특집논문 (Special Paper)

방송공학회논문지 제18권 제4호, 2013년 7월 (JBE Vol. 18, No. 4, July 2013)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2013.18.4.550>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

원적외선 영상의 열 정보를 고려한 가시광 영상 개선 방법

김 선 겐^{a)}, 강 행 봉^{a)†}

Visible Image Enhancement Method Considering Thermal Information from Infrared Image

Seonkeol Kim^{a)} and Hang-Bong Kang^{a)†}

요 약

가시광 영상과 원적외선 영상은 각각 질감 정보와 열 정보를 가지므로 서로 다른 정보를 표현한다. 그러므로 가시광 영상 개선을 위해 가시광 영상의 정보만을 이용하는 것보다 가시광 영상에서 존재하지 않는 원적외선 영상의 열 정보를 이용하는 것이 보다 좋은 결과를 얻을 수 있다. 본 논문에서는 원적외선 영상을 이용한 효과적인 가시광 영상 개선을 위해 가시광 영상에서 개선이 필요한 정도에 따라 가중치 맵을 만든다. 가중치 맵은 채도와 밝기를 이용하여 계산하며 원적외선 영상에서 열 정보를 고려하여 값을 조정한다. 마지막으로 조정된 가중치 맵을 이용하여 원적외선 영상의 정보와 가시광 영상의 정보를 융합함으로써 두 영상의 정보를 효과적으로 포함한 결과 영상을 생성한다. 실험결과에서는 가시광 영상에서 개선이 필요한 영역을 원적외선 영상 정보와의 융합으로 원본의 가시광 영상보다 향상된 결과를 보여준다.

Abstract

The infrared and visible images are represented by different information due to the different wavelength of the light. The infrared image has thermal information and the visible image has texture information. Desirable results are obtained by fusing infrared and visible information. To enhance a visible image, we extract a weight map from a visible image using saturation, brightness. After that, the weight map is adjusted using thermal information in the infrared image. Finally, an enhanced image is resulted from combining an infrared image and a visible image. Our experiment results show that our proposed algorithm is working well to enhance the smoke in the original image.

Keyword : smoke, enhancement, infrared image, fusion, multi-sensor

a) 가톨릭대학교 디지털미디어학부(Dept. of Digital Media, Catholic University)

† Corresponding Author : 강행봉(Hang-Bong Kang)

E-mail: hbkang@catholic.ac.kr

Tel: +82-2-2164-4735

※ 본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소의 지원(계약번호:UD1000011D)으로 이루어 졌습니다.

※ 이 논문의 연구결과 중 일부는 'IPIU 2013'에서 발표한 바 있음.

· Manuscript received May 13, 2013 Revised July 11, 2013 Accepted July 22, 2013

1. 서 론

최근 들어 모바일 카메라나 카메라의 많은 발전으로 영상의 품질이 향상되고 있다. 이에 따라 관련된 영상 처리 기술도 많은 발전이 이루어졌다. 그리고 사람들의 영상에 대한 관심이 많아지면서 영상 품질 개선은 필수적인 요소가 되었다.

영상 품질 개선 방법에는 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 첫 번째 방법은 대상 영상만을 이용하여 영상을 개선하는 방법이고, 두 번째 방법은 대상 영상과 그 외 다른 정보를 더 이용하여 개선하는 방법이다. 대상 영상만을 이용하여 개선하는 방법은 다른 영상을 이용하지 않아 개선하는데 필요한 조건이 적다는 장점이 있지만 주어진 정보의 한계 때문에 많은 개선은 힘들다는 단점이 있다. 그러므로 본 논문에서는 대상 영상과 원적외선 영상의 열 정보를 이용하여 개선하는 방법을 사용한다.

