

## 예제 기반 수묵담채화 표현기술 개발

이원용<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>대전대학교 인터넷보안과

### Development of sumi-e effect from example image

Won-Yong Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Inetrenet Information Security, Hyejeon Collage

**요 약** 수묵 담채화는 먹과 채색을 동시에 사용하는 예술 양식을 의미한다. 이는 동양 미술의 전통적인 기법중의 하나로 널리 알려져 있으며, 영화 및 광고 포스터 및 카메라의 다양한 특수효과 표현 등에 널리 활용된다. 본 연구에서는 컴퓨터 그래픽스 및 영상처리 기법을 기반으로, 참조된 예제 이미지의 수묵담채화 특징이 반영된 결과영상 생성 알고리즘을 제안한다. 이를 위해 우리는 크게 두 가지 단계를 거친다. 첫 번째 단계는 채색 효과 표현단계이다. 우리는 예제 영상에 나타나는 재질감을 수치적으로 분석해 결과 영상에 반영할 수 있는 질감 전이 기법을 활용하였다. 두 번째는 먹선 효과의 표현이다. 우리는 예제영상의 윤곽선에서 나타나는 명도 변화 값을 고려하여 먹선 효과를 표현하였다. 우리의 알고리즘은 선택된 참조 영상에 따라 다양한 느낌의 수묵 담채 스타일의 결과를 표현할 수 있으며, 이 기법은, 다양한 콘텐츠 생성 연구에 활용 가능하다.

**Abstract** Sumi-e is one of the art work that uses not only ink line but also color painting. This technique is well known as a representative Asian painting style and widely used in movie, advertisement poster and various effect in camera device. In this paper, we propose an algorithm that can generate result image with Sumi-e effects of example image based on computer graphics and image processing techniques. For this, we pass two steps. The first is painting expression step. We used texture transfer technique to generate result with texture effect of reference image by analyzing numerically. The second step is ink-painting effect generation step. We express ink-painting effect in outline by considering intensity variation in edge of example image. Our algorithm can express various Sumi-e style based on selected reference image. So it can be utilized to various contents generating research.

**Key Words** : Edge line effect analysis, Sumi-e simulation, Texture transfer technique

### 1. 서 론

2010년 I-Phone 및 갤럭시 등의 소형 스마트 디바이스의 보급이 급증하면서, 다양한 스마트 앱(App.)이 연구되며 개발되기 시작하였다. 그 중 다양한 시각적 효과를 표현하는 디지털 콘텐츠 분야의 앱들은 싸이월드, 페이스북, 트위터등의 UCC(User Created Contents) 산업 발달과 더불어 전 연령의 사람들에게 높은 인기를 가지며 수익을 창출하고 있다. 본 연구는 다양한 디지털 콘텐츠 효과

중, 수묵담채화 표현 기법에 대해 초점을 맞추고 있다. 수묵담채화는 동양의 대표적인 회화표현 양식중 하나로, 먹에 의한 굵은 선 효과와, 수채화와 같은 느낌의 색을 가지는 것이 대표적인 특징이라 할 수 있다[Fig. 1].

수묵 담채화의 효과를 컴퓨터로 재현하기 위해 컴퓨터 그래픽스(Computer Graphics) 분야에서는 90년대 후반 들어 몇몇의 연구들이 시도되어 왔다. 하지만 기존의 연구들은 3D 기하데이터(Mesh data) 기반의 연구가 주를 이루어 졌고, 이는 일반적인 스마트 디바이스에서 획득하

본 연구는 2012학년도 대전대학교 학술연구비 지원에 의한 논문임

\*Corresponding Author : Won-Yong Lee(Hyejeon Collage)

Tel: +82-10-3292-5512 email: wylee@hj.ac.kr

Received April 29, 2013

Revised (1st June 20, 2013, 2nd July 10, 2013)

Accepted July 11, 2013

는 사진과 같은 2차원 영상에 바로 적용할 수 없었다. 따라서 널리 확장하여 사용하기에는 한계를 가졌다. 또한 3D 데이터에 비해 2D 영상은 한정된 정보(색상, 좌표)만을 포함하고 있기 때문에, 3D 기반 수목담채화 표현 알고리즘을 바로 적용하는데 한계를 가졌다.

