

디자인 가시화를 위한 고품질 렌더링 기술의 소개

글 _ 이주형 _ 한국전자통신연구원 렌더링기술연구팀 _ joohaeng@etri.re.kr

1. 서론

소비자들이 제품 구매에 있어서 기능적인 면보다는 외형, 스타일, 패션 등의 감성적인 요인에 의해 구매 결정을 내리는 경우가 많아 지고 있다. 특히, 최신 디지털 기기에서는 이런 경향이 더욱 두드러지고 있고, 자동차와 같은 전통적인 제품에서도 이러한 경향은 유사하다. 이런 시장 상황에 부응하고자 제품 개발 단계에서 디자인을 가시화하는 일이 어느 때보다 중요하게 되었다. 즉, 디자인 가시화를 통해 제품 디자인 자체의 품질을 높일 수 있고, 더 나아가서는 제품 개발 기간을 단축할 수 있다.

본고에서는 이러한 디자인 가시화의 핵심 기술로서 고품질 렌더링 및 관련 기술을 소개하고, 또한 상용 소프트웨어를 이용한 적용 사례를 살펴보기로 한다.

2. 고품질 렌더링 기술

2.1 렌더링

3차원 컴퓨터 그래픽스에서 렌더링이란 주어진 장면을 가상의 카메라로 찍어내어 이를 이미지로 저장하는 과정이다. (렌더링은 이를 담당하는 소프트웨어이다.) 장면의 구성요소로는 다양한 기하 객체, 그 객체의 재질 정보, 움직임, 조명 등이 있다. 장면의 모습

은 조명을 통해 밝혀 지고, 그 중 일부의 빛들이 가상의 광선형태로 카메라에 전달되어 기록된다. 가상의 카메라는 간단한 카메라 모델이 주로 사용되고 있으나, 피사계 심도와 같은 렌즈 효과를 표현하기 위한 물리기반 카메라 모델도 도입되고 있다.

이 때, 광원에서 나온 빛이 공간 속에서 전달(light transport)되어 장면의 물체에 충돌하여 반사 및 굴절의 형태로 분산(light scattering)되는 과정을 시뮬레이션 하는 것이 중요하다. 따라서, 렌더링은 빛의 전달과 이를 카메라로 수집하는 과정을 시뮬레이션하는 소프트웨어라고 볼 수 있다.

컴퓨터 그래픽스의 최종 결과물을 만들기 때문에 렌더링은 컴퓨터 그래픽스 분야의 핵심 기술이고, 관련 기술도 컴퓨터 그래픽스의 역사와 함께 발전해 왔다. 특히, 이미지를 생성하는 속도와 최종 이미지의 품질을 향상시키기는 방향으로 발전해 왔다. 그 결과 최신 GPU를 이용하여 과거에 불가능한 대용량 장면에 대해 고품질의 영상을 실시간에 생성할 수 있게 되었다. 또한, 실시간성보다 영상의 품질(애물 들어, 물리적 정확성)이 중요한 응용에서는 물리기반 렌더링 기술이 개발되어, 전역조명(global illumination)과 실감재질 표현(realistic material appearance)이 가능하게 되었다. 아래에서는 실시간 렌더링, 전역조명, 실감재질 표현 기술에 대해서 간략히 알아 보기로 한다.

22 실시간 렌더링 기술

현재의 실시간 렌더링 성능은 GPU가 지원하는 기종과 계산 속도에 의존적인 것이 사실이다. 실시간 렌더링 응용 개발은 대부분 OpenGL이나 Direct3D로 대표되는 3D API를 이용하고 있다. Direct3D는 처음에 컴퓨터 게임분야를 위해 개발되었으나, 최근 OpenGL의 성능을 능가하기 시작하면서 대용량 처리가 필수적인 엔지니어링 응용 소프트웨어에서도 적극 채용하고 있다.

원래 GPU는 그래픽스 파이프라인이 하드웨어로 고정되어 다양한 기능보다는 단순한 기능의 빠른 처리를 목표로 하였다. 따라서, 표현의 유연함이 부족하여 다양한 효과를 표현하기 어려웠는데, 최근 GPU내의 그래픽스 파이프라인에 대한 프로그래밍이 가능해지면서, CPU 기반의 오프라인 렌더러에서나 가능하던 다양한 고급 표현(반투명 재질, HDRI 조명, 피사계 심도와 같은 카메라 특수효과 등)들이 가능해 지고 있다. 또한 다중 GPU 클러스터링을 이용하면 메모리와 속도의 한계를 크게 넘어설 수 있게 되었다. 특히, 향후 OpenGL과 Direct3D 모두 셰이더 기반 렌더링을 기본 렌더링으로 지원할 예정이어서, 실시간 렌더링 기술은 대용량과 속도에 대한 문제를 넘어, 표현의 영역과 사실성을 넓히기 위해 발전할 것이다.

