

# 모바일 혼합현실 기술

Mobile Mixed Reality Technology

융합 시대를 주도할 디지털콘텐츠 기술 특집

김기홍 (K.H. Kim)	가상현실연구팀 선임연구원
김홍기 (H.K. Kim)	가상현실연구팀 선임연구원
정혁 (H. Jeong)	가상현실연구팀 선임연구원
김종성 (J.S. Kim)	가상현실연구팀 책임연구원
손욱호 (W.H. Son)	가상현실연구팀 팀장

## 목 차

- .....
- I. 서론
  - II. 위치인식 기술
  - III. 영상정합 및 합성 기술
  - IV. 저작도구 기술
  - V. 상호작용 기술
  - VI. 결론

\* 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT 신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행되었음. [2007-S-018-01, 혼합현실 기반 u-체험형 콘텐츠 운용플랫폼 개발]

혼합현실 기술을 휴대가 용이한 모바일 기기상에서 효과적으로 구현하기 위해서는 기기에 부착된 카메라의 위치를 인식하는 기술을 시작으로 입력된 실세계 공간에 가상의 디지털 정보를 정합하고 표현하는 기술, 사용자가 표현된 혼합현실 환경과 현실감있게 상호작용하는 기술, 그리고 다양한 응용분야에 맞게 혼합현실 콘텐츠를 저작하는 기술에 이르기까지 여러 가지 세부 기술들이 요구된다. 본 논문에서는 언급한 세부 기술들에 대한 개요와 국내외적으로 진행되고 있는 관련 기술들의 동향을 구체적인 사례를 통해 소개한다.

## I. 서론

혼합현실(mixed reality) 기술은 실 세계와 가상 세계를 결합하여 실물과 가상 객체들이 공존하는 새로운 환경을 만들고 사용자가 해당 환경과 실시간으로 상호작용을 함으로써 다양한 디지털 정보들을 보다 실감나게 체험할 수 있도록 하는 기술이다. 최근 들어 유비쿼터스 환경 하에서의 다양한 서비스 제공에 대한 사용자 요구들이 급속도로 확대됨에 따라 휴대형 모바일 기기들에 대한 수요 또한 증대되고 있는 실정이다. 따라서 기존의 데스크톱 및 웨어러블 환경에서 주로 구현되어 왔던 혼합현실 관련 기술들이 handheld 형태의 모바일 기기들에 최적으로 적용되기 위해 약간의 기술적 변형이 불가피하게 되었다. 본 논문에서는 이러한 혼합현실 기술을 이용해서 원하는 목적의 콘텐츠들을 제작하고 이를 모바일 관련 응용분야에 활용하기 위해서 요구되는 세부 핵심기술들을 크게 위치인식 기술, 영상정합 및 합성 기술, 저작도구 기술, 상호작용 기술의 4가지로 나누고 각 기술에 대한 개략적인 설명과 동향에 대해 다루고자 한다.

## II. 위치인식 기술

일반적으로 모바일 단말기를 이용하여 혼합현실을 구현하고자 할 때는 마커 기반의 비전기술을 이용한다. 즉 모바일 단말기에 부착된 카메라를 통해 획득한 실시간 이미지에서 마커 정보를 획득하고 이를 기반으로 실사에 가상객체를 혼합한다. 여기서 마커란 특정한 패턴을 가지고 있는 단순한 2차원 도형으로서 비전에 의해 쉽게 식별이 가능하도록 만든 일종의 인식 코드이다.

한편, 마커가 없는 상황에서 혼합현실을 구현하기 위해서는 이미지를 얻는 카메라의 위치 및 자세가 정확하게 파악되어야 한다. 본 장에서는 이와 같이 모바일 혼합현실 구현에 필요한 위치인식 기술의 개요 및 구체적인 사례에 대해 소개하고자 한다.

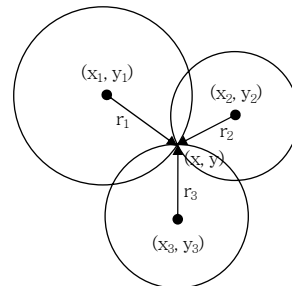
### 1. 위치인식 방법의 개요

위치를 인식하기 위한 방법으로는 거리 측정에 의한 삼변측량(trilateration) 방법, 각도 측정에 의한 삼각측량(triangulation) 방법, 근접 방법 등이 있다. 우선 근접 방법은 위치 추적 대상 물체가 알려진 위치 근처에 있을 때 물리적 접촉을 통하거나, 물체가 발신한 신호를 기지국에서 모니터링 하거나, 태그를 호출하여 그 물체의 위치를 인식하는 방법이다. 각도 측정에 의한 삼각측량 방법은 기준이 되는 지점 간의 거리와 위치 인식 대상과 기준점과의 각도를 측정하고 평면삼각법으로 나머지 변의 길이를 계산하여 위치를 파악하는 방법으로써 항해, 토목 분야에서 주로 사용되는 기법이다.

한편 거리 측정에 의한 삼변측량 방법은 이미 위치를 알고 있는 기준점으로부터의 거리를 측정하여 대상의 위치를 계산하는 방법으로써 GPS 기반의 위치 인식 기술이 그 대표적인 사례이다. 2차원 공간 상에서 물체의 위치를 파악하려면, 이미 위치를 알고 있는 최소한 세 개의 기준점으로부터의 거리를 측정해야 한다. (그림 1)은 거리 측정에 의한 삼변측량 방법의 개요이다.

(그림 1)에서 보듯이 2차원 직교좌표에서 목표점의 위치 (x, y)를 구하기 위해서는 최소한 3개의 기준점의 위치 (x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>), (x<sub>2</sub>, y<sub>2</sub>), (x<sub>3</sub>, y<sub>3</sub>) 및 기준점으로부터의 거리 r<sub>1</sub>, r<sub>2</sub>, r<sub>3</sub>를 알고 있어야 하는데, 이때 다음과 같은 방정식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} (x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 &= r_1^2 \\ (x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 &= r_2^2 \\ (x-x_3)^2 + (y-y_3)^2 &= r_3^2 \end{aligned}$$



(그림 1) 거리 측정에 의한 삼변측량법의 개요

식의 방정식을 풀면 목표점의 위치 (x, y)를 구할 수 있다. 3차원 상에서의 목표점 위치를 찾기 위해서는 최소 4개의 기준점에 대한 정보가 필요하다. 또한 거리 측정에는 당연히 측정 오차가 존재하기 때문에 최소한 요구되는 개수보다 기준점이 많으면 통계적으로 보다 정확한 목표점의 위치를 구할 수 있다.

