

# 개인화 및 협업을 위한 테이블탑-모바일 증강현실 시스템

## - 테이블 기반 증강 현실 상호작용 도구 및 뷰어 -

광주과학기술원 | 나세원 · 우운택\*

### 1. 서론

일상생활에서 테이블은 다자간 회의나 엔터테인먼트, 교육, 전시 등을 목적으로 사용된다. 이러한 테이블은 가정이나 사무실에 한가운데 놓여져 사람들이 테이블 주위에서 서로 토론을 하거나 게임을 즐길 수 있도록 하는 공간을 제공한다. 초기의 테이블탑 시스템에 관한 문제는 키보드나 마우스와 같은 종래의 입력장치 사용 없이 사용자의 손과 객체를 인식하여 테이블 위의 2차원 정보를 직관적으로 조작하게 하는 것이었다. 몇몇 연구자들이 이 같은 문제를 해결하기 위해 두 개 이상의 손가락 터치를 동시에 인식하여 다양한 형태의 입력을 받아들일 수 있도록 했다 [2]. 그러나 이러한 시스템의 경우 터치스크린의 크기가 커질수록 제작비용이 많이 드는 단점이 있다. 반면에 다른 대안으로 손에 쥘 수 있는 형태의 물리적 객체를 이용한 상호작용 방법을 제안했다 [1, 13]. 그러나 다수 사용자 환경에서는 물리적 객체의 수에 의존적으로 모든 사용자가 동시에 상호작용할 수 없는 문제점이 있다.

따라서, 테이블탑 시스템에 관한 최근 주제로 다수의 사용자가 동시에 테이블탑 인터페이스를 어떻게 공유할 것인가에 대한 연구가 진행되고 있다. 일반적으로 수직의 디스플레이 장치를 가진 데스크탑과는 다르게 수평의 디스플레이 장치를 가진 테이블탑 시스템은 표시된 정보나 콘텐츠가 한쪽 방향으로 치우쳐 있기 때문에 여러 방향에 있는 사용자가 동시에 같은 콘텐츠를 보는 것이 쉽지 않다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법 중 하나는 테이블 화면을 사용자 수에 맞게 분할하거나 테이블 화면을 좌우로 회

전이 가능한 원형 형태로 만든 연구들이 있다 [3, 4]. 그러나 전자의 경우 사람 수가 많아질수록 분할된 화면은 작아지는 문제점이 있고 후자의 경우 사용자들은 종종 원형의 화면을 회전시키기 위한 제어권을 놓고 경쟁해야 하는 문제점이 있다.

본 논문에서는 위에서 언급한 문제점들을 해결하기 위해서 테이블탑-모바일 증강현실 시스템을 제안한다. 테이블탑-모바일 증강현실 시스템은 테이블탑 인터페이스와 증강현실 기술을 이용한 모바일 인터페이스로 구성된다. 테이블탑 인터페이스는 후면 프로젝터와 후면 카메라, 그리고 손 터치 입력 센서로 구성되고 키보드나 마우스와 같은 종래의 입력장치 사용 없이 사용자의 손과 객체를 인식하여 테이블 위의 2차원 정보를 직관적으로 조작이 가능하다. 모바일 인터페이스는 후면부에 카메라와 화면 전면부에 터치패널이 있는 울트라 모바일 PC를 이용하여 구성된다. 이 인터페이스는 카메라를 통해서 들어오는 실제 영상과 가상 콘텐츠를 정합시킨 증강현실 기술을 이용하여 사용자가 터치 패널을 통해 가상 콘텐츠와 쉽게 상호작용 할 수 있도록 한다 [15, 16]. 이러한 증강현실의 장점을 협업 공간에 활용한다면 다수 사용자들에게 개인화된 정보뿐만 아니라 협업을 지원하는 기술이 될 수 있다.

제안된 시스템은 공동 작업 공간과 개인 작업 공간을 분리하고, 두 공간 사이의 협업이 가능하도록 한다. 테이블 인터페이스를 통해 직관적인 조작뿐만 아니라 협업 공간으로서의 역할을 수행하며 다수의 사용자가 테이블 위에서 함께 작업이 가능하다. 그리고 모바일 증강현실 단말 장치를 이용하여 테이블 위의 정보를 개인 모바일 장치로 가져와 사용자가 직접적으로 제어하거나, 개인화된 조작이 가능하다. 그리고, 다수 사용자가 있는 경우에 사용자간에 개인화된 결과물을 공유하고 또 상호 협력하여 변환하도록 하는 등 협업을 지원한다.

\* 본 연구는 21세기 프론티어 연구 개발 사업의 일환으로 추진되고 있는 정보 통신부의 유비쿼터스 컴퓨팅 및 네트워크 원천 기반 기술 개발 사업의 지원에 의한 것임.

\* 종신회원

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 ARTable이라고 부르는 선행 시스템과 몇 가지 문제점을 설명하고 해결책을 제시한다. 3장은 선행 연구의 문제들을 해결하기 위한 새로운 테이블탑-모바일 증강현실 시스템을 소개한다. 4장은 시스템 구현 방법을 설명하고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. ARTable[13]

제안된 시스템은 몇 가지 문제점을 해결한 AR-Table을 기반으로 제작되었고 이 장에서는 ARTable 시스템에 대한 소개와 문제점들의 해결책을 설명한다.

