



특집 03

# 컴퓨팅미학관점에서의 비사실적 렌더링



이인권 (연세대학교)

- 
- 목 차 »
1. 서 론
  2. NPR로 분석되는 비주얼 아트
  3. NPR 알고리즘의 평가 방식
  4. 최적화 기법의 활용 가능성
  5. 결 론
- 

## 1. 서 론

비사실적 렌더링(NPR: Non-Photorealitic Rendering)은 최근 십여년간 컴퓨터 그래픽스 연구 분야에서 가장 화제를 불러 왔던 주제 중의 하나이다. 사실적인 렌더링(Photorealitic Rendering)만을 추구하던 컴퓨터 그래픽스 연구에서 벗어나 자유로운 인간의 감성과 예술적인 표현을 더욱 추구하는 이 방식은, 단순히 새로운 렌더링 방식을 컴퓨터가 만들어 낸다는 기술적 요소에서 벗어나 우리에게 비주얼 아트와 일러스트레이션에 대한 과학적인 이해를 도울 수 있는 가능성을 제시하고 있다. NPR을 위한 새로운 알고리즘이 제시되었을 때, 이는 실제 아티스트들이 어떻게 비주얼을 만들어 내는지, 왜 그것이 많은 사람들에게 어필(appeal) 할 수 있는지에 대한 과학적인 분석을 제시할 수 있는 것이다.

이러한 주장은 크게 보아 인간의 본성과 욕망을 표현하는 예술적 표현을 어떻게 계산적 모델

화 하겠는가 하는 거대한 주제에 매우 부합하는 작은 한 걸음이라 표현할 수 있다. 인간의 역사와 궤를 같이 하여 온 예술의 본질을 과학적으로 탐구하려는 노력은 예술사, 심리학, 인지과학, 신경과학 등의 여러 분야에서 공통적으로 추구되어 온 주제이나, 이에 대한 실제적인 결과물은 그리 많지 않다. 이러한 측면에서 비주얼 아트의 과학적 분석 도구로서의 NPR은 시사하는 바가 매우 크다 할 것이다.

본 기고에서는 NPR이 비주얼 아트에 있어 다음과 같은 측면에서 어떻게 기여할 수 있는지 고찰하여 보고자 한다. 첫째는 아티스트들이 어떻게 비주얼을 만들어 내는가 하는 물음에 대한 답이며, 둘째는 그 작품을 보는 사람들이 어떻게 반응하는가 하는 분석이다. 여기에 한가지 덧붙이면 NPR 연구로 나온 결과물이 얼마나 비주얼 아트의 기준에 부합하는가 하는 평가 방법에 대하여도 언급하도록 하겠다. 본 기고의 많은 부분들은 Hertzmann<sup>[1]</sup>의 글을 인용하였음을 미리 밝혀 둔다.

NPR은 사진(photograph)을 NPR 결과물로 바꾸는 2D NPR을 비롯하여 3D 물체를 NPR 스타일로 렌더링하는 3D NPR, 그리고 2D NPR의 확장버전으로 촬영된 비디오를 NPR 기법으로 렌더링하는 Video NPR (NPR Animation 이라고도 함)<sup>[2]</sup>, 또는 3D 애니메이션의 동작을 만화적으로 바꾸는 연구<sup>[3]</sup> 등 여러 가지 분야를 포함하고 있으나, 여기에서는 촬영된 사진을 NPR 스타일로 렌더링하는 2D NPR 연구를 주로 다루도록 하겠다.

## 2. NPR로 분석되는 비주얼 아트

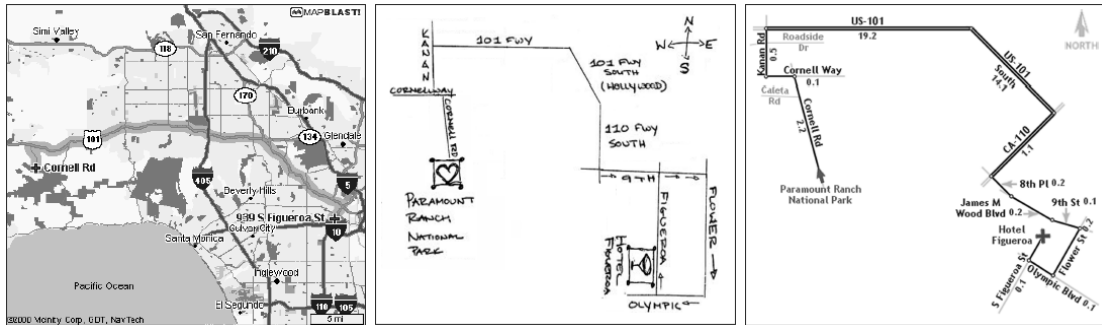
초기의 NPR 연구 중의 하나인 Haeberli<sup>[4]</sup>와 Litwinowicz<sup>[5]</sup>의 논문을 보면 매우 간단한 방식으로 인상과 화가들과 비슷한 작품을 만들어 내었음을 알 수 있다(그림 1 참조). 기본적인 아이디어는 주어진 사진에서 임의의 pixel point들을 sampling하고, 그 위치에 간단한 brush stroke들을 배치하는 것이었다. 물론 brush stroke를 배치하는 방향과 brush의 크기에 따라 효과가 달라지기는 하였지만 사실 이러한 간단한 방식은 바로 화가들이 그림을 그려내는 방법을 그대로 모방한 것이라 할 수 있다. 비록 이론적으로 정형화되고

