

이종물질에 의해 복잡한 불규칙 무늬가 형성된 물체 표면의 영상 기반 셰이딩 기법

Image based Shading Techniques for Surfaces with Irregular and Complex Textures Formed by Heterogeneous Materials

이주림, 남양희
이화여자대학교 디지털미디어학부

Joo-Rim Lee(moon0329@ewhain.net), Yang-Hee Nam(yanghee@ewha.ac.kr)

요약

물체 표면의 재질을 실물에 가깝게 렌더링 하는 것은 그래픽 콘텐츠의 사실감을 위한 중요한 요소이다. 본 논문은 속성이 다른 여러 구성 물질에 의해 복잡한 무늬가 형성된 표면을 한 장의 스틸 사진을만 이용하여 셰이딩하는 기법을 제안한다. 기존 방법들은 이와 같은 이종물질에 의한 불규칙한 텍스처의 렌더링을 위해 많은 이미지를 필요로 하거나 특수 촬영 장비를 사용했으며, 수작업에 의해 물질별 표면 영역을 나누어 주어야 했다. 본 연구에서는 영상의 히스토그램 분포 특성에 따른 물질별 텍스처 영역 분할법의 자동 선택 방식을 제시하였고, 그 결과로 구분된 물질별 레이어에 대해 근사화(approximate)된 양방향 반사도 분포함수(BRDF) 값을 구함으로써 주어진 사진과 다른 조명 조건이나 시야(view)에 대해서도 대응되는 렌더링 및 셰이딩 결과를 생성할 수 있음을 보였다.

■ 중심어 : | 영상 기반 셰이딩 | 멀티레이어 렌더링 | 영상분할 | 멀티텍스처링 | 재조명 |

Abstract

In this paper we present a shading technique for realistic rendering of the surfaces with irregular and complex textures using a single photograph. So far, most works have been using many photographs or special photographing equipment to render the surfaces with irregular and complex textures as well as dividing texture regions manually. We present an automatic selection method of the region segmentation techniques according to properties of materials. As our technique produces a reflectance model and the approximated Bidirectional Reflection Distribution Function(BRDF) parameters, it allows the recovery of the photometric properties of diffuse, specular, isotropic or anisotropic textured objects. Also it make it possible to present several synthetic images with novel lighting conditions and views.

■ keyword : | Image Segmentation | Multi-layer Rendering | Image based Rendering | Relighting |

1. 서론

하드웨어와 여러 그래픽 툴의 발달에 따라 다양한 모

델에 대한 현실감 있는 렌더링 기법이 많이 개발되고 연구되어 왔다. 그 가운데, 이미지 기반 렌더링 기법은 직접 모델링하여 렌더링 하는 것에 비해 시간과 노력을

* 본 연구는 서울시의 산학연 협력사업의 전략산업 혁신 클러스터 육성 지원 사업(10581) 수혜에 따른 결과입니다.

접수번호 : #090914-005

접수일자 : 2009년 09월 14일

심사완료일 : 2009년 11월 19일

교신저자 : 남양희, e-mail : yanghee@ewha.ac.kr

줄일 수 있다는 장점이 있으나[1-5], 조명 조건이나 시야(view)가 변화하는 다양한 환경에서 대응되는 렌더링이나 셰이딩 결과를 생성하려면 주어진 영상으로부터 특정 조명이나 시야(view)에 독립적인 물질의 셰이딩 속성을 추출할 수 있어야 한다. 그러나 여러 물질이 물체 표면을 구성하고 각 물질이 차지하는 표면 영역이 복잡한 패턴을 형성한 경우, 각 표면 영역별 빛 반사 특성 등 셰이딩 속성을 주어진 영상으로부터 추출하는 것은 매우 어렵다.

예컨대, [그림 1]에서는 반질거리는 부분과 반사가 덜 되는 부분들이 서로 다른 층을 이루며 무늬를 형성하고 있는 엘리베이터 벽면의 재질을 보여주고 있으며, 천 또는 벽 표면과 같이 복잡한 무늬 뿐 아니라 구성 물질별 레이어들이 빛에 따라 다르게 반응하는 경우들을 보여주고 있다. 즉, 조명 조건에 대해 표면 물질별로 다르게 반응하는 복잡성 때문에, 이와 같은 표면 패턴과 속성을 직접 모델링한다면 오랜 시간과 노력이 소요될 것이다.