더불어, CPU 기반의 실시간 렌더링 기술도 빠르게 발전하고 있다. 특히, 멀티코어 CPU 클러스터를 이용하는 것이 대표적인 사례이다. 독일 inTrace사의 inVeiv 시스템은 대용량 CAD 모델에 대해서 광선 추적법으로 실시간에 렌더링을 할 수 있는데, 계산 인프라로 리눅스 클러스터를 사용하고 있다. 이를 이용하면, 예를 들어 약 3억 5천만 개의 폴리곤으로 이루어진 보잉 777기를 실시간에 렌더링할 수 있다고 한다. 이러한 CPU 기반 실시간 렌더링의 발전으로, OpenRT(Open Ray Tracing) API가 제안되었다. 이는 광선 추적법을 기본으로 하는 3D API로, OpenGL이 스캔라인 알고리즘 기반의 3D API인 것에 비교된다.

23 전역 조명 렌더링 기술

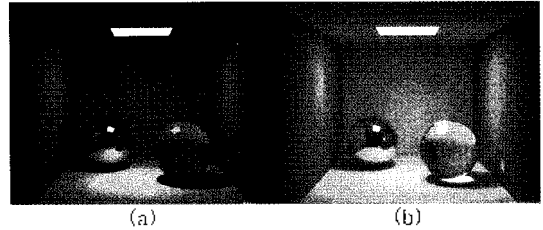


그림 1. 렌더링 기법의 비교: (a) 직접 조명 기반의 렌더링 결과, (b) 전역 조명 효과가 포함된 렌더링 결과. 두 경우 모두 CPU를 사용하여 계산. (출처: Henrik Wann Jensen)

본 절에서는 고품질 렌더링 기술의 하나로 전역 조명 렌더링 기술을 설명한다. 먼저, 그림 1은 간단한 색상으로 칠해진 코넬 박스 내부에 유리나 거울로 된 공이 들어 있고, 천장에 면광원(area light) 조명이 설치되어 있는 장면을, (a) 직접 조명 기법과 (b) 전역 조명 기법으로 렌더링한 결과를 보여주고 있다. (a)는 기본 광선 추적법(ray tracing, Whitted-style)으로 렌더링되었고, (b)는 분산 광선 추적법과 포톤맵을 함께 사용하여 계산하였다. (b)의 경우는 경로 추적법만을 이용해서 계산할 수도 있다. 아래에서는 두 이미지의 차이를 설명하며 전역 조명 렌더링의 개념을 설명한다.

직접 조명(direct illumination) 렌더링에서 물체의 표면의 밝기는 그 표면을 직접 비추는 광원에 의해서만 결정되기 때문에 전반적으로 어둡게 된다. (이를 방지하기 위해 ambient color를 사용하여 조명에 상관없이 표면의 밝기를 보상하는 경우가 많다.) 예를 들어, (a)의 천장은 매우 어둡게 표현되었는데, 이는 천장에 위치한 면광원 조명에서 직접적으로 빛이 도달하지 않기 때문이다. 반면에 (b)에서는 천장의 면광원에서 나온 광선이 주변의 벽과 바닥에서 반사되어 다시 천장으로 도달할 수 있기 때문에 천장이 밝게 표현될 수 있다.

이처럼 직접광원이 아닌 주변의 물체가 반사하는 빛

(간접광원)까지 고려하는 렌더링 기법을 전역 조명 렌더링(global illumination)이라고 하며, 이는 우리가 실제로 경험하는 현상이기도 하다. 직접 조명 렌더링의 경우 알려진 광원의 위치와 카메라의 위치를 바탕으로 장면의 물체의 한 점에서의 빛의 반사량을 계산하였고 그에 따라 한 픽셀의 색(shading)이 결정되었다. 하지만, 전역 조명 렌더링에서는 주변 공간의 전 방향에서 빛이 들어오고 있기 때문에, 이를 처리할 수 있는 특별한 계산이 필요하게 되었다. 이를 수학적으로 모델링하는 것이 아래의 반사 방정식(reflection equation)이며, 물리 기반 렌더링의 기초가 된다.

$$L_o(p, \omega_o) = \int_{\Omega} f(p, \omega, \omega_i) L_i(p, \omega_i) |\cos \theta_i| d\omega_i$$

위 식에서 $L_o(p, \omega_o)$ 는 표면의 점 p 에서 ω_o 방향으로 반사되어 빛의 총량을 나타낸다. (ω_o 가 카메라 방향이라면, 이 값은 이미지의 특정 픽셀에 색상으로 저장된다.) 이 값은 p 를 중심으로 하는 반구(hemisphere) H^2 의 모든 방향에서 입사되는 빛 $L_i(p, \omega_i)$ 를 적분하여 얻는다. 이 때, $f(p, \omega_o, \omega_i)$ 는 BRDF(2.4절에서 자세히 설명함) 값으로 입사 및 반사 방향이 결정되었을 때, 반사의 정도를 결정하게 된다. (그림 2 참조.)

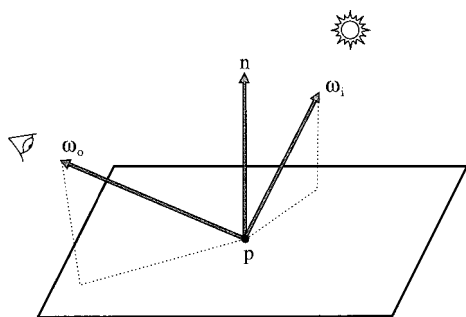


그림 2. 물체의 한 점에서의 빛의 입사 및 반사.

