

# CG를 이용한 실내공간 조명연출효과의 예측

The Prediction of the Interior Luminous Effect using Computer Graphic Method

- 건축화 조명을 중심으로 -

홍 승 대 (Hong, Sungde)

동주대학 실내디자인과

이 논문은 2000년도 동주대학 교내학술연구비 지원에 의해 수행되었음.

## 1. 서론

- 1.1 연구의 배경 및 목적
- 1.2 연구 방법

## 2. 선호 경향 분석

- 2.1 조사대상자의 일반적 사항
- 2.2 주거 규모에 관한 선호 경향
- 2.3 아파트 선택 요인별 선호도 및 만족도
- 2.4 실내환경에 관한 관심도 및 만족도

## 3. 공간별 분석

- 3.1 거실
- 3.2 식당 및 주방
- 3.3 다용도실 및 서비스 공간
- 3.4 욕실

## 4. 결론

## 참고 문헌

## (要約)

과반수 이상의 국민이 살게 된 아파트 환경은 거주자의 요구 특성이 충분히 반영되지 못한 상황에서 물량공급적 측면만이 강조되어 왔다고 할 수 있다. 하지만 조만간 주택 보급률이 100%에 육박할 것으로 전망되고 전반적인 생활 수준의 향상과 함께 수요자의 다양한 거주 환경에 대한 욕구변화가 이루어지고 있다. 따라서 거주자의 욕구 특성을 파악하고 현 거주 환경에 대한 만족도 및 선호경향의 변화를 분석해 보는 것은 거주자의 주요요를 파악할 수 있는 지표로서 바람직한 주거환경 창조를 위한 필수 선행과제이다.

본 연구는 설문조사를 통해 아파트 거주자들을 중심으로 아파트 주거환경에 대한 만족도 및 선호도를 조사 분석함으로써 거주자 요구충족을 중심으로 한 아파트 공간계획의 방향을 제시하고자 한다.

## (abstract)

The purpose of this study is to investigate the relationships between apartment residents' satisfaction and preferences and their environments on purpose to provide useful data for developing new apartment environment based on resident's needs and wants. this research was executed through a questionnaire survey method.

The major findings are as follows :

- (1) Preference of large space of apartment dwelling is still prevailing. The older people have the tendency to prefer orientation to vista.
- (2) Among environmental factors of livingroom, size is mostly ranked higher than vista and orientation. Result of higher ranking of vista than orientation can be explained with the change of life cycle and patterns based on social environmental change and development of environmental control systems.
- (3) The highest concern about interior design is targeted to livingroom, and quality of finish materials is preferred at the highest.

## (Key words)

preference, satisfaction, environmental factors, wants, needs.

## 1. 서론

### 1-1. 연구의 배경 및 목적

조명은 공간에서 형태와 재질을 시각적으로 인식시키며 빛의 명암, 채도, 색상을 이용하여 대상 공간이 독특한 시각적 특성과 인상을 갖도록 한다. 즉, 현실공간의 모습을 수시로 변화시키는 환상 작용에 의해 복합공간을 형성하는 가변적 조형 기능을 갖는다. 이는 공간의 물리적 골격이 바뀌지 않는 상태에서 빛의 작용에 의해 허상적 상태가 유발되는 것을 말하는 것으로서 이 때문에 조명에 의해 형성되는 복합공간은 비현실적 가상공간의 한 종류로 분류되기도 한다.

이와 같은 조명의 다양한 시각적 특성을 예측하기 위한 방법적인 도구로서 3차원 그래픽 소프트웨어의 도입이 활발하게 이루어지고 있다. 이는 공간의 완성단계에서 발생할 수 있는 계획상의 오류를 방지하여 시간적, 경제적 손실을 감소시키는데 기여하고 다양한 연출효과를 계획단계에서 실험을 통하여 검증함으로써 실내공간의 시각환경의 질을 향상시키는데 그 효용성이 크다고 할 수 있다. 특히 실내디자인의 조명디자인 교육에서 3차원 그래픽 소프트웨어를 이용한 조명연출효과와 시뮬레이션은 공간의 색(色)과 재질감 등을 예측하기 위한 도구로서 그 활용의 중요성이 증대되고 있는 상황이다.<sup>1)</sup>

이러한 컴퓨터그래픽(이하 CG라 칭함)의 효율적인 활용을 위해서는 실세계의 광원과 CG에서 제공되는 광원에 관한 정확한 인식과 더불어 컴퓨터 상에서 오브젝트의 형상과 색을 구현하는 셰이딩 알고리즘(Shading Algorithm)에 관한 비교와 분석이 우선적으로 선행되어야 한다. 이에 본 연구에서는 실세계의 광원과 CG에서 제공되는 광원에 관한 이론적인 고찰을 통하여 그 차이점을 규명하고, 현재 CG에 적용되고 있는 셰이딩 알고리즘의 특성을 비교 분석하여 그 대안을 제시한다. 또한 현재의 CG 기술을 활용하여 조명연출효과를 예측하기 위한 프로세스를 제시하고, 이를 건축화 조명기법에 실험적으로 적용하여 대안을 검증하고자한다.

### 1-2. 연구의 방법 및 범위

본 연구는 이상과 같은 연구의 목적을 성취하기 위하여 다음과 같은 이론적 접근을 통하여 문제점을 분석하고 그 대안을 모색하고자한다.

