영상처리 기법을 이용한 판화 스타일 효과

Printmaking Style Effect using Image Processing Techniques

김승완, 권오봉
전북대학교 컴퓨터공학부

Seung-Wan Kim(kswsamson@chonbuk.ac.kr), Ou-Bong Gwun(obgwun@chonbuk.ac.kr)

요약

본 논문에서는 입력된 실제 영상을 판화와 같은 느낌이 나는 영상으로 변환하는 기법을 제안한다. 즉 이 기법은 입력된 영상을 영상처리 기법을 이용하여 사람이 작업한 것과 같은 고무 판화 느낌이 나는 영상으로 변환한다. 먼저 원본 영상에서 윤곽선을 검출한 후 반전시키고, 잡음 성분의 선이나 점들을 제거하고, 선명화 처리를 하여 첫 번째 영상을 만든다. 다음, 첫 번째 영상과 유사한 방법으로 두 번째 영상을 만든 후, 마지막으로 논리곱을 이용하여 이 두 영상을 합성한다. 이와 같이 처리하여 고무판과 조각칼이 함께 만드는 효과를 표현한다. 또한, 외곽선 검출의 이중 적용이 선폭을 강화하고 잡음 성분의 미세 선을 제거하는데 효과적임을 보인다.

■ 중심어 : | 비사실적 렌더링 | 판화 | 영상처리 | 양각 고무 판화 |

Abstract

In this paper, we propose a method that converts a inputted real image to a image feeling like printmaking. That is, this method converts a inputted real image to man made rubber printmaking style image using image processing techniques such as spatial filters, image bit-block transfer, etc. The process is as follows. First, after detecting edges in source image, we get the first image by deleting noise lines and points, then by sharpening. Secondly, we get second image using the similar method to the first image. Finally, we blend the first and the second image by logical AND operation. This processing enables us to represent rubber panel and knife effects. Also, the proposed method shows that double edge detecting is effective in enhancing line-width and removing the tiny lines.

■ keyword : | Non-Photorealistic Rendering | Printmaking | Image Processing | Embossed Mubber Print |

I. 서론

컴퓨터그래픽스의 주목표는 사진과 같은 사실적 영상을 생성하는 것이 주목적이다. 이와 같은 사실적 렌더링은 많은 연구자들의 노력으로 실제와 구별할 수 없을 정도의 영상물을 표현할 수 있게 되었다.

PRR(Photo-Realistic Rendering)의 결과물들은 광고, 특수효과 등 영상콘텐츠의 다방면에서 활용되고 있다. 이렇게 실사와 구별할 수 없을 정도의 결과물들은 이제 우리의 실생활에 스며들어 PRR 결과물들은 더 이상 영상콘텐츠에서 새로운 볼거리가 될 수 없는 수준으로까지 도달했다[1].

이렇게 PRR에 대한 연구가 어느 정도 완성단계에 이르자, 이제는 연구방향이 사람이 직접 그린 것과 같은 영상을 표현하기 위한 연구가 시작되었다[2]. 이러한 비사실적 렌더링(NPR: Non Photorealistic Rendering)은 1980년대 후반부터 그 연구가 활발해졌으며, 이제는 PRR과 함께 컴퓨터그래픽스의 대표적인 분야 중 하나가 되었다. 이는 컴퓨터로 구현된 모델이나 환경 등의 사실적 표현과는 달리, 실제 영상이나 가상의 모델을 마치 예술가들의 작품처럼 회화적으로 표현한다는 점에서 크게 구분된다[3].

비사실적 표현기술은 영상/모델 분석, 비사실적 렌더링, 비사실적 모션표현, 드로잉 기반 모델링으로 분류할 수 있다. 이 중 비사실적 렌더링은 펜&잉크, 카툰, 회화적 렌더링, 수묵화, 모자이크 기술적 일러스트레이션 등 [4]으로 예술적 표현을 위한 여러 가지 NPR 기법들이 있으나, 판화 스타일을 표현하기 위한 연구는 초기 단계로 그 결과물이 많지 않다. 판화는 미술 분야에 있어서 회화만큼의 적지 않은 비중을 차지하고 있다.