원적외선 영상(Infrared image)은 가시광 영상과 매우 상이한 파장(Wavelength)을 가지기 때문에 표현되는 영상의 정보가 서로 다르다. 가시광의 파장은 약 $0.4\sim0.7\mu\text{m}$ 의 영역을 가지며, 원적외선의 파장은 약 $4\sim12\mu\text{m}$ 을 가진다. 이러한 파장의 차이로 가시광 영상은 물체의 질감 정보를 영상으로 획득하는 반면에, 원적외선 영상은 물체의 열 정보를 영상으로 획득한다. [그림 1]은 동일한 장소를 촬영하여 획득한 가시광 영상과 원적외선 영상의 예를 보인 것이다. 원적

외선은 빛의 파장이 가시광선에 비해 약 10배 이상 길어 멀리까지 나아갈 수 있다. 이와 같은 이유로 가시광 영상 [그림 1-a]의 연기로 가려진 건물들을 원적외선 영상 [그림 1-b]의 동일한 위치에서 확인할 수 있거나 밤에도 물체들을 확인할 수 있다. 그러므로 가시광 영상에서는 획득할 수 없는 정보들을 원적외선 영상의 정보를 이용하여 개선한다면 많은 정보를 포함하는 영상을 생성할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 원적외선 영상 정보를 이용하여 가시광 영상의 품질을 개선하는 방법을 제안한다. 먼저 가시광 영상에서 개선이 필요한 영역들을 영상의 채도와 밝기를 이용하여 검출한다. 채도는 색의 선명도를 의미하기 때문에 채도가 낮은 영역은 선명도가 낮은 영역이고, 선명도가 낮은 영역은 사람이 식별하기 어려운 영역이다. 그러므로 채도가 낮은 영역은 사람이 식별하기 어려운 영역이기 때문에 정보를 더 필요로 하는 영역이다. 본 논문에서는 정보를 더 필요로 하는 영역에 가중치를 더 할당하는 가중치 맵을 이용하여 영상을 개선한다.

영상 간 융합 또는 개선을 위해 많이 사용하는 방법 중에는 영상을 웨이블릿(Wavelet)이나 푸리에 변형(Fourier transform)과 같은 방법들로 분해(Decomposition)한 후, 각 위치에서의 최댓값을 찾거나(Maximum selection method)^[1] 상관 관계(Correlation)를 이용하여 가중치 합하는 방법(Weighted Average)^[2] 등이 있다. 이와 같은 방법들은 동일한 센서로부터 얻은 영상들을 융합할 경우에는 적합하지

그림 1. (a) 가시광 영상 (b) 원적외선 영상 -(imagefusion.org)
Fig. 1. (a) Visible image (b) Infrared image -(imagefusion.org)

만, 본 논문에서와 같이 원적외선 영상과 가시광 영상 사이의 융합에는 표현되는 영상의 정보가 다르기 때문에 적합하지 않다. 예를 들면, [그림 1-a]와 [그림 1-b]의 구름 영역은 동일한 위치에 있는 밝기 값이지만 표현하는 정보의 차이로 인해 밝기 값이 크게 다르다. 밝기 값에서 큰 차이를 보이는 두 영상을 기존의 [1],[2]와 같은 방법으로 융합한다면 결과 영상에서의 밝기 값들이 크게 변형되어 [그림 7]과 같은 얼룩이 생기는 문제점들이 존재한다. 그러므로 원적외선 영상을 전체적으로 사용하는 기존의 방법들은 가시광 영상과 원적외선 영상을 융합하는데 적절하지 않다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 원적외선 영상에서 열 정보를 고려한다. 대부분의 경우에서 필요한 영역에 대응하는 열 정보를 가져오면 좋은 결과를 얻을 수 있지만, 개선이 필요한 영역에 대응하는 원적외선의 열 정보가 부족하다면 좋은 결과를 얻지 못한다. 그러므로 본 논문에서는 열 정보가 부족하거나 값을 가져오기 적절하지 못한 값들의 가중치를 낮추는 방법을 제안한다.

본 논문의 2장에서는 영상 개선에 관련된 기존 연구들을 소개하고, 3장에서는 가시광 영상에서 개선이 필요한 영역을 검출하는 방법을 설명한다. 그리고 4장에서는 열 정보를 고려한 영상 개선 방법을 설명한다. 5장은 제안한 결과의 우수성을 설명하며 마지막으로 6장에서는 결론을 짓는다.

