

DIP 연산자를 이용한 컬러 스케치 영상 생성

소현주[†], 장익훈^{**}, 김지홍^{***}

요 약

본 논문에서는 DIP 연산자를 이용한 컬러 스케치 영상 생성 방법을 제안한다. 제안된 방법에서는 먼저 입력 RGB 컬러 영상을 HSV 컬러 영상으로 변환한 다음 밝기 성분인 V 성분 영상에 DIP 연산자를 적용하여 V 성분 스케치 영상을 추출한다. 추출된 V 성분 스케치 영상은 시각적 편의를 위하여 반전과 대비 신장 과정을 거친다. S 성분 영상은 출력 컬러 스케치 영상의 컬러가 입력 영상의 컬러와 같으면서 약간 진하게 나타나도록 향상 과정을 거친다. 이들 S 성분 및 V 성분 영상들은 원래의 H 성분 영상과 함께 RGB 컬러 영상으로 변환되어 출력 컬러 스케치 영상을 얻는다. 실험 결과 제안된 방법은 시험 영상에 대하여 원 영상의 컬러를 잘 살리면서 손으로 그린 스케치화와 유사한 컬러 스케치 영상을 생성함을 보여준다.

Generation of Color Sketch Images Using DIP Operator

Hyun-Joo So[†], Ick-Hoon Jang^{**}, Ji-Hong Kim^{***}

ABSTRACT

In this paper, we propose a method of generating color sketch images using the DIP operator. In the proposed method, an input RGB color image is first transformed into an HSV color image. A sketch image of the V component image is then extracted by applying the DIP operator to the V component image, which is the brightness component of the input image. For the visual convenience, the extracted sketch image of the V component image is next inverted and contrast-stretched. The S component image is also enhanced to deepen the color of output sketch image while maintaining its color. Finally, the V and S component images along with the original H component image are transformed into an output RGB color sketch image. Experimental results show that the proposed method yields output color sketch images similar to hand-drawn sketch pictures whose colors are the same as those of input color images.

Key words: sketch image(스케치 영상), valley(밸리), DIP operator(DIP 연산자), HSV color image(HSV 컬러 영상)

1. 서 론

최근에 휴대폰이나 디지털 카메라와 같은 휴대용 디지털 영상 획득 기기가 급속하게 보급됨에 따라 사람들은 디지털 영상을 획득할 기회를 많이 가지게 되었다. 이에 따라 획득된 영상뿐만 아니라 손으로 그린 것과 유사한 인물이나 자연이 담긴 스케치 영상

을 얻고자 하는 욕구도 증대하여 이를 생성할 수 있는 기법의 필요성이 증가하고 있다. 스케치 영상은 마치 손으로 그린 스케치화나 수채화 같은 느낌을 주는 영상으로 인간 시각 시스템에 민감한 특징(feature)으로 이루어진다. 이때 주로 사용되는 특징으로는 영상에서 물체의 경계 영역으로서 화소의 밝기가 급격히 변하는 에지, 주위 화소들에 비하여 밝

※ 교신저자(Corresponding Author) : 장익훈, 주소 : 경북 구미시 산동면 인덕리(730-739), 전화 : 054)479-1213, FAX : 054)479-1029, E-mail : ihjang@ikw.ac.kr

접수일 : 2009년 4월 27일, 완료일 : 2009년 6월 18일

[†] 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 계약교수

(E-mail : ufo24@vcl.knu.ac.kr)

^{**} 정회원, 경운대학교 디지털전자공학과 부교수

^{***} 정회원, 동의대학교 영상정보공학과 부교수

(E-mail : arim@deu.ac.kr)

기가 상대적으로 어두운 밸리(valley), 그리고 물체의 표면 특성과 관련된 질감(texture) 등이 있다. 이들 중에서 밸리는 인간 시각 시스템이 물체를 인식할 때 에지와 함께 사용되는 중요한 특징으로서 영상의 세밀한 부분을 표현한다[1]. 질감은 인간 시각 시스템에서 영상의 장면을 분석하는 데 유용한 특징으로서 패턴 분류나 영상 검색 등의 기법에 많이 사용된다[2]. 그러므로 스케치 영상은 실제로 획득된 일반 영상에 에지, 밸리, 질감 등의 특징을 잘 추출할 수 있는 연산자(operator)를 적용하여 얻는다.

