음영처리기법의 비교를 통한 실내공간 조명효과의 예측

The Prediction of Interior Luminous Effect Through a Comparison of Shading Algorithms

홍 승 대* 박 현 장**

Hong, Sung-De Park, Hyoun-Jang

Abstract

In Interior design, light is the most important factor in deciding color, texture and illumination level which are the basic factors of spatial design. To apply rendering technologies on prediction of illuminating effect, it is important to understand and analyse the basic properties of the illumination models that are local illumination model and global illumination model. The illumination models in computer graphics express the factors which determine the surface color, texture and light distribution through the reflection.

The purpose of this study is to propose the best way of shading algorithm in interior space provided by the computer, based on the experimental analysis that 5 shading methods are applied to the interior space. The results of this study were as followed.

1) Local illumination models that are Lambert shading, Ground shading and Phong shading are not suitable to the prediction of interior illumination effect.

2) Raytracing that is global illumination model could be adopted to interior illumination effects. Raytracing is a very versatile algorithm because of the large range of lighting effects it can model.

3)Neither radiality nor ray tracing offers a complete solution for simulating all interior illumination effects.

4) Radiosity excels at rendering diffuse-to-diffuse inter-reflections and ray tracing excels at rendering specular reflections. By merging both shading techniques, that offers the best of both.

Using computer technologies to simulate lighting in preliminary design stage which will provide information for designers and occupants to determine the effect of using artificial light sources at each stage of their design process. Further study in illumination analysis, prediction of illumination effect, and lighting calculation is required as computer media expands.

키워드 : 조명모델, 음영처리기법

keywords : Illumination Model, Shading Algorithm

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

조명이란 공간에서 사물의 형태와 재질을 시각적으로 인식할 수 있게 하며 빛의 명암과 채도, 색상을 이용하여 대상 실내공간이 독특한 시각적인 특성과 이미지를 갖도록 한다. 이는 공간의 물리적인 조건이 바뀌지 않는 상태에서 단지 빛의 작용만으로 허상인 실내 환경이 형성되는 것으로, 이로 인해 조명으로 형성된 복합공간은 비현실적인 가상공간의 한 형태로 분류되기도 한다. 이와 같은 조명의 다양한 시각적 특성과 조명의 양적인 측면을 예측하기 위한 방법적인 도구로서 3차원 그래픽 소프트웨어의 활용에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 이는 공간의 완성단계에서 발생할 수 있는 계획상의 오류를 방지하여 시간적, 경제적 손실의 감소에 기여하고 다양한 공간의 연출효과를 공간의 계획단계에서 미리 실험을 통하여 검증함으로써 빛 환경의 질을 향상시킬 수 있어 그 효용성이 크다고 할 수 있다. 특히 실내디자인에서의 3차원 그래픽 소프트웨어를 이용한 조명연출효과의 시뮬레이션은 공간의 색(色)과 재질감, 조도, 휘도 등을 예측하기 위한 도구로서 그 활용의 중요성이 증대되고 있다.

컴퓨터그래픽을 실내디자인에 적용하기 위해서는 기본적으로 컴퓨터상에서 오브젝트의 표면 밝기와 색상을 구현하는 음영처리기법(Shading Algorithm)에 관한 비교와 분석이 먼저 이루어져야하고, 그 후 그에 따른 최적의 음영처리기법이 제시되어야 한다. 이에 본 연구에서는 다양한 음영처리 기법의 특성을 고찰하고 적용 가능성이 높은 몇 가지의 음영 처리 기법을 선택하여 이에 대한 조명 효과를 비교 하였다.

본 연구의 결과는 실제로 실내공간을 완성하기 전에

* 정회원, 안산공과대학 실내디자인과 조교수

**정회원, 동주대학 실내디자인과 부교수, 공학박사

완성 될 실내공간에서의 조명의 효과를 미리 예측 할 수 있게 하는 방법을 제시하여 실내 공간디자인의 수준 향상에 크게 기여 할 것으로 기대한다.

1.2. 연구의 방법

상기한 연구의 목적을 달성하기 위하여 먼저 현재 컴퓨터그래픽에서 사용되고 있는 조명모델의 개념과 음영처리기법에 관한 이론적 고찰을 통해 그 방법들을 정리하였다. 그 후 실내디자인 분야에 가장 적합한 컴퓨터 그래픽에서의 음영처리기법을 규명하기 위하여 각 음영처리기법의 특성 비교를 위한 평가실험을 하였다. 실험을 위한 공간은 가장 일반적인 주거공간을 가정하여 가로변의 길이와 세로변의 길이가 각 4.5m이고 높이가 2.4m 로서 실제공간의 면적이 20.25㎡가 되게 하였다. 이 공간을 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 실험을 하였는데 세부적인 실험 조건은 <표 1>과 같다.