삼변측량에 의한 위치 인식 방법은 우선 기준점의 위치를 파악하고 있어야 하며, 추가적으로 목표점과 기준점과의 거리를 측정해야 한다. 거리를 측정하기 위한 방법은 직접 측정법, 시간 측정법, 신호세기 측정법 등이 있다. 직접 측정법은 각 기준점에서 레이저거리측정기나 초음파측정기를 통해 거리를 측정하는 것이다. 그러나 이 방식은 단순하지만 모든 기준점을 이동하면서 측정해야 하므로 목표점의 이동 상황을 실시간으로 측정하기 어렵다.

시간 측정법은 목표점과 기준점까지 초음파 등이 이동하는 시간을 측정하고 이에 속도값을 곱하여 거리를 측정하는 방법이다. 빛이나 전파의 이동시간을 측정하여 거리를 측정하는 방법도 가능하지만 빛이나 전파의 속도가 너무 빨라 시간 측정에 필요한 분해능이 매우 높아야 한다. 시간 측정법을 이용한 위치인식 시스템은 GPS, Active bat, UWB 등이 있다.

신호세기 측정법은 전파 발생기로부터 거리가 멀어짐에 따라 신호세기가 감소하는 점을 이용하여 거리를 측정하는 방법이다. 즉 발생장치로부터 r 만큼 떨어져 있는 목표점에서의 신호세기는  $1/r^2$ 에 비례하여 감소한다. 그러나 이러한 방법은 장애물이 많은 실내 환경에서는 반사, 회절, 다중경로에 의해 감소되는 비율이 차이가 생기기 때문에 높은 정확도를 확보하기가 어렵다.

## 2. 위치인식 시스템 사례

### 가. GPS

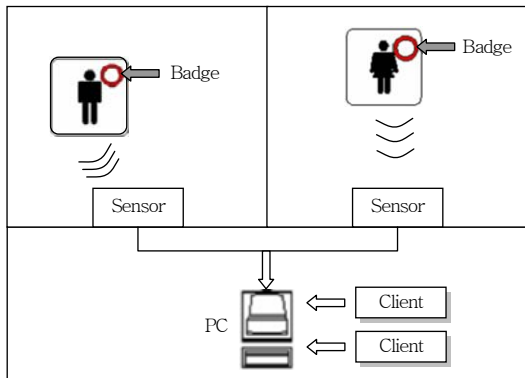
미국 국방부가 개발하여 추진한 전 지구적 무선헤행 위성 시스템으로서 중·고궤도 항행 위성 시스템인 NAVSTAR를 사용하는 시스템이라는 의미에

서 NAVSTAR/GPS라고도 한다[1]. 총 16개의 위성에는 원자시계가 탑재되어 있다. 이 시스템은 지구 어디에서나 항상 4개 이상의 위성이 시계(視界) 내에 있도록 배치되기 때문에 이용자는 이들 위성 중에서 적당한 4개를 선택하여 그것들로부터 시각(時刻) 신호를 수신하여 각각의 거리를 측정한다. 4개 위성의 위치는 알려져 있으므로, 이 측정에서 이용자의 위도·경도·고도의 3차원의 위치와 시계(時計)의 시각 편차를 알 수 있다. GPS 기반의 위치 인식은 위치를 16m 이내의 정확도로, 자신의 움직이는 속도는 0.09m/s 이내의 정확도로 알 수 있다. 실외에서 내비게이션 시스템의 위치 인식 수단으로 주로 이용되고 있으며 가격이 저렴하고 구현이 용이하지만, 실내에서는 사용이 어렵고 위치 인식 정밀도가 낮은 단점이 있다.

### 나. Active Badge

Active badge는 Xerox사에서 개발되었으며, 천장에 있는 적외선 센서들이 적외선 신호를 감지하여 배지(badge) 형태의 적외선 발신기를 부착하고 있는 직원들의 위치를 추적하는 시스템이다[2]. 각 배지는 각각 고유한 ID를 가지고 있으며 주기적으로 적외선 신호를 전송하여 적외선 센서가 부착된 곳에 한하여 직원의 식별이 가능하다. 대략 10m 범위 내를 인식하므로 사무실마다 한 개 이상의 센서가 네트워크를 구성하고 있다. Active badge 시스템은 배지를 부착한 사용자가 어떤 영역에 들어와 있는지만을 파악하는 용도로 주로 사용되며, 영역 내 배지의 구체적인 위치를 파악할 수는 없다. (그림 2)는 active badge의 시스템 개요를 나타내는 것으로 적외선 센서를 통해 특정 방에 누가 있는지 확인할 수 있다.

국립중앙박물관의 '박물관 내비게이션 시스템'도 active badge와 유사한 것으로서, 전시물 부근에 고유한 ID를 가지고 있는 적외선 발신기를 설치하고 적외선 수신기가 부착된 PDA를 통해 현재 사용자의 위치 및 전시물 정보를 편리하게 제공하고 있다.



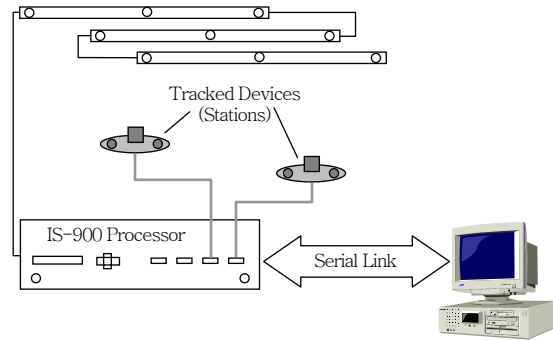
(그림 2) Active Badge 시스템 개요

#### 다. Active Bat

Active bat는 AT&T에서 개발된 초음파 기반의 위치인식 시스템으로서 송신기인 bat, 수신기, 중앙 제어기로 구성되어 있다[3]. 송신기는 사람이 가지고 다니거나 물체에 부착할 수 있으며 각 송신기마다 고유의 코드를 가지고 RF 연결을 통해 위치인식 서버와 연결된다. 서버에서는 초음파 수신기들을 모두 초기화하고 특정 bat를 호출한다. 호출된 Bat는 초음파를 발생하고 이때 천장에 부착된 센서에서 초음파 신호를 수신한다. 각 센서에서는 초기화 이후부터 초음파가 도달한 시간을 측정하고 이를 서버에서 처리하여 삼변측량법에 의해 bat 위치를 계산한다. 구현된 시스템은 천장에 약 1.2m 간격으로 배치되어 있으며 세 개 이상의 송신기의 상대적인 위치를 찾아내면 지향각도 계산할 수 있다.

