

# CAID 시스템의 디지털 라이팅을 위한 증강 현실 기반의 실제적 인터페이스에 관한 연구

Augmented Reality Based Tangible Interface For Digital Lighting of CAID System

황정아, Jung-ah Hwang\*, 남택진, Tek-jin Nam\*\*

\*한국과학기술원 산업디자인학과, \*\*한국과학기술원 산업디자인학과

**요약** 컴퓨터의 발전으로 이를 이용해 제품을 디자인하는 CAI가 발전하게 되었다. 산업 디자이너들은 CAID 도구를 사용하여 3차원 장면을 시각화하기 위하여 이를 2차원 이미지로 만드는 렌더링 기능을 수행한다. 렌더링 기능은 디자이너들이 자신이 디자인 제품의 재질, 조명, 카메라 등을 시뮬레이션 해 볼 수 있게 하여 중요한 기능으로 활용되고 있다. 하지만 현재의 컴퓨터 입출력 시스템을 활용하여 CAID 도구의 광원과 카메라 등의 3차원 위치와 속성을 조작하는 데에 인터페이스 상의 문제가 발생한다.

본 논문에서는 증강현실과 실제적 인터페이스를 활용한 가상의 라이트 조작 공간인 TLS(Tangible Lighting Studio)를 제안한다. 이는 광원과 카메라의 위치, 효과를 물리적으로 조작할 수 있는 유닛들로 구성되어 있다. 그리고 가상의 모델을 실제와 같이 보이게 하기 위한 입체 디스플레이 방식을 제안한다. 새로운 실제적 인터페이스를 제안함으로써 산업디자인 분야뿐 아니라 건축, 원화, 사진 촬영 등의 분야에서 시뮬레이션 도구로 적용할 수 있으리라 기대된다.

**핵심어:** 3D CAID, Digital Lighting, Tangible Interaction, AR

## 1. 서론

### 1.1 연구 배경

HCI(Human Computer Interaction)분야에서는 데스크톱 기반의 GUI(Graphical User Interface)의 한계점을 극복하기 위해 TUI(Tangible User Interface)가 제안된 바 있다. 그리고 디지털 정보 표현 방식으로 사이버공간의 정보들을 표현하고 이와 상호작용하게 하는 가상현실(Virtual Reality), 가상의 정보와 현실의 정보를 동시에 볼 수 있게 하는 증강현실(Augmented Reality)이 연구되고 있다[1] TUI는 가상현실이나 증강현실과 함께 사용될 경우 표현과 조작을 일체화하여 보다 직관적인 인터페이스로 가능성을 보여주고 있다. 그래서 복잡한 3차원 공간상의 정보를 다루는 건축, 디자인이나 시뮬레이션이 필요한 과학, 의학 등의 분야에서 널리 연구되고 있다[2,3,4].

산업디자인 분야에도 TUI를 활용한 연구들이 진행되고 있다. 현재의 디자이너들은 다양한 CAID(Computer Aided Industrial Design) 도구를 필수적인 도구로 사용하고 있어, TUI는 디자이너들이 이런 CAID툴을 통해 자신의 아이디어를 스케치, 모델링 하여 형태를 디자인하고 결과물을 렌더링 하는 작업을 돕는다. 이 중 렌더링 기능은 CAID 도구를 이

용한 디자인 작업이 공학기반의 CAD(Computer Aided Design) 시스템을 활용한 작업과 차별화되는 특징으로는 디자인 컨셉을 사실적으로 시각화 하는 작업이다. 일반적으로 렌더링 작업은 가상의 3차원 모델을 만든 후에 재질을 설정하고 광원과 그림자의 효과, 배경, 카메라의 뷰 등을 조정하는 과정을 포함한다. 렌더링의 세부 과정이라 할 수 있는 디지털 라이팅에서는 조명의 종류와 위치를 설정하고 조명의 색상, 밝기등과 그림자 투영 방식을 세부적으로 설정하는 과정이다. 이러한 렌더링 및 라이팅 작업은 시스템 내에서 복잡한 알고리즘으로 연산되며 주로 복잡한 다이얼로그 방식의 사용자 인터페이스를 통하여 이루어진다[그림 1].

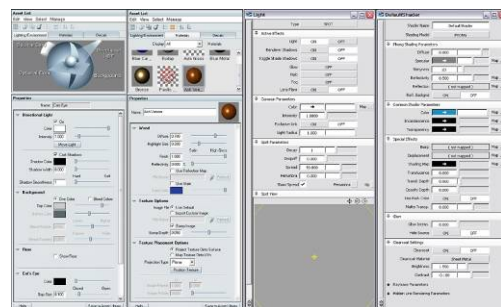


그림 1. 현재 CAID 도구의 속성 조절 창

그러나 이러한 렌더링과 관련된 변수들은 종류가 다양하고 용어가 어려워 대부분의 사용자들은 모든 변수를 인지하지 못한 채 작업을 수행하고 있다. 그리고 각 변수는 디자이너의 인지 및 작업 속성과 무관하게 복잡한 다이얼로그 창에서 주로 설정된다. 컴퓨터 그래픽 연산에 대한 배경지식이 부족한 디자이너들의 경우 각 변수의 연산 알고리즘에 대한 이해가 부족하여 수치 입력 인터페이스상의 어려움을 겪고 있다. 그리고 대부분의 기존 CAID 시스템들이 3차원 위치 정보를 2차원 기반의 인터페이스 도구로 조작한다. 그 때문에 렌더링 작업에서 사용자의 3차원적인 멘탈 모델과 2차원적인 행동 패턴의 불일치로 인한 사용성 문제를 야기하고 있다[5]. 디자이너들은 위치와 속성을 조정하는 데 있어서 수많은 시행착오를 거쳐 설정된 데이터에 의존하여 최종 작업을 수행한다. TUI와 증강현실을 활용함으로써 CAID 도구의 위치나 속성 정보를 조작을 위한 새로운 인터페이스를 모색해 볼 수 있을 것이라 예상된다.

