

---

## 공간 배치를 위한 혼합현실 기반의 인터페이스

### A Mixed Reality Based Interface for Planing Layouts

강 현, Hyun Kang\*, 이 건, Gun A. Lee\*\*, 손욱호, Wookho Son\*\*\*

---

**요약** 공장 내 생산설비 배치나 건물 내 인테리어 디자인에서, 생산성 및 전체 디자인을 손상하지 않고 장비들을 신규 도입 혹은 재배치하는 것은 고비용의 작업이다. 이러한 실제 물체들을 가상공간에서 배치 시뮬레이션 하기 위한 방법으로 본 논문에서는 혼합현실 기반의 인터페이스를 제안한다. 제안된 인터페이스는 공장 내 생산설비 배치를 위한 시뮬레이션 알고리즘이 적용되었다. 제안된 인터페이스의 하드웨어는 이동식의 PC 플랫폼위에 사용자 입력을 위한 터치스크린과 비디오카메라가 장착되어 영상을 실시간적으로 보여주는 디스플레이(video see-through display)를 사용한다. 가상물체와 실제물체가 정교히 합성된 혼합 현실 영상에서 터치 입력을 통해 가상 물체들을 회전 및 이동을 통해 재배치한다. 구현된 인터페이스를 통해, 우리는 제안된 인터페이스가 공간 배치 응용 분야에서 유용성이 있음을 확인하였다.

**Abstract** Space planning is one of the popular applications of VR technology including interior design, architecture design, and factory layout. In order to provide easier methods to accommodate physical objects into virtual space planning task, we suggest applying mixed reality (MR) interface. We describe our hardware and software of our MR system designed according to requirements of the application domain. In brief, our system hardware consists of a video see-through display with a touch screen interface, mounted on a mobile platform, and we use screen space 3D manipulations to arrange virtual objects within the MR scene. Investigating the interface with our prototype implementation, we are convinced that our system will help users to design spaces in more easy and effective way.

**핵심어:** *Space planning, Touch interface, Mixed Reality, Augmented Reality, Plant Scheduling*

---

본 논문은 정보통신부 지원 한독 국제 공동 연구 "실감형 Virtual Engineering 기술 개발"과제의 연구 결과물임.

\*주저자 : 한국전자통신연구원 디지털콘텐츠단 가상현실연구팀 선임연구원 e-mail: hkang@etri.re.kr

\*\*공동저자 : 한국전자통신연구원 디지털콘텐츠단 가상현실연구팀 연구원 e-mail: endovert@etri.re.kr

\*\*\*교신저자 : 한국전자통신연구원 디지털콘텐츠단 가상현실연구팀 선임연구원 e-mail: whson@etri.re.kr

## 1. 서론

가상현실 연구 분야중의 하나인 혼합현실 기술은 실제공간과 가상공간을 합성하여 사용자에게 새로운 서비스를 제시해주고 있다[1]. 실제와 가상이 혼합된 공간에서 사용자는 컴퓨터에 의해 생산된 정보를 실제 환경에서 인지하고 상호작용한다. 혼합현실은 지난 몇 년간 초기 교육이나 엔터테인먼트 분야에서의 많은 응용분야가 있었고 점차 산업, 의료 및 국방에 관련된 응용 연구가 생기고 있다.

가상현실 기술의 산업적 응용 중에 가상현실에서 공장 설비의 배치를 다루어 공장 설비 배치, 구조개선, 신규 공정 배치 등에 쓰이고 있다. 이러한 목적으로 완전한 가상 공간상에서 배치를 다루는 상용 CAD 관련 프로그램들이 있다. 가정이나 사무실의 공간 배치를 위한 3차원 가상환경을 구성하는 3D Home Architect ([www.3dhaonline.com](http://www.3dhaonline.com)), plan3D ([www.plan3d.com](http://www.plan3d.com)), InSitu ([www.transtechology.fr](http://www.transtechology.fr)), IKEA Office & Home Planner ([www.ikea.com](http://www.ikea.com)), Google Sketchup ([www.sketchup.com](http://www.sketchup.com)) 등의 프로그램이 있으며, 공장 설계 시에 설비 배치 및 공정 설계를 다루는 전문 프로그램인 DELMIA ([www.delmia.com](http://www.delmia.com)), Technomatix FactoryCAD ([www.ugs.com](http://www.ugs.com))와 AutoCAD ([www.autodesk.com](http://www.autodesk.com))가 있다. 이들 소프트웨어들은 완전한 가상공간에서 3차원으로 만들어진 물체들(예를 들어, 가구, 벽, 책상, 공장 설비 등)의 배치를 미리 해보고 판단하는 기능을 가진다.