#### 라. Cricket

MIT 미디어랩에서 개발된 cricket은 active bat와 마찬가지로 초음파 기반의 위치인식 방법이지만, 송신기와 수신기의 역할이 바뀌어 있다[4]. 즉, 천장에 다수의 송신기를 설치하고 위치 인식 목표물에는 수신기를 부착한다. 각 송신기에서 발생한 초음파 수호를 수신기에서 수신하고 도달시간을 측정하여 거리정보를 계산한다. 4개 이상의 송신기로부터 거리 정보를 구하고 이를 통해 목표물의 위치를 인식한다. 이때 각 송신기에서 발생한 초음파가 서로



(그림 3) Intersense사의 IS-900 시스템 구성

겹치지 않기 위해 반송파를 감지하는 기법이 사용된다. Cricket은 서버를 이용하는 active bat와 달리 독자적으로 수신기의 위치를 계산할 수 있기 때문에 수신기를 부착하는 것만으로 다수 객체의 위치 추적이 가능하다.

Intersense사의 IS-900 위치/자세 추적 장치도 cricket과 유사한 원리를 적용한 것으로써, (그림 3)의 IS-900 시스템 구성에서 station이라고 하는 위치 추적 목표에 다수의 수신기가 장착되어 위치 및 자세 정보를 구할 수 있다. 또한 IS-900 시스템에는 관성센서가 부착되어 위치 추적 갱신율을 높이고 있다.

최근에는 무선랜 방식의 Wi-Fi나 ZigBee, UWB 등에 근거하여 위치를 인식하는 시스템이 개발되고 있다. 이러한 방법들은 거리에 따른 신호의 크기 감쇄를 이용하거나 임펄스 신호를 이용하기도 한다. 이에 대한 자세한 내용은 참고문헌 [5]를 참고하기 바란다.

### Ⅲ. 영상정합 및 합성 기술

#### 1. 영상정합

혼합현실 시스템의 응용분야를 제한하는 가장 기본적인 문제 중의 하나는 실제 영상과 가상의 그래픽을 겹쳐서 보여줄 때, 두 개의 영상이 정확하게 일치하게 하는 영상정합(registration) 문제이다. 수술 분야의 경우 이러한 정합이 정확히 이루어지지 않으면

면 치명적인 문제가 생길 수 있으며, 정합의 정확도에 따라서 혼합현실의 응용분야에 많은 제약이 따른다[6].

사람은 가상물체가 실제 환경에서의 물체처럼 움직이지 않는 것에 따른 오차(visual-kinesthetic error) 보다는 실제 환경과 일치하지 않아서 발생하는 어긋남(visual misalignment)에 훨씬 민감하기 때문에 실제 환경의 카메라 특성을 파악하여 가상물체와 실제환경의 3차원 좌표를 정확히 일치시켜야 한다[7]. 특히 실시간으로 사용자와 가상물체간의 상호작용을 통해 사용자로 하여금 더욱 현실감을 느끼게 할 수 있지만 실시간으로 입력되는 비교정된 영상에서 가상물체를 합성시키기 위해서는 실제 카메라의 파라미터를 알아내는 카메라 교정작업이 필수적이다. 3차원 좌표를 카메라의 파라미터(2D 영상으로의 프로젝션을 위해 카메라가 사용하는 수학적 모델)를 의미하며 이들은 미리 수치 해석적 방법으로 알아내거나 카메라 제조사에서 제공한다를 이용하여 그들의 영상에서의 위치를 알게 된다. 영상에서의 위치를 알게 되면 바로 그 곳에 가상객체를 덮어서 그려 넣으면 된다[8]. 따라서 문제는 카메라의 영상에서 현실 세계의 어떤 지점이나 물체에 대한 카메라 상대 3차원 좌표를 얻어내야 하는데, 3차원 좌표를 얻어내기 위해서는 이론적으로 2개의 카메라가 필요하다. 이는 인간이 두 눈을 통하여 깊이를 인지하는 원리와 같다.

컴퓨터 비전 연구자들을 지난 40년 동안 이 문제를 풀어내기 위하여 고심하여 왔으나, 현재 보통 영상에서 어떤 객체를 인식하고 이의 좌표와 자세를 알아내는 데에는 한계가 있다.

특히 보통의 혼합현실 시스템에서는 사용성을 위하여 한 개의 카메라만을 사용하는 경우가 많으므로 한 개의 카메라에서 현실 세계의 3차원 위치를 파악하는 것은 매우 어렵다. 따라서 혼합현실 연구자들은 추출하기 쉬운 영상특징들로 구성된 기준표시(fiducial)라고 하는 마커(landmark or marker)를 이용하여 이를 해결하고 있다. 마커를 이용한 방법은 사용자로 하여금 주변환경에 인위적인 요소(표식

설치 등)를 첨가해야 하기 때문에 야외의 혼합현실 시스템의 경우에는 모델에 기반한 영상정합을 많이 사용하고 있다. 본 논문에서는 마커 기반 및 모델 기반의 영상정합 방법에 대하여 설명하고자 한다.

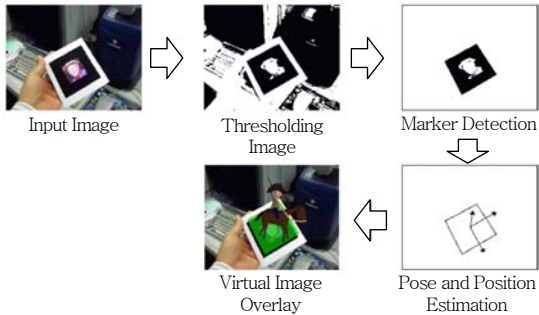
#### 가. 마커 기반의 영상정합

마커는 컴퓨터 비전 기술로 인식하기 쉬운 어떤 물체를 의미하는 것으로, 예를 들어 검은 바탕 위의 똑바로 쓰여진 평면 문양이나 특이한 색상을 갖는 기하학적인 물체를 생각할 수 있다. 마커를 사용하게 되면 사용자나 그것을 접하는 일반인의 입장에서 자연적인 영상에 인위적인 영상을 억지로 삽입한 것처럼 보이게 되는 단점이 있다. 가장 쉽게 사용할 수 있는 마커는 사전에 위치를 알고 있는 LED[9]나 컬러점(colored dot)이다. 이들은 영상처리 시간도 단축할 수 있어서 1pixel 이내에서 영상정합을 정확히 할 수 있다. (그림 4)는 LED 마커를 이용한 영상정합의 예이다. 가상의 화살표와 가상의 굴뚝이 LED 마커가 부착된 실제 영상과 정확히 접합되어 보여진 것을 알 수 있다.

