

이미지센서를 위한 조도에 따른 보간 기법의 성능 평가와 이를 이용한 가변적 보간 기법[☆]

Performance Evaluations of the Interpolation Methods Under the various illumination intensities and its Application to the Adaptive Interpolation for Image Sensors

김 병 수* 백 두 원**
Byung-Su Kim Doowon Paik

요 약

본 연구에서는 베이어패턴을 가지는 보간 알고리즘들을 조도에 따른 성능을 실험을 통해 평가하였다. 보간 알고리즘으로는 양선형 컬러 보간 기법과 적응형 퍼지 컬러 보간 기법을 사용하였는데, 실험 결과 저조도하에서는 양선형 컬러 보간 기법에 미디언 필터를 적용한 보간 기법이, 고조도하에서는 적응형 퍼지 컬러 보간 기법이, 그리고 그 사이의 조도 하에서는 양선형 컬러 보간 기법이 우수한 영상을 생성함을 알 수 있었다. 이 결과를 응용하여 입력되는 영상의 조도에 따라서 각각 다른 보간 알고리즘을 적용하여 영상을 보간하면 다양한 조도 하에서도 향상된 화질을 얻을 수 있을 것이다.

Abstract

In this paper we compared the performance of interpolation algorithms for Bayer patterned image sensors under the various illumination intensities. As the interpolation algorithms, we used bilinear color interpolation and adaptive fuzzy color interpolation and our experimentation shows that performance of interpolation algorithms depend on the lighting conditions; in low intensity of illumination, bilinear color interpolation with median filter performs best, in high intensity of illumination, adaptive fuzzy color interpolation performs best, and in between bilinear color interpolation performs best. This study suggested an interpolation scheme which applies different interpolation algorithm according to the intensity of the input image, resulting in the better image quality.

☞ keyword : 이미지 센서, Bayer 패턴, 보간, 조도, PSNR

1. 서 론

최근 휴대전화 산업과 카메라 기술의 발달로 인하여 카메라가 내장된 휴대전화나 PDA와 같은 모바일(Mobile)기기가 대중화 되었다. 모바일 기기에 장착된 카메라를 이용하면 언제 어디서든 즉석에서 다양한 사진을 찍을 수 있어 그 이용도가 확대되고 있다. 하지만 모바일 기기에 장

착된 카메라는 이미지 처리 용량이 작을 뿐 아니라 다양한 주변 환경에서 자유롭게 사용되므로 고화질의 사진을 제공하기 힘들다. 특히 조명이 어두운 상황에서 촬영하는 경우에는 잡음이 많아 사용자가 원하는 화질을 제공할 수 없는 문제점이 있다.

대부분의 모바일기기에 이용되는 칼라 이미지 센서에는 각 픽셀(Pixel)별로 적색(R) 및 녹색(G), 청색(B)중에 하나의 값을 획득하는 포토다이오드(Photodiode)가 일정한 패턴(Bayer pattern)에 따라 배치되어 있어서 칼라값을 획득한다[1]. 그리고 서로 이웃하는 픽셀들의 값을 이용하여 픽셀에

* 정 회 원 : 송실대학교
momo@mtkvision.com

** 정 회 원 : 송실대학교 미디어학과 교수
dpaik@ssu.ac.kr(교신저자)

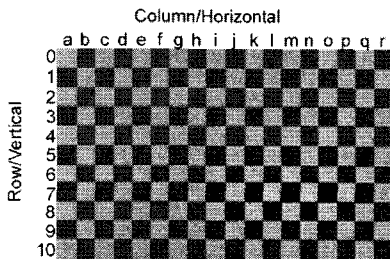
[2006/12/07 투고 - 2006/12/26 심사 - 2007/08/02 심사완료]
☆ 본 연구는 송실대학교 교내연구비 지원으로 수행되었음

존재하지 않는 다른 색을 만드는 보간을 통해 최종 이미지를 생성한다[2]. 서로 다른 특성을 가지는 다수의 보간 알고리즘이 개발되어 이용되고 있다[4, 5, 6, 7, 8]. 본 논문에서는 조도에 따른 보간 알고리즘들의 성능을 실험을 통해 분석하고, 그 결과를 이용하여 입력되는 영상의 조도에 따라서 각각 다른 보간 알고리즘을 적용하여 영상을 생성하는 기법을 구현하였다. 이를 활용하여 이미지의 조도에 따라서 다른 보간 기법을 적용할 수 있도록 신호처리 반도체를 설계하고 Firmware 프로그램을 제작 한다면 다양한 조도 하에서도 향상된 화질을 얻을 수 있을 것이다.

