보영역 검출과 동일한 방법을 사용하여 최종 헤어 후보영역 영상  $H(x, y)$ 를 얻는다. 하지만  $H(x, y)$ 에 대해서는 레이블링을 수행하지 않는다.

마지막 단계로 후에 있을 교차 영역 분석 작업에 사용될 얼굴영역과 헤어영역의 교차영역을 생성한다. 그러나 헤어영역과 얼굴영역은 다른 컬러분포를 가지고 있으므로 교차영역이 거의 존재하지 않는다. 그렇게 때문에 교차영역을 만들기 위해 얼굴 후보영역과 헤어 후보영역을 확장하는 과정이 필요하다.  $M(x, y)$ 의 한 점을 중심으로 하는  $3 \times 3$ 영역 9개의 픽셀 중 픽셀 값이 1인 픽셀의 개수  $N(M(x, y))$ 가 1 이상일 경우 1을, 그렇지 않을 경우에는 0을 할당하여, 최종 얼굴 후보  $F(x, y)$ 와 최종 헤어 후보영역  $H(x, y)$ 를 생성한다.

$$F(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } N(M(x, y)) > 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

얼굴 후보영역 검출의 각 단계의 결과를 [그림 3]에

도시하였다. (a)는 원본이미지를 나타내며, (b)는 Cb, Cr 범위를 사용해 검출된 얼굴영역 후보이다. (c)는 (b) 영상에서 조도 값의 편차를 사용하여 얻은 영상  $D(x, y)$ 를 나타내며, (d)는 형태학적 연산 후의 결과영상  $F(x, y)$ 이다. (e)는 헤어영역 후보영상  $H(x, y)$ 를 나타낸다.

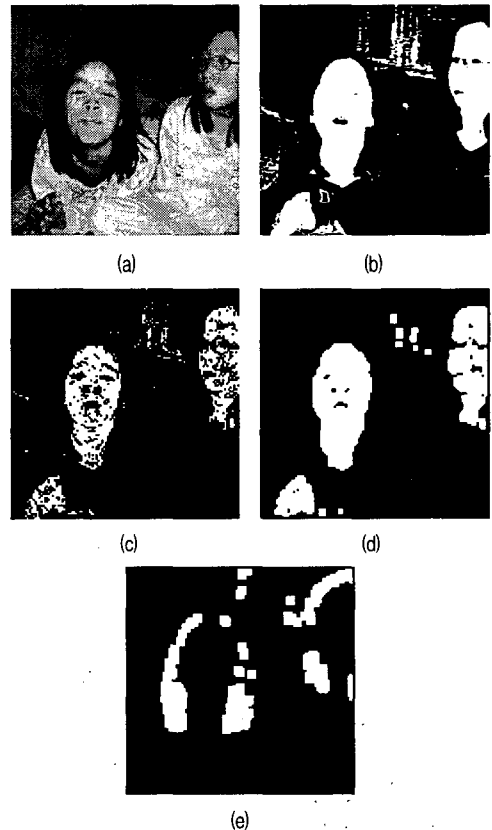


그림 4. 얼굴, 헤어후보영역 추출단계의 결과영상

## 2. 영역 관계 분석

영역 관계분석은 얼굴 영역과 헤어 영역, 그리고 두 영역의 교차영역을 분석하여 얼굴 후보영역 중에서 어느 영역이 실제 얼굴영역인지 판단하는 과정이다. 이 과정에서 사용되는 교차영상  $C(x, y)$ 는  $F(x, y)$ 와  $H(x, y)$ 의 AND연산으로 간단히 구할 수 있다. 이후에 2장에서 제시한 얼굴 영역과 헤어영역의 위치 정보를 이용하여 얼굴 영역을 검출한다.  $F(x, y)$ 의 각각의 후

보영역에 존재하는 교차영역의 넓이(CA)를 계산하고, 2장의 분석 결과에 따라 CA가 FA의 8% 이상의 크기를 가질 경우 해당 후보영역을 얼굴로 판별한다. [그림 4]의 (a)는 교차영상  $C(x, y)$ 를 나타내며, (b)는 얼굴로 판단한 후보영역을 나타낸다. (c)는 최종적으로 결정된 얼굴 영역이다.