수식화 되기는 어렵지만 이러한 것이야말로 NPR이 미술작품의 이론적인 배경을 나타내는 시작이라 할 수 있는 것이다. 유사한 관점에서 Cole 등<sup>[6]</sup>의 논문에서는 3D 물체를 NPR 라인 드로잉 알고리즘이나 일러스트레이션 알고리즘을 써서 표현했을 때 어떤 것이 인간의 스케치에 더 부합하는지를 판단하는 기준이 제안되기도 하였다.

다른 관점에서 NPR이 예술 작품의 분석에 기여할 수 있는 것은 작품을 보는 사람들이 그 작품을 어떻게 해석하는가 하는 것이다. Santella 등<sup>[7]</sup>이 제안한 연구에서는 사진의 일부분을 cropping 하는데 있어 미학적인 기준을 바탕으로 최적화 방식을 사용했고, Agrawala와 Stolte의 논문<sup>[8]</sup>에서는 간략화된 지도를 NPR 기법으로 표현하는데 있어 어떤 방식이 정보를 더 잘 전달할 수 있는가 하는 관점을 제시하였다(그림 2 참조). 또한 Cole 등<sup>[9]</sup>의 연구는 같은 물체를 라인 드로잉으로 표현하는데 있어 어떤 방식이 더 인간에게 인지되는지를 탐구하였다. 사람들이 작품을 보는 관점은 매우 다르고, 어떤 관점에서 그림을 보는가에 따라 그 기준이 구별될 필요도 있다. 아름다움에 대한 기준인가, 정보의 전달관점인가, 아니면 물체의 식별이 우선인가 등이 구별되어 분석되어야 하는 것이다.



(그림 1) Haeberli<sup>[4]</sup>(좌)와 Litwinowicz<sup>[5]</sup>(우)의 초기 NPR 작품



(그림 2) Agrawala등<sup>[8]</sup>이 제안한 방식에 의해 생성된 약도(오른쪽)는 일반적인 지도(왼쪽)보다 사람이 직접 그린 약도(중간)처럼 정보전달에 있어 장점을 가지고 있다.

### 3. NPR 알고리즘의 평가 방식

대부분의 NPR 알고리즘들은 위에서 거론한 바와 같이 크게 두 가지 목표를 가지고 있다. 하나는 task-oriented goal로서 부품, 상세도, 설명도 등의 정보전달 관점이고, 다른 하나는 artistic-goal로서 예술적 관점이다. 정보전달 관점에서의 NPR 알고리즘의 평가는 비교적 명확하며, 정량적 평가가 가능하다. 그러나 예술적 관점에서 NPR 알고리즘을 평가하는 것은 그리 쉽지 않다. 예술적 관점의 평가를 정량화 하는 것은 매우 조심스럽게 접근해야 할 과제이기도 하다. 그러나 어쨌든 좋은 평가 방식이 개발될 경우 이는 예술과 미학의 컴퓨팅이라는 분야에서 큰 기여가 될 것임에 분명하다.

