

인터넷 웹기반 RADIANCE 가시화 시스템의 개발 : II. 건축자재의 데이터베이스 구축

(Development of Internet Web-based RADIANCE Rendering System : II. Establishment of the Building Material Database)

이정은 · 오은숙 · 최안섭* · 송규동

(Jung-Eun Lee · Eun-Suk Oh · An-Seop Choi · Kyoo-Dong Song)

요 약

건축물은 건축자재의 선택과 사용에 따라서 전혀 다른 이미지로 보여 질 수 있다. 건축물을 설계하는 과정에서 건축물을 검증하거나 가시화된 이미지를 얻어내기 위해서 여러 가지 시뮬레이션 프로그램들을 사용하고 있다. 하지만 대부분의 시뮬레이션 프로그램은 국외에서 생산되는 건축자재정보에 대한 데이터들로 이루어져 있기 때문에 국내의 환경에 맞게 적용하는데는 많은 어려움이 따른다. 본 논문에서는 국내에서 생산되고 사용되어지는 많은 건축자재를 바탕으로 데이터를 수집하고, 건축자재가 가진 광학적 특성을 측정하여 데이터베이스 구축을 위한 방안을 제시하였다. 최종적으로 RADIANCE 엔진을 이용하여 개발된 인터넷 웹기반 가시화 시스템에 구축된 국내 건축자재의 데이터베이스를 적용하였다.

Abstract

Building can get absolutely different images by different building materials. In architectural design process, there are various kinds of simulation programs to prove visualized images. But since most of simulation programs are consist of data for building material informations produced at overseas, it is difficult to utilize them in domestic environment. In this paper, we collected data from domestic building materials and measured optical features which they have, and then suggested methods to arrange the database and made database from some of domestic building materials to develop Internet Web-based RADIANCE redering system.

Key Words : Building Material, Database, Spectrophotometer, RADIANCE Program

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

삶을 영위하기 위한 특정 공간에서의 빛환경은 자연광, 인공광과 같은 빛적 요소뿐만 아니라 여러 가지 건축 마감재의 광학적 특성파도 깊은 관련성을

* 주저자 : 세종대학교 건축공학과 교수
Tel : 02-3408-3761, Fax : 02-3408-3331
E-mail : aschoi@sejong.ac.kr
접수일자 : 2004년 9월 8일
1차심사 : 2004년 9월 9일
심사완료 : 2004년 10월 14일

갖는다. 건축물에 사용되는 건축자재의 종류는 광범위하며 시대의 흐름에 따라 건축 미관에 대한 관심이 높아지면서 새롭고 다양한 품질의 자재가 개발, 생산되고 있다. 이러한 이유로 사용 가능한 자재에 대한 이해와 선택의 중요성이 증가하고 있으며, 같은 구조물이라고 할지라도 자재의 선택과 적용에 따라 서로 다른 성격과 기능이 부여되고 평가하는 기준도 달라지며 건축물에서 느끼는 사람의 감각 또한 다양한 평가를 가져온다.

하나의 건축물이 완성되기까지는 단계별로 많은 검증과 평가를 필요로 한다. 초기설계단계에서 계획한 의도와 목적이 최종설계단계까지 반영되기 위해서는 여러 가지 시뮬레이션 도구를 이용하여 최종결과물의 가시화된 이미지를 얻어냄으로써 미리 검증하고 평가할 수 있다. 그러나 현재 사용되고 있는 대부분의 시뮬레이션 프로그램들은 국외의 건축적 환경에 적합한 데이터를 기반으로 구축되어 있기 때문에 국내의 건축적 환경에 적용하면 정확한 결과를 얻는데 많은 시행착오와 어려움이 따른다. 국외의 경우에는 회사별 홈페이지를 통해 건축자재별로 데이터의 수집이 용이하여 시뮬레이션 프로그램에 쉽게 적용할 수 있다. 반면에 국내의 경우는 건축자재 회사 대부분이 영세하여 지속적이고 안정적인 자재 공급이 어렵기 때문에 사용하고자 하는 자재의 데이터를 수집하기가 어려운 실정이다. 따라서 국내의 건축자재를 데이터베이스화하기 위해서는 건축자재가 가진 색, 텍스처, 반사율 등의 광학적 특성이 필요하고, 이러한 자료 수집을 위해서는 현장조사와 측정에 의해 건축자재의 물성값을 도출해야 한다.