표1. 시뮬레이션 조건

구분		Spec.
시뮬레이션	S/W	• OS : Windows XP • Modeling : AutoCAD 2004 • Shading : 3D Studio Max, Lightscape
	H/W	• CPU : Intel Pentium IV 2.4 GHz • Memory : 1,024 M • Graphic : ATI Radeon 9700/ 128M
대상공간	천정	• H: 120°, S: 0%, B: 95 % • R: 241 , G: 241, B: 241
	벽체(좌측)	• H: 0°, S: 97%, B: 100 % • R: 255 , G: 7, B: 7
	벽체(우측)	• H: 120°, S: 97%, B: 100 % • R: 7 , G: 255, B: 7
	바닥	• Wood flooring(maple) 가로×세로 : 90 × 1,200 (㎜)
오브젝트	의자	• H: 60°, S: 97%, B: 100 % • R: 255 , G: 255, B: 7
	탁자	• H: 166°, S: 95%, B: 56 % • R: 7 , G: 143, B: 111
조명방식	직접조명	• Incandescent Lamp (Bulb) : 1개 광속: 5,000 Lm × 1 = 5,000 Lm
	간접조명	• Fluorescent Lamp (Tube Type) : 4개 광속: 3,000 Lm × 4 = 12,000 Lm

이외 천정은 백색(R: 241, G: 241, B: 241)을, 바닥은 단풍나무 마루의 재질을, 좌측 벽은 적색(R: 255 , G: 7, B: 7)을, 우측 벽은 초록색(R: 7 , G: 255, B: 7)을 적용하였다. 대상 오브젝트는 탁자와 의자를 사용하였는데 각각 청색(R: 7 , G: 143, B: 111)과 황색(R: 255 , G: 255, B: 7)을 적용하였다.[13] 조명에 있어서 광색은 직접조명과 간접조명 모두 주광색(5500 K)을 적용하였고, 직접조명은 5000 lm의 백열등을, 간접조명은 3000 lm의 광속을 갖는 관형 형광등(T8) 4개를 적용하였다.

2. 조명 모델(Illumination model)

컴퓨터를 이용하여 실내공간의 조명효과를 예측하기 위해서는 컴퓨터상에서 가정하는 3차원의 오브젝트와 빛과의 상호작용을 적절히 표현해야 하는데 이때는
1)재질 사이의 경계(화면을 구성하는 오브젝트의 표면)에서 이루어지는 빛의 상호작용과
2)빛이 재질을 통과할 때 발생하는 분산과 흡수라는 물리적 현상을 기초로 하고 있다.

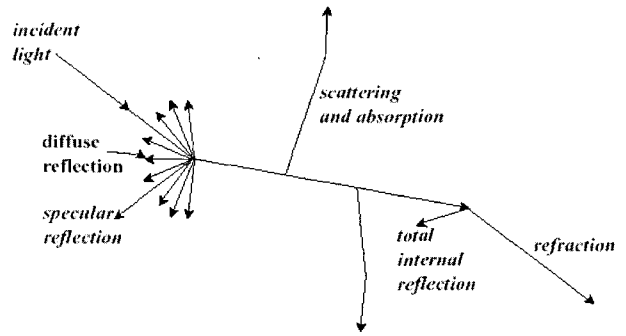


그림1. 광원과 관련된 물리적 현상

실내공간에서 대상물과 빛의 상호작용에 의해 만들어지는 빛의 효과는 광원의 특성(빛의 강도, 색상, 위치, 방향, 형태)과 표면의 재질 특성(색상, 반사, 투과성 등)을 동시에 고려한 것으로서 여기에 조명모델을 적용함으로써 컴퓨터상에서 계산이 가능하게 된다. 즉, 컴퓨터그래픽에서는 조명모델이라고 하는 이론적 모델을 설정하고 빛이 물체의 표면에서 어떻게 반사되고 표면의 색을 어떻게 생성하는지에 관한 내용을 설명 한다[14]. 이와 같은 조명모델은 일반적으로 국부조명(Local Illumination)과 전반조명(Global Illumination)으로 대별되며 그 특성은 다음과 같다.

2.1. 국부조명(Local Illumination)

국부조명모델<그림2>의 알고리즘은 광원으로부터 직접 발산된 빛과 표면으로부터 반사된 빛만을 고려한 조명모델이다. 즉 빛이 물체의 표면에 입사하고 물체의 표면에서 반사된 빛이 관찰자에게로 향한다는 것을 가정한 모델이다. 이는 개별적인 표면반사와 빛의 전달만을 설명한다. 따라서 특정 표면의 음영처리는 다른 표면의 음영과 분리되어 계산된다. 국부조명 모델에 따른 음영처리 기법으로는 램버트 음영처리(Lambert shading), 구라우드 음영처리(Gouraud shading), 퐁 음영처리(Phong shading) 등이 있으며 상호작용 효과를 바로 확인할 수 있고 계산비용이 저렴하다는 장점을 갖고 있다. 그러나 실세계의 물리적 특성이 고려되지 않는 단점이 있다.

13) 이는 상호 보색관계인 색상을 사용함으로서 실내공간의 두 벽면과 바닥, 천정의 경계차이를 명확하게 드러내기 위함이다.