2D 기반의 수목담채화 표현에 있어서도, 주로 윤곽선 부분에 텍스처 매핑(Texture Mapping) 기법을 활용해 먹선 효과를 재현하는 정도에 국한되어 있었고 이는 사실적인 수목담채화 효과를 표현하기에는 한계를 가지고 있었다. 추가적으로 다른 느낌의 수목 재질을 표현하고자 할 때, 새로운 질감 느낌을 위한 텍스처 모델링 과정이 필요하였고 이 작업은 매우 시간을 소비하는 작업이었다.

본 연구에는 기존의 한계를 극복하고, 보다 확장성 있는 수목 담채화 표현 기술을 연구하고자 한다. 이를 위해 우리는 단순히 텍스처 매핑 기법을 사용하지 않고, 실제 작품을 참조 영상으로 활용하는 기법을 제안한다. 우리는 참조 영상을 분석해 다양한 재질의 느낌을 단순히 매핑하는 것이 아닌 수치적으로 분석하여 적용함으로써 참조영상에 따라 다른 먹선 및 질감 효과를 표현할 수 있었다. 또한 먹선의 자연스러운 표현을 위해 참조 영상에 나타는 먹선의 강도 변화를 고려하여 결과 영상의 먹선을 표현하였다. 최종 결과영상은 입력 2D 사진에 참조 영상이 가지는 수목 담채효과가 반영된 영상이다. 우리의 알고리즘은 기존의 텍스처 매핑 알고리즘에 비해 빠른 성능 및 범용성을 기반으로, 다양한 모바일 디바이스에 어플리케이션으로 확장 가능할 것으로 기대한다.



[Fig. 1] Real Sumi-e painting example

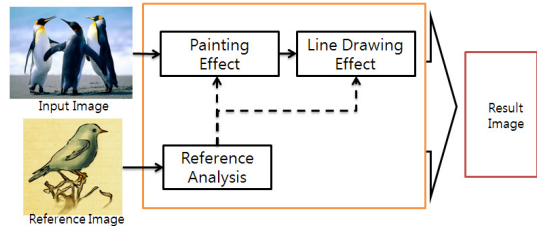
## 2. 관련연구

입력된 이미지 또는 비디오를 기반으로 인간의 예술적 효과를 가지는 콘텐츠 생성 기술은 1990년 이후 연구되기 시작하였다[1]. 이 기법은 컴퓨터 그래픽스 분야에서 연구가 되어 왔으며 비사실적 렌더링(Non-photorealistic rendering) 이라는 분야로 구분되어 연구되고 있다. 1990년대부터 현재까지 다양한 콘텐츠 생성연구들이 제안되

어오고 있으며, 그 중 수목담채화 표현연구에 대한 연구들은 크게 두 가지 접근방법이 있었다. 첫 번째 방법은 수목 재질의 브러시 텍스처를 입력받아 텍스처 매핑 기법을 이용한 방법이다[2]. 이 기법은 상대적으로 구현이 간단하며, 브러시 재질을 잘 표현할 수 있는 장점을 가진다. 하지만 새로운 질감을 표현하고자 할 경우, 패턴을 모델링하는데 시간과 노력이 많이 필요하였다. 따라서 다양한 재질을 표현하기에 한계를 가지고 있었다. 우리는 텍스처 매핑기법이 아닌 참조 영상에 따라 다양한 결과를 생성할 수 있는 질감 전이 기법을 활용한다.

텍스처 전이 기법연구는 초기 텍스처 합성 연구에서 시작되었다[3]. 이후 90년대 후반 들어 이 기법을 예술적 효과표현에 적용하는 연구가 진행되었으며, 꾸준히 연구되어 오고 있다. 2001년 Hertzmann 의 image analogies 기법[4]은 텍스처 전이를 이용해 아티스틱한 효과를 표현한 대표적 연구이다. 그의 연구에서는 전역적 최적 텍스처 합성 기법과 지역적 일관성 유지 합성을 결합하여 사용하여 인상적인 결과영상을 얻을 수 있다. 하지만 계산 시간이 오래 걸리는 한계를 가진다. 또한 사용자가 필터 처리가 안된 대상 이미지의 입력을 주어야 한다. 이를 개선하기 위해 Ashikhmin, 는 fast texture transfer[5]알고리즘을 제안하였다. 이 연구는 현재 픽셀의 값과 후보 군의 평균 및 편차 값을 이용하여 지역적 일관성을 유지된 결과를 얻을 수 있었다. 이는 Hertzmann의 결과와 유사한 결과를 생성하지만 시간은 훨씬 빠른 장점을 가진다 (640x480이미지 생성에 1초 미만). 또한 한 장의 참조 이미지만을 사용하여 가능하였다. 우리는 수목화의 질감 표현을 위해 Ashkhmin의 기법을 활용하였으며, 먹선 표현을 위해 윤곽선부분 처리를 추가적으로 고려하였다.