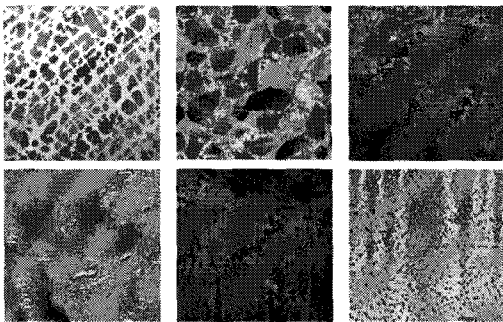


그림 1. 이종물질에 의해 복잡한 패턴을 지닌 표면

이렇게 이종(heterogeneous) 물질 등에 의해 복잡한 레이어의 불규칙 무늬가 형성된 경우, 기존 방법들은 대개 범프맵(bump map)을 사용하여 표면의 각 부분과 조명 간 상관관계에 변화를 주어 해결함으로써 표면 각 부분의 물질의 렌더링 속성이 다른 경우는 다루지 않고 같은 렌더링 속성을 보이는 물질에 대해서만 렌더링 하였다[2]. 한편, 렌더링 속성이 표면 무늬의 패턴에 따라 달라지는 물질에 대한 연구도 있었으나 규칙적인 패턴에만 한정되었다[3]. 보다 최근에는 모든 텍스처 포인트

에 대한 빛이 불투명한 표면에서 어떤 방식으로 반사되는지를 정의하는 함수, 양방향 반사도 분포함수(BRDF)를 얻기 위해 많은 이미지를 사용하거나, 하이 다이내믹 레인지(high dynamic range) 이미지를 얻기 위해 특수 촬영 장비를 동원하여 이용하는 방식이 많이 연구되고 있지만 일반적으로 사용하기에는 비용 부담이 크며 많은 노력이 든다[4].

본 논문에서는 특수 장비나 다수의 사진들을 배제하고 일반 디지털 카메라로 찍은 한 장의 스틸 사진만을 이용하여 이종 물질이 형성한 복잡한 무늬의 표면 속성을 알아내고 현실감 있게 렌더링 할 수 있는 셰이딩 기법을 제안하고자 하였다. 이는 복잡한 표면에 대한 콘텐츠 개발자들의 셰이딩 작업을 쉽고 간편하게 지원하면서 사실감을 유지하게 한다는 데 의의가 있다.

제안한 방법에서는 히스토그램의 피크(peak) 패턴 분석에 기반을 두어 물질별 레이어가 자동 분리되게 하였고, 그 결과 동일 물질로 구성된 각 레이어가 차지하는 표면 영역들을 추출할 수 있었으며, 각 레이어별로 독립적인 BRDF 속성을 구함으로써, 사진 한 장에 기반을 두어 다중물질들이 복잡한 무늬를 형성한 표면의 렌더링과 셰이딩을 가능하게 하였다.

II. 관련연구

사진으로부터 빛에 대한 물질 속성을 알아내어 렌더링에 적용하는 이미지 기반 렌더링의 대표적 방법으로 영상 기반 재조명 방법[1-4]이 있다. 그러나 이는 표면 반사 함수를 평가하기 위해 빛의 패턴이 일치하는 많은 이미지들을 필요로 한다. Shim의 연구는 이러한 점을 보완하고자 통계적 방법을 적용하여 보다 적은 수의 이미지들을 이용하여 반사 함수를 평가하였다[5]. 하지만 본 연구에서는 그러한 방법들과 달리 한 장의 이미지만을 이용하여 빛에 대한 반사 속성을 알아내고 이종물질에 의해 복잡한 패턴을 지닌 표면을 사실적으로 셰이딩하고자 한다.

한 장의 사진을 이용하여 영상 기반 셰이딩을 하기 위해서는 특정 조명환경 등에 독립적인 물체 표면 고유

의 텍스처를 얻어낼 필요가 있다. 예를 들어 [그림 1]과 같이 이종물질에 의해 복잡한 패턴을 지닌 표면 텍스처를 일반 디지털 카메라로 얻는다. [그림 1]의 경우는 이종물질을 지니면서도, 특정 조명환경에서는 같은 물질에 해당되는 부분에서조차 반사정도가 비균일하게 나타나는 반사특성까지 지녔다는 점을 알 수 있다. 따라서 비균일한 반사특성을 보정할 필요가 있다. 이와 같은 경우 이미지 강도 증감(intensity gradient) 정보를 이용하여 조명필드를 자동으로 평가하고 비균일하게 반사되는 광원(non-uniform illumination) 속성을 제거하여 균일한 조명을 새롭게 적용할 수 있는 방법을 이용할 수 있다[5].

그러나 본 연구에서와 같이 이종물질이 섞여 복잡한 표면 무늬를 띤 경우에는 위와 같은 방법을 적용하기 전에 물체 표면의 무늬를 구성하는 동일 물질 레이어를 구분해내는 방법이 필요하고, 멀티 레이어 이미지에 의한 렌더링과 셰이딩을 할 수 있어야 한다.