판화는 나무, 금속, 돌 등의 면에 표현하고자 하는 형상을 새기거나 그려 판을 만든 후, 잉크나 물감 등을 칠하여 종이나 천 등에 인쇄하는 것으로, 판재의 종류와 판의 제작 방법, 조각칼의 선택에 따라 독특한 아름다움이 표현되어 여러 분야에서 활용되고 있다. 특히 고무판화의 경우, 새기기가 쉽고 조각칼 사용의 위험성이 다른 판재보다 낮아 초보자의 교재로 적당하다. 이러한 이유로 본 연구에서는 입력된 실제 영상에서 고무판화와 같은 효과를 표현하기 위한 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 판화효과를 표현하기 위한 관련연구를 알아보고, 3장에서는 제안 기법의 개요와 구체적 절차에 대하여 기술한다. 4장에서는 본 연구의 결과 영상을 관련연구의 결과 영상과 비교평가하고, 마지막으로 5장에서 결론을 내린다.

II. 관련연구

컴퓨터를 이용하여 입력된 실제영상을 판화적인 영상으로 변환하는 연구는 디지털인그레이빙, 모바일 기

기에서의 비사실적 드로잉 정도로 그 연구가 드물다. 이러한 이유로 판화효과의 표현에 앞서 연필해칭효과, 스케치스타일 효과의 표현 등에 대해서도 함께 살펴본다.

1. 연필해칭효과

[5]는 영상처리분야에서 널리 사용되는 블러링과 샤프닝을 이용하여 연필해칭효과를 표현하는 방법을 제안했다. 두 필터를 이용하여 영상에 대한 마스크연산을 적절히 조합함으로써 해칭효과를 생성했다. 특히 모션 블러링을 각각 다른 방향으로 적용한 영상들을 합성하여 크로스해칭 효과를 나타냈다.

그림 1. 연필해칭효과

2. 스케치스타일효과

[6]은 [5]의 기법을 보완하여 영상처리 기법에 기반, 윤곽선 검출 후 미세 선들을 제거하여 첫 번째 영상을 구하고, 유사한 방법으로 두 번째 영상을 구한다. 추출한 두 영상의 산술연산을 수행한 후, 해칭효과를 적용하여 보다 인간 친화적인 스케치스타일을 표현했다.

(가) 입력영상 (나) 스케치효과
그림 2. 스케치스타일 효과

3. 디지털인그레이빙

[7]은 디지털아티스트들에게 판화효과를 쉽게 구현할 수 있는 다목적 툴을 제공하기 위해 물체의 외곽선 추출 후 그리드라인을 입히는 기법을 제안했다. 이는 패치를 이용하여 선폭과 방향을 조절하여 여러 가지 판화 효과를 표현할 수 있으며, 그에 따른 농담은 추출된 외곽선을 따라 생성한다.

(가) 입력영상

(나) 인그레이빙

그림 3. 디지털인그레이빙

4. 모바일 기기에서의 비사실적 드로잉

[8]은 모바일 기기에서의 비사실적 영상을 나타내기 위한 4 종류의 기법을 제안했다. 이는 비교적 단순한 알고리즘을 사용하여 더브, 판화, 선화, 엠보싱 효과를 표현했다. 특히 본 논문과 관련된 엠보싱 효과를 소벨마스크를 이용한 윤곽선의 검출과 불연속선 제거, 희미하게 표현된 선들의 선명화처리로 판화 느낌의 영상을 만들었다.

(가) 동판효과

(나) 고무판화효과

그림 4. 모바일 기기에서의 판화 효과

관련연구들을 살펴보면 이들 판화 스타일로 표현했다고 하기에는 부족하다. [5]는 영상의 모든 부분에 해칭효과를 적용하여 기계적인 느낌이다. 해칭을 생성하는데 장면의 음영과 구설 물체의 텍스처 등을 고려

해야 하며, 스케치스타일효과[6]의 결과 영상에서는 다양한 선의 표현이 가능하나, 판화에서는 조각칼에 따라 선의 모양이 결정되므로 종류에 따른 선의 모양을 나타내야 한다. 디지털인그레이빙[7]에서는 패치에 의한 그리드라인을 만들어 에칭 효과의 표현이 가능하나 균일화되어 있어 기계적인 느낌이다. [8]에서는 동판으로 제작한 엠보싱 효과의 판화를 표현했으나, 본 논문의 목적은 고무판화 느낌의 결과 영상을 생성하는 것이다. 고무판화의 결과 영상은 외곽선과 물체의 개략적인 내용까지 함께 포함되어야 한다.

