

## 특 집

# 증강현실 기술 연구 동향 및 전망

이민경\* 우운택\*\*

### 목 차

1. 서 론
2. 카메라 보정 및 위치 추적 기술 내용
3. 영상 정합 및 상호 작용 기술
4. 결 론

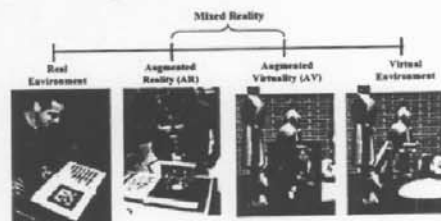
## 1. 서 론

증강현실(Augmented Reality, 이하 AR)이란 실세계와 가상 세계를 이음새 없이(Seamless) 실시간으로 혼합하여 사용자에게 제공함으로써, 사용자에게 보다 향상된 몰입감과 현실감을 제공하는 기술이다[1]. (그림 1)에서 보는 것처럼, AR 기술은 컴퓨터가 구축한 가상공간 속에 사용자를 몰입하게 하는 기술인 가상 현실(Virtual Reality, 이하 VR)과 TV 영상과 같은 현실(Real Reality)의 중간에 위치하는 기술로서 가상 세계에 실제의 대상을 증강하는 Augmented Virtuality(AV) 기술과 구별되어진다[2][3]. 넓은 의미의 AR기술은 사용자의 오감(시각, 청각, 후각, 미각, 그리고 촉각)에 해당하는 정보를 증강하는 기술을 의미하나, 본 원고에서는 시각 기반 AR로 범위를 한정하였다.

VR 기술이 실제 환경을 컴퓨터가 생성한 환경과 대체하는 기술임에 반해, AR 기술은 사용자의 환경에 정보를 증강함으로써 실감성을 향상시키는 기술이다. 제공되는 정보의 실감성을 증가시키는 것이 증강현실기술 발전의 한 축이라면, 공간의 모

델링을 통해 상호작용성을 증가시키는 기술과 대화형(나아가 감성형) 지능을 부여하는 기술이 증강현실 기술 발전의 나머지 중요한 두 축이라 할 수 있다. 이러한 세 축이 융합되는 지점에서 형성되는 증강 현실기술은 사용자가 필요로 하는 실세계에 가상대상을 실시간에 증강하여 보다 자연스러운 실감미디어를 제공하는 미래지향적 기술이다. 따라서, 증강현실 기술은 고정된 단말기를 통해 일방적으로 미디어를 제공하는 단계를 넘어서 현실공간에 실시간으로 사용자가 원하는 대화형 실감미디어를 제공하는 미래형 정보기술의 핵심이라 할 수 있다.

1960년대 Ivan Surtherland가 최초의 see



(그림 1) 혼합현실 개념도

\* 광주과학기술원 정보통신공학과 석사과정

\*\* 광주과학기술원 정보통신공학과 조교수

-through HMD를 개발한 것이 AR 연구의 시작점이라 여겨진다[4]. 그러나 본격적으로 AR 관련 기술 연구가 시작된 것은 1990년대 초 보잉사가 "Augmented Reality"라는 신조어를 등장시키면서부터다[5]. 1990년대 초반에서 중반까지는 실내 환경에서의 정확한 영상 정합을 위한 위치 추적 기술 연구가 활발히 이루어졌다[6]. 그러나 1990년대 후반 이후로 실제 환경에 증강된 가상 객체와의 상호작용을 위한 기술, 실외 환경에서의 영상 정합 기술, 협업 환경 구축을 위한 기술에 관련된 연구가 진행되어 오고 있다[7]. 이에 더불어, 최근에는 컴퓨터 관련 기술의 발전에 따라 등장한 착용형 컴퓨팅 환경에서의 정보 증강을 위한 AR 기술에 관련된 연구가 진행중이다[8][9][10].

시각 기반 AR은 다음과 같은 세 가지 특징을 갖는다[2]. 첫째, 3차원 정보를 이용하여 가상 객체를 현실세계에 증강한다. 둘째, 가상 객체와 실제 환경을 잘 조화시켜 사용자가 실제 및 가상 환경이 분리되었다는 것을 인지하지 못하도록 한다. 셋째, 사용자가 가상 객체와 실시간으로 상호작용할 수 있도록 한다. 본 고에서는 이러한 AR 환경을 구성하기 위한 필수적인 기술인, 카메라 보정(Camera Calibration) 및 위치 추적(Tracking), 정합(Registration) 및 상호작용(Interaction) 기술 동향을 정리하고, 향후 연구 방향에 대해 논의한다.

본 고의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 위치 추적 기술 연구 동향에 대해 설명하고, 3장에서는 정합 및 상호작용 기술 연구 동향에 대해 설명한다. 그리고 4장에서 결론을 맺고, 앞으로의 연구 전망에 관해 언급한다.

## 2. 카메라 보정 및 위치 추적 기술 내용

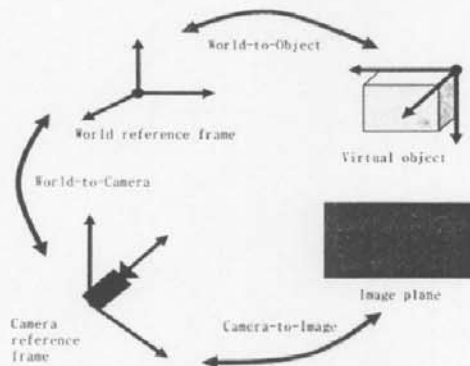
카메라 보정 기술은 특정 실세계 좌표에 대응한 카메라 좌표계의 위치(Pose) 및 카메라 렌즈의 광학적 특성(Optical Characteristic)을 구하는 과정

이다. 이 과정을 통해 얻은 카메라 파라미터 정보를 응용하여 시각 기반 AR 시스템을 위한 카메라 보정 기술은 실세계의 정확한 깊이 정보를 구해, AR에 필요한 기본적인 환경을 제공한다.