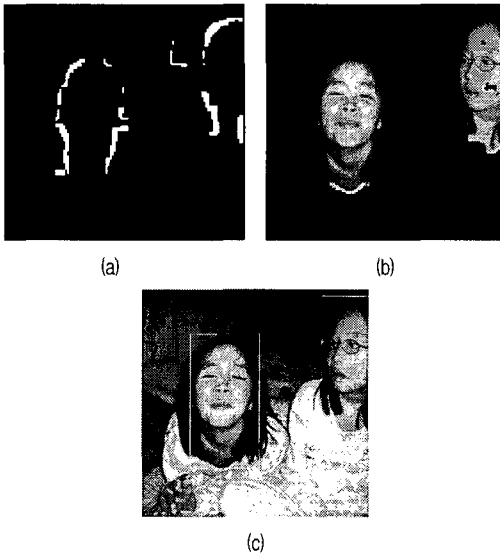


그림 5. 영역 관계 분석의 결과 영상

#### IV. 실험 및 결과 고찰

본 논문의 실험은 단순한 배경만을 가지거나, 인위적으로 조작된 영상이 아닌 80개의 일반 자연 영상을 대상으로 수행되었다. 제안한 알고리즘의 성능 평가요소로는 검출률과 오검출률을 사용했다. 검출률은 실험에 사용한 모든 이미지내의 전체 얼굴의 개수 중에서 몇 개의 얼굴을 찾았는가를 나타내며, 오검출률은 전체 얼굴의 개수 중에서 몇 개의 얼굴이 아닌 영역을 얼굴로 판단했는가를 나타낸다. 80개의 자연 영상 안에 존재하는 162개의 얼굴을 가지고 테스트 한 결과, 94.3%의 검출률과 13.1%의 오검출률을 보였다. 이는 [그림 6]에서 보는 것과 같이 동일한 평가 방법을 사용하는 다른 여러 얼굴 검출 알고리즘에서 제시한 성능과 비교했을 경우 검출율면에서 우수한 성능을 나타냈다. [그림 7]은

단일 또는 다수 인물 영상에 대한 결과를 나타낸다.

또한, 본 논문은 얼굴내의 특징점이나 컬러정보만을 이용하지 않고 얼굴과 헤어의 여러 특성을 이용하기 때문에 유사 배경이 존재하거나 기울어진 얼굴을 포함하는 영상에서도 얼굴 검출이 가능하다.

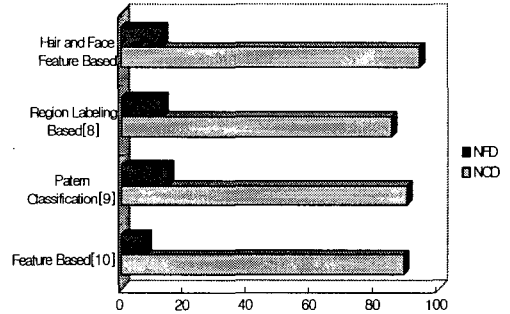


그림 6. 알고리즘들의 성능 비교



그림 7. 여러 인물 영상에 대한 실험 결과

[그림 8]은 이러한 여러 이미지들에 대한 실험 결과를 나타낸다. [그림 8]의(c)에서 배경영역에 존재하는 얼굴은 헤어 영역이 포함되어 있지 않기 때문에 유사 배경영역으로 간주하여 얼굴로 판단하지 않는다.

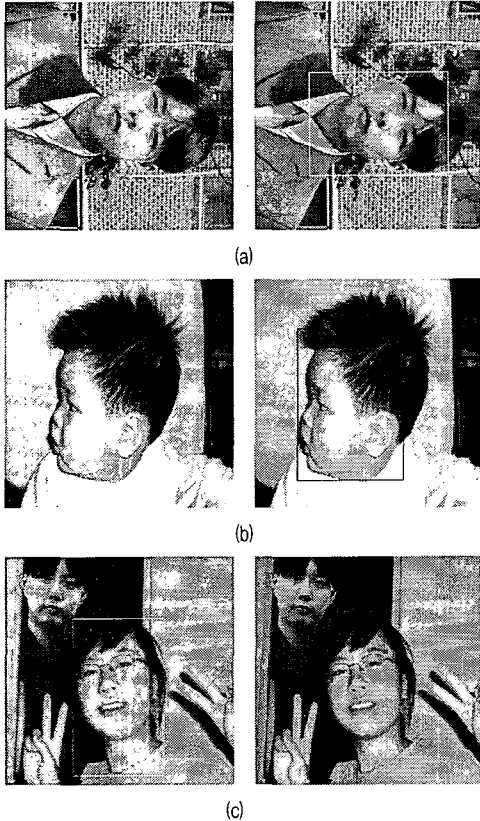


그림 8. 여러 영상에 대한 실험 결과

## V. 결론

본 논문에서는 얼굴과 헤어영역의 컬러 특징과 기하학적 특징을 이용하는 얼굴검출 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 컬러 특징만을 사용하지 않고 조도 값의 편차를 함께 사용함으로써, 빛에 의한 컬러 변화에도 얼굴 후보영역을 검출할 수 있다. 또한 영역간의 기하학적 특징을 사용해 실제 얼굴 영역을 찾기 때문에 복잡한 배경을 가지는 영상에서도 실제 얼굴영역을 찾을 수 있다. 또한 기울어지거나 뒤집힌 영상과 정면을 응시하지