위의 예는 마커가 모두 둥근 경우였지만, 이후에 각진 평면 위에 일정한 모양을 한 평면마커(planar fiducial)를 많이 사용하였다. 특히, 이는 실시간 3차원 위치추적이 가능하면서 저비용의 안정적인 시스템 구축을 가능하게 하였다. ARToolKit[10],[11]이라는 소프트웨어 라이브러리는 영상 처리 시 탐색을 용이하게 하기 위해 흰 바탕에 사각의 검은색 경계선을 가진 평면마커를 사용하였고 안쪽에는 물체



(그림 4) LED 기반의 영상정합



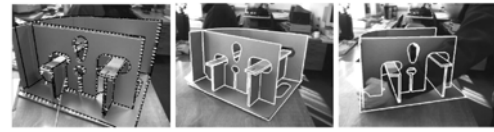
(그림 5) ARToolKit의 영상정합 처리 과정

를 인식하기 위한 특별한 패턴들이 사용되었다. (그림 5)는 ARToolKit의 정합과정을 보여준다. 입력영상은 문턱 값(threshold)에 의해 2진화된 후 4각의 모서리를 인식하여 마커의 자세와 위치를 파악한 다음 내부의 패턴을 템플릿 매칭(template matching)에 의해 비교한 후에 합성할 이미지를 마커 위에 표시하게 된다.

이 방식은 어떠한 초기화 과정도 필요하지 않으며, 실시간(30fps)으로 구현이 가능하여 PDA나 모바일 폰과 같은 이동장치에서 많이 사용되고 있다 [12],[13].

나. 모델 기반의 영상정합

마커가 없는 경우 객체(예: 콜라겐)를 여러 방향과 거리에서 인식하는 것은 현재까지도 매우 어려운 문제로 남아 있으며, 특히 인식해야 할 객체 수의 증가, 손으로 가려지는 현상, 주변의 밝기 등에 의해 영향을 많이 받는다. 본 논문에서는 사용하는 영상 특징의 성질에 따라 경계선(edge) 기반의 영상정합 방법과 템플릿 매칭과 같은 영상전체 정보에 기반한 영상정합 방법을 설명한다.



(그림 6) 경계선 기반의 영상정합 과정

(그림 6)은 제어점(control point)이라고 불리는 3차원 물체의 경계선에 있는 점들을 탐색한 후 이를 다음 번 실제 영상과의 비교를 통해 제어점 변위를 인식하여 물체의 자세를 인식하고 정합을 하는 과정을 보여주고 있다. 이 방법은 영상의 크기가 작은 부분에서 사용할 수 있고 주변 배경이 혼란스러운 부분에서는 사용하기가 어렵다. 초기의 대부분 모델 기반의 영상정합은 계산의 효율성 및 구현의 용이성 때문에 경계선 기반의 방법을 사용하였다 [14],[15].

계산량의 증가로 인해 모바일 혼합현실 시스템에서는 사용이 힘들지만 가장 자연스러운 방법이 템플릿 매칭에 의한 영상정합이다[16],[17]. (그림 7)에서 보는 것처럼 다양한 각도에서 수집한 실제 객체의 템플릿 영상을 이용하여 실제 객체와의 정합 시에 이를 비교하여 가상의 영상을 실제 객체에 정합할 수 있게 된다. 이 방법은 자연스러운 방법이지만 초기화 과정이 필요하고 모바일 환경에서는 하드웨어



(그림 7) 책 표지가 템플릿으로 구성된 영상정합

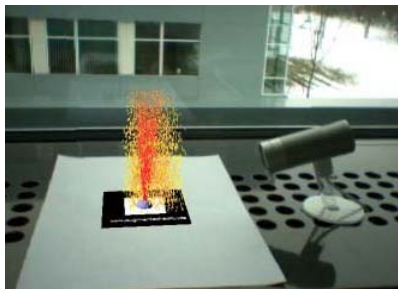
<표 1> 영상정합 방법 비교

정합방법	적합성	초기화	정확도	실패 경우	모바일환경
LED, DOT		No	매우 정확	매우 낮음	Yes
평면 마커	마커 사용 가능할 경우	No	정확	마커가 가려질 경우	Yes
경계선	강한 경계선, 간단한 배경	Yes	노이즈 가능성	매우 빠른 동작일 경우	Yes
템플릿 매칭	작은 평면 물체	Yes	매우 정확	물체가 겹칠 경우	No

어의 성능 때문에 실제로 적용하기는 힘든 방법이다.  
 <표 1>은 앞에서 설명한 영상정합 방법들의 각각의 특징을 비교한 것이다.

## 2. 영상합성

영상정합을 통하여 가상 객체가 표현되어야 하는 위치를 추출하게 되면 이를 실제 영상에 합성하는 기술이 필요하다. 이 기술은 상대적으로 많이 발달되어 있는데, 비디오 영상 데이터를 그래픽 시스템의 frame buffer에 받아 들여서 그래픽 영상과 같은 데이터를 공유하게 함으로써 간단히 해결할 수 있다. 이때 가상객체는 카메라의 시점과 주어진 3차원 위치에서 어떻게 보이고 그려져야 할지를 프로젝션 계산에 의하여 결정하게 된다. 현재 그려지는 가상 객체들은 (그림 8)과 같이 “만화”와 같은 사실성이 떨어지는 객체들의 경우가 많으나, 이를 좀 더 사실적으로 표현하여 자연스러운(예를 들어 실제로는 없는 가상객체인지 모를 정도로) 영상을 만들어 내고, 그림자나 다른 객체에 가려지는 효과, 또는 각종 빛의 효과를 삽입하는 연구도 많이 진행되고 있다[18].