III. 판화스타일효과

본 장에서는 입력 영상을 두 장의 서로 다른 영상으로 생성, 합성하여 판화 스타일 영상의 표현 방법에 대해 기술한다. 알고리즘 1.은 본 논문에서 제안하는 기법의 의사코드이다.

알고리즘 1. 판화 스타일 효과 의사코드

```

Image      srcImg, resImg, img1, img2,
           tmpImg1, tmpImg2, tmpImg3 ;

Layer1 :
           tmpImg1 = toGray ( srcImg ) ;
           tmpImg1 = edgeDetection ( tmpImg1 ) ;
           tmpImg1 = invert ( tmpImg1 ) ;
           tmpImg1 = removeMean ( tmpImg1 ) ;
           tmpImg1 = sharpen ( tmpImg1 ) ;
           img1 = tmpImg1 ;

Layer2 :
           tmpImg2 = img1 ;
           tmpImg2 = edgeDetection ( tmpImg2 ) ;
           tmpImg2 = invert ( tmpImg2 ) ;
           tmpImg2 = sharpen ( tmpImg2 ) ;
           img2 = tmpImg2 ;

printMaking :
           tmpImg3 = AND ( img1, img2 ) ;
           tmpImg3 = binary ( tmpImg3, 127 ) ;
           tmpImg3 = invert ( tmpImg3 ) ;

resImg = tmpImg3 ;
  
```

본 논문에서 제안하는 기법은 Layer1, Layer2, printMaking으로 구성하여 각각의 Layer1, Layer2에서는 각 절차에 따라 첫 번째 영상과 두 번째 영상을 추출한다. Layer1에서는 입력영상을 흑백 전환, 윤곽선을 검출한 후 반전한다. 이후 평균 필터를 사용하여 영상 내의 잡음을 제거하고, 선명화 필터를 사용하여 윤곽선을 강화한다. Layer2에서는 Layer1의 결과영상을 사용하여 윤곽선의 재검출, 반전, 선명화 처리를 수행하여 윤곽선을 강화한다.

마지막으로 printMaking에서 Layer1과 Layer2의 결과영상의 논리연산을 통하여 합성한 후 이진화 처리와 반전 처리로 최종 판화 결과영상을 생성한다.

1. Layer1

1.1 흑백영상으로의 변환

대부분의 판화는 특별한 경우가 아니면 단색으로 표현한다. 입력되는 실제영상은 대부분 RGB 모드의 실사 영상이기 때문에 NTSC 표준인 수식 (1)을 이용하여 변환한다.

$$BR = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (1)$$

여기서 BR은 흑백영상의 밝기, RGB는 삼원색이며, 그 범위는 각각 0 ~ 1 사이이다. [그림 5] (나)는 (가)의 입력영상을 흑백으로 변환한 영상이다.

(가) 입력영상

(나) 흑백영상

그림 5. 입력영상의 흑백변환

1.2 윤곽선 추출

모든 회화의 기본 작업은 물체의 형상을 나타내기 위한 윤곽선에서부터 시작한다. 윤곽선은 물체의 외형을 나타내기 때문에 특징선이라고도 할 수 있다. 특징선의

추출은 NPR에서도 가장 기본이 되는 기술이다. 2차원 영상을 입력으로 사용하는 경우 특징선 추출을 위한 기법으로 소벨마스킹, 차연산마스킹 등을 사용하는 여러 가지 알고리즘들이 존재한다[4].

실제 미술작품에서 물체의 경계와 그 내부의 표현은 윤곽선폭에 따라 나타내며, 불필요한 부분은 삭제한다. 디지털영상에서도 이와 같은 기본적인 처리를 거쳐 표현한다. 특히 판화와 같이 조각칼을 사용하는 작업에서는 그 형태 및 필압에 따라 윤곽선폭이 조정되어야 한다.

윤곽선 검출은 유사연산자, 차연산자 등을 사용하는 간단한 기법이 존재한다. 유사연산자는 해당픽셀에서 이동위치의 픽셀값을 차감하여 구해진 절댓값 중 가장 큰 차이를 보이는 부분을 윤곽선으로 나타낸다. 이를 이동과 차분(Shift & Difference)라 하며, 픽셀 당 8회의 이동과 감산연산이 필요하다[9]. 이는 구현은 간단하나, 수차례의 차감연산으로 인하여 많은 계산시간을 필요로 한다. 이에 비해 차연산자는 픽셀 당 4회의 차감연산으로 계산시간이 적고, 그 결과는 유사연산자와 유사한 결과를 보이기 때문에 본 연구에서는 차연산자를 이용한 윤곽선 검출 방법을 이용한다. [그림 6]은 차연산자 마스크 동작원리이고, 수식 (2)는 차연산식이다.

