

# 이미지 및 비디오의 카툰화 기술동향

이 인 권\*

## 1. 서론

90년대 이후로 컴퓨터그래픽스분야에서 많은 관심을 끌게 된 비사실적 렌더링 (Non-Photorealistic Rendering: NPR) 기술로 제작된 비주얼 콘텐츠는, 실사영상이나 실사를 추구하는 Photorealistic 방식에 비해 친근감과 편안함을 유도할 수 있다는 장점이 있다. 또한, 다양한 스타일화와 추상화가 가능하여, 주요부분만의 묘사를 통해 정보전달을 효율적으로 할 수 있다는 장점도 있다[1]. 그 중에서도, 셀(cell) 렌더링 또는 만화적 렌더링 (cartoon rendering)이라고 불리는 특정분야는 예전부터 상당한 관심이 집중되어 온 분야이다. 이러한 카툰 렌더링 방식을 사용한 결과 영상은 흡사 만화वाद과 같아 보이기 때문에, 젊은 사용자층이 주류인 게임 등에 많이 사용되고 있으며, 실사 렌더링이 절대적으로 많이 사용되어오고 있던 분야인 영화, 광고 등에서도 점차 그 적용사례가 늘어가고 있는 추세이다.

일반적으로 NPR의 응용은 크게 3D의 기하구조를 NPR로 렌더링 하는 것과, 2D 이미지 혹은 비디오를 NPR 형태로 다시 렌더링 해 주는 두 가지로 나눌 수 있다. 보통 3D의 기하구조를 사용하여 제작된 모델을 바탕으로 렌더링을 하는 방식으로 양질의 카툰화된 결과물을 제작하기 위해서는 많은

인력과 시간이 필요하다. 기본적으로 3D 애니메이션의 제작에는 모델링 및 동작 데이터 생성에서 많은 노력이 필요하기 때문이다. 3D 기하구조 기반 셀렌더링 카툰화의 노동집약적인 특징에 비해, 이미지와 비디오의 카툰화는 비교적 간단하고, 많은 노동력과 시간이 필요하지 않다는 장점이 있다. 적절한 도구(tool)가 제공될 수만 있다면, 결과를 제작하기 위해 많은 인력이 필요하지도 않으며, 기술에 따라 다르지만 보통 결과 제작에 하루가 넘지 않는다. 또한 전문적인 기술을 가지고 있지 않은 사람들도 쉽게 접근하여 결과를 제작할 수 있다는 장점이 있다. 이미지와 비디오를 이용한 카툰화의 이러한 장점으로 인하여 현재 국내외에서는 많은 연구가 진행되고 있는 상황이다.

본 기고에서는, 이러한 점을 감안하여 최근에 수행되고 있는 이미지와 비디오를 기반으로 한 카툰화기법의 연구사례와 함께, 현재의 국내외 현황에 대해 간단히 살펴보고, 앞으로의 과제를 제시해 보고자 한다. 이 분야에 관심을 가지는 독자들에게 조금이나마 도움이 되는 소개의 글이 되기를 바란다.

## 2. 이미지의 카툰화 (Image Cartooning)

이미지의 카툰화는 말 그대로, 이미지 한 장을 카툰화하는 프로세스를 지칭한다. 오랫동안 연구

\* 연세대학교 컴퓨터과학과 조교수

가 되어오던 분야이며, 그에 따라 현재까지 많은 성과가 있어왔다. 본 기고에서는, 이미지 카툰화에서 성공적으로 뽑히고 있는 대표적인 기술 몇 가지를 소개하고자 한다.

### 2.1 Mean-shift 기반 이미지 분할

여기서 소개하는 이미지 분할(segmentation) 방식은 최근 연구가 되고 있는 이미지, 비디오 카툰화 분야의 선구적인 아이디어를 제공한 mean-shift 기반 방식으로서, Comaniciu[2]가 제안한 것이다. Comaniciu의 논문[2]은 엄밀히 따지자면 이미지 카툰화와 직접적으로 관계가 없는 논문이나, 이미지와 비디오의 카툰화에 많이 사용이 되고 있는 중요한 참고가 되는 것이므로, 본 기고에서는 간략한 소개를 하도록 하겠다. 이 연구는 1975년 발표되었던 Fukunaga[3]의 논문에서 제안된 방법을 바탕으로 이미지를 분할하였다.