카메라 보정 기술은 크게 패턴을 이용한 보정 방법과 패턴을 이용하지 않은 자동 보정 방법(Self-Calibration) 두 가지로 나뉜다. 패턴을 이용한 방법은 패턴의 기하학적인 정보를 이용하여, 기준점에 대한 카메라 좌표계와 실세계 좌표계의 관계를 비교적 정확하게 얻어낼 수 있다[11][12]. 그러나 일정 부피를 차지하는 패턴이 필수적으로 요구되기 때문에 사용자가 원하는 환경에서의 카메라 좌표계와 실세계 좌표계의 관계를 얻어내기에는 적합하지 않다. 이러한 단점을 보완하기 위해 자동 보정 방법이 등장하였다. 자동 보정방법은 사용자 주변 환경의 빌딩 등 특정 기하학적 정보를 가지는 개체를 이용하여 카메라를 보정하는 방식이다[13][14]. 이는 환경에 따른 카메라 보정 결과를 획득할 수 있는 장점을 지니지만, 패턴을 이용한 카메라 보정 방법과 비교할 때 결과의 정확도가 떨어지는 단점이 있다.

(그림 2)에서 보여지는 호모그래피를 이용한 카메라 보정 방법은 3차원 점들과 2차원 점들간의 관계를 획득함으로써, 반자동적인(Semi Automatic) 카메라 보정이 가능하게 한다[38]. 어떠한 보정 파라미터들에 대한 메트릭 정보나 3차원 정보를 이용하지 않고 시스템 초기화 과정에서 설정된 네 개의 기점을 프레임별로 추적할 수 있도록 함으로써, 실시간 보정이 가능한 방법도 제안되었다[15]. 또한, 도심 환경에서 건물의 시각적인 단서(Visual Cue)를 이용하여 실시간 카메라 위치 추적이 가능하게 하는 방법도 제안되었다[16]. ARToolKit에서는 기본적으로 두 종류의 평면 패턴을 사용하여 2차원 카메라 보정을 하는 방법을 제공한다[4]. 이 방법은 많은 오차를 누적시킬뿐만 아니라 사용자의 간

섭을 필요로 하기 때문에 응용 시스템에는 적합하지 않다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 보다 자동화되고 쉬운 접근 방법 및 정확성 개선을 위한 굴곡 모델에 관한 연구가 진행되었다[17]. 그러나, 현재 ARToolKit에서 제공하고 있는 카메라 보정과 비교했을 때 보정 결과가 정확하지 못하다.



(그림 2) 호모그래피를 이용한 카메라 보정 방법

AR을 위한 추적 방법에 대한 연구는 초기단계에 머물러 있다. 현재는 VR에서 사용하는 추적 방법을 AR 응용에 적용하는 것이 대부분이다[12][18][19][20][21]. 실내 환경을 위한 AR 응용 분야에 있어서는 대부분의 연구 기관이 광학적 추적방법을 사용하고 있다. 사용할 수 있는 자원이 늘어남에 따라 외부 환경을 위한 AR에서는 서로 다른 추적방법을 결합한 하이브리드 방식이 주로 사용되고 있다[22][23][24].

AR 시스템에서 실시간 위치 추적 방법으로 관성추적(Inertial Tracking), 자기추적(Magnetic Tracking), 음향추적(Acoustic Tracking), GPS, 그리고 광학적 추적(Optical Tracking). 이러한 방법을 적절히 혼합하여 사용하는 하이브리드 추적(Hybrid Tracking)이 있다[25][26][27][28]. 그러나, AR 추적의 대부분은 활성 또는 비활성 센서를 사용하는 광학적 추적과 하이브리드 추적을 이용하고 있다. 이러한 위치 추적방법을 <표 1>에 정리

및 비교하였다.

<표 7> 실시간 위치 추적 방법 비교

비교항목	정보	트랜스폰더 리시버	단점	장점
관성 추적	회전	없음	Unit 현상	빠른 움직임 측정 가능
자기 추적	위치, 회전	있음	주변환경에 민감 단일 트랜스폰더만 사용	다양한 방향에서의 위치 및 회전정보 제공
음향 추적	위치, 회전	있음	일렉 시간 지연 다수 트랜스폰더 필요	높은 정밀도
GPS	위치	없음	실내 사용 불가	외부 사용 가능
광학 추적	위치, 회전	없음	많은 계산량	높은 정밀도
혼합 추적	위치, 회전	상황 의존적	각 추적 방법 간 지연 오차	높은 정밀도

관성 추적 센서는 다른 센서들과 달리 트랜스폰더-리시버의 형태를 취하지 않고 있으므로 착용형 AR 분야에 쓰일 수 있다. 측면 가속도(Lateral Acceleration)를 기록하는 가속도계(Accelerator)와 회전 가속도(Rotational Acceleration)를 기록하는 자이로스코프의 두 가지 센서가 사용되고 있다. 관성 추적 방식은 위치와 기준 좌표 정보 대신에 가속도와 감속도 정보를 제공한다. 따라서 회전 및 위치 정보 측정이 함께 이루어져야 하며, 측정된 값은 상대적인 값이므로 기준 위치가 먼저 정해져야 한다.

자기 추적 장비는 고정된 트랜스폰더가 자장(Magnetic Field)을 발생시키고, 리시버가 그 자장 내에서 움직이게 되면 리시버의 위치 및 회전 정보를 얻게되는 방식을 취하고 있다[66]. 자기 추적 장치가 널리 사용되고 있지만, 정밀도에 있어서 매우 높은 것은 아니며, 간섭이 발생할 수 있다는 단점이 있다. 또한 리시버와 트랜스폰더의 거리가 멀어짐에 따라 값의 정확도가 떨어지지만 하나의 트랜스폰더만을 사용해야 하는 것도 제약이 된다.

