양안 렌더링에서 물체의 광택 표현을 위한 기술 동향

[글] 지중현, 고광희*
광주과학기술원
*khko@gist.ac.kr

1. 서 론

가상의 3차원 콘텐츠 생성에서는 주로 두 장의 2D 이미지만을 가지고 3D 입체 영상을 감상할 수 있는 양안 렌더링(stereoscopic rendering) 기술이 널리 쓰이고 있다. 이 기술은 홀로그래피(holography)처럼 완전한 3차원 영상을 제공하지는 않지만, 비교적 간단한 하드웨어 및 소프트웨어 구성으로 3D를 즐길 수 있는 장점이 있다. 양안 디스플레이나 안경을 통해 보는 두 이미지가 잘 융합되었을 때, 시청자는 시점 종속적인 깊이감을 느끼게 되는 것이다.

양안 렌더링의 주 아이디어는 Fig. 1처럼 같은 장면에 대해서 다른 시점으로 두 번 렌더링하는 것이다. 이를 위해 주로 거친 난반사 표면을 가정한다면 물체의 특정한 3차원 좌표의 점에 대해서 왼쪽 이미지 픽셀 좌표와 오른쪽 이미지 픽셀 좌표가 공액 기하(epipolar geometry)를 통해 기하학적 연관성을 갖추게 된다. 따라서 두 이미지 간의 3차원 좌표에서 픽셀의 움직임은 마치 물체 위에 붙여진 텍스쳐처럼 작용하므로 두 픽셀 좌표의 차이를 ‘텍스쳐 디스패리티’라고 부른다.

양안 렌더링의 가장 큰 문제점 중에 하나는 콘텐츠 제작에서 계산 시간이 대략 두 배로 소모되는 것인데, 이 문제를 해결하기 위해서 3D 기하 정보나 깊이 정보를 가지고 있을 때 한 쪽 시점에 해당하는 이미지를 가지고 새로운 시점에 대하여 이미지를 왜곡하여 양안 렌더링을 근사하는 방법을 쓸 수 있다. 그러나 이렇게 얻은 영상의 품질은 저하되기 때문에 입체 영상에서 물체의 재질이 시각적으로 밋밋하게 보이는 등의 문제가 있다. 그 이유는 이미지 와핑이 하이라이트의 시점 의존적 성질을 제대로 반영하지 못하기 때문이다. 따라서 양안 렌더링에 관련된 여러 가지 기반 이론들을 이용하여 좀 더 빠른 계산으로 이미지를 산출해 냄과 동시에 물리적으로 그리고 인지적으로 올바른 깊이감, 재질감의 품질을 극대화하는 것은 매우 중요하다고 볼 수 있다.

2. 관련연구

이번 장에서는 양안 렌더링 계산 시간을 단축하여 실시간 TV 등에 이용할 수 있는(특히 단일 이미지

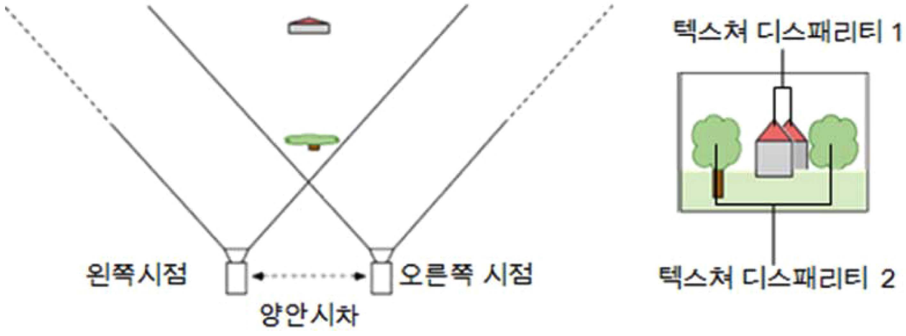

Fig. 1. 시점에 따라 생기는 텍스쳐 디스패리티

를 활용하는) 기술과 더불어, 인간의 양안 인지/시각 이론을 이용하여 매끄러운 물체 위에 생기는 광택을 올바르게 표현하려는 시도들을 소개하도록 한다.