Mean-shift 방식의 기본적인 아이디어는 미리 주어진 mean-shift 커널(kernel)을 크기로 하는 영역 안에 들어오는 이웃 픽셀들을 모두 가중치 평균을 구하는 일종의 Gaussian 평균값을 모든 픽셀에 대하여 계산하는 데에서 시작한다. 어떤 픽셀(pixel)  $p$ 의 원래 값을  $x$ , 구한 Gaussian 평균

값을  $x'$  라고 할 때, 그 두 값의 차이  $d=(x-x')$ 은  $p$ 가 그 주위의 픽셀들과 얼마나 차이나는 값을 가지고 있는지를 나타내 주게 된다. 이 차이의 역수  $1/d$  (물론 이렇게 간단하지는 않다. 더 자세한 정보는 논문 [2]를 참조하도록 한다)를 고려해 보면, 하나의 세그먼트로 클러스터링 될 수 있는 영역에서 비교적 중심에 가까운 픽셀일수록  $1/d$  값은 커질 것이고, 세그먼트의 경계에서는 로컬하게 작아지는 골짜기를 이루게 될 것이다. 그림 1에서는 mean-shift 방식을 사용하여 만들어진 segmentation의 결과를 볼 수 있다.

Mean-shift는 non-parametric한 방법을 사용하여 결과물을 추론하기 때문에, 초기적인 추측(initial guess)이 없다는 장점이 있으며, 특히 이미지 segmentation을 위해서 현재까지 제안된 어떤 방식보다도 원본 이미지의 특징이 잘 살아있는 결과가 나타난다는 장점이 있다. Segmentation 결과의 세밀한 정도는 커널의 크기를 조절함으로써 쉽게 조절 가능하며, 차원 확장도 무한정 가능하므로 이미지 뿐만 아니라 비디오를 분할할 수도 있다. 단 하나의 단점은 계산시간이 오래 걸린다는 것이다.

### 2.2 Stylization and Abstraction of Photographs

Satella와 Decarlo[4]는 2002년 SIGGRAPH에서 추상화와 집중도의 개념도 추가한 이미지 카툰닝에 대하여 발표하였다. 이 연구에서는, 이미지의 추상화가 효과적인 시각적 전달수단이 될 수 있다는 전제하에, 이미지를 자동적으로 추상화시킬 수 있는 방법을 제안하고 있다.

그림 2는 이 연구의 절차를 간단히 설명하고 있다. (a)의 상단이미지는 원본이미지이고, (a)의 하단이미지는 연구에서 제안한 선택적 주의를 통해

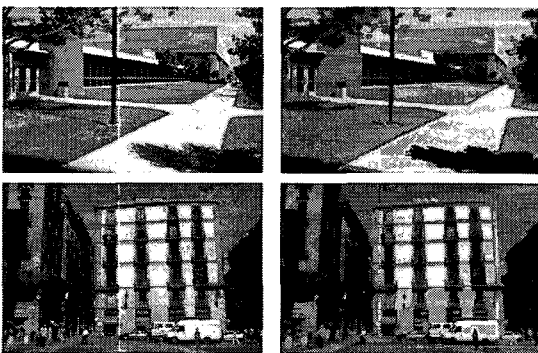


그림 1. Mean shift를 통하여 분할된 이미지 ((2)에서 발췌)