이와 같은 응용 프로그램들의 장점은 가상공간상에서 쉽게 물체들을 바꾸고 배치할 수 있어 재배치 수정에 대한 비용이 적다. 그래서 여러 형태, 경우에 대하여 수많은 시행착오를 통해서 실제 배치할 때의 오류를 줄일 수 있다. 그러나 현실세계의 3차원 화에 대한 데이터 생성 오류(예를 들어, 형태의 정확한 수치화)와 환경 및 물체의 색상 오류 등으로 정확한 판단이 어렵다. 특히 현실 물체의 3차원 모델링 작업은 시간 및 비용이 많이 든다. 3D 스캐닝 같은 작업이 현실화 되었지만, 소형 물체에 대해서 한정이 되었고, 이 또한 스캐닝 시에 전문적인 작업이 필요한 실정이다. 게다가 공장의 설비 등의 대형 물체에 대해서는 어렵거나 불가능한 경우도 존재한다. 조선의 경우 수십 대의 카메라를 이용하여 3D 스캐닝을 하여 거대한 선박 블록에 대한 3차원 데이터화를 진행한 사례가 있으나, 수천~수만 개의 마커를 직접 붙여야하는 등 시간과 비용이 많이 든다.

이러한 문제를 극복 또는 최소화 하기위해서, 본 논문에서는 사용자들이 가상 물체들을 현존하는 실제 환경에서 배치함으로써 혼합현실 기법의 장점을 이용하고자 한다. 제안된 혼합현실 인터페이스는 사용자로 하여금 그들의 가상 배치 환경을 실제 환경 위에 합성하여 공간 배치 작업을 가능하게 하여, 현실세계에 존재하는 환경과 물체의 3차원 모델링에 대한 부담을 획기적으로 줄이고자 한다.

## 2. 본론

제안된 공정 배치를 위한 혼합 현실 인터페이스의 상세 설계를 보이기 이전에 제조 공정에서 필요한 공정 배치의 요구사항에 대해서 보이려 한다.

먼저 시스템은 배치되어야 하고 계획의 대상이 되는 실세계 사이즈의 혼합 현실 환경을 지원해야한다. VOMAR라는 시스템을 제안한 Kato 등의 연구에서 책상 사이즈의 혼합 현실 공간을 제시하여 가구 관련 카탈로그에서 가상 가구를 손으로 집어 실제 책상위에서 배치하는 작업을 보였다 [2]. 집에 대한 인터리어 시에는 가구들의 배치를 볼 때, 실 사이즈 보다는 책상 정도의 미니어처에서 보이는 것이 효율적일 수 있으나, 실제 배치하려는 건물 실내 공간을 사용자에게 제시하여 보다 직관적이고 인간 중심적인 배치에 대한 평가를 내릴 수가 있을 것이다. Metaio사에서 개발한 Roivis ([www.metaio.com](http://www.metaio.com))는 공장 안을 촬영한 고해상도 사진을 통하여, 공장 내의 공정 설비에 대한 배치를 다루는 혼합현실 응용 프로그램을 개발하였다. 그러나 Roivis의 경우 사진에 의해 제시되는 고정된 화면상의 배치만을 다루게 되므로, 사용자가 다른 각도에서의 배치모습을 관찰하고자하는 다양한 요구를 만족할 수가 없다.

둘째, 공정 배치를 위한 혼합현실 인터페이스는 여러 명의 설계자가 함께 볼 수 있어야 한다. 공정 배치를 하는 경우에는 공장 설계에 참여하는 설계자들이 함께 의견을 교환하고 배치에 대한 검증을 내려야한다. 일반적으로 제조공정은 제품들이 컨베이어 벨트 위에서 조립을 위한 각종 공정들이 복잡하게 얽혀있다. 이 각 공정 전문가들이 새로운 배치에 대하여 각 조립공정에 대한 유용성 여부를 같이 협의할 수 있는 공간을 마련해야한다. 이러한 다자참여 조건은 설계 후 최종 결정권자나 실제 사용자들 다수에게 같이 보여줄 수 있는 서비스를 제공할 수도 있다.

셋째, 이 인터페이스는 독립적으로 이동이 가능해야한다. 이는 실제 설치되어야할 목표 공간이 이 인터페이스가 탑재된 컴퓨터 시스템보다 크기 때문에 쉽게 이동 가능해야 한다. 이런 점은 공장설계나 실내 인테리어 디자인을 위한 인터페이스로 필수적이다. 이런 이동성은 사용자에게 설계 공간의 다양한 지점을 돌아다니며 배치에 대한 설계와 검증을 할 수 있게 도와준다. 실내 뿐 아니라, 실외 및 야외에서도 이동성을 지원하기 위해서 제안된 인터페이스는 혼합현실에 필요한 모든 장치들을 모두 시스템 안에 집적하여 독립적인 구동이 가능하게 해야 한다. 실외에서 위치를 트래킹하기 위해 재설치하고 다시 이동해야하는 데에 재작업이 필요하다면, 공간 배치 설계에 추가적인 시간과 노력이 들기 때문이다.