이후 본 논문은 다음과 같이 기술 된다. 2장에서는 이미지센서의 구조와 최종영상생성을 위한 보간 기법을 설명하고 3장에서는 조도에 따른 보간기법의 성능평가방법과 실험결과를 기술하고 4장에서는 실험결과에 기초하여 조도에 따라 가변적으로 보간기법을 선택하는 방법과 그 효과를 기술한다.

2. Bayer Image와 보간 기법

모바일기기에는 집적도가 높고 주변 회로와 쉽게 통합할 수 있고 가격이 저렴하고 소비 전류가 적은 CMOS 이미지 센서가 주로 사용된다. CMOS 이미지 센서에는 각 픽셀 별로 적색 및 녹색, 청색 중에 하나의 값을 감지하는 포토다이오드가 일정한 패턴에 따라 배치되어 있어서 칼라값을 획득한다(그림 1).



(그림 1) Bayer Pattern

생성된 영상(배이어 이미지)의 각 픽셀은 R, G, B중 하나의 값만을 가지는데, 이웃하는 픽셀들의 값을 이용하여 배이어 이미지의 픽셀에 존재하지 않는 색을 만드는 과정을 보간(interpolation)이라 한다. 통상 디지털 카메라의 이미지 신호 프로세서(image signal processor)에 하나의 보간 알고리즘이 구현되어 최종 영상을 생성한다. 배이어 이미지의 보간을 위해 사용되는 대표적인 보간 기법으로는 양선형 컬러 보간(bilinear color interpolation)과 적응형 퍼지 컬러 보간(adaptive fuzzy color interpolation)[3, 4] 기법 등이 있다. 양선형 컬러 보간 기법은 배이어 이미지에서 존재하지 않는 색상값을 얻기 위하여 해당 색을 획득한 이웃하는 픽셀값들의 평균을 취하여 최종 영상을 만드는 방법이다. 이 방법은 복잡도가 낮고 가우시안 잡음에 효과적이다[7]. 적응형 퍼지 컬러 보간은 원본 이미지에 가까운 이미지를 재현할 수 있으나 양선형 컬러 보간 기법에 비하여 속도가 느리다.

3. 조도에 따른 보간 기법 성능 평가 방법

3.1 조도에 따른 선택적 보간 기법의 필요성

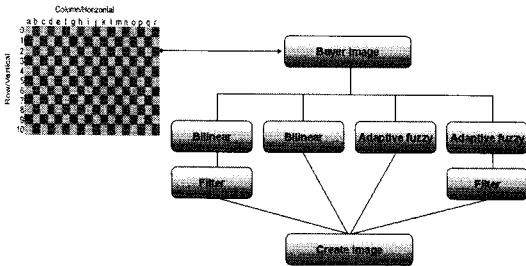
모바일 기기에 장착된 디지털 카메라는 비전문가가 다양한 환경에서 주로 스냅샷을 위해 이용되므로 촬영환경이 양호하지 못하다. 특히 적절한 조명이 제공되지 않는 경우가 많고 이와 같이 조도(Lux)가 낮을 경우 카메라 이미지 센서의 게인(Gain)의 영향으로 원래의 영상뿐만 아니라 잡음까지 증폭되므로 사진의 화질이 급격히 떨어진다. 잡음의 강도는 조명의 강도에 반비례하여 나타나는데, 종래에는 영상을 촬영하는 곳의 조도에 상관없이 배이어 이미지에 단일한 보간 기법만을 적용하여 최종 영상을 만들었다. 이 경우 잡음의 정도에 관계없이 미리 선택되어 적용된 보간 알고리즘에 의해 최종 영상이 생성되어 사용자가 원하는 화질을 제공할 수 없는 문제점이 있었다.

따라서 본 논문에서는 조도에 따른 보간 알고리즘의 성능을 평가하여 이를 기초로 조도에 따라 적합한 보간 알고리즘을 선택하는 방법을 제안한다.