### 1.1 연구 목표 및 방법

본 연구는 CAID 시스템에서 디자이너의 작업과 인지적 특성을 고려한 새로운 직관적인 인터페이스를 개발하고 유용성을 검증하는데 목표를 두었다. 특히 새로운 정보 입력 인터페이스, 입체 디스플레이 방식 제안과 이의 유용성을 파악하는 것을 세부 연구목표로 설정하였다. 렌더링 및 라이팅과 관련된 인터페이스의 요구사항을 파악하기 위하여 현장 조사를 실시하였고 디자이너의 작업행태 조사 및 컨셉 도출을 위하여 사진 스튜디오의 관찰연구를 수행하였다. 그리고 새로운 인터페이스를 개발하기 위하여 실제적 인터페이스의 개념과 증강현실기술을 적용하는 방법을 모색하였다. 제안된 인터페이스를 포함하는 시스템을 개발하여 인터페이스의 유용성을 평가하였다.

## 2. 관련 연구

현재 CAID 도구의 렌더링 작업의 인터페이스를 개선한 사례들은 기존의 GUI 방식을 개선한 연구와 새로운 실제적 인터페이스 방식을 개발한 연구로 분류된다. 기존 GUI 방식을 활용하는 경우는 작업을 단순화하거나, 원하는 결과물을 쉽게 얻을 수 있는 인터페이스 방법을 제공하고 있다. 예를 들면 Autodesk의 ImageStudio는 CAID 프로그램에서 작업한 모델링 파일을 쉽게 렌더링 할 수 있도록 조명, 재질 템플릿을 제공한다[8]. MAYA의 IPR과 3D Studio Max의 ActiveShade는 조명, 재질 등을 수정했을 때 즉각 렌더링 이미지에 반영되는 기능을 강화하였다[8]. 이런 도구들은 사용자가 속성 변수 조정의 효과를 즉시 확인할 수 있게 하여 작업의 효율을 높이고 있는 상용화된 소프트웨어들이다. 인버스 라이팅 분야에서 Cornell University에서 Fabio 등이 그림자의 위치나 경계선의 품질을 바꾸어 조명의 상태를 조정하는 인터페이스를 제안하였다[9]. 그래픽 인터페이스를 기반으로 한 기존 연구들은 이미징 작업의 효율성을 높이는 새로운 기법들을 제안하고 있으나, 3차원 위치나 속성 변수들의 직관적 조작과 관련된 인터페이스 문제는 다루지 않고 있다.

University of North Carolina의 Arthur 등은 PHANTOM

햅틱 장비를 활용하여 3차원 공간상의 폴리곤 모델에 색을 칠하는 inTouch를 제안하였다[10]. 페인팅 메타포를 활용하고 있으나 붓의 설정 변경 방식은 여전히 다이얼로그 창 기반의 그래픽 인터페이스 방식을 따르고 있다. 그리고 3차원 입체를 평면적인 2차원 디스플레이를 활용하여 표시한다. MRI는 물리적인 유닛(unit)을 사용하여 그에 링크된 디지털 정보를 조작하는 시스템이다[11]. MRI의 인터페이스 도구들은 작업 테이블 위에 3차원 모델, 광원, 카메라 등의 정보를 담고 있는 유닛으로 구성된다. 사용자가 테이블 위의 유닛을 움직이면 평면상의 2차원적인 위치가 인식되어 조작 결과가 모니터에 나타난다. 속성을 조절하는 유닛을 회전시켜 입체의 색 등의 속성을 조절할 수 있다. MRI는 유닛의 평면적인 움직임만을 인지하고, 2차원 모니터를 활용하고 있어서 3차원 정보를 조작하고 표현하기에 제한점을 가지고 있다. 물리적인 인터페이스를 사용한 연구들은 기존의 그래픽 기반 인터페이스보다 위치나 속성 정보를 직관적으로 조작하게 하지만, 가상의 3차원 정보를 2차원 모니터로 표현한다. 3차원 모델을 실제감 있게 표현하기 위해서는 입체 디스플레이 방식에 대한 보완이 필요하다.

본 연구에서는 물리적 인터페이스를 통하여 라이트의 3차원 위치 조작뿐 아니라 속성도 간단하게 조작할 수 있게 한다. 그리고 3차원 모델을 실제감 있게 표현하기 위한 디스플레이 방식에 대한 탐구를 수행한다.

## 3. 새로운 인터페이스 개발을 위한 요구 사항

### 3.1 CAID 도구에서의 디지털 라이팅

디자이너들이 CAID 도구를 활용해 디자인하는 작업의 순서는 [그림 2]와 같다.

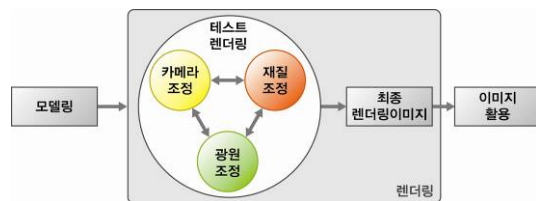


그림 2. CAID 도구의 렌더링 과정

CAID 도구에서 렌더링은 셰이더(shader), 텍스처(texture), 광원(light)의 효과가 더해진 3차원 장면을 시각화하는 작업이다. 디지털 라이팅은 최종 이미지를 얻기 위해서 CAID 도구 내의 라이트를 생성하고 위치, 속성을 조정하는 작업을 의미한다. 사용자는 광원의 종류(소프트라이트, 디렉셔널 라이트, 포인트 라이트 등), 빛의 밝기, 색, 감소 비율, 확산 각도, 그림자 등의 속성을 조정하게 된다.

실제 사용자가 객체들을 활용하는 작업에서 발생하는 인터페이스 상의 문제점은 다음과 같이 정리된다. 첫 번째로 사용자가 객체의 위치를 조정하는 작업에서는 3차원 위치를 2차원 기반의 인터페이스 도구로 조작하기 때문에 사용성 문제가 야기된다. 디자이너들의 3차원적인 멘탈 모델과 컴퓨터 인터페이스 도구의 2차원적인 행동 패턴이 불일치 되어 조작

이 직관적이지 않다. 재질의 하이라이트나 그림자의 방향과 같은 요소들은 라이트의 정확한 위치를 필요로 하기 때문에 현재의 CAID 도구에서 조작하기 어려운 부분이다. 두 번째는 객체의 속성을 조절할 때 발생하는 문제이다. 각 CAID 도구에서 속성들을 비슷한 것끼리 분류하여 배치하고 있다. 하지만 종류가 다양하고 용어가 어려워 디자이너들이 제대로 인지하고 활용하기 어렵다. 속성을 조절하는 방법은 대부분 수치를 입력하고 가로 슬라이더를 움직이는 방식이다. 사용자는 원하는 효과를 얻기 위해 어느 정도의 수치를 변화시켜야 하는지 짐작하기 어렵다. 세 번째는 조작 결과를 확인하는 작업에서 발생하는 문제점이다. 사용자는 객체의 위치와 속성을 조절할 때마다 이의 결과를 확인하기 위해 테스트 렌더링을 수행한다. 실시간으로 수행 결과를 알 수 없기 때문에 많은 작업 시간이 소요된다.