이미지에서 레이어를 구분해내는 방법들 중에서 3차원 모델을 미리 구축한 후 영상 분할을 하는 방법[6], 영역 기반의 방법을 이용한 영상 분할 방법[7]이 있으나 첫 번째 방법은 모델을 미리 구축해야 하며 두 번째 방법은 영역 구분이 불확실한 모델에서는 좋은 결과를 보이지 않으며 초기 영역의 선택에 영향을 받기 때문에, 본 연구 대상에 적용하기에 적절한 방법이 아니다.

한편, 많은 연구에서 두 장의 이미지를 사용해서 각 부분별 깊이를 알아냄으로써 주어진 영상에서 자동으로 깊이가 다른 레이어를 나누는 방식을 이용했다[1]. 이는 영상으로부터 3차원 구조 복원에 주로 사용되는 방식인데, [그림 1]의 사례에서 제시한 것과 같이 유사한 깊이의 표면에 서로 다른 재질이 드러나 있는 경우는 깊이 정보로 레이어를 나눌 수 없으므로 본 연구에는 이러한 방법을 적용할 수 없다.

또한, 영상의 히스토그램의 임계화(thresholding)에 의해 영상 분할하는 방법, K-means 방법[8]에 의한 영상 분할 방법, 가우시안 분포 모델[9]과 Weibull 분포 모델을 이용한 영상 분할 방법[10]이 있으나 실험 결과 어느 한 가지 방법으로는 본 연구가 목적하는 대상들이 제대로 영상 분할되지 않는다는 점을 알게 되었다.

그 외에, 깊이(depth) 정보를 이용한 수동적 분할 방법[1]은 몇 개의 물체와 같은 큰 덩어리로 구성되는 장면의 물체 구분에 적합하며, 본 연구의 대상과 같이 조밀하고 많은 영역들이 있는 복잡한 패턴을 가진 모델의 경우에는 많은 노력과 시간이 소요되어서 사용자가 직접 지정해주기 어렵다.

따라서 본 논문에서는 재질별 표면 영역을 깊이정보를 사용하거나 수동적으로 분리하는 방법 대신 영상의 히스토그램 특성을 관찰하여 영역 분할 방법을 자동 선택하는 방식을 제시하고, 분할된 영역별 표면 텍스처 특성들을 각각 추출함으로써, 복잡한 표면의 영상 기반 셰이딩을 다양한 조명 조건에 활용할 수 있도록 하였다.

III. 물질별 영역 기반 표면 텍스처 모델

이종물질에 의해 복잡한 무늬를 형성한 표면의 셰이딩 문제를 위해, 본 장에서는 영상 기반 텍스처 BRDF 모델 구축 방법을 설명한다.

제안하는 방법은 [그림 2]와 같이 이종(heterogeneous) 물질 간 표면 텍스처 레이어를 자동 분리하는 단계와, 분리된 표면 텍스처 영역들에 대해 반복적으로 BRDF 특성을 구하여 특정 조명환경에 무관한 재질 고유의 반사 특성을 알아내는 두 단계로 구성된다. 그 결과 얻어진 물체 표면의 영역별 BRDF 값들을 바탕으로 임의의 조명 환경에서도 셰이딩을 할 수 있게 된다.

한 장의 이미지를 이용하여 BRDF 파라미터 값을 알아내기 위해 반복하여 BRDF를 구하는 기존의 방법[11]의 경우에는 영상에 대한 영역을 미리 직접 지정해놓고 BRDF를 계산하기 때문에 본 연구의 대상과 같은 경우에는 적용하기 어렵다. 이와 같이 기존연구는 물질적 속성이 같은 물체들을 수동적으로 집단화(grouping)[11]를 해줘야 하는 특징이 있었는데 [그림 2]와 같은 전처리 과정을 통해 스틸 사진 한 장으로 재질에 대한 집단화가 가능하도록 하고자 했으며 집단화하는 방법을 텍스처의 특성에 따라 자동으로 선택되도록 시스템을 구성하였다.

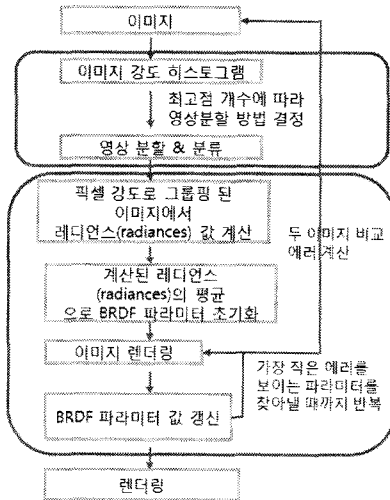


그림 2. 이중 물질 표면의 텍스처 모델 구축단계

1. 히스토그램 임계치에 의한 표면 영역 분할

영상분할 방법에 대한 관련 연구는 상당히 많다. 기존의 방법에는 영역 기반 모델과 에지 기반 모델 등이 있지만 오랜 계산 시간이 소요되거나 너무 많은 에지가 있는 경우에는 좋은 결과를 얻을 수 없다.