## 3. 예제 영상의 정보를 활용한 수목담채화 표현 알고리즘



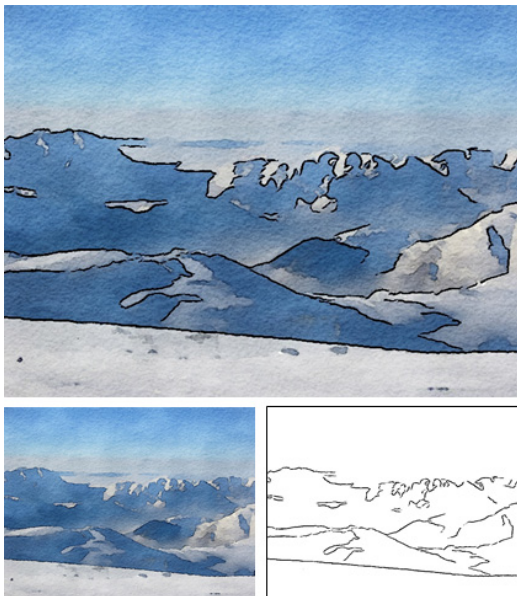
[Fig. 2] System flow of proposed technique

Fig. 2는 본 논문의 시스템 구조도를 나타낸다. 우리는 변환의 대상이 되는 영상을 입력 영상이라 하며, 변환 효

과를 가지고 있는 영상을 참조 영상이라 정의한다. 우리는 입력 영상과 참조 영상을 사용자로부터 입력받아 사용한다. 먼저 참조 영상으로부터 채색 정보와 먹 선 정보를 수치적으로 분석한다. 분석된 정보를 기반으로 먼저 참조 영상의 채색 효과를 표현한다. 그리고 참조 영상의 먹 선 스타일 분석을 통해, 먹선 효과를 덧붙인다. 위의 두 과정을 거쳐 최종적으로 수묵 담채화의 효과를 생성하게 된다. 자세한 알고리즘은 뒤에서 다시 설명한다.

### 3.1 참조 영상의 스타일 분석

참조 영상의 각 픽셀에는 수묵 담채화의 수묵 질감 정보가 표현된다. 우리는 예제 영상의 HSV 칼라 분포를 활용한다. HSV 색상 분포에서 V는 명암 정보를 나타내며, 예술 작품의 명암 정보는 질감 정보를 포함하고 있다. 우리는 V 채널의 분포를 기반으로 수묵 담채화의 채색 효과를 분석한다. 이때 참조 영상의 경계 부분에서는 검은 먹 선의 효과가 나타나 있기 때문에 이를 분리해 줘야 명확한 분석이 가능하다. 예제 영상의 채색 부분을 추출하기 위해 우리는 [6]에서 제안된 FDOG(Flow based Difference of Gaussian) 기법을 이용해 윤곽선 추출한다. 그리고 참조 영상으로부터 차 연산을 수행한다. 분리된 각 정보를 이용해 우리는 채색 효과와 먹선 표현에 기법에 각각 활용한다. Fig. 3은 참조 영상으로부터 구분된 채색 정보와 먹선 정보를 나타낸다.



[Fig. 3] (top) Reference Image (bottom) painting information and line effect information

### 3.2 영상의 채색 효과 표현 기법

참조 영상을 이용한 채색 효과 표현을 위하여 우리는 [5]에서 제안된 질감 전이 기법을 활용한다. [5]의 논문은 예제 이미지를 기반으로 다양한 채색의 효과 표현할 수 있는 범용성의 장점을 가진다. 또한 알고리즘 수행시간 역시 빠르기 때문에 본 연구에서는 이 기법을 활용하였다. [5]의 알고리즘은 다음과 같이 요약할 수 있다.

최종 결과영상(R)의 모든 픽셀들을 참조영상(S)의 값들로부터 랜덤 하게 채운다. 그리고 스캔라인 오더방식을 통해 결과영상(R)을 탐색하며 아래의 작업을 수행한다.

