

바닥 패턴을 이용한 단일영상 내의 피사체 크기 추출

Extraction of Subject Size in Still Image Using Floor Pattern

황민구*, 김동민**, 하동환*
중앙대학교 첨단영상대학원*, 대검찰청 영상분석실**

Min-Gu Hwang(minku3607@nate.com)*, Dong-Min Kim(astrokim@spo.go.kr)**,
Dong-Hwan Har(dhhar@cau.ac.kr)*

요약

본 논문 단일영상 내에 존재하는 피사체의 정보를 객관적인 수치로 구현하는 데 목적이 있다. 이러한 연구를 위해서 2차원의 단일영상이 가진 소실점을 기초로 하였으며, 3D 프로그램을 이용하여 단일영상을 3차원으로 재구성하였다. 또한, 3차원 재구성에 필요한 촬영카메라의 축 설정을 위해서 이미지가 가진 렌즈 화각 및 바닥 패턴을 활용하였다. 이렇게 완성된 3차원 영상은 하나의 기준이 되는 특정 피사체의 크기 값을 안다면 바닥패턴에 있는 모든 피사체의 크기 및 거리 측정이 가능하며 이를 통해 CCTV 또는 기타 범죄 사건의 영상에서 범인 및 단서가 되는 피사체의 기초정보를 획득할 수 있다.

■ 중심어 : | 디지털 사진 | 피사체 크기 | 소실점 | 3차원 재구성 |

Abstract

This paper aims to realize the information of a subject existing in a still image with objective values. To attain the goal, this research takes the vanishing point that a 2D still image has as the basis and recomposes the still image into a 3D image using a 3D program. Also, in order to set up the axis of the camera necessary to recompose a 3D image, this paper used the lens angle of view that the image has and floor patterns as well. The 3D image completed in this way can measure the size and distance of all subjects in the floor patterns if the size value of a particular reference subject is known, and through this, it can be possible to acquire basic information of a subject that can be either a criminal or a clue in the images of CCTVs or some criminal scene.

■ keyword : | Digital Image | Subject Size | Vanishing Point | 3D Reconstitution |

I. 서론

사진은 연출되지 않는 시간과 공간의 정확성을 가지고 있다는 점을 착안하여 19세기 후반 프랑스 파리 경시청의 신원확인부의 반장이었던 알퐁스 베르티옹(Alphonse Bertillon 1853-1914)은 당시 인류학에서 사

용되던 연구 방법들(methods)인 신체측정(anthropometry), 언어묘사(description), 사진 등을 범인 식별이라는 경찰의 실용적 목적에 적용해 처음으로 ‘과학적’ 개인 식별 기술인 ‘베르티오나지(bertillonage)’를 만들었다[1]. 이러한 계기를 통해서 알퐁스 베르티옹의 의해 제안된 범죄사진의 출현은 사진이 과학적 증명으로서 확실한

* 이 연구는 2010년 대검찰청 연구용역비 지원으로 수행된 연구임.

접수번호 : #101118-003

접수일자 : 2010년 11월 18일

심사완료일 : 2011년 02월 15일

교신저자 : 하동환, e-mail : dhhar@cau.ac.kr

매체로 인식하게 되었다. 이 당시의 모든 과학 분야는 과학적 증명을 위해 현실에 존재하는 사물·현상을 사진으로 재현했다. 경찰은 재범자의 신원을 밝히기 위해서 초상 사진을 ‘유형학 (typology)’에 대입해 사용해 왔으며, 풍경의 경우는 고고학 자료로서의 유적사진, 문화재 보존을 위한 건축사진, 지형과 지질학 탐사와 관련된 사진들이 이미 상당량 생산, 소비되고 있었다. 이러한 과학적 증명 도구로서의 사진은 현재에 들어와 범죄 사건의 감식, 특수 사진을 통한 영상의학 등의 구체화된 용도로 사용되고 있다. 특히 디지털 시대에 들어서면서 영상을 이용한 다양한 매체들이 발달함에 따라 그 활용 범위가 계속해서 증가하는 추세이다.