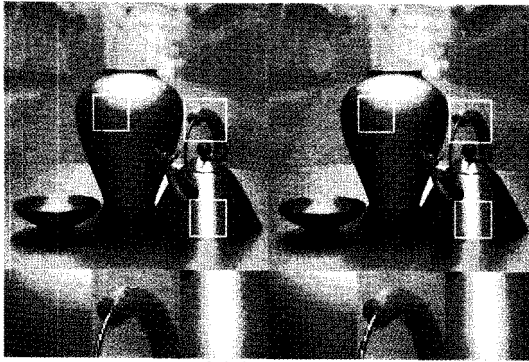
여기서 $L_i(p, \omega_i)$ 를 계산하기 위해서 반사 방정식을 이용하여 재귀적인 방법으로 $L_i(p, \omega_i) = L_o(q, -\omega_i)$ 를 계산하게 된다. 즉, 현재의 점 p 로 들어오는 광선이 주변 물체의 점 q 에서 출발하였을 때, 점 q 가 실제 광

원이 아니어도 점 p 의 밝기에 영향을 줄 수 있게 된다.

이러한 원리를 이용하면, 그림 1(b)에서 붉은색(또는 푸른색)에 가까운 쪽의 천정에는 붉은 기운이 맺히는 색 번짐(color bleeding 또는 diffuse inter-reflection) 현상을 표현할 수 있다. 이 현상은 특히, 실내 장면에서 전체적인 색조를 더 밝고 부드럽게 할 수 있다. (단, 이를 광선 추적법에서 지원하려면, 아주 많은 수의 광선이 필요하므로, 그림 1(b)의 색 번짐은 실제로는 포본맵 기법을 이용하여 계산되었다.) 그림 1(a)의 기본 광선 추적법에서도 재귀적인 계산을 하지만, 유리나 거울과 같은 표면에서의 반사와 굴절(specular reflection과 refraction)만을 고려하기 때문에 일반적인 표면(diffuse 또는 glossy)에서의 밝기 변화나 색 번짐이 표현되지 않는다.

위의 반사 방정식의 계산에서 반구로 들어오는 모든 방향의 빛을 고려할 수 없기 때문에, 근사적인 방법을 이용하여 반사 방정식 내부의 적분을 계산해야 하는데, 주로 몬테카를로(Monte Carlo) 적분법을 이용하게 된다. 즉, 들어오는 빛의 방향을 적당히 샘플링(sampling)하여 선택하고 이들에 대해서만 반사되는 빛의 밝기를 고려하게 된다. 이를 분산 광선 추적(distribution ray tracing) 기법이라고 한다. 이 기법을 이용하면 그림 1(b)에서와 같은 부드러운 그림자를 얻을 수 있다. 반면 1(a)의 기본 광선 추적법에서는 그림자의 경계가 무자연스럽게 뚜렷하다.

몬테카를로 적분 기반 렌더링에서 입사된 빛의 방향을 어떻게 선택하는지가 중요한 연구주제가 되고 있다. 예를 들어, 중요도(importance) 샘플링 기법에서는 BRDF와 입사되는 빛의 양을 함께 고려하게 되는데, 예를 들어 강한 광원이 있는 방향이나 강한 반사가 예상되는 방향을 더 많이 선택할 수 있도록 한다. (이를 위한 통계적인 절차가 추가된다.) 이를 통해, 같은 광선 개수에 대해서 오차가 적은 이미지를 얻을 수 있기 때문에, 렌더링 속도 향상에 도움이 된다. (그림 3 참조)



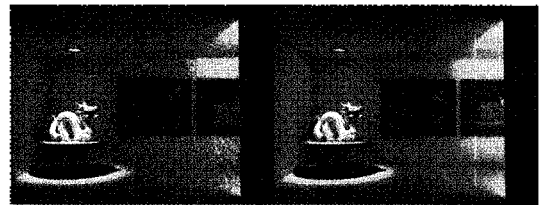
(a) Lafortune 샘플링 (b) Factored 샘플링

그림 3. 같은 개수의 샘플링에 대해서, 렌더링 품질의 비교. (b)의 경우 훨씬 노이즈가 적음. (출처: Jason Lawrence et al, SIGGRAPH 2004)

기본적으로 광선 추적법에서는, 카메라에서 광선이 출발하여 정해진 광선 깊이 내에 실제 광원까지 이르게 되는지를 추적하게 된다. 구현이 비교적 쉽지만, 이 방법으로는 몇 가지 섬세한 조명 효과를 얻지 못할 수 있다. 예를 들어, 그림 1(b)의 유리공 주변의 바닥에 맺힌 밝은 영역을 caustics라고 하는데, 이 효과를 제대로 얻기 위해서는 광원에 출발하는 광선으로 계산하는 것이 더 효율적이다. 이러한 기법의 대표적인 것이 포톤맵(photon map) 기법으로 caustics와 color bleeding 표현에 많이 사용되고 있다. 포톤맵 기법에서는, 직접 광원에서 아주 많은 개수의 포톤들을 발사하여 장면 내에 골고루 배치시키게 된다. 그 다음 렌더링 단계에서 한 점의 색을 결정할 때, 그 점 주변에 배치된 포톤들을 탐색하여 (이때, kd-tree와 같은 spatial index를 사용하게 된다.) 간접 조명 효과를 얻게 된다.