### 3.2 인터랙션 탐색을 위한 현장 조사

현재 3D CAID도구의 렌더링 환경과 비슷한 다른 작업공간을 조사함으로써 문제점의 해결안을 모색하고자 한다. 렌더링과 유사한 작업 과정을 거치는 포토 스튜디오가 현장 조사 장소로 선정되었다.

대전 서구 만년동 사진 발전소, 대전 유성구 구성동 한국과학기술원 산업디자인학과 사진실, 서울 강남구 신사동 ARTIZEN의 세 곳의 포토 스튜디오를 조사하였고 4명의 전문가와 인터뷰하였다. 실제 프로 포토그래퍼가 피사체를 촬영하는 과정을 지켜보고 기록하면서 작업 과정과 사용 장비들의 작동법을 조사하였다. 그리고 전문가 인터뷰를 통하여 촬영 과정의 특징과 문제점을 조사하였다. 조사된 촬영 순서는 다음과 같다.



그림 3. 포토 스튜디오에서의 촬영 과정

포토그래퍼는 우선 무대에 피사체를 배치하여 촬영 장면을 계획한다. 그 후, 조명을 움직이고 카메라로 촬영하는 과정을 반복적으로 수행하였다. 포토그래퍼는 뷰파인더에 눈을 대고 몸을 움직이며 촬영하거나, 삼각대에 카메라를 고정하여 촬영한다. 뷰를 바꿀 때 마다 그 장면에 맞는 적절한 광원의 효과를 위해서 조명 장비들도 동시에 조정하게 된다.

포토 스튜디오에서는 조명 효과를 나타내기 위해서 광원인 전구와 빛의 속성을 조절하는 보조도구를 함께 사용한다. 조명이 고정된 스탠드를 움직이거나 스탠드 내의 기계적 조작을 통해 빛의 방향이나 위치를 조정한다. 광원의 속성은 전구의 밝기, 소프트박스나 우산 등을 활용한 빛의 확산 정도만 조정한다. 촬영 중 광원과 카메라의 장비를 고정하기 위한 라이트 스탠드, 붐 스탠드, 삼각대 등이 사용된다. 조명과 고정 장비 이외에 피사체의 밝기를 측정하기 위한 노출계, 배경 등이 활용된다.

표 1. 두 작업 공간의 인터페이스 방식 비교

중요		인터페이스 방식 비교	
요소		3D CAID 도구	포토 스튜디오
객체의 위치	조작점을 마우스로 이동	경우 객체의 뷰를 조정하여 위치 조정	위치를 물리적으로 움직여 변경
	카메라, 스포트라이트의 경우 객체의 뷰를 조정하여 위치 조정		위치가 변경되면 그림자의 방향도 자동으로 바뀜
조정	발견점	스튜디오에서처럼 객체를 실제 공간상에서 물리적으로 움직여 빛과 그림자의 방향을 조정하는 방법이 직관적	
	속성	모든 객체의 속성을 수치입력, 가로 슬라이더 등의 GUI 요소로 조절	소프트박스, 우산 등의 보조 도구의 탈부착으로 광원의 속성을 정함
조절	발견점	크기가 큰 장비를 교환하기가 힘들 CAID 툴에서 수치 조작 방식은 결과를 예측하지 못해서 사용하기 어려움	
	조작 결과 확인	수정사항을 확인하기 위해 테스트 렌더링으로 이미지를 확인해야 함	객체를 물리적으로 조작할 때 마다 적용 결과가 나타남
발견점	발견점	스튜디오처럼 즉각적인 피드백 필요	

두 시스템의 인터페이스 방식을 분석해 본 결과, 스튜디오에서 장비를 이동시키는 것처럼 3차원 위치를 직접 공간상에서 조작하는 것이 직관적이라는 것을 알 수 있었다. 앞부분에서 언급했던 CAID 도구에서의 3차원 위치를 조작하는데 발생하는 실제 조작과 디지털 정보 변화간의 불일치 문제를 해결하기 위해서, 스튜디오에서의 물리적인 조작 방식이 활용될 수 있음을 알 수 있었다. 스튜디오에서는 주로 액세서리 교환으로 객체속성을 조절한다. 하지만 촬영 도중에 부피가 크고 물리적인 노력이 필요한 교환 작업이 번거롭게 느껴진다. CAID 프로그램에서는 GUI를 통한 수치 조작으로 물리적인 노력이 필요하진 않지만 쉽게 결과를 예측할 수 없어 시행착오를 겪게 된다. 그렇기 때문에 좀 더 직관적이고 간편하게 옵션을 조절할 수 있는 새로운 인터페이스 방식이 필요하다. 조명, 카메라를 조작하는 반복적인 작업의 효율을 높이기 위해서는 조작 결과에 대한 즉각적인 피드백이 있어야 한다. 스튜디오에서는 조명이나 카메라의 조정에 따라 실시간으로 시각적 피드백이 주어지기 때문에 사용자가 빠르게 작업을 수행할 수 있었다. CAID 도구에서 그림자, 하이라이트의 위치 조정을 사용자들이 어려워하였는데 실시간 피드백이 이루어진다면 이를 해결할 수 있을 것이라 예상된다.

### 3.4. 요구 사항 도출

CAID 도구와 포토 스튜디오에서의 이미징 작업의 공통점

은 피사체 주변의 환경을 반복적으로 수정하여야 한다는 것이었다. 사용자가 이런 작업을 반복할 때 수정하고자 하는 정보의 조작 접근성을 높여 신속하게 작업을 수행할 수 있어야 한다. 그리고 피사체에 따라 여러 객체를 동시에 적용하고 조작 가능하여야 한다.