1.2 연구의 목적

본 연구에서는 건축자재의 광학적 특성에 의한 빛 환경의 정량적 평가를 위해 국내에서 생산되는 건축자재를 대상으로 하여 종류별로 항목을 나누어 자재의 견본 및 자료를 수집한 후 자재의 광학적 특성들을 측정하고, 도출된 데이터를 통해 최종적으로 국내 건축자재의 데이터베이스를 구축하는 것이다. 본 연구에 의해 구축된 건축자재의 데이터베이스는 조명 디자인의 가시화를 목적으로 개발되어 이미지 생성 위주의 다른 시뮬레이션 도구와 다르게 정확한 수치적 결과

및 사진과 같은 이미지를 얻을 수 있는 RADIANCE 프로그램[1]과 접목하여 국내 건축자재의 실제이미지를 구현하고자 한다. 이러한 데이터는 최종적으로 RADIANCE engine을 이용한 인터넷 웹기반 가시화 시스템[2~4]에 적용하여 빛환경의 평가도구로서 사용자 쉽고 편리하게 접할 수 있도록 가시화에 필요한 건축자재의 데이터 기반을 마련하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 색의 인식

색의 보임은 여러 가지 조건에 따라 다르게 보여질 수 있다. 먼저 태양광, 형광등, 백열등 등과 같은 각각 다른 조명 광원의 차이는 같은 물체의 색을 다르게 보이게 한다. 또한 보는 각도, 방향 및 빛이 드는 방향(조명광원의 위치)에 따라서도 색은 다르게 보여 진다. 같은 색이라 하더라도 크기에 따라서 색의 밝음과 선명도가 달라지고, 배경색에 의해서도 서로 다른색으로 느껴질 수 있다. 이와 같이 색을 판단할 경우 인간의 눈의 감도에는 조명 광원 외에 여러 가지 환경조건에 따라 각각의 개인차가 있고 연령, 시력과 같이 관찰자의 차이에 의해서도 색에 대한 인식은 달라질 수 있다.

2.2 분광측색계(Spectrophotometer)에 의한 색의 수치화

분광측색계는 고정밀 센서나 여러 가지 조명 광원 정보 등을 내장하고 있기 때문에 색의 수치화는 물론 색의 파장 성분(반사율)을 그래프화해서 표기한다. 분광측색계(분광측색 방법)에서는 물체로부터 반사된 빛을 내장된 여러 가지 센서를 사용하여 파장마다 세밀하게 분광하여 파장별 반사율(빛의 양)을 측정하여 그래프화 하는 것으로 색(색의 정체)을 알 수 있다. 물체는 광원으로부터 빛의 일부를 흡수하고 나머지는 반사하게 된다. 이 반사된 부분이 인간의 눈에 들어와 '색'으로 인식되고, 빛의 어느 부분을 어느 정도 흡수하고 반사하는가는 물체에 따라 다르기 때문에 각각 고유의 색을 가지게 되는 것이다. 국내에 있는 여러 가지 건축자재의 데이터베이스 구축을 위해 사용된 이 색채계는 일반적으로 분광측색계 (分光測色機-

Spectrophotometer)방법[5] 이라고 불려지고 있다.

그림 1은 본 연구를 위해 사용된 분광측색계(M사)의 모습이다.