A	B	C
D	E	F
G	H	I

(가) 마스크

↖	↓	↗
→	E	←
↙	↑	↘

(나) 동작원리

그림 6. 차연산자 마스크와 원리

$$nP = \max(|A-I|, |C-G|, |B-H|, |F-D|) \quad (2)$$

그림 7. 차연산을 이용한 윤곽선 검출

1.3 양각효과를 위한 영상의 반전

[그림 7]은 차연산을 이용하여 윤곽선을 검출한 영상으로 검출된 윤곽선의 굴기가 거의 동일하고 고주파영역의 표현이 복잡하며, 전체적인 분위기가 어둡다. 밝은 느낌의 양각고무판화 효과를 나타내기 위해 배경을 밝은 색으로 전환해야 하며, 강한 흑백의 대비와 조각칼 효과가 추가되어야 한다. 양각 형태로 변환하기 위해 수식 (3)을 사용한다.

$$tmpImg1(x, y) = 255 - invert(tmpImg1(x, y)) \quad (3)$$

그림 8. 반전 결과 영상

1.4 미세선 제거를 위한 평균필터의 적용

검출된 윤곽선 반전 영상에서는 많은 흥미한 미세선들이 존재한다. 이는 윤곽선이 영상 내에서 선의 연결 관계, 물체의 구성 등을 고려하지 않고 명도의 차이만을 이용하여 검출되기 때문이다.

영상 내의 구성요소가 적고 명도차가 확연한 고주파영역이 많을수록 다량의 미세선들이 검출되어 사람이 직접 그린 것과 같은 절제된 윤곽선의 표현이 어렵다. 절제된 윤곽선의 표현은 평균필터를 적용하여 해당픽셀의 값이 해당픽셀과 이웃픽셀의 평균값을 가져 고립된 미세선을 흐리게 하여 제거할 수 있다. [그림 9]는 평균필터마스크와 그 요소값이며, 수식 (4)는 해당픽셀값의 계산방법이다.

여기서 I_n 은 마스크 요소의 값이고 nP 는 해당픽셀값이다. 이와 같이 평균필터를 사용하면 결과영상의 경계선폭이 넓어지고 전체적으로 영상이 평탄화된다. 또한 영상 내에 존재하는 잡음의 영향도 사라지는 효과를

보이는데, 이를 너무 과도하게 사용할 경우 초점이 맞지 않는 사진과 같은 영상으로 변하게 된다[10]. 이는 고무판화에서 요구되는 조각칼의 예리한 스트로크를 둔화시키는데, 이러한 느낌을 살리기 위하여 선명화필터를 적용한다.

I_0	I_1	I_2	$1/9$	$1/9$	$1/9$
I_3	I_4	I_5	$1/9$	$1/9$	$1/9$
I_6	I_7	I_8	$1/9$	$1/9$	$1/9$

그림 9. 평균 필터 마스크와 그 요소값

$$nP = \sum_{n=0}^8 I_n / 9 \quad (4)$$

선명화필터는 명암차가 심한 고주파영역을 강화함으로써 영상 내의 물체 내부에는 변화를 주지 않고 물체를 이루는 윤곽선만의 강화가 가능하다. 선명화효과는 마스크의 이용으로 가감이 가능한데, 반복 테스트 후 그 결과가 가장 좋은 마스크를 사용했다([그림 10]).

-1	-1	-1	0	-2	0
-1	9	-1	-2	11	-2
-1	-1	-1	0	-2	0

(가) Layer1

(나) Layer2

그림 10. 각 Layer에서 사용된 선명화 마스크

그림 11. 평균 및 선명화 필터 적용

[그림 11]은 평균필터와 선명화필터를 적용한 영상으로 물체의 외곽선 경계는 강화된 반면 물체 내부를 이루는 주름 등의 선 요소는 강화되지 않았음을 보인다.

2. Layer2

본 절에서는 Layer1에서 사용했던 일련의 공간필터 등의 파라미터 값을 달리한 후 순차적으로 적용하여 윤곽선폭을 넓히고 선명하게 변환하여 두 번째 영상을 생성한다.