2.1 양안렌더링 고속화 기법

Fig. 2에서와 같은 이미지 기반 렌더링 기술을 사용하면 서로 다른 시점에서 획득한 이미지 간의 일관성을 이용하여 새로운 시점에서 렌더링을 수행하지 않고도 그들을 선형 보간함으로써 근사적인 이미지를 얻을 수 있게 된다. 그러나, 양안 렌더링에서 이 방법은 별로 의미를 갖지 못한다. 왜냐하면 이런 방법은 완벽한 두 시점 이상의 이미지들을 필요하기 때문이다.

또 다른 방법으로는 양안 모두에서 광선추적법을 사용하여 렌더링을 수행하되 부분적으로만 적용하는 것을 생각해 볼 수 있다 [3]. 이 방법은 매끄러운 물체 표면에 대해 한쪽 시점에서 정반사나 굴절이 일어나 쉐이딩을 계산하는 경우에 사용한다. 획득된 광선의 정보를 다른 쪽 시점의 3차원 공간에 재투사하는 방식으로 복잡한 광선-물체 교차검사를 통하지 않고 광선의 반사나 굴절을 계산할 수 있는 장점이 있다.

단일 시점으로부터 나온 이미지 한 장만으로 양안 렌더링을 근사하는 가장 대표적인 방법은 '이미지 와핑'을 들 수 있다 [1]. 원본 이미지 및 그에 대한 3차원 깊이 정보 혹은 3D 포인트 정보가 주어져 있다면, Fig. 2와 같이 왼쪽이나 오른쪽 시점에 맞게 그 깊이 혹은 3D 포인트를 변환하여 이미지를 획득하는 간단한 방법이다. 하지만 그림에서 보이는 것처럼 이 방법의 가장 큰 문제는 와핑을 수행하면서 생기는 이미지 잡티(artifact)와 왼쪽 시점에서 안 보이던 기하 물체가 오른쪽 시점에서 갑자기 보이면서 나타나는 정보 부재로 인한 반가림(dis-occlusion)을 들 수 있다. 이 문제는 양안 시차가 크지 않을 때 난반사의 물체의 경우 간단한 픽셀 블러 필터를 적용하여 해결할 수 있지만, 그렇지 않을 경우 딱히 정확한 해결책은 존재하지 않는다.

렌더링을 고속화하기 위한 또 다른 방법으로는 인간의 시각인지 측면에서 양안 억제 이론(binocular suppression theory)을 적용한 압축 방법이 있다 [4]. Fig. 3에서 볼 수 있듯이, 이 방법은 한 개 시점에서 느리지만 완벽하게 획득한 이미지와 다른 시점에서는 빠르게 획득한 조악한 품질의 이미지(원본 대비 크기가 작은 영상, 알리아스(alias)를 없애지 않은 영상, 특정 쉐이딩 효과를 고려하지 않은 밋밋한 영상 등)를 이용한다. 이 기법에서 나온 이미지와 완벽한 양안 렌더링을 통해 구성된 이미지에 대해서 3차원 영상 품질의 주관적 평가를 실험한 결과 두 실험군의 차이는 거의 없다고 보고되었다. 그 이유는 열악한 이미지의 가중치가 억제되는 반면에 고품질로 렌더링을 수행한 쪽으로 가중치가 증가하여 사용자가