음향 추적 방식은 갱신률이 높은 장점이 있지만 자기 추적 방법에 비해 지연이 생기는 단점을 가지

고 있다. 또한 음향 추적 방식은 광학적 추적 방식처럼 볼 수 있는 곳에서만 동작하므로 여러 개의 트랜스폰더를 사용할 수 있으므로 광학적 추적 방식에 비해 그렇게 큰 문제점이 되지는 않는다. 그렇지만 많은 수의 트랜스폰더를 주변 환경에 부착해야 하는 것이 문제점이 될 수 있다.

GPS는 미국 국방부에 의해 만들어지고 관리되고 있으며 인공위성 기반의 위치추적 시스템이다. 인공위성으로부터 오는 신호의 시간차를 이용해서 위치 정보를 계산하게 된다. 일반적으로 여러 응용 분야에서 GPS는 충분한 정확도를 가지고 있지만 더 높은 정밀도를 필요로 하는 분야에서는 오차 범위가 10미터 이내인 Differential GPS 방식을 사용한다. 실외 환경에서의 AR 시스템에서 GPS는 위치 정보를 얻기에는 충분하지만 회전 정보를 얻어 낼 수는 없기 때문에 지구의 자기를 감지하는 디지털 나침반과 같은 장비와 함께 사용되어야 한다.

광학적 추적 방식은 다른 추적 방식과 비교해서 높은 정확도를 가지고 있으며 트랜스폰더-리시버 방식이 갖는 제약이 없다는 장점이 있다. 그러나 계산량이 많기 때문에 속도가 느려질 수 있고, 계산 결과가 실제값과 크게 차이가 날 수 있다는 단점도 있다. 카메라와 특징점들 사이의 상대적인 위치가 결정되기 때문에 카메라와 추적할 객체, 둘 중 어느 것이 정지되어 있고 어느 것이 움직이느냐 하는 문제는 중요하지 않다. 대신에 광학적 추적 방식에서는 어떤 형태의 객체를 사용하느냐에 따라 시스템의 특성이 결정된다.

활성 센서를 사용한 대표적인 방법으로 여러 개의 LED를 추적하여 높은 정확도를 갖는 위치추적 시스템과 stereo camera를 사용하여 역반사 공(retroreflective ball)을 탐지하고 추적하는 추적 시스템을 들 수 있다[29][27]. 또한 천정에 설치된 LED와 사용자에게 장착되는 광학 센서(high ball)를 이용하는 시스템도 개발되었다[30]. 이 시스템

은 높은 갱신율을 가지며, 정확도가 높지만, 천장에 틀이 설치되어야만 하는 단점이 있다.

비활성 센서는 활성 센서와는 달리 신호를 발생하지 않는 센서다. 원형, 사각형 등의 형태를 가지는 표시(fiducial)나 자연물을 그대로 센서로 이용하는 경우도 있다. 원형의 경우 여러 종류의 서로 다른 색상과 이진 코딩을 통해 많은 종류의 표시를 생성할 수 있다[31]. 사각 형태의 센서는 색상 정보 대신에 기하 정보를 사용하여 각 마커를 구분한다[32][33]. 또한 역반사 마커를 이용하여 빠른 추적 속도와 높은 정확도를 갖는 방법도 제안되었다[34]. 카메라를 이용하여 사용자의 머리 위치를 추적하는 방법은 고정된 VR/AR 환경을 저렴하게 구축할 수 있지만, 자연 문제 때문에 빠른 응답이 필요한 상호작용을 위한 추적 방법으로 사용되기 어렵다[35].

하이브리드 추적 기술은 현존하는 위치 추적 기술을 결합하여 각각의 단점을 보완하는 추적 기술이다. 자기 추적 방식과 시각 기반의 추적 기술을 결합한 방식은 두 가지 추적 방식을 통해 서로의 오차를 보완하면서 위치를 추적하도록 함으로써 높은 성능을 보인다[36]. 그러나, 자기 추적 방식과 시각 기반 추적 방식 사이에 지연(lag)이 발생하여 자기 추적방법의 오차를 증가시킨다는 단점이 있다. GPS와 경사 센서(Tilt Sensor)를 이용하여 준비되지 않은 환경에서의 위치 및 회전 정보 추적이 가능하도록 하였다[37]. 또한 관성 센서와 시각 기반 추적 방식을 함께 사용함으로써, 빠른 움직임에서는 관성 센서가 시각 기반 추적의 오차를 줄이고, 느린 움직임에서는 시각 기반 추적을 통해 관성 센서의 관성에 의한 오차를 줄이도록 하였다. 다중 사용자를 위한 광학 및 자기 하이브리드 추적 시스템은 자기 추적 장치와 2대의 카메라로 구성된다[38]. 자기 추적 장치는 광학적 추적 방식을 더 효율적으로 하기 위해서 영상에서 센서들의 위치를

예측하는데 사용된다. 관성센서를 이용해 가속도를, 시각 기반 추적 방식으로는 선속도를 측정하는 추적 시스템은 강건한 성능을 보여주지만, 추적되는 물체의 움직임을 예측할 수 없기 때문에 빠르게 움직이는 물체에는 적용하기 어렵다[39].