그림 1(b)는 분산 광선 추적법과 포톤맵을 함께 사용하는 두 단계의 과정으로 얻을 수도 있지만, 경로 추적법을 이용하여 한번에 계산할 수도 있다. 경로 추적법은 몬테카를로 적분을 계산함에 있어서 통계적인 수렴이 보장되므로(un-biased) 가장 좋은 품질

의 영상을 얻을 수 있지만, 계산 속도가 매우 느린 단점이 있다. 따라서, 물리 기반의 시뮬레이션 수준의 정확한 결과를 원하는 경우에 매우 적합하다. 경로 추적법의 계산을 가속하는 기법들도 많이 개발되었다. 예를 들어, 그림 4에서는 경로 추적법과 이른 개선한 에너지 재분포(energy redistribution) 경로 추적법의 결과를 비교하고 있다. 그림 4(a)는 기본적인 경로 추적법으로 렌더링되었다. 간접 조명 및 색 번짐이 표현되고 있으나, 노이즈가 매우 많은 것을 알 수 있다. 같은 시간(약 20분)동안 렌더링을 하였지만, 4(b)의 경우에는 노이즈가 상당히 감소했음을 알 수 있다.



(a) 경로추적법 (b) 에너지 재분포 경로 추적법

그림 4. 경로 추적법과 개선된 방법의 비교. (출처: Cline et al, SIGGRAPH 2005)

2.4 실감 재질 표현 기술

전역 조명 렌더링 기술이 장면의 전체 공간에서 빛의 전달에 초점을 맞추었다면, 실감 재질 표현 기술은 물체의 표면과 빛의 상호작용에 관련이 깊다.

반사 방정식에서 재질감은 BRDF 함수 $f(p, \omega_o, \omega_i)$ 에 의해서 결정된다. BRDF (bi-directional reflectance distribution function)는 입사된 빛이 특정방향으로 반사될 확률을 표현하는 것으로, 물리적인 재질마다 서로 다른 값을 갖고 있다. 따라서, 같은 조명 조건하에서, 어떤 BRDF를 물체의 표면에 할당했는지에 따라서 재질감이 달라진다. 그림 5는 장면의 다른 조건들을 고정하고 물체 표면의 BRDF 만을 변경했을 때의 렌더링 예이다. (Matusik의 측정 BRDF를 이용하여 PBRT에

서 분산 광선 추적법으로 렌더링 함.) 이러한 시나리오 오는 디자인 품평 및 재질 선정을 위한 가시화에서 실제 사용되고 있다.

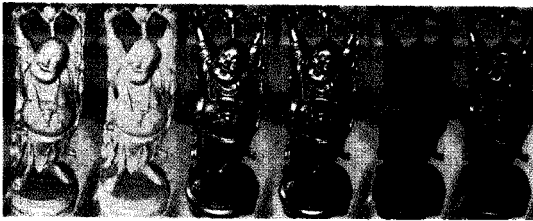


그림 5. 서로 다른 측정 BRDF를 이용한 렌더링의 예.

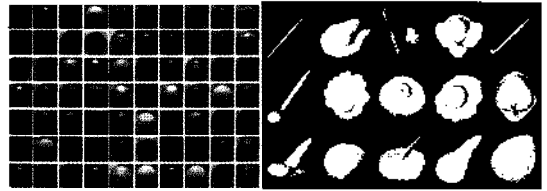
실감 재질 표현을 위한 렌더링은 분산 광선 추적법이나 경로 추적법을 이용하여 계산하는 것이 적당하다. 특히, 물체 표면에서의 상호 반사(diffuse inter-reflection)가 중요하다면, 경로 추적법을 사용하는 것이 좋다.

실감 재질 표현을 위해서 다양한 수학적 BRDF 모델이 제시되었다. 예를 들어, Phong, Blinn, Lambert, Lafortune, Cook-Torrance, Ward, Ashikhmin-Shirley, He 모델 등이 그 예이다. 이러한 모델들은 저마다 특징을 가지고 재질 표현에 이용될 수 있다. 하지만, 대부분의 모델들이 상용 렌더러에서 아직 기본적으로 제공되지 않는다고 있다.

컴퓨터 그래픽스 초창기부터 현재까지 활발히 사용되고 있는 Phong이나 Blinn 모델은 코사인 형태의 반사 패턴(Cosine lobe)으로 재질을 표현한다. 이는 실감 재질을 표현하기에 매우 부족하지만, 계산상의 장점과 단순함으로 많이 사용되고 있다. (특히, 디지털 콘텐츠 분야에서의 사용이 두드러진다.) Lafortune 모델은 다중 코사인 로브를 이용하여, 재질의 표현력을 향상시키고자 한다. 즉, Blinn이나 Phong 모델에 비해서 다양한 반사 특징들(예를 들어, off-specular, back scattering, Fresnel, generalized diffuse 등)을 지원하고자 하였다. Cook-Torrance 모델은 미소면(micro facet) 사

이에서의 반사를 통계적으로 모델링하여 물리적으로 정확한 BRDF를 표현하고자 하였다. 특히, Fresnel 반사를 명시적으로 지원하여 추정 재질에 대한 표현이 우수하다.