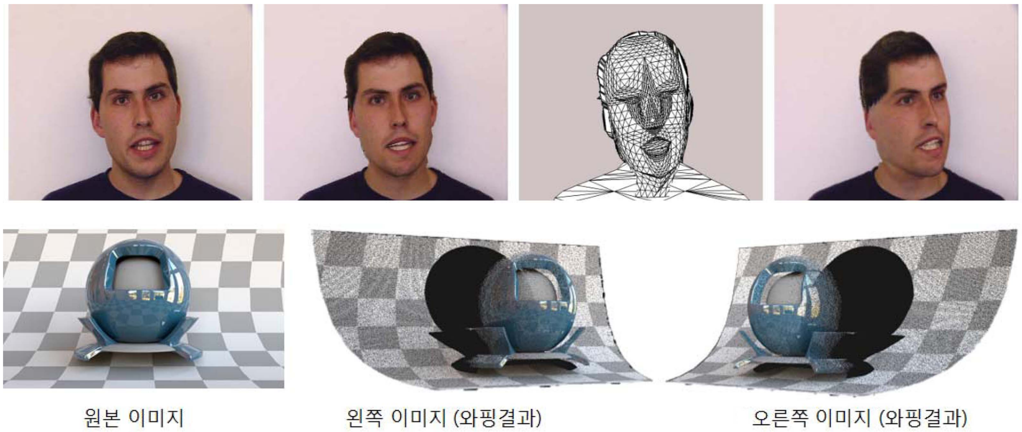

Fig. 2. 이미지 와핑 수행 결과

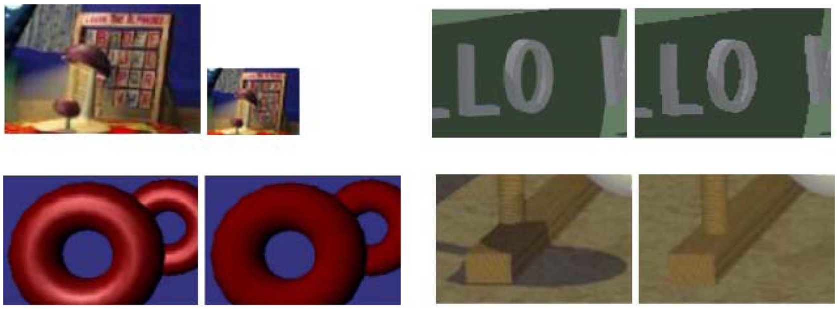

Fig. 3. 양안 억제 렌더링 예시

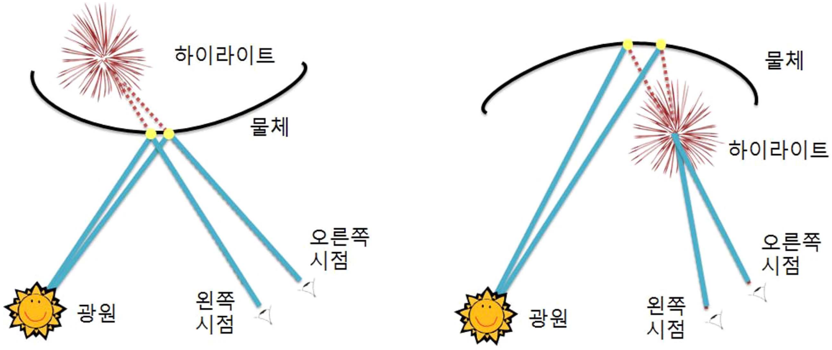

Fig. 3. 양안 억제 렌더링 예시

체감하는 입체 영상의 전체적인 품질의 저하가 거의 발생하지 않기 때문이다.

위에서 소개한 다양한 양안 렌더링 고속화 기법은 차후 GPU의 발전과 더불어 실시간성을 요구하는 응용 분야에 이용되기 위해서 병렬 처리를 통해서 동시에 렌더링을 수행할 수 있도록 쉽게 확장될 수 있다. 그러나 이미지 와핑 같은 단일 이미지 기반 방법은 난반사가 일어나는 표면을 위한 기법이므로 이를 통해서는 양안 렌더링을 수행할 때 어떠한 것도 인간이 느끼는 광택(gloss)의 느낌을 표현하기 어렵다.

2.2 광택에 대한 인간의 인식

보통 대부분 물체들은 어느 정도의 광택을 가지고 있으므로 이에 대한 인간의 인식을 연구하는 것은 매우 중요하다고 볼 수 있다. 반짝이는 물체에 대한 인식을 평가하는 연구는 Kirschman [5]에 의해서 처음 시작된 이후 광범위하게 발전되어 왔다. 거친 난반사 표면에서는 물체의 특정한 3차원 좌표점에 대해서 그것의 쉐이딩 결과를 가지고 있는 왼쪽 이미지 픽셀 좌표와 오른쪽 이미지 픽셀 좌표가 공액 기하(epipolar geometry)를 통해 기하학적 연관성을 갖추게 된다. 따라서 두 이미지 간의 3차원 좌표에서 픽셀의 움직임은 마치 물체 위에 붙여진 텍스쳐처럼 작용하므로 이미지 와핑을 통해서 복원할 수 있다. 그러나 매끄러운 물체에서는 하이라이트가 생기는 픽셀의 좌표가 왼쪽 시점과 오른쪽 시점에서 기하학적인 연관성이 아닌 물체 노말 벡터와 광원에 의해 비선형적으로 결정되는 '하이라이트 디스패리티'를 반드시 고려하여야 한다. 만약 하이라이트 디스페리티가 이미 계산되어 있다면 Fig. 4에서처럼 약간의 편향(bias)를 추가하는 것으로 광택을 좀 더 실감 나게 표현할 수 있다고 알려져 있다 [6]. 볼록한 표면 위에 있는 하이라이트는 디스패리티를 조작하여 뒤

로 이동시키고, 오목한 표면을 가진 물체에서는 그와 반대로 이동시킨다.