### 3. 영상 정합 및 상호 작용 기술

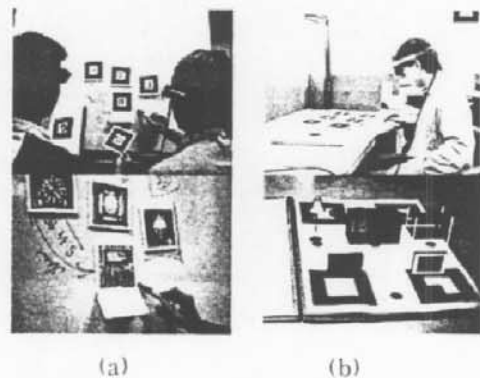
정합기술은 원하는 위치에 가상의 물체를 적절하게 증강시키는 작업을 말한다[2]. 따라서 실세계와 가상 세계가 적절한 관계를 가지고 있어야 한다. 이런 정합 기술에서 발생하는 오차는 두 가지로 구분할 수 있다[40]. 광학적인 굴곡, 추적 시스템의 오차, 부적절한 기계적 결합, 잘못된 뷰 파라미터들로 인한 오차를 정적인 오차(Static Error)라고 하고, 시스템 상에서 발생하는 지연으로 발생하는 오차를 동적 오차(Dynamic Error)라고 한다[1].

실제 환경에 가상 객체를 이음새 없이 증강하기 위해 필수적인 정합에 관한 연구는 특정 마커의 정보를 이용하여 가상 객체를 삽입하는 방법과, 건물 모델에 기반한 동영상에서의 가상 영상 삽입 시스템을 기반으로한 정합, 모니터 기반의 AR을 위한 정적 정합, 넓은 각의 AR에서의 단일 이미지 상에서의 3차원 모델 정합 기술에 대한 연구가 진행되었다[41][42][43][44][45][46]. 또한 2차원 정보에만 의존하는 ARToolKit의 단점을 보완하기 위하여, 멀티뷰 카메라를 통해 획득한 3차원 정보를 정합에 사용하기 위한 연구가 진행 중이다 [12][47].

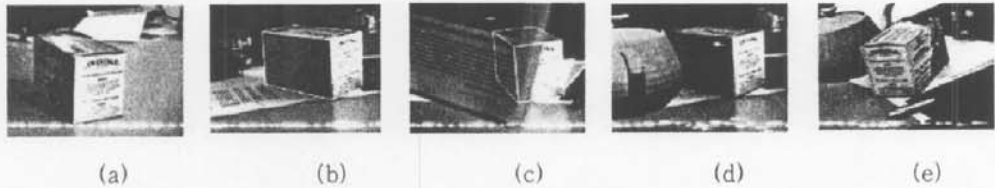
시각 기반 AR은 정합을 하는데 있어서 컴퓨터 비전 기술이나 이미지 프로세싱을 사용한다[1]. 그리고 실세계 환경에서 특정 마커를 감지하는 것이 가능하고, 그것을 정합하는데 유용하게 쓸 수 있다. 이러한 접근 방법을 "Closed-loop" 라고 부른다[48]. 증강할 대상을 감지하는 일과 매칭하는 일은 실시간에 이루어져야 하고 강건해야 하지만, 컴퓨터 비전과 이미지 프로세싱은 많은 계산량을 필요

로 하기 때문에 일반적인 컴퓨터를 사용하여 구성하기에는 많은 문제점이 있다. 그러므로, 비전 기반 기법은 특별한 하드웨어나 센서로 구성되어야 한다. 이러한 하드웨어적 제약은 표시(Fiducials)를 사용함으로써 어느 정도 해결할 수 있다 [49]. 표시의 위치와 패턴 모양은 알고 있기 때문에, 영상 처리를 통해서 표시의 위치를 감지하면, 적절한 정합을 하는데 있어서 정확성을 높일 수 있다.

이러한 방법의 대표적인 예로 ARToolKit을 들 수 있다[50][51]. ARToolKit에서는 크기가 알려진 표시를 감지하기가 쉽도록 검정색 테두리로 둘러싼 표시를 이용하여, 그 사각형 안에 표시를 구분할 수 있는 패턴을 사용하였다. 먼저 카메라 보정된 카메라로부터 표시의 모서리 점들을 감지한 후 표시의 크기와 보정된 카메라의 정보를 바탕으로 카메라와 표시간의 관계를 파악한다. 이를 바탕으로 표시 위에 가상 객체를 증강시킬 수 있지만, 3차원 정보, 즉, 깊이 정보를 이용하고 있지 않기 때문에, ARToolKit에서는 사용자의 시야 가림 문제(Occlusion problem)를 해결 할 수가 없다. 또한, 표시의 크기에 제약이 있다. 그러나 실시간으로 객체를 정합하고 상호작용 하는 데에는 충분한 성능을 발휘하고 있다. ARToolKit을 이용한 응용 시스템을 (그림 3)에 나타내었다.



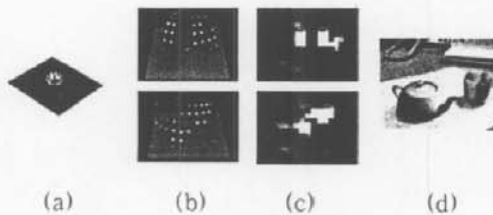
(그림 3) ARToolKit 응용 시스템: (a) Tiles, (b) VOMAR



(그림 4) 실제 객체 모델 정보를 이용한 정합;  
 (a) 템플릿 이미지, (b) 추적된 실제 객체, (c) 객체 가림 현상에도 추적된 객체, (d), (e) 증강된 영상

표시를 사용하는 대신에 정합을 위한 방법으로 템플릿 매칭 기법을 이용할 수 있다[52]. 실세계 객체의 템플릿 이미지는 다양한 관점으로부터 얻고, 이를 실세계 객체를 위한 영상을 찾는데 쓰인다. 한번 이미지가 찾아지면, 가상의 와이어 프레임이 실세계 객체 위에 증강된다. 주어진 실제 영상의 부분들에 대한 대략적인 CAD 모델과 수동적인 비전 기술(passive vision technique)만을 이용하여 사용자의 환경을 실시간으로 추적하여 가상 객체를 증강할 수 있다 [53]. (그림 4)에서는 실제 객체 모델 정보를 이용한 정합 방법을 보인다.