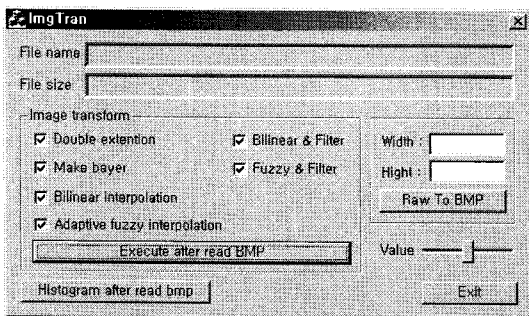
3.2 조도에 따른 보간 기법의 평가 방법

본 논문에서는 조도에 따라 가변적으로 보간 알고리즘을 적용하기 위하여 대표적인 보간 기법인 양선형 컬러 보간과 적응형 퍼지 컬러 보간의 조도에 따른 성능을 평가하였다. 또한 보간 기법을 적용한 후 저조도 잡음제거를 위해 가우시안 잡음(Gaussian noise)에 효과적인 3*3 미디언 필터(Median filter)를 적용한 기법의 성능도 평가하였다.

실험 과정은 베이어 이미지를 입력받아 여러 보간 기법을 이용하여 이미지를 생성하고(그림 2), 생성된 이미지와 원본 이미지의 유사도를 측정하여 보간 기법의 성능을 평가했다. 그림 3 는 이를 구현한 프로그램의 인터페이스 화면이다.

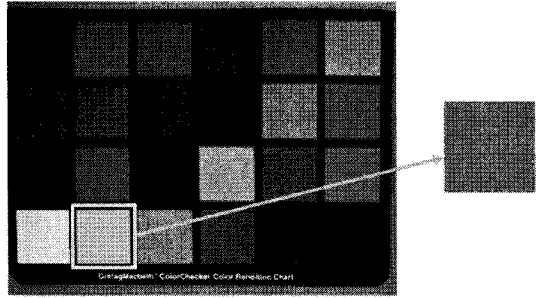


(그림 2) 여러 보간 기법을 통한 이미지 획득



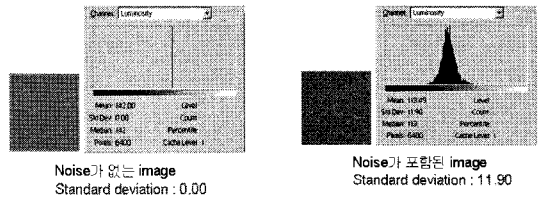
(그림 3) 실험을 위한 프로그램 인터페이스

성능평가를 위한 이미지로 본 논문에서는 24색의 Gretag Macbath Color Checker Color Rendition Chart (이하 Macbath chart 라고 칭함)를 사용하였다. Macbath chart의 색을 조도(10에서 500 lux 사이)를 변화시키며 촬영하여 베이어 이미지를 얻은 후, 이를 여러 보간 기법을 이용하여 보간된 이미지를 얻는다. 보간기법들의 성능평가는 표준편차와 PSNR을 이용한 방법을 사용했다.



(그림 4) Macbath chart와 단일색 추출

표준편차를 이용한 보간 기법의 성능평가를 위하여 Macbath chart에서 하나의 색만을 추출하고(그림 4), 이를 조도(10에서 500 lux 사이)를 변화시키며 촬영하여 베이어 이미지를 얻은 후, 이를 여러 보간 기법을 이용하여 이미지를 보간했다.



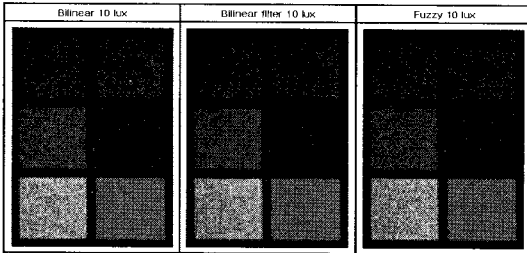
(a) 잡음이 없는 이미지 (b) 잡음이 많은 이미지

(그림 5) 히스토그램과 표준편차

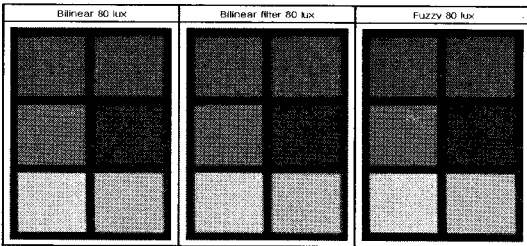
하나의 색을 촬영한 영상의 잡음 포함정도는 히스토그램의 표준편차로 측정될 수 있다. 잡음이 적은 이미지인 경우 그림 5(a)와 같이 히스토그램의 표준편차가 0에 가깝고 잡음이 많은 이미지는 그림 5(b)와 같이 표준편차 값이 커진다. 표준편

차는 잡음의 양에 비례하므로 이미지들의 히스토그램의 표준편차 값을 비교 해 봄으로써 잡음의 포함 정도를 측정하여 조도에 따른 보간 기법의 성능을 평가했다.