단계 1: R에 속한 각 픽셀 r에 대해 후보 집합을 참조 영상의 임의의 픽셀들로 구성한다.

단계 2: 각 후보 집합의 후보 픽셀들과 r과의 유사도 검사를 하여 가장 유사한 값을 가지는 후보픽셀로 r의 픽셀 값을 업데이트 한다.

후보 집합을 Q라 할 때, Q에 속하는 각 후보픽셀 q와 r의 유사도 계산을 위해 [5]에서는 다음의 수식 (1)~(6)을 사용한다.

$$D_{(r,q)} = D_{S(r,q)} + D_{L(r,q)} \quad (1)$$

$$Update\ r = \arg\ \min_{q \in Q} D_{(r,q)} \quad (2)$$

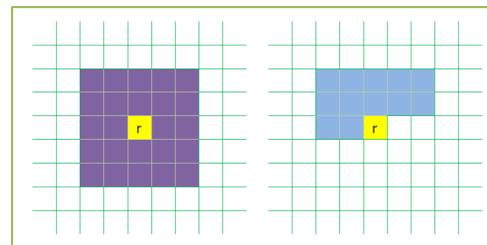
$$D_{S(r,q)} = \| \overline{T(r)} - \overline{S(q)} \|_2 \quad (3)$$

$$D_{L(r,q)} = (1/n) \| H_r - H_q \|_2 \quad (4)$$

$$H_r = \sum_{x_i \in L^-(r)} (R(x_i) - \overline{R(x)})^2 \quad (5)$$

$$H_q = \sum_{x_i \in L^-(q)} (T(x_i) - \overline{T(x)})^2 \quad (6)$$

여기서 수식(3), (4)의  $\| \cdot \|_2$  는 12 norm을 의미하며. 수식(4)의 n은 L-shape에 속한 픽셀의 수를 의미한다.



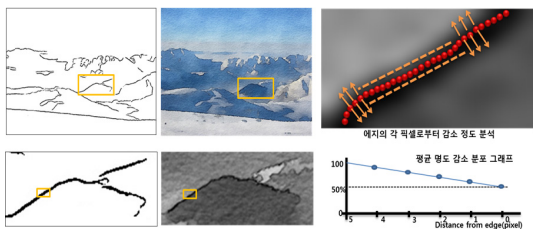
[Fig. 4] Kernel shape. (left) Square (right) L-shape

수식 (3)은 후보 픽셀과 r의 참조 영상의 평균 색상 차이를 구한다. 그리고 수식 (4),(5),(6)은 현재까지 완성된 R의 결과픽셀들(L-shape)을 고려해 후보 픽셀과의 분산 차이를 구한다. Fig. 4는 두 식에서 사용되는 square 및 L-shape을 커널 형태를 나타낸다. 위의 두 팩터를 고려함으로써 참조 영상의 질감 패턴을 잘 유지시켜주는 최적의 후보 픽셀을 선택하며, 결과영상에 질감 표현을 할 수 있다.

### 3.3 영상의 먹 선 효과 표현 기법

영상의 먹 선 표현을 위해서 우리는 참조 영상으로부터 추출된 윤곽선 정보를 활용한다. 실제 예술가들의 작품을 보면 물기를 가지는 먹은 경계 부분에서 농도가 서서히 감소하는 것을 관찰할 수 있다. 또한 수채화와 같이 물이 마르면서 검은 형태의 띠 모양이 그라데이션(Gradation)을 이루며 형성된다. 이런 효과 표현을 위해 기존에 일반적으로 사용되던 에지 디텍션 알고리즘을 사용하면 굵고 검은 윤곽선 효과만 표현되어 사실적인 윤곽선 효과를 표현하는데 한계를 가졌다.