#### 3.1 사용자 평가 방식

현재 대부분의 NPR 알고리즘의 평가는 인지 평가(perceptual studies)라는 심리학적 평가 방식이나, 사용자 평가(user studies)라는 HCI적 기법을 사용하고 있다. 인지 평가에서는 보는 사람이 심리학 적으로 어떻게 느끼는 지를 심리학에서 개발된 방식으로 평가하는 것이며, 사용자 평가는 NPR 알고리즘의 결과물에 대한 만족도를 사

람들에게 묻는 것으로, 때로는 이전 결과물과의 비교도 이러한 방식으로 이루어지고 있다. 그러나 사용자 평가방식을 사용함에 있어서는 매우 조심스러운 접근이 필요한 것이 사실이다. 이미 HCI 분야에서도 사용자 평가에 대한 비판이 제기된 바 있는데, 예를 들면 Greenberg와 Buxton의 논문<sup>[10]</sup>에서는 사용자 평가가 포함되지 않은 논문이 발표되기 어려운 최근의 경향 때문에 좀 더 창조적이고 혁신적인 연구들이 방해받고 있다는 주장이 제기 된 바 있다. 사용자 평가에 대한 부담으로 새로운 방향으로의 연구가 방해된다면 이는 NPR 분야의 발전에도 큰 걸림돌이 될 것이다.

사용자 평가를 포함하는 연구일 경우에도 그것이 매우 형식적인 경우가 많은데, 논문 심사위원의 비판을 피하기 위하여 형식적으로 포함되는 경우가 바로 그것이다. 이러한 경우 흔히 잘 조직되고 디자인되지 않은 사용자 평가를 수행하는 경우가 있고, 이런 결과들은 오히려 후속되는 연구들의 방향을 왜곡하여 창의적인 연구를 수행하는데 방해 요소가 되고 만다. 권장할 만한 것은 엔지니어나 아티스트가 사용자 평가를 포함한 연구를 수행하려 할 때, 사용자 평가에 대한 사전 지식이나 통계적 기법, 평가의 디자인의 유효성 여부 등을 판단할 수 있는 전문가들과 함께 진행하는 것이다.

### 3.2 미학적 요소의 평가

예술적 요소에 대한 평가를 어떻게 할까 하는 것은 여전히 어려운 문제이다. 얼마나 아름다운가, 얼마나 표현적인가, 얼마나 보는 사람에게 어필하는가, 어떤 감정을 일으키는가 - 이러한 질문들은 쉽게 정량화 되는 것이 아니다. 이러한 질문에 대한 답은 문화권에 따라서 다를 수 있으며, 심지어 개인차도 심하다. 결국 이러한 질문에 대답할 수 있는 평가 방식의 개발이야말로 가장 중요한 연구 과제라 볼 수 있다. 최근 들어서 보는 사람의 주관적인 미학적 느낌을 비교하려는 연구들이 시도 되고 있다.

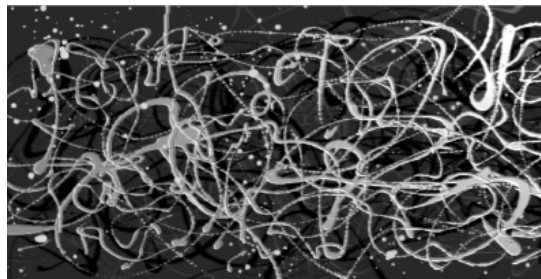
Proxy metric은 미학적 요소를 직접적으로 평가하는 것이 아니라 관련된 다른 기준으로 정량적인 측정을 통해 미학적 요소를 평가하는 방법을 말한다. 예를 들면 Santella와 DeCarlo의 시도<sup>[11]</sup>에서는 생성된 NPR 이미지를 사람들이 볼 때 어떤 부분을 보게 되는지 eye tracking을 통해 분석하는 방식을 사용했고, Gooch 등<sup>[12]</sup>과 Winnemoller 등<sup>[13]</sup>의 연구에서는 생성된 NPR 이미지가 인물이나 물체를 기억하고 학습하는데 얼마나 도움이 되는가 하는 기준으로 데이터를 측정하였다. Lee 등<sup>[14]</sup>의 연구에서는 인터랙티브한 방식으로 현대 화가 Jackson Pollock의 작품과 유사한 작품을 일반 사용자들이 만들어 내는 시스템을

제안하였다. 이 연구에서는 프랙탈 성질에 있어 자신들의 방법으로 만들어지는 결과물이 Pollock의 그것과 유사하다는 것을 보여주고 있다. 이러한 방법들은 정량화 되어있고 흥미를 주긴 하지만 결국 심미적 기준이라고 보기는 어렵다. 이러한 proxy metric들이 의미를 가지기 위해서는 인간과 실제 예술 작품의 스테디를 통해 이러한 정량적 기준들이 실제 심미적인 평가에 어떤 관계를 가지고 있는가 하는 점을 더 연구해 보아야 할 것이다.