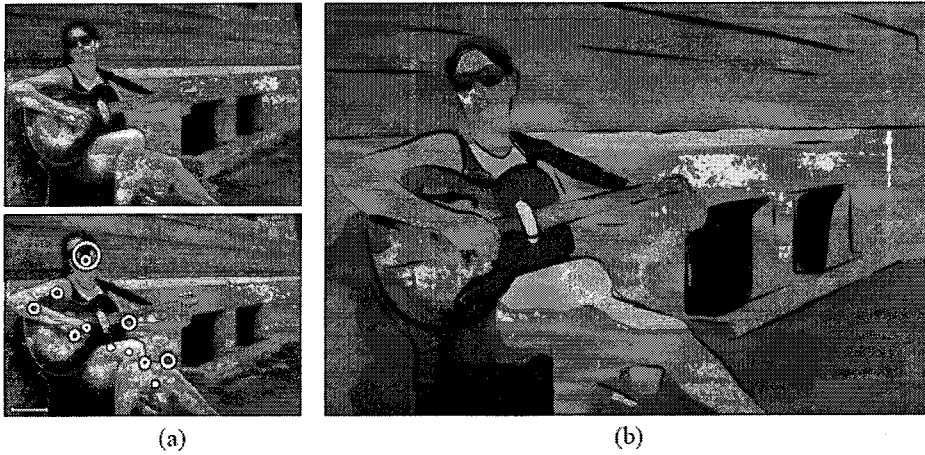


그림 2. 카툰화된 이미지의 결과

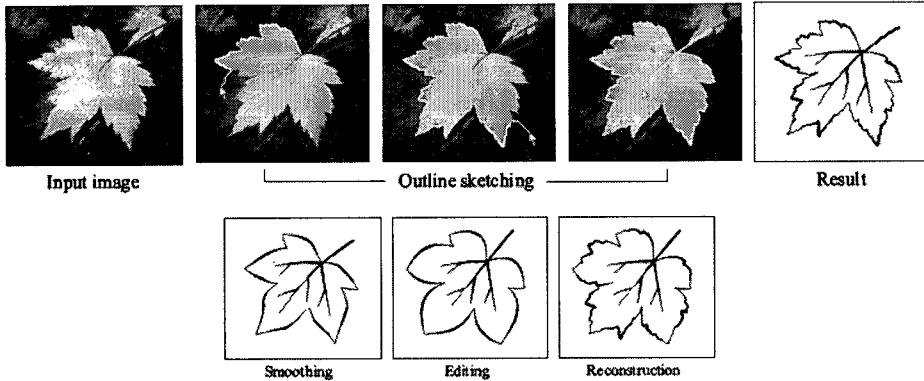


그림 3. Curve(stroke)제작과 editing

검출된 중요영역인데, 여기서는 인간의 시선이 먼저 도달하게 되는 부분이 주의를 끄는 부분이라는 가정하에 특별한 하드웨어를 이용하여, 시각적 주의 정도를 측정하였다. 그림에서 원 모양이 큰 부분일수록 더 주의를 끄는 부분이라 할 수 있다. 그림 2(b)는 추상화의 결과로서, 이미지의 계층구조를 구성하고, 선택적 주의를 통해 시각적으로 부각되어 보이는 부분을 자세하게 표현하고, 그렇지 않은 부분은 단순하게 표현한다.

### 2.3 Interactive Sketch Generation

Kang 등[5]은 사용자의 인터랙션을 중요시 한 이미지 카툰화 방법을 제시하였다. Sketch는 그 특

성상, 매우 단순한 선과 면으로 구성되며, 기타 중요하지 않은 부분은 표현하지 않는다는 아이디어를 바탕으로 행해진 연구이다. Reconstruction이 가능한 Multi-resolution B-spline 커브를 사용하여 외곽선을 제작하는데, 각각의 선은 사용자가 지정하여 그려주게 된다. 제작된 외곽선은 Smoothing과 Editing이 가능하며, Reconstruction을 통한 복잡도 조절도 가능하다.

그림 3은 이 연구에서 사용된 커브에디팅에 관련된 내용을 설명하고 있다. 선을 검출하기 위해 intelligent scissor방식을 사용하였는데, intelligent scissor는 픽셀들의 집합으로부터 dynamic programming을 사용한 곡선 검출방식이다.