1) 조명 계획에서 가장 중심이 되는 광원(光源)에 관한 내용을 실세계와 CG의 측면에서 고찰하여 그 특성을 비교, 분석한다. 특히 광원의 유형과 발광 원리를 중심으로 상호간의 차이점을 규명한다.

2) CG에서 빛이 물체의 표면에서 어떻게 반사되고 표면의 색을 어떻게 생성하는지에 관한 조명모델(Illumination Model)의 특성과 유형을 파악하고 이를 상호 비교하여 적용시의 문제점을 도출하고 문제해결을 위한 방안을 제시한다.

1) 안희영, 조명디자인 교육연구, 한국실내디자인학회지, 제17호, 1998.12  
신정진, 김동영, 실내, 건축 디자인 교육에서 조명설계과목의 교육내용 및 방법 개선에 관한 연구, 한국실내디자인학회지, 제20호, 1999.2

3) 실내공간의 조명은 조명방식, 배광형식, 설치형태, 건축화조명 등에 따라 그 유형이 대별되며 현대 실내디자인의 대부분의 조명 연출은 간접조명과 직접조명방식의 혼합이 주류를 이루고 있다.

이에 본 연구는 실내조명계획에서 적용되는 여러 가지 조명의 유형 중에 가장 보편화되어 있고 간접조명방식과 직접조명방식이 혼합되어있는 건축화조명의 내용을 고찰하고 이를 대상으로 하여 CG를 이용한 시뮬레이션을 실시하여 그 활용의 타당성을 검증한다.

### 1-3. 연구의 제한점

본 연구에서 채택한 시뮬레이션 방법은 공간을 구성하고 있는 재질의 반사율(Reflectance)과 광원의 손실률(LLF) 및 배광 데이터(Distribution Curve) 등이 모두 고려된 실험이 아닌바, 실내공간의 기능적인 조도 예측의 방법으로 적용하는데는 한계를 갖는다.

## 2. 광원(光源)의 유형

### 2-1. 실세계(real-world)의 광원

실내공간의 조명계획에 있어서 고려되는 광원은 크게 자연광(Day Light)과 인공광(Artificial Light)으로 대별할 수 있다. 그 중 전기 에너지를 이용하는 인공광원은 발광의 원리에 따라 다음과 같이 3가지 유형으로 구분된다.<sup>2)</sup>

#### 1) 백열등(Incandescent Lamp)

백열등은 전류가 필라멘트를 가열하여 백열현상(Incandescence)이 발생될 때 빛을 발하게 된다. 일반적으로 램프의 효율이 낮고 고 휘도이기 때문에 국부조명이나 연출조명으로 사용되며 점형(Point Light)의 빛을 형성한다.

• 램프의 유형 : 크립톤 램프, 할로젠 램프, 텅스텐 램프

#### 2) 방전등(Fluorescent Lamp)

방전등은 양쪽에 있는 음극관(Cathodes)에서 전자를 방출하여 관 내에 분포되어있는 형광물질을 활성화시켜 빛을 발생시키게 된다. 광원 자체의 효율성이 우수하여 높은 조도를 요구하는 사무공간과 상업공간의 전반 조명에 사용되며 천장면이나 벽면에 매입하여 선형(Linear Light) 또는 면형(Area Light)의 빛을 형성한다.

• 램프의 유형 : 형광램프

#### 3) HID(High Intensity Discharge Lamps)

고압방전전구는 고압의 전자 아크가 가스증기를 통과함으로써 빛을 발생시키는 원리이다. 일반적으로 연색성과 램프 효율이 낮은 관계로 실내용 조명보다는 옥외용 조명으로 주로 사용된다.

• 램프의 유형 : 고압 수은램프, 고압 나트륨램프, 메탈할라이드 램프

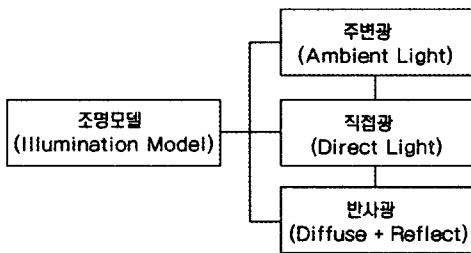
2) 기타의 광원으로는 표시용과 장식 조명용으로 사용되는 발광 다이오드(LED), 시트(sheet)형의 일렉트로 루미네센스(EL-Electro Luminescence), 전극이 없이 고 주파에 의해 점등하는 무전극 램프 등이 있다.

## 2-2. CG의 광원

일반적으로 CG에서의 광원은 주변광(Ambient Light)과 직접광(Direct Light)으로 대별된다. 주변광은 3차원 공간내의 모든 오브젝트를 모든 방향에서 같은 밝기로 조명한다. 또한 이는 이미지 전체의 조도를 결정하는 빛으로서 하이라이트나 그림자를 생성하지 않는 카메라의 필터와 같은 역할을 하는 가상광원이라고 할 수 있다.<sup>3)</sup> 반면 직접광은 주변광과 완전히 다른 특성을 갖는다. 직접광은 특정한 위치와 방향에서 조명하며 광원의 조사(照射) 경로상에 위치하는 오브젝트만을 조명한다. 즉 나머지 오브젝트는 광원의 영향을 받지 않는다. 또한 물체와의 방향과 거리에 따라 그림자와 하이라이트를 다르게 생성한다.