14) Reflection Model 또는 Lighting Model로 정의되기도 한다.

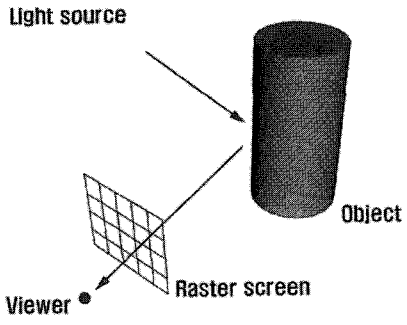


그림 2. 국부조명모델의 개념

2.2. 전반조명(Global Illumination)

실내공간에서의 조명연출 효과의 예측을 위해서는 광원 자체의 특성뿐만 아니라 공간내의 모든 대상물의 표면(Surface)과 빛의 상호작용의 분석이 중요하다. 예를 들면 어떤 물체가 빛을 가리고 있으면 다른 물체의 표면에 그림자가 생기며, 어떤 물체의 표면이 투명하다면 그 물체를 통해서 다른 물체를 볼 수가 있는 것이다. 또 어떤 물체의 표면은 다른 표면을 향해서 빛을 반사한다. 즉 전반조명 모델<그림3>은 환경 내에 존재하는 물체들의 난반사정도와 불투명정도 등의 특성도 고려하여 빛의 밝기를 결정하기 때문에 빛의 확산이나 상호반사에 의한 효과를 표현할 수 있는 장점이 있다. 이런 전반조명의 알고리즘은 광선추적기법(Raytracing)과 광속전달법(Radiosity)으로 대별 된다[15].

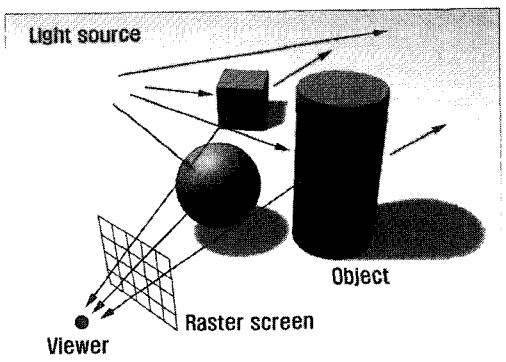


그림 3. 대역조명모델의 개념

3. 음영처리기법(Shading)의 종류와 특징

일반적으로 3차원의 좌표계를 갖는 대상물은 다수의 다각형(Polygon)[16] 결합으로 이루어지며 이는 대상물의 표면을 선형모델(wire-frame) 상태로 표현한다<그림4>. 이러한 대상물은 숨은선 제거를 통하여 표면을 갖는 형태로 스크린에 표시된다. 우리는 이렇게 나타난 물체를 통하여 형태를 인식하게 된다.<그림 3-2> 이때의 대상물은 음영과 재질이 표시되지 않기 때문에 사실적인 표면으로 인식되기 어려운 단점이 있다.

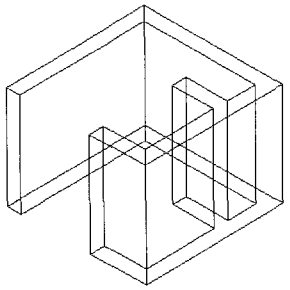


그림 4. wire-frame

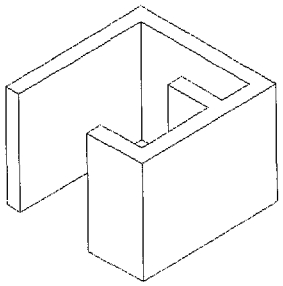


그림 5. Hidden line removal

사실적인 표면의 생성을 위해서 사용되는 기술에는 여러 가지가 있는데 대표적으로 음영처리기법[17]과 재질 표현 기법(Texture mapping)이 적용 된다[18].

3.1. 램버트 음영처리기법

돌출부가 전혀 없는 평평한 면에서 음영(Shade)을 만들기 위한 간단하고 효과적인 방법은 빛의 방향을 지정하고, 표면의 법선을 계산한 다음 코사인(Cosine)함수로 표면에서의 빛의 세기를 계산하는 방법이다. 이러한 표면의 음영처리 방식을 램버트 음영처리기법, 또는 코사인 음영처리기법(Cosine shading)이라고 한다. 램버트 음영처리방식의 기본이 되는 것은 램버트 코사인법칙으로 광원으로 부터 오는 에너지가 모든 방향으로 균등하게 분산될 때 반사되는 빛의 세기는 입사각의 코사인각에 비례한다는 것이다.<그림 6> 따라서 반사되는 빛의 세기는 광원으로부터 평면의 각이 기울어질수록 약해진다. 반면 빛의 입사각이 표면과 직각을 이룰 때 빛의 세기는 최대가 되며 빛이 표면과 평행하면 그 표면은 흑색이 된다.

