
환경변화에 적응하는 효율적인 그림자 제거 기법

류남훈* · 반경진* · 오경숙* · 김응곤*

An Efficient Shadow Removal Technique adapted to Environmental Changes

Nam-hoon Ryu* · Kyeong-jin Ban* · Kyeong-sug Oh* · Eung-kon Kim*

이 논문은 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 연구비를 지원받았음

요 약

영상 감시 분야 중 침입자를 자동으로 인식해 내는 기술의 전처리 과정인 배경 분리 방법과 이동하는 객체의 주변에 있는 그림자를 제거하는 방법에 대한 많은 연구가 있어 왔다. 이동하는 객체와 그림자의 분리가 정확하지 않을 경우 이동 객체의 정확한 형태 분석이 어려우며, 위치 추적 또한 어렵다. 본 논문에서는 그림자를 제거하는 방법으로 명도 값을 활용하는 방법을 제안한다. 그림자 영역이 배경 영역과 비교하여 색상의 변화는 발생하지 않고, 명도 차이만 발생한다는 점에 착안한 방법으로, 이전 프레임에서 그림자 제거에 사용했던 임계값을 다음 프레임에서 갱신하여 사용하는 방법이다.

ABSTRACT

There has been a lot of research into a background separation method, which is a preprocess of a technique of automatically perceiving an invader, and the removal of shadows around a moving object in the video monitoring field. When a moving object is not clearly separated from its shadow, it is difficult to analyze the shape accurately, and it is also hard to trace its position. This study suggests how to utilize a brightness value for removing a shadow. It came from the fact that there appears to be no change of color in the shadow area relative to the background area, and there only occurs a difference in brightness. In addition, this method uses the renewal of a critical value used for the removal of shadow in the previous frame, in the next frame.

키워드

Shadow Elimination, Brightness, Background Subtraction

1. 서 론

최근 들어 빈번히 발생하는 도난이나 유괴사건 등으로 인해 감시 시스템에 대한 관심이 고조되고 있다. 이로 인해 백화점이나 대형 할인마트를 비롯한 대형 건물

등에서는 영상 감시 시스템이 필수화되어 가고 있다. 하지만 현재 운용되고 있는 대다수의 영상 감시 시스템은 많은 감시 화면을 소수의 감시자가 상시 모니터링하면서 사고 발생 시 이에 대한 조치를 취하는 형태로, 사고 예방보다는 사고 발생 후 이에 대한 조치를 취하는

* 순천대학교 컴퓨터학과
심사완료일자 : 2009. 09. 03

접수일자 : 2009. 07. 21

데에 무게를 두고 있다. 이러한 영상 감시 시스템은 적은 인력으로 인해 발생할 수 있는 감시 인력의 실수, 위험 상황에 대한 사전 미인지로 인한 대처 능력의 부재 등의 한계를 가지고 있다. 이런 한계를 극복하기 위해 자동으로 영상을 분석하고, 위험상황을 인지하여 빠른 조치를 취할 수 있는 지능화된 영상 감시에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있다.

이런 지능화된 영상 감시 분야 중 침입자를 자동으로 인식해 내는 기술의 전처리 과정인 배경 분리 방법에 대한 많은 연구가 있어 왔다. 이러한 배경 분리 방법의 대표적인 방법은 Gaussian 혼합 모델을 이용하는 방법[1]과 Haritaoglu 등에 의해 제안된 W4 방법[2] 등이 있다. 하지만 이 방법들은 이동하는 객체 주변에 그림자가 존재하는 경우 그림자까지도 이동하는 객체로 인식한다는 단점을 가지고 있다. 이렇게 이동 객체에 그림자가 포함될 경우 객체에 대한 형태 분석이나 정확한 위치 파악이 어려우며, 이동 경로의 분석 또한 어렵게 된다.

지금까지 배경 영역에서 그림자를 제거하기 위한 연구는 크게 두 가지로 공간 정보를 이용하는 방법과 색상 정보를 이용하는 방법이 많이 사용되고 있다. 공간 정보를 이용하는 방법[3][4]은 그림자가 이동 객체보다 평탄한 경계를 가진다는 특성을 이용하여 그림자를 판단한다. 이 방법은 비교적 높은 정확도의 그림자 제거가 가능하지만 많은 계산량을 필요로 하기 때문에 시간이 많이 소요된다는 단점을 가지고 있다. 실시간 영상 감시 시스템은 초당 수십 프레임 이상에 대해서 이동 객체에 대한 추적 등의 고급 기능을 처리해야 하므로 많은 계산량은 큰 부담이 되고 있다.