(그림 5)에서는 2차원 사각 마커와 거울 공(Mirror ball)을 합한 3차원 마커를 이용하여 실제 및 가상 세계의 관계와, 실세계의 광원(Light Source)의 위치를 예측하는데 사용하여 기하학적이고 광도계(Photometric)의 정합이 가능한 방법을 보인다[54].



(그림 5) 3차원 마커를 이용한 정합;  
 (a) 3차원 마커, (b) 좌우 영상에서의 거울 공 영역, (c) 좌우 영상에서의 광원맵, (d) 정합 결과

AR시스템의 증강(augmentation)은 사용자 경험의 질을 높이기 위한 하나의 수단일 뿐, 그것이 최종 목표는 아니다. AR시스템 설계를 인터페이스 설계로 바꾸어 생각할 수 있을 만큼, AR 시스템에서 인터페이스가 차지하는 비중은 크다. 따라서, 특정 목적에 적합하고, 사용 및 학습이 용이한 AR 인터페이스 설계가 필수적이다. 이러한 인터페이스는 비전 기술에 따라 크게 2차원 시각 기반 인터페이스와 3차원 시각 기반 인터페이스, 두 가지로 분류될 수 있다. 2차원 시각 기반 인터페이스를 사용하는 경우, 가상 객체를 증강하기 위한 환경 정보를 획득하기 위한 이미지 처리에 소요되는 시간이 짧기 때문에, 쉽게 AR 응용 시스템을 구축할 수 있다[55][56][57][58]. 또한, 시스템 지연이 길지 않기 때문에 사용자의 상호작용에 비교적 즉각적으로 반응하는 AR 시스템 구축이 가능하다. 그러나, 2차원 정보만을 이용한 경우, 실세계에 증강된 가상 객체가 사용자의 시야를 가리는 문제점이 생긴다. 즉, 사용자가 가상 객체와 직접적인 상호작용을 할 경우 사용자의 손이 증강된 가상 객체에 의해 가려지는 문제점이 있다. 이러한 문제점은, 사용자에게 현실감 있는 AR 환경을 제공하지 못한다. 이러한 2차원 시각 기반 인터페이스의 단점을 보완하기 위하여, 비전 기술을 적용한 3차원 시각 기반 인터페이스가 등장하였다[59][60][61]. 카메라 보정 등의 과정을 통해 카메라를 이용하여 실세계의 3차원 정보를 획득할 수 있기 때문에, 사용자의 환경

에 이음새 없이 가상 객체를 증강하는 것이 가능하다. 즉, 3차원 시각 기반 인터페이스에서는 가상 객체가 3차원 물리 공간에 디스플레이 될 뿐만 아니라, 자유롭게 조정되어질 수 있다. 이를 통해, 사용자는 시점(View point)을 제어할 수 있고, 가상 객체와 상호작용을 할 수 있다. 또한 2차원의 시야 가림 현상 또한 해결할 수 있기 때문에, 사용자에게 자연스러운 AR 환경을 제공할 수 있다. 그러나, 많은 계산량을 요구하기 때문에, 사용자의 상호 작용에 즉각적으로 반응하기 힘들다.

〈표 8〉 시각 기반 인터페이스 비교

인터페이스	장점	단점
2차원 시각 기반	간단한 AR 환경 구축 용이 정보 전달 용이 사용자의 반응에 즉각적 반응	가상 객체 수정 및 변경 어려움 시야 가림 현상 자연스러운 인터페이스 제공 불가
3차원 시각 기반	현실감 있는 디스플레이 가능 가상 객체 제어 용이 자연스럽고 친근한 상호작용	높은 성능의 컴퓨터 필수적 사용자 상호작용에 최적의 반응 어려움

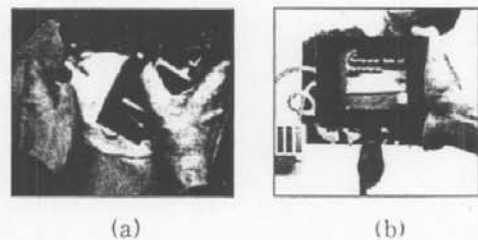
또한, AR 인터페이스는 디스플레이 환경에 따라 고정형 및 이동형 인터페이스로 분류될 수 있다. 고정형 인터페이스는 프로젝터와 스크린 등을 이용하여 특정 장소에서만 존재하는 AR 환경을 의미한다. 고정형 인터페이스의 예로, (그림 6)와 같은 프로젝터와 스크린 등을 이용한 데스크탑 메타포(Desktop Metaphor)상 인터페이스를 들 수 있다 [62][63]. 이들 시스템에서 가상 객체는 책상과 같은 물체 표면에 투영되며, 가상 객체의 제어는 실제 물체와 가상 객체 사이의 관계를 파악하여 이루어진다. 이러한 개념의 상호작용 방법은 여러 사용자들의 협업 환경을 구성하는 데도 효율적으로 사용되어질 수 있다. 그러나 특정 장소에서만 AR 환경을 구성하고, 상호작용이 2차원 표면상으로 한정되어진 단점이 있다.