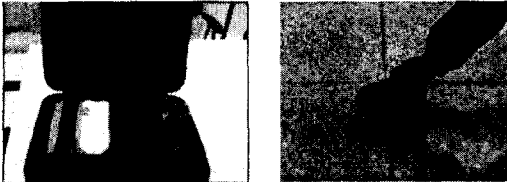


그림 1. 분광측색계(M사)의 모습
Fig. 1. Image of Spectrophotometer

2.3 RADIANCE 프로그램

RADIANCE 프로그램은 미국 국립 Lawrence Berkeley Laboratory(LBL)의 조명연구팀에서 개발된 프로그램이다. 광선이 자연적으로 진행되는 방향의 반대 방향으로 추적하여, 실제 광선이 발생한 광원의 활동을 예측하는 역광선추적기법(Backwards Ray-tracing Technique)을 기초로 광원으로부터 나온 광선들의 거동을 확인하여 빛환경을 가시화할 수 있게 한다. 초기의 이 프로그램은 UNIX환경의 워크스테이션급 컴퓨터에서만 적합하게 실행되었으나, 수년이 지난 후 현재에는 PC의 Windows 환경에서도 사용할 수 있는 Desktop RADIANCE 프로그램도 개발되어 있는 상태이다. 기존보다 더욱 다양하고 정교한 조명 시각 시스템으로 발전하여 조도 계산, 이미지 프로세스, 시각화 등이 가능한 조명 가시화 시뮬레이션 프로그램이다 [2,3]. 표 1은 건축자재의 데이터베이스 구축 연구 수행 시 선행연구[6]에서 제시한 것 외에 추가적으로 사용되었던 RADIANCE 프로그램의 주요 실행 명령이다.

표 1. RADIANCE 프로그램의 주요 실행 명령
Table 1. RADIANCE Variables

실행명령	내 용
RPIC	RADIANCE 이미지 파일 생성
RVIEW	이미지 생성 확인
OBJVIEW	RADIANCE object 보기
RA_GIF RA_TIFF RA_T16	RADIANCE 이미지를 *.gif, *.tif, *.tga 이미지(그림)로 변환
CALC	계산기
GENINFO	RADIANCE 파일의 정보 확인

3. 건축자재의 데이터베이스 구축

3.1 건축자재의 데이터베이스 구축과정

국내에서 생산되고 있는 창호를 비롯한 다양한 건축자재는 각각의 자재가 가진 광학적인 특성을 필요로 하지만 이것에 대한 데이터를 수집하기는 어려운 실정이다. 따라서 현장조사를 통해 건축자재에 대한 정보를 수집하고 분광측색계를 이용하여 건축자재가 지닌 색, 텍스처, 반사율 및 반영률(Specularity) 등의 물성값을 측정해야 한다. 그림 2는 건축자재의 데이터베이스화를 위한 구축과정의 흐름을 도식화하였다.

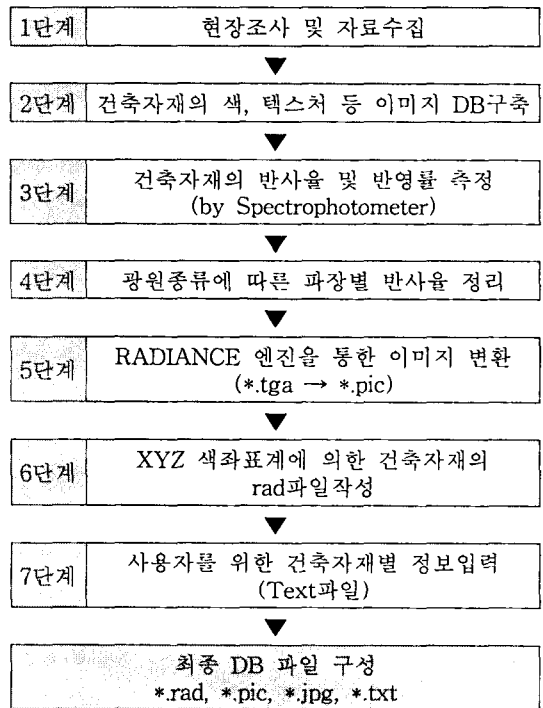


그림 2. 창호 및 건축자재의 데이터베이스 구축 절차
Fig. 2. Fundamental flow chart of established building material DB

3.2 자료수집 및 분류

국내에서 생산되고 있는 건축자재의 종류와 양은 매우 광범위하다. 본 연구에서는 일반적으로 구분하여 사용되는 기본적인 건축자재를 기준으로 유리(Glass), 금속재질(Metal), 페인트(Paint), 석재

(Stone), 나무재질(Wood), 벽지(Sheet), 카펫(Carpet), 직물(Fabric), 기타 등의 9개의 항목으로 임의로 분류하여 현장조사를 통해 각각의 항목에 적합한 기본적인 건축자재의 정보를 수집하고, 데이터를 측정하여 자재가 가진 고유의 광학적 특성을 도출하였다.

3.3 건축자재의 반사율 측정

3.3.1 반영률(Specularity)과 표면율(Roughness)

RADIANCE 프로그램에서는 그림 3과 4에서 보는 바와 같이 재질의 반영율과 표면율에 따라 같은 재질이라도 서로 다르게 느낄 수 있기 때문에 자재가 지닌 정확한 물성값을 도출해야 한다.