마지막으로, 제안된 인터페이스를 착용형으로 제작하거나, 추가적인 장치를 주위에 두어서는 쉽고 편안하게 상호작용할 수 없을 것이다. 이전의 연구에서 HMD 같은 착용형 장치는 사용자에게 부가적인 장비의 착용을 강요하게 된다. 또한 다자참여를 위한 추가적인 트래킹 연산 및 시스템 전체 비용을 상승하게 하는 요인을 나타낸다. 본 제안에서는 사용자 인터페이스를 설계할 때 사용하기 쉽고 편안하게 만드는 것을 고려하여, 제안된 인터페이스에 추가적인 착용형 장비나, 주위에 어떤 장비를 고려하지 않는다.

이러한 시스템에 대한 요구사항을 만족하는 인터페이스를 제조공정에 필요한 공정배치 분야에 적용하여 제안된 인터페이스의 효율성을 살펴볼 것이다. 다음 3장에서 하드웨어의 상세와, 소프트웨어의 기능, 실제 구현에 대해서 설명할 것이다.

## 2.1 인터페이스 하드웨어 플랫폼 설계

이 절에서는 앞서 얘기한 요구사항을 만족할 수 있는 하드웨어 설계를 다룬다. 제안된 인터페이스는 비디오카메라, 평면형 디스플레이, 트래킹 센서와 터치스크린 입력 장치가 이동성을 가진 PC 플랫폼위에서 꾸며진다. 그림 1은 제안된 인터페이스의 간단한 하드웨어 구성도를 보여준다.

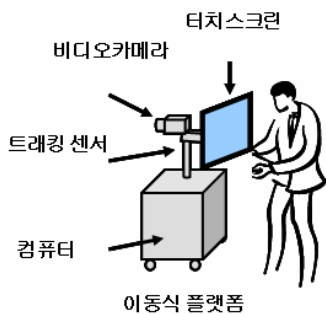


그림 1. 제안된 인터페이스의 하드웨어 구성도: 이동식 플랫폼위에 일반 PC와 3 자유도 관절을 가진 디스플레이 마운트가 구성됨. 디스플레이 마운트에는 비디오카메라, 터치스크린이 부착된 디스플레이, 트래킹센서가 부착.

이러한 하드웨어 플랫폼에서 우리는 기존의 혼합현실에서 흔히 이용되었던 HMD를 사용하지 않고, 일반 평면형 디스플레이를 사용한다. 이 디스플레이 뒷면에는 고해상도 카메라가 붙어 있어 카메라를 통해서 들어온 영상을 평면형 디스플레이에서 직접 봄으로써 비디오 투과형 디스플레이(video see-through display)를 구성한다[3]. 데스크톱 모니터가 넓은 시역을 보장해주어서 커다란 가상 혹은 실사 물체(용접용 로봇 팔 혹은 가구)를 보일 수 있고, 다자 참여가 가능하여 화면을 공유할 수가 있다.

그러나 이러한 비디오 투과형 디스플레이도 공장 전체의 뷰

를 보여주기 위해서는 고정된 형태 보다 이동식의 플랫폼을 갖추는 것이 장점을 많이 가지게 된다. 일종의 카드 위에 컴퓨터와 비디오 투과형 디스플레이를 장착하여 이동이 가능하게 한다. 이는 커다란 공장 혹은 실내를 돌아다니면서 다자참여지원도 할 수 있는 서비스를 제공할 수 있다. 또한 실외/야외의 응용에서도 이런 플랫폼이 잘 맞는다.

이동식 플랫폼에 의해서 카메라는 쉽게 위치(position)을 움직일 수가 있다. 카메라의 자세(orientation) 변경을 위해서 3자유도의 자유 관절(카메라 삼각대의 3앵글 헤드와 같은)을 비디오 투과형 디스플레이와 이동식 플랫폼사이에 연결을 한다. 이로써 BOOM[4]과 비슷하게 카메라에 대한 6자유도 운동이 가능하여 사용자는 원하는 여러 각도의 화면을 제공 받을 수 있다.

혼합 현실을 위한 화면 정합(registration)을 위해서 카메라의 위치와 자세를 알아내는 것이 중요하다. 이는 가상물체를 실제 공간상에 실제로 존재하는 것처럼 보이는데 중요한 요소이다. 이를 위해서 트래킹 센서를 하드웨어 플랫폼에 추가한다. 제시된 요구사항에 따라 전체 시스템은 이동식이어야 하고 모든 기능을 지원하는 하드웨어가 하나의 플랫폼에 통합되어있어야 한다. 그래서 일반적으로 쓰이는 자기장 수신기(magnetic field transmitter) 등으로 트래킹을 하지는 않는다. 이는 실내의 혼합현실 응용에서 중요하다.