따라서 본 논문에서는 먼저, 이중물질에 의해 복잡한 불규칙 무늬가 형성된 표면 텍스처에 적합한 영상분할 방법을 실험을 통해 찾자 하였다. 이를 위해, 초기 영역을 선택하는 등의 과정이 요구되지 않고 기존에 영상분할 방법으로 많이 사용되는 히스토그램 임계치를 통한 영상 분할 방법, K-means 군집화 방법[8]에 의한 영상 분할, 가우시안 분포 모델[9]과 Weibull 분포 모델을 이용한 EM 알고리즘[10]기반 영상분할법을 통해 본 연구의 대상들을 분석하였다.

K-Means 알고리즘과 EM 알고리즘은 영상의 강도 값의 특성에 기초해서 몇 개의 묶음으로 나누는 방법들이다. K-Means 알고리즘은 각 묶음의 분산도를 최소화하며 이에 대한 식은 식(1)과 같다.

$$V = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} |x_j - \mu_i|^2 \quad (1)$$

k개의 군집은 $S_i, i=1,2,\dots,k$ 로 표시되고 μ_i 는 각 군집에 속한 점들 $x_j \in S_i$ 의 중심이다.

가우시안 분포 모델에 대한 EM 알고리즘은 E(Expectation)와 M(Maximization) 단계로 나뉘지고 결과가 수렴할 때까지 반복한다. 그에 대한 방정식은 식(2)와 식(3)과 같다. Weibull 분포 모델에 대한 EM 방정식은 식(4)과 같다. μ 는 영상의 픽셀 강도의 평균이며 σ 는 표준편차이다.

$$E[z_{ij}] = \frac{e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x_i - \mu_j)^2}}{\sum_{n=1}^k e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x_i - \mu_n)^2}} \quad (2)$$

$$\mu \leftarrow \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m E[z_{ij}] x_i \quad (3)$$

$$f(x; \theta) = p_1 f_1(x; \theta_1) + p_2 f_2(x; \theta_2) \quad (4)$$

$$f_i(x; \theta_i) = \beta_i \alpha_i^{-\beta_i} x^{-(\beta_i+1)} e^{-(\alpha_i x)^{-\beta_i}}$$

두 가지 물질이 섞인 표면에 대한 Weibull 임의의 변수 x의 확률 밀도 함수를 나타낸다. $p_1 + p_2 = 1$ 이며 β 는 형상모수(shape parameter)를 α 는 척도모수(scale parameter)를 나타낸다.

표 1. 영상분류

영상의 히스토그램의 threshold값에 의한 영상분할	
영상분할 잘된 경우	
잘되지 않은 경우	

위에서 설명한 각각의 방법에 따라 본 연구에서 대상이 되는 이미지를 분할하는 실험을 하였다. 실험 결과는 [표 1]과 [표 2]와 같으며 이종물질 간에 강도 차이가 [표 1]의 이미지들과 같이 많이 다른 경우는 히스토그램의 임계치 값에 의한 영상분할 방식으로 잘 분할되었다. 이와 달리 이종물질 간에 강도 차이가 비슷한 [표 1]의 두 번째 이미지들은 앞서 언급한 방법들에 의해 실험을 해본 결과, [표 2]와 같으며 3가지 방법 중에서 K-means 방법이 가장 잘 영상을 분할한다는 사실을 알 수 있었다.

표 2. 영상 분할 결과 비교

	영상분할		
이미지			
Kmeans 방법			
Gaussian distribution model			
Weibull distribution model			

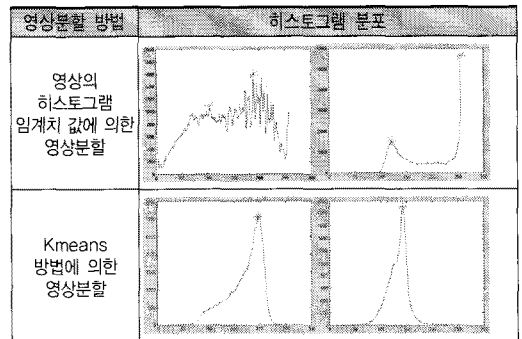
실험을 통해 이종물질에 의한 복잡한 패턴을 지니는 영상을 분할하는 방법으로 영상의 특징에 따라 히스토그램의 임계치를 이용하는 방법과 K-means에 의한 영상 분할 방법이 가장 적합하다는 사실을 알게 되었다. 따라서 영상의 종류와 영상분할 방법의 연관성을 찾기 위해 [표 3]과 같이 두 방법에 대한 히스토그램 분포를 비교해 보았다.

