

3차원 객체의 사실적인 표현을 위한 측정데이터 기반 렌더링 기법

서명국, 권혁진, 윤복중
건설기계부품연구원
e-mail: seomk@koceti.re.kr

A method for the realistic Rendering of 3D Objects

Myoung-Kook Seo, Hyuk-Jin Kwon, Bok-Joong Yoon
Korea Construction Equipment Technology Institute

요 약

본 연구는 컴퓨터그래픽스 분야에서 3차원 객체를 사실적으로 표현하기 위해 사용되고 있는 주요 데이터 측정, 모델링, 렌더링 기술을 소개한다. 객체의 최종 외관은 객체의 형상과 표면 재질, 그리고 주변 광 조건에 크게 영향을 받는다. 따라서 임의 가상공간(디스플레이)에서 3차원 객체를 사실적으로 표현하기 위해서는 주요 영향 인자에 대한 정보가 확보되어야 한다. 최근 컴퓨터그래픽스 분야에서는 객체 형상 및 재질 정보 획득을 위한 다양한 기술 및 장비와 객체 가시화를 위한 다양한 기법을 제시하고 있다. 효과적인 객체 가시화하기 위해서는 각 객체의 구성 재질에 대한 광학 특성에 대한 선행 분석을 토대로, 적절한 측정 및 모델링, 렌더링 기법 적용이 필요하다. 본 연구는 측정 데이터 기반의 재질 렌더링 기법에 중심으로 다양한 재질에 적합한 요소 기술과 그 결과를 설명하고, 재질 렌더링 기법을 활용한 건설분야의 향후 연구 계획을 제시한다.

1. 서론

형상 모델링 및 외관 렌더링은 다양한 산업 분야에서 3차원 객체의 사실적 표현을 위해 활발히 사용되고 있는 컴퓨터그래픽스 기술이다. 영화, 게임 등 엔터테인먼트 분야에서는 디지털 캐릭터에 사실성을 부여함으로써 몰입감을 향상시키고 있다. 디지털문화재 사업에서는 정밀하게 문화재의 형상과 구성 재질을 측정하여 디지털 복원 및 기록 자료로 활용하고 있다. 최근에는 군사, 의료, 자동차용 가상훈련용 시뮬레이터에서는 주변 환경 및 사물의 사실성을 향상하기 위해 컴퓨터그래픽스 기술을 적용하고 있다.

본 연구에서는 컴퓨터그래픽스기술 중에서 측정데이터를 활용한 외관(재질) 렌더링 기법을 중심으로, 주요 요소기술 및 결과, 그리고 향후 건설분야에서의 활용 방법을 제시한다.

2. 3차원 객체의 사실적 표현을 위한 핵심 기술

객체의 외관은 객체 형상과 객체를 이루고 있는 표면 재질, 그리고 주변 광 조건에 크게 영향을 받는다. 따라서 임의 가상공간(디스플레이)에서 객체를 실사적으로 표현하기 위해서는 주요 인자에 대한 분석과 정보가 필요하다.

2.1 객체 형상

객체의 형상 정보를 획득하기 위해 스테레오, 구조광

기반 스캔 장치, 레이저 스캔 장비 등 다양한 장치를 활용할 수 있다. 최근 장비는 형상 정보 측정 기술과 정밀도가 향상되어 사람 피부의 모공 형상까지 측정이 가능하다. 본 연구에서는 객체의 크기 및 요구하는 정밀도를 고려하여 구조광 기반 측정 장치를 통해 사람 얼굴 및 모형자동차, 구 등의 3차원 형상 정보를 획득하였다.

2.2 객체 표면 재질

컴퓨터그래픽스 분야에서는 다양한 기준으로 재질을 분류하고 있다. 대표적으로 재질의 투명성에 따라 불투명, 반투명, 투명 재질로 분류한다. 균질성에 따라서 균질 재질과 비균질 재질로 분류하고, 층의 구성 여부 및 수에 따라서 단층 재질과 다층 재질로 구분한다. 본 연구에서는 페인트, 금속 같은 균질 불투명 재질부터 사람피부처럼 불균질 반투명 다층재질까지 다루었다.