이러한 제시된 요구사항과 혼합현실 정합을 위한 자세 센서로는 몇가지 종류가 있다: 지자기 센서(earth-magnetic field sensor)와 자이로 스코프등. 이들 센서는 작고 간단하여 제안된 하드웨어에 잘 맞으며 추가적인 설치물이 필요없다. 그러나 이러한 하드웨어 구성은 위치를 알아내기에 어려운 점이 있다. 가속도(Accelerometer) 및 관성센서(inertial sensor) 나 GPS 센서 등이 후보이나, 가속도 센서의 경우 누적에러가 발생하며, GPS 센서는 실내에서는 인공위성 신호가 미약하고 위치 정밀도가 많이 떨어진다.

카메라의 위치와 자세를 트래킹 하는 데에 컴퓨터 비전 기술은 좋은 대안이다. 마커 기반의 비전기술이 대표적인데 ARToolkit ([www.hitl.washington.edu/artoolkit](http://www.hitl.washington.edu/artoolkit))같은 솔루션이 많은 응용을 하고 있다. 그러나 외부에 마커 같은 부가적인 장치를 배제하고자 하는 제시된 요구사항에 따라, 마커 사용은 부적절하다. 특히 마커사용은 공장 혹은 실내에서는 카메라의 잦은 방향 변경에 따라 쉽게 화면 밖으로 나가거나, 조명과 카메라 해상도의 영향을 많이 받는다. 마커 프리 컴퓨터 비전 기술 또한 이 분야에서 활발한 적용을 보이고 있으나, 실시간 트래킹의 어려움으로 제안된 인터페이스에서는 채택하지 않는다.

시스템의 트래킹을 위해서 한 가지 트래킹 방법만 의존하는 충분한 효과를 내지 못하므로, 우리는 몇 가지 트래킹 방법을 활용하여 서로 보상할 수 있도록 하였다. 제안된 인터페

이스는 자이로스코프와 지자기 센서를 통해서 사용자가 디스플레이를 회전하였을 때 트래킹을 계산하고 있다. 사용자가 정해진 화면상에서 관찰하고 배치를 위한 작업을 할 때, 위치 정합작업을 사용자가 스스로 할 수 있도록 하였다. 우리는 이 관련 기술을 차후에는 비전기술을 도입하여 해결하고자 한다.

혼합 현실 영상 안에서 가상물체의 조작과 배치를 위해서 사용자에게 입력 인터페이스를 제공해야 한다. 제시된 요구 사항 외에도 응용 프로그램에서 사용되는 오브젝트는 크기가 크며 (예를 들어, 가구, 기계설비 등) 이 오브젝트가 배치되어야 할 공간(예를 들어, 실내, 공장)도 비교적 크다, 이 경우에 Tangible AR [2]처럼 상대적으로 작은 AR시스템에서 흔히 사용되는 직접적인 3차원 조작은 제안된 인터페이스에 적용되기 힘들다. 또한 소형 키보드나 착용형 입력장치들도 제시된 ‘추가적인 장치의 착용 및 사용의 배제’ 요구사항에 맞지 않다. 터치스크린 입력장치는 간단하면서도 직관적인 사용자 인터페이스를 제공하며, 제안된 하드웨어 플랫폼에서 쉽게 적용될 뿐만 아니라, 제시된 요구사항에서도 잘 부합된다. 터치스크린 입력장치를 통해서 사용자는 쉽게 혼합현실 화면에서 가상 물체를 손으로 짚어서 드래킹하여 혼합 현실 환경과 상호작용할 수 있다. 이러한 터치스크린 입력장치 기반으로 3차원 조작 방법을 사용하여 3차원 모델링 작업과 비슷한 일을 수행한다. 이에 대한 상세한 내용은 다음 절에 기술된다.

가상물체를 조작하는 것 외에도 사용자는 기존의 메뉴, 대화상자등을 마우스 및 키보드를 통해서 2차원 그래픽 사용자 인터페이스를 사용할 수가 있다. 마우스 인터페이스는 간단하게 터치스크린과 상호호환이 가능하다. 키보드는 공간배치를 위한 간단한 기술을 위한 텍스트 입력 혹은 가상물체들의 파라미터 입력을 위한 수치 입력 시에 요긴하게 쓰인다.

## 2.2 가상화 및 상호작용 설계

앞 절에서 기술한 하드웨어 플랫폼위에서 혼합현실 화면을 구성하고 상호작용을 처리하는 소프트웨어 인터페이스를 이 절에서 기술하며 가상화와 상호작용에서의 설계 이슈에 대해서 논한다.