않은 영상에서도 효율적인 검출이 가능하였다. 하지만 제한한 알고리즘에서는 헤어의 색을 검은색으로 한정하였고, 피부색을 동양인에 해당하는 컬러 분포를 사용하였기 때문에 좀 더 다양한 영상에 알고리즘을 적용하기 위하여 여러 인종에 따른 피부색과 헤어색 차이에 대한 연구가 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] R. L. Hsu, M., Jain, A.K., "Face detection in color images" Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, Vol.24, Issue:5, pp.696~706, 2002.
- [2] B. Z. Shaick, and L.Yaroslavsky, "Accelerating face detection by means of image segmentation" Video/Image Processing and Multimedia Communications, 2003. 4th EURASIP Conference focused on, Vol.1, 2-5 pp.411~416, 2003.
- [3] R. Xiao, M.J. Li, and H.J. Zhang, "Robust multipose face detection in images" Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on, Vol.14, Issue: 1, pp.31~41, 2004
- [4] J.D. Brand, and J.S.D. Mason, "Skin probability map and its use in face detection" Image Processing, 2001. Proceedings. 2001 International Conference on, Vol.1, 7-10 pp.1034~1037, 2001.
- [5] J.J. Dios, and N. Garcia, "Face Detection Based on a New Color Space YCgCr" Image Processing, 2003. Proceedings. 2003 International Conference on, Vol.3, 14-17 pp.III-909-12 Vol.2, 2003.
- [6] Y.B. Sun, J.T. Kim, and W.H. Lee, "Extraction of Face Objects Using Skin Color Information" Communications, Circuits and Systems and West Sino Expositions, IEEE 2002 International Conference on, Vol.1, 29 June-1 pp.600~604, 2002.
- [7] D. Chai, and K.N. Ngan, "Face Segmentation

using skin-color map in videophone applications" Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on, Vol.9, Issue: 4, pp.551~564, 1999.

- [8] A. Albiol, C.A. Bouman, and E.J. Delp, "Face detection for pseudo-semantic labeling in video database" Image Processing, 1999. ICIP 99. Proceedings. International Conference on, Vol.3, pp.607~611, 1999.
- [9] H. Jin, Q. Liu, and H. Lu, "Face detection using one-class-based support vectors" Automatic Face and Gesture Recognition, 2004. Proceedings. Sixth IEEE International Conference on, pp.457~462, 2004.
- [10] K.Wang, "Automatic face detection in images with complex background" Neural Networks and Signal Processing, 2003. Proceedings of the 2003 International Conference on, Vol.2, pp.1027~1030, 2003.

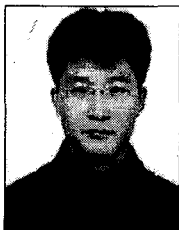
저자 소개

이 우 람(Woo-Ram Lee)                      준회원



- 2003년 2월 : 충북대학교 컴퓨터 공학과 졸업(공학사)
- 2005년 2월 : 충북대학교 컴퓨터 공학과 졸업(공학석사)
- <관심분야> : 얼굴 검출, 퍼지이론

황 동 국(Dong-Guk Hwang)                      정회원



- 1998년 2월 : 충북대학교 컴퓨터 공학과 졸업(공학사)
- 2000년 2월 : 충북대학교 컴퓨터 공학과 졸업(공학석사)
- 2003년 8월 : 충북대학교 컴퓨터 공학과 졸업(박사수료)

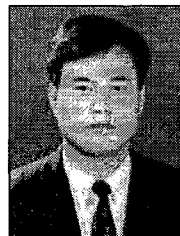
<관심분야> : 독순술, 2D, 객체인식, 컴퓨터 비전

이 상 주(Sang-Ju Lee)                      정회원



- 2003년 2월 : 대전대학교 정보시스템공학과 졸업(공학사)
- 2005년 2월 : 충북대학교 컴퓨터 공학과 졸업(공학석사)
- <관심분야> : 영상처리, 컴퓨터 비전

최 동 진(Dong-Jin Choi)                      준회원



- 2003년 2월 : 충북대학교 컴퓨터 공학과 졸업(공학사)
- 2005년 2월 : 충북대학교 컴퓨터 공학과 졸업(공학석사)
- <관심분야> : 워터마킹, 객체추적

박 희 정(Hee-Jung Park)                      정회원



- 1990년 2월 : 충북대학교 전산기학과 졸업(공학사)
- 1997년 2월 : 원광대학교 컴퓨터 공학과 졸업(공학석사)
- 2004년 8월 : 충북대학교 컴퓨터 공학과 졸업(공학박사)

- 1992년 3월~1997년 8월 : 백제예술대학 전산계장
- 1997년 9월~현재 : 안동과학대학 컴퓨터정보과 조교수
- <관심분야> : 영상처리, 컴퓨터그래픽스, 컴퓨터비전

전 병 민(Byoung-Min Jun)                      정회원



- 2003년 제3권 제2호 참조