Obein등 [7]은 광택이 단안의 이미지보다는 양안의 이미지를 감상할 때 매우 극명하며, 그 차이는 물체의 광택이 강하면 강할수록 더 크다고 하였다. 비슷하게, Wendt [8]등은 하이라이트 디스패리티의 고려가 재질감의 진위성을 판단하는 데 필수적이라고 언급하였다.

2.3 양안 렌더링에서 광택 표현 기법

양안 조정에 관련된 많은 논문은 대개 시각적 피로와 불편함을 해소하는 데에 초점을 맞췄다. 그러나 양안 렌더링에서 광택 표현을 위해서는 시각적 피로가 조금 증가하더라도 하이라이트 디스패리티를 이용하여 좌/우안의 시각적 경쟁을 도입하여야만 한다. 따라서 Templin등 [8]은 광택이 있는 물체를 위해 이미지 기반의 상수적인 하이라이트 디스패리티 조작 방법을 도입하였다. 이 모델에서는 사용자가 특정한 와핑 상수를 부여하여 물체의 곡률과 모서리 부분에 맞게 수평적으로만 조절하게 된다. 특정 장면 상황에 알맞은 상수를 찾는 일은 단순할 수 있지만, 이 기법은 시행착오가 필요하고 물리적 인자에 따라 최적화된 디스패리티를 자동으로 계산하지 않는 단점이 있다. 또한, 수평적인 디스패리티만 고려하므로 물체의 모양이나 보는 위치 및 방향에 따라 달라지는 복잡하고 비선형적인 물리적인 디스패리티 값을 복원하는 것은 가능하지 않다.

Dabała [9]는 광택 반사와 굴절이 있는 합성 장면을 위해 모든 가능한 디스패리티를 고려한 렌더링 결과를 이용한 최적화 기법을 통해 편안한 시청감을 주는 최적화 기법을 제안하였다. 하지만 이 기법은 여전히 완전한 양안 이미지 쌍들과 최적화 전에 모든 빛의 경로를 가진 광선 트리 구성을 요구하는 등 계산이 방대한 단점이 있다.

최근의 연구 결과로, 다양한 장면 파라미터에 맞는 올바른 광택을 사용자 간섭 없이 자동으로 빠르게 산출할 수 있는 경험적 모델이 제안되었다 [10]. 이 방법은 하이라이트 디스패리티를 직접 만드는 대신에, 이미지 와핑을 통해 하이라이트의 왜곡된 위치를 경험적인 모델을 통해 교정하여 간접적으로 올바른 디스패리티를 복원한다. 이 모델에서 하이라이트 왜곡의 크기는 3차원 공간의 하이라이트 된 표면

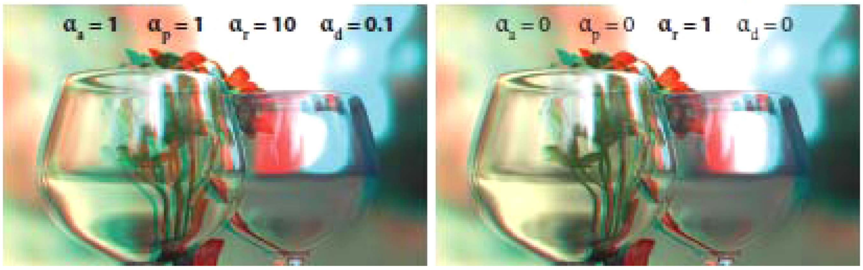

Fig. 4. 디스패리티 최적화 예시

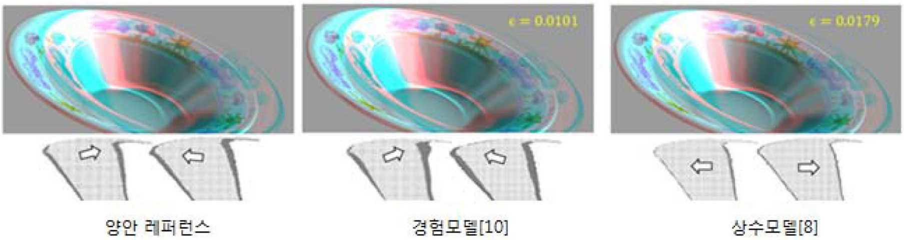

Fig. 5. 하이라이트 왜곡제거를 위한 경험모델의 결과비교 [10]