사용자의 인터랙션으로 검출된 곡선들은 Multi-resolution B-spline curve로 생성되며, 그림 3의 상단 오른쪽과 같은 결과를 생성해 낸다. 생성된 곡선은 그림3의 하단과 같은 여러 효과를 낼 수 있게 된다. 제작된 폐곡선을 바탕으로, 이 연구는 내부의 영역에 대해 Tangent vector flow를 연산하고, 그 flow의 흐름에 맞는 내부의 색상이 두께가 있는 선분의 형태를 구해내었다. 내부의 선분은 단색일 수도 있지만, 유채나 수채화의 물감느낌을 낼 수도 있다. 그림 4는 완성된 결과를 보여준다. (a)의 경우, 단순한 외곽선을 나타내고 있으며, (b),(e),(f)는 내부가 단색으로 채워진 결과를 나타낸다. 하지만 (c),(d),(f)등과 같이 질감이 있는 면도 나타낼 수 있다.

### 3. 비디오의 카툰화 (Video Cartooning)

비디오 카툰화는, 주어진 비디오를 변형하여

만화적인 효과가 나는 비디오를 제작하는 연구이다. 비디오는 한 장의 이미지와는 달리, 시간 축에 따라 여러 장의 이미지가 모여 있기 때문에, 결과를 제작할 경우 시간적 연계성(time coherency)을 유지해야 한다는 난점이 존재한다. 또, 데이터의 규모가 이미지에 비해 매우 크기 때문에, 구현상 메모리가 많이 소요되며, 결과를 얻기 위한 시간도 매우 긴 편이다. 이러한 몇 가지 난점을 극복하기 위한 연구는 현재 계속 진행 중에 있다.

#### 3.1 Keyframe Based Tracking for Rotoscoping and Animation

이 연구는 Agarwala 등[7]이 2004년 SIGGRAPH에서 발표한 것으로, 비디오의 움직이는 물체의 세그먼트 영역들을 Tracking하고, Tracking이 완료된 물체에 대해 추상화를 시켜주는 만화적인 효과를 넣을 수 있다. 그림 5는 이 연구를 간단히 설명해 주고 있다.