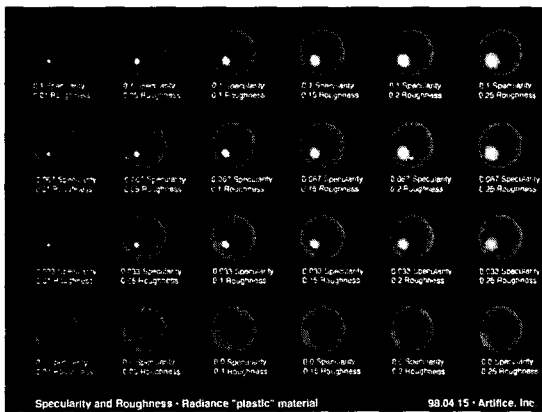


그림 3. 반영율과 표면율에 따른 차이 1(7)
Fig. 3. Difference of specularity and roughness 1

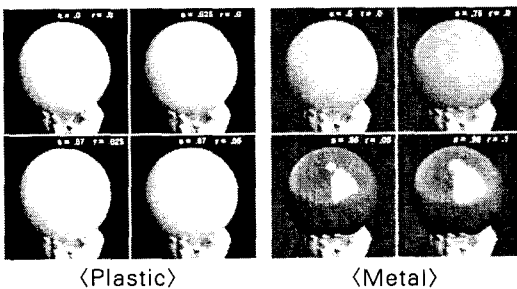


그림 4. 반영율과 표면율에 따른 차이 2(8)
Fig. 4. Difference of specularity and roughness 2

3.3.2 건축자재의 반사율 특성(RGB)

정확한 데이터에 의한 각종 국제표준색의 좌표 분

석의 방법으로는 $L^*a^*b^*$, $L^*C^*h^*$, $L^*u^*v^*$, Yxy , XYZ , Munsell, NCS, PCCS, DIN(RAL), Pantone, DIC, ΔE^*ab , ΔE^*uv , CMC, FMC2, CIE94, YI, MI, WI 등 호환 가능한 국제 표준 색표계를 이용하여 분석이 가능하다[9]. RADIANCE 프로그램에서는 'red green blue specularity roughness' 다섯 개의 변수로 재질의 물성값을 표현하기 때문에 XYZ표색계를 이번 Radiance Engine을 이용한 인터넷 웹기반 가시화 시스템 개발의 목표로 건축자재의 데이터베이스 구축을 위해 적용하였다. XYZ 표색계는 현재 CIE 표준 표색계로서 각 표색계의 기초가 되고 있다. 빛의 3원색(R=적, G=녹, B=청)의 가법혼색의 원리에 기초를 두는 것으로 Y가 반사율로 명도에 대응하고 xy가 색도를 가르킨다[9]. 그림 5는 XYZ 표색계 색도도이다. 그림에서 알 수 있듯이 가로축 방향이 x, 세로축 방향이 y이다. 또한 무채색은 색도도의 중심에 있고 색도는 주변이 될수록 높아지는 것을 알 수 있다.

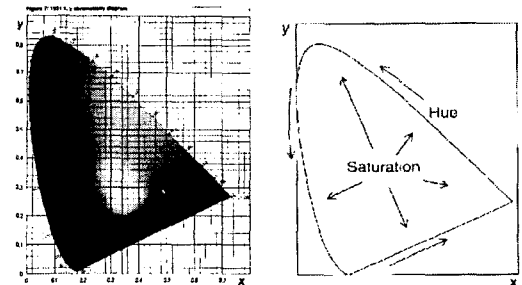


그림 5. XYZ 색좌표계 [9]
Fig. 5. XYZ Chromaticity chart

3.3.3 분광측색계의 초기설정

재질의 색은 앞에서 언급했듯이 여러 가지 광원에 따라 다르게 보여 질 수 있기 때문에 그림 6과 같이 상황에 맞는 설정이 필요하다. 본 연구에서는 주광(D65)과 실내에서 많이 사용되고 있는 형광등(F2)으로 설정하여 두개의 광원정보에 따른 건축자재의 차이를 분석하고, 두개의 데이터 중 적합한 하나의 데이터를 결정하여 데이터베이스를 구축하였다. 또한 자재마다 무늬와 색이 균일하지 않기 때문에 데이터 산출시 3point를 측정하여 각각의 평균값을 적

용하였다.