을 근사하는 곡률 구(curvature sphere)를 통해서 계산할 수 있다. 또한, 하이라이트 왜곡의 방향은 이미지상 가상의 원호를 통해 추적함으로써 근사할 수 있다. 최종적으로, 교정된 하이라이트의 위치 및 방향은 Fig. 5에서 보듯이 기존의 상수 모델과 다르게 수직 디스패리티까지 포함하는 비선형성까지 모델링하므로 물리적인 레퍼런스와 유사한 결과를 준다. 그러나 [8,10]에서 사용된 방법은 물리적 결과와 비록 유사할지라도 휴리스틱 알고리즘이기 때문에 모든 상황에 잘 동작한다는 보장이 없으며 이미지 기반 방법의 모든 알려진 단점들(이미지 샘플링이나 재구축 시 발생하는 이미지 잡티)을 그대로 계승하는 문제가 있다.

3. 결 론

최근의 양안 렌더링 관련 소프트웨어/하드웨어 기술이 계속해서 빠르게 진보하고 있고, 일반 사용자에게 그 여파가 계속 확대되고 있다. 특히 3D-TV의 보급으로 인해 밋밋한 2D 영상을 스테레오 컨버전을 통해서 빠르게 입체 영상으로 근사하거나, 여러 가지 흥미로운 입체영상 콘텐츠를 촬영하고 시청하는 것이 일상이 되었다. 여기에서는 양안 렌더링 기술 중에서 재질감을 표현하기 위한 기술만을 중점으로 설명하였다. 각 방법마다 장/단점들이 분명히 존재하기 때문에 현재의 단계에서는 어느 한 가지 기술만으로는 모든 문제를 해결하기 어려운 실정이다. 현재까지 소개한 양안 렌더링의 장점을 극대화하고 단점을 보완한다면 좀 더 몰입감 있고 생동감 있는 고품질의 입체 영상을 얻을 수 있을 것이다. 궁극적으로, 단순한 물체의 반짝임뿐만 아니라 복잡한 재질감을 모사하기 위해서는 많은 물리적인 변수들 (물체의 표면 거칠기, 진폭, 다양한 카메라 환경, 다양한 조명등)에 관해 모두 고려해야 한다. 따라서 그에 관한 많은 연구가 추가적으로 반드시 진행 돼야 할 것으로 보인다.

참고문헌

1. Fu S, Bao H and Peng Q. An accelerated rendering algorithm for stereoscopic display. Computers & Graphics 20(2) 1996 223-9.
2. P. Eisert and J. Rurainsky. Geometry Assisted Image-based Rendering for Facial Analysis and Synthesis, Signal Processing: Image Communication 21(6) 2006 493-505.
3. Adelson SJ and Hodges LF. Stereoscopic ray-tracing. The Visual Computer 10(3) 1993 127-44.
4. Bulbul A and Cipiloglu Z, Capin T. A perceptual approach for stereoscopic rendering optimization. Computers & Graphics 34(2) 2010 145-57.
5. Kirschmann A. Der Metallglanz und die Parallaxe des indirecten Sehens. Verlag von Wilhelm Engelmann 1895.
6. Blake A and Bültho H. Does the brain know the physics of specular reflection? Nature 343(6254) 1990 165-8.
7. Obein G, Knoblauch K and Viéot F. Difference scaling of gloss: Nonlinearity, binocularity, and constancy. Journal of Vision 4(9) 2004 4.
8. Templin K, Didyk P, Ritschel T and Myszkowski K, Seidel HP. Highlight microdisparity for improved gloss depiction. ACM Trans Graph 31(4) 2012 92.
9. Dabała Ł, Kellnhofer P, Ritschel T, Didyk P, Templin K, Myszkowski K, et al. Manipulating refractive and reflective binocular disparity. Computer Graphics Forum 33(2) 2014 53-62.
10. Joonghyun Ji and Kwang-Hee Ko. Improved gloss depiction using the empirical highlight un-distortion method for 3D image-warping-based stereo rendering. Computers & Graphics 2015 501-22.