### 2.2.1 혼합 현실 가상화

혼합현실 가상화는 카메라의 내부 사영 변수들과 외부 위치와 자세에 대한 변수 값을 구하는 과정인 카메라 캘리브레이션 포함해야한다. 이러한 파라미터에 따라서 가상물체를 카메라 화면상에 렌더링 함으로써 실제 화면 위에 가상물체가 정합될 수 있다.

카메라 캘리브레이션의 내부 변수는 시스템의 전처리과정에 해당되는 것으로 시스템의 동작과 상관없이 오프라인으로

처리될 수가 있다. 그러나 외부변수들은 실시간으로 동작되어야 정확한 정합결과를 낼 수가 있다. 제안된 인터페이스에서 정합 과정은 간단한 사용자 입력에 의해서 결정된다. 실제 화면을 담은 비디오 영상에서 실제 위치와 이에 해당되는 가상 환경의 한 위치를 사용자가 직접 정해주면 된다. 사전에 알고 있는 바닥으로부터의 카메라 높이와 같은 시스템의 휴리스틱 정보와 사용자의 실제 위치와 가상 위치간의 관계를 이용하여 현재 카메라의 외부 변수를 구할 수가 있다. 이는 앞으로 컴퓨터 비전 기술을 응용하여 추가 구현할 것이다.

혼합 현실의 3차원 공간 정보들을 2차원 평면 디스플레이상에 보이기 때문에 사용자는 깊이정보에 대해서 착오가 발생할 수가 있다. 제안된 인터페이스에서 나타난 이러한 사례로는 가상물체들이 실제로 정확히 정합되었으나 사용자가 가상물체들이 공중에 떠있는 느낌을 받는 경우가 있었다. 우리가 찾은 주요한 이런 이유로는 실제물체들은 조명의 영향으로 고유의 그림자를 나타내고 있었으나, 가상물체들은 그림자가 없어서 공중에 떠있는 느낌을 주고 있었다. 이러한 문제를 해결하기위해서 제안된 인터페이스에서는 간단히 그림자를 추가 하였고 이러한 문제를 해결할 수가 있었다.

혼합현실가시화에서 다른 이슈로는 실제물체와 가상물체간의 겹침(occlusion)문제이다. 이는 혼합현실에서 오랫동안 연구되어왔던 주제중의 하나로 실제물체들의 깊이 정보를 알아내어 혼합현실 공간에 포함할 수 없었기 때문에 발생하는 것이다. 다시 말해, 가상물체보다 앞에 있는 실제물체가 있더라도 가상물체들은 실제 세상의 비디오 이미지 상에서 항상 최상단에 나타나게 된다. Breen의 연구[5]처럼, 실제물체의 3차원 모델을 생성하여, (우리는 이를 마스킹 오브젝트라고 부른다) 이 3차원 모델의 깊이정보를 이용해서 겹침 문제를 해결한다.

### 2.2.2 상호작용 방법

공간 배치의 설계와 계획의 주 작업은 3차원 공간상에서 물체를 조작하는 상호작용을 포함한다. 이 상호작용은 물체의 생성, 선택, 회전, 이동, 삭제가 있다. 앞에서 언급했듯이 우리는 터치스크린 입력 장치를 통하여 물체에 대한 3차원 조작을 지원함으로써, 제시된 요구사항을 만족하고 자연스럽게 직관적인 상호작용을 지원한다.

터치스크린 3차원 조작을 가능하게 하기 위해서 사용자가 터치한 2차원 스크린상의 점에서 만들어지는 3차원 선분을 계산한다. 이러한 3차원 선분은 가상물체와의 접촉여부를 알아내고 사용자가 원하는 가상물체가 무엇인지를 알아내게 한다. 이러한 선택 후에는 사용자는 혼합현실 환경 하에서 가상물체를 드래킹하여 움직이거나 회전할 수 있게 한다. 그림 2에 제안된 시스템에서 조작하는 장면을 보였다.