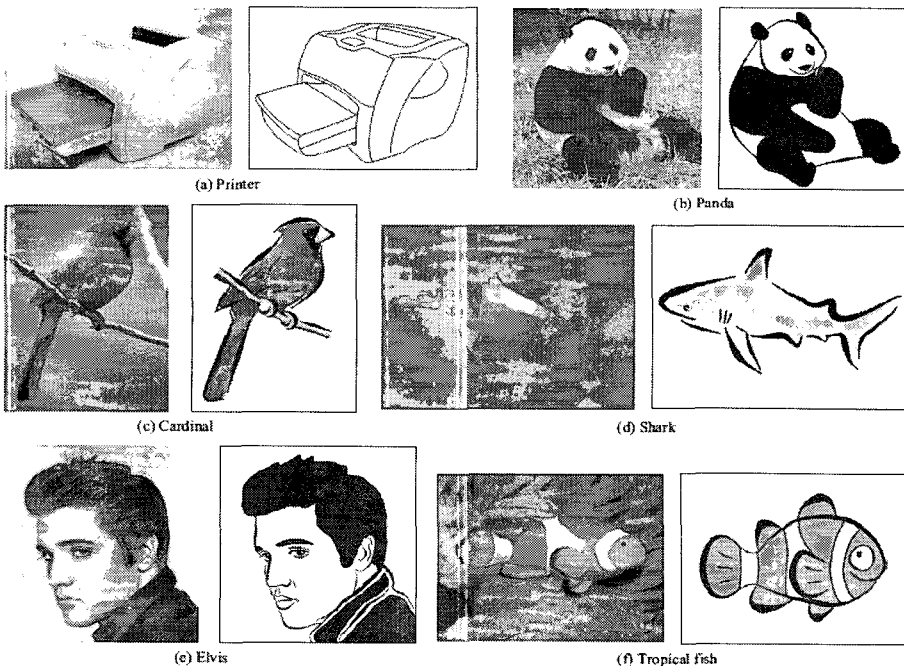


그림 4. 스케치 이미지의 결과

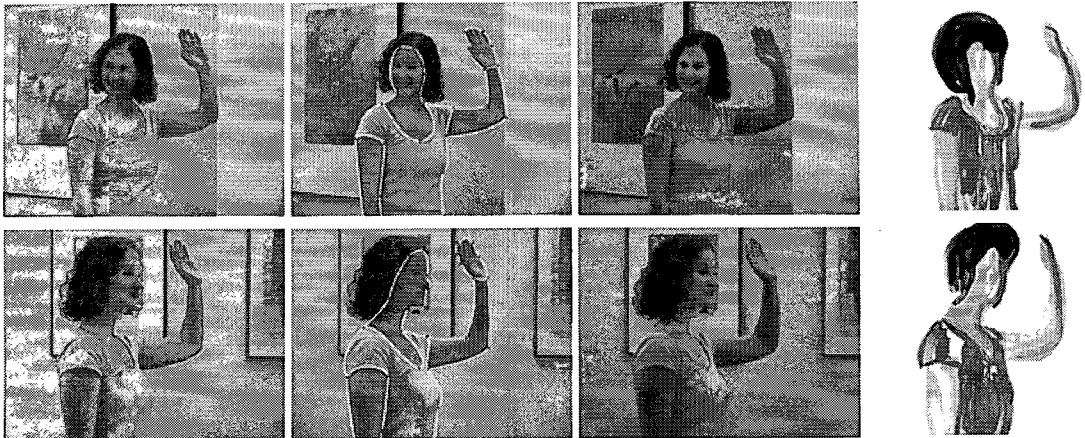


그림 5. 움직이는 물체의 트래킹과, 그 추상화

사용자는 필요한 Keyframe을 지정해서 매 keyframe마다 대략의 윤곽선을 매뉴얼하게 에디팅하게 된다. 모든 Key frame의 영역이 지정되면, 시스템은 Key frame 사이의 영역을 space-time 방식을 통하여 보간하고, 움직이는 영역을 결정한다. 결정된 영역을 검출하여 추상화 하는 것이 기본적인 아이디어이다.

이 연구는, 기존의 이미지 기반 Tracking 기술이 움직이는 오브젝트에 가려지거나 불안정한 영역에 대해 어려움이 높았던 것을 보완하기 위해 Curve를 사용한 Geometric한 정보를 바탕으로

Tracking을 실행시켰다. 즉 이미지의 edge부분을 찾아가는 과정 외에도 커브의 기울기와 연속성을 유지하려는 성향을 추가한 최적화 기법을 통해 안정된 Tracking을 구현한 것이다. 이러한 방식은, 부드럽고 에러가 적은 Matting이 가능하기 때문에, 원하는 부분에 다양한 효과를 넣을 수 있다는 장점이 있으며, 특히 부분적인 NPR효과를 넣기에 아주 좋은 방법으로 알려져 있다.

### 3.2 Video Tooning

이 연구는 앞서 설명한 Mean-shift segmentation

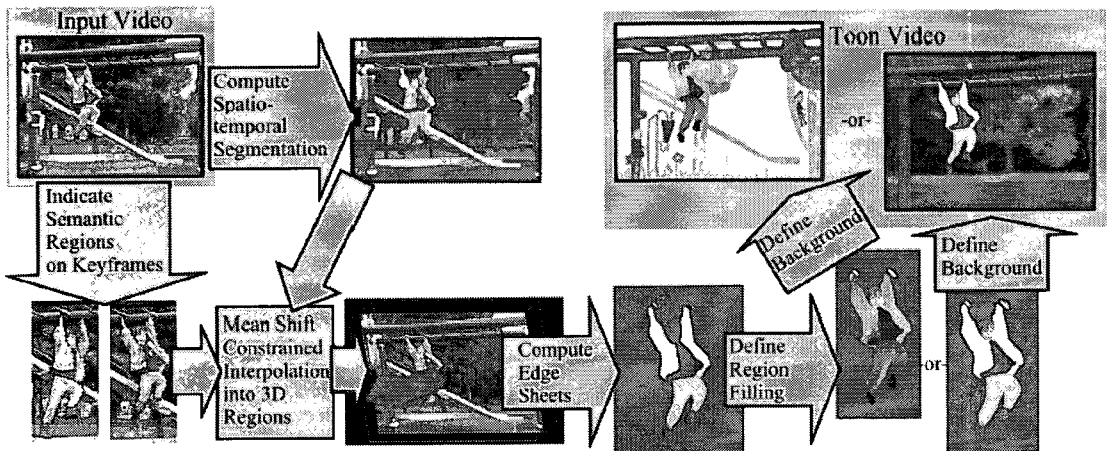


그림 6. Video tooning의 전체적인 시스템 (Video tooning에서 발취)