위의 수학적 반사모델이 갖는 표현의 한계를 극복하고자, 실제 재질의 BRDF를 측정하여 렌더링에 이용하기도 한다. 대표적인 예가 Matusik의 데이터 기반 BRDF이다. (그림 6 참조.)



(a) BRDF 측정용 재질의 예 (b) 측정된 BRDF 로브의 가시화

그림 6. BRDF의 측정. (출처: Matusik et al, SIGGRAPH 2003)

측정된 BRDF를 렌더링에 적합한 형식으로 제공하여 렌더링을 하게 되면, 별도의 작업 없이 원하는 재질의 느낌을 표현할 수 있다. 만약 같은 작업을 수학적 BRDF 모델로 시도한다면 수 많은 시행착오에도 불구하고 원하는 결과를 얻지 못할 것이다. 이는 대부분의 수학적 BRDF 모델이 갖는 표현력의 한계 때문이다. 즉, 그림 6(b)의 측정 BRDF 데이터와 같은 다양하고 복잡한 모양을 모두 표현하기는 거의 불가능하다.

측정된 BRDF가 고품질 렌더링에 활발하게 쓰이기 위해서는 한가지 문제를 해결할 필요가 있다. 즉, 원시 데이터의 사이즈가 문제가 된다. 그림 6의 예에서 따라서, 하나의 측정된 재질은 약 34MB의 용량을 차지한다. 한 장면에 여러 개의 재질이 쓰이거나, 렌더링을 사용한 네트워크 렌더링을 사용하는 경우, 또는 GPU를 활용하는 경우에는 재질의 용량 때문에 렌더링에 문제가 생길 수 있다.

최근에 연구된 B-spline Volume BRDF(BVB)는 측정 BRDF의 이러한 용량 문제를 해결하면서도 복잡한 반사의 특성을 유지할 수 있는 새로운 BRDF 표현법이다. 즉, 기존의 B-spline 곡면 맞춤 기법을 다차원의 볼륨으로 확장하여, 측정된 3차원 등방성(isotropic) BRDF를 매우 적은 용량으로 표현할 수 있었다. 그림 7에서 원시 데이터와 BVB는 약간의 차이가 있지만, 몬테카를로 렌더링의 특성상 결과 이미지에서는 차이가 발생하지 않는 것을 알 수 있다. 이러한 특징은 BRDF의 측정과 샘플링에 시사하는 바가 크다.

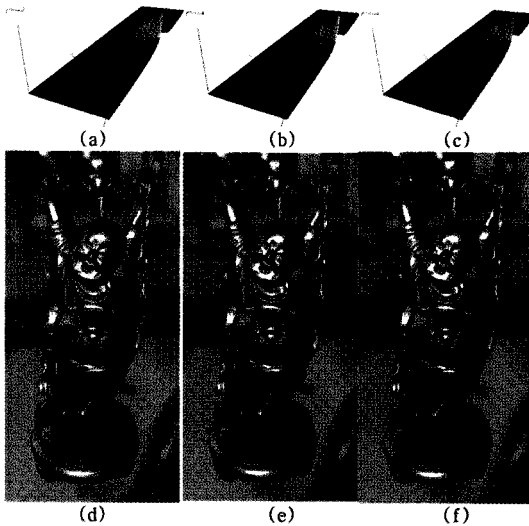


그림 7. B-spline volume BRDF를 이용한 측정 BRDF의 표현 및 렌더링: gold metallic paint 재질의 특징 입사각도에 대해서, (a), (b), (c)는 각각 원시데이터 34 MB, BVB 830 KB, BVB 63 KB 일 때의 BRDF 값들, (d), (e), (f)는 이에 대한 렌더링 결과를 보여줌. (출처: 이주행 외, 한국 CAD/CAM 학술 발표대회 2009)

위의 설명에서 BRDF는 표면의 전 영역에 동일하게 설정되며, 또한 단층의 재질로 가정되었다. 하지만, 실제 제품 개발에서는 재질은 표면의 위치에 따라 변

화하며, 다층의 재질로 구성된다. 대표적인 재질이 자동차의 고급 페인트에 해당한다. 예를 들어, 그림 8의 자동차 페인트는 펄(pearl) 재질이 표면에 분포되어 있고, 기본 색상, 컬러, 코팅의 다층 구조로 모델링 되기 때문에, 이를 렌더링이 가능한 재질로 모델링하고 빛과의 상호작용을 계산하는 것은 매우 흥미로운 문제이다.