DIP 연산자는 영상 내의 에지를 얇게 추출하면서 밸리와 질감을 잘 추출하는 것으로 알려져 있다[3]. 이 연산자는 특히 밝은 영역에 비하여 인간 시각 시스템이 더 민감한 어두운 영역에서의 밸리도 잘 추출하는 것으로 알려져 있다. 휴대폰이나 디지털 카메라 등으로 획득된 영상은 인위적으로 조명이 균일하게 조정된 스튜디오 내에서와는 달리, 조명이 불균일한 실내나 야외에서 획득된 경우가 많아서 영상의 밝기가 불균일한 경우가 많다. 따라서 DIP 연산자는 휴대폰이나 디지털 카메라로 획득한 불균일한 밝기의 영상에 적용하여 인간 시각 시스템의 특성을 잘 반영하는 스케치 영상의 생성에 적합하다고 할 수 있다.

DIP 연산자를 컬러 영상에 적용하여 출력 영상의 컬러가 입력 영상의 그것과 같은 스케치 영상을 얻고자 하는 경우, 사용하는 컬러 좌표계에 따라 그 결과가 다르게 나타난다. RGB 컬러로 얻어지는 영상의 컬러 처리에서 원 영상의 컬러로 유지하기 위해서는, 처리된 영상의 각 화소의 R, G, B 비율이 원 영상의 그것과 동일하면 된다. HSV 컬러 좌표계는 밝기 성분인 V 성분 영상만을 처리하고 색상 성분인 H 성분 영상과 채도 성분인 S 성분 영상은 원래대로 유지하면, 결과 영상의 컬러가 원 영상의 그것과 동일한 것으로 알려져 있다[4].

본 논문에서는 영상의 에지, 밸리, 질감을 잘 추출하는 DIP 연산자를 이용한 컬러 스케치 영상 생성 방법을 제안한다. 제안된 방법에서는 먼저 입력 RGB 컬러 영상을 HSV 컬러 영상으로 변환한 다음, 밝기 성분인 V 성분 영상에 DIP 연산자를 적용하여 V 성분 스케치 영상을 추출한다. 추출된 V 성분 스케치 영상은 시각적 편의를 위하여 반전과 대비 신장(contrast stretching) 과정을 거친다. S 성분 영상은 출력 컬러 스케치 영상의 컬러가 입력 영상의 컬러와

같으면서 시각적 편의를 고려하여 약간 진하게 나타나도록 하기 위하여 향상 과정을 거친다. 이어서 원래의 H 성분 영상과 이들 S 성분 및 V 성분 영상들과 함께 RGB 컬러 영상으로 변환하여 출력 컬러 스케치 영상을 얻는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 DIP 연산자를 설명하고 이를 영상에 적용한 예를 보이며, 제 3장에서는 새로운 컬러 스케치 영상 생성 기법을 제안한다. 제 4장에서는 제안된 기법을 이용한 호의 실험 결과를 기술하며, 제 5장의 결론으로 논문을 맺는다.

2. DIP 연산자

입력 영상 $f(x,y)$ 에 대한 DIP 연산자 출력 영상 $D(x,y)$ 는 다음과 같이 표현된다[3].

$$D(x,y) = \frac{\bar{f}(x,y)}{f(x,y)} - \frac{\bar{f}(x,y)}{f_M(x,y)} \quad (1)$$

여기서 $\bar{f}(x,y)$ 와 $f_M(x,y)$ 는 다음과 같이 입력 영상 $f(x,y)$ 에서 (x,y) 화소를 중심으로 하는 $M \times M$ 크기의 창(window) W 내에서의 밝기의 국부 평균값과 국부 최대값을 각각 나타낸다.