2.3 조명 환경

객체 주변의 광원의 종류, 방향, 세기, 등에 의해서 객체 외관이 변화한다. 본 연구에서는 다수 점광원과 환경맵을 활용하여 주변 조명환경을 모사하였다. 환경맵은 정육면체 이미지로서 이미지를 구성하는 각 픽셀이 점광원으로 정확한 조명환경 근사화가 가능하다.

3. 측정 데이터 기반 객체 렌더링 기법

객체를 구성하는 다양한 재질의 광학 특성을 분석하

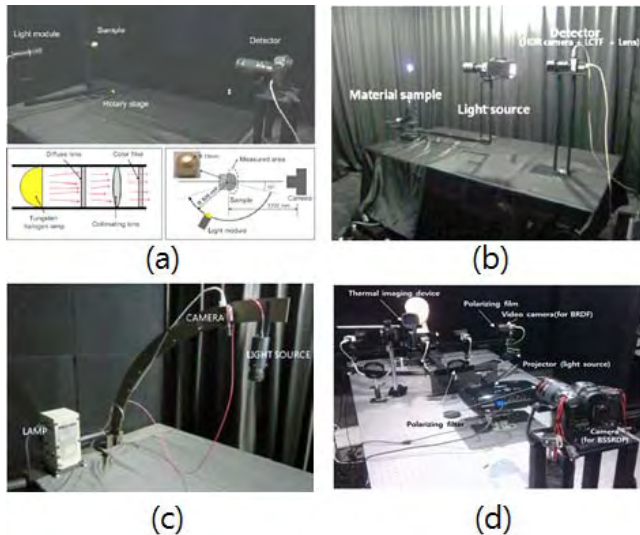
고, 각 재질의 광학특성에 적절한 데이터 측정 방법 및 장치, 데이터 모델링, 렌더링 요소기술을 제시한다.

3.1 균질한 불투명 재질

페인트, 금속, 고무처럼 균질하면서 불투명 재질의 광학 특성을 묘사하기 위해서 컴퓨터그래픽스 분야에서는 양방향반사분포함수, BRDF(Bidirectional reflectance distribution function)을 사용한다. 이 함수는 빛의 입사 방향과 반사 방향에 따른 빛 세기 분포를 나타낸다.

본 연구에서는 페인트, 금속, 고무 등 균질한 불투명 재질의 BRDF 데이터를 획득하기 위해서 그림 1(a)와 같은 이미지 기반 측정 장치를 개발하였다[1]. 이 장치를 구성하는 광원은 연속적으로 재질 샘플을 중심으로 회전하고, 카메라는 재질 샘플의 이미지를 촬영한다. 재질의 BRDF 데이터는 광원 및 관찰 시점, 그리고 이미지 화소 값 등을 이용하여 획득한다.

그림 2(a, b)는 페인트와 금으로 이루어진 불상을 렌더링한 결과이다.

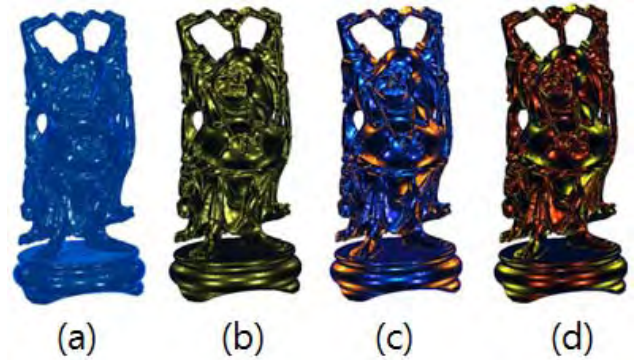


(그림 1) 개발한 재질 데이터 측정 장치

3.2 다중 분광 재질

다중 분광 재질인 진주빛깔페인트는 진주광택안료(pearlescent pigment)가 포함된 페인트이다. 진주광택안료의 고 굴절율의 투명하고 얇은 박편(flake)은 빛의 간섭효과(interference effect)를 발생시켜, 이중 또는 다중의 진주 빛 색상을 띄게 한다. 이러한 다중 분광 재질의 파장별 반사 특성을 고속으로 획득하기 위해 HDR 카메라와 파장분광기를 장착한 측정 장치를 이용하였다(그림 1(b)) [3].

