

**CAID 시스템의 디지털 라이팅을 위한
증강 현실 기반의 실체적 인터페이스에 관한 연구**

Augmented Reality Based Tangible Interface For Digital Lighting of CAID System

주저자: 황 정아

한국과학기술원 산업디자인학과

Hwang Jungah

Department of Industrial Design, KAIST

공동저자: 남 택진*

한국과학기술원 산업디자인학과

Nam, Tek-Jin

Department of Industrial Design, KAIST

*교신저자.

본 논문은 2005년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임
(No.R08-2003-000-10179-0)

1. 서론

- 1.1. 연구 배경
- 1.2. 연구 목표 및 연구 방법

2. 관련 연구

3. 디지털 라이팅 작업 개선을 위한 요구사항

- 3.1. CAID 도구에서 디지털 라이팅 이해
- 3.2. 인터랙션 탐색을 위한 현장 조사
- 3.3. 요구 사항

4. Tangible Light Studio 제안

- 4.1. Tangible Light Studio 개요
- 4.2. Tangible Light Studio 시스템 구성
- 4.3. 프로토타입 구현
- 4.4. 활용 시나리오

5. 평가

- 5.1. 실험 목적 및 방법
- 5.2. 사용성 평가 결과
- 5.2. 인터뷰 결과
- 5.3. 토의

6. 결론

참고문헌

(要約)

디지털 기술이 발전하면서 산업디자인 프로세스에 컴퓨터를 활용하는 CAID는 필수적인 부분이 되었다. 3차원 모델을 렌더링 하여 사진과 같은 최종 이미지 결과물이 만들어내는 것은 CAID에 특화된 작업들 중 하나이다. 이 작업을 위해 디자이너는 가상 모델의 재질, 조명, 카메라 등의 위치 및 세부 변수들을 적절히 조절하여야 한다. 기존 CAID도구의 사용자 인터페이스는 이러한 속성을 컴퓨터 그래픽 연산을 위한 변수 설정 창에서 주로 해결하고 있어 디자이너들이 사용하는데 어려움을 겪고 있다.

본 논문에서는 CAID를 위한 디지털 렌더링 작업 특히 라이팅과 관련된 인터페이스 문제를 해결하기 위해 증강현실(Augmented Reality)과 실체적 인터페이스(Tangible Interface)를 활용한 가상의 라이트 조작 도구, TLS(Tangible Lighting Studio)를 제안하였다. 이는 카메라의 위치 설정, 라이팅 효과를 위한

변수설정의 인터페이스를 실체화하고 작업공간에 분산시킴으로써 보다 직관적인 렌더링 작업을 지원하는 도구이다. TLS는 가상의 광원, 카메라, 렌더링 대상 등을 물리적으로 직접 조작할 수 있는 마커, 컨트롤러 유닛들, 사용자가 착용하는 비디오 투시형 HMD 등으로 구성된다. 이를 활용하여 사용자는 증강현실 작업공간에서 직접 라이팅 속성을 조정할 수 있다. 유용성 평가 실험을 통하여 TLS가 기존 GUI(Graphic User Interface)기반 시스템보다 유효성, 효율성 그리고 사용자 만족도가 높다는 점을 발견하였다. TLS는 CAID도구의 인터페이스 분야뿐만 아니라 광원과 카메라의 효과를 활용하는 건축, 사진 촬영 교육 등의 분야에서 효과적으로 활용될 수 있으리라 기대된다.

(주제어)

3D CAID, 실체적 인터페이스, 증강현실, Interaction Design

(Abstract)

With the development of digital technologies, CAID became an essential part in the industrial design process. Creating photo-realistic images from a virtual scene with 3D models is one of the specialized task for CAID users. This task requires a complex interface of setting the positions and the parameters of camera and lights for optimal rendering results. However, the user interface of existing CAID tools are not simple for designers because the task is mostly accomplished in a parameter setting dialogue window. This research address this interface issues, in particular the issues related to lighting, by developing and evaluating TLS(Tangible Lighting Studio) that uses Augmented Reality and Tangible User Interface. The interface of positioning objects and setting parameters become tangible and distributed in the workspace to support more intuitive rendering task. TLS consists of markers, and physical controller, and a see-through HMD(Head Mounted Display). The user can directly control the lighting parameters in the AR workspace. In the evaluation experiment, TLS provide higher effectiveness, efficiency and user satisfaction compared to existing GUI(Graphic User Interface) method. It is expected that the application of TLS can be expanded to photography education and architecture simulation.

(Keyword)

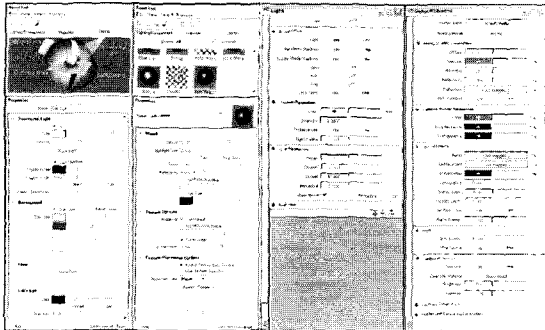
3D CAID, Tangible Interaction, Augmented Reality, Interaction Design

1. 서론

1.1. 연구 배경

1960년대 중반 CAD(Computer Aided Design)의 개념이 처음 등장한 이후 디자인 프로세스에 컴퓨터 활용은 필수적인 부분이 되었다. 초기 CAD는 드래프팅 위주의 활용에 국한되었으나 최근에는 CAE(Computer Aided Engineering), CAM(Computer Aided Manufacturing), CAAD(Computer Aided Architectural Design) 등으로 세분화되어 활용되고 있다¹⁾. 산업디자인분야에서도 이 분야에 특화된 CAID (Computer Aided Industrial Design) 시스템들이 개발되었고 디자이너들에게 필수적인 도구로 활용되고 있다.²⁾ CAID 도구를 활용함으로써 디자이너들은 효과적으로 아이디어를 전개 할 수 있게 되었을 뿐만 아니라 시간과 비용을 절감하며 생산과 연계할 수 있게 되었다.