기술을 2차원이었던 이미지에서 3차원인 비디오로 확장시켜 비디오의 카툰화를 구현한 대표적인 연구이다[8]. 사용자는 원본 비디오에 대해 프레임별로 움직이는 물체의 외곽선을 폐곡선으로 지정해준다. 지정한 외곽선은, 3D-Mean shifting이 된 비디오와 비교가 된다. Mean-shifting이 된 비디오의 각 조각들 중에서, 폐곡선 안에 있는 영역의 조각들은 하나로 합쳐지고, 시스템은 합쳐진 영역의 Geometric한 정보를 뽑아내어 비디오의 시간축을 따라 3D Mesh를 만든다. 이러한 과정은 그림 6에 나타나 있다.

이러한 과정들을 통해 제작된 각각의 Mesh들은 움직이는 물체를 구성하는 부분이 된다. 각 부분에 대해 시스템은 몇 가지 NPR효과를 낼 수 있도록 하여준다. 이 과정은 그림 6의 오른쪽 부분에 나타나 있다. 그림 7은 위의 과정을 통해 완성되어진 비디오의 결과를 보여주고 있다. 이 연구는, 좋은 결과를 보여주지만 Mean-shift segmentation을 위해서 많은 메모리와 수행시간이 필요하다.

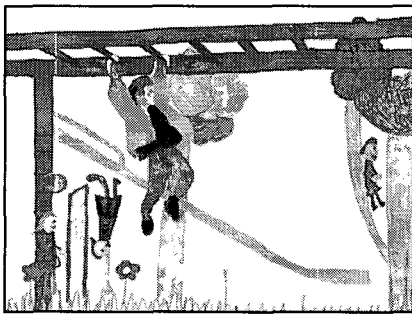


그림 7. 카툰화된 비디오결과물 (Video tooning에서 발췌)

#### 4. 실용화의 예

현재 광고 분야에서 NPR을 이용한 카툰화 기술이 조금씩 시도되고 있다. 실사광고의 특성상, 모델의 중요성 때문에 거액의 모델료를 지급해야만 젊은이들에게 어필이 된다는 고정관념이 있었다. 하지만 최근 그래픽스 기술을 이용하여 감각적인 느낌을 주면서도 확실한 정보전달이 가능한 스타일리쉬한 카툰화 기법이 시도되고 있다.

하지만 이런 결과들은 기하학적 모델 기반의 애니메이션을 통해 표현이 되어 제작과정에 많은 리소스의 소요를 필요로 한다. 이러한 난점에 대해 이미지와 비디오 기반의 카툰화는 경쟁력을 충분히 가지고 있다. 또한 비교적 간단한 사용, 즉 어떠한 기하학적 모델의 준비 없이도 단순히 디지털 캠코더와 같은 장비를 통한 영상으로만 작업이 이루어지기 때문에 범용적 툴로서의 사용이 가능성도 점쳐볼 수 있을 것이다. 현재 이 분야에 대한

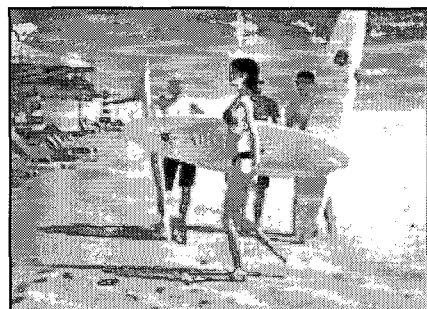


그림 8. 기하모델기반의 카툰 셰이딩 기법을 사용한 광고

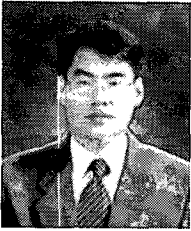
더 많은 연구와 개발은 지속적으로 이루어지고 있으며, 이에 따라, 앞으로 더 많은 기술적 진전이 있을 것이라 예상된다.