많은 계산량의 문제를 해결할 수 있는 방법으로, 색상 정보를 이용하는 방법[5][6][7]이 있다. 이 방법은 그림자 영역이 배경 모델과 색상은 동일하지만 명도의 차이가 발생한다는 점에 착안한 것이다. 색상 정보를 이용하는 방법은 비교적 간단한 연산만으로도 그림자 제거가 가능하므로 실시간 영상 감시 시스템에 적용하기에 적합하다.

하지만 지금까지의 방법은 그림자를 제거함에 있어서 고정된 임계값을 사용하기 때문에 날씨의 변화 등으로 인한 주변 조명의 변화가 발생 시 그림자를 정확하게 제거하는데 문제가 따른다. 특히 실외를 감시하는 영상 감시 시스템의 경우 불과 수 초 사이에도

급속한 조명의 변화가 발생하므로 주변 조명의 변화에 따른 임계값의 조정이 필요하다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 명도에 따라 다른 임계값을 적용하는 방법을 제안한다. 제안한 방법은 그림자의 영역이 배경과 비교하여 색상의 변화는 발생하지 않고 명도 차이만 발생한다는 점에 착안한 방법으로, 그림자의 색상 모델을 설정하여 Bayesian 분류법[8]에 따라 그림자를 배경 영역으로부터 제거한다. 이 때 색상의 정보를 3개의 채널로 분리하여 각 채널마다의 값에 따라 다른 임계값을 적용하는 방법이다.

본 논문에서는 2장에서 그림자 제거 방법과 관련된 내용에 대해 알아보고, 3장에서는 제안하는 그림자 제거 알고리즘에 대해 설명하며, 마지막 4장에서는 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

비밀 색을 구별하는 가장 정확한 방법은 모든 색을 파장에 따른 주파수 대역 그래프로 만들어 사용하는 것이다. 하지만 아쉽게도 이 방법은 실제로는 사용하기 어려워 특정한 상황에서 색상을 설명하는 다양한 방법을 개발하였다. 그 중 하나가 바로 컬러 모델이다. 컬러 모델은 하나의 색과 다른 색 간의 관계를 표현하는 방법으로, 대표적인 컬러 모델로 RGB, CMY(K), HSI, YCrCb, YUV 등이 있다.

2.1 RGB 컬러 모델

RGB 컬러 모델은 Red, Green, Blue 세 가지 색상 값을 이용해 다른 색을 표시하는 것으로 그림 1처럼 색상 영역 전체를 정육면체로 나타낸다[9]. 원점(0, 0, 0)은 검정색, 좌표(1, 1, 1)는 흰색, 나머지 각 꼭지점은 R, G, B의 각 원색과 R, G, B를 합성한 색을 나타낸다. 회색 음영은 (0, 0, 0)과 (1, 1, 1)을 잇는 대각선에 나타난다. R, G, B의 각 값은 0 ~ 1 사이의 범위에 있는 소수를 사용하지만, 그래픽 소프트웨어에서는 실제로 0 ~ 255까지의 값을 사용한다. RGB 컬러 모델은 그림 1에서 볼 수 있듯이 각 색을 혼합할수록 색상이 밝아지는 특징이 있다. 이것을 가산체계

(Additive System)라고 한다. 가산체계의 예를 들어보면 표 1과 같다.

RGB 컬러 영상은 Red, Green, Blue의 3개 채널로 이루어져 있다. 그림 2는 RGB 컬러 영상에서 3개의 채널을 분리해 놓은 영상이다.

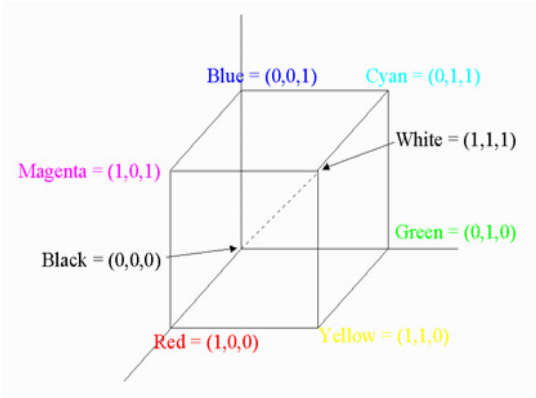


그림 1. RGB 컬러 모델
Fig. 1 RGB color model

표 1. RGB 가산체계
Table 1. RGB additive system

구분	R	G	B
Black	0	0	0
Blue	0	0	1
Green	0	1	0
Cyan	0	1	1
Red	1	0	0
Magenta	1	0	1
Yellow	1	1	0
White	1	1	1