표준편차를 이용한 성능평가는 이미지가 단색으로 이루어진 경우에만 가능하다. 이미지가 다수의 색으로 이루어져있는 경우에 조도에 따른 보간 기법의 성능은 원본과 보간된 이미지의 유사도로 표현할 수 있다. 본 논문에서는 원본으로 고조도에서 촬영한 고화질의 이미지를 사용했다. Macbath chart를 다양한 조도에서 촬영한 후 각 보간 기법을 통하여 얻어진 이미지와 원본과의 유사도를 측정하였다. 유사도의 평가를 위하여 PSNR(Peak signal to noise ratio)을 사용하였다. PSNR은 가장 강한 신호의 강도와 잡음의 강도의 비를 나타내는 척도이다. PSNR은 원본과 복원된 이미지의 유사도를 평가하는데 많이 사용되는데 이미지가 근접 할수록 PSNR의 수치가 높다. 그림 6은 10 lux 와 80 lux 사이의 조명하에서 촬영한 후에 보간한 Macbath chart의 부분 이미지이다.



(a) 10lux에서 촬영 후 보간된 이미지

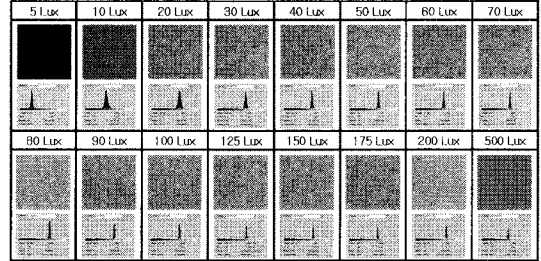


(b) 80lux에서 촬영 후 보간된 이미지

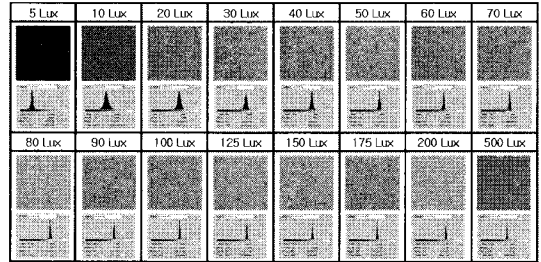
(그림 6) 10 lux 와 80 lux 에서 촬영 후 보간한 Macbath chart의 부분 이미지

4. 실험 결과

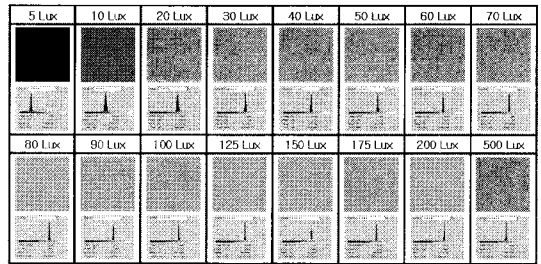
4.1 표준편차를 이용한 보간 기법들의 성능 평가



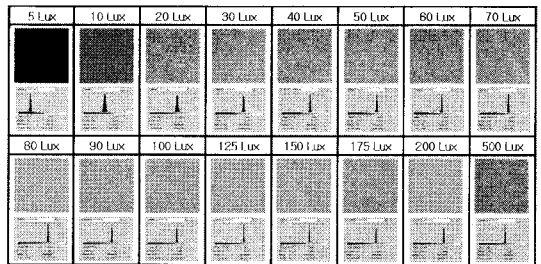
(a) 양선형 컬러 보간



(b) 적응형 퍼지 컬러 보간



(c) 양선형 컬러 보간 + 필터



(d) 적응형 퍼지 컬러 보간 + 필터

(그림 7) 다양한 조도 하에서 촬영한 이미지와 히스토그램

그림 7은 여러 조도에서 촬영한 후, 보간 기법을 적용하여 만들어진 이미지들과 히스토그램을 보여주는 그림이고, 표 1은 히스토그램의 표준편차를 정리한 표이다. 양선형 컬러 보간을 적용한 결과를 보면 저조도에서 일정한 고조도(150 lux)로 갈수록 가우시안 잡음이 적어지는 것을 알 수 있다. 이는 그림 7에서와 같이 육안으로도 확인할 수 있었고, 표 1의 표준편차의 수치가 조도가 높을수록 적어지는 것으로도 확인할 수 있다. 단, 조도가 175 lux 이상인 경우에는 표 1에서 표준편차가 약간 증가하는 결과가 나왔는데 이는 아주 높은 조도하에서는 빛이 과도하게 반사되어 이미지 본래의 색상값이 감소하기 때문이다.