어떤 경우에는 소위 “전문가 평가”라는 방식이 사용되기도 한다. NPR의 결과물과 비슷한 작품을 만들어 내는 아티스트에게 평가를 받는다는 것인데, 여기에도 많은 어려움과 문제점이 존재한다. 아티스트라 하더라도 그 범위와 역량, 보는 관점들이 너무 달라서 이들의 평가를 무분별하게 수용하는 것이 잘못하면 연구를 왜곡할 수 있기 때문이다. 심지어 아티스트라는 정의 자체도 모호해서 어느 누구를 아티스트로 보아야 할지도 규정되어 있지 않은 것이 현실이다. 전문가 평가를 할 때도 일반적인 사용자 평가를 할 때 적용되는 규칙을 잘 따라야 하는 것은 물론이다.

### 4. 최적화 기법의 활용 가능성

어쨌든 계속 방법이 없다고 불평만 하고 있을



(그림 3) Gooch 등<sup>[12]</sup>이 인물 사진으로부터 만들어 낸 캐리커처 형태의 스케치(좌), Lee 등<sup>[14]</sup>이 재현한 Jackson Pollock의 작품과 유사한 결과물(우)

수는 없으니, 현재 까지 탐구되어 온 컴퓨팅 모델들을 이러한 미학적, 심미적인 요소의 평가에 도입해야만 한다. 여기에서는 최적화 기법(Optimization method)<sup>[15]</sup>를 사용하려는 시도와 몇 가지 예를 보이려고 한다. 최적화 기법은 공학 뿐 아니라 경제학, 사회학, 생물학 등의 많은 분야에서 사회 현상과 인간 행동, 생물학적 현상 등을 예측하는데 사용되어 온 기법이다. 정확한 컴퓨팅 모델을 만들기 어려운 많은 분야에서 여러 가지 제약을 가정하는 상황에서 최적의 답을 구해내기 위해 사용되어 왔다.

미학적 문제의 해결을 위한 최적화 문제는 이를테면 다음의 가정을 바탕으로 성립될 수 있다. 즉, “예술가는 작품을 보는 사람에게서 원하는 시각적 반응을 최대한 이끌어 내도록 이미지를 만들어 간다” 는 가정이다. 이러한 가정을 바탕으로 최적화 문제를 설계한다면, 다음과 같다.

Minimize  $d(r_0, V(S))$  subject to the constraints of a particular medium.

여기에서  $r = V(S)$  는 시각적 자극  $S$ 에 의해 만들어지는 인간의 시각 시스템의 반응이고,  $r_0$ 는 궁극적으로 예술적으로 바라는 시각적 반응을 나타낸다. “subject to” 이하의 제약 (constraints)는 나타내려는 표현에 특화된 것으로, 예를 들면 “자극  $S$ 는 유화(oil painting)적 표현에 한정한다.” 라는 식일 것이다. 즉, 위의 최적화 문제는 원하는 시각적 반응  $r_0$ 와 실제로 NPR의 결과에서 보여지는 시각적 반응  $V(S)$ 간의 간격  $d(r_0, V(S))$ 를 최소화 하는 시각적 자극  $S$ 를 찾는 문제로 귀결된다. 여기에서 반응  $r$ 은 여러 가지 요소를 품고있는 벡터 형태가 될 수 있는데, 인식되는 물체의 형태, 심미적 반응, 전체 영상안의 콘텐츠 등이 될 수 있다. 구체적으로는 나타내어진 물체의 공

간감이라던지, 실제 영상에서의 물체 형상과 얼마나 같은가 등이 될 수 있겠다. 그러나 그렇게 문제를 모델링 하더라도 심미적, 미학적이라는 무형의 형용사를 측량할 수 있는 도구로 마음과 닿는 것은 아니다. 결국 무형의 개념을 어떻게 정량화 할 것인가는 아직까지 큰 숙제로 남아 있는 것이다.

최적화 기법의 일반화의 한 가지 예는 목적함수를 확률분포로 대치하는 것이다. 한 가지 예로 Gibbs 분포함수를 생각할 수 있었는데, 최소화해야 할 목적 함수  $E(x)$ 가 있을 때, 여기에 해당하는 Gibbs 분포함수  $p(x)$ 는  $\exp(-E(x)/T)$ 에 비례한다. 여기서  $T$ 는 온도 인자이다. 이렇게 되면, 우리는 이미지  $x$ 를 위의 Gibbs 분포함수로부터 임의로 샘플링하여 그려 낼 수 있다. 온도 인자  $T$ 가 너무 많이 높아지지 않는다면 구해지는 모든 샘플들은 최적에 가깝다 볼 수 있으며, 게다가 모두 다른 샘플일 것이다. 이러한 기법은 인간이 그림을 그려내는 방식을 모방하여 모델링 된 것으로 볼 수 있다. 예를 들면 같은 물체를 같은 사람이 100번 반복해서 그린다고 할 때 그 결과 100장의 이미지 중 똑 같은 것은 하나도 없을 것이다. 이러한 확률적 모델링이 위의 방식에 반영되었다 볼 수 있다.