2.2 HSI 컬러 모델

HSI(Hue Saturation Intensity) 모델은 사용자가 더 쉽게 색을 지정할 수 있도록 하려고 만들었다. 이 모델은 RGB 컬러 모델을 흰색(1, 1, 1) 위치에서 원점(0, 0, 0) 방향으로 바라볼 때 생기는 육각형 모형에서 만들어졌다. 이것은 인간이 색을 인식하는 방식과도 깊은 관계가 있어 색상과 채도, 명도를 지정하여 원하는 색을

자연스럽게 선택할 수 있다. 또한 색을 나타내는 색상 정보와 밝기를 나타내는 명도 정보를 분리해 주므로 영상처리에서 유용하게 사용할 수 있다. 그림 3은 HSI 컬러 모델을 나타내며, 그림 4는 HSI 컬러 영상에서 Hue, Saturation, Intensity 채널을 분리해 놓은 영상이다.

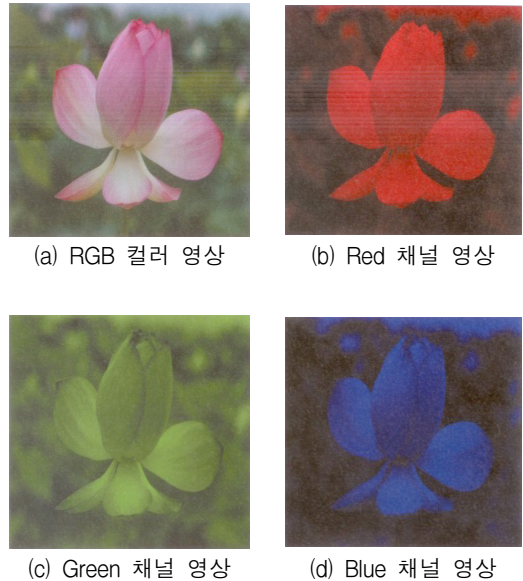


그림 2. RGB 컬러 영상 및 R, G, B 채널
Fig. 2 RGB color image and R, G, B channel

HSI 컬러 모델은 RGB 컬러 모델에서 수식 (1), (2), (3)을 얻을 수 있다.

$$H = \cos^{-1} \frac{0.5 \times (R - G) + (R - B)}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \quad (1)$$

$$S = 1 - \frac{3}{R + G + B} \min(R, G, B) \quad (2)$$

$$I = \frac{R + G + B}{3} \quad (3)$$

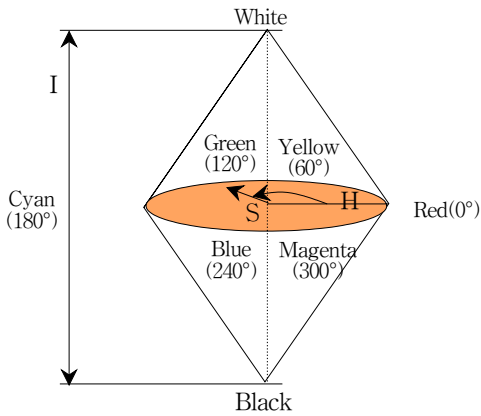
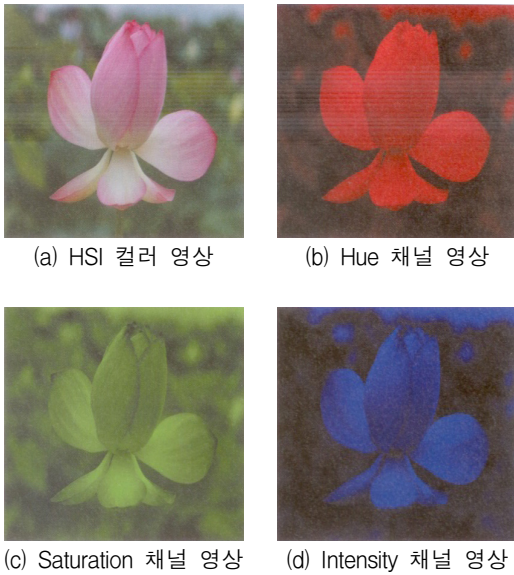