ARTable은 사용자가 테이블 위에 올려놓은 물리적 객체를 바닥 카메라를 통해서 물체를 인식하고 사용자에 의해 움직이는 객체를 추적하도록 구성된다(그림 1(a)). 테이블 위에 놓여지는 객체들은 바닥면에 정사각형의 마커를 부착하여 그 물체의 종류가 구분되거나 움직임이 추적된다. 객체의 움직임은 테이블 화면을 기준으로 한 좌표로 변환되어 2차원 위치와 회전 좌표로 표현되고 이 좌표는 테이블의 이벤트를 발생시키기 위한 용도로 사용된다. 그러나 일반적인 후면 프로젝터, 후면 카메라로 구성된 테이블 시스템의 경우 프로젝터에 의해서 투사된 이미지가 객체가 놓이는 바닥 마커 부분과 겹치는 문제가 발생되기 때문에 마커의 인식률이 저하되는 심각한 문제가 존재한다(그림 1(b)). 한가지 해결책은 하얀색의 원을 마커 바닥 부분을 포함한 주변부에 그려 객체가 움직이더라도 마커의 추적이 쉽도록 하는 것이다. 그러나 이러한 방법에도 초기에 객체가 언제 어디에 놓일 것인지 예측하기 힘든 문제점이 있다.

초기 객체 위치 문제에 관해 두 가지 해결책을 생각할 수 있다. 첫째로, 테이블 전면부에 아무것도 표시하지 않고 객체가 놓일 때까지 기다리는 방법이다. 객체가 놓인 후에는 앞서 설명한대로 객체 바닥과 주변 부위를 제외한 부분만 영상을 투사하여 객체가 지속적으로 추적될 수 있게 한다. 사용자가 객체를 테이블로 부터 제거할 때, 다시 전체 화면에는 아무

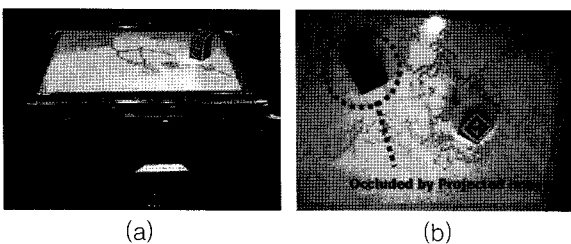


그림 1 ARTable (a) 테이블의 상단 표시부 (b) 후면 카메라에서 캡처된 이미지

것도 표시하지 않고 다시 객체가 놓일 때까지 기다리게 된다. 이 방법은 매우 간단한 방법으로서 여러 개의 객체가 놓이는 경우에는 적합하지 않은 단점이 있다. 하나의 객체가 탐지되면 테이블 영상은 더 이상 전체 화면이 하얀색이 아닐뿐더러 투영된 영상에 의해서 방해 받으므로 추가적인 객체를 인식하기가 힘들다.

두 번째 위치 문제 해결 방법은 객체의 탐색을 위해 보조장비를 사용하는 것이다. 우리의 프로토타입에서 가격이 효율적인 NextWindow 터치 프레임용[12] 테이블 위에 올려놓고 사용한다. 이 프레임 장치는 카메라를 사용하여 어떠한 프레임을 통과하는 물체라도 감지할 수 있다. 우리는 테이블 위에 놓이는 객체의 위치를 얻기 위하여 터치 프레임이 주는 좌표를 사용하고 이 후 객체의 탐지를 쉽게 하기 위해서 객체 주위에 하얀 원을 표시한다. 테이블 아래의 카메라는 객체의 방향과 종류를 인식할 수 있고 이것의 장점은 많은 객체를 한 번에 추적할 수 있다는 것이다.

ARTable은 몇 가지의 응용 시스템 안에서 구현되어 실험된다. 예를 들면, 미륵의 꿈은 한국 전통 설화를 바탕으로 한 상호작용형 가상 스토리텔링 시스템이다. ARTable은 이 시스템의 가상 환경을 탐험하는 도구로서 사용된다[6]. 그래서 사용자는 테이블 위의 미니 지도를 보고 가상환경 안에서의 위치를 쉽게 파악할 수 있다. 그러나 이 시스템에는 몇가지 문제점이 있다. 첫째로 테이블 평면 위에 투사된 3차원 지도는 모델들의 소실점과 시선 간의 불일치로 원근감을 인지하기 힘들다. 둘째로 다수 사용자가 있는 환경에서 테이블 주위의 사용자들은 개인화된 조사가 불가능하다. 그러므로 사용자들은 개인화된 결과물들을 서로 공유하기 힘들다. 다음 장에서 이러한 문제를 극복하기 위한 테이블탑-모바일 증강현실 시스템을 설명한다.

## 3. 테이블탑-모바일 증강현실 시스템

### 3.1 시스템 개요

제안된 테이블탑-모바일 증강현실 시스템은 테이블 인터페이스와 모바일 인터페이스를 포함한다(그림 2). 테이블 인터페이스는 입력부와 출력부 그리고 네트워킹 모듈을 포함한다. 모바일 인터페이스는 또한 입력부와 출력부 그리고 네트워킹 모듈을 포함한다. 그러나 모바일 장치의 뒷면에 부착된 카메라를 사용하여 추적 모듈을 추가한다.