빛의 효과는 3차원 오브젝트의 표면 재질에 따라 변화하는데 금속은 확산보다는 반사효과가 뛰어나고 천의 질감은 반사보다는 확산의 효과가 탁월하다. 즉 반사광이 형성된다. 이러한 반사광원은 스스로 광원의 역할을 하지 못하는 광원으로서 직접광원이 물체의 표면과 교차하였을 때 생기는 광원이다.

이와 같은 CG의 빛의 특성을 통하여 다음과 같은 3차원 공간의 기본적인 조명 모델을 구성할 수 있다.



[그림 1] CG의 조명모델

여기서 직접광은 다시 Point Source와 Extended Source로 구분된다. Point Source는 광원의 크기를 규정하기 어려우며 자동차의 헤드라이트, 태양광, 별빛 등을 설명한다. Extended Source는 형광등이나 창문광 등과 같은 선이나 면의 형상을 띤 광원을 표현하고 광원의 크기가 규정된다.<표 1>

이러한 직접광원을 정의하기 위해 컴퓨터 그래픽에서는 광선(Ray)의 개념이 사용된다. Ray는 매우 작고 가느다란 선으로서 3차원 공간 내에서 존재하는 물리적인 선으로 가정한다. 이는 방향(Direction)과 위치(Position)와 크기(Magnitude)를 갖는 벡터로 규정되며 2개의 좌표(Line)나 1개의 좌표(Point)로 구성된다.<sup>4)</sup>

## 2-3. 실세계와 CG의 비교

### 1) 광원의 유형 측면

실세계에서는 광원(Lamp)과 광원을 부착하는 기구의 결합에 의하여 조명기구(Lighting Equipment)로서 사용된다. 이들 조명기구는 부착이나 매입과 같은 방법을 통하여 사용되며, 건축화조명과 같은 간접조명에서는 벽면이나 천장면 등에 광원이 직접 부착된다.

3) 김익 외, 건축설계전산론, 기문당, p.178, (1999)

4) Alan Watt, 「3D Computer Graphics」, Addison-Wesley, p.17,(2000)

따라서 일반적으로 조명기구라고 지칭하는 것은 반사기와 광원이 결합되어 있는 것으로서 순수한 광원만을 지칭하는 것이 아닌 것이다. 반면 CG에서는 광원은 제공되나 광원에 부착되는 물리적 특성과 형태를 갖는 반사기는 제공되지 않는다.

CG상의 Spotlight는 방향성이 있는 빛을 만들기 위한 Cone이 제공되나 이는 실세계의 반사기와는 구분된다. 이는 방향성을 갖는 광원이라는 의미를 갖는 가상의 오브젝트이지 최종 렌더링 후에 스크린 상에 표현되는 화면 구성요소가 아닌 것이다. 따라서 실제 실내공간에서는 조명기구가 하나의 시각요소로서 나타나는 반면에 CG에서는 동일한 공간을 조명기구가 표현되지 않은 상태에서도 유사한 표현이 가능하다. 즉 실세계에서는 조명기구와 빛을 분리할 수 없지만 CG에서는 조명기구와 빛은 분리되어 서로 다른 요소로 간주된다.

유형	특성	적용
Omni Light	Point Light는 가장 기본적인 광원으로서 실세계의 백열등(점광)과 유사한 표현 효과를 갖는다. 광원의 물리적 크기가 없으며, 위치(coordinate)와 색(Color)이 변수(Parameter)로 작용한다.	
Point Source Spot Light	방향성이 있으며 광선이 각도를 이루며 분산된다. 또한 광원이 원뿔(Cone)의 형태로 되어 있어 광원의 효과가 오브젝트 표면과의 거리에 따라 변화한다.	
Directional Light	방향성이 있으며 광선의 분산 각도가 평행하다. 일반적으로 외부 공간의 장면연출에서 태양광(Day Light)으로서 사용된다.	
Extended Source Area Light	Area Light는 다수의 Point Light를 규정된 영역 내에 배열한 것이다.(일반적으로 3x3, 5x5) Point Light와 달리 렌더링에 소요되는 시간이 길며, 부드러운 그림자를 생성한다.	

[표 1] 직접광원의 유형

### 2) 발광원리 측면

실세계의 인공광원은 전기에너지를 빛과 열로 변환시키는 매개체가 존재하는 반면 CG에서는 이러한 실세계의 에너지 변환과정이 생략되고, 에너지의 분산이 3차원 좌표상의 하나의 점(Point)으로 가정되며 그 강도를 색으로 규정한다.<sup>5)</sup> 이는 실세계의 재현이 컴

퓨터 모니터 상에서 2차원적 결과물로서만 이루지는 CG의 기술적 특성이라고 할 수 있다.

이와 같이 CG에서의 광원이 좌표계 상의 하나의 점(Point)으로 가정하고 있기 때문에 광원 자체가 불륨을 갖는 경우에는 표현에 있어 제한을 받는다. 특히 형광등에 있어서 관 자체의 형태는 램프의 전기 에너지가 빛에너지로 변환되는 효율에 영향을 미친다. 따라서 램프의 관경(Diameter)과 램프의 길이가 증가하면 효율성도 함께 증가한다. 그러나 CG에 있어서는 이러한 실제계의 물리적 법칙에서 자유로우며 다양한 표현이 가능하다.