II. 관련 연구(related work).

기존에 제안된 영상개선 방법들은 크기 두 가지로 분류할 수 있다. 첫 번째 분류는 대상 영상의 정보만을 이용하여 영상 개선하는 방법이다. 예를 들어, 안개를 제거하는 기법과 다양한 노출량을 이용해서 HDR 영상을 구성하는 방법 등과 같은 여러 방법이 제안되었다. 안개는 영상의 명암차(Contrast)의 손실을 유발시키고 이것은 멀리 떨어진 물체의 블러링(Blurring)을 생성시킨다. 그러므로 안개를 제거하는 가장 간단한 방법은 명암차의 손실을 복원하는 것이다. 영상의 안개를 제거하기 위한 영상처리의 기본적인 명암차 개선 방법은 다양하게 존재한다. 이러한 기본적인 명암차 개선 방법에는 감마 보간법(Gamma correction), 히스

토그램 스트레칭/평활화 기법, 그리고 언샤프 마스크(unsharp-masking) 필터 등이 있다.

단일 영상 개선 방법에서 기존 연구 중 Debevec과 Malik^[3]는 다양하게 노출량을 조절한 영상을 통해서 HDR(High dynamic Range) 영상을 회복하였다. HDR에서 LDR로 맵핑은 공간적으로 유니폼 맵핑(Uniform Mapping)과 변화하는 맵핑(Varying Mapping) 두 가지의 카테고리로나누워서 톤 맵핑(Tone Mapping)을 수행한다. K.Devlin^[4]는 톤 재생산 기술에 대하여 자세하게 검토하였다.

Reinhard^[5]는 공간적 유니폼 연산자(Uniform Operator)를 통해서 영상 전체적인 Dynamic Range를 구한 이후에 밝기 값 기반의 지역적인 Contrast를 조정한다. HDR 영상에서는 모든 세부 사항과 정확한 컬러를 개선하는 것이 가능하다. 그러나 HDR 맵을 얻기 위해서는 서로 다른 노출을 가진 여러 장의 영상이 요구되어지는 문제점을 가진다. 또 다른 방법은 영상 데이터를 RAW 포맷으로 얻은 후 영역별로 적당한 Contrast를 수동적으로 적용시키는 것이다. RAW 영상은 장면의 빛(Radiance)을 저장할 때 채널당 12bit 또는 14bit를 사용하기 때문에 일반적인 JPEG 형식의 영상보다 높은 Dynamic Range를 가지게 된다. 하지만 이러한 수동적인 방식은 인력이 필요하고, 또한 많은 경험을 가진 전문가를 필요로 하기 때문에 매우 어렵다.

두 번째는 대상 영상을 개선하기 위해 대상 영상의 정보뿐만 아니라 그 외 다른 정보를 함께 이용하여 영상을 개선하는 방법이다. Alexander Toet [6]는 가시광 영상과 원적외선 영상을 융합 할 때, 계층적인 영상 분해로써 영상의 재구성 방법을 연구하였다. 이러한 계층적인 영상의 융합은 라플라시안 피라미드를 이용하여 분해 및 재구성을 하였다. Burt 와 Kolczynski [2]에 의해 발전된 가중치 합 과정은 계층적인 영상 분해를 통해서 영상을 재구성하고, 각각의 영상에서 지역적인 비교를 함으로써 정규화된 상관관계를 고려한다. Lex Schaul [7]는 가시광 영상과 근적외선(Near-Infrared) 영상을 융합하여 가시광 영상에 존재하는 안개를 제거하는 기법을 제안하였다. Lex al.는 근적외선의 영상의 특징, 즉 가시광 영상과 유사한 형태를 가지면서 원적외선의 일부 특징을 보유한 점을 이용하여, 가시광 영상의 안개를 추정하고 기존의 다중해상도 영상 융합 방법을

통해서 안개를 제거(Dehazing)하는 방법을 연구하였다.

C.Fredembach [8] 는 가시광 영상과 근적외선 영상을 융합하여 피부를 부드럽게 만드는 방법을 연구하였다. 근적외선 영상과 가시광 영상을 양면 필터(Bilateral filter)[9]를 이용하여 영상의 세부 사항(Detail)과 기본(Base)로 분해하여 융합하는 방법을 제안하였다.