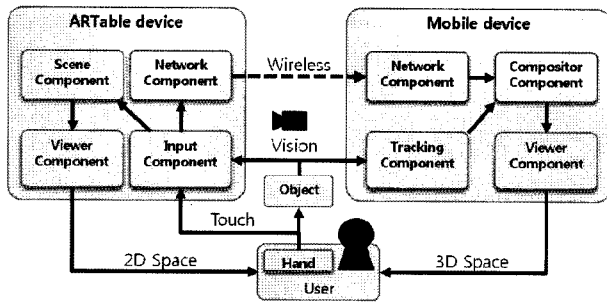


그림 2 테이블탑-모바일 증강현실 시스템의 컴포넌트 다이어그램

따라서 사용자는 테이블 위에 투영된 영상과 손이나 감각형 객체를 통해서 상호작용할 수 있고 이 공간은 다수 사용자들이 동시에 작업하는 협업 공간으로의 역할을 수행한다. 또한, 카메라로부터 입력되는 영상이 모바일 단말기의 화면에 투영되고 3차원 가상 영상이 정합되어 사용자는 모바일 단말기 안의 3차원 가상 객체를 조작하는 등 개인화된 상호작용을 수행한다.

### 3.2 테이블 인터페이스(협업 인터페이스)

테이블탑 인터페이스는 협업 공간으로의 역할을 수행한다. 협업 공간에서 다수 사용자들은 손으로 테이블 위의 가상 콘텐츠를 조작하거나 물리적 객체를 콘텐츠 위에 정확히 올려놓아서 가상 콘텐츠를 선택할 수 있다(선택된 콘텐츠의 사용은 다음 절에서 설명된다). 2장에서 설명한 것처럼 사용자의 손이나 객체는 NextWindow 터치 프레임과 테이블 아래의 카메라를 이용하여 인식되고 추적된다. 객체는 여행지에서 가져온 기념품과 같은 상징적인 물건으로 생각할 수 있다. NextWindow 터치 프레임 기술은 한 번에 한 가지 객체의 위치를 탐지할 수 있기 때문에 하나의 객체가 테이블 위에 놓여진 후 두 번째 객체의 경우 정확한 위치를 계산할 수 없다. 우리는 이러한 문제를 해결하기 위하여 터치 프레임의 높이를 테이블 표면으로부터 약간 떨어지도록 설계한다(그림 3(a)). 이러한 방법으로 객체 마커가 테이블 위에 놓여지거나 제거되는 것을 탐지할 수 있고 두개 이상의 객체가 테이블에 놓여 지더라도 이전에 놓여진 객체는 다음 객체의 탐지를 방해하지 않는다. 그렇기 때문에 여러 사람들이 동시에 자신의 객체를 테이블 시스템이 표시하는 콘텐츠위에 놓을 수 있고 테이블은 객체와 콘텐츠를 일대일로 연결한다. 테이블 인터페이스는 객체가 테이블에 놓여지게 된 후 다음은 테이블 아래 카메라에 의해서 정확한 객체의 종류와 위치가 추적되어 사용자들이 여러 객체를 동시에 움직이더라도 강건하게 추적을 수행한다.

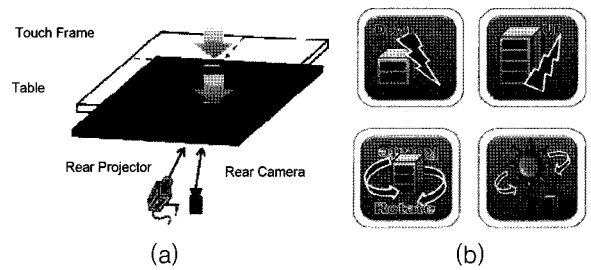


그림 3 테이블 시스템 (a) 테이블탑 인터페이스의 개념 (b) 버튼 인터페이스

테이블 위의 조작 방식은 표시된 콘텐츠를 쉽게 조작하기 위해 버튼 기반의 인터페이스로 정의한다. 그림 3(b)에서 보는 것과 같이 버튼의 종류는 선택형 버튼과 손 제스처 인식 기반으로 구성되어 있으며 손의 움직임에 따라서 다르게 동작한다. 단순 선택형 버튼은 한번 선택할 때마다 동작하는 방식으로 생성이나 삭제와 같은 1회성 동작에 적합하다. 손 제스처 인식 기반 버튼은 손의 움직임에 따라서 선택된 콘텐츠의 속성이 변하는 것으로 콘텐츠의 위치 변경이나 모양 변경과 같은 지속적인 변화를 주는 동작에 적합하다.

### 3.3 모바일 증강현실 인터페이스(개인화 인터페이스)

모바일 단말기는 증강현실 기술의 사용을 통해서 테이블로의 접근성을 증가시키고 3차원 콘텐츠를 쉽게 볼 수 있게 한다. 모바일 인터페이스의 사용으로 사용자는 키보드나 마우스 사용대신 몸을 사용하여 3차원 공간의 상호작용을 할 수 있다. 이것의 장점은 사용자에게 개인화 된 인터페이스를 제공할 뿐 아니라 사용자의 가시거리를 확장한다. 또한, 사용자가 어디에 있던지 동일한 제어권을 가질 수 있는 장점도 있다.

일반적인 증강현실 기술과 같이, 모바일 인터페이스는 모바일 증강현실을 수행하기 위해 다음과 같은 절차가 필요하다.