본 논문에서는 위에서 언급한 과학적 증거 자료의 역할을 구체적으로 보완 해줄 수 있는 연구를 하기 위해 시작되었다. 즉 우리가 보고 있는 단일 이미지에 존재하는 다양한 피사체들의 실제 크기 및 거리정보를 측정하여 촬영 당시의 상황을 실제와 같게 재현할 수 있는 증거 도구로서의 역할을 수행하는 데 목적이 있다. 특히 한 장의 이미지를 보고 그 때의 상황을 재구성할 수 있는 3차원 모델링을 하기 위해서는 이미지 속에 담긴 각 각의 크기값들을 정확하게 알고 있어야만 실제와 같은 3차원 공간을 만들 수가 있다. 이와 같은 피사체의 크기 측정 연구는 단일 영상을 3차원화 시키는데 국한되지 않는다. CCTV영상에 촬영된 용의자의 신체 사이즈 추출, 과거에 촬영된 이미지 속 피사체에 대한 크기 정보 추적 등 단일영상에 대한 피사체 크기정보 측정에 대한 연구는 다양한 방면에서 사용될 수 있을 것으로 예상된다.

II. 기존 연구에서 사용된 측정 방법

1. 렌즈 방정식을 이용한 피사체 측정

카메라로 피사체(object)를 촬영하여 상(image)을 얻을 때, 피사체, 상, 렌즈 간의 거리와 초점거리 그리고 크기관계는 식 (1)과 같다. 이 관계는 얇은 렌즈(thin lens)로 생각하여 등가한 공식이며 이와 같은 공식을 Karl F. Gauss의 이름을 붙여 Gauss의 얇은 렌즈 방정

식이라 한다[2].

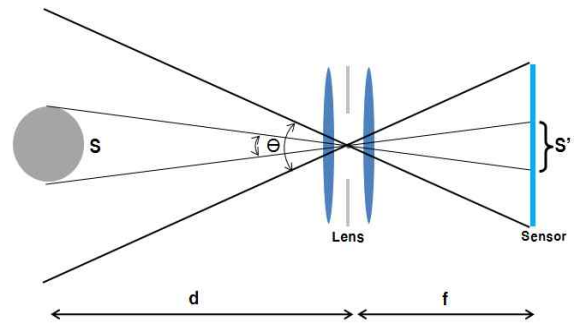


그림 1. 렌즈 방정식에 의한 피사체 크기 측정

$$S = \frac{S' \times d}{f} \quad (1)$$

렌즈 방정식은 광선과 렌즈에 관련된 수식으로 [그림 1]과 같이 피사체에서 반사된 빛과 렌즈의 특성에 의해서 피사체가 스크린에 맺히는 과정을 보여준다. 하지만, 위의 렌즈 방정식을 이용한 피사체 및 크기정보 측정에는 초점거리(f), 피사체에서 렌즈까지의 거리(d), 센서에서의 상의 크기(S'), 피사체 크기(S) 중 3가지 조건을 알고 있어야 나머지 항목을 측정할 수 있어 실제 기타 정보가 없는 단일이미지에 적용하기에는 불가능하다. 또한, 습득된 정보라 하더라도 그 정보는 기본 조건을 충족하는 하나의 피사체에만 적용 가능하며 다른 피사체와의 연관하여 계산할 수 없는 단점이 있다.

2. 움직인 영상을 이용한 피사체 측정

이 방법은 움직인 두 장의 영상을 이용하여 촬영거리를 측정하는 방법으로 3D 촬영에 사용되는 양안시차의 원리와 같으며 렌즈와 피사체까지의 거리를 구할 수 있다[3][4]. [그림 2]와 같이 수평으로 움직인 영상의 픽셀 좌표값(XL, XR)을 측정하고 카메라가 움직인 거리(b), 초점거리(f)를 알면 식 (2)와 같은 방법으로 피사체의 거리를 측정할 수 있다.

하지만, 위와 같은 방법에는 카메라가 움직인 거리(b)를 측정해야 하는 문제점을 갖고 있다. 실제로 촬영된 동영상 안에서 카메라 움직임을 수치로 계산하는 것은 매우 어려운 일이며, 이 때문에 위의 공식을 적용하여

피사체의 크기 및 거리정보를 측정하기에는 불가능하다. 또한, 움직인 거리(b)를 알고 있다 하여도 수평, 수직 움직임이 아닌 회전된 영상에서는 적용할 수 없는 단점을 내포하고 있다.