이동형 인터페이스는 착용형 컴퓨터와 HMD 등을 이용하여 사용자가 어느 위치에 있든지 AR 환



(그림 6) 다수 사용자를 위한 고정형 AR 인터페이스:  
(a) Digital Desk, (b) Augmented Surface, (c) EMMIE

경이 제공될 수 있도록 하는 AR 환경을 의미한다. 이동형 인터페이스의 예로 정보 디스플레이를 위한 인터페이스를 들 수 있다. (그림 7)은 AR 환경을 정보를 브라우징 하는 공간으로 상징하고 see-through 디스플레이 장치와 위치 추적 센서를 이용하여 사용자가 2차원 비전 기술을 이용하여 3차원 공간에서 시야 마커를 제어할 수 있도록 한 시스템을 보인다[64][65]. 이러한 이동형 인터페이스는 사용자가 어느 곳에서나 각 환경에 적합한 정보를 획득할 수 있을뿐만 아니라, 3차원 공간상에서의 상호 작용이 가능하다. 또한 HMD 상에서의 스테레오 디스플레이를 통하여, 사용자에게 보다 많은 몰입감과 현실감을 제공할 수 있다. 그러나, 사용자가 HMD를 착용하거나, 이동형 디스플레이 장치를 들고 다녀야 하는 불편함이 있고, 다수 사용자를 위한 AR 인터페이스로는 적합하지 않다. 또한 현재 착용형 컴퓨터의 성능이 좋지 않기 때문에, 사용자에게 실감적인 AR 환경을 제공하는 데는 한계가 있다.



(그림 7) 정보 디스플레이를 위한 이동형 AR 시스템:  
(a) HMD에 기반한 3차원 초음파 영상 시각화, (b) 이동형 디스플레이 장치에 기반한 객체에 대한 문자 정보 증강

〈표 9〉 이동형 및 고정형 인터페이스 비교

인터페이스	장점	단점
고정형	정보 증강 용이 다중 사용자를 위한 협업 환경 제공 용이	가상 객체 수정 및 생성 어려움 특정 장소에서만 AR 인터페이스 제공 2차원 표현상으로 한정되어진 상호작용
이동형	개인 사용자를 위한 AR 환경 제공 현실감 있는 디스플레이 가능 가상 객체 제어 용이 자연스럽고 친근한 상호작용	다수 사용자를 위한 협업 환경 제공 어려움 어느 곳에서도 AR 인터페이스 제공 가능 사용자가 특정 디스플레이 장치를 항상 휴대

#### 4. 결 론

AR 기술은 실세계와 가상 세계를 이음새 없이 (Seamless) 실시간으로 혼합하여 사용자에게 제공함으로써, 사용자에게 보다 향상된 몰입감을 제공하고, 상호작용을 통하여 현실감을 증대시키는 기술이다. 현재의 많은 AR 기술들이 실제 생활에서 사용되지 못하고 연구 단계에만 머물러 있다. AR 기술의 실용화를 위해서는 위치 추적 장비의 경박 단소화, 실시간 카메라 보정 및 추적기술, 오감미디어 증강기술, 대화형 감성지능기술, 실시간 상호작용기술 등 다양한 분야의 연구가 체계적이고 통합적으로 개발 되어야하나 아직은 국내외적으로 시각정보 증강을 중심으로 초기단계의 연구에 머물러 있다. 영상증강 분야의 경우는 국내에 영상처리 및 컴퓨터비전 분야에서 다수의 인적자원과 기술력을 보유하고 있어 꾸준한 연구와 지원이 뒷받침되면 국제 경쟁력을 조기 확보할 수 있을 것으로 기대한다. 그리고, 기타 감각증강의 경우에도 핵심요소기술을 확보하기 위해서는 지속적인 관심과 연구가 필요하다.

#### 참고문헌

[1] R.T. Azuma, "A Survey of Augmented Reality," Presence: Teleoperators and Virtual

Environments, Vol. 6, No. 4, pp. 355-385, 1997.

[2] Ron Azuma, Yohan Baillet, Reinhold Behringer, Steven Feiner, Simon Julier, and Blair MacIntyre, "Recent Advances in Augmented Reality," IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.25, No.6, pp.24-35, Nov-Dec 2001.

[3] Mixed Reality Systems Laboratory Inc., [http://www.mr-system.com/whatsmr/index\\_e.html](http://www.mr-system.com/whatsmr/index_e.html).

[4] I. Sutherland, "A Head-Mounted Three-Dimensional Display," Fall Joint Computer Conference, Am. Federation of Information Processing Society (AFIPS) Conference Proceeding 33, pp. 757-764, 1968.

[5] Caudell, T. P. and Mizell, D. W., "Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes," Proceedings of 1992 IEEE Hawaii International Conference on Systems Sciences, Vol. 2, pp. 659-669, 1992.

[6] James L. Crowley, Francois Berard, "Multi-Modal Tracking of Faces for Video Communications," Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1997.

[7] Mark Billinghurst, "Shared Space: Collaborative Augmented Reality," SIG -GRAPH '99 Conference abstracts and applications, pp. 178--178, 1999.

[8] M. Lee and W. Woo, "Augmented Reality Keyboard System Using HMD," in Proc. of KHCI2003, pp. 335-339, 2003.

[9] Daniel Borthwick, Siddharth Singh, Simon Prince, Adrian David Cheok, "3D-Wear-AR : Live 3D Augmented Reality on Wearable