그리고 가상의 3차원 정보를 효과적으로 조작하기 위해서 3차원 입출력 인터페이스를 활용하는 것이 좋다. 3차원 위치와 객체의 속성을 물리적인 인터페이스를 활용하여 직관적으로 조작한다. 특히 이전의 CAID 도구에서 조절하기 어려웠던 정보들을 사용자가 쉽게 조작할 수 있게 하는데 초점을 맞춘다. 그리고 조작 결과에 대해서 즉시 적용된 결과를 볼 수 있도록 한다.

## 4. Tangible Lighting Studio 제안

### 4.1. Tangible Lighting Studio 환경의 개요

본 연구에서는 관련연구 조사 및 현장조사의 결과를 바탕으로 렌더링을 위한 새로운 인터페이스 도구인 TLS (Tangible Lighting Studio)를 제안한다. TLS는 렌더링의 대표적인 작업이라 할 수 있는 디지털 라이팅에 초점을 맞추어 제안되었다. 도출된 요구사항을 만족하기 위한 TLS의 컨셉 구조도는 다음과 같다.

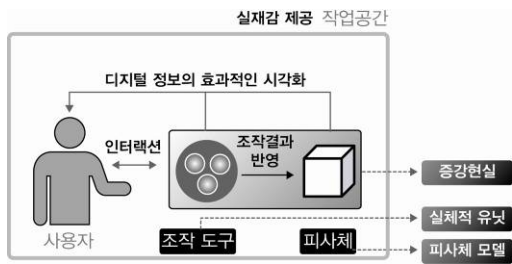


그림 4. TLS 컨셉 구조도

실제 조작과 화면 상에서 보여지는 조작 결과간의 불일치 상태를 해결하기 위하여서는 3차원 기반의 디지털 정보를 실제 3차원 공간에서 조작하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 이를 위하여 실제적인 형태를 가지는 유닛을 활용한다. 객체를 나타내는 유닛을 물리적으로 조작함으로써 사용자에게 디지털 공간 상의 객체를 실제로 조작하는 것 같은 몰입감을 준다. 그리고 기존의 그래픽 인터페이스 요소로 조작하기 어려웠던 객체의 속성을 간편하게 조작할 수 있는 유닛이 고안되었다. 한편, 렌더링 프로세스 상에서 조작 결과에 대한 결과에 대한 피드백을 즉각 제공하는 것이 중요한 요소이다. 이를 위하여 본 연구에서는 피사체 모델이 제안되었다. 증강현실을 통해서 보여지는 가상 모델에 실시간으로 객체의 정보를 적용함으로써 조작 결과를 즉각 확인할 수 있도록 한다. 그리고 기존의 CAID 도구에서 수행되었던 기능뿐 아니라 조작하기 어려웠던 정보들도 사용자가 쉽게 조작할 수 있게 하였다. 복잡한 알고리즘으로 표현되었던 정보들을 디자이너들이 알기 쉬운 시각적 정보로 표시하고, 물리적으로 조작하게 하여 원하는 이미지 결과물을 쉽게 얻을 수 있게 한다. 세부 컨셉에 대한 설명은 다음과 같다.

#### 4.1.1 증강현실과 실제적 인터페이스 활용

3차원 위치 정보와 속성을 효과적으로 조작하고 표현하기 위해서 증강현실과 실제적 인터페이스를 활용하였다. 사용자는 자신이 조작하는 도구와 가상의 피사체를 동시에 보면서 라이트 조정 작업을 수행한다. 이는 Ullmer와 Ishii에 의해 제안된 'TUI Interaction Model'의 물리적 표현과 조작, 디지털 정보의 표현을 결합한 형태이다[2]. 사용자는 증강현실을 통하여 3차원 위치를 직접 조작하고, 입체적인 가상의 물체와 실제 조작 도구를 동시에 볼 수 있다.

#### 4.1.2 조작해야 할 속성의 분배

TLS에서 제공하는 속성들을 가시화, 비가시화 정보로 분배하였다. 사용자들은 조작 도구의 3차원 위치 등을 실제로 확인하면서 기존의 CAID 도구에서 가시화되지 않았던 조명의 밝기, 확산 각도, 재질의 반사 방향들을 확인하고 조작할 수 있다.

#### 4.1.3 직관적인 속성 조작 방식

기존 그래픽 인터페이스에서 활용된 수학적 변수 조정 방식을 최소화하고 직관적으로 조작할 수 있는 인터페이스 도구가 제안되었다. 포토 스튜디오의 조도계 형태의 속성 조절 도구를 고안하였다. 실제적 인터페이스 연구들이 속성 조절이 어렵다는 한계를 극복하기 위하여 통합 컨트롤 장치를 채용하였다. 사용자는 하나의 속성 조절 장치를 이용하여 여러 속성들 전환하며 조절할 수 있게 한다.

#### 4.1.4 조작 결과의 실시간 확인

사용자는 조작 도구를 통해 디지털 정보를 물리적으로 조작하고, 이의 결과는 즉각 피사체에 반영되어 사용자가 볼 수 있다.

## 4.2. Tangible Lighting Studio 시스템 구성

세부 컨셉을 반영한 TLS의 구조는 [그림 5]와 같다.

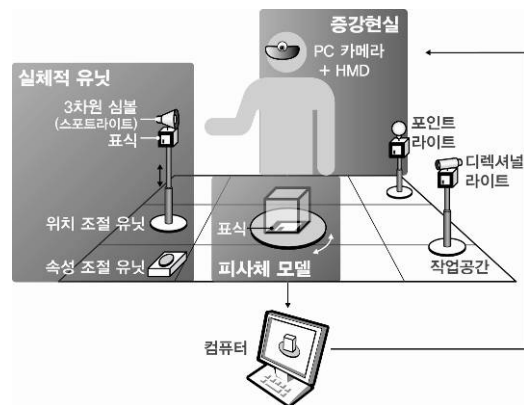


그림 5. TLS 시스템 구조도

증강현실은 3차원 정보를 입체적으로 표현하기 위하여서 활용되고 있다. 사용자는 HMD(Head Mounted Display)를 착용했을 때 실제 시야와 가상의 3D 모델이 합성된 화면을

봄으로써 가상 모델을 조작할 수 있게 된다. [그림 5]은 참여자가 TLS 시스템을 사용하는 행태와 HMD를 통해 보게 되는 증강현실 환경을 보여준다. 가상의 3D 모델은 작업 공간 중심에 놓여 있는 표식(marker) 위에 보인다.