$$\bar{f}(x,y) = \frac{1}{M^2} \sum_{(x,y) \in W} f(x,y) \quad (2)$$

$$f_M(x,y) = \max_{(x,y) \in W} f(x,y) \quad (3)$$

(1)식에서 보면 화소 (x,y) 에서의 밝기 값 $f(x,y)$ 는 창 내에서의 국부 최대값 $f_M(x,y)$ 와 $f(x,y) \leq f_M(x,y)$ 의 관계를 가지므로 $1/f(x,y) - 1/f_M(x,y) \geq 0$ 이 되고, $f(x,y)$ 와 $f_M(x,y)$ 의 차이가 클수록 $1/f(x,y)$ 와 $1/f_M(x,y)$ 의 차이도 커진다. 밸리에서는 중심 화소의 값이 주변 화소들에 비하여 매우 작으므로 $1/f(x,y)$ 와 $1/f_M(x,y)$ 의 차이가 크게 나타나서 결과적으로 $D(x,y)$ 가 크게 나타난다. 또한 $1/f(x,y)$ 와 $1/f_M(x,y)$ 의 차이가 동일하더라도 창 내의 국부 평균값 $\bar{f}(x,y)$ 가 클수록 $D(x,y)$ 가 더 크게 나타난다.

그림 1에서는 1차원 신호에 대한 DIP 연산자의 에지와 밸리 추출 특성을 에지 추출 연산자로 많이 사용되는 Sobel 연산자[5]와 비교한다. 이를 위해 경사(ramp) 에지와 V 형태의 밸리가 존재하는 입력 신호

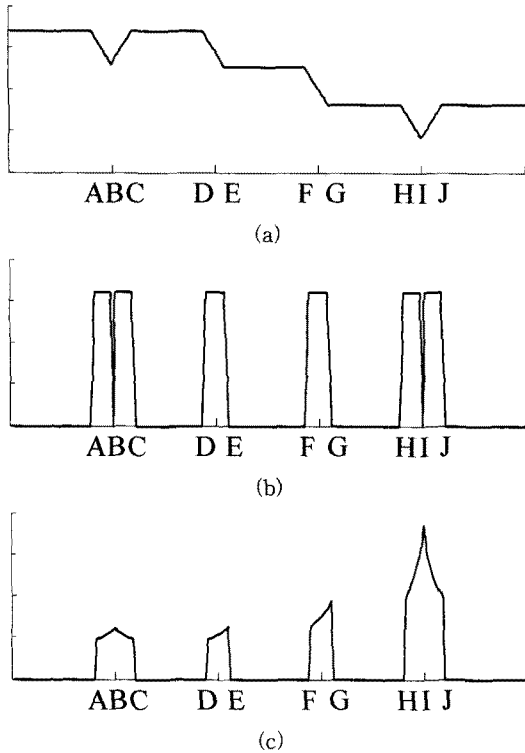


그림 1. 1차원 입력 신호와 연산자 출력 신호 (a) 입력 신호, (b) Sobel 연산자, (c) DIP 연산자

와 이 입력 신호에 대한 Sobel 연산자 출력 신호, DIP 연산자 출력 신호를 각각 보여준다. 여기서 Sobel 연산자와 DIP 연산자의 창 크기는 1×3 으로 사용하였다. 그림 1(a)의 입력 신호에서 보면 구간 (A,B), (B,C), (D,E), (F,G), (H,I), (I,J)에서는 경사(ramp) 에지가 존재하며, 구간 (A,C)와 (H,J)에서는 밸리가 존재한다는 것을 알 수 있다. 그림 1(b)의 Sobel 연산자 출력 신호를 보면 경사 에지가 잘 추출된다는 것을 알 수 있다. 그러나 에지가 다소 두껍게 추출되었고 밸리의 위치에 해당되는 B와 I 위치에서 결과 값이 거의 0으로 나타나서 밸리를 제대로 추출하지 못함을 알 수 있으며, 밝은 영역의 에지 구간인 (D,E) 구간과 어두운 영역의 에지 구간인 (F,G)가 거의 동일한 형태로 나타난다는 것을 알 수 있다. 그림 1(c)의 DIP 연산자 출력 신호에서 보면 B와 I 위치에서 밸리를 잘 추출한다는 것을 알 수 있다. 또한 밝은 영역 밸리 위치 B에서 추출된 밸리의 크기보다 어두운 영역 밸리 위치 I에서 추출된 밸리의 크기가 더 크게 나타나서 어두운 영역에서의 밸리에 민감한 인간 시