[※D : 주광, A : 백열등 F2 : 형광등, Target : 대상물질, Sa : sample(target과 비교할 대상물질 혹은 다른 대상물질)]

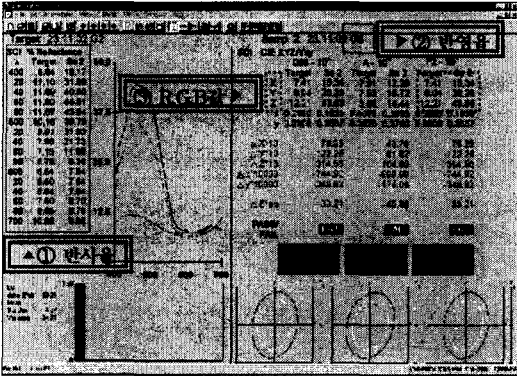


그림 6. 분광측색계 초기설정 화면
Fig. 6. Primary establishment of Spectrophotometer

3.3.4 반사율 및 들성값 정리

분광측색계를 통해 측정된 모든 데이터를 Spectro Magic 프로그램에 통해 업로드한 후 표 2와 같이 text파일로 측정된 건축자재의 물성값을 수치로 끌어내고 계산을 통해 건축자재가 가진 광학적 특성을 도출하였다.

표 2. 분광측색계의 데이터 업로드 및 물성값정리
Table 2. Data upload of Spectrophotometer and arrangement optical features of building materials(ex: Wood)

No.	Type	light source	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	Specular	Roundness	비치율
Target 1	WOOD	F2	0.1589	0.1285	0.0418	0.02	0	13.50
Target 2	WOOD	F2	0.0715	0.0671	0.0369	0.02	0.02	6.47
Target 3	WOOD	F2	0.472	0.4311	0.1895	0.025	0.02	41.34
Target 4	WOOD	F2	0.4324	0.4567	0.1856	0.025	0	41.81
Target 5	WOOD	F2	0.0893	0.0788	0.0378	0.035	0.03	7.85
Target 6	WOOD	F2	0.2055	0.1746	0.0594	0.025	0	17.29
Target 7	WOOD	F2	0.3905	0.3532	0.1184	0.02	0.02	33.06
Target 8	WOOD	F2	0.074	0.0682	0.0374	0.025	0.02	6.67
Target 9	WOOD	F2	0.5486	0.5068	0.2239	0.03	0.02	48.04
Target 10	WOOD	F2	0.2231	0.1859	0.0478	0.02	0.02	18.11
Target 11	WOOD	F2	0.155	0.1334	0.0468	0.02	0.02	13.32
Target 12	WOOD	F2	0.5428	0.5003	0.2018	0.02	0.02	46.63

4. 건축자재 데이터베이스 파일 작성

4.1 이미지 변환

대부분의 건축자재는 고유의 재질 및 일정한 패턴을 가지고 있다. 따라서 시뮬레이션 프로그램에서는 이러한 재질의 표현을 어떻게 하느냐에 따라서 전혀 다른 이미지를 얻을 수 있다. 최대한의 효과를 얻기 위해서 현장조사를 통해 촬영 또는 이미지 Capture 작업을 하여 RADIANCE 프로그램에 적용할 수 있도록 별도의 이미지 데이터베이스를 구축하였다.

형식 1) ra_t16 -r(reverse)
(Tga파일의 이미지로부터 Radiance 이미지 변환)
⇒ ra_t16 -r *tga *.pic

형식 2) ra_tiff -r(reverse)
(Tif파일의 이미지로부터 Radiance 이미지 변환)
⇒ ra_tiff -r *tga *.pic

4.2 RADIANCE에서 사용되는 재질의 표현

4.2.1 유리(Glass)

국내(HG, HP, HL, K)에서 생산되는 창호 시스템의 광학적 투과율, 반사율 등에 대한 데이터 수집 후 Desktop RADIANCE의 Library와 RADIANCE 엔진을 통하여 직접 계산하여 데이터베이스를 구축하였다[3]. 다음의 그림 7은 유리의 테스트 이미지이다.