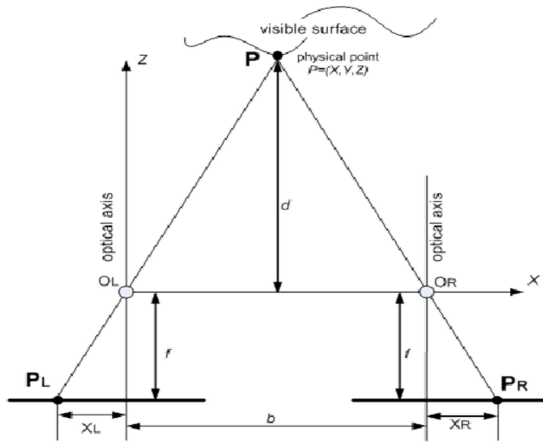


그림 2. 움직인 영상의 거리 측정 방법

$$d = \frac{b \times f}{XL - XR} \quad (2)$$

III. 본론

1. 제안된 기법의 개요

위에서 살펴본 피사체 크기 측정방법들에는 수식에 적용 될 수 있는 초점거리(f), 센서에 촬영된 피사체 크기(S'), 렌즈에서 피사체까지의 거리(d), 수평으로 움직인 영상의 거리(b) 등을 알고 있어야 피사체의 크기값을 구할 수 있다. 하지만 대부분의 단일이미지에서는 수식에 적용하기 위한 조건들을 찾아내기는 어렵다. 이 때문에 본 논문에서는 조건 변수들을 최대한으로 줄이면서 피사체의 크기를 정확히 측정할 수 있는 방안으로 단일 이미지의 3차원 변환 방법을 택하였다. 일반적인 단일 영상 기반의 3차원 정보 복원 기법은 영상 내에 존재하는 환경 구조물들의 수직, 수평 관계, 또는 소실점 및 소실선 등과 같은 기하학적인 단서들을 병용함으로써 구현된다[5]. 특히 소실점 및 소실선은 평면의 이미지가 담는 피사체 크기, 형태, 거리 등을 측정하는 중

요한 단서가 된다[6]. 이러한 방법을 이용하여 [7] 및 [8]의 논문에서 영상으로 사영된 소실점 및 소실선을 이용하여 영상 내의 객체의 상대적인 높이를 추정하기 위한 기법을 제안되었다. 이 과정에는 3차원 공간의 원래 위치로 복원하기 위한 계산을 이용하여 아핀 구조(affine structure)를 복원한다. 이 방법은 영상 사이의 평면 호모그래피(homography)관계를 이용하여 계산한다. 본 논문에서는 이와 같은 방법 외에 [그림 3][그림 4]와 같이 2차원 이미지를 3차원화 시키는 방법으로 역사영(back-projection) 및 이미지의 바닥 패턴이 갖는 소실점을 통한 3차원 재구성 방법을 제안하고자 한다. [그림 3]과 같이 피사체를 촬영하면서 만들어지는 바닥 패턴은 렌즈의 화각과 카메라의 위치에 따라서 왜곡 현상으로 인해 그 형태가 변화하게 된다. 즉, 촬영된 영상 속 불특정한 피사체들의 X, Y, Z축은 정확히 판독하기가 어렵기 때문에 피사체가 서있는 평면의 바닥패턴을 기준 축으로 설정한다. 이렇게 바닥패턴에 맞는 역사영 축설정을 마치면 바닥위에 있는 피사체들 또한 축값을 갖게 된다.