CAID 도구를 이용한 디자인 작업이 공학기반의 CAD 시스템을 활용한 작업과 차별화되는 대표적 특징으로 디자인 컨셉을 사실적으로 시각화 하는 렌더링 기능을 들 수 있다. 일반적으로 CAID의 렌더링 작업은 가상의 3차원 모델을 만든 후에 재질을 설정하고 광원과 그림자의 효과, 배경, 카메라 뷰(View) 등을 조정하는 복잡한 과정을 포함한다. 렌더링의 세부 과정이라 할 수 있는 디지털 라이팅(Digital Lighting)에서는 조명의 종류와 위치를 설정하고 종류, 색상, 밝기, 그림자 투영 방식 등을 세부적으로 설정한다. 이러한 렌더링 및 라이팅 작업은 시스템 내에서 컴퓨터 그래픽 알고리즘으로 연산되며 사용자는 주로 복잡한 다이얼로그 방식의 GUI(Graphic User Interface) 기반 사용자 인터페이스를 통하여 작업을 수행한다 [그림 1].



[그림 1] 복잡한 기존 CAID 도구의 속성 조절 창

1) Kunwoo Lee, Principles of CAD/CAM/CAE systems, Pearson Education Korea, 2000
 2) StudioTools Documentation Team, Alias StudioTools Official Guide, Y., 2004

그러나 렌더링 및 라이팅과 관련된 변수들은 종류가 다양하고 연산 알고리즘과 연계된 용어를 사용하기 때문에 많은 사용자들이 인터페이스에 어려움을 겪는다. 또한 각 변수는 디자이너의 인지 및 작업 속성과 무관하게 복잡한 다이얼로그 창에서 일괄적으로 설정된다. 따라서 컴퓨터 그래픽 연산에 대한 배경지식이 부족한 디자이너들은 초기 설정된 값을 변경하지 않고 사용하는 경우가 많다. 그리고 대부분의 기존 CAID 시스템들이 3차원 위치 정보를 2차원 그래픽 기반 인터페이스(Graphical User Interface)의 도구로 조작하기 때문에 렌더링 작업에서 사용자의 3차원적인 멘탈 모델과 2차원적인 행동 패턴의 불일치로 인한 사용성 문제를 갖고 있다^[1]. 이런 인터페이스상의 문제로 인하여 기존 CAID시스템 사용자들은 최적의 시각적 효과를 얻기 위해 수많은 시행착오를 거쳐 설정된 변수 조합에 의존하여 최종 작업을 수행한다.

한편 HCI(Human Computer Interaction)분야에서는 GUI(Graphic User Interface)의 한계를 극복하기 위하여 디지털 정보를 실체화 하고 조작과 표현을 일치하여 상호작용 하는 실체적 인터페이스(Tangible User Interface)가 제안되었다^[2]. 그리고 디지털 정보를 가상공간 내에 표현하고 이와 상호작용하게 하는 가상현실(Virtual Reality), 현실세계에 가상의 정보를 증강하는 증강현실 (Augmented Reality)기술이 활발히 연구되고 있다^[3]. 실체적 인터페이스는 증강현실과 함께 사용될 경우 표현과 조작이 자연스럽게 일체화 되어 보다 직관적인 인터페이스로 활용될 가능성이 높다. 렌더링 작업의 라이팅 변수 조정의 경우 경우에도 실체적 인터페이스와 증강현실을 활용함으로써 기존 인터페이스 문제를 해결하는 대안이 될 수 있다.

1.2. 연구 목표 및 방법

본 연구의 목표는 CAID의 주요 특징이라 할 수 있는 렌더링 및 라이팅 작업의 기존 인터페이스 문제를 해결하기 위하여 디자이너의 인지적 특성을 고려한 새로운 직관적인 인터페이스를 개발하고 유용성을 검증하는 것이다. 렌더링 및 라이팅과 관련된 인터페이스 도구의 요구사항을 파악하기 위하여 실무 디자이너 및 CAID 사용자 대상으로 작업행태 조사를 실시하였다. 그리고 새로운 인터페이스 컨셉 도출을 위하여 사진 스튜디오의 현장 조사를 수행하였다. 새로운 인터페이스 구현을 위해 실체적 인터페이스의 개념과 증강현실기술을 적용하는 방법을 모색하였다.

제안된 인터페이스를 포함하는 시스템을 개발하여 인터페이스의 유용성을 평가하였다.

2. 관련 연구

관련연구는 3D CAD 에서 3차원 장면을 시각화하는 작업을 개선한 연구들과 실제와 가상 이미지를 합성을 개선한 연구들을 들 수 있다. 인버스 라이팅의 경우 2차원 이미지를 분석하여 그 장면의 광원 적용 상태를 역 추적하였다[4]. Debevec은 웹캠을 통해 얻은 이미지의 광원 정보를 가상의 3차원 물체에 적용하여 그 이미지에 합성하는 방식을 제안하였다[5].