형식) modifier glass identifier
0
0
3 rtn gtn btn
$$tn = (\sqrt{.8402528435 + .0072522239 * Tn * Tn} - .9166530661) / .0036261119 / Tn$$

{ ----- trans.cal----- }
sq(x) : x*x ;
n = 1.52 ; { index of refraction }
m = sq((1-n)/(1+n)) ; { normal reflectivity }
{ normal transmissivity }
$$tn(Tn) = (\sqrt{sq(sq(1-m))+4*sq(rn*Tn)} - sq(1-m)) / 2/m/rn/Tn ;$$

% calc trans.cal
tn(.83)
\$1=0.9041

- trans.cal : RADIANCE에서 사용되는 유리의 투과율 계산 수식
- 일반적으로 83[%]의 투과율을 가지고 있는 유리의 물성값은 RADIANCE 프로그램을 통해 0.9041의 데이터로 산출되어 'rtn gtn btn'에 적용

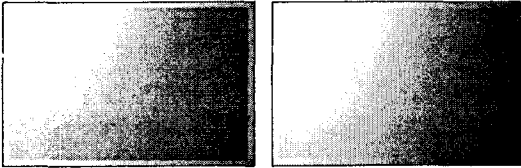


그림 7. 유리의 테스트 이미지
Fig. 7. Test image of glass

4.2.2 금속(Metal)과 그 외의 자재

국내의 여러 가지 건축자재의 데이터베이스의 구축 형식은 아래와 같다. 금속은 형식 1)과 같이 metal 이라는 type의 명령을 사용하고, 그 외의 자재는 plastic, dielectric, mirror라는 type의 명령[1]을 사용하여 RADIANCE 프로그램 사용을 위해 다음과 같이 데이터베이스를 구축하였다.

형식 1) modifier metal identifier 0 0 5 red green blue specularity roughness
형식 2) modifier plastic identifier 0 0 5 red green blue specularity roughness
형식 3) 기타 1 modifier dielectric identifier 0 0 5 rtn gtn btn n hc
형식 4) 기타 2 modifier mirror identifier 0 0 3 red green blue

- metal : 금속의 specularity는 보통 0.9이거나 더 큼.
- plastic : 플라스틱은 roughness의 값에 의해 표

면재질이 좌우됨(0은 매끄러운 표면/ 1은 매우 거친 표면).

- dielectric : 투명하고, 반사된 빛을 잘 굴절시키는 재질. 보통의 글래스는 1.5정도의 굴절(n)지표와 0.92의 전달 계수(hc)를 가짐.
- mirror : 반사를 통한 두번째 빛 source로 작용할 수 있기 때문에 주의가 필요한.

4.2.3 무늬(Texture)가 있는 재질

건축자재에는 물성값 이외에 다양한 무늬와 일정한 패턴을 가지고 있다. 따라서 3 point측정을 통해 도출한 자재의 평균 물성값과 변환 작업을 통한 이미지(*.pic)를 포함하여 RADIANCE 프로그램에 이용할 수 있는 rad파일을 작성하여야 한다.

```





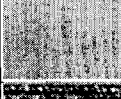


void colorpict id
9 red green blue *.pic picture.cal frac(U) frac(V) -s /
YYY
0
0
id plastic(metal) XXX
0
0
5 red green blue specularity roughness
    
```

- -s YYY : 비율(Scale) 변환을 위한 변수
- XXX : 기존 재질파일의 확장자를 변환하기 위해 필요한 변수
- *.pic : RADIANCE 적용을 위한 이미지 변환파일
- 반사율, 반영률 : 분광측색계를 통하여 도출된 측정값을 이용
- 표면을 : 기존의 데이터 활용

4.3 구축 데이터

지금까지 언급한 데이터베이스의 구축 절차를 통해 국내에서 생산되는 건축자재를 바탕으로 유리(54개), 금속재질(22개), 페인트(138개), 석재(64개), 나무재질(117개), 벽지(40개), 카펫(39개), 직물(33개), 기타(12개) 등으로 분류하여 데이터베이스를 구축하였다. 다음의 표 3과 같은 형식으로 자재의 특성과 함께 건축자재의 데이터베이스를 구축하였다.