15) Alan Watt, 3D Computer Graphics, Addison Wesley, 2000 p.275~276

16) 삼각형(Triangle)으로 이루어진 면(Face)

17) 여기서 음영처리기법이란 빛을 시뮬레이션 하고 광원에 따른 대상물 표면의 밝기와 색상을 계산하여 화면 전체의 시각적 특징을 결정한 것이다.

18) 김억외, 건축설계전산론, 기문당 1999 , p.182

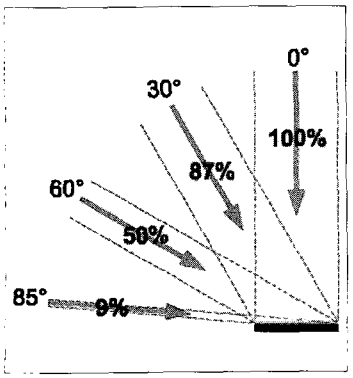


그림 6. Lambert's Cosine law

램버트 음영처리기법은 기본적으로 주변광원(Ambient)과 직접광원으로부터 발생하는 방사광(Diffuse)을 합하여 표면의 빛의 세기를 나타낸다. 주변광과 방사광의 비율에 따라 명암의 대비가 강한 물체의 이미지를 만들 수 있다. 이 방식은 동일한 반사계수를 갖는 평행한 표면은 같은 밝기를 갖는다는 단점이 있다.<그림7> 이를 동일한 반사계수를 갖는 표면이 많은 실내공간에 적용하면 실내공간의 공간적인 깊이를 갖는 두개의 표면의 경계선을 나타내지 못하는 경우가 생길 수 있다.

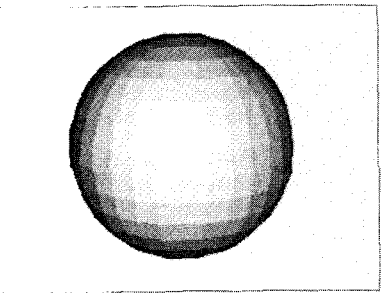


그림7. 램버트 음영처리기법으로 표면 처리한 경우

3.2. 구라우드 음영처리기법

램버트 음영처리기법의 단점은 면과 면이 만나는 모서리 부분에서 빛의 세기가 강조되는 매치밴드(Mach bands)현상이 나타나는 것이다. 이 현상을 극복하기해서는 면의 모서리에서 빛의 세기를 급격하게 바꾸지 않고 부드럽게 분산시키는 방법을 적용해야한다. 유타(Utah)대학의 헨리 구라우드(H. Gouraud)는 램버트 음영처리기법의 문제점을 해결하기위하여 면의 꼭지점에서 표면 법선을 구한 다음 그 점에서의 빛의 세기를 구하고, 마지막으로 부드러운 표면 이미지를 만들기 위해 각 점사이의 선형보간(Interpolation)에 의한 빛의 세기를 구하는 방식을 제시하였다.<그림8>

구라우드가 제시한 음영처리 방식은 기존의 램버트 음영처리기법이 갖는 매치밴드 현상을 제거하고 부드러운 곡면의 표면처리를 가능하게 하였다. 구라우드 음영처리기법은 빛이 모든 방향으로 균등하게 반사된다는 코사인에 의한 움직임과 선형모델로 음영 처리를 가정하여 표면을 나타내기 때문에 이 기법을 실내공간에 적용할 경우 모든 표면이 광택이 없는 단순한 재료로 구성된 것으로 나타나는 단점이 있다.

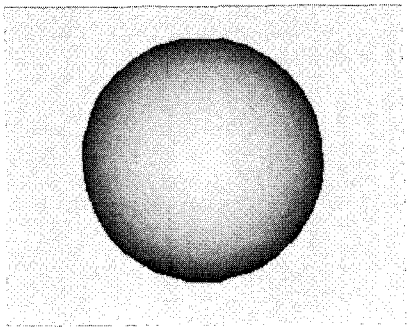


그림 8. 구라우드 음영처리기법으로 표면 처리한 경우

3.3. 퐁 음영처리기법

일반적으로 실내공간은 다양한 재료로 구성되기 때문에 이로 인해 실내 표면의 빛은 불균일하게 다른 방향으로 반사되어 광원에 의한 하이라이트 반사와 분산형상이 나타난다. 이와 같은 물리적 세계의 현상을 표현하기 위해서 구라우드 음영처리기법이 갖는 한계를 극복하기위한 음영처리기법이 요구된다. 퐁(Bui-Tuong Phong)은 구라우드 음영처리기법이 가정하는 입사각과 반사각사이에서 이루어지는 반사의 세기 함수에 방향성을 갖는 반사(Specular)를 고려하도록 수정하였다.<그림 9>