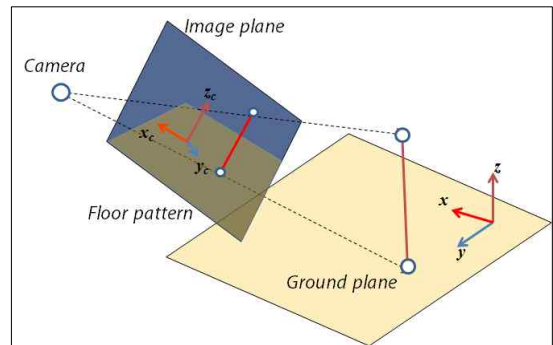


그림 3. 사영으로 만들어지는 바닥 패턴



그림 4. 실제 영상의 바닥 패턴

2. 3D 프로그램을 이용한 바닥패턴 정합

2차원 이미지에 내포된 바닥 패턴을 정합하기 위해서 본 논문에서는 역사영의 방식을 사용하였다. 즉, 촬영된 단일이미지를 3차원을 통해 촬영상황을 유추하는 과정으로 공간 좌표의 기준이 되는 바닥 패턴을 사용하였다. 이러한 과정을 위해서 [그림 5][그림 6]과 같이 3차원의 임의의 공간을 만들고 20mm의 화각으로 촬영하였다. 이때 사용된 프로그램은 Maya 2009로 3D 그래픽에 사용되는 프로그램이다. 이렇게 촬영된 이미지는 실제 존재하였던 바닥의 패턴이 사라지는 일반적인 이미지를 얻게 된다[그림 7]. 본 논문에서는 사라진 바닥 패턴을 다시 복구하기 위해서 [그림 7]과 같이 이미지에 다시 불러들였다. 이때 3D에서 20mm 렌즈화각을 가진 카메라를 생성하고 이미지와 같은 움직임을 갖게 하기 위해서 이미지와 카메라를 고정했다. 이렇게 되면 카메라의 움직임에 따라서 이미지가 같이 움직이기 때문에 촬영 장면은 [그림 8]과 같이 동일한 장면만을 보여준다. 하지만, 역으로 3D 프로그램 내에 내장된 바닥패턴은 좌표의 역할로써 카메라의 움직임에 따라서 변화를 갖게 된다. 이와 같은 원리를 바탕으로 이미지를 역사영 시키기 위해서 카메라를 움직여 3D바닥 좌표와 같은 패턴을 갖는 지점을 찾아내면 [그림 9]와 같은 결과를 얻을 수 있다.

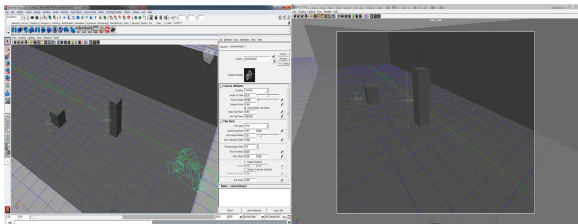


그림 5. 3D 상황 설정

그림 6. 카메라 촬영 장면

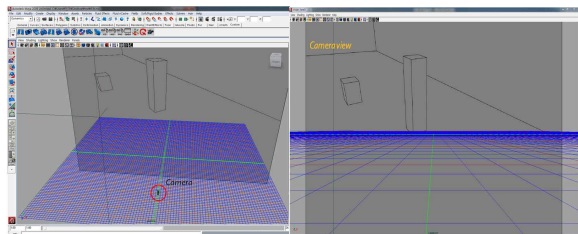


그림 7. Import Image

그림 8. 카메라가 본 단일 이미지

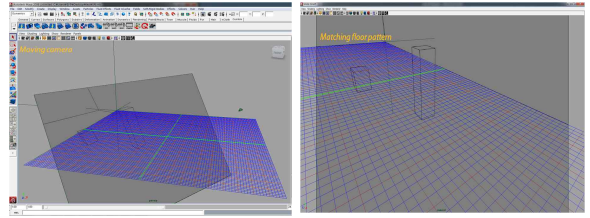


그림 9. 카메라 움직임을 통한 바닥패턴 정합

3. 카메라 위치와 피사체 크기 및 거리 측정

위의 본론 2와 같이 정렬된 바닥패턴 정합은 하나의 공간 좌표로서의 역할을 하며 가상으로 만든 카메라의 장면[그림 9]은 실제 촬영된 상황과 같다고 볼 수 있다. 이러한 이유로 가상의 바닥 패턴에 존재하는 좌표가 실제 좌표와 유사하며 단일이미지에서 보이는 피사체의 좌표는 3차원의 좌표와 같다. 이렇게 완성된 결과는 카메라와 정확한 바닥패턴을 유지하고 있기 때문에 카메라의 촬영 위치를 파악할 수 있다. [그림 10]은 피사체를 바라보고 있는 카메라 위치를 나타내고 있다.

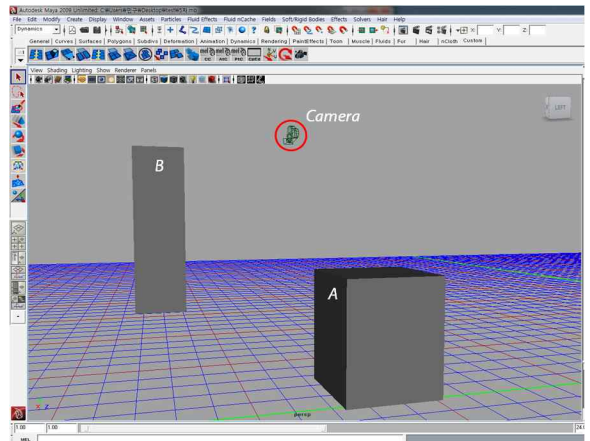


그림 10. 촬영 카메라 위치 확인

피사체의 크기 측정에는 바닥면에 존재하는 기준 피사체의 크기를 알고 있어야 한다. 지금까지의 연구결과는 바닥을 기준으로 절대적인 값을 유지하고 있다. 하지만, 실제 피사체와 같은 스케일을 갖기 위해서는 절댓값에 대한 고정 상수를 적용시켜줘야만 한다. 이 때문에 단일 이미지에 대한 측정요소로 임의의 피사체 크기값을 알고 있어야 한다. 본 논문에서는 3D로 촬영 당

시 작은 육면체 A의 크기를 측정해 놓았으며 크기 측정 값에 대한 결과는 [표 1]과 같다.