(표 1) 히스토그램의 표준편차

Lux	Bilinear	Fuzzy	Bilinear +필터	Fuzzy +필터
10	8.14	11.90	4.80	5.84
20	6.74	8.75	4.52	5.03
30	5.17	6.54	3.58	3.91
40	4.19	5.77	2.93	3.35
50	3.55	4.49	2.62	2.88
60	3.06	3.79	2.33	2.53
70	2.95	3.74	2.27	2.49
80	2.95	3.62	2.25	2.41
90	2.57	3.24	2.02	2.21
100	2.34	2.87	1.81	1.97
125	2.21	2.79	1.74	1.91
150	1.89	2.35	1.51	1.64
175	2.20	2.57	1.90	2.00
200	2.25	2.64	1.90	2.02
500	2.08	2.35	1.94	2.03

적응형 퍼지 컬러 보간 기법을 적용하면 양선형 컬러 보간 기법을 적용한 결과에 비해 표준편차 더 커진다. 이는 적응형 퍼지 컬러 보간이 이미지를 복원하는 효과가 훨씬 뛰어나서 잡음까지 그대로 복원이 되었기 때문이다. 또한 양선형 컬러 보간을 적용 한 후 미디언 필터를 적용하면 표준편차가 줄어들었는데 이는 미디언 필터로 가우시안 잡음이 감소했기 때문이다.

4.2 PSNR을 이용한 보간 기법들의 성능평가

표 2는 다양한 조도에서 Macbeth Chart를 촬영한 후 여러 보간 기법을 통하여 얻어진 이미지와 원본 Macbeth Chart의 PSNR을 측정한 결과이다. 조도가 10 에서 40lux 사이에서는 양선형 컬러 보간+필터, 50 에서 70lux 사이에서는 양선형 컬러 보간, 80lux 이상에서는 적응형 퍼지 컬러 보간을 적용한 보간 기법이 PSNR 수치가 가장 높았다. PSNR 수치가 높다는 것은 고조도에서 촬영한 고화질의 이미지와 근접 하다고 볼 수 있고 화질이 보다 좋다고 할 수 있다.

(표 2) 이미지 비교를 위한 PSNR

Lux	Bilinear	Fuzzy	Bilinear +필터
10	18.99	18.86	19.11
20	20.08	20.02	20.21
30	19.91	19.88	19.98
40	20.11	20.09	20.12
50	19.90	19.90	19.89
60	20.21	20.20	20.20
70	20.08	20.08	20.05
80	19.33	19.36	19.29
90	20.06	20.07	19.90
100	20.06	20.08	19.90
125	19.98	20.01	19.81
150	20.05	20.09	19.88
175	20.25	20.27	20.10
200	19.41	19.46	19.23
500	39.16	39.31	35.69

5. 조도에 따른 선택적 보간 기법

양선형 컬러 보간 기법은 필터를 함께 적용 하였을 때보다 잡음 제거 효율이 좋지 않고, 적응형 퍼지 컬러 보간 기법 보다는 잡음 제거 효과가 좋지만 이미지의 경계면을 살리는 데는 성능이 떨어진다.

40lux 이하의 저조도에서는 가우시안 잡음이 많이 발생함으로[7] 양선형 컬러 보간 기법에 필터를 적용 하였을 경우가 보다 나은 화질의 영상

을 얻을 수 있었다. 80lux 이상의 고조도하에서는 가우시안 잡음이 거의 발생 하지 않음을 알 수 있고, 이 경우에는 경계면 및 원본의 복원능력이 가장 좋은 적응형 퍼지 컬러 보간 기법이 최상의 화질을 얻을 수 있었다. 50 에서 70 lux정도의 조도 하에서는 양선형 컬러 보간 기법과 적응형 퍼지 컬러 보간 기법이 비슷한 PSNR 값을 가지나 적응형 퍼지 컬러 보간 기법은 양선형 컬러 보간 기법에 비하여 많은 계산을 요구하므로 양선형 컬러 보간 기법을 적용하였다.