- 테이블 위에 놓여지는 객체(사용자가 객체를 자신이 원하는 위치에 둔다)
- 객체 인식 및 추적(모바일 단말기에 부착된 카메라를 통해서 본다)
- 3차원 콘텐츠를 증강(사용자는 비디오 영상과 정합된 3차원 콘텐츠를 본다)
- 3차원 콘텐츠와 상호작용(모바일 인터페이스에서 테이블 위의 상호작용과 유사한 상호작용을 통해 사용자에게 이음매 없는 상호작용이 가능하다)

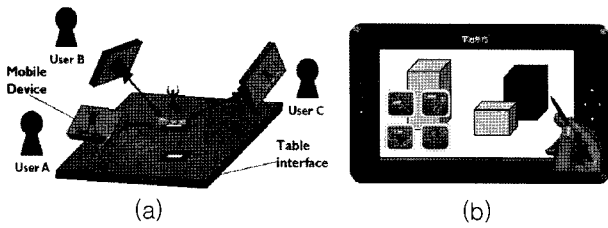


그림 4 모바일 인터페이스 (a) 테이블 주위에서 모바일 단말기를 이용한 데이터 공유 (b) 모바일 인터페이스에서 터치 패널을 이용한 선택과 버튼

앞 절에서 설명한 대로 테이블탑 인터페이스와 모바일 인터페이스는 테이블 위의 객체를 동시에 인식하고 추적한다. 추적된 객체를 이용하여 모바일 단말기는 카메라, 즉 모바일 장치의 상대적인 3차원 자세를 계산한다. 이 정보로부터 사용자의 모바일 단말기는 카메라로부터 입력된 실제 영상과 3차원 가상 객체가 정합된 영상을 보여준다. 이 객체는 다른 사용자에 의해서 추적되더라도 각 사용자의 단말기는 보여지는 정보를 다르게 표시한다(그림 4(a)).

모바일 증강현실 인터페이스에서 사용자는 3D 콘텐츠와 상호작용이 필요하다. 그래서, 우리는 기본적으로 3D 콘텐츠를 선택하거나 조작하는 상호작용 기법을 고려한다. 사용자는 테이블에서와 유사하게 모바일 단말기의 터치 판넬을 이용하여 명시적으로 3D 가상 콘텐츠를 선택할 수 있다(그림 4(b)). 터치 판넬은 평면이기 때문에, 우리는 3차원 콘텐츠를 선택하기 위해 광선-추적 기법을 사용한다. 광선-추적 알고리즘은 주로 컴퓨터 그래픽스 영역에서 사용되는 방법이다[22]. 또한, 사용자는 암시적으로 모바일 단말기 화면의 정 중앙에 위치한 객체를 클릭하는 동작없이 선택할 수 있다. 왜냐하면 모바일 단말기를 통해서 사용자가 보고 있는 객체는 사용자의 현재 관심 영역에 들어 있는 객체임이 당연하기 때문이다. 실제로, 사용자는 한손에 모바일 장치를 들기 때문에 한손이 자유롭지 못하다. 그래서 우리는 콘텐츠를 조작하기 위하여 버튼 방식의 상호작용 기법을 고안했다. 사용자에게 의해서 관심이 있는 객체가 선택이 되면 모바일 단말기는 조작할 수 있는 버튼들을 보여주고 사용자는 버튼을 선택하는 동작으로 쉽게 객체를 조작할 수 있다.

### 3.4 협업공간과 개인공간의 이음매 없는 연결(공동 공간)

테이블탑-모바일 증강현실 시스템의 목표 중 하나는 사용자에게 두 인터페이스(테이블탑, 모바일 증강현실)간에 이음매 없는 상호작용을 지원하고 이를 사용하는 사용자가 두 인터페이스가 하나인 것처럼 느

끼도록 하는 공동 공간을 만드는 것이다. 이러한 목적을 달성하기 위하여, 우리는 두 공간적인 좌표 시스템을 하나로 일치시킨다. 그리고 시간적 동기화와 정형화된 데이터 공유를 제공한다. 공간적 좌표를 일치시키는 일은 테이블 위에 참조 객체를 놓는 것으로 시작한다. 앞 3.3절에서 언급했던 물리적 객체는 증강을 위한 것뿐만 아니라 두 공간의 좌표를 일치시키는 데에도 사용된다. 그림 5(a)에서 보는 것과 같이 우리는 모바일 증강현실 장치 좌표계에 관련되는 객체의 3차원 상대좌표와 테이블 위에 놓여진 2차원 절대좌표의 조합으로 객체의 3차원 절대 좌표를 얻는다. 그림에 표시된 'w'는 계산된 3차원 절대좌표 결과이다. 'u'는 테이블의 2차원 절대 좌표를 나타낸다. 'v'는 모바일 증강현실 장치 안의 3차원 좌표이다. 두 장치는 네트워크를 통해서 좌표 데이터를 교환하며, 이 전송은 데이터 범람이나 지연에 의한 데이터 정체를 막기 위해 시간적 동기화 아래 수행된다. 따라서, 우리는 퍼스트인-퍼스트아웃(FIFO)과 같은 파이프 형태로 데이터 직렬화를 만들고 데이터를 제어한다(그림 5(b)). 이 구조는 시간이 지난 데이터나 불필요한 데이터들을 걸러내는 필터 역할을 수행한다.