- Computers," International Symposium on Wearable Computing, 2003.
- [10] Blaine Bell, Steven Feiner, Tobias Hollerer, "Information at a Glance in Wearable Augmented Reality Systems," The Second Core Research for Evolutional Science and Technology (CREST) Workshop on Advanced Computing and Communicating Techniques for Wearable information Playing, 2003.
- [11] S. Kim and W. Woo, "Virtual Environment Generation using 3D Image-based Panorama," Workshop on Image Processing and Image Understanding (IPIU2003), pp. 111-116, 2003.
- [12] 광주과학기술원 U-VR 연구실, <http://uvr.kjst.ac.kr>
- [13] Y. Seo and K.S. Hong, "Calibration-free augmented reality in perspective," IEEE Trans. Visualization and Computer Graphics, Vol.6 No. 4, pp. 346-359, 2000.
- [14] M. Pollefeys and L. Van Gool, "Stratified Self-Calibration with the Modulus Constraint," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 21, No. 8, pp. 707-724, 1999.
- [15] K. N. Kutulakos and J. R. Vallino, "Calibration-free augmented reality," IEEE Trans, Visualization and Computer Graphics, Vol. 4, No. 1, pp. 1-20, 1998.
- [16] Reinhold Behringer, Jun Park, and Venkataraman Sundareswaran, "Model- Based Visual Tracking for outdoor Augmented Reality Applications," Proceedings of the First IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR'02), 2002.
- [17] Martinez, K. and Abdullah, J., "Camera Self-Calibration for the ARToolKit," First IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop, 2002.
- [18] 포항공과대학교 VR 연구실, <http://www.postech.ac.kr/cse/vr/area.html>
- [19] KIST 영상미디어연구센터, [http://imrc.kist.re.kr/project/project\\_list.html](http://imrc.kist.re.kr/project/project_list.html)
- [20] SoonKi Jung, KwangYun Wohn, "Tracking and Motion Estimation of Tracking and Motion Estimation of the Articulated Object: A Hierarchical Kalman Filter Approach," Journal of Real-Time Imaging, Vol. 3, No. 6, pp. 415-432, 1997.
- [21] 이화여자대학교 컴퓨터그래픽스/가상현실연구센터, <http://channel.ewha.ac.kr/PROJECT/CCGVRR.html>
- [22] 이종원, 유비쿼터스 컴퓨팅과 증강현실, 정보과학회지 제 21권 5호, 2003.
- [23] Fuchs, Henry, Mark A, Livingston, Ramesh Raskar, D'nardo Colucci, Kurtis Keller, Andrei State, Jessica R. Crawford, Paul Rademacher, Samuel H. Drake, and Anthony A. Meyer, MD., "Augmented Reality Visualization for Laparoscopic Surgery," Proceedings of First International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention(MICCAI '98), pp. 934-943, 1998.
- [24] Blair MacIntyre, Enylton Coelho, Simon Julier, "Estimating and Adapting to Registration Errors in Augmented Reality Systems," IEEE Virtual Reality Conference 2002 (VR 2002), pp. 73-80, 2002.
- [25] C.B.Wong, Grennady Reshetnikov, "Hybrid tracking technology," Proceedings Institute of

- Electrical and Electronics Engineers 28th Annual 1994 International Carnahan Conference, pp. 195-200, 1994.
- [26] Thomas Auer. "Hybrid Tracking for Augmented Reality." Ph.D Thesis, 2000.
- [27] K. Dorfmueller. "Robust tracking for augmented reality using retro-reflective markers." *Computers & Graphics*, Vol. 23, No. 6, pp. 795-800, 1999.
- [28] Wide Area Tracking Technology. [http://www.cs.nps.navy.mil/people/faculty/capps/4473/projects/01Summer/tracking/Wide%20Area%20Tracking%20\(brief%20version\).htm](http://www.cs.nps.navy.mil/people/faculty/capps/4473/projects/01Summer/tracking/Wide%20Area%20Tracking%20(brief%20version).htm)
- [29] Madritsch F., Gervautz M. "CCD-camera based optical beacon tracking for virtual and augmented reality." *Eurographics 1996*, Vol. 15, No. 3, pp. 207-216.
- [30] G. Welch, G. Bishop, L. Vicci, S. Brumback, K. Keller, and D. Colucci. "The hiball tracker: High-performance wide-area tracking for virtual and augmented environments." *Proc. VRST*, pp. 1-10, 1999.
- [31] Uenohara, Michihiro and Takeo Kanade. "Vision-Based Object Registration for Real-Time Image Overlay." *Proceedings of Computer Vision, Virtual Reality, and Robotics in Medicine '95 (CVRMed '95)*, pp. 13-22, 1995.
- [32] H. Kato and M. Billinghurst. "Marker tracking and hmd calibration for a video-based augmented reality conferencing system." *Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality*, pp. 85-94, 1999.
- [33] Koller D., Klinker G., Rose E., Breen D., Whitaker R., Tuceryan M. "Real-time vision-based camera tracking for augmented reality applications." *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST-97)*, pp. 87-94, 1997.
- [34] Klaus Dorfmueller. "Robust tracking for augmented reality using retroreflective markers." *Computers&Graphics*, 1999.
- [35] Juriaan D. Mulder, Jack Jansen, and Arjen van Rhijn. "An Affordable Optical Head Tracking System for Desktop VR/AR Systems." *Eurographics Workshop on Virtual Environments*, 2003.
- [36] A. State, G. Hirota, D.T. Chen, W.F. Garrett, and M.A. Livingston. "Superior augmented reality registration by integrating landmark tracking and magnetic tracking." *Proceedings of SIGGRAPH'96*, pp.429~438, 1996.
- [37] R. Azuma, J.W. Lee, B. Jing, J. Park, S. You, and U. Neumann. "Tracking in unprepared environments for augmented reality systems." *Computers and Graphics*, Vol.23, No. 6, pp. 787~793, 1999.
- [38] Tomas Auer. "Hybrid Tracking of Augmented Reality." Ph.D thesis, technical university of Graz, 2000.
- [39] Georg Klein, Tom Drummond. "Tightly Integrated Sensor Fusion for Robust Visual Tracking." *Proc. British Machine Vision Conference*, 2002.
- [40] Richard Holloway. "Registration Errors in Augmented Reality." Ph.D. dissertation, UNC Chapel Hill Department of Computer Science technical report TR95-016, 1995.
- [41] 박상철, 황분우, 이성환. "비디오 기반 증강현실." *한국정보처리학회지*, 제 10권, 제 1호, pp.