### 3. 조명 모델(Illumination model)

컴퓨터 그래픽을 이용하여 실내공간의 조명효과를 예측하기 위해서는 공간 내부의 물체와 빛과의 상호작용을 적절히 표현해야 한다. 이러한 빛의 연출 효과는 조명모델을 적용함으로써 표현이 가능하게 된다. 이를 위해 컴퓨터그래픽에서는 조명모델이라고 하는 이론적 모델을 설정하고 빛이 물체의 표면에서 어떻게 반사(Reflect)되고 표면의 색을 어떻게 생성하는지에 관한 내용을 설명한다. 조명모델은 일반적으로 국부조명(Local Illumination)과 대역조명(Global Illumination)으로 대별되며 그 특성은 다음과 같다.

#### 3-1. 국부조명(Local Illumination)

국부조명의 알고리즘은 광원으로부터 직접 발산된 빛과 표면으로부터 반사된 빛만을 고려한 조명모델이다. 이는 개별적인 표면반사와 빛의 전달만을 설명한다. 따라서 특정 표면의 음영처리는 다른 표면의 음영과 분리되어 계산된다.

#### 3-2. 대역조명(Global Illumination)

실내공간에서의 조명연출 효과의 예측을 위해서는 광원 자체의 특성뿐만 아니라 공간내의 모든 오브젝트 표면(Surface)과 빛의 상호작용을 분석하는 것이 중요하다. 예를 들어 어떤 물체가 빛을 가리고 있다면 다른 표면에 그림자가 생성된다. 또한 어떤 물체의 표면이 투명하다면 그 물체를 통해서 다른 물체를 볼 수 있다. 때로는 어떤 표면은 다른 표면을 향해서 빛을 반사한다. 즉 대역조명 모델은 환경 내에 존재하는 물체들의 난반사도나 불투명도와 같은 특성까지도 고려하여 빛의 밝기를 결정하기 때문에 빛의 확산이나 상호반사에 의한 효과를 표현할 수 있다  
이와 같은 대역조명 알고리즘은 광선추적(Ray tracing)기법과 래디오시티(Radiosity)기법으로 대별된다.<sup>5)</sup>

##### 3-2-1. 광선 추적기법 (Ray Tracing)

광선추적기법은 수많은 빛의 입자(Photon)가 공간을 움직이는 것으로 가정하고 우리가 특별히 관심을 갖는 것에 대하여 우리 눈에 들어오는 것으로 가정한다. 이 알고리즘은 스크린 상의 각각의 픽셀에서 3차원 모델 쪽을 향하여 뒤쪽으로 빛을 추적하는 것에

5) CG에 있어서 광원의 구성요소에는 색(Color), 감광 효과(Attenuation), 방향(Direction)의 3가지이며 그중 광원의 강도는 색과 관계된다. 즉 RGB 또는 HSV 값으로 규정된다.

6) Alan Watt, Ibid, p.275~276

의하여 작동한다. 따라서 이미지를 생성하는데 필요한 화면 정보만을 계산한다. 이와 같은 광선추적기법을 이용하여 이미지를 생성하기 위해서는 <표 2>과 같은 과정이 수행되어야 한다.

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 결정해야 한다. 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.

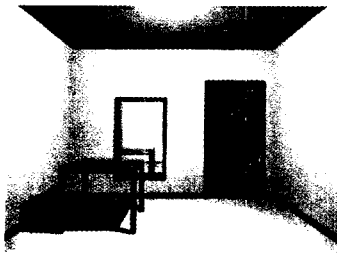
[표 2] 광선추적기법의 과정

광선 추적기법은 다양한 조명효과를 생성하는 알고리즘이라고 할 수 있다. 직접조명(Direct Illumination), 그림자(Shadow), 경면반사(Specular Reflection) 그리고 투명한 물체를 이용한 굴절(Refraction) 등과 같은 대역조명의 특성을 정확하게 표현한다. 광선추적기법의 단점은 처리속도가 느리고 고가의 장비가 요구된다는 것이다. 또한 대역조명의 가장 중요한 특성중의 하나인 분산상호반사(Diffuse Interreflection)를 표현하지 못한다는 것이다.

이와 같은 광선추적기법의 단점은 <그림 2>에서 나타난 것처럼 테이블의 아래부분과 천장면이 어두운 회색으로 표현된다는 것이다. 이는 테이블 아래 부분과 천장면이 광원으로부터 직접조명을 받지 못하고, 주변의 벽면이나 바닥면으로부터 반사되는 빛을 흡수하지 못하기 때문이다. 이러한 현상은 실제세계의 관찰에서 알 수 있듯이 어두운 회색으로 보이지 않는다. 이는 실제 물리적인 세계에서와 같이 광원에서 발산되어 표면에 도착하는 빛(직접광)은 표현이 가능하나 다른 표면에서 반사되거나 투과된 빛(반사광)의 표현은 불가능하다는 것이다.

광선추적기법에서는 이와 같은 현상을 해결하기 위해 주변조명을 사용한다. 이는 물리적 세계와는 관련이 없는 간접조명을 장면에 추가하는 것이다.<sup>7)</sup> 이러한 사실은 대부분의 재료가 분산면(Diffuse Surface-석회, 나무, 벽돌)으로 이루어진 실내공간을 표현할 경우에는 불리하게 작용한다.