표 1. 피사체의 크기 측정 결과 단위(cm)

	A	B
실제 크기	1.183846	3.024249
측정 크기	3.631381	9.156732
A값에 의한 비례 상수	$1.183846 / 3.631381 = 0.325$	
B측정 크기	$9.156732 \times 0.325 = 2.9759$	
오차 범위	$3.024249 - 2.9759 = \mathbf{0.0480621}$	

연구 결과 A 피사체의 실제 크기를 이용하여 3D공간 상의 절대 상숫값 0.325를 얻었으며 3D 프로그램에서 측정하고 있는 값들에 대입하였다. 그 결과 실제 피사체의 크기값과의 차이는 0.048cm로 실제와 매우 근소한 값을 갖는 것을 확인할 수 있다. 또한, 피사체와 카메라까지의 거리를 측정해 보면 [그림 11][표 2]와 같이 0.135cm로 거리측정에서도 실제 상황과 많은 차이가 없는 것을 확인할 수 있다.

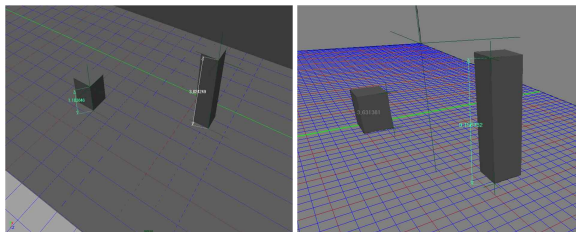


그림 11. 실제 피사체의 크기(좌), 측정 피사체의 크기(우)

표 2. 카메라와 피사체까지의 거리 측정 단위(cm)

	B 피사체의 상단 모서리에서 카메라까지의 거리
실제 거리	7.414246
측정 크기	22.395765
A값에 의한 비례 상수	$1.183846 / 3.631381 = 0.325$
B측정 거리	$22.395765 \times 0.325 = 7.2786$
오차 범위	$7.414246 - 7.2786 = \mathbf{0.135646}$

4. 실제 촬영된 단일이미지 분석 및 결과

위에서 살펴 본 바와 같이 측정된 결과 값은 실제 크기 및 거리값에서 오차 범위가 작은 것을 알 수 있었다. 하지만 3D 모델링에서의 도출된 결과값이 실제 상황에서도 동일하게 적용되는지 확인하기 위해서 [그림 12]의 이미지를 이용하여 피사체의 기초 정보값을 측정해 보았다. 실험 결과[표 3]과 같이 실제 피사체의 크기 값과의 오차 범위는 1cm 안팎으로 실험 3의 결과 값보다는 오차 범위가 소폭 상승했다. 이와 같은 오차의 이유는 촬영 상황에서의 피사체의 움직임으로 인한 측정 오차 및 모델링에서 오는 좌표 설정이 문제라고 판단된다. 또한 실제 촬영에 사용된 렌즈의 왜곡의 왜곡 (Distortion)에 따라 조금씩 오차가 발생하게 되고 움직임 피사체에 대한 정확한 픽셀좌표를 알 수 없기 때문에 실험 3과 같은 결과값이 도출되지 않는 문제점이 있다. 하지만 오차 범위가 1cm 안팎이기 때문에 허용 오차범위로 설정해도 무방하다고 할 수 있다.



그림 12. 실제 이미지에 바닥패턴 정합

표 3. 실제 장면의 크기 측정 결과 단위(cm)

	사람의 기초 정보(비례 상수: 8.894)
키 크기	172(실제) / 173.007(측정)
신발 크기	29.2(실제) / 29.181(측정)
촬영 거리	416.5(실제) / 415.242(측정)
오차 범위	키(1.007) / 신발(0.019) / 거리(1.258)