이러한 기반 기술 위에서 테이블탑 인터페이스와 모바일 단말기 간에 수행된 콘텐츠 조작 결과를 공유한다. 모바일 단말기에서 수행된 결과를 다른 사용자의 모바일 단말기에 전달하며 모든 인터페이스가 하나의 시스템인 것처럼 동작한다. 또한 마찬가지로 테이블탑 인터페이스는 자신 위에서 조작된 결과를 다른 사용자의 모바일 장치에 전달한다. 자신이 조작중인 콘텐츠를 다른 사람이 동시에 조작하는 문제가 발생할 수 있기 때문에 이를 해결하기 위해 우선권을 부여하고 선점하게 되면 다른 사용자가 수정하더라도 결과를 반영 하지 않는다. 이렇게 구성된 공동 공간은 협업을 수행하기 위하여 양방향의 상호작용을 이음매 없이 제공한다.

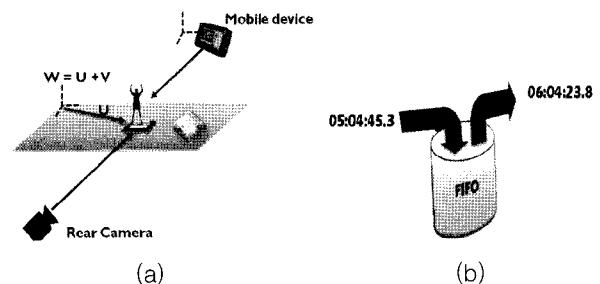


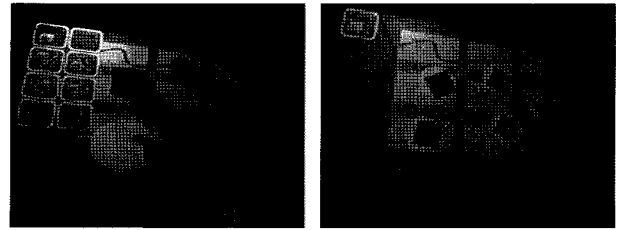
그림 5 공동 공간의 생성 (a) 공간적 좌표의 일치 (b) 시간적 동기화

## 4. 구현

### 4.1 시스템 설정

제안된 테이블탑-모바일 증강현실 인터페이스는 다음과 같은 구현 환경에 따라서 제작되었다. 첫째, 테이블 인터페이스는 반투명 성질의 종이를 붙인 유리판과 그 위에 터치 프레임인 NextWindow[12], 그 아래에는 단초점 렌즈를 장착한 프로젝터[21]와 광각 렌즈를 붙인 Dragonfly카메라[10]로 구성된다. 프로젝터, 카메라 및 터치 프레임은 은 한 대의 워크스테이션에 연결되어 있다. 둘째로, 모바일 증강현실 인터페이스는 뒷면에 USB 카메라가 부착된 울트라 모바일 PC(UMPC)를 기반으로 구성된다. 이 두 인터페이스는 이더넷 네트워크에 의해서 무선으로 연결이 되어 있고 TCP/IP 통신을 이용하여 통신한다. 테이블탑 인터페이스의 화면부를 구성하기 위해 OpenSceneGraph(OSG) 라이브러리를 기반으로 구성하였으며 2차원 콘텐츠뿐만 아니라 3차원 콘텐츠까지 쉽게 표현한다[7]. 반면에 모바일 인터페이스에서는 osgART 라이브러리를 사용하여 가상 콘텐츠 표시뿐만 아니라 비디오 영상을 통해 테이블 위의 감각형 객체를 추적한다[8]. 두 인터페이스 OSG에 기반하여 모든 가상 객체들은 썬-그래프 형식으로 구성되고 노드 형태로 저장되므로 아무런 데이터 형식의 변환 없이 두 인터페이스에서 동시에 사용된다. 또한 두 인터페이스간에 좌표 데이터를 이음매 없이 교환하고 좌표의 동기화를 위해 CORBA 기반의 ACE 라이브러리를 사용하였다[11].