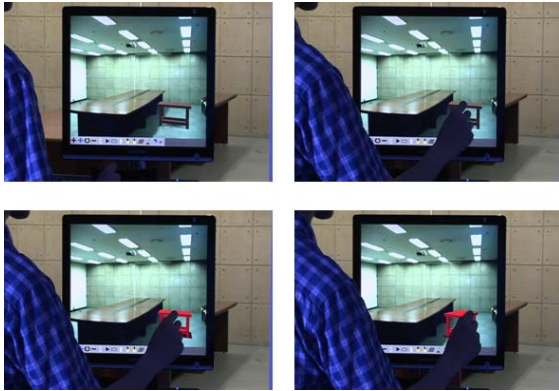


그림 2. 혼합 현실 환경 하에서 가상물체와의 상호작용: 터치스크린입력을 통해서 가상물체에 대한 3차원 조작을 하는 연속 사진

제안된 인터페이스의 적용분야가 제조와 인테리어인 경우, 가상물체를 실사이즈에 맞게 제작하기 때문에 크기 변환하는 것은 거의 드물다. 제안된 인터페이스에서는 크기변환 기능을 넣고 있지 않으나 간단한 메뉴 추가를 통해서 물체 위에 크기변환을 위한 조정 심볼을 그리고 이를 드래킹하는 조작을 통해서 간단하게 해결할 수가 있다. 이는 3차원 모델링 툴에서 자주 사용되는 방법이며 제안된 인터페이스에서도 적용이 가능하다.

주어진 혼합 현실 화면을 조작하는 동안 사용자는 작업 모드를 변경하는 생성, 이동, 회전등의 시스템 명령어를 내릴 필요가 있다. 터치스크린 입력장치는 2차원 입력이 주가 되므로 이러한 모드변경 명령어는 2차원 메뉴와 대화상자를 통해서 수행한다. 터치스크린 입력장치는 사용자에게 직관적인 명령이 가능하게 하지만, 정밀한 조작에는 문제점을 가지고 있다. 이를 위해 대화상자를 통해 수치를 직접 입력함으로써 정밀한 조작까지 가능하게 하였다.

### 2.2.3 조감도 모드

공간배치 작업에서 실제감을 느낄 수 있는 혼합 현실 화면이 많은 도움을 주지만, 실제 설계를 담당하는 설계자에게는 전통적인 조감도가 배치에 도움이 되는 경우가 있다. 이런 두 화면 모드를 스위칭하면서 공간배치 작업을 하는 것이 적당할 것이다. 제안된 시스템에서는 1인치 시점에서의 화면과 함께 조감도 모드를 지원한다. 사용자가 메뉴에서 조감도 모드를 선택하면 1인치 시점모드와 조감도 모드 사이에 스위칭이 일어나며 조감도 모드에서는 기존의 3차원 모델링 툴에서와 같이 완전한 3차원 가상공간에서 작업한다.

조감도 모드에서는 비록 실제 공간 장면을 볼 수는 없지만 마스킹 오브젝트를 통해서 실제 공간 장면에서 주요한 몇 개의 실제 물체를 확인할 수가 있다. 또한 화면 스위칭 간에 시점의 변화를 보여줌으로써 사용자에게 현재 실내를 어느 방향에서 보고 있는지 알려준다.

조감도 모드에서도 1인치 시점 모드와 같이 터치스크린 입력

을 통한 가상물체의 3차원 조작이 가능하며, 대화상자를 통한 수치입력을 통해서 좀 더 정밀한 작업을 수행할 수가 있다.

### 3. 시스템 구현

앞장에서 기술한 내용과 같이 하드웨어와 소프트웨어의 상세를 통해서, 우리는 "MIRAGE"라는 이름의 혼합현실 인터페이스의 프로토타입을 구현하였다. 이름에서 내포하듯이 제안된 프로토타입은 사용자에게 가상물체가 실제로 존재하는 것처럼 보이며, 이들을 배치하고 계획하는 대상이 될 수 있는 환상을 제공한다. 그림 3에 제안된 인터페이스의 구현된 프로토타입 MIRAGE를 보았다.



그림 3. 제조 공정의 공정 배치를 위한 혼합 현실 인터페이스 프로토타입 MIRAGE: (좌) 시스템 하드웨어, (우상) 상호작용 예, (우하) 포장을 위한 로봇의 배치 예

제안된 프로토타입은 Microsoft 윈도우즈 운영 시스템의 일반 PC상에서 운용되며, 24인치와 19인치 터치스크린 데스크톱 모니터와 모니터 뒤의 카메라를 통해서 비디오 투과형 디스플레이를 구현하였다. 카메라는 1024×768 해상도의 영상을 초당 30 프레임의 실시간 비디오를 IEEE 1394 인터페이스로 PC에 입력을 준다. MTi 센서(Xsens Technologies, www.xsens.com)를 사용하여 카메라의 자세를 트래킹 한다. 이 센서는 관성센서, 자이로스코프, 지자기 센서가 일체형으로 만들어진 것으로 3차원 자세 값을 120Hz의 속도로 업데이트 해준다.

전체 하드웨어는 쉽게 이동 가능한 스탠드 형 철골 구조에 부착이 되어있으며, 현재 프로토타입에는 배터리를 장착하지 않고 있어 이동시에 전원선의 제약은 받는다. UPS등과 같은 배터리 장치를 추가 할 경우 전원선 없이 1~2시간의 이동성은 보장 받을 것이다.