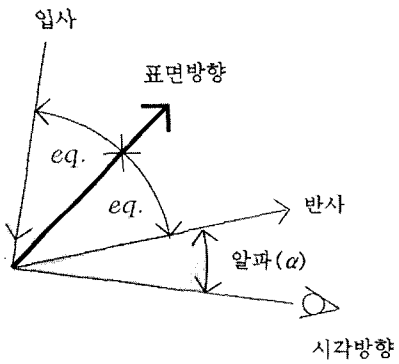


그림 9. 방향성이 있는 반사

즉 구라우드 음영처리기법보다 정교한 보간 기술을 사용하고 반사 하이라이트의 처리가 가능하도록 한 것이다. 퐁 음영처리 방식은 분산반사와 직접반사, 그리고 다양한 재료 사용에 따른 빛의 매개변수의 변경이 가능하여 빛과 관련된 다양한 실험을 가능하게 해주었다.<그림10>

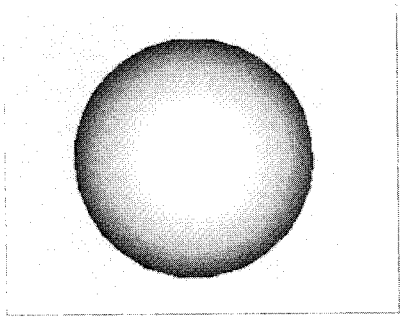


그림10. 퐁 음영처리기법으로 표면처리 한 경우

3.4. 광선추적기법

광선추적기법은 구라우드 음영처리기법이나 퐁 음영처리기법과 같은 국부조명모델이 표현하지 못하는 대상물 상호간에 이루어지는 빛의 효과를 시뮬레이션하기 위해 도입되었다. 특히 실내공간과 같이 공간 내에 다양한 대상물이 위치하고 그에 따른 빛의 움직임을 추적하기위해서는 광선추적기법이 유효하다고 할 수 있다.

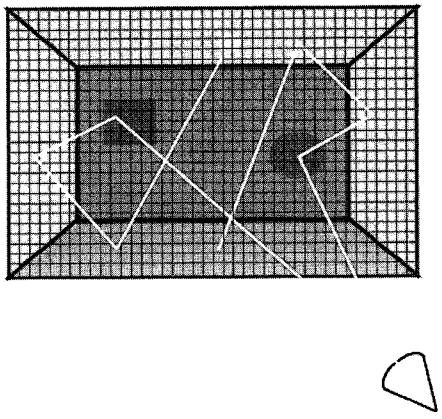


그림 11. 광선추적기법의 개념

광선추적기법은 수많은 빛의 입자(Photon)가 공간을 움직이는 것으로 가정하고 그 중 우리가 특별히 관심을 갖는 것에 대하여 빛의 입자가 우리 눈에 들어오는 것으로 가정한다. 이 알고리즘은 스크린 상의 각각의 픽셀에서 3차원 모델 쪽을 향하여 뒤쪽으로 빛을 추적하는 것에 의하여 작동한다.[19]<그림11> 따라서 이 방식에서는 물체의 이미지를 생성하는데 필요한 화면 정보만을 계산한다. 이와 같은 광선추적기법을 이용하여 이미지를 생성하기 위해서는 <표 2>과 같은 과정이 수행되어야한다.

19) 이를 Backward Raytracing이라 하며, Backward Raytracing의 값은 광학적인 Forward Raytracing의 값과 동일하다.

표 2 광선추적기법의 과정

1	모니터상의 픽셀을 통하여 눈의 위치에서 광선이 하나의 표면과 교차될 때까지 광선의 뒤쪽을 추적한다.
2	전체적인 조명을 결정하기 위해서 현재 환경 하에서 각 광원과의 교차점으로부터의 광선 뒤쪽을 추적한다.(Shadow Ray) 광원을 향하는 광선이 다른 오브젝트에 의해 진행을 방해받는다면 표면의 색을 계산하기 위해 광원으로부터 나오는 빛을 사용한다.
3	빛과 교차된 표면은 빛나거나 투명하게 된다. 이 경우에 알고리즘은 또한 내부에 무엇이 보여질 것인가를 결정해야한다. 반사(Reflect)되는 경우와 투과(Transparency)되는 경우에 있어서 다른 표면과 광선이 마주칠 때까지 1번 과정과 2번 과정이 반복된다. 다음차례의 교차되는 지점의 색은 계산되고 원래지점에 요소(Element)로서 포함된다.
4	두 번째 표면의 반사가 반복되지 않았거나 표면을 투과하지 않을 때, 최대 반복회수에 이를 때까지, 더 이상 광선과 교차할 표면이 없을 때까지 광선 추적과정은 한번 더 반복된다.

