

깊이 기반 실시간 반투명 유리 렌더링

이제선^{1,0}, 최재원¹, 박소영², 최윤지¹, 김재명², 이성길²
¹성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과, ²성균관대학교 소프트웨어학과
(jeseon, jaewonchoi, young505, y.j.choi, jaemyung, sungkil)@skku.edu

Depth-Based Real-Time Translucent-Glass Rendering

Jeseon Lee^{1,0}, Jaewon Choi¹, Soyoung Park², Yoonji Choi¹, Jaemyung Kim², Sungkil Lee²
¹Department of Electrical and Computer Engineering, Sungkyunkwan University
²Department of Software, Sungkyunkwan University

요약

본 연구는 반사와 투과 현상이 발생하는 반투명 유리 렌더링에 대한 효과적 표현 기법을 제안한다. 반투명 평면 물체에 투과되어 보이는 물체는 그 거리에 따라 흐린 정도가 다르게 나타난다. 본 논문은 반투명 평면 유리와 물체간의 거리에 따라 물체의 흐림 정도가 결정되는 것에 착안하여, 이를 물체간의 깊이차를 기반으로 블러의 양을 결정하여 빛의 산란을 근사하는 실시간 반투명 유리 렌더링 기법을 제안한다.

1. 서론

컴퓨터 그래픽스에서 물체의 표현은 물체가 가지는 매질에 의하여 정의된다. 반투명한 물체는 반사와 투과의 성질이 복합적으로 작용하므로 렌더링 시 매질에 의한 빛의 반사, 투과 등을 모델링한 양방향 산란 분포 함수(bidirectional scattering distribution function; BSDF)가 주로 사용된다[1]. 이러한 함수 기반의 광선추적 기법은 사실감이 높은 반면, 계산의 연산량이 커 속도 향상을 위한 기법이 필요하다. 이를 위해 굴절 연산에 필요한 표면 법선 정보를 NDF(normal distribution function)[2]에 저장하여 표면의 거칠기에 따른 굴절을 하는 기법이 제안 되었지만, 거리에 따른 흐림 효과는 고려되지 않았다.

본 논문에서는 빛의 산란 정도를 일정한 상수로 근사하여 연산량을 줄이고, 빛의 산란을 깊이 정보를 기반으로 계층적 블러를 적용하여 근사함으로써 실시간 성능을 달성하면서도 반투명 유리 렌더링 기법을 제안한다.

2. 관련연구

Walter[1]은 실제 굴절 연산과 비교 했을 때 거의 유사하다는 것을 보이기 위해 미세면 이론(microfacet theory)을 도입하여 처음으로 미세면 분산 기법을 제안하였다. Guo[3]는 Walter의 모델[1]을 실시간 렌더링에 최적화 하기 위하여 확장 정규 분포(extended normal distribution)를 도입하여 실시간 렌더링을 하였다.

우리의 연구와 가장 유사한 것은 Charles[2]이다. Charles[2]는 NDF를 기반으로 광선추적을 수행하여 물체의 대한 산란을 연산하는 물리 기반 실시간 렌더링 기법을 할 수 있음을 보이기도 했다.

3. 알고리즘

본 연구에서 투과된 물체의 모양은 블러(blur)의 커널 사이즈를 물체간의 거리와 반투명 유리의 거칠음으로 근사하여 계층적 흐림 효과를 표현한다. 또한 물체의 경계면이 뚜렷하게 보이는 현상을 커널 사이즈에 대해 블러 처리를 하여 부드러운 경계면을 생성한다.

3.1 깊이 기반 계층적 흐림 효과

그림 1은 본 논문이 제안하는 깊이 기반 계층적 흐림 효과의 개략도이다. 계층적 흐림 효과는 빛이 공기에서 매질로 입사 시 발생하는 산란과 매질에서 공기로 입사할 때 발생하는 산란을 깊이 정보를 기반으로 정의한다.

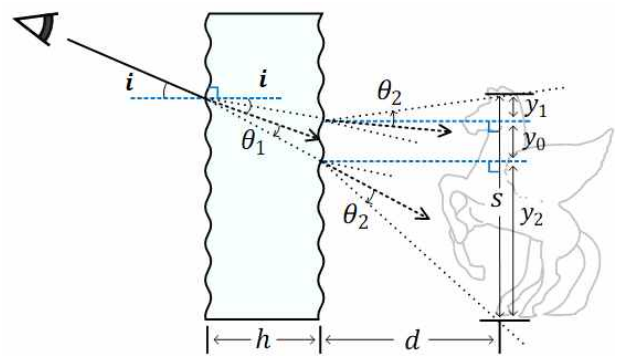


그림 1. 깊이 기반 계층적 흐림 효과 개략도

유리 표면이 거침이 커질수록 투과된 물체 모양의 흐림 정도는 높아진다. 이를 근거리 거침의 정도를 유리를 투과한 빛이 산란되는 각도라고 근사하고 이를 θ_1 과 θ_2 라고 한다. i 는 빛의 입사각을, h 는 유리의 두께를, d 는 유리와 투과되어 보이는 물체 사이 거리를 나타낸다. y_0 은 시점으로부터 나온 빛이 반투명한 물체의 매질과 처음 접하는 면에서 산란 되는 범위이다.