그림 3. HSI 컬러 모델
Fig. 3 HSI color model

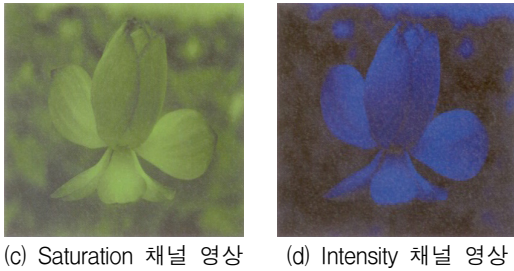
토그램의 빈도가 높은 색상과 유사하며, 명도가 낮은 부분을 그림자 영역으로 판단하여 제거하는 방식이다. 이 방법은 큐를 이용하여 히스토그램을 생성하기 때문에 배경 영역을 설정하는데 적은 연산만으로 가능하므로, 빠른 시간 안에 계산이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

2.4 IHLS 색상 정보 이용 방법

Blauensteiner 등에 의해 제안된 IHLS(Improved Hue, Luminance and Saturation) 색상 정보 이용 방법은 IHLS 색상 정보를 이용하여 배경 영역을 설정하는 방법으로, 색조(Hue) 값의 중요도는 채도(Saturation) 값에 의존적이라는 가정을 두어 배경 영역을 설정할 때 채도 값을 가중치로 사용한다. 이 방법은 비교적 정확한 색상 비교가 가능하며, 단순 연산을 사용하므로 빠른 시간 안에 계산이 가능하다는 장점이 있다.



(a) HSI 컬러 영상 (b) Hue 채널 영상



(c) Saturation 채널 영상 (d) Intensity 채널 영상

그림 4. HSI 컬러 영상 및 H, S, I 채널
Fig. 4 HSI color image and H, S, I channel

2.3 큐에 기반한 방법

Kumar 등에 의해 제안된 큐(Queue)에 기반한 방법은 색상 정보를 이용하여 그림자를 제거하는 방법으로, 일정 시간 동안의 프레임에 대해 각 화소별로 히스토그램을 생성하고, 가장 빈도가 높은 색상을 배경으로 설정하여 배경 영역을 분리해 내는 방법이다. 이 때 히스

III. 그림자 제거 알고리즘

실외를 감시하는 영상 감시 시스템의 경우 날씨의 변화에 따른 조명의 변화가 빈번히 발생한다. 그림 5는 날씨로 인한 변화를 보여주는 영상으로, 그림 5(a)는 구름의 영향이 미치지 않는 상황의 영상으로 그림자가 선명하며, 그림 5(b)는 구름의 영향이 미치는 상황의 영상으로 이동 객체에 대한 그림자가 거의 사라진 상태의 영상이다.

그림 6은 그림 5(a)와 그림 5(b)의 영상에 있는 그림자 영역 중 색상이 흰색에 가까운 영역과 갈색에 가까운 영역의 명도 차이를 시간의 변화에 따라 측정 한 결과이다. 원으로 표시된 선은 흰색에 가까운 그림자 영역의 명도 값이며, 삼각형으로 표시된 선은 갈색에 가까운 그림자 영역의 명도 값이다. 그리고 마름모로 표시된 선은 배경의 명도 값을 나타낸다. 측정 결과를 보면 색상이 흰색에 가까울수록 높은 명도 값을 보였으며, 색상이 검정에 가까울수록 낮은 명도 값을 보인 것을 알 수 있다. 따라서 그림자 제거 과정에서 배경 영역과 그림자의 명도 차이를 고정된 임계값을 사용할 경우 효과적으로 제거할 수 없음을 알 수 있다. 이 문제를 해결하기 위해서는 지속적인 임계값의

수정이 필요하다. 제안하는 그림자 제거 알고리즘은 배경 분리 과정과 그림자 제거 과정, 임계값 갱신 과정으로 나뉜다.