각 시스템의 특성을 잘 반영하고 있음을 알 수 있다.

그림 2에서는 Girl 영상에 대한 Sobel 연산자 출력 영상과 DIP 연산자 출력 영상을 보여준다. 여기서 Sobel 연산자와 DIP 연산자의 창 크기는 3×3 으로 하였으며, 그림 2(b)와 (c)의 영상은 에지와 밸리 추출의 시각적 확인이 용이하도록 하기 위하여 출력 영상을 반전하고 그 대비를 신장하여 얻었다. 그림 2(b)의 Sobel 연산자 출력 영상에서 보면 에지가 잘 추출되었음을 알 수 있다. 하지만 에지가 다소 두껍게 나타나며, 머리카락이나 눈동자와 같이 어두운 영역에서의 에지와 밸리, 그리고 질감이 잘 드러나지 않음을 알 수 있다. 그림 2(c)의 DIP 연산자 출력 영상에서 보면 밝은 영역에서의 에지와 밸리는 물론 어두운 영역에서의 에지와 밸리도 잘 추출한다는 것을 알 수 있다. 그리고 눈썹이나 입에서의 질감 정보도 잘 표현하고 에지를 얇게 추출하여 눈과 입사귀 등을 뚜렷하게 표현한다는 것을 확인할 수 있다. 그림 2의 결과로부터 DIP 연산자는 Sobel 연산자에 비하여 밝은 영역에서 뿐만 아니라 어두운 영역에서의 에지와 밸리를 잘 추출한다는 것을 알 수 있다. 그러므로 어두운 영역에서의 에지나 밸리에 민감한 인간 시각 시스템의 인지과정의 특성을 잘 반영하여 그 출력 영상을 스케치 영상으로 사용하기에 적합함을

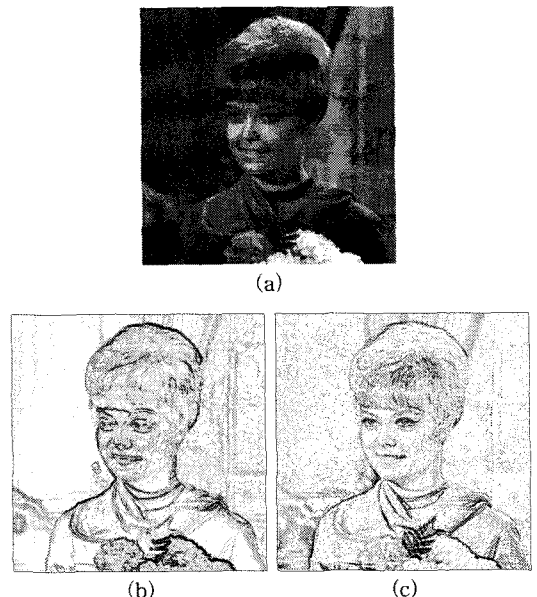


그림 2. Girl 영상과 연산자 출력 영상: (a) Girl 영상, (b) Sobel 연산자, (c) DIP 연산자

알 수 있다.

