

## 투명한 물체의 실시간 비사실적 렌더링

김용진<sup>o</sup> 이승용

포항공과대학교 컴퓨터공학과

{sldk, leesy}@postech.ac.kr

### Real-time Non-photorealistic Rendering of Transparent Objects

Yongjin Kim<sup>o</sup> Seungyong Lee

Dept. of Computer Science & Engineering, POSTECH

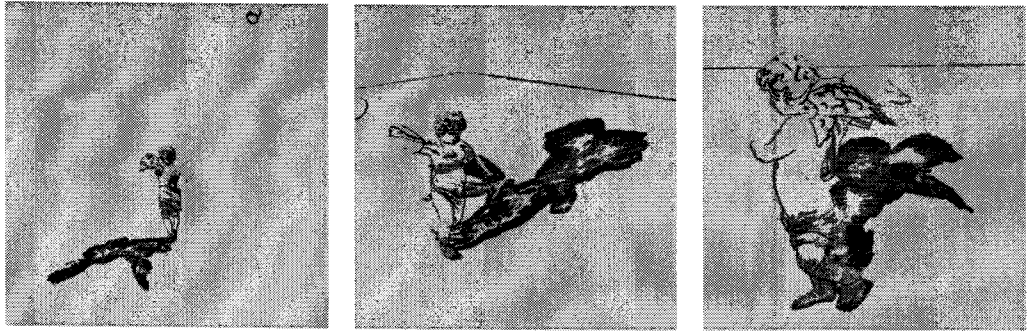


그림 1: 본 알고리즘을 사용해서 렌더링 된 결과. 투명한 물체의 특성을 효과적으로 전달하며, 사실적이고 풍부한 빛의 효과와 친밀하고 예술적인 느낌을 동시에 표현해 낸다.

사람이 그린 것과 같은 표현이나 효과적인 정보의 전달을 목표로 하는 비사실적 렌더링(non-photorealistic rendering)은 지난 10여 년 간 연구되어 왔으나 빛의 효과에 대해서는 직접 조명(direct illumination)에 한정되어 다루어 왔다. 그런데, 실생활에서 접하는 유리로 된 물체나 물과 같은 것을 효과적으로 표현하기 위해서는 굴절과 코스틱스(caustics)를 고려하여야 한다. 굴절이나 코스틱스를 계산하는 것은 최근 그래픽스 하드웨어를 이용하여 실시간에 계산하는 방법들이 제시되었다. 본 논문에서는 최근 제시된 실시간 굴절 효과 및 코스틱스 계산 알고리즘과 실시간 연필 렌더링(real-time pencil rendering)을 결합하고 확장하여 투명한 물체가 바닥에 놓여진 상황을 효과적으로 묘사할 수 있는 렌더링 방법을 제시한다.

렌더링 프레임웍은 투명한 물체 표면과 바닥면을 분리한 후, 물체 표면은 윤곽선과 내부에 각각 연필 효과를 적용하며, 바닥면의 경우는 그림자를 렌더링 한 후 연필 효과를 적용하고 그 위에 코스틱스 맵을 참조하여 지우개 효과를 적용하게 된다. 각각 그려진 물체 표면과 바닥면은 최종적으로 하나의 영상으로 합쳐진다(그림 2).

각 부분의 연필 효과 적용을 위해서 필요한 밝기 값은 사실적 렌더링(photorealistic rendering) 결과로부터 얻는다. 투명한 물체 표면을 위한 실시간 굴절계산 알고리즘은 그래픽스 하드웨어 상에서 각각의 픽셀을 광선으로 생각하여 굴절과 이진 검색(binary search)을 통한 교차검사(intersection test)를 반복해 가며 최종적인 값을 얻게 된다 [1]. 코스틱스 맵(caustics map)을 얻는 것은 광원에서 물체를 바라보는 방향으로 렌더링 하여, 각 픽셀을 포톤(photon)으로 취급하고 이것이 바닥면과 교차하는 위치를 찾은 후 위치 텍스처(position texture)에 저장하고, 각 픽셀을 정점으로 매핑하여 포인트 스프라이트(point sprite)를 이용해 다시 렌더링 한다 [3]. 얻어진 밝기는 좀 더 나은 결과를 얻기 위해 여러번 거듭제곱하여 사용하게 되는데, 본 논문에서 제시된 영상에서는 세제곱한 밝기를 사용하였다. 연필 효과의 적용은 실시간 연필 렌더링에서 제시된 방법에 기반을 두고 있으며 최종적으로 지우개 효과를 적용하는 것이 새로 제시되는 부분이다 [2]. 지우개 효과는 코스틱스와 같은 밝은 부분을 표현하기 위해서 밝은 밝기의 연필 텍스처를 바로 참조하지 않고, 어두운 밝기에 해당하는 조밀한 연필 텍스처를 먼저 적용한 후 스트로크(stroke)는 유지하며 밝기만 조정하는 방식이다. 본 논문에서 제시하는 알고리즘의 총 렌더링 과정은 실시간에 수행되어 게임이나 화가를 위한 인터랙티브 시스템에서 쉽게 적용되어 쓰일 수 있다.