2.1 미세선 정리를 위한 평균필터

Layer1에서 이미 평균필터를 적용했으나 선명화 처리로 인한 고주파 미세선들이 나타난다. 이는 최종 영상에서 그대로 선명화 처리를 하기 때문에 극심한 영상 왜곡현상을 발생시킬 수 있다. 고무판화의 느낌을 살리기 위한 윤곽선의 강화는 [그림 9]의 평균마스크를 사용하여 미세선을 제거함으로써 그 효과를 나타낼 수 있다([그림 11]).

그림 11. 잡음 제거 영상

2.2 윤곽선의 강조

고무판화에서와 같이 윤곽선폭을 넓게 표현하기 위하여 다시 한 번 윤곽선을 검출한다. 윤곽선 검출은 Layer1과 같은 방법을 사용했다.

이차윤곽선은 일차윤곽선의 주위에 생성되며 음화로 검출되므로 이를 반전한다([그림 12](가)). 즉 내부가 빈 이중윤곽선 형태로 나타난다. 이를 Layer1의 결과영상과 합성하여 폭이 넓은 윤곽선 영상을 생성한다. 이후 [그림 10](나)의 선명화 마스크를 적용하여 윤곽선을 강화시킨다([그림 12](나)).

(가) 윤곽선검출후반전 (나) 선명화필터 적용

그림 12. Layer2 처리에 따른 결과영상

3. printMaking

각 Layer의 결과 영상인 img1과 img2의 논리곱 연산을 수행한 후영상의 이진화 처리, 반전을 차례로 적용하여 최종결과영상을 생성한다. [그림 13]은 img1, img2의 논리곱 연산을 수행한 결과이다. 곡선 또는 직선 형태의 윤곽선들이 둥근칼 또는 삼각칼 등으로 작업한 것과 같이 부드러운 부분과 예리한 부분을 표현되었으나, 배경 또는 물체의 내부에 존재하는 많은 잡음들로 인하여 판화를 지저분한 종이에 찍어낸 것과 같은 느낌이다.

그림 13. img1, img2의 논리곱 연산

이러한 잡음이 많은 결과영상은 배경과 물체의 구분이 불확실한 명암대비가 낮은 영상이기 때문에 이진화 연산을 이용하여 명암 대비를 확대시킨다.

그림 14. 판화 스타일 효과 (최종 결과 영상)

이는 흑백 그레이영상이 사용자의 지정 경계값에 따라 두 값만으로 분리된다[9]. 본 연구에서는 반복테스트 후 경계값을 127로 설정하였다. [그림 14]는 이진화처리, 반전처리를 수행한 최종 판화스타일 영상이다.

IV. 실험 결과 및 고찰

제한한 기법인 판화스타일 효과는 Windows 환경에서 Visual Studio 2005 C#을 사용하여 구현하였다. 제한한 방법으로 생성한 영상은 양각형태의 판화스타일로 물체가 표현되었음을 볼 수 있다. 윤곽선은 돌기, 직선, 곡선 등 여러 형태로 나타났다. 또한 윤곽선폭, 윤곽선형태가 다양하게 표현되었다.

본 논문의 특성상 기존연구들과의 객관적인 비교가 어렵기 때문에 예술가 및 미술학도들에게 본 시스템의 결과 영상에 대한 자문을 통했을 때의 평가결과는 다음과 같았다.

[7]의 결과영상은 물체의 내외부에 일정한 간격의 에칭 효과를 주어 기계적인 느낌을 풍기고, [8]의 경우 동판효과는 표현이 잘 되었으나, 판화효과에서는 윤곽선이 물체의 형상을 모두 나타내지 못하고 강한 스트로크를 보이는 부분에서도 선폭이 일정하다. 본 논문의 최종결과영상인 [그림 14]는 윤곽선으로 물체의 모든 부분이 표현되고 윤곽선폭이나 윤곽선형태가 다양하다.

(가) 음각형태 (나) 양각형태

그림 15. 실제 판화

그러나 사람이 직접 작업한 [그림 15]의 실제 판화와 비교했을 때는 개선해야 할 점이 적지 않다. 실제 판화에서는 선의 터치가 길고 유려하나 제안방법은 선의 요철이 심하고, 물체의 내부가 비어 있어 약간은 허전하지만, 흑백의 다양한 선과 점으로 물체를 표현하여 고무판화의 느낌이 난다.

다음은 본 논문에서 구현한 시스템으로 여러 영상들을 테스트한 결과이다.