그림 6. HMD 착용 모습과 디스플레이 화면

주요 인터페이스 도구로 활용되는 실체적 유닛은 물리적 인터페이스를 통해서 기존 CAID 도구에서 다루기 어려웠던 디지털 정보를 간단하게 조작할 수 있게 한다. 실체적 유닛은 객체의 위치와 속성을 조작하는 두 종류로 구분된다. 위치 조절 유닛은 광원과 스탠드가 결합된 형태라서 그 자체를 움직여 3차원 위치 정보를 조절하게 하였다.



그림 7. 위치 조절 유닛의 구조

속성 조절 유닛은 광원의 밝기나 확산 각도 등의 속성을 물리적으로 조작하기 위한 유닛이다. 속성의 수치 값을 조절하기 위하여서 휠을 돌리는 인터페이스 방식을 적용한다. 기존의 CAID 도구에서는 직접 수치를 입력하거나 가로 슬라이더를 조정하였으나, TLS에서는 휠을 돌리는 각도의 변화값을 통하여 수치를 입력한다.

사용자는 실체적 유닛을 통해 입력 받은 객체의 정보를 실시간으로 가상 모델에 적용하여 HMD를 통해서 확인한다. 피사체의 재질이 빛을 반사하는 정도를 3차원 기하학적 모델로 표현하여 하이라이트의 위치를 쉽게 알 수 있게 한다. 그리고 사용자가 원하는 빛의 반사 방향을 설정하면 광원의 위치를 역추적 하여 표시하도록 한다.

### 4.3. 프로토타입 구현

사용자들은 HMD를 착용하고 작업공간의 유닛들을 조작한다. 구현된 시스템은 [그림 8]과 같다.

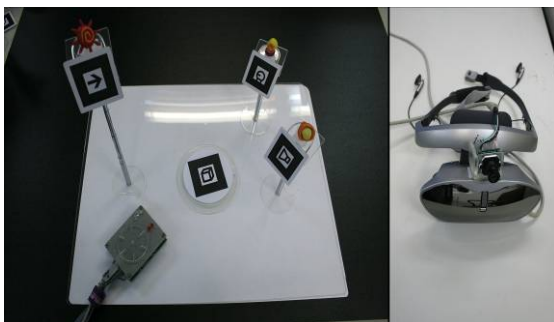


그림 8. 프로토타입이 구현된 실험 환경

본 연구에서는 증강현실을 구현하기 위하여 DART(The Designers Augmented Reality Toolkit)를 적용한다[12]. 컴퓨터는 PC 카메라로부터 입력 받은 비디오 스트림 내에서 지정된 표식(marker)을 찾았을 때 이의 3차원 위치 정보를 인식한다. 그리고 가상의 물체를 표식의 위치에 배치한다. 비디오 스트림과 디지털 정보가 합성된 화면은 HMD로 보내져서 사용자는 이를 통해 실제 세계 내의 가상 물체를 볼 수 있다. HMD의 렌즈 위에 PC 카메라를 장착하여 카메라에 입력되는 화면과 사용자의 시야가 같도록 조정하였다.

위치 조절 유닛은 광원과 스탠드로 구분된다. 우리는 현장 조사를 통하여 포토 스튜디오에서는 스탠드에 여러 종류의 광원과 보조 도구를 부착하여 고정시키고, 삼각대에 카메라를 고정시켜 사용한다는 사실을 알 수 있었다. 그리고 결합된 도구 들을 움직여 위치나 방향을 조절한다. TLS에서도 스탠드에 광원을 결합하여 그 자체를 움직여 3차원 위치 정보를 조절하게 한다. 물리적으로 움직여 위치를 조절하는 것은 일상생활에서도 빈번히 사용하는 인터랙션이기 때문에 사용자들에게 쉽게 인지가 된다. 광원 부분은 3차원 심볼, 표식, 전파 식별 태그(Radio Frequency Identification Tag)로 이루어진다. 표식은 DART를 통한 3차원 위치를 인식하는데 사용되며, 전파 식별 태그는 속성 조절 유닛으로 각 광원의 종류를 파악하기 위해서 부착되었다. 그리고 여러 조명을 동시에 적용시킬 때, 조명의 종류를 쉽게 구별하기 위하여 3차원 심볼을 적용한다. 심볼은 광원 부분에 위치하며 CAID 도구에서 사용되는 스포트 라이트(spotlight), 디렉셔널 라이트(directional light), 포인트 라이트(point light) 등을 나타낸다.

본 연구에서는 물리적인 움직임 값을 객체의 속성에 적용하기 위해서 MIDAS(Media Interaction Design Authoring System)가 사용되었다[13]. MIDAS는 디렉터 소프트웨어와 하드웨어간의 통신을 가능하게 하여 사용자가 시각적 효과와 엔지니어링 기술을 쉽게 연동할 수 있게 한다. 속성 조절 유닛의 휠 인터페이스를 구현하기 위해 Velleman사의 K8055 인터페이스 보드에 회전 방식 전위차계(potentiometer)와 텍스트 스위치(text switch)를 연결하여 사용하였다. 광원의 종류를 구별하기 위해서 속성 조절 유닛 내부에 Phidget사의 전파 식별 판독기(Radio Frequency Identification Reader)를 부착되었다. K8055 인터페이스 보드와 전파 식별 판독기에서 인식한 정보는 MIDAS와 디렉터의 프로그래밍 언어인 링고(lingo)를 통해서 제어된다.