[표 3]의 결과를 통해 각각의 방법에 대한 히스토그램 분포의 양상이 그룹별로 유사함을 알 수 있었다. 이러한 결과를 이용하여 전반적인 히스토그램의 분포 형태와 최고점(peaks)의 개수를 통해 각 영상에 적합한

영상 분할 방법을 선택할 수 있는 방법을 강구하였다. 즉 히스토그램 최고점의 개수와 히스토그램 분포 특징에 따라 영상 분할 방법을 자동으로 선택하도록 하여 영상을 분할한다.

[표 3]의 첫 번째 이미지들과 같이 영상의 강도의 집중도가 여러 군데에서 발생하는 경우는 영상의 히스토그램의 임계치를 구하는 영상 분할 방식이 적합하고 두 번째 이미지들과 같이 영상의 강도 분포가 한 곳으로 집중될 경우는 K-means 방법이 적합하다는 사실을 이용하였다. 이 때 최고점은 peak detection algorithm[12]을 통해 구한다.

표 3. 두 방법에 대한 히스토그램 분포 비교



그 결과 두 방법이 물질의 특성에 따라 자동으로 선택되어 적용되도록 하였다. 두 방법은 영상의 강도 값에 의해 영역이 분할되고 유사한 강도 값을 가진 그룹이 동일 물질 레이어로 묶어지게 된다.

2. 반복적 BRDF 계산방법

앞 단계에서의 영상분할 방법에 의해 표면을 구성하는 물질별 레이어가 구분된 텍스처 맵을 얻게 되면, 각 레이어 표면의 반사 속성을 [표 4]와 같은 방법으로 구한다[11]. 즉, 실제 사진과 렌더링한 사진 사이에서 발생하는 차이(error)가 임계치보다 작아질 때까지 난반사(diffuse reflection)값, 정반사(specular reflection)값과 표면 조도(roughness) 값을 단계적으로 조정하여 구해가는 방식이다. 이때 임계치는 실험을 통해 구한 수치이다.

[표 4]는 난반사와 정반사 값을 얻기 위한 알고리즘을 나타낸다. ρ_s 는 정반사 값을, ρ_d 는 난반사 값을 나타내며 에러는 실제 이미지와 실험을 통해 구한 이미지 간의 강도차이를 나타낸다. 처음에는 하나의 조건에서부터 시작하여 좀 더 세부적인 반사 조건을 가정하며 각각의 표면 특성을 찾아낸다. 따라서 실험을 통해 구한 임계치 이하가 되면 이미지의 반사 특성을 정의할 수 있게 된다. 기본 BRDF 모델로는 파라미터 수가 적어 반복을 통해 최적의 값으로 수렴하기 쉽고 이방성 물질을 표현할 수 있는 Ward모델을 선택하였고[11], 따라서 [표 4]의 계층적이고 반복적인 방식을 통해 Ward BRDF 모델의 난반사(diffuse)와 정반사(specular) 값을 찾게 된다.

표 4. 난반사와 정반사 값을 얻기 위한 알고리즘

```

error=real image - synthetic image
perfectly diffuse surface ( $\rho_s=0.0, \rho_d=1.0$ )
if error > threshold
    perfectly specular surface ( $\rho_s=1.0, \rho_d=0.0$ )
if error > threshold
    non-perfectly specular surface( $\rho_s<1.0, \rho_d=0.0$ )
if error > threshold
    diffuse & non-perfectly specular surface
    ( $\rho_s<1.0, \rho_d<1.0, \rho_s+\rho_d<=1.0$ )
if error > threshold
    isotropic surface( $\rho_s<1.0, \rho_d<1.0, \alpha,$ 
 $\rho_s+\rho_d<=1.0$ )
if error > threshold
    anisotropic surface( $\rho_s<1.0, \rho_d<1.0, \alpha_x,$ 
 $\alpha_y, \rho_s+\rho_d<=1.0$ )
if error > threshold
    iterative  $\rho_d$  correction
    else error < threshold
        S=anisotropic surface
    else error < threshold
        S=Isotropic surface
    else error < threshold
        S=diffuse & non-perfectly specular surface
    else error < threshold
        S=non-perfectly specular surface
    else error < threshold
        S=perfectly specular surface
    else error < threshold
        S=perfectly diffuse surface
    
```

우선 첫 번째 단계에서 렌더링 되는 표면은 완전 난반사 표면이라 가정을 한다. 이때 에러 값은 식(5)과 같이 실제 이미지와 렌더링된 이미지의 픽셀의 평균값에 의해 결정된다. B_o 는 실제 이미지의 레디언스(radiance) 평균값이며 B_n 은 실험을 통해 구한 이미지의 레디언스 평균값이다. P_o 는 실제 이미지의 전체 픽셀의 평균값이고 P_n 은 실험을 통해 구하는 이미지의 전체 픽셀의 평균값이다. T 는 camera transfer function이다. camera transfer function은 영상의 강도(intensity) 값에 의해 평가될 수 있다[11].