그림 2(c, d)는 진주빛깔페인트를 렌더링한 결과로, 일반 페인트와 달리 보다 풍부한 색감을 가지고 있는 것을 확인할 수 있다.



(그림 2) 불투명 재질의 렌더링 결과

3.3 균질 반투명 재질

불투명 재질과 달리 우유, PVC, 대리석 같은 반투명 재질은 표면에서 반사되는 빛 성분 보다는 내부에 입사하여 산란된 빛 성분에 의해서 외관이 크게 영향 받는다. 컴퓨터그래픽스 분야에서는 반투명 재질을 표현하기 위해서는 6 차원 함수 BSSRDF(Bidirectional Subsurface scattering reflectance distribution function) 을 이용한다.

균질한 반투명한 재질은 객체 각 지점의 산란 특성이 유사한 특성을 가지고 있다. 이러한 특성 때문에 한 점에서 측정된 산란 정보(BSSRDF)를 이용하여 전체적인 객체 외관을 표현할 수 있다[2]. 그림 1(c)은 균질한 반투명한 재질의 산란 특성을 측정하기 위한 장치이다. 이 장치는 BRDF 측정 장치와는 다르게 레이저처럼 세기가 강하고 점광원을 조사하는 광원소스를 사용한다.

그림 3은 균질한 반투명한 재질인 PVC를 렌더링 한 결과이다. 불투명한 재질과 다르게 두께가 얇은 부위에서 반투명한 외관을 확인할 수 있다.



(그림 3) 균질 반투명 재질(PVC)의 렌더링 결과

3.4 비균질 반투명 재질

대리석, 옥과 같은 재질은 비균질 반투명 재질로 이러한 재질은 주로 광학적 특성이 다른 여러 성분으로 이루어졌다. 따라서 외관은 구성재질의 광학적 반사/산란 특성과 표면 상태, 그리고 성분 간의 분포에 의해 영향을 받는다. 이러한 비균질 반투명 재질의 반사 특성을 표현하기 위해서 표면 반사(BRDF) 데이터를 사용하고, 표면 상의 재질 분포를 모델링 하기 위해 솔리드텍스처합성 기술을 사용하였다[4]. 그리고 반투명 재질의 산란도를 계산하기 위해서 측정 산란 데이터와 쌍극자 근사화 함수를 사용하였다.

그림 4는 앞선 방식을 통해 렌더링한 인조대리석 재

질의 렌더링 결과이다.



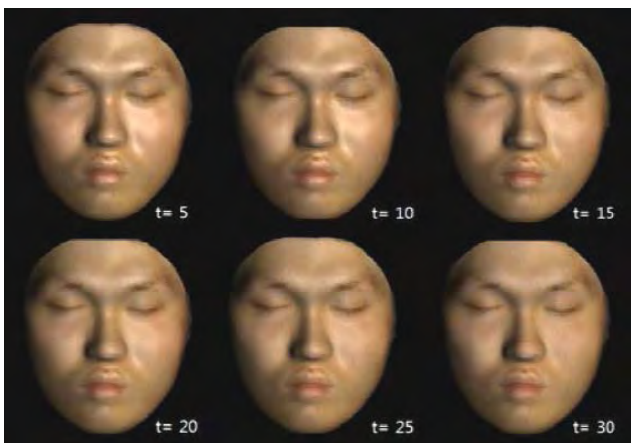
(그림4)비균질 반투명 재질의 렌더링 결과(대리석)

3.5 Time-varying 재질

사람 피부는 표피, 진피, 피하조직 층으로 이루어진 다층재질로 각층에는 멜라닌, 헤모글로빈, 콜라겐 및 엘라스틴 섬유질 등과 다양한 생체 색소와 물질이 포함되어 있다. 이러한 피부 내 생체 색소와 물질은 일상적인 환경(운동, 햇빛 노출 등)에서 밀도 및 분포 등 생리학적 변화가 일어나며, 이는 피부 외관을 변화시킨다.