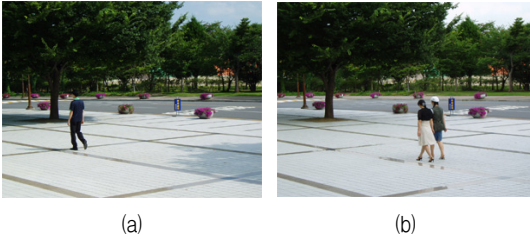


그림 5. 그림자 변화의 예
Fig. 5 Example of shadow changing

3.1 배경 분리 과정

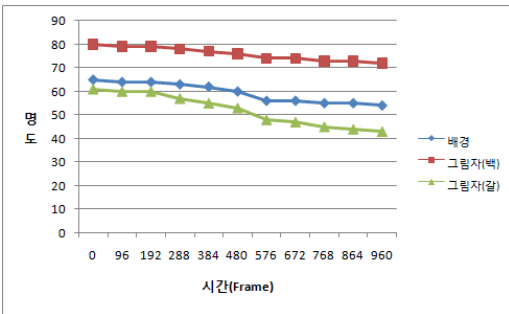


그림 6. 명도의 차이 그래프
Fig. 6 Intensity difference chart

배경 분리 과정은 입력 영상으로부터 이동 객체 및 그림자 영역을 추출하는 과정으로 Gaussian 혼합 모델을 이용하였다. 이 방법은 주변의 조명 변화나 일정 물체의 반복 움직임이 탐지되는 환경에서도 비교적 정확하게 배경 영역을 분리해 내는 방법으로 나뉘는 흔들림과 같이 반복 혼합 발생하는 배경 변화에 대응나 일정 배경 영역을 여러 작 탐Gaussian 분포 탐혼합 형태합 표현하고로 시위 탐변화에 따른 배경 탐변화에 대응나 일정 Gaussian 분포의 On-line EM 알고리즘에 의해 갱신한다.

3.2 그림자 제거 과정

Gaussian 혼합 모델에 의해 배경 분리 과정을 거친 데이터는 이동 객체와 그림자가 함께 존재한다. 본 논문에서는 이렇게 분리된 배경 영역 중 그림자 영역은 색상 정보와 관련이 있다는 가정을 두었기 때문에 RGB 컬러 모델을 활용하여 비교하고자 한다. 정규화된 RGB 컬러 모델은 간단한 연산만으로도 화소 값의 밝기를 배제하고 색상만을 비교할 수 있다는 장점이 있다.

수식 (4)의 정규화된 RGB 컬러 모델을 이용하여 그림자의 각 화소별 색상 유사도를 계산할 수 있다.

$$r = \frac{R}{T}, g = \frac{G}{T}, b = \frac{B}{T}, T = R + G + B \quad (4)$$

검출된 배경 영역 가운데 임의의 화소 i 가 임계값 이상이면 그림자 영역으로 판단하여 제거하게 된다. 그림자 영역에 해당할 확률은 흰색에 가까울수록 명도 차가 높으며, 검정에 가까울수록 명도 차가 낮으므로 수식 (5)와 같이 표현할 수 있다. $P_{shadow}(i)$ 는 그림자일 확률이며, $P_{intensity}(i)$ 는 각 화소별 명도이고, $P_{color}(i)$ 는 각 화소별 RGB 컬러 값이다.

$$P_{shadow}(i) = \frac{P_{intensity}(i)}{P_{color}(i)} \quad (5)$$

3.3 임계값 갱신 과정

이 과정은 그림자 제거 과정에서 사용될 임계값을 갱신하는 과정으로 그림자 등에 의한 주변 환경변화에서도 효율적으로 그림자를 제거할 수 있게 된다. 본 논문에서 제안하는 임계값 갱신 방법은 이전 프레임에서의 그림자 제거 과정에서 얻어진 결과치를 다음 프레임의 그림자 제거 과정에 사용될 임계값에 사용하는 것이다. 그림자의 영향을 받지 않는 상태의 영상과 그림자의 영향을 받는 상태의 영상에는 명도의 차이가 발생함을 가정하여 이전 프레임과 다음 프레임에 대해 각각의 화소의 명도를 비교하여 임계값을 변경하는 것이다. 수식 (6)은 이전 프레임의 명도값을 이용하여 다음 프레임에 적용할 임계값 α 를 구하는 식이다.