(그림 8) 영상합성의 예

## IV. 저작도구 기술

### 1. 혼합현실 기반 저작도구

3D Max나 마야 같은 모델링 저작 도구에 비해 혼합현실 콘텐츠 제작을 위한 저작도구는 역사가 짧고 상용제품도 적은 실정이다. 다만 전세계적으로

가상현실의 한 분야로서 혼합현실에 대한 연구가 꾸준히 이루어지고 있으며 이에 따라 저작도구에 대한 연구가 진행되고 있으나 기술적, 경제적 파급 효과는 현재까지 미미한 상태이다. 한편, 모바일 환경에서의 혼합현실 기반 저작도구는 더욱더 미미하여 혼합현실 기반 저작도구 범주 안에 이를 포함하여 살펴보고자 한다. 혼합현실 기반의 저작도구는 일반적인 저작도구와 마찬가지로 메뉴나 툴바 혹은 윈도 시스템에서 사용자가 원하는 콘텐츠를 제작하도록 지원하며 <표 2>와 같은 operation들을 사용하여 콘텐츠를 제작한다.

<표 2> 저작도구의 Operations

저작도구 Operations
Insert, Connect, Move, Resize, Object-selection, Drag and Drop, Ordering, Positioning

현재 혼합현실 라이브러리와 이를 이용한 저작도구로 사용되는 해외 유명 제품들을 살펴보면 <표 3>과 같다. 표에서 ARToolKit은 뉴질랜드 HitLab에서 만들어 세계적으로 많이 쓰이는 혼합현실 라이브러리로서 멀티플랫폼을 지원하며 배우기 쉬운 API로 구성된 작은 패키지이다[19]. 2006년 12월에는 ARToolKit을 개선한 OSGART를 선보여 상용제품인 MagicBook에 적용하기도 하였다. 다음 절부터는 유명 혼합현실 기반 저작도구에 대하여 살펴본다.

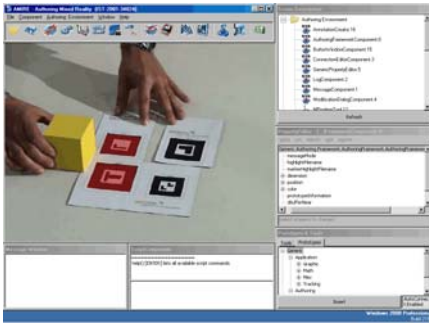
<표 3> 혼합현실 라이브러리 및 저작도구 제품들

분야	제품
라이브러리/툴킷	ARToolKit, MR-Platform, MxToolKit, ARTag, OSGART
저작도구	AMIRE, APRIL, DART, ULTRA Authoring Tool, CMIL++

<자료>: www.hitlabnz.org

### 2. AMIRE

혼합현실 저작도구인 AMIRE는 2002년부터 2004년까지 오스트리아, 핀란드, 독일, 스페인 등의 9개 국가 공동 프로젝트(IST 프로젝트)의 일환으로 개

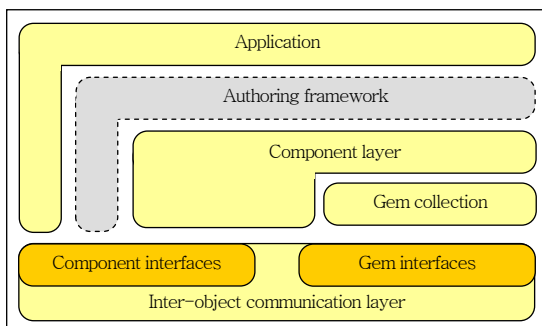


(그림 9) AMIRE 저작 장면

발되었으며 그래픽전문가, 혼합현실 전문가는 물론 일반 사용자들도 혼합현실 애플리케이션을 효과적으로 만들고 수정할 수 있게 도와주는 저작도구이다. (그림 9)는 사용자가 마커와 메뉴의 리소스들을 다루는 저작 장면이다.

AMIRE는 저작환경을 제공하기 위하여 (그림 10)의 내부 구성도와 같이 gem, component, framework로 구성되어 있다[20]. 그림에서 gem은 혼합현실 구현을 위한 프로그래밍 기법들과 소프트웨어로 이루어진 데이터베이스로서 기법과 툴의 재사용과 공유 등으로 프로그래밍 문제에 대한 다양한 솔루션을 제공한다. 즉 객체인식, 트래킹, 카메라 컨트롤 등과 같은 작업에 대한 라이브러리를 제공하며 기존의 ARToolKit과 같은 3rd 파티 라이브러리에 대한 이입을 통해 다양한 응용 프로그램에 적용하도록 이식성을 높이고 있다.

Component는 잘 디자인된 인터페이스로서 모델의 기하학 정보와 행동양식 정보로 구성되어 있으며 라이브러리 안에 저장되어 있다. Framework는

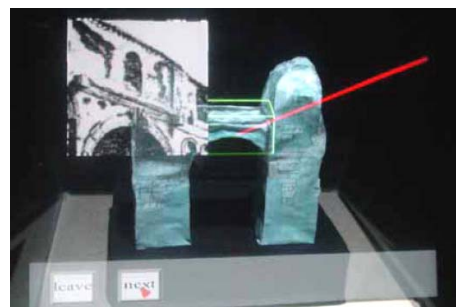


(그림 10) AMIRE의 내부 구성도

gem과 component를 연결해 주는 역할을 하며 하 레벨의 API를 제공해 준다. 또한 이는 runtime framework와 authoring framework로 구성된다. 저작과 직접 관계가 되는 authoring framework는 비주얼 프로그래밍 환경에서 사용자가 component를 선택하고 연결하여 scene을 만들게 함으로써 혼합현실 콘텐츠를 제작하게 한다. AMIRE 저작 작업은 사용자와 객체와의 상호작용을 다루거나, component를 로드하고, 파라미터들을 저장 보관하며, scene을 불러오는 등 세분화된 처리절차에 의해 구현이 된다.

### 3. APRIL

APRIL은 오스트리아 Graz 대학교와 Vienna 대학교에서 개발한 저작도구로서 하드웨어 플랫폼과 애플리케이션에 상관없이 독립적으로 수행할 수 있는 환경을 제공한다[21]. (그림 11)은 APRIL 저작도구를 이용하여 유물을 showcase에 가상으로 투사한 장면이다. 사용자는 트랙볼이나 버튼 등을 사용하여 가상의 scene과 인터랙션하게 되고 APRIL에서는 이러한 가상의 showcase를 위한 설치 정보 파일을 쉽게 구성할 수 있게 하는 방법을 제공한다.