그림 16. 시스템 테스트 영상

물체 내부의 특징선들을 자연스럽게 표현하고 이진화 경계값, 필터마스크 값 등의 파라미터 추출의 자동

화가 제안한 방법의 개선점이다. 특징선 표현의 문제는 물체의 특성에 맞게 해칭을 생성하고 이를 물체 내부에 적용하면 될 것으로 예상된다. 파라미터 자동추출에 대한 문제는 영상의 특성이 제각기 다르고, 작품을 보는 취향이 다르므로 본 시스템에서는 직접 파라미터를 입력하여 결과를 확인하고 반복테스트를 하는 것이 최선이라 생각된다.

V. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 고무판화효과를 표현하기 위하여 영상처리에서 흔히 사용되는 공간필터, 이미지비트블록 전이 등을 이용한 기법을 제안하였다. 그리고 유사한 기법의 이중적용이 외곽선을 강화하고 잡음성분의 미세선을 제거하는데 효과적임을 보였다.

NPR은 PRR과 같이 활성화되어 최근 영화, 애니메이션, CF, 게임, TV 드라마 인트로 등의 영상콘텐츠에 활용되고 있다. 그러나 판화에 대한 연구는 많지 않아 본 연구 결과가 뛰어나다고는 할 수 없으나 컴퓨터를 이용하여 고무판화 효과의 생성을 시도하였다는데 의의가 있다. 향후 판화 생성을 위한 저작도구가 출현하리라 예상되는데 이러한 저작도구를 개발하는데 본 연구가 보탬이 되었으면 하는 바람이다. 또한 본 논문의 개선점인 물체의 특성 고려와 파라미터의 자동화, 그리고 예술가들의 자문을 통하여 더욱 많은 판화효과 생성에 대한 연구를 할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] 정규만, 김성환, “컴퓨터게임을 위한 비사실적 렌더링 기술”, 한국컴퓨터게임학회논문지, 제14권, pp.91-96, 2008.
- [2] 송민정, 이승용, “이차원 영상의 라인드로잉”, 정보과학회논문지:시스템및이론, 제34권, 제12호, pp.665-682, 2007.
- [3] 장석, 홍현기, “컬러 점묘화 기법을 이용한 비사실적 렌더링”, 정보과학회논문지:시스템및이론, 제33권, 제12호, pp.128-136, 2006.

- [4] 김성예, 이지형, 김보연, 김희정, 구본기, “비사실적 렌더링 기술 동향”, ETRI, 제20권, 제4호, pp.43-57, 전자통신동향분석, 2005.
- [5] 마장열, 용한순, 박진완, 윤경현, “샤프닝과 블러링 필터를 이용한 연필 해칭 효과”, 한국컴퓨터그래픽스학회논문지, 제11권, 제1호, pp.8-12, 2005.
- [6] 김승완, 권오봉, “공간 필터를 이용한 스케치 스타일 효과”, 한국콘텐츠학회논문지, pp.86-93, 2009.
- [7] <http://www-cs.engr.cuny.cuny.edu/~wolberg/projects>
- [8] D. S. Liu, C. H. Liu, and C. I. Cheng, “Two-Dimensional Non-Photorealistic Drawings on Mobile Devices,” SAC’09, pp.1843-1844, 2009.
- [9] 신종홍, 장선봉, 지인호, 디지털 영상처리 입문, 한빛미디어, 2008.
- [10] 황선규, IT Expert 영상처리 프로그래밍 by Visual C++, 한빛미디어, 2007.

저 자 소 개

김 승 완(Seung-Wan Kim)

정회원

- 2001년 2월 : 한일장신대학교 전자통신학부(이학사)
- 2003년 8월 : 전북대학교 컴퓨터정보학과(공학석사)
- 2007년 2월 : 전북대학교 컴퓨터정보학과(박사수료)

<관심분야> : 컴퓨터그래픽스, NPR, 3차원모델링

권 오 봉(Ou-Bong Gwon)

정회원

- 1980년 2월 : 고려대학교 전기공학(공학사)
- 1983년 2월 : 고려대학교 전기공학(공학석사)
- 1993년 3월 : 일본구주대학교 종합이공학연구과(공학박사)

• 1993년 9월 ~ 현재 : 전북대학교 전자정보공학부 교수
<관심분야> : 컴퓨터그래픽스, 비주얼라이제이션, 물리시뮬레이션