광선 추적기법은 다양한 조명효과를 생성하는 알고리즘이라고 할 수 있다. 직접조명(Direct Illumination), 그림자(Shadow), 경면반사(Specular Reflection)와 굴절(Refraction) 등과 같은 대역조명의 특성을 정확하게 표현한다.<그림12> 반면 광선추적기법의 단점은 퐁 음영처리기법에 비하여 처리속도가 느리고 분산 상호반사(Diffuse Inter-reflection)를 표현하지 못한다는 점이다.[20]

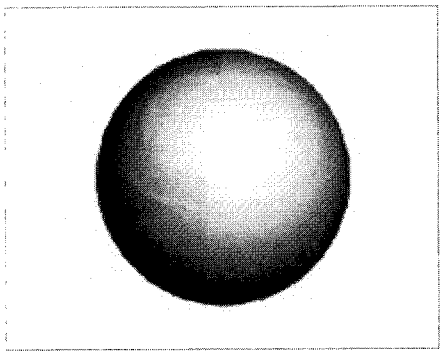


그림 12. 광선추적기법으로 표면 처리한 경우

3.5. 광속전달법

광속전달법은 스크린 상의 각각의 픽셀의 색을 결정한다기보다는 공간 내에서 이산점(Discrete Point)의 강도를 계산하는데 중점을 둔다. 이를 위해 광속전달법은 대상물 본래의 표면을 엘리먼트(Element)라고 하는 작은 표면으로 이루어진 메쉬(Mesh)로 분할한다<그림13>. 즉 광속전달법의 과정은 각각의 메쉬 엘리먼트로부터 다른 모든 메쉬 엘리먼트에 분산되는 빛의 양을 계산하고 메쉬에

20) 이는 범용 3차원 그래픽 패키지에서 공통적으로 나타나는 문제점으로서, 표면 처리에 소요되는 계산 시간을 단축하기 위하여 본래의 광선추적기법의 알고리즘을 단순화시킨 결과이다.

포함된 각 엘리먼트의 최종 광속전달법 값을 저장하는 것이다.

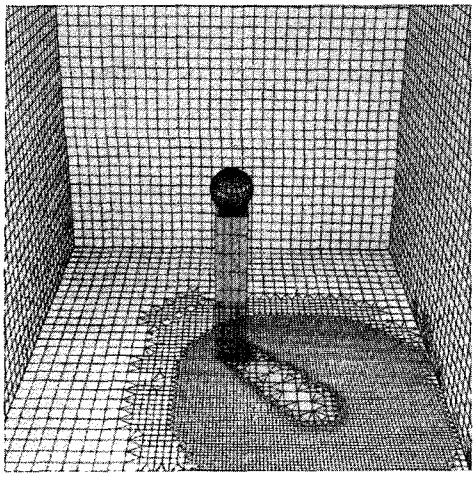


그림13. 메쉬 엘리먼트로 분할된 표면

빛의 분산치가 계산되고 나면 카메라의 움직임에 따라 특정 공간의 이미지가 빠른 속도로 스크린에 나타난다. 이는 전체공간에 대한 빛의 분산이 이미 계산되었기 때문에 카메라 뷰의 변화에 따라 변하는 각각의 장면에 대한 빛의 분산을 다시 계산할 필요가 없기 때문이다. 광속전달법의 이러한 속성을 독립적 뷰(View Independence) 알고리즘이라고 한다.

반면 광선추적기법은 카메라 뷰의 변화에 따라 각 장면의 빛이 다시 계산되어야 하기 때문에 종속적 뷰(View Dependent)알고리즘이라고 한다. 이러한 광속전달법의 알고리즘은 <표 3>와 같은 순서를 통하여 결과물을 생성한다.

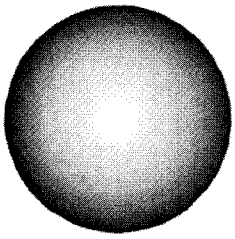


그림14. 광속전달법으로 표면 처리한 경우

4. 음영처리기법의 실내디자인에 적용

현재 실내디자인의 다양한 영역에서 컴퓨터를 이용한 방법이 도입되어 있으며 특히 실내공간의 조명분야는 실제에 가까운 조명효과의 예측 방법이 중요하게 대두되고 있다. 이에 조명방법에 따른 가장 적합한 음영처리기법을 찾기 위해 본 연구에서는 5개의 음영처리기법을 이용하여 가상적인 실내공간을 대상으로 한 모의실험을 실행하였다. 대상 공간은 가로4.5m 세로4.5m의 길이를 갖는 정방형의 평면에 높이가 2.4m의 규모를 갖는 공간으로 설정하였다. 그리고 각 공간의 벽면은 색상이 있는 벽지로 설정하였다. 조명 효과의 측정을 위하여 직접조명과 간접조명을 각 1개씩 추가하였다. 가구 집기로는 원형 테이블과 소파를 배치하였다. 이상과 같은 설정을 통하여 실험한 결과는 <표4>와 같다.

<표 3> 광속전달법의 과정

1	표면(Surface)은 상대적으로 큰 엘리먼트의 조합으로 메쉬화된다. 최초의 엘리먼트는 자동적으로 작은 엘리먼트로 다시 분할된다.
2	공간에 있어서 빛은 각 조명기구(Light Fixture)로부터 발산되어 모든 표면으로 분산된다.
3	표면 재질의 특성에 따라 특정한 메쉬 엘리먼트에 도달한 일부 에너지는 흡수된다. 반면 남아있는 에너지는 공간 속으로 반사된다.
4	공간내의 모든 에너지가 표면에 흡수되면(에너지 균형상태 -Energy Equilibrium) 시뮬레이션은 수렴상태(Convergence)에 이르게 된다.