가상의 3차원 장면의 시각화를 개선한 경우는 기존의 GUI 방식을 사용하면서 렌더링 프로세스를 개선한 연구와, 새로운 인터페이스 방식을 제안한 연구들로 구분할 수 있다. 기존 GUI 방식을 활용하는 경우는 작업을 단순화하거나, 원하는 결과물을 쉽게 얻을 수 있는 부가적인 방법을 제공하는 방식을 활용하고 있다. 예를 들면 Autodesk의 ImageStudio는 CAID 프로그램에서 작업한 모델을 쉽게 렌더링 할 수 있도록 조명, 재질 템플릿을 제공한다[6]. MAYA의 IPR과 3D Studio Max의 ActiveShade는 조명, 재질 등을 수정했을 때 즉각 렌더링 이미지가 수정 반영되는 기능을 강화하였다[6]. 이런 도구들은 사용자가 속성 변수 조정의 효과를 즉시 확인할 수 있게 하여 작업의 효율을 높이고 있는 상용화된 소프트웨어들이다.

인버스 라이팅 분야에서 Fabio 등은 그림자의 위치나 경계선의 품질을 바꾸어 조명의 상태를 조정하는 인터페이스를 제안하였다[7]. 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.

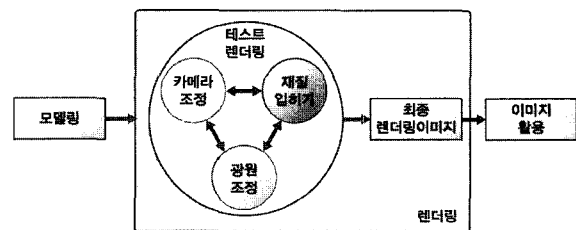
Arthur 등은 PHANTOM 햅틱 장비를 활용하여 3차원 공간상의 폴리곤 모델에 색을 칠하는 inTouch를 제안하였다 [8]. 페인팅 메타포를 활용하고 있으나 붓의 설정 변경 방식은 여전히 다이얼로그 창 기반의 그래픽 인터페이스 방식을 따르고 있다. 그리고 3차원 입체를 평면적인 2차원 디스플레이를 활용하여 표시하고 있다. MRI는 물리적인 유닛(unit)을 사용하여 그에 링크된 디지털 정보를 조작하는 시스템이다[9]. MRI의 인터페이스 도구들은 작업 테이블 위에 3차원 모델, 광원, 카메라 등의 정보를 담고 있는 유닛으로 구성된다. 사용자가 테이블 위의 유닛을 움직이면 평면상의 2차원적인 위치가 인식되어 조작 결과가 모니터에 나타난다. 속성을 조절하는 유닛을 회전 시켜

입체의 색 등의 속성을 조절할 수 있다. MRI는 유닛의 평면적인 움직임만을 인지하고, 2차원 모니터를 활용하고 있어서 3차원 정보를 조작하고 표현하는데 한계를 갖고 있다. 물리적인 인터페이스를 사용한 연구들은 기존의 그래픽 기반 인터페이스보다 위치나 속성 정보를 직관적으로 조작하게 하지만, 가상의 3차원 정보를 2차원 모니터로 표현하고 있다. 3차원 모델을 보다 직관적으로 표현하기 위해서는 입체 디스플레이 방식에 대한 고려가 필요하다.

3. 디지털 라이팅 작업 개선을 위한 요구사항

3.1. 기존 CAID 도구의 디지털 라이팅 이해

CAID 도구에서 렌더링은 재질(Shader), 텍스처(Texture), 광원(Light), 카메라의 효과가 더해진 3차원 장면을 시각화하는 작업이다.³⁾ 디자이너들이 CAID 도구를 활용해 렌더링 하는 작업의 순서는 [그림 2]와 같다.



[그림 2] CAID 도구의 렌더링 과정

사용자는 모델링 후 렌더링 작업을 위해 카메라, 재질, 광원 중 원하는 객체를 생성한다. 각각의 객체의 위치와 속성을 조절하고 확인하는 작업을 반복적으로 거친다. 원하는 효과를 얻은 경우 최종 렌더링 과정을 거쳐 이미지를 생성하여 활용한다. 디지털 라이팅은 최종 이미지를 얻기 위해서 CAID 도구 내의 광원을 생성하고 위치, 속성을 조정하는 작업을 의미한다. 사용자는 광원의 종류(예: 스포트라이트, 디렉셔널 라이트, 포인트 라이트 등), 빛의 밝기, 색, 감쇠비율, 확산 각도, 그림자 등의 속성을 조정하게 된다.

그러나 기존 CAID 도구 사용자들이 가상 광원을 조정할 때 많은 어려움을 겪는다. 첫 번째로 사용자가 라이트의 위치를 조정할 때 3차원 위치를 2차원 기반의 인터페이스 도구로 조작하기 때문에 사용성 문제가 야기된다. 디자이너들의 3차원적인 멘탈 모델과 컴퓨터 인터페이스 도구의 2차원적인 행동 패턴이 불일치되기 때문이다. 재질의 하이라이트나 그림자의 방향과 같은 요소들은 라이트의 정확한 위치 설정을

3) Alias | Wavefront Education, Art of Maya, Y., 2002

필요로 한다. 따라서 기존 CAID 도구에서 원하는 효과를 얻기 위해 여러 개의 화면을 동시에 조작해서 위치설정을 해야 한다. 두 번째는 라이트의 속성을 조절할 때 발생하는 문제이다. 기존 도구에서는 다이얼로그 창에 렌더링 및 라이팅과 관련된 변수들이 일괄적으로 제시되고 있다. 하지만 연산을 위한 변수의 종류가 다양하고 용어가 어려워 디자이너들이 충분히 이해하고 조정하기 어렵다. 속성을 조절하는 방법은 대부분 수치를 입력하거나 슬라이더를 움직이는 방식으로 획일화 되어 있다. 이러한 방식은 사용자가 원하는 효과를 얻기 위해 필요한 변수 조절 정도를 파악하기가 어렵다. 세 번째는 조작 결과를 확인하는 작업에서 발생하는 문제점이다. 사용자는 라이트의 위치와 속성을 조절할 때마다 결과를 확인하기 위해 1테스트 렌더링을 수행한다. 실시간으로 수행 결과를 알 수 없기 때문에 많은 작업 시간이 소요된다.