J.Huang^[10]와 N.J.W. Morris^[11]은 각각 근적외선 영상에 대한 통계와 원적외선 영상에 대한 통계를 웨이브렛 신호를 통해서 연구하였다. Xiaopeng Zhang^[12]은 J.Huang이 분석한 근적외선의 정보를 이용하여 가시광 영상과 근적외선 영상을 융합할 경우 가시광 영상에서의 개선이 필요한 지역을 찾아내는 방법을 연구하였다. 가시광 영상에서 채도와 밝기 값을 이용하여 개선이 필요한 지역을 검출한 이후, NIR영상과 가시광 영상의 히스토그램 매칭(Histogram matching)^[13]을 기울기 부분(Gradient)에서 적용하여 융합하였다. 그러나 Xiaopeng Zhang이 검출해낸 개선이 필요한 지역은 [그림 1]에서 나타나는 연기 영역을 검출하지 못한다.

Nunes^[14]는 신호 처리 방법인 EMD(Empirical mode decomposition)를 2차원으로 적용하여 영상을 분석하는 기법을 제안했다. 이러한 BEMD(Bidimensional EMD)를 이용하여 Zhang^[15]은 원적외선 영상과 가시광 영상을 융합하는

방법을 제안했다. 가시광 영상과 원적외선 영상에서 픽셀 분포를 고려하여 지역적으로 융합한다. 그러나 픽셀마다 지역적으로 모두 비교해야하기 때문에 시간이 오래 걸리고, 전체적으로 모두 융합하기 때문에 가시광 영상의 정보가 많이 손실된다는 단점이 있다.

근적외선 영상은 가시광 영상과 근접한 파장을 가지기 때문에 표현하는 정보가 비슷하지만 원적외선 영상은 그렇지 않기 때문에, 본 논문에서는 근적외선 영상에 기반한 알고리즘들을 적용하는 것은 적합하지 못하다. 그러므로 본 논문에서는 원적외선 영상의 열 정보를 고려한 알고리즘을 제안한다.

III. 가중치 맵(Weight map)

가시광 영상을 보았을 때, 직관적으로 알 수 있듯이 영상 정보의 손실이 있는 영역은 전형적으로 매우 낮은 채도(Saturation)를 가진다. 그리고 [그림 1-a]의 연기와 같은 영역을 검출할 때, 임의로 색상을 입히지 않은 연기는 중간값의 밝기 값을 가지며 하늘과 같은 매우 밝은 값을 가지는 영역들은 개선이 어렵다. 그러므로 가중치 영역(Weighted Region)은 채도와 밝기(Brightness)의 값을 통해서 연산되

(a) W

(b) W_s

(c) W_b

그림 2. (a) 열 정보를 고려하지 않은 가중치 영역 (b) 채도 값에 따른 가중치 (c) 밝기 값에 따른 가중치
Fig. 2. (a) Weight for visible image (b) Weight for saturation (c) Weight for brightness

어진다. 수식 (1)에서 W_s 와 W_v 는 채도와 밝기의 가중치 맵이다.

$$W_s = e^{-s} \quad s \in [0,1] \quad (1)$$

$$W_v = e^{-|\alpha(v-0.5)|} \quad v \in [0,1] \quad (2)$$

여기서 α 는 임의의 상수(본 논문의 모든 실험결과에서는 3을 사용하였음)이며 e 는 지수함수이다. s 와 v 는 각각의 영상에서 채도와 밝기 값을 의미한다. 식 (1)과 (2)를 모두 고려해야 하므로 총 가중치를 식 (3)으로 계산한다.

$$W = \Psi(W_s \cdot W_v) \quad (3)$$

W 는 가시광 영상에서 개선이 필요한 가중치 영역을 의미하며 Ψ 는 W 가 [0 1]의 값을 가지도록 하는 정규화 함수이다.