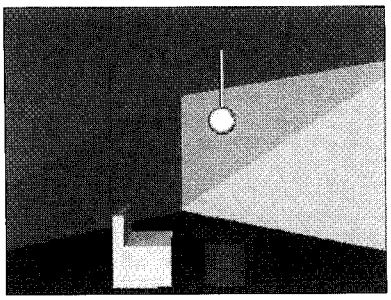
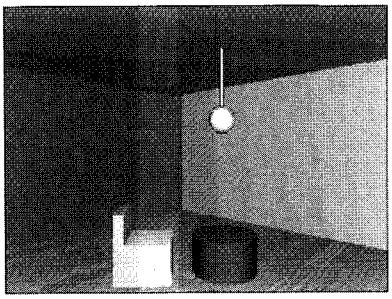
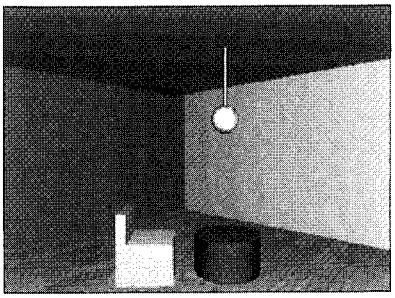
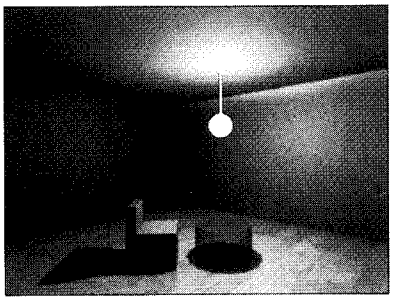
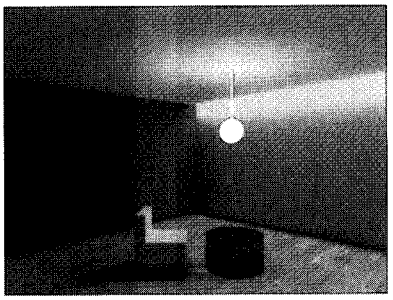
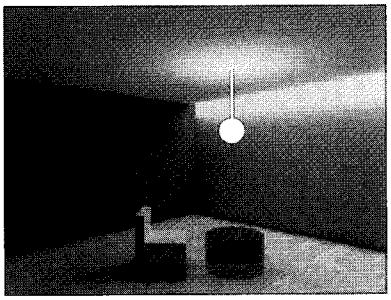
실험의 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 램버트 음영처리를 통한 실내공간은 벽면과 원형 테이블의 표면에서 면과 면이 만나는 경계부분의 밝기가 강조되는 매치밴드 현상이 나타남을 확인할 수 있었다. 또한 바닥 면에 설정된 마루의 질감이 표현 되지 않았다.

2) 구라우드 음영처리와 퐁 음영처리의 결과는 서로 유사한 결과를 나타내는데 퐁 음영처리를 적용한 결과물에서 곡면 부분의 하이라이트가 강조되는 것을 확인할 수 있었다. 이 2개의 음영처리기법은 공통적으로 바닥 재료의 표현이 자연스럽게 이루어지고 벽면과 가구집기의 표면이 부드러운 표면으로 나타나는 것을 알 수 있었다. 반면에 소파의 그림자와 원형테이블의 투명한 효과가 나타나지 않았다. 간접조명과 직접조명에 의한 공간 내에서의 빛의 효과는 확인되지 않았으며 각각의 대상물이 독자적인 표면의 색상과 재질을 표현하고 있었다. 이는 국부조명모델이 갖는 한계로서 대상물 상호간에 이루어지는 빛의 효과를 계산하지 못한 음영처리기법이라고 할 수 있었다.

3)광선추적기법을 이용한 실내공간의 빛의 표현은 빛의 방향성이 구체적으로 표현되었다. 그림자가 나타나고 벽면과 천정, 바닥 면에 직접조명에 의한 반사광과 방사광의 표현이 구체적이었다. 원형테이블의 투명한 효과가 사실적이며 바닥 면에 벽면과 의자의 반사효과가 나타났다. 반면에 간접조명에 의한 효과는 직접조명에 의한 효과와 동일하게 나타나고 있어 벽체의 표면에 의한 분산광의

표 4 5개의 음영처리기법 및 광선추적기법과 광속전달법의 혼용의 결과

램버트 음영처리	구라우드 음영처리	퐁 쉐이딩
		
광선추적기법	광속전달법	광선추적기법+광속전달법
		

효과가 나타나지 않았다. 이러한 이유로 소파의 측면 부분이 지나치게 어둡게 나타나고 벽면 상호간에 색의 번짐 현상(Bleeding)이 확인되지 않았다. 또한 그림자의 처리가 지나치게 선명하여 현실과 많은 차이를 보였다. 즉 물리적 세계에서는 거리제곱에 반비례 법칙과 램버트 코사인법칙이 적용되어 그림자의 윤곽이 대상물과 멀어질수록 희미해지는 현상과 비교해볼 때 지나치게 공식적(Formula)으로 만들어진 그림자라고 할 수 있었다. 조도의 예측에 있어서 광선추적기법은 부적절한 음영처리기법이라고 할 수 있는데, 이는 광원의 강도(광량) 설정이 HSV 변수 값의 조절에 의존한다는 사실에 기인하는 것으로서, 실세계의 조도측정의 기준이 되는 광원 각각의 광량이 적용되지 못하는 단점이 보였다.