## 5. 결론 및 앞으로의 과제

본 기고에서 우리는 이미지와 비디오의 카툰화에 대한 대표적인 연구사례를 간단히 살펴보았다. 이미지와 비디오의 카툰화는 비교적 간단한 방식으로 NPR의 결과를 얻을 수 있으나, 아직 보완되어야 할 부분이 많으며, 이를 보완하기 위한 연구가 계속 이루어지고 있는 상황이다. 한편, 이 분야에는 난제의 보완과 더불어, 많은 기술적 발전의 여지가 있다. 첫째, 효율적인 세그멘테이션 기법이 필요하다. Mean-shift가 좋은 결과를 내주기는 하지만 계산시간이 오래걸리고, 메모리가 많이 필요하기 때문에 사용자가 손을 많이 대어야 하는 interactive 제작 환경에서는 매우 비효율적이라 할 수 있다. 이를 대체할 수 있는 좋은 segmentation 방법이 필요하다. 둘째, 인터랙션 기법에 대한 연구가 더욱 필요하다. 기본적으로 이미지나 비디오 프로세싱은 원하는 형태의 결과가 자동적으로 꼭 맞게 생성된다고 볼 수 없으므로 사용자의 인터랙션이 필수적이다. 어떤 인터랙션으로 어떻게 프로세싱 할 것인가에 대한 연구는 더욱 많이 진행되어야 할 것이다. 셋째, 카툰화된 이미지나 비디오를 단순히 영역 합침의 개념이 아닌 더 복잡하고 재미있는 카툰으로 만드는 분야이다. 특히 비디오에서는 만화 영상이 가지는 특별한 효과를 비디오 카툰을 통해 이루어 낼 수 있을 것이다.

## 참고 문헌

- [1] Craig Reynolds, Stylized Depiction in Computer Graphics: Non-Photorealistic, Painterly and "Toon Rednering. (Web Site) <http://www.red3d.com/cwr/npr/>.
- [2] Comaniciu, D., AND MEER, P, "Mean shift: A robust approach toward feature space analysis", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence 24, 5, 603-619, may, 2002
- [3] K. Fukunaga, and L.D. Hosteler, "The Estimation of the Gradient of a Density Function, with Application and Machine Intelligence", vol. 21, no 1, pp42-48, Jan. 1999
- [4] Doug DeCarlo and Anthony Santella, "Image abstraction and stylization", In Communications of the ACM, March 2003, 46(3), pp. 60-66 (Proceedings of SIGGRAPH 2003)
- [5] H. Kang, et al, "Interactive Sketch Generation", The Visual Computer, Vol. 21, No. 9, pp. 821-830 (Proceedings of Pacific Graphics 2005)
- [6] Morttensen E. Barrett W., "Intellignet Scissors for Image Composition", ACM Transactgion on Graphics, pp. 195-198m (Proceedings of SIGGRAPH 1995)
- [7] Assem et al, "Keyframe-Based Tracking for Rotoscoping and Animation", ACM Transactions on Graphics (Proceedings of SIGGRAPH 2004)
- [8] Jue Wang et al, "Video tooning", ACM Transaction on Graphics Vol. 23, No. 3, pp. 574-583 (Proceedings of SIGGRAPH 2004)



이 인 권

- 1989 연세대학교 전산학과 졸업 (학사)
  - 1992 포항공대 컴퓨터공학과 졸업 (석사)
  - 1997 포항공대 컴퓨터공학과 졸업 (박사)
  - 1997 비엔나 공대 연구원
  - 1999 포항공대 정보통신연구소 선임연구원
  - 2001 아주대학교 미디어학부 조교수
  - 2003~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 조교수
  - 관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 컴퓨터 음악, 컴퓨터 게임
  - Email : iklee@yonsei.ac.kr
- 
-