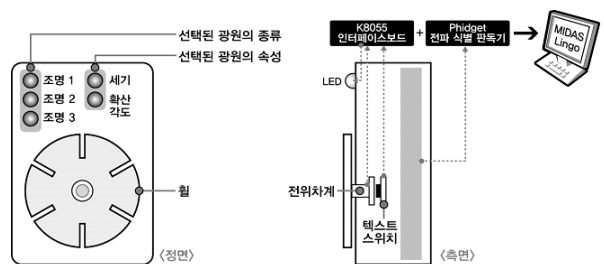


그림 9. 속성 조절 유닛의 구조

사용자가 속성 조절 유닛을 광원에 접근시키면 전파식별 판독기가 태그를 읽어 조명의 종류를 인식하고, 그에 따라

LED(Luminescent Diode)가 발광한다. 원하는 조명이 선택 되면 변경하고자 하는 빛의 속성을 선택한다. 기본적으로 설정되어 있는 속성은 빛의 세기이며, 조명의 종류가 스포트라이트의 경우에 확산 각도를 조정할 수 있다. 선택된 속성에 대해서도 역시 LED 발광으로 피드백이 제공된다. 속성을 변경하려면 속성 조절 유닛의 휠 전체를 버튼처럼 눌러 전위차계 아래에 위치한 텍스트 스위치를 작동시킨다. 원하는 조명과 속성이 선택이 되면 휠을 회전시켜 적정값으로 조절한다.

TLS에서는 현재 CAID 프로그램에서 조작하기 어려운 그림자, 하이라이트 방향 등의 정보들을 가시화하여 조작할 수 있게 하였다. 그림자 요소는 본 연구의 개발환경인 디렉터 3D에서 제공되지 않는 기능이기 때문에 빛의 방향에 따른 그림자의 방향과 크기 변화만을 간단히 구현되었다. 하이라이트는 피사체 모델의 표면에 반사되는 빛의 양이 가장 많은 부분으로 장면의 분위기를 결정하는 중요한 요소이다. 본 연구에서는 사용자가 하이라이트의 위치와 방향 설정을 용이하게 하기 위해 재질의 빛 반사 모델을 구현하였다. 사용자가 반사 방향을 조절하여 그에 맞는 광원의 위치를 찾는 인버스 라이팅 방식을 적용하였다.

#### 4.4. 활용 시나리오

##### 4.4.1 조명의 위치/밝기/확산 각도 조정

새롭게 출시될 제품을 위해 디자이너 A는 자신의 디자인을 3D CAID 도구로 모델링 하였다. 렌더링 작업을 하기 위하여 재질을 정한 후 라이트와 카메라를 조정하기 위해 TLS를 실행한다. 작업 공간 내에 피사체와 라이트를 나타내는 표식을 배치한다. 하이라이트를 정면의 좌측 상단에 만들기 위해서 주광인 스포트라이트를 움직인다. 스포트라이트를 나타내는 표식을 움직일 때 마다 피사체에 비치는 빛이 움직이는 것을 확인하여 원하는 위치에 배치한다. 주광의 밝기를 가장 밝게 하기 위해서 속성 조절 유닛을 스포트라이트에 접근시킨다. 스포트라이트를 나타내는 LED가 발광하여 라이트가 선택된 것을 인지한다. 휠을 돌려서 원하는 밝기를 조절한다. 스포트라이트의 빛 확산 각도가 좁아 피사체에 빛의 경계선이 생겼다. 디자이너 A는 확산 각도를 조정하기 위해서 휠을 돌려서 조절할 속성을 변경시킨다. 속성이 변경되었음을 LED를 통해서 확인하고 휠을 돌려 빛의 확산 각도를 넓힌다. 디자이너 A는 조정 작업을 마치고 모델을 실제 물체를 보듯이 여러 방향에서 훑어보고 원하는 조명의 효과가 적용되었는지 확인한다. TLS를 이용하면서 예전에 비해 쉽고 직관적으로 3차원 위치와 속성을 조정할 수 있게 되었으며, 결과를 실시간으로 확인할 수 있어 작업 시간이 단축되었다.

##### 4.4.2 반사 모델 조정

디자이너 B는 자신이 디자인된 모델의 렌더링 작업을 수행 중이다. 카메라에서 제일 가까운 모델의 꼭지점에서 하이라이트를 카메라 방향으로 강하게 설정하고 싶다. 디자이너 B는 점 선택 표식을 원하는 꼭지점에 가까이 배치한다. 꼭지점에서의 반사되는 하이라이트의 방향이 원뿔의 형태로 표현된다. 하이라이트의 세기를 강하게 하기 위해서 속성 조절 유닛을 사용해 빛의 세기를 강하게 조절하면 원뿔의 형태도 커진다. 원하는 세기만큼 조절한다. 하이라이트의 방향을 카

메라 쪽으로 하기 위해서 하이라이트 표식을 모델과 자신 사이에 배치한다. 원뿔은 자동으로 하이라이트 표식을 향하게 된다. 원뿔 방향으로 하이라이트를 만들게 하기 위한 라이트의 위치가 역추적되어 구로 표현된다. 디자이너 B는 구가 위치한 곳에 라이트를 배치하고 하이라이트 표식과 점 선택 표식을 치운다. 디자이너 B는 자신이 의도한 하이라이트 세기와 방향을 얻을 수 있게 되었다.



그림 10. 반사 모델 조정

##### 4.4.3 그림자 조정

디자이너 C는 장면의 실제감을 주기 위해서 렌더링 이미지에 그림자를 추가하고자 한다. 피사체 모델과 라이트를 나타내는 표식을 작업 공간에 배치한다. 라이트를 움직이면 피사체 모델에 그림자의 모양과 방향이 변화한다. 디자이너 C는 피사체의 여러 방향을 살피며 원하는 그림자 형태를 찾는다. 속성 조절 유닛을 피사체 모델 표식 위에 접근시키고 휠을 돌림으로 인해 경계선의 품질이나 그림자 밝기 등을 조절할 수 있다(미구현 부분). 디자이너 C는 빛의 움직임에 따른 그림자의 변화를 즉각 확인하고 조정할 수 있게 되었다.

### 5. Tangible Lighting Studio의 유용성 평가

#### 5.1. 실험 1

실험 참여자들에게 같은 라이팅 작업을 기존의 GUI 방식을 채용한 도구와 TLS에서 수행하게 하였다. 이를 바탕으로 인터페이스 방식의 학습성과 사용성 분석에 초점을 맞추어 TLS의 장단점을 비교 분석하였다. 본 실험은 유저빌리티(usability) 평가 시 고려되어야 할 사항에 대한 규격인 ISO-9241-11을 바탕으로 설계되었다. ISO 규격에 명시된 사용자 편리성을 위해 고려되어야 할 요소는 유효성(effectiveness), 효율성(efficiency), 만족도(satisfaction)이다. 먼저 유효성은 GUI 환경과 TLS를 통해서 생성한 렌더링 이미지와 원본 이미지간의 일치도를 비교하여 평가하였다.