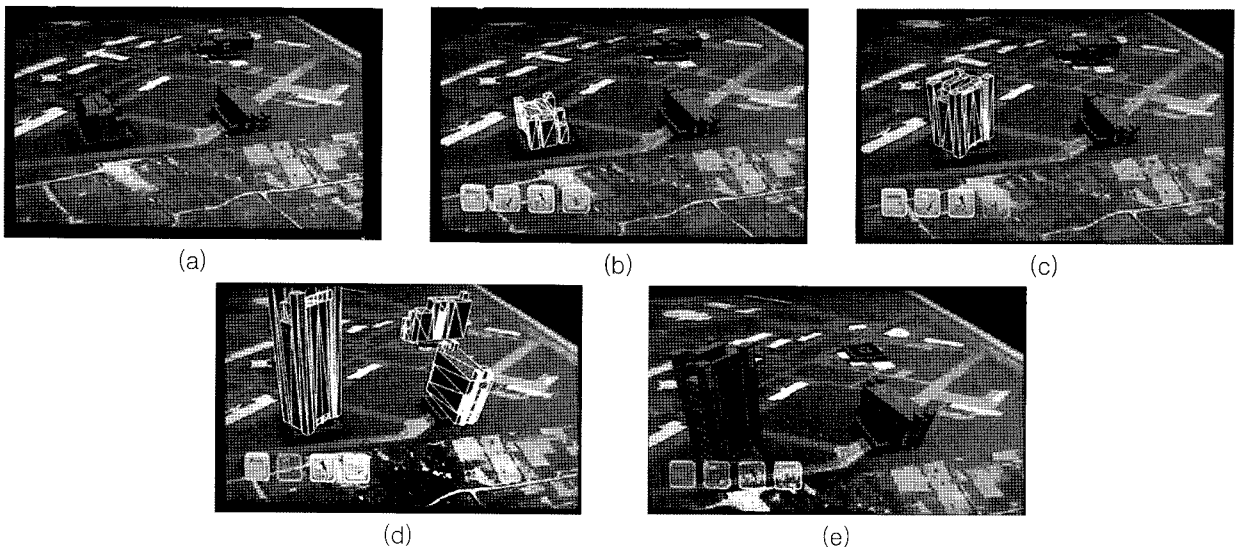
### 4.2 테이블탑-모바일 증강현실 시스템



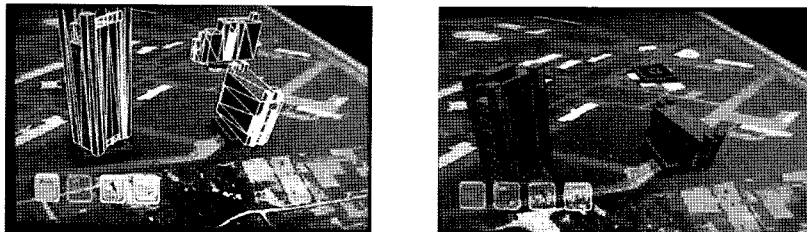
(a) (b)

그림 6 테이블탑 인터페이스 (a) 손가락을 인식하는 테이블탑 인터페이스(하얀색 원은 현재 손가락이 클릭한 위치를 나타낸다) (b) 테이블 위에 실제 객체를 놓고 여러 객체를 동시에 인식하는 모습

위에서 설명한 것처럼 테이블탑-모바일 증강현실 시스템은 두가지 인터페이스로 구성되고 각각의 인터페이스는 유사하게 제작되었다. 먼저 테이블탑 인터페이스는 사용자의 입력을 받기 위해 두가지 종류의 입력 장치를 사용하였다. 첫 번째 장치는 위에서 언급한 것처럼 터치 프레임을 이용한 손 추적 장치이다. 손가락을 이용하여 테이블 안의 3차원 콘텐츠나 버튼을(그림 6(a)) 직관적으로 선택하거나 조작할 수 있도록 터치 프레임 장치를 사용하였다. 두 번째 입력 장치는 테이블 위에 올려놓은 객체를 인식하고 추적하기 위한 카메라 장치이다. 사용자가 테이블 화면에 표시되는 가상 3D객체를 선택하기 위해서 실제 객체를 그 위에 올려둔다(그림 6(b)). 3.2 절에서 설명한 것처럼 두 인터페이스(테이블/모바일) 간의 이음매 없는 연결 고리를 위하여 사각형 모양의 객체를 사용하였다. 인식과 추적을 위한 실제 객체들은 정사각형의 두꺼운 카드 모양으로 제작되었으며 앞뒷면에 인식을 위한 패턴을 그려 넣었다.



(a) (b) (c)



(d) (e)

그림 7 모바일 증강현실 인터페이스 화면과 상호작용 (a) 마커 위에 증강된 빌딩들 (b) 선택과 선택에 따른 버튼 증강 (c) 빌딩을 회전시킨 모습 (d) 빌딩의 높이를 증가시킨 모습 (e) 건물을 삭제한 모습

반면에 모바일 인터페이스는 터치 패널을 사용하여 사용자의 입력을 받아들이도록 구현되었다. 따라서, 사용자는 모바일 단말기의 판넬을 터치하여 3D콘텐츠를 선택하고 조작한다. 테이블의 가상 콘텐츠 위에 실제 객체를 놓고 각각의 객체에 맞는 3D 가상 콘텐츠를 증강하여 사용자가 실제 영상에 정합된 3D 가상 콘텐츠를 볼 수 있게 구현 되었다(그림 7(a)). 그리고, 그림 7(b)에서 보는 것처럼 사용자가 3차원 콘텐츠를 선택하였을 때 선택된 가상 콘텐츠를 알 수 있도록 가상 콘텐츠를 흰색 선으로 둘러쌌다. 그리고 선택된 콘텐츠에 대한 가능한 조작을 사용자가 볼 수 있도록 가상 콘텐츠 아래에 이용 가능한 버튼을 표시했다. 높이 증가 버튼을 누르면 가상 콘텐츠인 건물의 크기가 증가가 되고 회전 버튼을 통해서 건물이 좌우로 회전이 된다(그림 7(c)). 그림 7(d)에서와 같이, 여러 개의 3D 콘텐츠를 선택하고 한 번에 조작이 가능하게 하였다. 또한 삭제 버튼을 통해서 콘텐츠를 삭제할 수 있다(그림 7(e)).