3. 제안된 컬러 스케치 영상 생성

그림 3은 제안된 컬러 스케치 영상 생성 방법의 블록도를 보여준다. 제안된 방법에서는 입력 영상의 컬러와 같은 컬러를 갖는 출력 스케치 영상을 얻기 위하여 먼저 RGB 입력 컬러 영상 $f_i(x,y)$, $i \in \{R, G, B\}$ 를 HSV 컬러 영상으로 변환[6]하여 HSV 입력 컬러 영상 $f_j(x,y)$, $j \in \{H, S, V\}$ 를 얻는다. HSV 컬러 영상의 경우 밝기 성분 영상인 V 성분 영상의 밝기 값이 변하더라도 컬러 성분 영상인 H 성분 영상과 S 성분 영상 $f_s(x,y)$ 가 원래대로 유지되면 다시 RGB 컬러 영상으로 변환하였을 때 R, G, B 성분 비율이 변하지 않아서 그 컬러가 입력 컬러 영상의 컬러와 같은 것으로 알려져 있다[4]. 그러므로 HSV 컬러 영상의 V 성분 영상에서 흑백 스케치 영상을 추출한 다음 다시 RGB 컬러 영상으로 변환하면 입력 영상과 같은 컬러를 갖는 컬러 스케치 영상을 얻을 수 있다.

RGB-HSV 컬러 변환에 이어서 밝기 성분 영상인 입력 V 성분 영상 $f_v(x,y)$ 에 (1)식으로 표현되는 DIP 연산자를 적용하여 V 성분 스케치 영상 $D_v(x,y)$ 를 추출한다. 그런 다음 그림 2의 DIP 연산자 출력 영상에서와 같이 시각적 용이를 위하여 추출된 V 성분 스케치 영상을 반전하고 그 대비를 신장한다. 스케치 영상의 반전과 대비 신장을 위하여 우선 스케치 영상 $D_v(x,y)$ 를 0~1 사이의 값들 갖도록 다음과 같이 정규화(normalization)하여 정규화된 스케치 영상 $d_v(x,y)$ 를 얻는다.

$$d_v(x,y) = \frac{D_v(x,y)}{\max_{(x,y)} D_v(x,y)} \quad (4)$$

반전과 대비가 신장된 스케치 영상 $g_v(x,y)$ 는 (4)식의 $d_v(x,y)$ 에 영상의 밝기 향상에 많이 사용되는 지수를 $\beta(\beta \leq 1)$ 로 하는 지수 함수[5]를 적용한 결과 영상 $d_v^\beta(x,y)$ 의 차영상 $1 - d_v^\beta(x,y)$ 에 입력 V 성분 영상 $f_v(x,y)$ 에 지수를 $\alpha(\alpha \leq 1)$ 로 하는 지수 함수를 적용한 결과 영상 $f_v^\alpha(x,y)$ 를 곱하여 얻으며, 다음과 같이 표현된다.

$$g_v(x,y) = \{1 - d_v^\beta(x,y)\} \cdot f_v^\alpha(x,y) \quad (5)$$

(5)식의 반전과 대비가 신장된 스케치 영상 $g_v(x,y)$ 는 H 성분 영상 $g_H(x,y)$ 와 S 성분 영상 $g_S(x,y)$ 와 함께 RGB 컬러 영상으로 다시 변환되어 출력 컬러 스케치 영상 $g_i(x,y)$, $i \in \{R, G, B\}$ 를 얻는다. 본 논문에서는 출력 컬러 스케치 영상의 색상은 유지하면서 채도는 보다 진하게 하기 위하여 H 성분 영상은 원래대로 유지하고($g_H(x,y) = f_H(x,y)$), S 성분 영상 $f_S(x,y)$ 는 다음과 같이 지수를 $\gamma(\gamma \geq 1)$ 로 하는 지수 함수를 적용하여 채도를 향상한다.