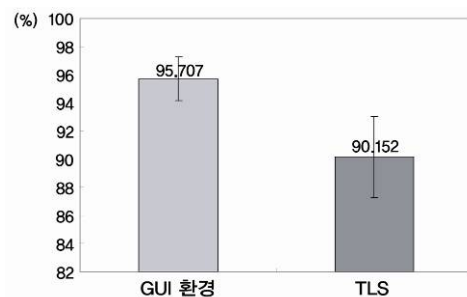


그림 11. 이미지 일치도 비교

실험 결과에서 알 수 있듯이 모든 실험 참여자가 GUI 환경에서 원하는 이미지에 보다 근접한 결과물을 얻은 것을 알 수 있었다. 반면 TLS에서는 결과가 GUI 환경에서보다 편차

가 커서 개인별 차이가 큼을 알 수 있었다. TLS의 평균적인 이미지 일치도가 낮은 것은 현재의 소프트웨어 개발 환경이 상용 프로그램인 GUI 환경에 비하여 해상도가 낮기 때문으로 추측된다. 이는 디스플레이 방식이나 새로운 소프트웨어 환경의 탐색을 통해 보완될 수 있으리라 예상된다.

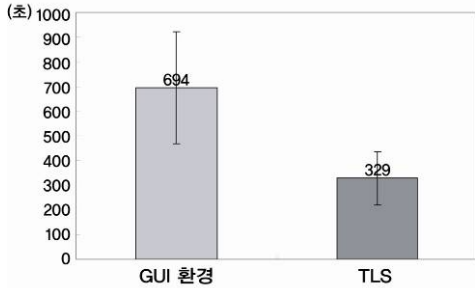


그림 12. 작업 소요 시간 비교

효율성은 두 환경에서 렌더링 작업 수행에 소요되는 시간을 측정하여 비교하였다. 모든 실험 참여자가 TLS보다 GUI 환경의 렌더링 작업에 많은 시간을 소비하였다. 여러 실험 참여자들이 많은 시간을 GUI 환경의 프로그램 구조나 기능을 파악하는데 소비하여 작업의 효율이 떨어졌다. 그래서 GUI 환경에서의 작업 시간의 편차가 크게 나타났다. TLS에서는 대부분의 사용자들이 기존의 사용 경험이 없어도 태스크를 짧은 시간 내에 완료하였다. 실험 참여자들은 TLS의 위치 조작 방식이 직관적이고 조작이 간단하기 때문에 3D CAID 도구에 친숙하지 않은 사용자들에게도 쉽게 인지가 될 것이라 응답하였다. 이는 TLS가 3D CAID 도구의 사용 경험이 없는 사람이 광원을 시뮬레이션 해보거나, 3D CAID 도구의 초기 학습 도구로써 활용될 수 있음을 시사한다.

만족도는 현장조사를 통해 추출된 요구 사항이 GUI 환경과 TLS 작업 환경에 반영된 정도를 계층 분석적 의사 결정(AHP) 방법으로 분석하였다. 실험 참여자는 먼저 4가지 요구 사항을 두 개씩 비교하여 각 사항의 중요도를 비율 척도로 표시한다. 그리고 요구 사항 별로 GUI 환경과 TLS의 만족도를 비율 척도로 표시한다. 도출된 요구 사항의 중요도와 GUI 환경과 TLS에서의 만족도를 바탕으로 두 작업환경 간의 우선순위를 정하게 된다.

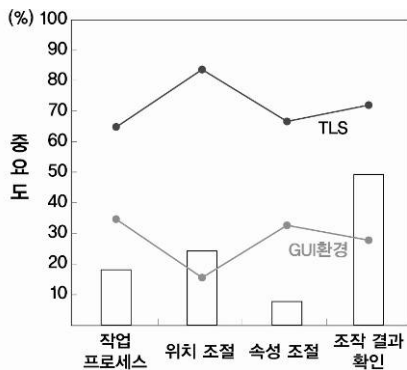


그림 13. 만족도 비교

대부분의 실험 참여자들은 요구 사항 중에 조작 결과 확

인이 제일 중요한 요소라고 생각하고 있다. 모든 실험 참여자들이 GUI 환경 보다 TLS의 우선순위가 높다. 이는 TLS가 GUI 환경보다 요구 사항을 잘 반영하고 있음을 의미한다. 제한된 사항만을 비교하였기 때문에 이 실험 결과로 TLS가 기존 GUI 환경보다 우월하다고 보기는 힘들다.

## 5.2. 실험 2

실험 2는 그림자, 반사모델의 효율성을 검증하기 위해서 수행되었다. 데모를 시연한 후, 이에 대한 의견이나 개선사항을 인터뷰 방식으로 조사하였다. 그림자 모델에 대해서는 모든 사용자가 현실감이 들지 않는다고 응답하였다. 실무 디자이너인 실험 참여자는 반사모델에서 빛의 반사량과 반사 각도를 직관적으로 확인해가며 작업할 수 있다는 점이 매우 유용할 것이라고 응답하였다. 특히 현재 상용 소프트웨어인 3D Studio Max나 MAYA와 연동된다면 작업의 효율을 높일 것이라고 하였다. 모든 실험 참여자들이 그림자와 반사 모델의 유용성에 대해서 긍정적인 평가를 하였으나, 기술적인 구현 부분이 미흡하다고 생각하였다. 향후에 이를 보완하면 실제 CAID 도구와 연동하여 효율적인 도구로 활용될 수 있을 것이라 생각된다.

## 5.3. 토의

실험을 통해서 TLS는 정보 조작 인터페이스 방식이 간단하고 직관적이어서 처음 접하였을 때 사용하기 쉽다는 것을 알 수 있었다. 기존 CAID 도구의 경우 정보들이 복잡하게 산재해 있어 사용자가 처음 사용할 경우 원하는 기능을 쉽게 찾을 수 없고, 많은 시행착오를 거쳐서 결과물을 얻을 수 있다. TLS에서는 실제적 인터페이스를 통하여 조작도 간단하고, 결과도 즉각 확인할 수 있어 작업 시간이 단축된다. 하지만 HMD나 조작 유닛 등의 새로운 장비를 사용해야 하기 때문에 조작 상의 문제가 발생한다. 사용자들은 HMD의 착용을 꺼려하며, 여러 라이트를 동시에 조작할 때 작업 공간상에 배치하는 데 어려움을 느꼈다. 그리고 기존의 CAID 도구처럼 고급 렌더링 이미지를 얻을 수 없다.