가중치 영역 W 는 연산하기 위해서는 어떠한 임계값도 필요치 않으며 또한 수동적인 단계가 요구되어지지 않고 자동적으로 연산되어진다. W 의 값은 [0~1]를 가지며 영상화하기 위해서 [0~255]의 값으로 맵핑하여 영상화 한 것이다. 가중치 영역 W 에서 높은 값은 원적외선 영상에서 더 많은 정보를 이용하여 값들을 변형 할 수 있다는 것을 나타낸다. 연산을 통해서 구한 가중치 영역 W 의 값들은 잡음을 포함하고 있다. 이러한 잡음을 최소화하기 위해서 가우시안 블러링(Gaussian blurring)을 통해서 W 의 값에서

잡음을 제거한다.

[그림 2]은 각각의 수치들에 의해 계산된 가중치 영역들을 보여준다.

IV. 열 정보 가중치

본 논문에서는 영상 융합을 위해 4 단계를 수행한다. [그림 3]은 본 논문의 알고리즘 흐름도를 도식화한 것이다. 첫째, 가시광 영상의 색상 공간을 HSV(Hue Saturation Value)로 변형한다. 원적외선 영상은 열 정보만을 표현하는 색상이 없는 하나의 채널 밝기 값이기 때문에 색상을 포함하는 여러 채널의 정보를 가지는 가시광 영상을 색상이 없는 정보로 변형해야 한다. 그러므로 가시광 영상의 색상 공간(color space)을 RGB에서 HSV 색상 공간으로 변형하여 V값을 사용한다. 두 번째로 가시광 영상의 채도와 밝기를 고려하여 개선이 필요한 지역에 가중치를 높게 계산하여 적합한 가중치를 계산하고, 원적외선 영상에서의 열 정보를 고려한다. 원적외선 영상은 열 정보만을 가지므로 영상에서 밝기가 밝으면 그 영상에서의 열이 많은 영역이고 밝기가 어둡다면 영상에서의 열이 적은 영역이다. 열 정보를 가지는 영상에서 열이 적은 부분들은 표현하는 정보가 적다. 이러한 표현하는 정보가 적은 정보를 가지는 영역을 다른 영역들과 똑같이 융합한다면 융합 결과에 영향을 미치기 때문에 일정한 값 이하의 정보들은 융합할 경우에 원적

그림 3. 제안한 알고리즘의 흐름도

Fig. 3. The workflow of our algorithms

외선 영상보다 가시광 영상의 정보를 더 이용하도록 가중치를 계산한다. 그러므로 표 (1)와 같이 원적외선 영상의 중앙값보다 적은 값들은 선형적으로 감소하게 가중치를 계산한다. [그림 8]은 열 정보를 고려했을 경우와 그렇지 않았을 경우의 차이를 보여준다.

표 1. 열 정보 가중치
Table 1. Thermal information weight

if $NorIR(i,j) \geq t$
$W_{IR} = 1;$
else
$W_{IR} = NorIR(i,j) \div (1-t)$

여기서 W_{IR} 은 열 정보 가중치이고, $NorIR(i,j)$ 는 (i,j)에서의 정규화된 원적외선 영상의 밝기 값이다. t 는 원적외선 영상의 중앙(Median) 값을 의미한다. 식 (3)의 W 와 계산된 열 정보 가중치를 이용하여 열 정보를 고려한 최종 가중치 영역을 식 (4)와 같이 계산한다.

$$W_{IR+CCD} = W \times W_{IR} \quad (4)$$

세 번째 단계에서는 식 (4)에서 계산한 최종 가중치 맵을 이용하여 다음 식 (5)과 같이 영상을 융합한다.

$$Fusion = (1 - W_{IR+CCD}) \times V + W_{IR+CCD} \times NorIR \quad (5)$$

그림 4. 원적외선 영상의 가중치
Fig. 4. Weight of infrared image

그림 5. 원적외선 영상 값에 따른 열 정보 가중치
Fig. 5. Thermal information weight for infrared image

가시광 영상에서 가중치 맵과 원적외선 영상에서 가중치 맵을 이용하여 영상을 융합한 이후에는 HSV의 V값을 Fusion값으로 대체한다. 마지막 단계에서는 Fusion으로 값이 변환된 HSV채널을 RGB 컬러영상으로 복원시킨다.