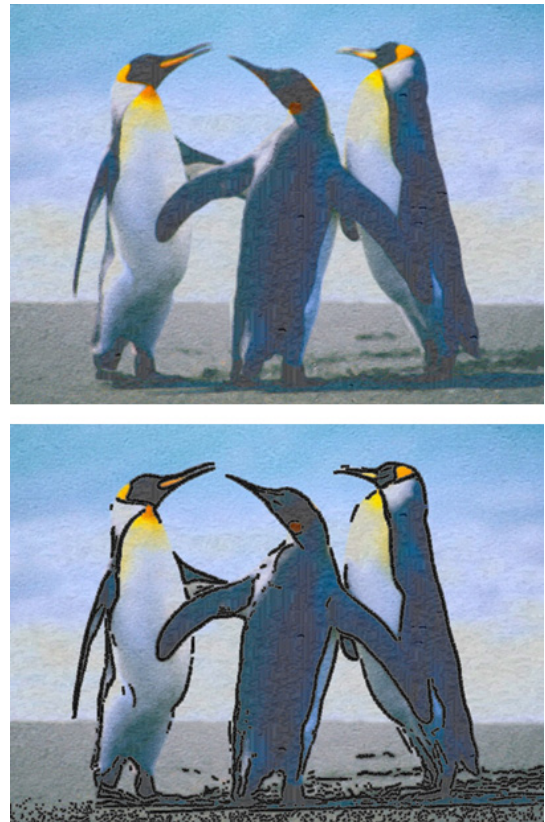
따라서 본 연구에서는 추출된 에지 정보를 기반으로 에지 거리 맵을 생성하고, 거리에 따라서 에지 명도의 분포를 서서히 감소시키는 전략을 활용한다. 이를 위해 우리는 실제 참조 영상에서 나타나는 에지의 분포를 Fig. 5와 같이 분석하고, 이 정보를 기반으로 결과 영상의 먹 선 효과를 반영하였다. 우리는 먼저 전통적인 에지 검출 기법을 이용해 윤곽선 정보를 추출하였다. 이때 검출된 에지를 모두 사용하지 않고, 에지가 끊어지지 않고 잘 표현된 일부 영역을 사용자가 선택하고 선택된 영역의 정보만 활용한다. 우리는 에지의 수직방향으로 나타나는 명도 분포의 변화량 그래프에 기반하여, 결과 영상의 에지 부분에 명도값을 서서히 감소시켜 그라데이션 느낌이 나타나도록 하였다.



[Fig. 5] Edge effect analysis from reference image

## 4. 결 과

Fig. 6은 본 알고리즘을 이용해 생성한 결과 영상을 나타낸다. 본 결과는 Fig. 3의 영상을 예제이미지로 활용하였으며 Pentium QuadCore 2.4GHz, 2GB에서 약 10초 정도의 시간이 걸렸다.



[Fig. 6] Sumi-e Effect results. (top) Result with only painting effect, (bottom) Result considering both painting and ink line (Reference image = [Fig 3])

Fig. 6은 먹선의 효과 적용 유무에 따른 차이를 보여준다. Fig. 6의 상단 영상은 참조 영상을 이용하여 채색의 느낌을 표현한 결과 영상이다. 결과 영상을 보면 수채화에서 나타나는 울퉁불퉁한 재질감이 느껴지는 것을 볼 수 있다. Fig. 6의 하단 영상은 추가적으로 먹 선 정보를 반영한 결과 이다. 윤곽선에 추가적으로 먹 선의 효과를 적용함으로써 수묵 담채화 느낌을 잘 반영할 수 있었다. 하지만 에지 추출 기법의 한계에 따라 실제 예술가가 그리는 것과 같이 잘 이어진 에지의 효과를 표현하기에는 한계를 가졌다.



[Fig. 7] Another Result (top left: Input image, top right: another reference image, middle: result(reference image = [Fig 3], bottom: result(reference image=[Fig. 7(top right)]))

Fig. 7 동일 입력영상에 다른 특징의 수목담채화 영상을 예제로 사용하였을 때의 결과이다. 특징이 다른 수목담채화 예제 영상에 따라 본 알고리즘은 동일 시스템으로 다양한 결과를 손쉽게 만들어 낼 수 있음을 보여준다.

본 결과 영상이 얼마나 수목화의 느낌을 잘 표현했는지를 정량적으로 평가하기 위하여 우리는 일반사용자를 대상으로 아래 세 가지의 질문을 하였다.

- 1: 최종 결과 영상이 얼마나 수목화의 느낌이 나는가?(1~5 점)
- 2: 먹선의 효과를 적용한 영상과 채색 효과만 적용한 영상 중, 어느 영상이 더 보기에 좋은가?

3: 예제 영상에 따라 다른 느낌의 재질/먹선의 느낌이 다르게 표현 되는가?