혼합현실 영상을 가시화하기 위하여, OpenSG(www.opensg.org)기반의 가시화 소프트웨어를 개발하였으며, OpenSG는 OpenGL기반의 씬 그래프(scene graph)라이브러리이다. 카

메라를 통한 실시간 비디오 영상은 OpenSG의 렌더링에서 백그라운드로 그려지며, 가상물체는 이 비디오 영상 위에서 그려지게 된다. 이 혼합현실 영상은 사전에 캘리브레이션된 카메라 파라미터와 트래킹 데이터를 통해서 실시간 라이브 비디오와 가상물체가 정합된 영상이다.

가상물체의 하단에 어두운 색의 반투명한 다각형을 그려 넣음으로써 가상물체의 그림자를 추가함으로써 공중에 떠있는 듯한 느낌을 제거하였다. 투명도를 100%로 설정한 다면체를 마스킹 오브젝트로 두어서 이 오브젝트의 깊이 정보를 토대로 가상물체와의 깊이비교(depth test)하여 겹침 문제를 해결하였다.

### 3.1 제조 공정 배치 응용

공간 배치 작업은 다양한 응용분야를 가지고 있다. 가정과 회사의 실내 인테리어, 건축 및 토목 설계, 도시 설계 등이 가능한 응용분야이다. 이런 응용분야들은 가상물체의 속성이나 종류는 다르지만, 작업의 대부분은 서로 비슷하다 - 가상공간과 실제공간과의 정합, 혼합현실 공간에 가상물체 추가, 이 가상물체의 조작 및 배치, 배치된 혼합현실공간의 검증 및 평가. 이러한 이유로 제안된 인터페이스를 다양한 분야에 적용하는 것은 어렵지 않을 것이다. 다만, 새로운 가상물체들을 적합하게 생성만 하면 된다.

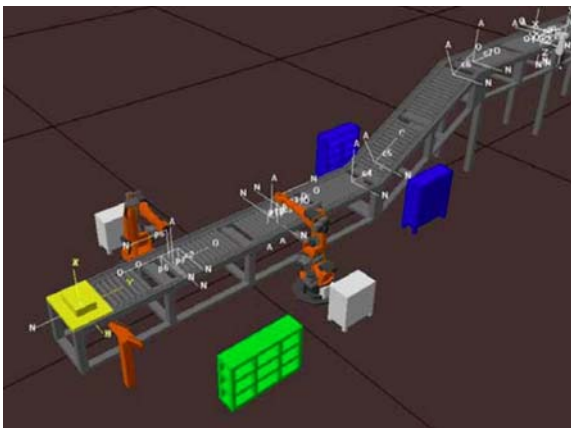


그림 4. DELMIA의 공정 시뮬레이션: 제품의 포장 공정에서 컨베이어 벨트, 포장 로봇, 부자재들의 규격 및 기능을 시뮬레이션 하여 공정이 완전한지를 시뮬레이션 함.

이외에도 특별한 특징과 기능이 필요한 응용분야가 있다. 제품의 제조 공정 배치에서 가상 장비를 배치하고 배열하는 일은 단순히 배치가 잘되었는지 감상하는 것이 아니라 전체 공정이 잘 수행되는지 시뮬레이션을 해봐야 한다.

이러한 전체 스케일의 공정 시뮬레이션은 우리의 연구 목적에는 벗어난다. 공정 시뮬레이션의 검증 방안으로 상용 공정 배치 솔루션인 DELMIA를 이용한다. 추가적인 변환소프트웨어를 개발하여 DELMIA의 입출력 데이터를 혼합현실 인터페

이스에 적용하였다. 또한 로봇의 작업은 고유의 로봇 제어 코드에 의해서 정의되는데, 이에 대한 입력을 받아서 제안된 인터페이스에서 시뮬레이션이 되도록 하였다. 그래서 DELMIA로 공정 시뮬레이션 된 전체 공정 데이터와 로봇의 제어코드를 입력으로 받아서 제안된 인터페이스에서 공정 시뮬레이션을 볼 수 있다.

그림 4에 DELMIA에서 모델링된 공정 배치 데이터와 그림 5에 실제 포장 로봇의 제어코드와 모델링된 공정 배치 데이터를 통해서 제안된 프로토타입에서 시뮬레이션 되는 장면을 보였다.