3.2 인터랙션 방법 탐색을 위한 현장 조사

렌더링 및 라이팅 인터페이스의 새로운 대안을 기존 유사한 작업환경에서 찾기 위하여 현장조사를 수행하였다. 현장조사에서는 렌더링과 유사한 라이팅 환경을 제공하는 포토 스튜디오의 작업방식, 도구, 환경 등을 관찰함으로써 디자이너들에게 보다 직관적인 인터페이스 방식과 도구에 대한 대안을 찾고자 하였다.

현장조사를 위해 대전, 서울에 위치한 세 곳의 포토 스튜디오에 방문하여 실제 촬영 작업, 도구 및 환경을 관찰하였고 네 명의 사진 촬영 전문가와 심층 인터뷰를 실시하였다. 전문 사진촬영기사 피사체를 촬영하는 과정을 관찰하고 기록하면서 작업 과정과 사용 장비들의 작동 방법 등을 조사하였다. 그리고 전문가 인터뷰를 통하여 촬영 과정의 특징과 문제점을 조사하였다.

일반적인 촬영 프로세스는 우선 무대에 피사체를 배치하여 촬영 장면을 계획하는 것으로 시작한다. 그 후, 조명을 움직이고 카메라로 촬영하는 과정을 반복적으로 수행한다. 촬영 시 뷰파인더에 눈을 대고 몸을 움직이며 촬영하거나, 삼각대에 카메라를 고정하여 촬영한다. 카메라 뷰를 바꿀 때 마다 그 장면에 맞는 적절한 광원의 효과를 위해서 조명 장비들도 동시에 재 조정한다. 조명 효과를 높이기 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, 소프트박스과 우산

등을 활용한 빛의 확산 정도만 조정한다.

[표 1] 작업 공간의 인터페이스 방식 비교

작업공간	인터페이스 방식	
	3D CAID 도구	포토 스튜디오
객체의 위치 조정	조작점을 마우스로 이동 카메라, 스포트라이트의 경우 객체의 뷰를 조정하여 위치 조정	위치를 물리적으로 움직여 변경 위치가 변경되면 그림자의 방향도 자동으로 바뀜
객체의 속성 조절	모든 객체의 속성을 수치 입력, 가로 슬라이더 등의 GUI요소로 조절	소프트박스, 우산 등의 보조 도구의 탈부착으로 광원의 속성을 정함
조작 결과 확인	수정사항을 확인하기 위해 해선 테스트 렌더링을 통해 이미지로 확인해야함	객체를 물리적으로 조작할 때 마다 적용 결과가 나타남
발견점	크기가 큰 장비를 교환하기가 힘들 CAID들에서 수치 조작 방식은 결과를 예측하지 못해서 사용하기 어려움	스튜디오처럼 객체를 실제 공간상에서 물리적으로 움직여 빛과 그림자의 방향을 조정하는 방법이 직관적임
발견점	스튜디오처럼 즉각적인 피드백 필요	

새로운 인터랙션 대안을 탐색하기 위하여 기존 CAID도구의 라이팅 인터페이스 방식과 포토스튜디오의 라이팅 방식을 비교하였다[표 1]. 스튜디오에서 조명 장비를 직접 이동시키는 것처럼 CAID 시스템에서도 3차원 위치를 직접 물리적으로 조작하는 방식을 인터페이스의 대안으로 들 수 있다. 이는 3차원 위치를 조작하는데 발생하는 실제 조작과 디지털 정보 변화 간의 불일치 문제를 해결하기 위한 해결안이 될 수 있다.

포토 스튜디오에서는 주로 액세서리 교환으로 광원의 속성을 조절하였다. 부피가 크고 물리적 노력이 필요한 액세서리의 경우 속성 조절 작업이 어려워졌다. 그러나 이 과정을 통해 자연스럽게 속성의 변화와 라이팅 결과가 연계됨을 알 수 있었다. 현재 CAID 도구의 속성 조절의 경우 GUI 방식으로 수행되어 변수 조절에 대한 결과를 쉽게 예측할 수 없다. 물리적 조작을 통해 변수 설정과 연계된 시각효과를 직관적으로 연계하는 방식을 인터페이스 대안으로 활용할 수 있다.

포토 스튜디오에서는 조명이나 카메라의 조정에 따라 실시간으로 시각적 피드백이 주어지고 있었다. CAID 도구를 활용할 경우 그림자, 하이라이트의 위치 조정 등의 효과에 대한 피드백이 실시간으로 이루어지지 않고 있다. 따라서 가상의 조명, 카메라를 조작할 때 조작 결과에 대한 즉각적인 피드백이 제공함으로써 인터페이스를 개선할 수 있음을 발견하였다.