7) www.lightscape.com/overview/

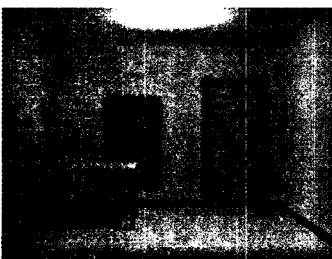


[그림 2] 광선추적기법의 사례

### 3-2-2. 래디오시티(Radiosity)

래디오시티는 Goral(1984)과 Nishita, Nakamae(1985)에 의해 폐쇄된 환경에서의 열전달 개념을 기반으로 조명의 영향을 시뮬레이션 하는 연구로 시작되었다. 이러한 래디오시티 기법은 원리 측면에서 근본적으로 광선추적기법과 차별화 된다. 래디오시티 기법은 스크린 상의 각각의 픽셀의 색을 결정한다기보다는 공간 내에서 이산점(Discrete Point)의 강도를 계산하는데 중점을 둔다. 이를 위해 래디오시티 기법은 오브젝트 본래의 표면을 엘리먼트(Element)라고 하는 작은 표면으로 이루어진 메쉬(Mesh)로 분할한다. 즉 래디오시티의 과정은 각각의 메쉬 엘리먼트로부터 다른 모든 메쉬 엘리먼트에 분산되는 빛의 양을 계산하고 메쉬에 포함된 각 엘리먼트의 최종 래디오시티 값을 저장하는 것이다. 빛의 분산치가 계산되고 나면 카메라의 움직임에 따라 특정 공간의 뷰가 빠른 속도로 스크린에 디스플레이 된다. 이는 전체공간에 대한 빛의 분산이 이미 계산되었기 때문에 카메라 뷰의 변화에 따라 변하는 각각의 장면에 대한 빛의 분산을 다시 계산할 필요가 없기 때문이다. 래디오시티의 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.



[그림 3] 래디오시티의 사례

이러한 래디오시티의 알고리즘은 <표 3>와 같은 순서를 통하여 결과물을 생성한다.

### 3-2-3. 광선추적기법과 래디오시티의 비교

래디오시티와 광선추적기법은 매우 상이한 알고리즘이지만 많은 점에서 상호보완적이라고 할 수 있다. 즉 2개의 알고리즘이 상대적인 장점과 단점을 갖고있다.

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.

[표 3] 래디오시티의 과정

<표 4>에 나타난 것처럼 광선추적기법이나 래디오시티 모두 대역 조명효과를 완벽하게 표현하는 것은 불가능하다. 즉 래디오시티는 분산상호반사가 우수하고, 광선추적기법은 경면반사효과를 표현하는데 적합하다. 따라서 실내공간의 대역조명효과를 효과적으로 표현하기 위해서는 2개의 알고리즘의 장점을 취하여 통합하여 활용하는 것이 사실적인 조명연출효과 예측을 가능하게 한다.

	광선추적기법	래디오시티
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>직접조명(Direct Illumination), 그림자, 경면반사, 투과효과가 우수</li> <li>메모리의 활용이 효율적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>결과물 생성에 소요되는 시간이 짧다. (계산시간이 광원의 수에 영향을 받지 않는다)</li> <li>독립적 뷰</li> <li>분산상호반사가 가능</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>결과물 생성에 소요되는 시간이 길다. (계산시간이 광원의 수에 영향을 받는다)</li> <li>종속적 뷰</li> <li>분산상호반사가 불가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>메모리의 활용이 비효율적이다. (본래의 오브젝트가 가진 메쉬를 세 부적으로 분할하는 방식을 취하기 때문에 메모리의 요구량이 크다.</li> <li>경면반사와 투과효과 표현이 불가능하다.</li> </ul>

[표 4] 광선추적기법과 래디오시티의 비교

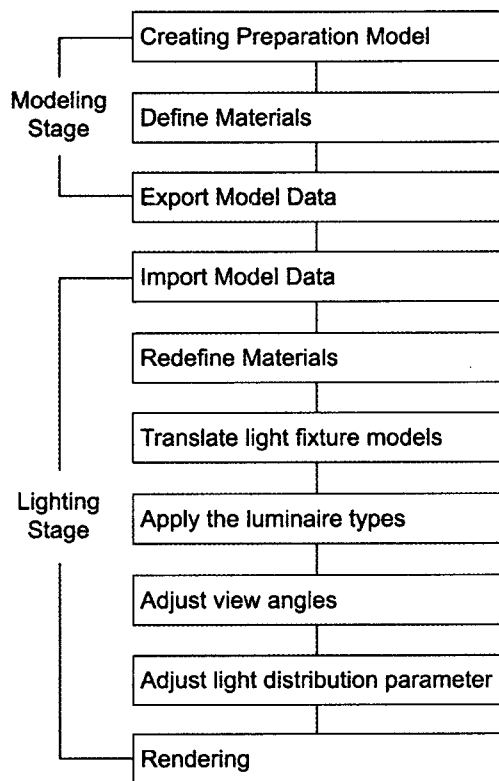
## 4. CG를 이용한 조명 시뮬레이션 과정

범용 컴퓨터 그래픽 소프트웨어를 활용한 실내공간의 조명 시뮬레이션 과정은 모델링과 라이팅의 2단계로 구분할 수 있으며 이를 정리하면 <그림 4>와 같다.