#### 4.3 도시 계획 응용 시스템 개발

본 논문에서는 제안된 시스템의 유용성을 검증하기 위하여 도시 계획 응용에 적용해 보았다. 도시 계획 응용은 건축가에 의해서 건물의 배치나 조경을 통해 도시를 계획하는 것으로 정의 할 수 있고 증강현실 영역에서 많은 연구가 이루어지고 있다. 첫 번째 실험 응용 어플리케이션은 도시 계획에 대한 업무를 지원하는 것이다[18,19]. 혼동을 줄이기 위해서 가로 세로 3개의 도로와 9개의 부지를 가진 단순한 지도를 만들었다(그림 8(a)). 그리고 사용자가 테이블탑 인터페이스를 통해 건물을 새로 짓거나 수정할 수 있도록 했다(그림 8(b), (c)). 또한 모바일 단말기를 통해 똑같은 건물을 보거나 수정할 수 있도록 만들었다(그림 8(d)).

도시 계획 응용 시스템은 도시 계획을 위한 공동 작업 공간과 개인 작업 공간을 분리하고, 두 공간 사이의 협업을 가능하다. 테이블 인터페이스를 통해 건물들을 직관적으로 조작할 수 있고 협업 공간으로서의 다수 사용자들이 테이블 위에서 함께 작업이 가능하다. 그리고 모바일 증강현실 단말 장치를 이용하여 테이블 위의 건물 정보를 개인 모바일 장치로 가져와 모바일 장치 위에서 제어하거나, 개인화된 조작이 가능하다. 그리고, 다수 사용자가 있는 경우에 각 사용자가 조작한 건물들의 결과물들의 공유하고 또 상호 협력하여 변환하도록 하는 등 협업을 지원한다.

### 5. 결론 및 추후 연구

본 논문에서 우리는 테이블탑 인터페이스를 확장

하는 테이블탑-모바일 증강현실 인터페이스의 프로토타입을 제시했다. 테이블탑 인터페이스는 사용자의 손이나 테이블 위에 놓여지는 실제 객체를 인식하고 사용자는 테이블위에 표시된 정보를 직관적으로 조작할 수 있었다. 다시 말하면 제안된 테이블탑 시스템을 이용하여 키보드나 마우스와 같은 종래의 입력장치 사용 없이 사용자의 손과 객체를 인식하여 테이블 위의 2차원 정보를 직관적으로 조작할 수 있었다. 또한, 카메라가 부착된 모바일 증강현실용 단말기를 통해 테이블 위의 정보를 개인 모바일 장치로 가져와 사용자가 직접적으로 제어하거나, 개인화된 조작이 가능하도록 하였다. 이는 우리 다수의 사용자가 테이블탑 시스템을 사용하더라도 공평한 제어권을 가지며 동일한 화면을 보장하였다. 또한, 다수 사용자에게 개인화된 결과물을 공유하고 또 상호협력하여 변환하도록 하는 등 협업을 지원하였다. 따라서, 제안된 시스템은 이러한 모바일 증강현실 단말 장치를 이용하여 누구나 쉽게 테이블과 콘텐츠를 제어하고, 콘텐츠를 개인화하거나 공유할 수 있었다.

제안된 시스템의 유용성을 평가하기 위해서 제안된 응용 어플리케이션으로 간단한 사용성 평가를 하고 있다. 평가 방법은 테이블탑-모바일 증강현실 시스템 위에서 도시 계획을 수행하는 것이다. 각 사람들은 이러한 목적을 달성하기 위하여 3가지 종류의 시스템을 경험하게 된다. 첫째는 키보드나 마우스를 대신하여 손으로 테이블을 터치하고 테이블탑 인터페이스 안에서 건물들을 짓게 된다. 두 번째는 물리 객체인 마커를 이용하여 건물의 위치를 정하고 같은 목

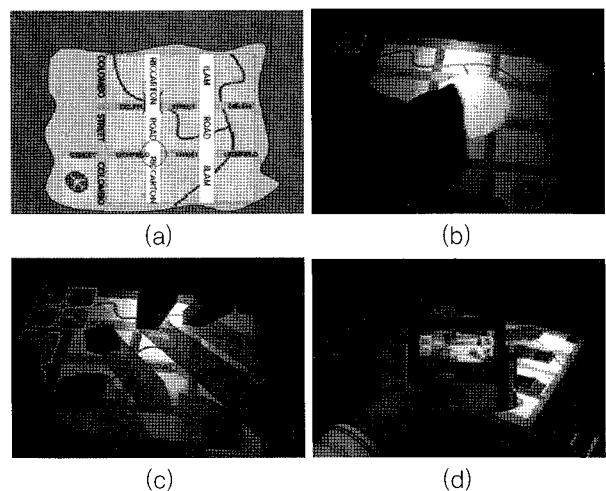


그림 8 테이블-모바일 증강현실 시스템 (a) 도시계획 응용을 위한 단순 지도 (b) 테이블탑 시스템위에 지도를 증강한 모습 (c) 테이블탑 인터페이스에서 버튼을 통한 상호작용 (d) 모바일 증강현실 인터페이스를 통한 도시계획

적을 달성하기 위해 모바일 장치를 사용하게 된다. 마지막으로, 첫 번째와 두 번째를 결합하여 두 인터페이스를 모두 사용하게 된다.