3.3 요구 사항

두 작업 공간에서의 인터페이스 방식 비교를 바탕

으로 작업 프로세스와 인터페이스 측면의 요구사항을 도출하였다.

작업 프로세스

CAID 도구와 포토 스튜디오에서의 이미징 작업의 공통점은 피사체 주변의 환경을 반복적으로 수정하여야 한다는 점이었다. 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.

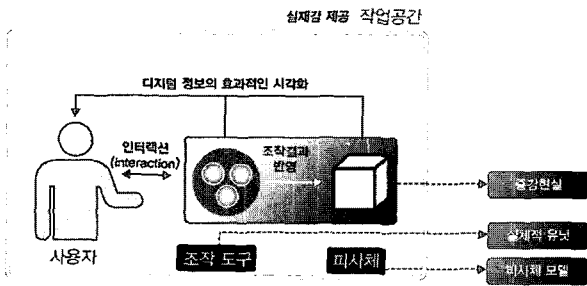
인터페이스

가상의 3차원 정보를 효과적으로 조작하기 위해서 3차원 입출력 인터페이스를 활용한다. 3차원 위치와 객체의 속성을 물리적인 인터페이스를 활용하여 직관적으로 조작한다. 특히 기존 CAID도구에서 조절하기 어려웠던 속성 정보들을 사용자들이 직관적으로 조작할 수 있게 하고 조작 결과에 대해서 즉시 적용된 결과를 볼 수 있도록 하는 것이 요구된다.

4. TLS(Tangible Lighting Studio) 제안

4.1. TLS(Tangible Lighting Studio) 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 주요 특징은 다음과 같다.



[그림 3] TLS 컨셉 구조도

증강현실과 실체적 인터페이스 활용

3차원 위치 정보와 속성을 효과적으로 조작하고 표현하기 위해서 증강현실과 실체적 인터페이스를 활용하였다. 사용자는 자신이 조작하는 도구와 가상의 피사체를 동시에 보면서 라이트 조정 작업을 수행한다. 이는 Ullmer와 Ishii에 의해 제안된 'TUI Interaction Model⁴⁾'의 물리적 표현과 조작, 디지털

정보의 표현을 결합한 형태이다. 사용자는 증강현실을 통하여 3차원 위치를 직접 조작하고, 입체적인 가상의 물체와 실제 조작 도구를 동시에 볼 수 있다.

조작해야할 속성의 분배

TLS에서 제공하는 속성들을 가시화, 비가시화 정보로 증강현실 작업공간에 분배하였다. 사용자들은 조작 도구의 3차원 위치 등을 실제로 확인하면서 기존의 CAID 도구에서 가시화되지 않았던 속성변수들 즉, 조명의 밝기, 확산 각도, 재질의 반사 방향 등의 정보들을 확인하고 직접 조작할 수 있다.

직관적인 속성 조작 방식

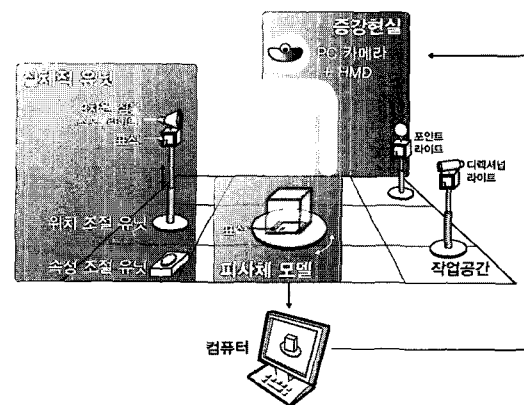
기존 그래픽 인터페이스에서 활용된 수학적인 변수 조정 방식을 최소화하고 직관적으로 조작할 수 있도록 하였다. 포토 스튜디오의 조도계와 유사한 인터페이스를 가지는 속성 조절 장치를 개발하였다. 이 장치는 다양한 속성변수를 조정하는 통합 컨트롤 장치로 활용된다. 즉 사용자는 하나의 속성 조절 장치를 이용하여 여러 속성들 전환하며 조절할 수 있게 한다.

조작 결과의 실시간 확인

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

4.2. Tangible Light Studio 시스템 구성

TLS의 시스템 구성은 [그림 4]와 같다.



[그림 4] TLS 시스템 구조도

3차원 정보를 입체적으로 증강현실 공간에 표현하기 위하여 비디오투시형(Video See Through) HMD (Head Mounted Display)를 활용하였다. 사용자는

4) Brygg Ullmer, Hiroshi Ishii, Emerging Frameworks for Tangible User Interfaces, IBM Systems Journal, Vol.9, No.3&4,

HMD를 착용했을 때 실제 시야와 가상의 3D 모델이 합성된 화면을 볼 수 있다. [그림 5]는 사용자가 TLS 시스템을 사용하는 행태와 HMD를 통해 보게 되는 증강현실 환경을 보여준다. 가상의 3D 모델은 작업 공간 중심에 놓여 있는 표식(Marker) 위에 표시된다.



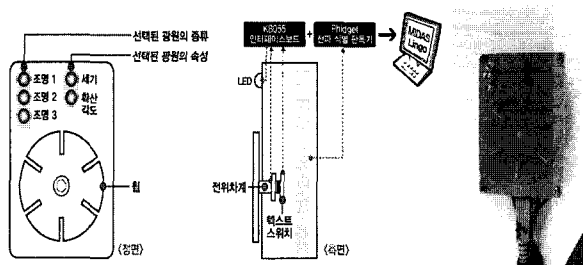
[그림 5] HMD의 착용 모습과 디스플레이 화면

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 형태로써 그 자체를 움직여 3차원 위치 정보를 조절하게 하였다 [그림 6].