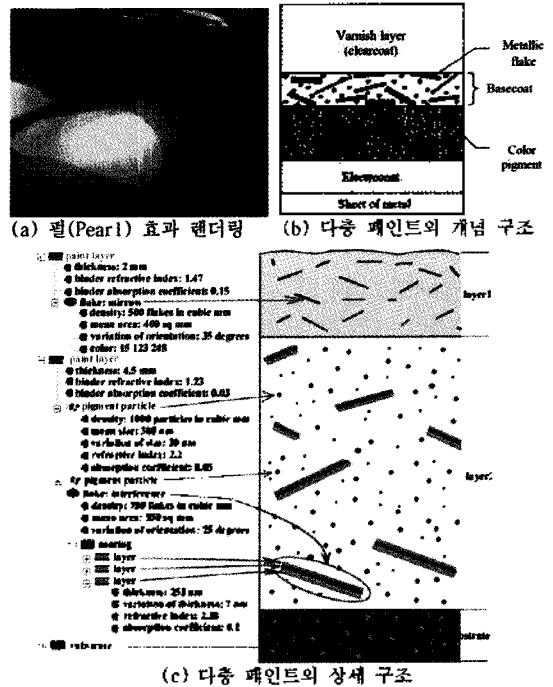


그림 8. 자동차 페인트를 위한 재질 모델링 및 렌더링의 예: (a) 펄(pearl)이 들어간 페인트의 렌더링, (b) 다층 페인트 모델의 개념적 구성, (c) 페인트 디자인. (출처: (a) Rump et al, EG 2008, (b) Dumont-Bacle et al, DSC 2001, (c) Ershov et al, EG 2001.)

3. 디자인 가시화

이 절에서는 제품 개발 관점에서 디자인 가시화의 효용과 고품질 렌더링 기술의 활용에 대해서 살펴본다.

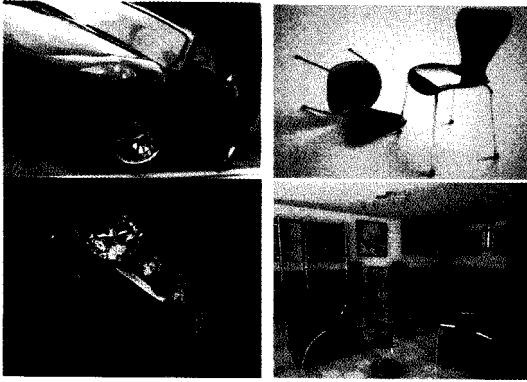


그림 9. 고급 렌더링 기법을 적용한 디자인 가시화의 예. (출처: IndigoRenderer.com)

3.1 가시화 기술의 효용

디자인 가시화 기술은 다양한 설계 정보를 시각적으로 표현하는 기술이다. 특히, 감성적인 정보전달과 물리적인 정확성을 동시에 추구한다는 점에서 단순한 CAD 모델 가시화나 디지털 콘텐츠(영화, 애니메이션, 게임 등)를 위한 렌더링과는 차이를 갖는다.

제품 개발 관점에서, 가시화 기술은 개념 설계, 상세 설계, 테스트 단계의 다양한 응용(예를 들어, 스타일링, 형상 설계, 시뮬레이션, 가상 시제품 제작 등)에서 활용되는 요소기술이다. 개념 설계와 스타일링 위해서는 디자이너의 아이디어가 빠르게 기록되고 검증될 수 있어야 한다. 이때는 실시간 렌더링이 특히 중요하며, 또한 재질 변경과 같은 디자인 변경내용이 반영될 수 있어야 한다. 디자인이 구체화 되면서 좀 더 사실적인 영상이 필요하게 되고, 때로는 매우 높은 수준의 물리적인 정확성을 요구하기도 한다.

가시화 기술이 잘 적용된 제품 개발 프로세스에서는 무엇보다 제품 개발기간을 단축시킬 수 있는 장점이 있다 더불어, 개발 비용을 절감할 수 있고, 매우 복잡한 제품에 대한 설계가 가능해지고, 설계 변경이 용이하고, 품질을 향상시킬 수 있는 등의 다양한 장점이 있다. (출처: Aberdeen Group, 2008.) 또

한, 생산 이후에도 가상 판매, 유지 보수, 광고 등의 분야에서 유사한 가시화 기술과 데이터를 활용할 수 있다.

최근에는 국가신성장동력과 녹색성장의 일환으로 가시화 기술이 주목받고 있다. 예를 들어, 제조 분야(자동차, 조선, 의류, 정보통신기기 등)의 가상현실 콘텐츠 개발 및 혼합/가상현실 기반의 응용 시뮬레이션 기술 개발에 약 600억원이 투자될 예정이다. (출처: 신성장동력기획단 2008)

3.2 제품 개발 분야에서의 응용

제품의 기본 외형, 기능성, 가공성을 평가하기 위해서는 주로 기본적인 실시간 렌더링 기법이 활용된다. 하지만, 스타일 및 재질표현을 위해서는 실시간성과 더불어 고급 렌더링 기법을 필요로 한다.

제품의 디자인 가시화에서는 다수의 개별 조명을 복잡하게 설정하기 보다는 한 장의 환경맵으로 주변광원을 표현하는 방식이 많이 사용하고 있다. 즉, 제품이 사용되거나 전시되는 환경을 미리 설정하고, 그 안에서 제품의 스타일을 평가한다. (그림 10. 참조) 태양광을 시간대에 따라 정확히 시뮬레이션 할 수 있는 기법도 개발되었기 때문에, 환경맵을 대체하여 사용할 수도 있다.