표 3. 건축자재의 데이터베이스 정리
Table 3. Database arrangement of building materials(ex:Glass, Metal, Paint, Stone, Wood)

이름	이미지	내용
Glass		제조사(manufacturer) : H사 투과율(transmittance) : 71.00% 반사율(reflectance) : 7.00% 두께(thickness) : 3mm(blue)
Metal		# 금 도금(gilt03) 반사율(reflectance) : 30.25% 투과율(transmittance) : 0.00% 반영율(specularity) : 95.00% 표면율(roughness) : 10.00%
Paint		# 군청색 (Dark_blue) 반사율(reflectance) : 6.61% 투과율(transmittance) : 0% 반영율(specularity) : 0.00% 표면율(roughness) : 0%
Stone		# 타일_01 (tile_01) 반사율(reflectance) : 9.15% 투과율(transmittance) : 0.00% 반영율(specularity) : 5.00% 표면율(roughness) : 0.00%
Wood		# 벚나무 (cherry) 반사율(reflectance) : 10.08% 투과율(transmittance) : 0% 반영율(specularity) : 0% 표면율(roughness) : 0%
Carpet		반사율(reflectance) : 14.00% 투과율(transmittance) : 0% 반영율(specularity) : 0.00% 표면율(roughness) : 0%
Sheet		반사율(reflectance) : 49.92% 투과율(transmittance) : 0% 반영율(specularity) : 0.00% 표면율(roughness) : 0%

4.4 이미지 테스트

다음의 그림 8은 앞에서 설명한 단계별로 진행하여 구축된 건축자재의 데이터베이스를 가지고 RADIANCE 프로그램에 적용하여 이미지 파일인 *.pic 파일을 생성하여 Window 시스템에서 확인 가능한 이미지로 변환하여 테스트한 결과이다.

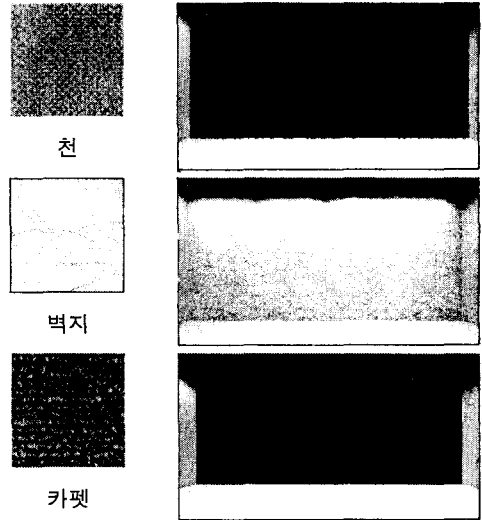
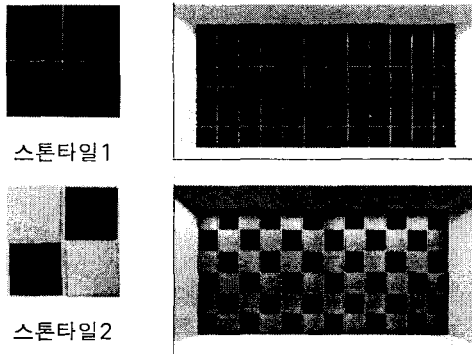


그림 8. RADIANCE 프로그램에 적용된 이미지
Fig. 8. Image of apply to RADIANCE program

4.5 건축자재의 iRAD 인터넷 웹기반 가시화 시스템 적용

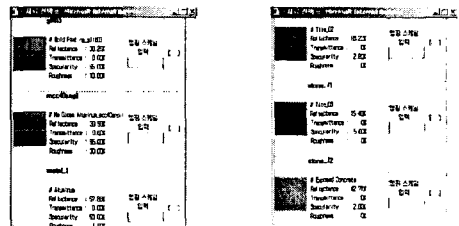
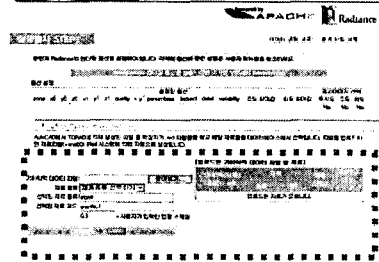
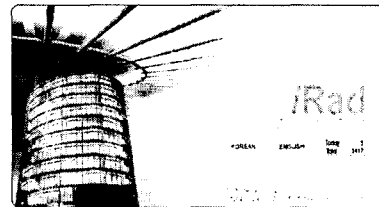