$$\epsilon_i = \frac{B_o}{B_n} = \frac{T^{-1}(P_o)}{T^{-1}(P_n)} \quad (5)$$

$$\rho_{d_{i+1}} = \rho_{d_i} \times \epsilon_i \quad (6)$$

$$\rho_{d_{i+1}} = \rho_{d_i} \times \frac{\sum_{j=1}^{n_i} f(\epsilon_j) \cdot (\epsilon_j \times m_j)}{\sum_{j=1}^{n_i} f(\epsilon_j) \cdot m_j}$$

$$f(\epsilon_j) = \begin{cases} 0 & \text{if } \epsilon_j \geq (1+\lambda) \cdot m_d \\ 1 & \text{else} \end{cases}$$

난반사 (ρ_d) 값은 식 (6)와 같이 반복을 통해 얻을 수 있다. 여기서 n 은 그룹 수이며 m_j 는 각 그룹의 픽셀 수, 그리고 m_d 는 ϵ 의 중간 값이다. ϵ_i 는 전체 에러를 의미하며 ϵ_j 는 각 그룹에 속한 물질에 대한 각각의 에러를 의미한다. λ 는 실험을 통해 얻은 수치이다. 두 번째 단계에서 정반사 값을 적용할 경우에도 식(6)을 통해 얻어내며 이때 실제 이미지와 실험을 통해 구한 이미지의 픽셀 radiances 차이는 식 (7)과 같다.

$$(B_n - B_o)^2 = \sum_{i=1}^n (\rho_d \cdot B_d + \rho_s \cdot B_s - (B_o))^2 \quad (7)$$

$$\begin{pmatrix} \rho_d \\ \rho_s \end{pmatrix} = \left(\sum B_d \right) \left(\sum B_d B_s \right)^{-1} \left(\sum B_s \right)$$

n 은 그룹에 해당하는 그룹 수이며 B 는 그 그룹에 해당하는 픽셀 값을 나타낸다. 위 식 (5)(6)(7)을 이용하여 즉 실제 이미지와 실험을 통해 얻은 이미지의 radiance 차이 값을 에러 값으로 정의하고 [표 4]와 같이 난반사, 정반사 값을 특정 범위로 가정하여 반복적으로 에러 값을 계산한다.

이방성(anisotropic surfaces) 표면의 경우에는 난반

사와 정반사 값 외에 거칠기(roughness) 값과 이방성 방향 값을 알아야 한다. 거칠기 값, (α_x, α_y) 는 법선 방향에 대한 이방성 방향을 알아내기 위해 [그림 3]과 같이 이방성 방향에 대해 전체 범위를 8개로 나누고 각 범위 내의 평균 거칠기 값으로 렌더링 한 후, 실제 이미지와 렌더링 된 이미지의 차이 값이 최소가 되는 값을 찾아낸다.

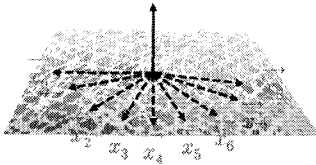


그림 3. 이방성 방향에 대한 샘플링

IV. 실험결과

본 논문에서 제안한 방법에 따라 엘리베이터 표면에 대해 실험을 하였다. 우선 이미지를 III장 1절에서 제시한 영역 분할 방법들로 분할을 한다. 주어진 엘리베이터 이미지에 대한 히스토그램 분포를 구하면 [그림 4]와 같이 되기 때문에 임계치를 구해 레이어를 나누는 방법이 영상 분할 방법으로 선택되었다. 그 결과로 구해진 분할된 영역 이미지는 [그림 5]와 같다.

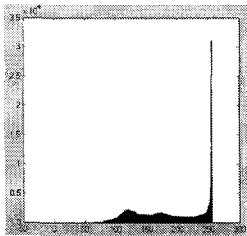


그림 4. 엘리베이터 표면 이미지 히스토그램

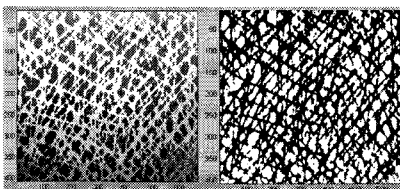


그림 5. 엘리베이터 실제이미지와 분할된 영역이미지

이와 같이 분할된 이미지에 대해 III장 2절에서 제시된 방법으로 그룹화 함으로써 검은 색으로 표시된 배경 영역(LB)과 흰 색으로 표시된 엘리베이터 무늬영역(LF)을 얻었다. 각 영역의 레디언스(radiance)의 평균을 구하여 Ward의 BRDF 모델의 파라미터를 초기화하였다. 현재의 BRDF로 렌더링한 이미지와 실제 이미지와의 에러를 계산하고 이 에러가 최소화 될 때까지 BRDF를 반복 수정하는 방식으로 표면 렌더링 속성 값을 구해나간다.