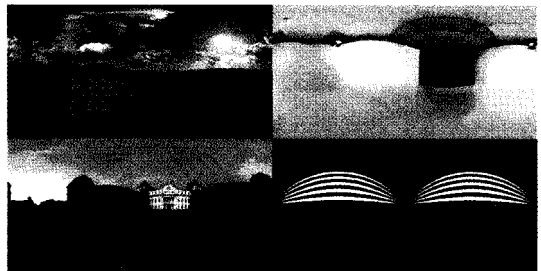


그림 10. 환경맵 HDRi 이미지들의 예. (출처: Bunkspeed.com)

디자인 가시화에서는 페인트, 코팅, 결감 등 다양한

특집 3

Special Edition

재질과 색상을 테스트 해 볼 수 있어야 한다. 대표적으로 자동차 디자인의 경우, 외장 페인트나 내장 인테리어 재질을 고품질 렌더링 기법을 통해 품평할 수 있다. 또한, 신발회사인 Adidas의 경우, CAD 모델로 디자인된 신발에 적용할 재질을 데이터베이스 형태로 구축하여 RTT Delta Gen 시스템을 통해 실시간으로 가시화하고 있다. 이러한 제품 가시화의 예는 그 외



그림 11. RTT delta gen을 이용한 자동차 내장 디자인의 예 (출처: www.RTT.ag)

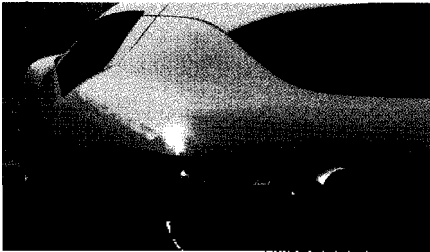


그림 12. Autodesk Showcase를 이용한 자동차 외장 디자인의 예 (출처: www.autodesk.com)



그림 13. Lumiscaphe Patchwork3D를 이용한 신발 디자인의 예 (출처: www.Lumiscaphe.com)



그림 14. Bunkspeed hyperShot을 이용한 영상 제작 예 (출처: www.bunkspeed.com)

에도 매우 다양하다. 그림 11에서 14는 디자인 가시화 분야의 대표적인 소프트웨어와 응용 예를 보여주고 있다.

위의 디자인 가시화를 위해서 전역 조명 렌더링 기법이 사용되고 있지만, 물리적인 정확성의 수준은 높지 않고, 대신 심미적인 표현과 처리 속도가 중요하다. 따라서, 경로 추적법 보다는 분산 광선 추적법과 포톤 맵, 파이널게더(final gather), 엠비언트/리플렉션 오클루전 (ambient/reflection occlusion)과 같은 근사 기법들이 사용된다.

특별한 분야로, 제품 설계에서도 빛의 전달을 설계해야 하는 경우가 있다. 예를 들어, 자동차의 전조등, 냉장고 내부의 조명을 설계하기 위해서, 매우 정밀한 물리기반 렌더링 기술을 활용하기도 한다. (그림 15 참조.) 이외에도 CAE 및 유체 해석 결과 등의 대용량 데이터를 가시화하는 응용도 매우 중요하다.



그림 15. Optis SPEOS를 이용한 자동차용 광학 시뮬레이션의 예 (출처: www.optis-world.com)

3.2 건축 분야에서의 응용

건축 디자인을 위한 가시화에도 유사한 기법이 사용된다. 한가지 큰 차이점은 조명 및 채광 자체가 중요한 설계 요소로 포함되기 때문에 이를 정확하게 시뮬레이션 하기 위해서 고품질 렌더링 기술이 더욱 진지하게 활용되고 있다. 따라서, 실내 조명의 경우는 환경맵 방식을 사용할 수 없고 설치되어 있는 모든 광원과 채광창을 모델링하고 이를 통해 빛의 전달을 계산하여야 한다. 정확한 시뮬레이션을 위해, 실제 사용되는 전구(light bulb)들의 목록과 그 물리적 특성들이 데이터베이스로 제공되기도 한다. (출처: www.Optis-world.com)



그림 16. Optis SPEOS를 이용한 채광 시뮬레이션의 예 (출처: www.optis-world.com)

4. 기타 주목할 만한 기술 동향

4.1 입체 영상 기술

최근 입체 영상 기술이 다시 주목을 받고 있다. 먼저, 극장용 영화가 빠르게 입체 영상으로 전환되고 있다. 예를 들어, DreamWorks의 Monsters vs Aliens이 Intel의 InTru3D 기술을 이용하여 입체 영상으로 개봉될 예정이고, Pixar는 차기 애니메이션을 모두 입체로

만들 예정이다. GPU 기반의 실시간 게임도 별도의 개발없이 입체 영상을 제공할 수 있게 되었다. 예를 들어, 120Hz를 지원하는 최신 LCD 모니터와 NVIDIA 3D Vision을 이용하면 간편하게 3차원 입체 게임을 즐길 수 있다. 이러한 추세에 따라 CAD/CAM 및 디자인 가시화 분야도 빠르게 입체 영상을 도입할 것이라고 예상된다.