사용자 평가의 절차는 다음과 같다. 사용자들이 자유롭게 주어진 시간동안 5개의 빌딩을 만들 수 있도록 한다. 그들은 자기들이 원하는 빌딩을 만들기 위해 어떤 버튼이라도 사용할 수 있지만 건물을 짓기 위한 한 가지 규칙이 존재한다. 그것은 건물들 간의 그림자가 절대 겹쳐서는 안 된다는 것이다. 따라서, 우리는 수행 완료 시간의 비교를 통해서 3가지 시스템을 비교해 볼 수 있다. 현재, 우리는 지속적으로 주어진 시나리오에 따라 사람들을 테스트 하는 중이다. 그리고 우리는 결과를 분석하여 제안한 시스템을 보완하고 향상 시킬 수 있을 것으로 기대된다.

차후에는 모바일 협업 상호작용에 대한 연구를 더욱 할 것이고 상황에 따라서 다른 상호작용이 가능하도록 할 것이다. 예를 들면 도시 계획을 할 때 사용자의 직위에 따라서 자동으로 권한을 다르게 설정할 수 있을 것이다. 혹은 두 명의 사용자가 동일한 건물을 보더라도 사용자의 기호에 따라서 다른 모양의 건물을 볼 수 있을 것이다. 결론적으로 제안된 시스템은 교육, 훈련, 전시, 엔터테인먼트 등의 다양한 응용분야에서 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고문헌

- [1] Ullmer, B., Ishii, H.: The metaDESK: models and prototypes for tangible user interfaces. In Proceedings of the 10th annual ACM symposium on User interface software and technology, pp. 223-232 (1997)
- [2] Han, J. Y.: Low-Cost Multi-Touch Sensing through Frustrated Total Internal Reflection. In Proceedings of the 18th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, pp. 115-118(2005)
- [3] Shen, C., Vernier, F.D., Forlines, C., Ringel, M.: DiamondSpin: An Extensible Toolkit for Around-the-Table Interaction, ACM Conference on Human Factors in Computing Systems(CHI), pp. 167-174(2004)
- [4] Scott, S.D., Carpendale, M.S.T., and Inkpen, K.: Territoriality in Collaborative Tabletop Workspaces. Proceedings of CSCW, pp. 294-303(2004)
- [5] <http://www.microsoft.com/surface/>
- [6] Lee, Y., Kim, D., Lim, Y., Kim, K., Kim, H., and Woo, W.: "Dream of Mee-luck: Aspiration for a New Dawn," LNCS(ICVS), vol. 3805, pp. 282-285(2005)
- [7] <http://www.openscenegraph.org/projects/osg>
- [8] <http://www.artoolworks.com/community/osgart/>
- [9] [http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/handheld\\_ar/artoolkitplus.php](http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/handheld_ar/artoolkitplus.php)
- [10] <http://www.ptgrey.com/>
- [11] <http://www.cs.wustl.edu/~schmidt/ACE.html>
- [12] <http://www.nextwindow.com/>
- [13] Park, Y., Woo, W.: The ARTable: An AR-based Tangible User Interface System, LNCS, vol. 3942, pp. 1198-1207(2006)
- [14] Carsten M., Timo E., Daniel H. G.: A component based architecture for distributed, pervasive gaming applications. Advances in Computer Entertainment Technology(2006)
- [15] S. Güven, S. Feiner.: Authoring 3D Hypermedia for Wearable Augmented and Virtual Reality, Proc. ISWC '03(Seventh International Symposium on Wearable Computers), White Plains, NY, pp. 118-226(2003)
- [16] Azuma, Ronald T.: A Survey of Augmented Reality, Presence: Teleoperators and Virtual Environments 6, 4, pp. 355-385(1997)
- [17] Scott, S., Sheelagh, M., Carpendale, T., Inkpen, K.: Tabletop design: Territoriality in collaborative tabletop workspaces, Proceedings of the 2004 ACM conference on Computer supported cooperative work, ACM Press(2004)
- [18] Buchmann, V., Violich, S., Billigust, M., Cockburn, A.: FingARtips: gesture based direct manipulation in Augmented Reality, In Proceedings of the 2nd international conference on Computer graphics and interactive techniques in Australasia and South East Asia, pp. 212-221(2004)
- [19] Broll, W., Stoerring, M., Mottram, C.: The Augmented Round Table - a new Interface to Urban Planning and Architectural Design, Ninth IFIP TC13 International Conference on Human-Computer Interaction, pp. 1103-1104(2003)
- [20] Ishii, H., Ullmer, B.: Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms, In Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, pp. 234-241(1997)
- [21] <http://www.nec.co.jp/techrep/en/journal/g06/n03/060319.html>
- [22] Glassner., Andrew., (Ed.) An Introduction to Ray Tracing, Academic Press(1989)



### 나 세 원

2006 전남대학교 전자컴퓨터정보통신공학과 학사  
2006~현재 광주과학기술원 정보통신공학과 석사과정

관심분야 : Tabletop interface, HCI, Ubiquitous Computing, Augmented Reality 등

E-mail : sna@gist.ac.kr



### 우 윤 택

1989 경북대학교 전자공학과 학사  
1991 포항공과대학교 전기전자공학과 석사  
1998 University of Southern California, Electrical Engineering-System 박사

1991~1992 삼성종합기술연구소 연구원

1999~2001 ATR MIC Labs. 초빙 연구원

2001~현재 광주과학기술원 정보통신공학과 부교수

관심 분야 : 3D computer vision and its applications including attentive AR and mediated reality, HCI, affective sensing and context-aware for ubiquitous computing 등

E-mail : wwoo@gist.ac.kr

---

---