본 실험의 결과는 보간 알고리즘이 조도에 따라서 성능이 다르다는 것으로 이와 같은 결과를 이용하여 입력되는 이미지의 조도에 따라서 적합한 보간 알고리즘을 실시간 결정하고 이를 적용하면 보다 나은 품질의 이미지를 생성할 수 있다. 본 실험에서는 이미지 센서로 하이닉스의 HY7131 을 사용하였으며, 저조도와 고조도의 경계는 이미지 센서별로 다를 것이므로 이는 실험을 통해 결정하면 된다. 조도에 따른 선택적 보간 기법은 촬영된 베이어 이미지에서 조도정보를 추출하여 적합한 보간 기법을 선택한 후 선택된 보간 기법을 적용하여 최종 이미지를 생성한다. 입력되는 이미지의 조도에 따라서 다른 보간 기법을 적용할 수 있도록 이미지 신호 처리 반도체를 설계하고 그에 따른 펌웨어(Firmware) 프로그램을 제작하면 되므로 쉽게 구현이 가능하다.

6. 결론

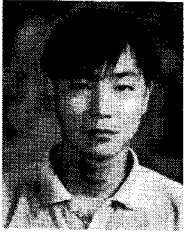
본 연구에서는 베이어패턴을 가지는 이미지센서를 위한 보간 알고리즘들의 조도에 따른 성능을 실험을 통해 분석하였다. 그 결과 저조도하에서는 양선형 컬러 보간 기법에 미디언 필터를 적용한 보간 기법이, 가우시안 잡음이 거의 발생하지 않는 고조도하에서는 원 영상을 그대로 재현시켜 주고 경계면도 명확히 하는데 효과가 좋은 적응형 퍼지 컬러 보간 기법이, 그리고 중간정도의 조도 하에서는 양선형 컬러 보간 기법이 우수

한 영상을 생성함을 파악했다. 이 결과를 이용하여 입력되는 영상의 조도에 따라서 각각 다른 보간 알고리즘을 적용하여 영상을 생성하면 다양한 조도 하에서도 향상된 화질을 얻을 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] B. E. Bayer, Color imaging array, U.S. Patent 3971065, July 1976.
- [2] R. Ramanath, W.E. Snyder, Y. Yoo, M. Drew, "Color image processing pipeline", Signal Processing Magazine, IEEE p. 34- 43, Vol 22, Issue 1, Jan. 2005
- [3] Ping-Sing Tsai, Tinku Acharya, Ajay K.Ray "Adaptive fuzzy color interpolation", Journal of electronic imaging Vol. 11(3), July 2002.
- [4] Soo-Chang Pei, Io-Kuong Tam, "Effective color interpolation in CCD color filter arrays using signal correlation", IEEE Transactions on circuits and systems for video technology, vol. 13, No. 6, JUNE 2003
- [5] J. E. Adams Jr., "Design of practical color filter array interpolation algorithms for digital cameras," Proc. SPIE, vol. 3028, pp. 117-125, Feb. 1997.
- [6] E. Chang, S. Cheung, and D. Y. Pan, "Color filter array recovery using a threshold-based variable number of gradients," Proc. SPIE, vol. 3650, pp. 36-43, 1999.
- [7] James E. Adams, Jr. and Kevin E. Spaulding "Noise Cleaning Digital Camera Images to Improve Color Fidelity Capabilities", The Seventh Color Imaging Conference: Color Science, Systems, and Applications, 1999
- [8] J. E. Adams Jr., "Interactions between color plane interpolation and other image processing functions in electronic photography," Proc. SPIE, vol. 2416, pp. 144-151, Feb. 1995.

○ 저 자 소개 ○



김 병 수(Byung-Su Kim)

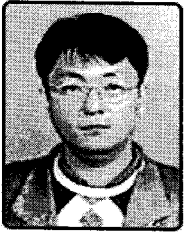
2002년 독학사 전자계산학과 학사

2005년 숭실대학교 정보미디어학과 석사

2002~현재 : 엠텍비전(주) 선임 연구원

관심분야 : Multimedia processing for Mobile

E-mail : sunsetmomo@yahoo.co.kr, momo@mtekvision.com



백 두 원(Doowon Paik)

서울대학교 수학과 (학사)

Univ. of Minnesota 전산학과 석사

Univ. of Minnesota 전산학과 박사

현재 숭실대학교 미디어학부 교수

관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 알고리즘

E-mail : dpaik@ssu.ac.kr