TLS의 라이트와 카메라에 대한 인터페이스 방식은 초보자들도 쉽게 사용할 수 있어 유용하다고 생각된다. 특히 CAID 도구에 대한 깊은 이해가 없는 포토그래퍼, 원화 작업가들이 쉽게 사용할 수 있을 것이라 예상된다.

세부적으로 발견된 개선사항은 다음과 같다.

표 2. 개선 사항 분류

분류	문제점	개선안
시각적	표식 인식 상태를 확인할 수 없음	인식되면 표식 위에 광원의 종류 표현
	피드백	설정된 광원의 속성 알 수 없음
사용성		표식이 서로 가리거나

개선	유닛이 넘어짐	기술 탐색
	피사체의 윗부분만 볼 수 있음	
기술적인 한계점	인식되는 좌표의 오차가 큼	새로운 3 차원 위치 인식 기술 탐색
	다양한 렌더링 효과 구현 불가능	새로운 소프트웨어 개발환경 탐색

## 6. 결론

본 연구에서는 3차원 모델을 시각화하는 렌더링에서 조명 효과를 조정하는 작업인 디지털 라이팅을 지원하는 증강현실 기반의 새로운 입출력 시스템을 제안하였다. 컨셉 도출을 위해 CAID 도구들과 선행 연구들을 분석하여 주요 개발 이슈들을 파악하였다. 새로운 인터페이스 컨셉의 탐색을 위하여 포토 스튜디오 현장 조사를 시행하고 요구 사항을 도출하였다. 이를 바탕으로 실제적 인터페이스 유닛을 사용하는 증강현실 기반의 새로운 시스템을 제안하고, 프로토타입을 제작하였다. 실험 평가를 통해 개발된 시스템은 인터페이스 조작 방식이 직관적이고 간단하여 처음 접하는 사용자들도 쉽게 사용할 수 있음을 알 수 있었다. 증강현실과 실제적 인터페이스를 통한 실시간 인터랙션은 작업 시간을 단축시키고 사용자의 만족도를 높였다. 하지만 컴퓨터 이외의 다른 물리적 도구를 사용하여야 하기 때문에 사용상의 문제도 발생하였다.

본 연구에서 제안된 인터페이스 방식이 실제 산업 디자인이나 다른 분야에 활용되기 위해서는 향후 연구를 통해 문제점과 한계점을 보완하는 것이 필요하다. 먼저 실험에서 드러난 바와 같이 정확한 3차원 위치 인식을 할 수 있는 새로운 기술이 필요하다. 이 부분이 보완되면 가상의 정보를 연산하여 시각화하는 정보의 품질이 개선될 것이라 예상된다. 그리고 작업 공간 확보, 디스플레이의 크기 축소 등을 통하여 사용성을 개선할 수 있을 것이다. CAID 프로그램 내에서 구동하거나, 조작된 정보를 실제 프로그램으로 읽어와 사용할 수 있다면 TLS의 카메라와 라이트 조작 인터페이스 방식은 실제 디자인 업무에서도 활용될 수 있을 것이라 예상된다. 또한 CAID 프로그램과 연동되지 않고 독립된 광원과 카메라의 시뮬레이션 도구로서도 발전할 수 있다. 이는 사진학, 건축, 미술 분야에서 광선과 피사체의 관계, 빛의 효과 등을 실험해볼 때 유용할 것이라 생각된다.

## 참고문헌

[1] Azuma, R. Baillot, Y. Behringer, R. Feiner, S. Julier, S. MacIntyre, B., Recent advances in augmented reality, Computer Graphics and Applications, Vol.26, Issue 6, pp.34-47

[2] Ullmer, B. and Ishii, H., Emerging Frameworks for Tangible User Interfaces, in IBM Systems Journal, Vol. 9, Nos. 3&4, 2000, pp. 915-931

[3] John Underkoffler, Hiroshi Ishii, Urp: a luminous-tangible workbench for urban planning and design, Pro-ceedings of the SIGCHI, 1999, pp.386-393

[4] Ravin Balakrishnan, George Fitzmaurice, Gordon Kur-tenbach, William Buxton, Digital Tape Drawing, Pro-ceedings of the 12th annual ACM symposium on User interface software and technology, November 1999, Pages: 161 - 169

[5] Donald A. Norman, The Design of Everyday Things, MIT Press 2002

[6] Pierre Poulin, Alain Fournier, Lights from Highlights and Shadows, Proceedings of the 1992 Symposium on Interactive 3D Graphics, pp.31-38

[7] Paul Debevec, Rendering synthetic objects into real scenes: bridging traditional and image-based graphics with global illumination and high dynamic range photography, Proceedings of the 25th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, pp.189-198

[8] www.autodesk.com

[9] Fabio Pellacini, Parag Tole, Donald P. Greenburg, A User Interface for Interactive Cinematic Shadow Design, Proceedings of the 29th annual conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, 2002, pp. 45-52

[10] Gregory, A.D. Ehmman, S.A. Lin, M.C., Chapel Hill, NC, inTouch: Interactive Multiresolution Modeling and 3D Painting with a Haptic Interface, Proceedings of Virtual Reality 2000, pp.45-52

[11] www.kommerz.at

[12] Blair MacIntyre, Maribeth Gandy, Steven Dow, Jay David Bolter, DART: A Toolkit for Rapid Design Exploration of Augmented Reality Experience, Proceedings of UIST'04, 2004, pp.197-206

[13] Ji-dong Yim, Tek-jin Nam, Developing Tangible Interaction and Augmented Reality in Director, CHI'04 extended abstracts on Human factors in computing systems, 2004, pp.1541

[14] Kunwoo Lee, Principles of CAD/CAM/CAE systems, Pearson Education Korea, 2000

[15] StudioTools Documentation Team, Alias StudioTools Official Guide, Y., 2004