(그림 11) 가상 Showcase

### 4. DART

DART는 디자이너 및 기술자들이 C나 C++ 등의 프로그램이나 카메라, 트래커, 3D 지오메트리에 대한 지식이 없이도 빠른 시간에 혼합현실 콘텐츠를 제작하도록 도와주는 저작도구로서 Georgia Tech

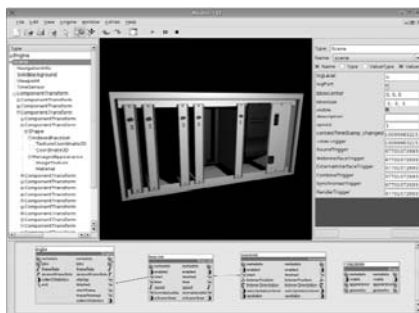


에서 만들었다. DART는 macromedia director 환경 기반으로 만들어져 score, sprite와 behavior 등의 개념을 사용하여 복잡한 혼합현실 콘텐츠를 만들 수 있게 한다. 또한 하위 레벨에서 플러그인을 통하여 트랙커, 센서, 카메라 등을 유지 관리해 준다[22].

## 5. ULTRA Authoring Tool

ULTRA 시스템은 EU의 IST 프로젝트의 일환으로 모바일 기기에 혼합현실을 적용하기 위해 엔진을 가볍고 짜임새 있게 만든 시스템이다. 이 시스템은 저작을 효율적으로 할 수 있도록 하는 템플릿 기반의 저작 툴을 지원한다. 예를 들어 “드라이버로 볼트를 조여라(screw)”라는 액션을 저작할 때에는 “screw” 템플릿과 “볼트”와 “드라이버” 입력 오브젝트의 도움으로 저작을 한다. 뿐만 아니라 3D 애니메이션은 템플릿의 정보를 기반으로 하여 timeline 상에서 자동으로 생성된다. 사용자는 여러 액션들과 결정점(decision point)을 연결하여 혼합현실 콘텐츠를 제작한다. (그림 12)는 ULTRA 시스템의 저작 도구로서 액션들에 대한 결정점을 연결하여 3차원 객체를 저작하는 모습이다.

이상으로 국외의 혼합현실 분야의 유명 저작도구에 대하여 살펴보았다. 이들 중에는 응용프로그램에 특화되어 범용성이 떨어지는 제품도 있으며 DART와 같이 범용성을 지향하는 제품도 있다. 뿐만 아니라 저작도구 대부분은 마커 기반의 저작 환경을 제공하고 있는 상태여서 혼합현실에서의 자연스러운 영상 구현에 어려움이 있다. 그러나 현재 위치 추적

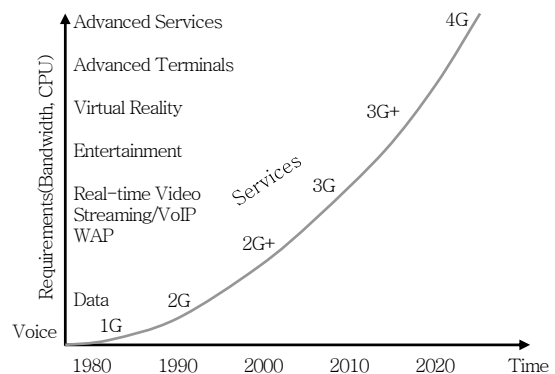


(그림 12) ULTRA Authoring Tool

기술과 이미지 인식 기술은 계속 발전하고 있는 추세이기 때문에 마커 기반 환경이 다양화되어 사용자의 요구에 맞는 콘텐츠 제작을 위한 효율적인 혼합현실 저작도구가 나올 것으로 기대된다.

## V. 상호작용 기술

1970년대부터 1990년대에 이르기까지의 수십 년 동안 모바일 기기들은 음성을 전달하는 모바일 폰으로서의 역할을 주로 담당하였다. 그러나 기기들의 성능 및 서비스 인프라의 발달로 인해 데스크톱 상황에서만 가능했던 여러 가지 고급 기능들(그림/비디오 출력, 인터넷 지원 등)이 현 시점에서는 모바일 기기 상에서도 일부 제공되고 있고 그 수요는(그림 13)에서 보인 바와 같이 급속도로 확산될 추세에 있다[23]. 그러나 이러한 변화의 흐름 속에서도 여전히 극복하기 힘든 한계 요소는 모바일 기기들이 가진 스크린의 물리적 크기이다. 즉, 제공되는 응용 콘텐츠들은 다양하고 고품질화 되고 있지만 사용자들은 휴대성이 강조된 좀 더 소형화된 기기를 요구한다는 것이다. 따라서 이러한 관점에서 볼 때 모바일 기기에 적합한 상호작용 방법론 개발은 언급한 한계 요소를 극복하기 위한 중요 해결책으로 인식되고 있다. 본 장에서는 특히, 혼합현실 콘텐츠가 모바일 기기 상에서 제공되는 상황에서 유효하다고 판단되는 여러 가지 상호작용 기술에 대해 다룬다.



<자료>: 핀란드 Oulu 대학 무선통신센터, 2002.

(그림 13) 모바일 기기의 응용분야 및 요구사항들의 진화

◎ 혼합현실 콘텐츠를 위한 상호작용 기술

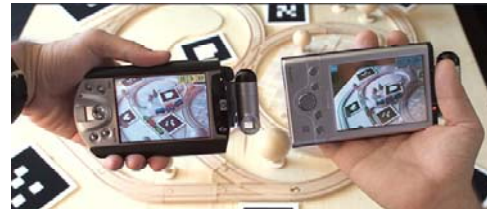
혼합현실 기술은 실세계의 3차원적 정보 공간에 직관적인 인터페이스를 제공함으로써 사용자가 인위적으로 구성된 가상객체 혹은 공간으로의 자연스러운 접근을 피하도록 한다. 기존의 노트북 컴퓨터, HMD, 카메라 등으로 구성된 이른바 backpack 시스템을 통해 구현되어 왔던 모바일 혼합현실 기술은 제한된 연구실 환경에서는 잘 동작을 하지만, 고가이면서 착용이 불편하고 일정 수준의 전문성도 필요하기에 경험이 많지 않은 사용자가 다루기엔 어려운 점이 많았다. 최근 들어 다양한 컴퓨팅 능력을 가진 handheld 컴퓨터, 휴대폰, PDA 등 휴대가 용이한 기기들의 사용이 일반화되면서 실험실 환경에만 국한되었던 혼합현실 기술들이 실질적인 외부환경 하에서 더 많은 사용자들에게 제공될 수 있는 잠재력을 지니게 되었다. 이러한 고품질의 서비스를 소형의 단순한 모바일 기기들에서 효과적으로 제공받기 위해 고려되고 있는 상호작용 방법론을 <표 4>에 제시한 여러 가지 혼합현실용 입력기기에 토대를 두고 살펴보자.