본 연구에서는 총 20명을 대상으로 하였으며, 미술전공자 10명과 비 전공자 10명으로 구분하여 진행하였다. 그 결과, 1번 질문에서, 미술전공자로부터 2.8, 비 전공자로부터 3.7의 평균 점수를 받았다. 두 그룹으로부터 모두 평균 이상의 점수를 받았지만, 상대적으로 미술 전공자들로부터 낮은 점수를 받았다. 추가적으로 미술을 전공한 사람일수록 결과 영상에서 인위적인 느낌을 많이 가진다는 의견을 보였다. 하지만, 2번과 3번의 설문에서는 20명의 사람들 모두가 먹 선의 효과를 적용한 것이 좋다는 것과 본 알고리즘이 예제 영상에 따라 다른 결과 영상을 표현할 수 있다는 의견에 답을 주었다.

즉 우리의 알고리즘이 현재까지 수목화의 세밀한 표현을 완벽하게 반영할 수는 없지만, 어느정도 유사한 결과를 예제영상에 따라 다양하게 표현한다는 결과를 얻을 수 있었다.

## 5. 결 론

본 연구는 참조 영상을 기반으로 수목 담채화 효과를 시뮬레이션 하는 알고리즘을 제안하였다. 우리는 참조 영상으로부터 채색 효과를 수치적으로 분석하며 경계 부분에서 나타나는 먹 선의 정보를 추가적으로 고려함으로써 기존에 비해 보다 빠르고 범용 적으로 수목 담채화 효과를 표현 가능하였다.

우리의 연구는 현재 몇 가지 개선점을 가지고 있다. 첫째로 우리는 질감의 정보만을 고려하여, 색상을 고려하지 않았다. 색상 정보를 추가로 고려한다면 보다 수목화적인 효과를 표현 가능할 것으로 보인다. 추가적으로 현재 한 장의 결과를 출력하는데 10초 정도의 시간이 소요된다. 향후 GPU와 같은 고속화 기법을 이용하면 결과의 실시간 출력이 가능할 것으로 보이며, 동영상으로의 확장에 용이할 것으로 본다.

본 연구는 디지털 콘텐츠 생성 중 수목담채화 효과를 사용하는 다양한 곳에 응용될 수 있다. 우선 스마트폰의 개인콘텐츠 생성 App으로 활용 가능하다. 또한 그래픽 소프트웨어(포토샵, 페인트샵, 페인터, 일러스트레이터)의 필터로 적용되어 기존의 그래픽 소프트웨어 시장에 진출 가능하며 향후 카메라의 예술 효과 필터로 적용되어 활용될 수 있다. 뿐만 아니라 디지털 액자에 활용하여 보다 미적인 느낌을 가지는데 활용할 수 있다.

## References

- [1] P. Haeberli, "Paint by Numbers: Abstract Image Representation," Computer Graphics (Proc. Siggraph), Vol. 24, No.4, pp. 207-214, 1990.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/97879.97902>
- [2] A. Hertzmann, "Fast Paint Texture," Proc. 2nd Ann. Symp. Non-Photorealistic Animation and Rendering (NPAR 2002), ACM Press, pp. 91-96, 2002.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/508530.508546>
- [3] M. Ashikhmin, "Synthesizing natural textures," In ACM Symposium on Interactive 3D Graphics , pp. 217 - 226, 2001.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/364338.364405>
- [4] A. Hertzmann, C. E. Jacobs, N. Oliver , B. Curless, D. H. Salesin, "Image analogies," Proc. 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, SIGGRAPH '01, ACM, pp. 327-340, 2001.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/383259.383295>
- [5] M. Ashikhmin, "Fast texture transfer", IEEE computer Graphics and Applications , pp.38-43, 2003  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/MCG.2003.1210863>
- [6] H. Kang, S. Lee, C. Chul, "Coherent line drawing," In Symp. Non-Photorealistic Animation and Rendering , pp. 43 - 50, 2007.

이 원 용(Won-YonG Lee)

[정회원]



- 1980년 2월 : 중앙대학교 전자계산학과 (공학사)
- 1985년 7월 : 중앙대학교 시스템관리학과 (경영학 석사)
- 2006년 2월 : 순천향대학교 전자학과 (공학 박사)
- 1982년 8월 ~ 1993년 8월 : LG전자 컴퓨터사업부 설계실, 고객지원실
- 1993년 9월 ~ 현재 : 혜전대학교 인터넷보안과 부교수

<관심분야>

정보보호, 멀티미디어, 인터넷보안, 모바일