## 5. 결론

본 기고에서는 비주얼 아트의 심미성, 미학적 개념에 대한 과학적 분석 도구로서의 NPR의 사용 가능성을 통해 NPR이 인간의 비주얼 아트에 대한 인간의 창조 활동을 대신할 수 있는가 라는 물음에 대한 답을 생각해 보았다. 결과적으로 그러한 가능성으로는 현재까지의 어떤 컴퓨팅 도구보다 미학적인 개념에 접근에 있기는 하지만 아직 갈 길이 멀다는 것을 보여주는데 그치고 있다.

본 기고에서 예를 든 최적화 방법의 응용 외에도 뇌과학, 확률기반 인공지능 등 많은 컴퓨팅 모델들이 이러한 문제를 푸는 열쇠가 될 수 있을 것이다.

### 참 고 문 헌

[1] A. Hertzmann, "Non-Photorealistic Rendering and the Science of Art," in Proceedings of NPAR 2010.

[2] R. Borgo etc., "A Survey on Video-based Graphics and Video Visualization," in STAR (State of The Art Report), EUROGRAPHICS 2011.

[3] Ji-Yong Kwon and In-Kwon Lee, "The Squash-and-Stretch Stylization for Character Animation," IEEE Transactions on Visualization & Computer Graphics, to appear.

[4] P. Haeberli, "Paint By Numbers: Abstract Image Representations," in Proceedings of SIGGRAPH, pp.207-214, 1990.

[5] P. Litwinowicz, "Images and Video for an Impressionist Effect," in Proceedings of SIGGRAPH, pp.407-414, 1997.

[6] F. Cole, A. Golovinskiy, A. Limpaecher, H. Barros, A. Finkelstein, T. Funkhouser, and S. Rusinkiewicz, "Where Do People Draw Lines?," ACM Transactions on Graphics (Proc. SIGGRAPH) 27(3), 2008.

[7] A. Santella, M. Agrawala, O. Decarlo, D. Salesin, and M. Cohen, "Gaze-Based Interaction for Semi-Automatic Photo Cropping," In Proc. of CHI, 771-780, 2006.

[8] M. Agrawala, and C. Stolte, "Rendering Effective Route Maps: Improving Usability Through Generalization," In Proc. SIGGRAPH, 2001.

[9] F. Cole, K. Sanik, D. Decarlo, A. Finkelstein, T. Funkhouse, S. Rusinkiewicz, and M. Singh, "How Well Do Line Drawings Depict Shape?" ACM Trans. Graphics 28(3), 2009.

[10] S. Greenberg, and B. Buxton, "Usability Evaluation Considered Harmful (Some of the Time)," In Proc. CHI, 2008.

[11] A. Santella, and D. Decarlo, "Visual Interest and NPR: an Evaluation and Manifesto," In Proc. NPAR 2004.

[12] B. Gooch, E. Reinhard, and A. Cooch, "Human Facial Illustration: Creation and Psychophysical Evaluation," ACM Trans. Graphics 23, 1, 27-44, 2004.

[13] H. Winnemoller, S. Olsen, and B. Gooch, "Real-Time Video Abstraction," ACM Trans. Graphics 25, 3 (July), 2006.

[14] S. Lee, S. Olsen, and B. Gooch, "Interactive 3D Fluid Jet Painting," In Proc. NPAR, 2006.

[15] R. Fletcher, Practical Methods of Optimization, Wiley, 2000.

### 저 자 약 력



이 인 권

이메일 : iklee@yonsei.ac.kr

- 1989년 연세대학교 전산학과(학사)
- 1992년 포항공과대학교 컴퓨터공학과(석사)
- 1997년 포항공과대학교 컴퓨터공학과(박사)
- 1997년~1999년 기하연구소, 비엔나 공대 연구원
- 1999년~2001년 포항공과대학교 정보통신대학원 연구교수
- 2001년~2003년 아주대학교 미디어학부 조교수
- 2003년~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 부교수
- 관심분야: 컴퓨터 그래픽스, 뮤직 테크놀로지