[그림 4]는 [그림 1-b]에 대한 열 정보 가중치를 영상화 한 것이다. [그림 5]는 원적외선 영상의 값이 t 이하 일 경우에 선형적으로 감소하는 가중치를 그래프화 한 것이다. [그림 6]은 열 정보를 고려한 최종 가중치 영역을 영상화 한 것이다.

그림 6. 열 정보를 고려한 최종 가중치
Fig. 6. Final weight using thermal information

V . 실험 결과

[그림 7]는 제안한 알고리즘의 수행한 최종 결과 영상과 기존 융합 방법과의 비교 결과를 보여준다. [그림 7-a]는 가시광 영상과 원적외선 영상간의 가중치 평균(Weighted Average)[1]으로 수행한 결과이다. [그림 7-b]는 웨이블릿 변환으로 영상을 분해 후 분해 된 값들을 최댓값 선택(Maximum Selection)[2]으로 수행한 결과이다. [그림 7-a]는 가시광 영상과 원적외선 영상의 정보 차이로 인해 많은 정보들이 손실 된 것을 보여주며, [그림 7-b]에서 픽셀 값의 차이로 부분적으로 열룩이 있고 연기가 온전히 지워지지 않은 것을 보여준다. 반면, [그림 7-c]는 제안한 방법의 결과로 열룩과 연기가 모두 남아있지 않은 보다 선명한 합성 결과를 보였다. 영상에서의 연기 영역에 원적외선 영상의

정보를 가져오는 방법을 적용하여 연기를 제거하는 것은 영상 보안과 같은 분야에서 필요한 영상 개선이다. 연기 영역 뒤의 정보가 필요할 때에 제안 방법과 같은 영상 개선 방법은 필수적이다.

[그림 8]은 열 정보를 고려하지 않은 결과와 열 정보를 고려한 결과의 차이를 보여준다. [그림 1-b]의 구름 영역은 [그림 1-a]의 구름 영역과 달리 밝기가 낮은 값을 가지므로 열 정보를 고려하지 않고 가중치 합을 이용하여 융합하게 된다면, [그림 8-a]와 같은 문제점이 발생하게 된다. 본 논문에서는 이를 원적외선의 밝기가 낮은 값들은 가중치를 감소시켜 해결하였다.

[그림 9]는 제안한 알고리즘의 실험 결과를 보여준다. [그림 9-a]는 가시광 영상에서는 연기로 인해 가려진 사람과 계단을 원적외선 영상의 열 정보를 이용하여 개선한 결과

그림 7. (a) 가시광 영상과 원적외선 영상간의 가중치 평균 (b) 웨이블릿 변환 후, 최댓값 선택 (c) 제안한 결과
Fig. 7. (a) Weighted average between visible image and IR image (b) After wavelet transform , maximum selection (c) Our's result

그림 8. (a) 열 정보를 고려하지 않은 결과 (b) 열 정보를 고려한 결과
Fig. 8. (a) Result do not use thermal information (b) Result use thermal information

그림 9. (a) ~ (d) (좌) 가시광 영상 (중) 원적외선 영상 (우) 제안한 알고리즘의 결과 영상
 Fig. 9. (a) ~ (d) (left) CCD image (mid) Infrared image (right) result image of Our algorithms

를 보여준다. 또한 열 정보를 고려하여 차의 사이드 미러 영역에서 원적외선 정보를 사용하지 않았기 때문에 좋은 결과 영상을 얻을 수 있었다. [그림 9-b]는 카메라 화소 부족과 안개로 인한 정보 부족을 원적외선 영상의 열 정보를 이용하여 개선하였다. [그림 9-b]에서 결과 영상은 원적외선 영상에서 보여지는 구름 영역과 산의 질감 등 가시광 영상에서는 얻을 수 없었던 정보가 존재함을 보여준다. [그림 9-c]는 바닥 영역에서 과도한 햇빛 반사로 인해 손실된 가시광 영상의 정보를 원적외선 영상에서 열 정보를 이용하여 개선하였다. [그림 9-d]는 카메라 렌즈에서 햇빛으로 인한 정보 손실을 원적외선 영상에서 열 정보를 이용하여 나무줄기 영역과 같은 질감 정보를 효과적으로 개선하였음을 보여준다.