$$g_S(x,y) = f_S^\gamma(x,y) \quad (6)$$

그림 4는 휴대폰으로 획득한 시험 영상 1과 V 성분 영상에 DIP 연산자를 적용하여 얻은 흑백 스케치 영상, 그리고 제안된 컬러 스케치 영상 생성 방법으로 얻은 컬러 스케치 영상을 보여준다. 그림 4(a)의 시험 영상 1에서 보면 영상이 전반적으로 어두우며 조명이 불균일하여 스케치 영상을 생성하기에 열악하다는 것을 알 수 있다. 그림 4(b)의 흑백 스케치 영상에서 보면 열악한 조건 하에서도 머리 카락, 얼굴의 각 부분, 옷의 윤곽이 뚜렷하게 추출되었음을 알 수 있다. 그림 4(c)의 컬러 스케치 영상에서 보면 윤곽이 뚜렷하게 추출된 흑백 영상에 원

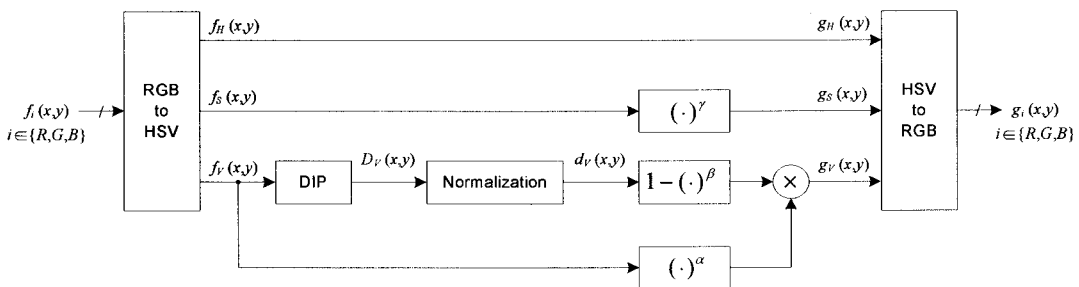
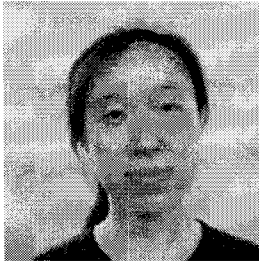


그림 3. 제안된 컬러 스케치 영상 생성의 블록도



(a)



(b)

(c)

그림 4. 시험 영상 1과 스케치 영상들: (a) 시험 영상, (b) 흑백 스케치 영상, (c) 컬러 스케치 영상

래 영상의 컬러가 가미되면서 S 성분의 향상으로 약간 진하게 나타나서 마치 손으로 스케치한 듯이 보이면서 얼굴의 특징을 잘 살리고 있다는 것을 알 수 있다.

4. 실험 결과 및 고찰

제안된 컬러 영상 생성 방법의 성능을 살펴보기 위하여 5개의 컬러 영상을 시험 영상으로 하여 컬러 스케치 영상을 생성하였다. 그림 5는 휴대폰으로 획득한 시험 영상 2와 컬러 스케치 영상을 보여준다. 그림 5(b)의 컬러 스케치 영상에서 보면 그림 4(c)의

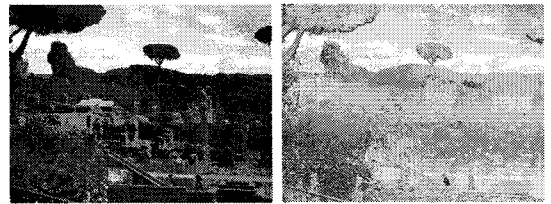


(a)

(b)

그림 5. 시험 영상 2와 컬러 스케치 영상: (a) 시험 영상, (b) 컬러 스케치 영상

결과에서와 같이 얼굴의 특징을 잘 살리면서 손으로 스케치한 것처럼 보인다는 것을 알 수 있다. 그림 6은 디지털 카메라로 획득한 시험 영상 3~5와 컬러 스케치 영상들을 보여준다. 이들 컬러 스케치 영상에서 보면 제안된 방법은 원 영상의 특징들과 컬러를 잘 살리면서도 손으로 그린 듯한 자연스러운 느낌을 준다는 것을 알 수 있다. 그림 7은 NASA 홈페이지[7]에서 다운받은 시험 영상과 컬러 스케치 영상을 보여준다. 그림 7(b)의 스케치 영상에서 보면 역시 원 영상의 특징들과 컬러를 잘 살리면서 손으로 스케치한 것과 같은 느낌을 준다는 것을 알 수 있다.