그림 9. 인터넷 웹기반 가시화 시스템 iRAD
Fig. 9. Internet Web-based visualization system iRAD

그림 9는 구축된 건축자재의 데이터베이스가 적용된 RADIANCE Engine을 이용한 인터넷 웹기반 가시화 시스템의 모습이다[10]. 사용자는 MS Windows 기반의 일반 PC로서 웹 브라우저와 AutoCAD 프로그램을 기본적으로 탑재하여야 하고, 인터넷 웹기반을 통해 첫 번째 단계에서 실의 크기를 결정한 후 건축자재의 특성에 따라 맵핑 스케일과 원하는 재질을 선택하여 원하는 공간의 이미지를 시뮬레이션 할 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 국내 건축자재의 데이터베이스 구축연구를 시작으로 RADIANCE Engine의 인터넷 웹기반 가시화 시스템 개발을 위한 RADIANCE 프로그램 분석과 창조 및 건축자재의 데이터를 수집하고, 국내의 환경에 맞게 유리, 금속재질, 페인트, 석재, 나무재질, 벽지, 카펫, 직물, 기타 등으로 데이터베이스를 구축하였다. 이것은 국내 건축자재 데이터의 기반으로 인터넷 웹기반 가시화 시스템에 적용되어 건축 및 조명관련 사용자들에게 가상공간에 대한 빛의 정량적·정성적인 가시화 이미지를 도출해 내고, 여러 가지 설계안의 평가도구로 사용될 수 있다.

향후에는 효과적이고 체계적인 방법으로 국내 건축자재에 여러 가지 광원에 따른 재질의 차이도 고려하여 건축자재의 지속적인 데이터베이스의 구축이 필요하다. 나아가 국내뿐만 아니라 국외에서 생산되고 있는 조명기구 및 건축자재들에 대한 통합 데이터베이스를 구축하여, RADIANCE 프로그램 이외에 건축적 평가를 위한 시뮬레이션 프로그램에도 적용하여 국내·외의 건축 관련 사용자들이 신속하고 정확한 평가의 도구로서 정확성을 향상시킬 수 있는 방안에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

본 연구는 건설교통부 2001년 건설기술연구사업 연구비에 의하여 연구되었음.

References

- [1] Greg Ward Larson & Rob Shakespeare, Rendering with RADIANCE, The Art and Science of Lighting Visualization, MORGAN KAUFMANN PUBLISHERS, 1998.
http://radsite.lbl.gov
http://www.artifice.com
http://www.radiance-online.org/
- [2] 김지현 외 1, RADIANCE 프로그램을 위한 인터넷 웹 환경 사용자 시스템 개발, 대한건축학회학술발표대회논문집, 2002. 4, 제22권 제1호.
- [3] 송규동 외 2, RADIANCE 프로그램과 인터넷 환경을 이용한 조명시뮬레이션 시스템 개발, 대한건축학회논문집, 2003. 4, 제19권 4호.
[4] http://irad.hanyang.ac.kr
- [5] Precise color communication, MINOLTA, 1998.
- [6] 이정은 외 3, 인터넷 웹기반 RADIANCE 가시화 시스템의 개발 : I. 조명기구의 데이터베이스 구축, 한국조명전기설비학회 논문지, 2004. 9.
[7] http://www.artifice.com
- [8] Rendering with RADIANCE : A Practical Tool for Global Illumination.
- [9] 문은배 색채디자인(http://www.koreacolor.net).
- [10] http://irad.hanyang.ac.kr

◇ 저자소개 ◇

이정은 (李晶銀)

1980년 4월 21일생. 2003년 세종대 건축공학과 졸업. 현재 세종대 건축공학과 석사과정.

오은숙 (吳恩淑)

1974년 6월 16일생. 2002년 경기대 건축공학과 졸업. 현재 세종대 건축공학과 석사과정.

최안섭 (崔安燮)

1967년 10월 4일생. 1991년 한양대 건축공학과 졸업. 1993년 The Pennsylvania State University 건축공학 졸업(석사). 1997 The Pennsylvania State University 건축공학 졸업(박사). 현재 세종대 건축공학과 교수.

송규동 (宋圭棟)

1957년 1월 4일생. 1984년 한양대 건축학 졸업. 1986년 한양대 건축공학 졸업(석사). 1989년 University of Oklahoma 건축학 졸업(석사). 1993년 Texas A&M University 건축학 졸업(박사). 현재 한양대학교 건축학부 교수.