입체 영상은 평면 영상에 비해 두 배의 이미지를 필요로 한다. 즉, 좌우측 눈을 위해 각각의 이미지를 생성해야 한다. GPU는 어니 충분히 속도가 빠르기 때문에, 서로 다른 두 대의 가상 카메라에서 생성하는 영상도 실시간에 생성이 가능하다. 하지만, 전역 조명 및 실감 재질 표현을 위한 렌더링 계산은 아직 CPU 의존적이기 때문에 입체 영상 생성을 위해 더 많은 시간을 필요로 하게 된다. 따라서, 입체 영상을 위해 최적화된 렌더링 알고리즘의 개발도 필요하다. 예를 들어, 좌우측 이미지들은 매우 유사하지만, 중복된 계산을 많이 하고 있다.

가장 어려운 문제는 기존의 입체 영상 기술(예를 들어 anaglyph)의 한계(입체감, 장비의 가격 등)였는데, ColorCode 3-D와 같은 새로운 스테레오 기술의 발전으로 이러한 문제가 많이 해결되었다. (그림 17 참조)

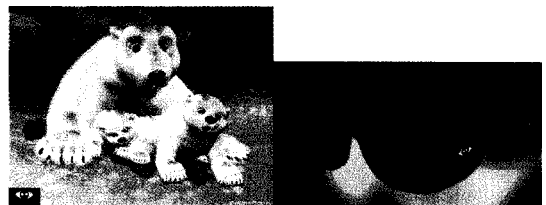


그림 17. ColorCode 3-D 방식을 적용한 입체 영상 및 전용 안경. (출처: www.colorcode3d.com)

4.2 사용자 상호작용 기술

제품개발에 있어서, 이미지를 통해 시각적으로만 디자인을 검증하는 경우는 드물다. 대부분 물리적인 시

제품 제작과 병행을 하고 있다. 물리적인 시제품 제작 과정도 패속 조형 기술을 통해 속도와 성능이 개선되었고, 최근에는 센서 네트워크 기술, 증강 현실 기술과 결합되어 디지털 기기에 대한 사용성 평가에도 응용할 수 있게 되었다. (그림 18 참조)

즉, 고급 렌더링 기술과 최신 사용자 상호작용 기술(휴대용 프로젝터, 서피스 컴퓨팅, 텐저블 인터페이스 등)의 융합을 통해 제품 디자인 과정을 개선할 수 있을 것이다.

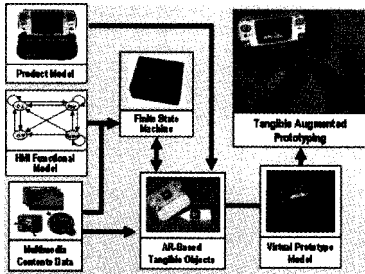


그림 18. AR 및 RP기술을 접목한 디자인 가시화기의 예술 (출처: 박형준 외, Tangible augmented prototyping of digital handheld products, CII 2009.)

4.3 개인형 슈퍼 컴퓨팅

최근 GPU 기술의 빠른 발전으로 개인형 슈퍼 컴퓨터가 가능하게 되었다. 예를 들어, NVIDIA 테슬라의 경우, \$10,000 정도의 가격에 3.7 테라플롭스의 연산 성능을 보인다.

단일 CPU의 성능도 대폭 향상될 것으로 기대된다. 대표적으로, Intel의 차세대 CPU 개발계획인 Larrabee는 새로운 다중 코어 기반의 설계로 비주얼 컴퓨팅 분야의 연산 성능을 GPU 수준으로 끌어올리려 하고 있다. 이는 GPU 기능을 포함한 CPU의 탄생을 예고하며, 역시 개인형 슈퍼 컴퓨터로 활용될 것이다.

이러한 개인형 슈퍼 컴퓨터는 CAD/CAM의 다양한 응용에 활용될 것이다. 특히, 이를 통해 전역 조명 및 실감 재질을 포함하는 고급 렌더링의 성능이 실시간 수준으로 향상될 수 있을 것으로 예상된다. 이와 더불어 디자인 가시화를 통한 품평 및 프로토타이핑 분야의 신규 기술 수요와 적용 사례도 크게 증가할 것이다.

5. 결론

본고에서는 디자인 가시화를 위한 응용과 관련 기술의 새로운 동향을 소개하였다. 디자인 가시화 분야의 핵심 기술에 해당하는 고품질 렌더링 기술은 컴퓨터 그래픽스의 역사와 더불어 진화를 계속하고 있다. 특히, CPU/GPU, 사용자 인터페이스 등 주변 기술의 발전과 더불어, 새로운 디자인 가시화의 가능성이 예상되고 있다. 이런 상황에서 관련 기술들이 현재의 제품 개발 프로세스에 실제 도입될 수 있는지를 적극 검토하고, 디자인 가시화에 특화된 기술적 요구사항이 고급 렌더링 관련 연구/개발자에게 전달될 수 있게 되기를 바라며 본고를 맺는다.