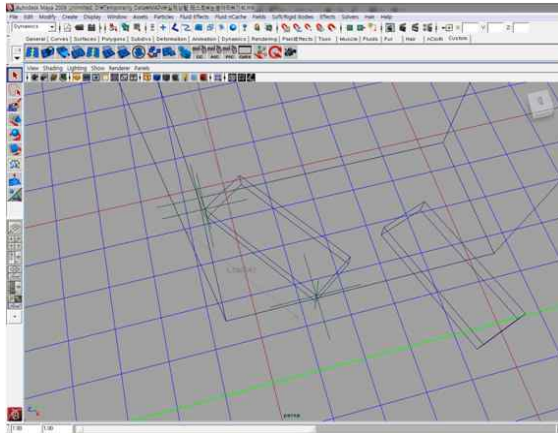


그림 13. 신발 사이즈 모델링 및 사이즈 측정

VI. 결론

본 논문에서는 단일이미지가 가진 바닥패턴을 이용하였으며, 단일이미지를 역사영방식을 통해서 실제촬영 영상상을 재구성하였다. 이렇게 완성된 3D공간에서의 크기값들은 절대상수를 적용시켜 실제 피사체와 크기와 같은 값을 갖도록 하였다. 이와 같은 연구는 기존의 피사체의 크기 및 거리측정 방법에서 발생하는 다양한 문제점들을 해결할 수 있으며 단순히 크기, 거리 정보만을 측정하는 방법에서 벗어나 촬영 카메라의 위치를 확인할 수 있었다.

이미지에서 얻을 수 있는 과학적 증거 자료는 다양하며 이를 본 연구와 같이 정확하게 분석해 낼 수 있다면 감시, 통계, 보안 시스템 등에 유용하게 이용될 수 있을 것으로 예상된다. 또한, 촬영 당시의 상황을 실제와 동일하게 재현할 수 있는 증거 도구로서의 역할을 수행할 수 있어 과학수사에 매우 유용한 정보가 될 것이다.

참고 문헌

- [1] 박상우, “사진, 다크, 식별: 베르티용 사진 연구”, *AURA*, No.20, 2009.
- [2] 최대성, “단일 카메라를 이용한 3D 물체 복원에 있어서 검색시간 최소화 기법에 관한 연구”, *승실*

대학원 전자공학과 박사논문, pp.12-21, 2004.

- [3] J. S. Lee, Analysis of Convergent Looking Stereo Camera Model, *Journal of IEEK*, Vol.33B, No.10, pp.50-62, 1966.
- [4] M. K. Lee and S. W. Jang, 3-Dmensional Inspection a Crimped Terminal Using Stereo Vision, *Proceedings of KORMS Spring Conference*, Vol.1, pp.1-4, 1998.
- [5] 이석한, 최종수, 단일 카메라를 이용한 보행자의 높이 및 위치 추정 기법, *전자공학논문지*, 45권 SC편 제3호, pp.146-157, 2008.
- [6] 김종수, 김태웅, 최종수, 기하학 정보와 객체 추출을 통한 실시간 높이 측정, *한국통신학회논문지*, Vol.29, No.12C, pp.1652-1659, 2004.
- [7] D. Leibowitz, A Criminisi, and A. Zisserman, “Creating Architectural Models from Image,”*Proc. EuroGraphics’99*, Vol.18, No.3, 1999(9).
- [8] A Criminisi, I Reid, and A. Zisserman, “Single View Metrology,”*Int’l J. Computer Vision*, Vol.40, No.2, pp.123-148, 2000(5).

저자 소개

황민구(Min-Gu Hwang)

정희원



- 2007년 2월 : 수원대학교 건축공학과(공학사)
- 2009년 8월 : 상명대학교 문화예술대학원 디지털이미지학과(예술학 석사)
- 2009년 9월 ~ 현재 : 중앙대학교

첨단영상대학원 영상학과 박사과정

<관심분야> : 과학 사진, 디지털 사진 분석

김 동 민(Dong-Min Kim)

정회원



- 2000년 2월 : 한남대학교 컴퓨터 공학과(공학사)
- 2000년 4월 ~ 2003년 7월 : 서울교육대학교 전자계산소 근무
- 2003년 7월 ~ 현재 : 대검찰청 영상분석실 실장

<관심분야> : Image Processing, 영상처리

하 동 환(Dong-Hwan Har)

정회원



- 1993년 : Brooks Institute of photography, Industrial/Scientific Photography(B.A).
- 1994년 : Ohio University, Visual Communication(M.A.)
- 2005년 : 한양대학교 교육대학원

(Ph.D)

- 1999년 ~ 현재 : 중앙대학교 첨단영상대학원 교수

<관심분야> : 과학사진, 특수영상