[그림 6] 위치 조절 유닛의 구조

속성 조절 유닛은 광원의 밝기나 확산 각도 등의 속성을 물리적으로 조작하기 위한 유닛이다[그림 7]. 속성의 수치 값을 조절하기 위하여 휠을 돌리는 인터페이스 방식을 적용하였다. 기존의 CAID 도구에서는 직접 수치를 입력하거나 가로 슬라이더를 조정하였으나, TLS에서는 휠을 돌리는 각도의 변화 값을 통하여 수치를 입력한다.



[그림 7] 속성조절 유닛의 구조

사용자는 실체적 유닛을 통해 입력 받는 객체의 정보를 실시간으로 가상 모델에 적용하여 HMD를 통해서 확인한다. 피사체의 재질이 빛을 반사하는 정도를 3차원 기하학적 모델로 표현하여 하이라이트의 위

치를 쉽게 알 수 있게 한다. 그리고 사용자가 원하는 빛의 반사 방향을 설정하면 광원의 위치를 역추적 하여 표시하도록 하였다.

4.3. 프로토타입 구현

시스템에 사용된 증강현실을 구현하기 위하여 Adobe Director 멀티미디어 저작환경과 DART(The Designers Augmented Reality Toolkit)를 활용하였다 [10]. HMD에 장착된 소형 PC 카메라를 통해 인식된 마커에 따라 광원, 피사체 등 가상객체의 3차원 위치 정보를 계산한다.

위치 조절 유닛은 광원과 스탠드로 구분된다. 광원 부분은 3차원 심볼, 표식, 전파 식별 태그(Radio Frequency Identification Tag)로 구성된다. 마커는 DART를 통한 3차원 위치를 인식하는데 사용되며, 전파 식별 태그는 속성 조절 유닛으로 각 광원의 종류를 파악하기 위해서 사용되었다.

속성 조절 유닛의 휠(Wheel) 인터페이스를 구현하기 위해 Velleman사의 K8055 인터페이스 보드와 회전 방식 전위차계(potentiometer), 택트 스위치(tact switch)를 활용하였다. 입력된 회전값은 MIDAS(Media Interaction Design Authoring System)를 통해 디렉터 환경에 입력된다[11]. 광원의 종류를 구별하기 위해서 속성 조절 유닛에 Phidget사의 전파 식별 판독기(Radio Frequency Identification Reader)가 부착되었다.

4.4. 활용 시나리오

TLS의 구체적인 활용 방안에 대한 시나리오는 다음과 같다.

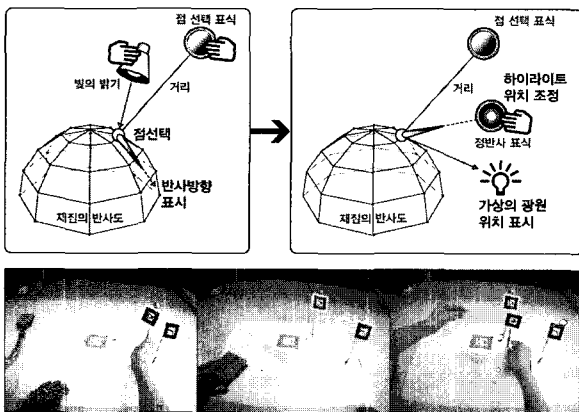
조명의 위치/밝기/확산 각도 조절

렌더링 작업을 하기 위하여 CAID 시스템 내 모델에 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 접근 시킨다. 스포트라이트를 나타내는 LED가 발광하여 라이트가 선택된 것을 인지한다. 휠을 돌려서 원하는 밝기를 조절한다. 스포트라이트의 빛 확산 각도가 좁아 피사체에 빛의 경계선이 생기게 되면 확산

각도를 조정하기 위해서 휠을 돌려서 조절할 속성을 변경시킨다. 속성이 변경되었음을 LED를 통해서 확인하고 휠을 돌려 빛의 확산 각도를 넓힌다. 디자이너는 조정 작업을 마치고 모델을 실제 물체를 보듯이 여러 방향에서 점검하고 원하는 조명의 효과가 적용되었는지 확인한다.

반사 모델 조정

TLS는 기존 렌더링 인터페이스와 다른 작업방식도 제공한다. 예를 들어 렌더링 작업 중 카메라에서 제일 가까운 모델의 꼭짓점에서 카메라 방향으로 강하게 하이라이트를 설정하고자 할때 TLS를 활용할 수 있다. 하이라이트 지점을 그 꼭짓점에 설정하면 꼭짓점에서의 반사되는 하이라이트의 방향이 원뿔의 형태로 표현된다. 하이라이트의 세기를 강하게 하기 위해서 속성 조절 유닛을 사용해 빛의 세기를 강하게 조절하면 원뿔의 형태도 커진다. 하이라이트의 방향을 카메라 쪽으로 하기 위해서 하이라이트 표식을 모델과 사용자 사이에 배치할 수 있다. 이 경우 원뿔은 자동으로 하이라이트 표식을 향하게 된다. 원뿔 방향으로 하이라이트를 만들게 하기 위한 라이트의 위치가 역 추적되어 구로 표현된다.