그림 5. 제안된 프로토타입에서의 공정 시뮬레이션: DELMIA의 시뮬레이션 결과와 포장 로봇의 제어코드를 활용하여 제안된 인터페이스에서 배치 결과를 확인

## 4. 결론

본 논문에서 공간 배치를 위한 혼합현실 인터페이스를 제안하였다. 기존의 공간 배치를 위한 응용 프로그램과 달리 실제 세계의 3차원 모델링 없이 공간 배치에 활용할 수 있음을 알 수 있다. 본 논문에서 제시한 설계 요구사항에 따라, 터치 입력 장치 기반의 이동형 혼합현실 하드웨어 플랫폼을 제안하였다. 제안된 시스템의 상호작용과 가시화방법은 제시된 설계 요구사항을 만족하면서도 사용자가 혼합현실 공간에서 쉽게 조작하고 배치할 수 있도록 하였다.

제안된 프로토타입이 제시된 설계의 기본적인 개념에 따라 설계되었지만, 여러 가지 문제점이 도출되었다. 하나는 트래킹 성능을 높이는 것이다. 사용된 센서가 카메라의 자세를 트래킹 하였는데 지자기 방식과 자이로스코프를 사용하여서 철골구조가 많은 공장 환경에 부적합하였다. 자석이나 자화된 철에 의해 노이즈가 발생하였다. 이를 기계적인 센서로 교체하여 신뢰성 높은 3축 각을 구하려 한다. 본문에 제시한 대로 카메라의 위치 정합과정에서 사용자의 개입을 필요로 하는 것을 컴퓨터 비전기술을 통해서 자동으로 수행되게 해야 한다.

다른 추가적인 개선사항으로 3차원 모델링 인터페이스의 도

입 필요성이다. 현재 별도의 모델링 틀에 의해서 3차원 모델을 로딩하고 있으나 Google의 SketchUp(www.sketchup.com)과 같은 인터페이스를 도입하여 모델링의 편의를 도모할 것이다.

각 응용분야에서의 특징 및 기능을 추가적으로 개발할 것이다. 현재 제조 공정 배치를 위해서 간단한 충돌함수가 각 가상물체간의 충돌 여부만을 검사하고 있으나, 공정의 자재 계획 시뮬레이션 등 상용 프로그램과 차별되는 기능을 추가해야 한다.

### 참고문헌

- [1] Paul Milgram and Fumio Kishino, "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays," IEICE Transactions on Information Systems, Vol. E77-D, No.12, pp. 1321-1329, December 1994.
- [2] H. Kato, M. Billinghurst, I. Poupyrev, K. Imamoto and K. Tachibana, "Virtual Object Manipulation on a Table-Top AR Environment," Proceedings of the International Symposium on Augmented Reality 2000 (Munich, Germany, Oct.5-6, 2000), pp.111-119, October 2000.
- [3] Ronald T. Azuma. "A Survey of Augmented Reality, Presence: Teleoperator and Virtual Environments," MIT Press, Vol. 6, No. 4, pp. 355-385, August 1997.
- [4] Mark T. Bolas. "Human Factors in the Design of an Immersive Display," Computer Graphics and Applications, IEEE, Vol. 14, No. 1, pp. 55-57, January 1994.
- [5] David E. Breen, Ross T. Whitaker, Eric Rose and Mihran Tuceryan, "Interactive Occlusion and Automatic Object Placement for Augmented Reality," Computer Graphics Forum, Vol. 15, No. 3, pp. 11-22, 1996.



### 강 현

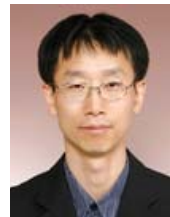
1997년 3월 ~ 1999년 2월 경북대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학석사). 1999년 3월 ~ 2004년 2월 경북대학교 컴퓨터공학과 졸업 (공학박사). 2000년 8월 ~ 2002년 1월 (주)네비웍스 책임연구원.

2002년 3월 ~ 2003년 6월 (주)소리아이 기획개발부 과장. 2004년 5월 ~ 현재 한국전자통신연구원 디지털 콘텐츠단 가상현실연구팀 선임연구원. 관심분야는 컴퓨터비전, HCI, 증강현실임.



### 이 건

2000년 3월 ~ 2002년 2월 포항공과대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학석사). 2002년 3월 ~ 2005년 2월 포항공과대학교 컴퓨터공학과 (박사 수료). 2005년 2월 ~ 현재 한국전자통신연구원 디지털 콘텐츠단 가상현실연구팀 연구원. 관심분야는 증강현실, HCI임



### 손 옥 호

1983년 3월 ~ 1987년 2월 연세대학교 전산학과 졸업(공학사). 1992년 9월 ~ 1996년 5월 TEXAS A&M University 전산학과 졸업 (공학석사). 1996년 6월 ~ 2001년 5월 TEXAS A&M University 전산학과 졸업(공학 박사). 2001년 8월 ~ 현재 한국전자통신연구원 디지털 콘텐츠단 가상현실연구팀 팀장. 관심분야는 가상현실, HCI, 햅틱 인터페이스임.