4)실내공간에 광속전달법을 적용한 결과에서는 부드러운 그림자와 간접조명효과의 정확한 표현, 분산광을 이용한 대상물 상호간의 밝기가 표현되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 각 조명기구에 설정된 광속(Lumen) 값을 기초로 하여 현실과 유사한 빛 환경을 시뮬레이션 하고 있었다. 다만 원형 테이블의 투과 효과가 정확하지 않고, 바닥 면에 반사효과가 나타나지 않았다. 이는 광속전달법에 의한 음영처리의 한계점으로서 모든 표면을 빛의 발산체로 간주하는 알고리즘에 그 원인이 있다고 할 수 있었다.

이에 본 연구에서는 건축조명 성능분석 분야에 최근 제기되고 있는 광선추적기법과 광속전달법의 2가지를 함께 사용하는 음영처리기법[21]을 활용하여 시뮬레이션을 실행하였다. 이는 광선추적기법과 광속전달법 2가지가 상호 보완적인 장단점을 갖고 있기 때문에 각 방법의 문제를 해결하기위한 대안이라고 할 수 있다. 이 결과 간접조명과 직접조명에 의한 조명 효과가 현실에 근접하게 나타나고 있으며 반사와 굴절, 투과현상이 모두 표현됨을 확인할 수 있어 향후 실내공간에서의 조명효과 예측에는 이 방법을 대안하였다.

5. 결론 및 제언

오늘날 실내디자인의 다양한 영역에서 컴퓨터를 이용한 접근이 시도되고 있는데, 특히 실내공간에서의 조명예측의 효과적인 방법이 중요하게 대두되고 있다. 본 연구에서는 실내디자인에 있어서 조명효과의 예측에 적용 가능한 음영처리기법을 제시하기위하여 국부조명모델에서 3가지의 음영처리기법과 전반조명모델에서 2가지의 음영처리기법을 선택하여 주거공간을 가상한 컴퓨터상에서의 실험공간에 적용하는 실험을 시도하였다.

실험 결과, 국부조명 모델인 램버트 음영처리와 구라우드 음영처리기법, 퐁 음영처리기법은 독립된 대상물의 표면에서 빛의 효과를 나타내기 때문에 실내디자인에 적용하기에는 부적합한 것으로 나타났다. 또 광선추적기법은 실내디자인에 적용이 가능하나 결과가 부정확하였다. 광속전달법은 조명효과의 예측에서 우수한 음영처리기법으로 확인되었으나 광속전달법이 반사와 투과현상을 시

21) 홍승대, CG를 이용한 실내공간의 조명효과예측, 디자인학연구, 한국디자인학회

뮬레이션 하지 못하는 한계성이 있었다.

이에 실내공간에서의 정확한 조명효과의 시뮬레이션을 위해서는 광선추적기법과 광속전달법을 함께 사용하는 것이 유효한 것으로 나타났다. 특히 실내공간의 계획 단계에서 컴퓨터를 이용한 조명 효과의 예측은 완성단계에서 발생하는 거주자의 만족도를 높이는데 중요한 역할을 수행 할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. W. Mitchell, M. McCullough, 김인한, 김유진 역「디자인 정보론」, 기문당, 1997
2. 심정섭 외,「공간을 위한 색채이론」, 보성각, 1998
3. 김억 외,「건축설계전산론」, 기문당, 1999
3. 中島龍興, 近田玲子, 박필제 역,「조명디자인 입문」, 예경, 1999
4. Faber Birren, 박홍 역,「빛 · 색채 · 환경」, 기문당, 1994
5. M. David Egan, 박종호 역,「건축조명개론」, 기문당, 1997
6. 홍승대,「CG를 이용한 실내공간 조명연출효과의 예측」,디자인학연구, vol.14, no.1 , 2001.2
7. 최안섭, 실내조명계산에서의 Form Factor 계산 메카니즘의 효율성과 정확성에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 18권6호, 2002
8. 松永直美, サイバースペースの超建築, 日経BP社, 1998
9. Indoor and outdoor lighting '97/98, 오스람코리아
10. Alan Watt,「3D Computer Graphics」,Addison Wesley, 2000
11. Edward Allen,「How Buildings Work」, Oxford Univ. Press, 1980
12. Benjamin Stein, John S. Reynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, John Wiley & Sons, 2000