[표 4]의 과정 중에 얻은 이미지는 [그림 6]과 같다. [표 4]의 반복 과정을 통해 이미지의 난반사 값과 정반사 값을 구한다. [그림 6]의 그림 아래에 각각 LB와 LF에 대한 난반사 값(ρ_d)과 정반사 값(ρ_s)을 나타냈다.

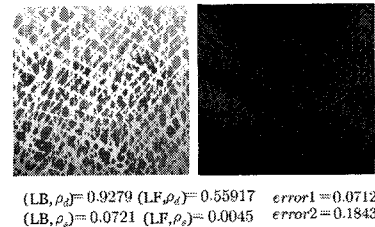
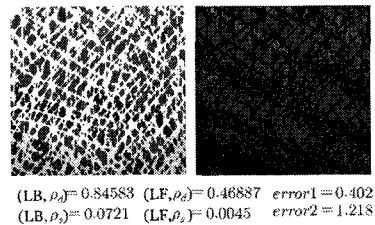
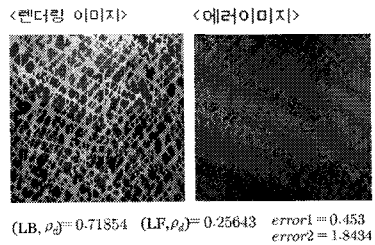
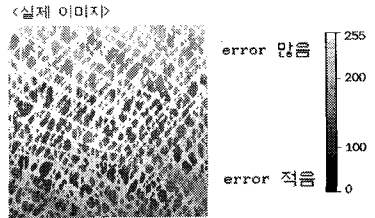


그림 6. 실제 사진과 렌더링 사진에 대한 에러이미지

실제 사진과의 에러 이미지는 [그림 6]의 오른쪽 이미지와 같으며 검은 부분이 많을수록 에러가 적음을 표시한다. 최종 결과는 [그림 7]과 같이 모든 픽셀에서 실제 이미지와의 에러가 최소가 될 때까지 반복 실험을 하였고 에러가 최소가 되는 경우는 대략 0.1 정도 차이가 났으며 BRDF값을 알아내는 시간은 [표 5]와 같았다.

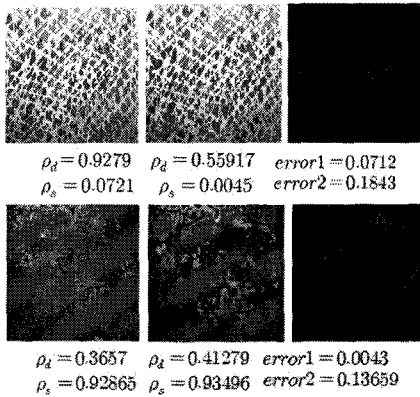


그림 7. 결과이미지(왼쪽: 실제 이미지, 가운데: 렌더링 이미지, 오른쪽: 에러이미지)

표 5. BRDF 알아내는데 소요된 시간

이미지	소요시간
샘플1(그림 7의 위 이미지)	668.77651s
샘플2(그림 7의 아래 이미지)	638.26604s

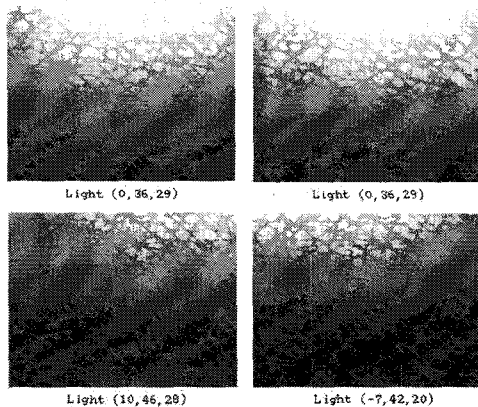


그림 8. 빛의 위치를 달리한 엘립티더 표면의 실험이미지 (빛 세기 0.992, 각각 다른 환경 맵 적용)

이와 같이 실제 이미지에 주어진 조명환경과 무관한 재질의 표면 렌더링 속성 값(난반사 값, 정반사 값)을 얻어내고 나면, 빛의 영향이 없는 무 조명 이미지에 대해 상황에 맞게 새로운 조명환경을 적용한 렌더링 이미지를 생성할 수 있게 된다. 예컨대 그래픽 툴 Maya를 이용하여 빛의 위치를 원하는 곳에 지정하고 각각 다른 이미지들을 환경 맵 등으로 이용하여 적용한 후의 렌더링 결과는 [그림 8]과 같다. 이와 같이 특정 조명에 의존하지 않는 표면 재질 고유의 빛 반사 속성을 알아냄으로써 새로운 조명 조건에 적응적인 이미지를 생성할 수 있었다.