[그림 9] 반사 모델 조정

그림자 조정

장면의 실제감을 주기 위해서 렌더링 이미지에 그림자를 추가하고자 할 경우에 TLS를 사용할 수 있다. 우선 사용자는 피사체 모델과 라이트를 나타내는 표식을 작업 공간에 배치한다. 라이트를 움직이면 피사체 모델에 그림자의 모양과 방향이 변화한다. 사용자는 피사체의 여러 방향을 살펴며 원하는 그림자 형태를 찾는다. 속성 조절 유닛을 피사체 모델 표식 위에 접근시키고 휠을 돌림으로 인해 경계선의 품질이나 그림자 밝기 등을 조절할 수 있다. 사용자는 빛의 움직임에 따른 그림자의 변화를 즉각 확인하고 조정할 수 있게 되었다.

5. Tangible Light Studio의 유용성 평가

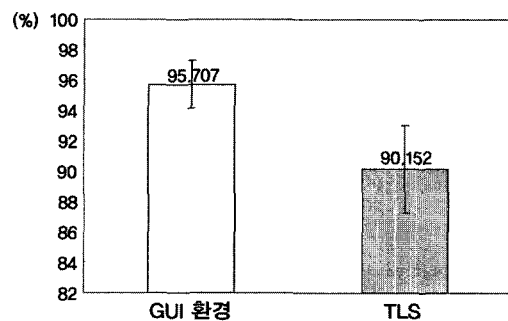
5.1. 실험 목적 및 방법

유용성 평가 실험에서는 실험 참여자들에게 같은 라이팅 작업을 기존의 GUI 방식을 채용한 도구와 TLS를 채용한 도구 각각에서 수행하게 하여 두 시스템의 장 단점을 비교하였다. 실험 참가자는 3D CAID 도구 사용경험이 1년 이상인 실무디자이너와 산업디자인 전공생들 6명으로 구성되었다. 실험 테스트로 렌더링 결과를 제공하고 그와 같은 이미지를 생성하기 위하여 광원의 배치와 밝기, 조명, 각도 등을 사용자가 조절하게 하였다.

사용성 평가 항목은 ISO에서 제시된 바와 같이 유효성(effectiveness), 효율성(efficiency), 만족도(satisfaction)로 구분하였다. 유효성은 GUI 환경과 TLS를 통해서 생성한 렌더링 이미지와 원본 이미지 간의 일치도를 비교하여 평가하였다. 효율성은 작업 수행시간을 비교하였다. 만족도 측정을 위해 실험 참여자가 렌더링 수행에서 중요하게 생각하는 요소를 추출하고 이들 간의 선호도를 분석하였다. 그리고 두 시스템이 선호하는 요소를 반영하고 있는 정보를 분석하여 만족도를 비교하였다.

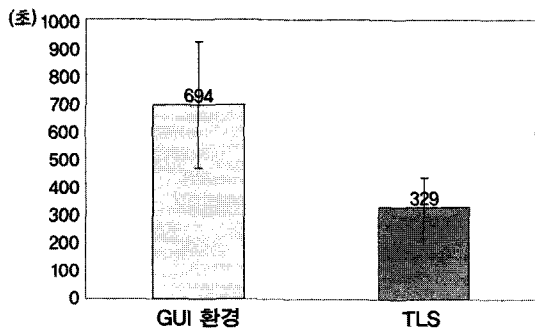
5.2 사용성 평가 결과

유효성 측면에서는 그림 10에서 알 수 있듯이 모든 실험 참여자가 GUI 환경에서 원하는 이미지에 보다 근접한 결과물을 얻은 것을 알 수 있었다. 반면 TLS에서는 결과가 GUI 환경에서보다 편차가 커서 개인별 차이가 크을 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.



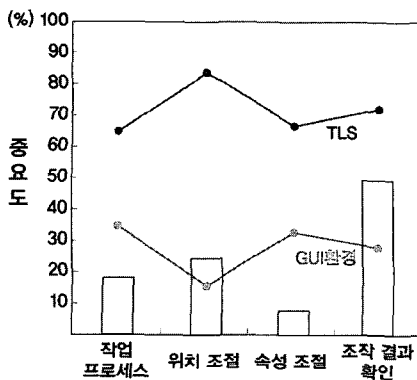
[그림 10] 이미지 일치도 비교

효율성은 두 환경에서 렌더링 작업 수행에 소요되는 시간을 측정하여 비교하였다. 모든 실험 참여자가 TLS보다 GUI 환경의 렌더링 작업에 많은 시간을 소비하였다[그림 11]. 여러 실험 참여자들이 많은 시간을 GUI 환경의 프로그램 구조나 기능을 파악하는데 소비하여 작업의 효율이 떨어졌다. 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 시뮬레이션해보거나, 3D CAID 도구의 초기 학습 도구로써 활용될 수 있음을 시사한다.



[그림 11] 작업 소요 시간 비교

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 정하였다.



[그림 12] 사용자 만족도 비교

그림 12에서 보이는 바와 같이 대부분의 실험 참여자들은 요구 사항 중에 조작 결과 확인이 제일 중요한 요소라고 생각하였다. 모든 실험 참여자들이 GUI 환경 보다 TLS의 우선순위가 높다고 답하였다. 이는 TLS가 GUI 환경보다 요구 사항을 잘 반영하고 있음을 의미한다.