모델링 단계에서는 모델링 소프트웨어를 이용하여 시뮬레이션의 대상이 되는 공간의 형상과 광원을 구체화시키고 벽면, 천장면, 바닥면에 해당하는 재질과 색(마감재)을 규정한다. 이렇게 완성된 모델 데이터는 라이팅 소프트웨어와 호환 가능한 데이터 포맷으로 변환한 후 저장된다.

라이팅 단계는 완성된 3차원 모델과 광원과의 상호작용에 의해 재질감과 색이 부여되고 빛의 연출을 통한 공간 특성이 확인되는 단계이다. 이 단계에서는 우선적으로 모델링 단계에서 완성된 3차원 데이터를 라이팅 소프트웨어에 적합하도록 변환하는 과정이

선행된다. 즉 모델링 소프트웨어에서 규정된 공간의 규모와 재질 그리고 광원에 관한 내용이 재규정된다. 특히 모델링 단계에서 형성된 광원의 형상에 실제세계에서 사용되는 인공광원의 특성을 부여하여 빛의 연출 효과를 실제세계와 유사하도록 유도한다. 최종 단계에서는 요구되는 시각적 결과물의 뷰와 각 광원의 분산 특성을 결정하고 렌더링을 실시한다.



[그림 4] 조명 시뮬레이션 과정

## 5. 시뮬레이션

본 연구에서는 이상에서 고찰한 대역조명모델의 알고리즘과 조명 시뮬레이션 프로세스를 기초로 하여 실내공간의 조명 연출 수법으로 널리 활용되는 건축화 조명기법을 대상으로 실내조명계획의 적용 가능성을 검증하고자 한다.

### 5-1. 실험대상의 개요

#### 5-1-1. 건축화 조명

건축화조명(建築化照明)은 건축 공간과 일체화되는, 또는 건축공간의 일부가 광원화(光源化)되어 장식뿐만 아니라 공간의 중요한 일부가 되는 조명(간접조명)을 말한다.<sup>8)</sup>

본 연구에서는 실내디자인 분야에서 조명연출수법으로 그 활용도가 높은 건축화조명 기법을 대상으로 시뮬레이션을 시도하고자 한다.<sup>9)</sup>

8) 강도열, 이준웅, 「Interior를 위한 電氣와 照明」, 동일출판사, p.137, (1995)

건축화 조명방식은 광원의 부착면 위치에 따라 천장면 건축화 조명, 벽면건축화조명, 건축화 조명방식의 조합으로 대별되며 이를 유형별로 고찰하면 다음과 같다.

#### 1)Cove Lighting(CV)

코브 조명은 전반적인 확산광을 천장면에 부여하기 위해 사용된다. 밝아진 천장면은 실제보다 높아 보이는 효과를 연출하며, 내실자에게 폭넓은 공간감과 방향성을 제공한다. 또한 천장으로부터의 반사광은 실내의 직접광원으로부터 생성되는 강한 빛의 얼룩을 완화시킬 수 있다.

#### 2)Cornice Lighting(CR)

벽면의 상부에 위치하여 모든 빛이 하향 직사하도록 연출하는 조명방식이다. 벽면 부착물(액자, 벽화)이나 표면 자체에 시각적인 흥미를 유발한다. 또한 천장고가 낮은 실내에 사용하여 시각적으로 천장고를 높게 인식하도록 한다.

#### 3)Valance Lighting(VL)

밸런스 조명은 창이나 벽의 커튼(Valance) 상부에 설치된 조명으로서 상향일 경우 천장에 반사하는 간접조명으로 전체 조명의 역할을 하며, 하향일 경우 벽면이나 커튼을 강조하는 역할을 한다.

#### 4)Troffer Lighting(TF)

일반적으로 사무공간의 조명에 주로 사용되며 천장이 이중으로 되어 그 사이공간에 형광등기구를 매입시키는 방식이다. 확산투과 재료를 부착시키는 확산형과 형광등을 노출시키는 개방형으로 분류한다.

#### 5)Luminous Ceiling(LC)

광천장(Luminous Ceiling)은 확산투과재료(아크릴, 루비)를 사용하여 천장의 전체면을 발광할 수 있게 조명하는 방식이며, 낮은 조도(250fL 이하)의 고른 확산광을 천장에 부여한다. 일반적으로 광천장은 시각적으로 단조롭게 보이기 쉬우며 조명 자체의 입체적 효과도 떨어진다.

#### 6)Luminous Window(LW)

인공창 벽면조명은 지하실이나 창(窓)이 없는 실내에 인공적으로 만든 창의 후면에 형광등을 배치하여 조명하는 방식이다. 이 조명 방식은 디스플레이를 목적으로 하는 쇼룸이나 전시공간에 주로 적용되는 방식이다.

#### 7)Canopy Lighting(CP)

캐노피 조명은 사용자의 얼굴에 적당한 조도를 분배하기 위해 벽면이나 천장면의 일부가 돌출하여 강한 조명을 아래로 비춘다. 주로 카운터의 상부 등에 설치한다.