V. 결론

본 논문은 한 장의 사진만을 이용하여 여러 다른 재질에 의해 복잡한 불규칙 무늬가 형성된 표면에 적합한 셰이딩 기법을 제안하였다. 기존 방법은 한 장의 이미지만을 이용했다는 기여 점은 있으나 렌더링 하려고 하는 모든 물체에 대해 재질의 속성이 같은 물체들을 수동적으로 집단화(grouping)를 해줘야 하는 단점이 있었다.

따라서 본 논문에서는 위와 같은 단점을 보완하기 위해 렌더링을 하기 전에 영상 분할 과정을 거쳐 재질에 따라 자동으로 집단화가 되도록 하였다. 스틸 사진 한 장으로부터 히스토그램 패턴 분석을 통해 표면 재질별 영역의 분할 방식이 자동 선택되게 하였고, 그 결과 구분된 각 재질 레이어에 대해 원본 이미지와의 차이가 가장 작게 발생하도록 하는 BRDF 값을 반복 수정에 의한 오차 축소 방식으로 찾아냈다. 이를 통해 새로운 환경에서 조명환경과 환경 맵 등이 반영된 렌더링을 생성할 수 있었다.

참고 문헌

[1] C. L. Zitnick and S. B. Kang, "Stereo for Image-Based Rendering using Image Over-Segmentation," International Journal of

Computer Vision, Vol.75, No.1, pp.49-65, 2007.

[2] R. Gao, B. Yin, D. Kong, Y. Zhang, and H. Si, "An improved method of parallax mapping," Computer and Information Technology, pp.30-34, 2008(7).

[3] R. J. Cant and C. S. Langensiepen, "Efficient anti-aliased bump mapping," Computer & Graphics, Vol.30, No.4, pp.561-580, 2006(8).

[4] J. Wang, S. Zhao, X. Tong, J. Snyder, and B. Guo, "Modeling Anisotropic surface Reflectance with Example-based Microfacet Synthesis," In SIGGRAPH '08: ACM SIGGRAPH 2008 papers, pp.1-9, 2008.

[5] H. Shim and T. Chen, "A STATISTICAL FRAMEWORK FOR IMAGE-BASED RELIGHTING," Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol.2, pp.1093-1096, 2005.

[6] G. Lin, M. K. Chawla, K. Olson, C. A. Barnes, J. F. Guzowski, and B. Roysam, "A Multi-Model Approach to Simultaneous Segmentation and Classification of Heterogeneous Populations of Cell Nuclei in 3D Confocal Microscope Images," Cytometry Part A, Vol.71A, pp.724-736, 2007.

[7] W. Wang, "image segmentation of irregular shape grains on ceramic material surfaces," Computer Graphics, Imaging and Vision, pp.49-54, 2005.

[8] T. Kanungo, N. S. Netanyahu, and Y. Angela, "An Efficient k -Means Clustering Algorithm Analysis and Implementation," Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, Vol.24, No.7, pp.881-892, 2002.

[9] http://en.wikipedia.org/wiki/Expectation_maximization

[10] K. S. Sultan, M. A. Ismail, and A. S. Al-Moisheer, "Mixture of two inverse Weibull distributions: Properties and estimation," Computational Statistics & Data Analysis,

Vol.51, pp.5377-5387, 2007.

[11] S. Boivin and A. Gagalowicz, "Image-Based Rendering of Diffuse, Specular and Glossy Surfaces from a Single Image," Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, pp.107-116, 2001(8).

[12] S. Mulhammed and I. S. Raplh, "Digital Image Processing Method Employing Histogram Peak Detection," Granted Patents (USPTO), Publication No.4731863, 1988.

저 자 소개

이 주 림(Joo-Rim Lee)

준회원



- 2003년 2월 : 한국기술교육대학교 디자인공학과(공학사)
- 2007년 9월 ~ 현재 : 이화여자대학교 디지털미디어학부 미디어공학 석사과정

<관심분야>: HCI, 영상처리, Computer Graphics

남 양 희(Yang-Hee Nam)

정회원



- 1989년 : 이화여자대학교 전자계산학과 졸업(이학사)
- 1991년 : KAIST 전산학과 졸업(공학석사)
- 1997년 : KAIST 전산학과 졸업(공학박사)

- 1998년 ~ 1999년 : 스위스 로잔공대 박사후연구
- 1999년 ~ 2000년 : 일본 ATR 연구소 초청연구원
- 2000년 ~ 2002년 : 세종대학교 컴퓨터공학과 전임강사
- 2002년 ~ 2006년 : 이화여자대학교 디지털미디어학부 조교수
- 2006년 ~ 현재 : 이화여자대학교 디지털미디어학부 부교수

<관심분야> : 가상/증강현실, 영상처리, 모션인식, HCI