본 알고리즘을 통해 생성된 그림은 사실적인 빛 효과의 표현 뿐 아니라 예술적인 느낌을 적절히 표현하며, 투명한 물체의 성격을 더 효과적으로 나타낸다(그림 1,3). 또한, 기존의 방식인 알파 블렌딩(alpha blending)을 이용하면 투명한 물체의 내부가 비어있는 것처럼 보이는 반면, 물체 표면의 밝기가 일상생활에서 관찰하는 것과 비슷한 형태로 왜곡되어 나타나 물체 자체의 성격을 분명하게 알 수 있으며 입체감을 높이는 효과가 난다(그림 3).

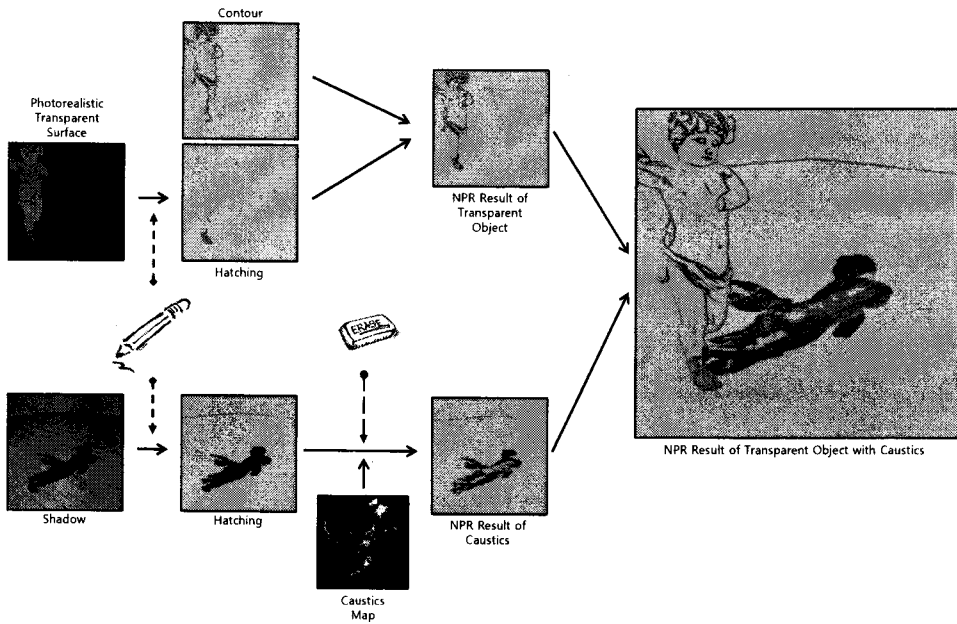


그림 2: 렌더링 프레임워크

### 감사의 글

연필 렌더링의 구현을 위해 많은 도움을 준 이현준군에게 감사의 말을 전합니다. 본 논문에서 사용한 큐피드 모델은 ARCHIBASE에서 구한 것입니다.

### 참고 문헌

- [1] Scott T Davis and Chris Wyman. Interactive refractions with total internal reflection. In *GI '07: Proceedings of Graphics Interface 2007*, pages 185–190, New York, NY, USA, 2007. ACM Press.
- [2] Hyunjun Lee, Sungtae Kwon, and Seungyong Lee. Real-time pencil rendering. In *NPAR '06: Proceedings of the 4th international symposium on Non-photorealistic animation and rendering*, pages 37–45, New York, NY, USA, 2006. ACM Press.
- [3] Musawir A. Shah and Jaakko Konttinen. Caustics mapping: An image-space technique for real-time caustics. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 13(2):272–280, 2007. Member-Sumanta Pattanaik.

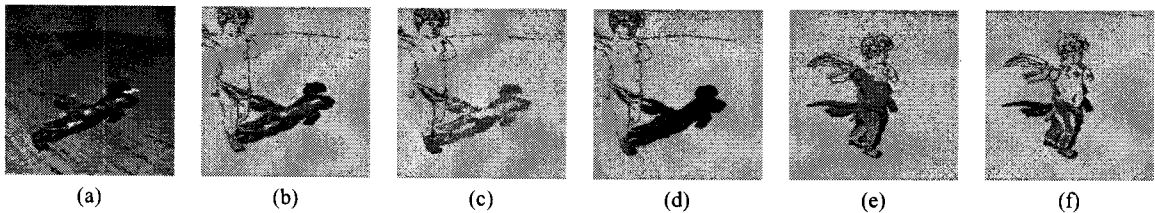


그림 3: (a) 사실적 렌더링 결과, (b) (c) 연필을 이용한 비사실적 변형의 결과, (d) 코스틱스를 무시한 결과, (e) 알파블렌딩 결과, (f) 굴절을 고려한 결과