VI . 결론

본 논문에서는 가시광 영상에서 개선이 필요한 영역을 검출하고 원적외선 영상의 열 정보들을 고려하여 두 영상을 융합한다. 융합을 할 경우, 가시광 영상과 원적외선 영상의 정보는 빛의 파장이 서로 다르기 때문에 영상들이 표현하는 정보의 차이로 일반적인 융합 방법을 적용한다면 합성 결과 영상에 문제점이 발생한다. 본 논문에서 제안한 방법은 이러한 문제점을 원적외선 영상의 열 정보 가중치로 계산하여 해결하고 효과적인 개선 기술을 제안하였다.

참 고 문 헌

- [1] H.Li, B.S. Manjunath, and S.K. Mitra, "Multisensor image fusion using the wavelet transform", Graphical Models and Image Processing, Vol.57, no.3, pp.235-245, May 1995.
- [2] P. Burt and R. Kolczynski, "Enhanced image capture through fusion," in Proc. 4th International Conference on Computer Vision, pp:173-182, Berlin 1993.
- [3] P.E. Debevec and J. Malik, "Recovering high dynamic range radiance maps from photographs", In SIGGRAPH, 1997.
- [4] K. Devlin, "A review of tone reproduction techniques." Technical report, University of Bristol, 2002. 1
- [5] E. Reinhard, M. Stark, P. Shirley, and J. Ferwerda, "Photographic tone reproduction for digital images.", In SIGGRAPH, 2002
- [6] A. Toet, "Hierarchical image fusion," Machine Vision and Applications, vol.3, no.1, pp. 1-11, 1990
- [7] L. Schaul, C. Fredembach, and S. Susstrunk, "color image dehazing using the near-infrared", in Proc. IEEE Int. Conf. on Image Proc., Cairo, Egypt, 2009.
- [8] C. Fredembach, N. Barbuscia, and S. Susstrunk, "Combining visible and near-infrared images for realistic skin smoothing," in Proc. IS&T/SID 17th Color Imaging Conference, Albuquerque, NM, 2009.
- [9] C. Tomasi and R. Manduchi, "Bilateral filtering for gray and color images" In ICCV, 1998. 4.
- [10] J. Huang and D. Mumford, "Statistics of natural images and models". In CVPR, 1999. 3
- [11] N.J.W. Morris, S. Avidan, W. Matusik and H. Pfister, "Statistics of Infrared Images", IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2007, CVPR'07. 1-7p
- [12] Xiaopeng Zhang, "Enhancing Photographs with Near Infrared Images", IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2008, Ankorage, US.
- [13] L. Neumann and A. Neumann, "Color style transfer techniques using hue, lightness and saturation histogram matching. In Computational Aesthetics in Graphics, Visualization and Imaging, 2005. 2
- [14] J.C. Nunes, Y. Bouanoun, E. Delechelle, O. Niang, Ph. Bunel, "Image analysis by bidimensional empirical mode decomposition," Image and Vision Computing 21 (2003) 1019-1026
- [15] Xiuqiong Zhang, "Comparison of EMD Based Image Fusion Methods", Pro ICCAE 2009, Bangkok, Thailand 2009 : 302 - 305

저 자 소 개

김 선 겐

- 2012년 : 가톨릭대학교 미디어공학과 졸업
- 2012년 ~ 현재 : 가톨릭대학교 미디어공학과 석사 과정
- 주관심분야 : 컴퓨터비전, 컴퓨터그래픽스, HCI, 인공지능, 기계학습

강 행 봉

- 1980년 : 한양대학교 전자공학과 졸업
- 1986년 : 한양대학교 대학원 전자공학과 석사
- 1989년 : Ohio State Univ. 컴퓨터공학 석사
- 1993년 : Rensselaer Polytechnic Institute 컴퓨터공학 박사
- 1994년-1997년 : 삼성종합기술원 수석연구원
- 1997년- 현재 : 가톨릭대학교 디지털미디어학부 교수
- 2005년 : UC Santa Barbara Visiting Professor
- 주관심분야 : 컴퓨터비전, 컴퓨터그래픽스, HCI, 인공지능, 기계학습