본 연구에서는 피부 외관의 표면 비균질성, 내부 반투명성, 그리고 시간에 따른 변화 특성을 고려하여 Time-varying BRDF 및 BSSRDF 모델링 기법을 활용하였다[5,6]. 이 기술은 일정 시간 간격으로 피부의 표면 반사성분과 내부 산란 성분을 측정하고, 측정된 데이터를 기반으로 시간에 따른 외관 변화를 예측한다.

피부의 재질 데이터를 측정하기 위해 그림 1(d)의 측정 장치를 이용하였다. 이 장치는 광원소스 및 카메라 앞에 편광필터를 각각 장착하고 있다. 편광필터의 상을 변화시켜가면서 빛의 산란성분과 표면 반사성분을 분리하여 측정한다. 그림 5는 운동 후 30분 동안 변화하는 얼굴을 렌더링한 결과이다.



(그림 5) 운동 후 피부 변화 모습을 렌더링한 결과

4. 향후 연구 계획

건설 및 건설기계 분야에서 컴퓨터그래픽스 기술의 활용 방안을 제시한다.

4.1 건설기계의 가상훈련 시뮬레이터

건설기계의 가상훈련 시뮬레이터는 초보자가 안전하고 경제적으로 기본적인 조작 기술과 고난위도의 작업 기

술을 습득할 수 있도록 훈련 기능을 지원하는 장치이다. 컴퓨터그래픽스 재질 렌더링 기술은 주변 건물 및 장치의 외관뿐만 아니라 토양 재질과 굴삭에 따른 음영효과를 실시간으로 적용함으로써 실제와 유사한 굴삭작업 효과를 제공할 수 있다. 이는 운전자 몰입감을 향상시킬 수 있다.

4.2 가상현실 기반 조감도

최근 건설 분야에서 드론을 활용하여 촬영한 영상에 가상의 건물을 맵핑시켜 시공 후의 조감도를 제공하는 기술이 제시되고 있다. 컴퓨터그래픽스 기술의 환경 조명 근사화 기법과 재질 렌더링 기술을 적용하면 주변 지역 영상과 가상 건물간의 이질감을 최소화 할 수 있어, 효과적으로 실사적인 조감도 생성이 가능하다.

5. 결론

본 연구에서는 3차원 객체를 사실적으로 표현하기 위해 필요한 주요 컴퓨터그래픽스 기술을 다루었다. 특히 측정 데이터를 기반으로 한 재질 정보의 획득 방법과 데이터 모델링 및 객체 렌더링 기법을 주로 다루었다. 그리고 건설 분야에서 컴퓨터그래픽스 기술의 활용 방안을 제시하였다.

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 산업핵심기술개발사업의 지원을 받아 수행 되었습니다 (10052967, 재난·재해 대응용 특수목적기계 통합제어시스템 개발)

참고문헌

- [1] Myoung Kook Seo, Kang Yeon Kim, Duck Bong Kim and Kwan H. Lee, "Efficient representation of bidirectional reflectance distribution function for metallic paints considering manufacturing parameters", Optical Engineering.
- [2] 이승주, 김희민, 서명국, 장인엽, 고광희, 이관행, "이미지를 기반으로 한 반투명 재질의 광학적 특성 추정과 사실적 반투명 재질의 표현", 제 22회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵.
- [3] 김덕봉, 서명국, 김강연, 이관행, "진주광택 페인트의 사실적인 표현에 관한 연구", 2010 한국 CAD/CAM학회 학술발표회 논문집.
- [4] Myoung Kook Seo, Hoe-min Kim, Kwan H. Lee, "Solid texture synthesis for heterogeneous translucent materials", The Visual Computer.
- [5] Myoung Kook Seo, Hyuk Jin Kwon, Bilal Ahmed, Young Yi Lee, Jae Doug Yoo, In Yeop Jang, Seung Joo Lee, Min ki Park and Kwan H. Lee, "Rendering of human skin during physical exercise", ACM SIGGRAPH 2012 Posters.
- [6] 서명국, 권혁진, 이승주, 박민기, Bilal Ahmed, 이용이, 정순중, 이관행, "외부 환경과 시간에 따라 변하는 인간 피부의 실사적 렌더링", 2013 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회