- 25-31, 2003.
- [42] B. Jang, K. Byoun, D. Kim, C. Hwang, "Calibration techniques of static registration for monitor based augmented reality," *Computer Graphics and Imaging (CGIM2001)*, 2001.
- [43] VRRC 소식지, Vol. 12, No. 2, [http://www.vrrc.org/newsletter/vol2\\_no2\\_sub.htm](http://www.vrrc.org/newsletter/vol2_no2_sub.htm)
- [44] Y. Lee, K. Wohn, "Registration of a 3D Model on a Single Image in Wide Angle Augmented Reality," *International Journal of Virtual Reality*, Vol. 36, No. 8, pp. 719-720, 2000.
- [45] 서용덕,홍기상, "Uncalibrated Augmented Reality Using Projective Motion". 제11회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵, pp. 193-198, 1999.
- [46] Azuma, Ronald T., "Course notes on "Registration" and "Correcting for Dynamic Error"" , ACM SIGGRAPH '97, Course Notes #30: Making Direct Manipulation Work in Virtual Reality, 1997.
- [47] M. Lee, W. Woo, "ARKB: 3D vision-based Augmented Reality Keyboard," *Proceedings of International Conference on Artificial Reality and Telexistence*, ISSN 1345-1278, pp. 54-57, 2003.
- [48] Bajura Mike, Henry Fuchs, and Ryutarou Ohbuchi, "Merging Virtual Reality with the Real World: Seeing Ultrasound Imagery Within the Patient," *Proceedings of SIGGRAPH '92*, *Computer Graphics* Vol. 26, No. 2, pp. 203-210, 1992.
- [49] State, Andrei, Mark A. Livingston, Gentaro Hirota, William F. Garrett, Mary C. Whitton, Henry Fuchs and Etta D. Pisano, "Techniques for Augmented-Reality Systems: Realizing Ultrasound-Guided Needle Biopsies," *Proceedings of SIGGRAPH '96*, pp. 439-446, 1996.
- [50] H. Kato, M. Billingham, I. Poupyrev, K. Imamoto, and K. Tachibana, "Virtual object manipulation on a table-top ar environment," *Proceedings of the International Symposium on Augmented Reality (ISAR 2000)*, pp. 111-119, 2000.
- [51] ARToolKit, <http://www.hitl.washington.edu>
- [52] Uenohara, Michihiro and Takeo Kanade, "Vision-Based Object Registration for Real-Time Image Overlay," *Proceedings of Computer Vision, Virtual Reality, and Robotics in Medicine'95 (CVRMed '95)*, pp. 13-22, 1995.
- [53] Vincent Lepetit, Luca Vacchetti, Daniel Thalmann, Pascal Fua, "Fully Automated and Stable Registration for Augmented Reality Applications," *Proceedings of the Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR'03)*, 2003.
- [54] Masayuki Kanbara and Naokazu Yokoya, "Geometric and Photometric Registration for Real-time Augmented Reality," *Proceedings of the Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR'03)*, 2003.
- [55] Billingham, M., Kato, H. and Poupyrev, I. "The MagicBook - Moving Seamlessly between Reality and Virtuality," *Computer Graphics and Applications*, Vol. 21, No. 3, pp. 2-4, 2001.
- [56] Poupyrev, I., Berry, R., Billingham, M., Kato, H., Nakao, K., Baldwin, L., Kurumisawa, J., "Augmented Reality Interface for Electronic Music Performance," *Proceedings of the 9th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI International)*, 2001.

- [57] Poupyrev, I., Tan, D., Billinghurst, M., Kato, H., Regenbrecht, H., Tetsutani, N., "Tiles: A Mixed Reality Authoring Interface." Proceedings of INTERACT 2001, 2001.
- [58] Poupyrev, I., Tan, DS, Billinghurst, M., Kato, H., Regenbrecht, H., Tetsutani, N., "Developing a Generic Augmented-Reality Interface," IEEE Computer, Vol. 35, No. 3, pp.44-50, 2002.
- [59] Ohshima, T., Sato, K., Yamamoto, H., Tamura, H., "AR2Hockey: A case study of collaborative augmented reality." Proc. of VRAIS'98, pp. 268-295, 1998.
- [60] 민동보, 김한성, 양기선, 손광훈, "적응적 미세 변이추정기법을 이용한 스테레오 혼합현실 시스템 구현." 2003년도 신호처리소사이어티 추계학술대회 논문집 제 26권 제 2호, pp. 171-174, 2003.
- [61] S. Kim, N. Zhang, W. Woo, "Wearable Data Retrieval System using 3D Vision-based HMD," Proc. of KHCI2002, 2002.
- [62] P.Wellner, "Interacting with Paper on the DigitalDesk," Communications of the ACM, Vol 36, No. 7, Jul. 1993, pp. 86-96.
- [63] Rekimoto, J., and Saitoh, M., "Augmented surfaces: a spatially continuous work space for hybrid computing environments." Proceedings of the CHI 99, pp. 378-385, 1999.
- [64] Ultrasound Visualization Research, <http://www.cs.unc.edu/~us/>
- [65] Jun Rekimoto and Katashi Nagao, "The World through the Computer: Computer Augmented Interaction with Real World Environments," User Interface Software and Technology (UIST '95), pp. 29-38, 1995.

## 저자약력



이민경

2002년 경희대학교 의료시스템공학부 (공학사)  
2002년 현재 광주과학기술원 정보통신공학과 (석사과정)  
관심분야 : Mixed Reality, 3D Vision, HCI,  
Ubiquitous/Wearable Computing  
이 메 일 : mlce@kjist.ac.kr



우은택

1989년 경북 대학교 전자공학과 (공학사)  
1991년 포항공과대학교 전기전자공학과 (공학석사)  
1998년 University of Southern California, Electrical  
Engineering System (공학박사)  
1991년-1992년: 삼성종합기술연구소 연구원  
1999년-2001년: ATR MIC Lab., Japan, 초빙 연구원  
2001년 현재: 광주과학기술원 정보통신공학과 조교수  
관심분야: Virtual Mixed Reality, 3D Vision, Networked  
VR, Ubiquitous Computing, Wearable  
Computing.  
이 메 일 : wwoo@kjist.ac.kr