<표 4> 혼합현실 시스템의 입력기들

Type	Description
Classical :	
Buttons	Mini-keypads(twiddler) N-Fingers keypad Buttons from mice, trackballs etc.
Keyboard	Smaller keyboard Foldable keyboard Rollable keyboard Soft keyboard(onscreen keyboard) Virtual keyboard
2D Pointing	Mice and trackballs Tablet and pen
Speech	Speech recognition
Advanced :	
2D Pointing	Hand/gloves orientation/position Head orientation
3D Pointing	6 DOF sensors 3 DOF mouse
Body Sensor	Gloves Body sensors Brainwave sensors
Tangible	Video-based recognition tactile detection

• 터치 스크린 기반의 상호작용 기술

‘The Invisible Train’은 최초의 PDA 기반의 다중 사용자용 혼합현실 기술의 응용 예이다[24]. 여기에서 사용자들은 트랙 스위치를 운용하거나, 가상 열차의 속도를 제어하기 위해 스크린 상에 보여지는 여러 인터페이스 요소들을 터치하는 방법을 통해 게임 환경과 상호작용을 하고 열차들이 서로 충돌하지 않도록 하는 목적을 달성한다. (그림 14)는 각각 두 사용자들에 의한 혼합현실 게임 운용과 사용자 인터페이스 요소를 터치하고 있는 상황을 보여주고 있다.



(a) Invisible Train 게임을 운용하는 두 개의 PDA

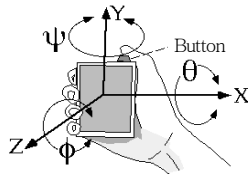


(b) 사용자 인터페이스 요소들

(그림 14) 터치스크린을 활용하는 상호작용

• Tilting 인터페이스

모바일 기기 사용 시, 펜과 터치스크린을 이용한 인터페이스는 두 손을 모두 사용해야 한다는 것과 펜이 스크린 영역을 가릴 수 있다는 단점이 있다. 이러한 한계점을 극복하기 위한 입력 방법론으로 제안된 것이 ‘tilt’를 사용하는 것이다. 이 방법은 기기의 회전을 감지하기 위해 자이로 센서를 도입하며, 단지 한 손만을 사용해서 상호작용을 할 수 있다는 장점이 있어서 소형의 모바일 기기에 특히 유용하게 활용되고 있다. (그림 15)에 보인 tilting 인터페이스는 메뉴를 선택하기 위한 것으로 모바일 기기에 부착된 버튼을 누른 상태에서 tilting 동작을 통해 선택

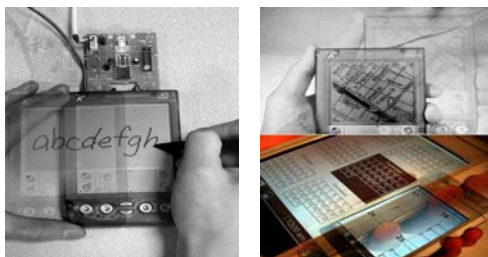


(그림 15) Tilting 인터페이스의 작동과 메뉴들

하고자 하는 메뉴 아이템이 스크린의 중앙부에 오도록 한 후, 버튼을 떼면 해당 아이템이 실행되는 과정으로 상호작용이 진행된다. 메뉴는 그림에서 보듯이 cylindrical, pie의 두 가지 방식으로 제공될 수 있다. 이 방법은 장문의 문서를 스크롤링해서 볼 경우에도 이용되곤 한다[25]-[27].

• Peephole 디스플레이 인터페이스

내비게이션 정보, 웹 페이지와 같은 큰 문서, drag & drop을 통한 객체의 이동 등 스크린 상에서 한꺼번에 모두 디스플레이 하기 힘든 콘텐츠 혹은 기능들의 경우, 스크린보다 더 큰 가상의 작업공간을 모바일 기기에 제공해서 사용의 편리성을 도모하기 위한 목적으로 peephole 디스플레이 상호작용 방법이 주로 활용된다[28]. 광 마우스, 초음파 등을 이용해서 기기의 2D 혹은 3D 위치 추적이 이루어지게 되면 그 결과를 토대로 스크린의 네 모서리를 넘어선 영역에 있어 보이지 않던 정보를 볼 수 있도록 하거나, 펜을 사용해서 긴 텍스트의 자유로운 입력도 가능하게 한다. (그림 16)은 이러한 상호작용 방



(그림 16) Peephole 디스플레이를 활용한 상호작용

법을 활용한 예들로서 가상의 큰 작업공간 상에 알파벳을 입력하거나, 큰 지도 상에서 특정 거리를 찾거나, 혹은 일정관리 문서를 확대/축소하는 과정을 peephole 디스플레이를 통해 보여주고 있다.

• Tangible 인터페이스

실제로 물건을 만지고 느끼고 잡고 옮기는 등의 행위를 통해 디지털 정보를 조작하게 하는 tangible 인터페이스는 현실의 공간과 컴퓨터상의 공간 사이에 벽이 없이 가상 공간의 디지털 정보를 실제 객체와 연결하고 이러한 실제 객체를 이용하여 정보를 제어한다. (그림 17)의 dynamic shader lamps에서 보인 인터페이스는 이러한 tangible 인터페이스를 활용한 한 예로, 끝에 작은 구(sphere)를 부착한 페인트 브러시 스타일러스를 이용하여 프로젝터를 통해 책상 위에 투영된 가상의 팔레트 위의 색깔을 사용자가 임의로 선택하게 한다. 이후, 이를 실제 객체 위에 가상적으로 칠을 하거나, 텍스처를 입히게 하여 가상객체와의 보다 실감나는 상호작용을 가능하게 한 것이라고 할 수 있다[29].