(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

(f)

그림 6. 시험 영상 3~5와 컬러 스케치 영상: (a), (c), (e) 시험 영상, (b), (d), (f) 컬러 스케치 영상



(a)

(b)

그림 7. 시험 영상 6과 컬러 스케치 영상: (a) 시험 영상, (b) 컬러 스케치 영상

5. 결 론

본 논문에서는 DIP 연산자를 이용하여 컬러 스케치 영상을 생성하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법에서는 먼저 입력 RGB 컬러 영상을 HSV 컬러 영상으로 변환한 다음, 밝기 성분인 V 성분 영상에 DIP 연산자를 적용하여 V 성분 스케치 영상을 추출한다. 이어서 추출된 V 성분 스케치 영상은 시각적 편의를 위하여 지수 함수를 이용한 반전과 대비 신장 과정을 거친다. S 성분 영상은 출력 컬러 스케치 영상의 컬러가 입력 영상의 컬러와 같으면서 약간 진하게 나타나도록 하기 위하여 지수 함수를 이용한 향상 과정을 거친다. 마지막으로 원래의 H 성분 영상과 이들 S 성분 및 V 성분 영상들을 RGB 컬러 영상으로 변환하여 출력 컬러 스케치 영상을 얻는다. 실험 결과 제안된 방법은 시험 영상에 대하여 원 영상의 컬러를 잘 살리면서 에지, 벨리, 질감 등의 영상 특징이 잘 추출된 스케치 영상을 생성함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] M. Kunt, A. Ikonopoulou, and M. Kocher, "Second-generation image coding techniques," *Proc. IEEE*, Vol.73, No.4, pp. 549-574, Apr. 1985.
- [2] A. K. Jain, *Fundamentals of Digital Image Processing*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1989.
- [3] Y. J. Ryoo and N. C. Kim, "Valley operator for extracting sketch features: DIP," *Electronics Letters*, Vol.24, No.8, pp. 461-463, Apr. 1988.
- [4] R. Kimmel, M. Elad, D. Shaked, R. Keshet, and I. Sobel, "A variational framework for retinex," *Int. J. Comput. Vis.*, Vol.52, No.1, pp. 7-23, Jan. 2003.
- [5] W. K. Pratt, *Digital Image Processing*, Wiley, 1991.
- [6] M. Ebner, *Color Constancy*, Wiley, 2007.
- [7] [Online]. Available: <http://dragon.larc.nasa.org/retinex/pao/news/>

소 현 주

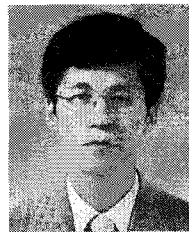


1997년 경북대학교 전자공학과
학사
1999년 경북대학교 대학원 전자
공학과 석사
2004년 경북대학교 대학원 전자
공학과 박사
2004년~2005년 LG전자 선임연
구원

2006년~2008년 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 박사
후과정

2008년~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 계약교수
관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전

장 익 훈



1986년 경북대학교 전자공학과
학사
1988년 경북대학교 대학원 전자
공학과 석사
1998년 경북대학교 대학원 전자
공학과 박사
1988년~1994년 국방과학연구소
연구원

1998년~현재 경운대학교 디지털전자공학과 부교수
관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전

김 지 흥



1986년 경북대학교 전자공학과
학사
1988년 경북대학교 대학원 전자
공학과 석사
1996년 포항공과대학교 대학원
전자전기공학과 박사
1988년~1996년 한국전자통신연
구원 선임연구원

1997년~2001년 부산외국어대학교 컴퓨터공학과 조교수
2008년 미국 조지아공대 방문교수
2002년~현재 동의대학교 영상정보공학과 부교수
관심분야 : 영상처리, 컴퓨터그래픽스, 컴퓨터비전