9) 이는 직접조명에 의한 조명의 예측은 물리적인 조도 계산에 의해 그 예측이 가능한 반면, 간접조명 방식이 주를 이루고있는 건축화조명수법은 그 연출효과와 조도의 예측에 있어서 정확성을 기하기 어렵기 때문이다.

분류코드	단면	적용(투시도)
CV		
CR		
VL		
TF		
LC		
LW		
CP		

[표 5] 건축화조명의 유형

### 5-1-2. 대상공간의 설정

#### 1) 규모

천장고 2700mm, 바닥면의 가로 길이 3600mm, 세로 길이 4800mm인 17.28m<sup>2</sup>의 면적을 갖는 공간으로 설정하였다.<sup>10)</sup>

#### 2) 표면의 재질

벽면과 천장면의 재질은 빛의 분산 효과의 측정을 위해 무광 백색 도장으로 마감된 표면으로 설정하였으며, 바닥면은 패턴이 없는 적색 카펫 표면이다.

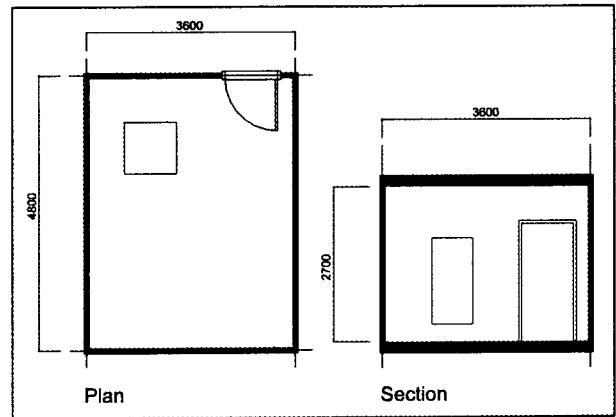
10) 이는 본 연구에서 인공광원으로 채택한 직관 형광 램프의 길이를 기준으로 하여 가로 3개, 세로 4개를 배열하는 것으로 가정한 것에 기인한다.

#### 3) 개구부

인공광원에 의한 빛의 연출 효과를 예측하기 위해 자연광의 유입을 배제한 외부 창이 없는 공간으로 설정한다.

#### 4) 집기류

빛의 투과 효과와 오브젝트에 의한 그림자를 확인하기 위해 투명한 유리재질을 갖는 테이블을 배치하고, 빛의 반사효과를 확인하기 위해 벽면에 거울을 부착하였다.



[그림 5] 대상공간의 규모

### 5-1-3. 적용 광원의 조건

본 연구의 시뮬레이션에서는 건축화 조명방식에 의한 빛의 연출 효과의 예측을 극대화하기 위하여 천장에 매입되거나 벽면에 부착하는 직접광원은 배제하였다. 또한 건축화조명을 위한 광원으로서는 일반적으로 사용되는 직관 형광 램프를 광원으로 채택하였으며 세부 규격은 다음과 같다.

램프전력(W)	광색	광속(Lm)	관경(mm)	길이(mm)
40	주광색	2800	32	1198

[표 6] 적용 광원의 규격

각 시뮬레이션 대상 공간에 부여되는 광속을 동일하게 유지하기 위하여 광원의 수는 8개로 제한하였으며, 8개의 직관형 형광등을 이용하여 7개의 유형을 구성하였다.<sup>11)</sup>

### 5-2. 시뮬레이션 환경(Hardware/Software)

본 연구에서 조명연출 시뮬레이션을 위해 채택한 하드웨어 및 소프트웨어 환경은 다음과 같다.

11) 총광속 : 22,400 Lm



구분	Spec.
Software	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OS : Windows NT</li> <li>• Drawing : AutoCAD</li> <li>• Modeling : 3D Studio Max</li> <li>• Rendering : Lightscape</li> </ul>
Hardware	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CPU : Pentium III 733Mhz</li> <li>• Memory : 256 M</li> <li>• VGA : Matrox G400/ 32M</li> </ul>

[표 7] 시뮬레이션 환경

### 5-3. 시뮬레이션의 결과 및 분석

본 연구의 시뮬레이션 결과는 <표 8>과 같으며 광선추적기법과 래디오시티의 장점인 그림자 효과, 빛의 투과, 반사효과, 분산상호 반사 특성이 모두 표현됨을 확인할 수 있다. 또한 동일한 실험조건하에서 각 조명방식에 따라 공간의 이미지가 차별화 됨을 확인할 수 있다.

LW와 LC의 시뮬레이션 결과에서는 동일한 디자인의 건축화 조명이 적용되었음에도 그 부착 위치에 따라 공간에 대한 인상이 상이함을 알 수 있다. 특히 LW에서는 천장면과 바닥면에 집중된 워싱(Washing) 효과로 인하여 외부 창을 통하여 빛이 유입되는 것 같은 효과가 나타난다. 또한 CV와 CR과 같이 분산면이 광원의 부착 위치와 근접하고 있는 경우에는 천장면과 벽면을 이용한 효과적인 빛의 분산이 가능하여 다른 5개의 대상보다 공간적 확장감이 강조된다.