5.3. 인터뷰 결과

전반적인 개선점 작업과정, 그림자, 반사모델의 효용성 등에 대한 정성적인 피드백을 얻기 위해 실험 참가자를 대상으로 인터뷰를 실시하였다. 데모를 시연한 후, 이에 대한 의견이나 개선사항을 중심으로 인터뷰를 진행하였다. 그림자 모델에 대해서는 모든 사용자가 현실감이 낮다고 응답하였다. 실무 디자이너인 실험 참여자는 반사모델에서 빛의 반사량과 반사 각도를 직관적으로 확인해가며 작업할 수 있다는 점이 매우 유용할 것이라고 응답하였다. 특히 현재 상용 소프트웨어의 GUI환경과 연동된다면 작업의 효율을 높일 것이라고 답하였다. 모든 실험 참여자들이 그림자와 반사 모델의 유용성에 대해서 긍정적인 평가를 하였으나, 기술적인 구현의 완성도를 높여야 한다고 지적하였다.

5.4. 토 의

실험을 통해서 TLS는 직관적인 정보 조작 방식을 제공하고 있으며 학습 성이 높다는 점을 발견하였다. 기존 CAID도구의 경우 정보들이 변수조절 다이얼로 그 창에 복잡하게 산재해 있어 사용자가 처음 사용할 경우 원하는 기능을 쉽게 찾을 수 없고, 많은 시행착오를 거쳐야만 결과물을 얻을 수 있다. TLS를 활용할 경우 실제적 인터페이스를 통하여 조작도 결과를 즉각 연계하여 확인할 수 있어 사용성이 높고 작업 시간이 단축된다.

하지만 HMD나 조작 유닛 등의 새로운 장비를 사용해야 하는 번거로움이 발생한다. 사용자들은 HMD의 착용을 꺼려하며, 여러 라इट를 동시에 조작할 때 작업 공간상에 배치하는 데 어려움을 느꼈다. 그리고 TLS의 실시간 이미지는 기존 CAID 도구의 렌더링이미지와 비교할 때 낮은 화질을 제공한다. 사용자들은 기존 CAID 도구에서 제공하는 여러 렌더링 효과를 구현하기에 현재의 TLS는 미흡하다고 응답하였다. 하지만 조명의 효과만 시뮬레이션 하는 데 있어서는 초보자들도 쉽게 사용할 수 있는 유용한 도구라고 응답하였다. 특히 CAID 도구에 대한 깊은 이해가 없는 포토그래퍼, 원화 작업가들이 쉽게 사용할

수 있을 것이라 응답하였다. 실험에서 발견한 세부 개선사항은 표 2와 같다.

[표 2] 실험을 통해 파악된 세부 개선 사항

분류	문제점	개선안
시각적 피드백	표식 인식 상태를 확인할 수 없음	인식되면 표식위에 광원의 종류 표현
	설정된 광원의 속성 알 수 없음	광원의 속성을 표식 옆에 표현
사용성 개선	표식이 서로 가리거나 유닛이 넘어짐	새로운 3차원 위치 인식 기술 탐색
	피사체의 뒷부분만 볼 수 있음	
기술적인 한계점	인식되는 좌표의 오차가 큼	새로운 3차원 위치 인식 기술 탐색
	다양한 렌더링 효과 구현 불가능	새로운 소프트웨어 개발환경 탐색

6. 결론

본 연구에서는 CAID의 주요 작업이라고 할 수 있는 렌더링 및 라이팅 작업을 위한 증강현실 기반 인터페이스 도구를 제안하고 그 유용성을 파악하였다. 라이팅에 사용되는 여러 객체를 실체적 인터페이스를 활용해 조작하는 TLS를 구현하였다. 유용성 평가를 통해 TLS의 인터페이스 방식은 기존 GUI 방식과 비교하여 학습성이 높고 직관적이어서 초보자들도 쉽게 활용할 수 있음을 알 수 있었다. 하지만 HMD와 여러 물리적 객체를 활용하는데 따른 한계와 구현된 시스템의 기술적 완성도 측면 개선점이 파악되었다. TLS와 기존의 CAID 도구가 접목되어 사용되기 위해서는 새로운 소프트웨어 개발환경과 3차원 위치 인식 방법에 대한 탐색이 필요하다. 다양한 스케일의 모델에 적용하기 위해서 가상의 크기를 적절히 매핑할 수 있는 인터페이스 방법도 고려되어야 한다. TLS에서 조작된 라이트의 위치와 속성을 CAID 도구에서 불러와 활용하거나, CAID 도구 내에서 TLS가 조작될 수 있도록 구현되어야 한다. 그리고 정확한 3차원 위치 인식과 그림자 등의 표현을 보완할 필요가 있다. 라이팅과 관련된 변수 속성들을 물리적 인터페이스로 적절히 매핑하는 것이 필요하다. TLS가 CAID의 디지털 라이팅 인터페이스 개선에 초점을 맞추어 개발되었지만 스튜디오 조명 교육, 광원과 카메라의 효과를 활용하는 건축 시뮬레이션, 영화 기획을 위한 애니메이션 분야 등에도 유용하게 활용될 수 있으리라 기대된다.

참고문헌

- Donald A. Norman, The Design of Everyday Things, MIT Press 2002
- Ullmer, B. and Ishii, H., Emerging Frameworks for Tangible User Interfaces, in IBM Systems Journal, Vol. 9, Nos. 3&4, 2000, pp. 915-931
- Azuma, R. Bailiot, 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
- Pierre Poulin, Alain Fournier, Lights from Highlights and Shadows, Proceedings of the 1992 Symposium on Interactive 3D Graphics, pp.31-38
- 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
- www.autodesk.com
- 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
- Gregory, A.D. Ehmann, 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
- www.kommerz.at
- 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
- 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
- Kunwoo Lee, Principles of CAD/CAM/CAE systems, Pearson Education Korea, 2000
- StudioTools Documentation Team, Alias StudioTools Official Guide, Y., 2004