$P_{intensity}(t-1)$ 은 이전 프레임의 명도값이며,

$P_{intensity}(t)$ 는 현재 프레임의 명도값이다.

$$\alpha = \frac{P_{intensity}(t)}{P_{intensity}(t-1)} \quad (6)$$

수식 (7)은 주변 환경 변화에 따라 달라진 임계값 α 를 적용하여 구한 그림자의 확률이다.

$$P_{shadow}(i) = \frac{P_{intensity}(i)}{P_{color}(i)} \alpha \quad (7)$$

IV. 결론

본 논문에서는 그림자를 제거하는 방법으로 자주 사용되는 공간 정보를 활용하는 방법과 색상 정보를 활용하는 방법 중 색상 정보를 활용하는 방법에 기반한 방법을 제안하였다. Gaussian 혼합 모델을 이용하여 이동하는 객체 및 그림자 영역을 구분해 내고, 그림자 영역이 RGB 컬러 값에 따라 명도 값도 차이가 발생한다는 가정에 따라 그림자의 특성을 분류하고, 구분된 이동 객체 및 그림자 영역 내에서 그림자를 제거하였다. 또한 이전 프레임과 다음 프레임 간의 명도 차이를 계산하여 다음 프레임의 그림자 제거에 사용함으로써 그림자 제거를 더욱 효과적으로 할 수 있도록 하였다. 하지만 제안한 방법 또한 색상 정보만을 활용하기 때문에 문제점들이 발생하였다. 향후 이러한 문제점들을 개선하기 위해서는 이동 객체에 대한 형상 추적 등의 연구가 필요할 것으로 보인다.

감사의 글

“본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음” (NIPA-2009-C1090-0902-0001)

참고 문헌

[1] I. Haritaoglu, D. Harwood and L. S. Davis, “W4:Real-Time Surveillance of People and Their Activities”, actions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 22,

No. 8, pp.809-830, 2000.

- [2] D. -S. Lee, “Effective Gaussian Mixture Learning for Video Background Subtraction”, IEEE s on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 27, No. 5, pp.827-832, 2005.
- [3] P. L. Rosin, T. Ellis, “Image Difference threshold strategies and shadow detection”, 6th British ion Conference, 1996.
- [4] Marko Heikkila, and Matti Pietikainen, “A Texture-Based Method for Modeling the Background and Detecting Moving Objects”, IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 28, No. 4, pp.657-662, April 2006.
- [5] T. Horprasert, D. Harwood, L. S. Davis, “A Statistical Approach for Real-Time Robust Background and Shadow Detection”, ICCV’99 Frame-Rate Workshop, 1999.
- [6] P. Kumar. S. Ranganath, W. Huang, “Queue based fast background modelling and fast hysteresis for better foreground segmentation”, the 2003 Joint Conference of the Fourth and fic-Rim Conference on Multimedia, Vol. 2, pp.743-747, 2003.
- [7] P. Blauensteiner, H. Wildenauer, A. Hanbury, M. Kampel, “On Colour spaces for Change Detection Suppression”, Computer Vision Winter Workshop, 2006.
- [8] R. O. Duda, P. E. Hart and D. G. Stork, Pattern Classification. Wiley-Interscience, second edition, 2001.
- [9] 신중홍, 장선봉, 지인호, 디지털 영상처리 입문, 한빛미디어, pp.50-57, 2008.

저자 소개

류남훈(Nam-hoon Ryu)



2007년 2월 : 한국방송통신대학교 컴퓨터과학과 (이학사)
2009년 2월 : 순천대학교 컴퓨터과학과 (이학석사)

2009년 3월 ~ : 순천대학교 컴퓨터과학과 박사과정 재학 중

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 알고리즘



반경진(Kyeong-Jin Ban)

2003년 2월 : 순천대학교 컴퓨터과학
과 (이학사)

2005년 2월 : 순천대학교 컴퓨터과학
과 (이학석사)

2007년 8월 : 순천대학교 컴퓨터과학과 박사수료

※ 관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 영상처리, 증강현실,
HCI



오경숙(Kyeong-sug Oh)

2007년 8월 : 한국방송통신대학교
컴퓨터과학과 (이학사)

2009년 8월 : 순천대학교 컴퓨터과
학과 (이학석사)

2009년 9월 ~ : 순천대학교 컴퓨터과학과 박사과정
재학 중

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, HCI



김응곤(Eung-kon Kim)

1980년 2월 : 조선대학교 전자공학과
(공학사)

1986년 2월 : 한양대학교 컴퓨터공학
과 (공학석사)

1992년 2월 : 조선대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)

1993년 3월 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터과학과 교수

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 멀티미디어,
HCI