TF와 LC는 광원의 위치가 천장면에 부착되어있어 시뮬레이션 결과가 유사함을 알 수 있다. 그러나 천장면에서 돌출 되어 부착된 CP에서는 TF와 LC에 비해 어둡게 표현된다. 즉, 동일한 조건하에서는 광원의 부착 위치가 공간의 인상을 결정함을 알 수 있다. 이와 반면, VL과 CR은 동일한 위치에 광원이 부착되어 있음에도 그 분산면의 재질 특성에 따라 전체공간의 이미지가 상이하게 나타남을 확인할 수 있다.

TF, LC, LW, CP와 같이 면광의 특성을 갖는 실험대상을 실세계의 결과물<표 5>과 비교해 보면, 실험의 결과 나타난 빛의 투과면이 백색의 표면으로만 표현되어 평면적으로 인식되는 결과가 나타난다. 이는 실세계에서는 투과면의 후면에 부착된 광원의 효율과 투과면의 재질, 투과 속성에 따라 불균등한 빛의 투과가 이루어지는 반면, CG에서는 빛의 투과면 자체를 광원으로 인식하고 모든 표면에서 균등한 빛의 분산이 이루어진다는 가정을 전제로 표현하는데 기인한다고 할 수 있다.

### 6. 결론

본 연구에서는 실내공간의 조명 계획에 있어서 CG의 활용을 위한 기초적인 접근으로서 CG의 광원과 실세계의 광원을 비교하고 CG의 조명모델의 특성과 유형을 파악하였다. 그리고 이를 기초로 CG를 이용한 조명시뮬레이션 프로세스를 설정하고 건축화조명기법을 대상으로 시뮬레이션을 실시하였다. 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) CG에서 기본적으로 제공되는 대부분의 광원은 실세계의 광원과 달리 에너지의 분산을 3차원 좌표상의 하나의 점(Point)으로 가정하고 그 강도를 색으로 규정함으로써 실내공간에 사용되는 인공광원과 발광의 원리에서 차이점이 있다. 또한 실세계와 달리 CG에서의 광원은 조명기구와 광원이 분리되어 표현된다. 즉 조명기구가 표현되지 않은 상태에서도 실내공간의 재현이 가능하다는 것이다. 따라서 실세계의 물리적 법칙에서 자유로운 CG의 특성을 이용하여 다양한 가상공간의 연출이 가능하게된다. 그러나 실제 실내공간에 대한 조명 연출효과의 정확한 예측을 위해서는 인공광원의 물리적 속성과 공간 요소의 재질 특성을 기반으로 한 시뮬레이션이 이루어져야 한다.

2) 알고리즘 특성상 광선추적기법이나 래디오시티 모두 대역조명 효과를 완벽하게 표현하는 것은 불가능하다. 즉 래디오시티는 분산상호반사가 우수하고, 광선추적기법은 경면반사효과를 표현하는데 적합하다. 따라서 실내공간의 조명효과를 효과적으로 표현하기 위해서는 2개의 알고리즘의 장점을 취하여 통합하여 활용하는 것이 사실적인 예측을 가능하게 한다.

3) CG를 활용한 실내공간의 조명 시뮬레이션 과정은 모델링과 라이팅의 2단계로 구분할 수 있으며, 각 단계별로 적절한 소프트웨어의 활용이 요구된다.








이상의 연구 결과에서 나타난 바와 같이 실내공간의 조명연출계획에 있어서 CG를 효율적으로 활용하기 위해서는 실세계와 CG의 물리적 속성에 관한 이해가 선행되어야 하며, 이를 정확하게 표현하기 위한 시뮬레이션 시스템의 개발에 관한 연구가 요구된다고 할 수 있다.

**참고문헌**

- William J. Mitchell, Malcolm McCullough, 김인한, 김유진 역  
「디자인 정보론」, 기문당, 1997
- 심정섭 외, 「공간을 위한 색채이론」, 보성각, 1998
- 김억 외, 「건축설계전산론」, 기문당, 1999
- 中島龍興, 近田玲子, 박필제 역, 「조명디자인 입문」, 예경, 1999
- Faber Birren, 박홍 역, 「빛·색채·환경」, 기문당, 1994
- 김중근, 「실내디자인총론」, 기문당, 1994
- M. David Egan, 박종호 역 「건축조명개론」, 기문당, 1997
- 안희영, 「조명디자인 교육연구」, 한국실내디자인학회지, 제17호 1998.12
- 신정진, 김동영 「실내, 건축 디자인 교육에서 조명설계과목의 교육내용 및 방법 개선에 관한 연구」, 한국실내디자인학회지, 제 20호, 1999.2
- 「Indoor and outdoor lighting '97/98」, 오스람코리아
- Alan Watt, 「3D Computer Graphics」, Addison Wesley, 2000
- Edward Allen, 「How Buildings Work」, Oxford Univ. Press, 1980
- Philip Dutré, 「Global Illumination Compendium」, Cornell Univ., 2000

**참고 웹사이트**

- <http://www.Lightscape.com>
- <http://www-graphics.stanford.edu>
- <http://graphics.lcs.mit.edu>
- <http://mgl.kyungpook.ac.kr>
- <http://www.asus.com.tw>
- <http://www.lightcamp.com>
- <http://www.education.siggraph.org>
- <http://www.uwp.edu>

분류코드	시뮬레이션 결과
CV	
CR	
VL	
TF	
LC	
LW	
CP	

[표 8] 시뮬레이션의 결과