(그림 17) Tangible 인터페이스를 활용한 Dynamic Shader Lamps

## VI. 결론

본 논문에서는 모바일 기기 상에서 혼합현실 기술을 구현하기 위해 필요한 4가지의 세부 핵심기술들을 다루었다. 2D 형태의 비전기반 인식코드인 마커를 사용하지 않을 경우에 필요한, 실사 이미지를 얻는 카메라의 위치 인식 기술을 구체적인 사례를 통해 살펴보았고, 혼합현실 기술의 완성도 측면에서

가장 중요하게 고려되어야 하는 영상정합 및 합성 기술에서는 정의된 패턴 혹은 자연 특징을 추적하여 영상을 정합하는 방법과 그 결과를 기기상에서 합성하는 과정을 상술하였다. 또한, 모바일 기기들의 하드웨어적 제한성에도 불구하고 다양한 콘텐츠 제작의 필요성 때문에 그 중요성이 점차 증가하고 있는 저작도구 부문에서는 인지도가 높은 해외의 저작도구들을 소개하였으며 마지막으로 실 세계에 부가적 정보를 가하기 위해 인위적으로 만들어진 디지털 정보 내지는 환경과의 보다 현실감 있는 상호작용을 위해 도입되고 있는 여러 가지 모바일 기기용 인터페이스 기술들을 관련 동향과 함께 살펴보았다. 도래하는 사회에서는 언급한 세부 기술들을 바탕으로 완성도 높은 혼합현실 콘텐츠들이 제작되고 휴대가 용이한 모바일 기기를 통해 관련 서비스가 이루어질 것으로 예상되기에 일반 사용자들은 다양한 디지털 정보들을 보다 실감있게 접할 수 있는 기회를 가질 수 있을 것으로 기대된다고 하겠다.

## 약 어 정 리

APRIL	Augmented Presentation and Interaction Language
AR	Augmented Reality
DART	Designer's Augmented Reality Toolkit
FPS	Frame-per-second
GPS	Global Positioning System
NAVSTAR	Navigation System with Time And Ranging

## 참 고 문 헌

[1] 엠파스 IT용어 사전, <http://itdic.empas.com/dicsearch/view.tsp/?q=2694&s=l&v=47>

[2] Roy Want, Andy Hopper, Veronica Falcao, and Jonathan Gibbons, "The Active Badge Location System," *ACM Transactions on Information Systems*, Vol.10, No.1, Jan. 1992, pp.91-102.

[3] Andy Ward, Alan Jones, and Andy Hopper, "A New Location Technique for the Active Office," *IEEE*

*Personal Communications*, Oct. 1997.

[4] Nissanka B. Priyantha, Anit Chakraborty, and Hari Balakrishnan, "The Cricket Location-Support System," *Proc. of the Sixth Annual ACM Int'l Conf. on Mobile Computing and Networking*, MOBICOM'00, Aug. 2000.

[5] 안효성 외 3인, "지능형 로봇 공간을 위한 실내 측위기술," *전자통신동향분석*, 제22권 제2호, 2007년 4월, pp. 48-57.

[6] R. Azuma, "A Survey of Augmented Reality," *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 6, No.4, Aug. 1997, pp.355-385.

[7] Pausch, Randy, Thomas Crea, and Matthew Conway, "A Literature Survey for Virtual Environments: Military Flight Simulator Visual Systems and Simulator Sickness," *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol.1, No.3, Summer 1992, pp. 344-363.

[8] 이재영, "3차원 물체를 이용한 증강현실 시스템 구현에 관한 연구," 중앙대학교 첨단영상대학원 석사학위 논문, 2006년 12월.

[9] Bajura, Michael, and Ulrich Neumann, "Dynamic Registration Correction in Video-Based Augmented Reality Systems," *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol.5, Sep. 1995, pp.52-60.

[10] ARToolKit, <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>

[11] H. Kato, M. Billinghurst, I. Poupyrev, K. Imamoto, and K. Tachibana, "Virtual Object Manipulation on a Table-top AR Environment," *Int'l Symp. on Augmented Reality*, 2000, pp.111-119.

[12] M. Moehring, C. Lessig, and O. Bimber, "Video See-through AR on Consumer Cell Phones," *Int'l Symp. in Mixed and Augmented Reality*, 2004, pp. 252-253.

[13] D. Wagner and I. Schmalstieg, "First Steps Towards Handheld Augmented Reality," *Proc. of the 7th Int'l Conf. on Wearable Computers*, New York, USA, 2003.

[14] T. Drummond and R. Cipolla, "Real-time Visual Tracking of Complex Structures," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.27, July 2002, pp.932-946.

[15] C. Harris, "Tracking with Rigid Objects," MIT Press, 1992.

[16] 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*, Nice, France, Apr. 1995, pp.13-22.
- [17] F. Jurie and M. Dhome, "Hyperplane Approximation for Template Matching," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.24, July 2002, pp.996-100.
- [18] 류지현, 조일현, 허희옥, 김정현, "증강현실 기반 체험형 학습 모델 해외 연구 동향," 한국교육학술정보원 이슈 리포트, 2006년 10월.
- [19] <http://www.hitlabnz.org>
- [20] <http://www.amire.net>
- [21] Floran Ledermann and Dieter Schmalstieg, "APRIL: A High-level Framework for Creating Augmented Reality Presentations," *Proc. of the IEEE Virtual Reality Conf.*, 2005, pp.172-181.
- [22] Blair MacIntyre, Maribeth Gandy, Steven Dow, and Jay David Bolter, "DART: A Toolkit for Rapid Design Exploration of Augmented Reality Experiences," *CHI letters*, Vol.6, 2004, pp.197-206.
- [23] Peter Antoniac, "Augmented Reality Based User Interface for Mobile Applications and Services," Academic dissertation, Univ. of Oulu, Finland, 2005.
- [24] Daniel Wagner and Thomas Pintaric, "Towards Massive Multi-User Augmented Reality on Hand-held Devices," *Proc. of the 3rd Int'l Conf. on Pervasive Computing*, Munich, Germany, 2005.
- [25] Jun Rekimoto, "Tilting Operations for Small Screen Interfaces," *User Interface and Software Technology(UIST'96)*, 1996.
- [26] B.L. Harrison et al., "Squeeze Me, Hold Me, Tile Me! An Exploration of Manipulative User Interface," *Proc. CHI1998*, pp.17-24.
- [27] K. Hinckley and R. Pausch, "Passive Real-World Interface Props for Neurosurgical Visualization," *Proc. CHI94*, pp.452-458.
- [28] Ka-Ping Yee, "Peephole Displays: Pen Interaction on Spatially Aware Handheld Computers," *Proc. of the SIGCHI Conf. on Human Factors in Computing Systems*, Florida, USA, 2003.
- [29] Deepak Bandyopadhyay et al., "Dynamic Shader Lamps: Painting on Movable Objects," *The Second IEEE and ACM Int'l Symp. on Augmented Reality*, New York, 2001.