* 구두 발표논문

* 본 연구는 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 <실감교류인체감응솔루션> 글로벌프론티어사업, 과학기술인문융합연구사업, 정보통신기술진흥센터 대학 ICT 연구센터육성지원사업으로 수행되었음. (2018M3A6A3058649, 2017M3C1B6070980, ITP-2018-2016-0-00312)



그림 2. 각 모델에 따른 패스 트레이싱(좌)과 본 연구 제안 기법(우)

$$y_0 = h \tan(i + \theta_1) - h \tan(i - \theta_1) \quad (1)$$

y_1 과 y_2 는 초기 산란 범위의 양 끝단에서 최종 산란 범위에 직교하는 선을 그려 측정한 범위를 의미한다. y_0 , y_1 , y_2 은 모두 i 와 θ_1 , θ_2 를 사용하여 계산 한다.

$$y_1 = d |\tan(i - \theta_1 - \theta_2)| \quad (2)$$

$$y_2 = d |\tan(i + \theta_1 + \theta_2)| \quad (3)$$

산란 범위 y_0 , y_1 , y_2 의 합을 카메라와 물체의 거리 z 로 나누고, 스크린 공간의 크기 t 를 곱하여 최종 커널 사이즈를 연산할 수 있다. 유리 표면의 거침이 최대로 늘어나는 블러 커널 사이즈의 최대치를 t 라고 정의 한다. 식 4은 최종 커널 사이즈 식이다.

$$k = t \frac{(y_0 + y_1 + y_2)}{z} \quad (4)$$

3.2 부드러운 경계 적용

블러의 커널 사이즈는 반투명 평면 유리와 투과되어 보이는 깊이 값을 기반으로 결정된다. 따라서 물체의 경계 선에서는 깊이 차이가 커, 커널 사이즈의 차가 크게 발생한다. 우리는 커널 사이즈에 블러를 적용하여 부드러운 경계면을 생성한다[4]. 그림 3는 블러의 커널 사이즈에 흐림 효과를 적용 후 시각화를 한 것이다.



그림 3. 커널 사이즈에 블러 적용 전(좌)과 후(우)

4. 결과 및 토론

본 연구는 Intel Core i7-3700, NVIDIA GeForce GTX 1080 기준으로 진행 되었다. 그림 2 에는 각 모델별로 오프라인 렌더러에서 패스 트레이싱을 수행한 결과 그리고 본 연구에서 제안한 거리 차이에 따른 반투명 유리 결과를 나타내었다. 본 기법 적용 시 거리의

차이에 따른 반투명 평면 유리를 효과적으로 표현할 수 있다.

표 1. 렌더링 성능 측정 결과

모델	패스 트레이싱 (샘플 수: 510)	본 연구 기법		
		블러 연산	렌더링	총합
말 (160,252 tri)	73800 ms	0.157 ms	1.491 ms	1.648 ms
나무 (1,430,206 tri)	253200 ms	0.264 ms	1.795 ms	2.059 ms

표 1에서 보이듯 본 연구가 기존 패스 트레이싱 기반의 반투명 유리 렌더링과 비교했을 때 상당한 성능 향상과 함께 유사한 이미지 품질을 확보할 수 있는 것을 확인 하였다.

그러나 본 연구에서 제안한 방법은 반투명 평면 유리가 여러 개 겹쳐져 있는 경우는 표현하지 못한다는 한계를 지닌다. 추후 연구에서는 이러한 결함을 해결하기 위한 방법을 연구할 예정이다.

참고문헌

- [1] Bruce Walter and Stephen R. Marschner, Microfacet Models for Refraction through Rough Surfaces, *In Proceedings of the 18th Eurographics conference on Rendering Techniques*, 195-206, 2007
- [2] Charles de Rousiers and Adrien Bousseau, Real-Time Rendering of Rough Refraction, *IEEE Trans. Vis. and Computer Graphics*, 18(10), 1591-1602, 2012
- [3] Jie Guo and Jinghui Qian, Rendering Thin Transparent Layers with Extended Normal Distribution Functions, *IEEE Trans. Vis. and Computer Graphics*, 23(9), 2108-2119, 2017
- [4] Sungkil Lee and Gerard J. Kim, Real-Time Depth-of-Field Rendering Using Anisotropically Filtered Mipmap Interpolation, *IEEE Trans. Vis. and Computer Graphics*, 15(3), 453-464, 2009.