

특집
06

가상 객체 조작을 위한 차세대 증강현실 인터페이스 기술 및 전망¹⁾

목 차

1. 서 론
2. 증강현실 인터페이스 기술
3. 차세대 증강현실 인터페이스 기술
4. 결 론

이형목 · 김동철 · 우운택
(광주과학기술원)

1. 서 론

가상현실(Virtual reality)의 한 분야인 증강현실(Augmented reality)에 대한 관심이 최근 급증하고 있다. 시각적 측면에서 증강현실이란 현실 공간을 나타내는 영상 위에 가공된 영상을 덧입히는 기술을 말한다[1]. 이러한 증강현실은 가상현실 공간의 배경을 현실의 실시간 영상으로 대체하는 측면에서 전혀 새로운 기술이 아닐 수 있지만 독립적인 두 공간 좌표계 사이를 실시간으로 정합시켜야하는 문제가 존재한다. 먼저 가상 객체들을 현실 공간의 원하는 위치에 그려주기 위해 현실 세계에 존재하는 객체에서 추출 가능한 신뢰성 있는 특징들로부터 얻은 좌표계와 카메라 좌표계 간의 관계를 계산하여 일치시키는 인식관련 기술이 필요하다. 또한 카메라의 위치나 대상 물체의 이동시에 이전 관계정보를 실시간으로 갱신하는 추적관련 기술도 요구된다[2].

앞서 언급한 증강현실 핵심 기술들이 현실 공간에 사용자와 가상 객체의 공존을 가능케 함으로써 이들 간의 3차원 상호작용을 위한 다양한 인터페이스의 개발들이 진행되어 왔다. 기존

의 그래픽 사용자 인터페이스(Graphical User Interface)의 경우 대표적으로 모니터에 표현되는 객체들과 키보드나 마우스 인터페이스를 통한 간접 상호작용을 지원하지만 이는 3차원 상호작용에 적합한 인터페이스라고 볼 수 없다. 또한 감각형 사용자 인터페이스(Tangible User Interface)는 주로 테이블 탑 디스플레이와 주변에 존재하는 다양한 실제 객체를 활용한 직접 상호작용을 지원하므로 3차원 사용자 인터페이스로의 적용이 가능하지만 디스플레이와 상호작용 공간이 분리되어 있어 몰입감을 제공하기 어렵다. 효과적인 증강현실 인터페이스는 사용자가 존재하는 현실 공간과 동일한 3차원 공간에 증강되는 가상의 객체를 이음매 없이 선택 하고 조작이 가능한 환경을 제공해야 한다[3].

증강현실 상호작용은 증강현실 인터페이스를 통해 이루어지는 모든 상호작용 기법들을 말하므로 인터페이스와 밀접한 관련을 가진다. 즉, 인터페이스를 구성하는 장비에 따라 적용 가능

1) 본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2010년도 문화콘텐츠산업기술지원사업의 연구결과로 수행되었음.

한 상호작용 기법이 달라질 수 있다[4]. 따라서 서론에 이어 2절에서는 대표적 그리고 최신 증강현실 인터페이스 기술을 지원하는 해당 감각 상호작용의 특징으로 분류하여 기술한다. 3절에서는 다가올 증강현실 인터페이스 기술의 발전 방향을 가늠하기 위해 분류한 기술들을 분석한다. 마지막으로, 4절에서는 결론과 함께 차세대 증강현실 인터페이스 기술을 전망한다.

2. 증강현실 인터페이스 기술

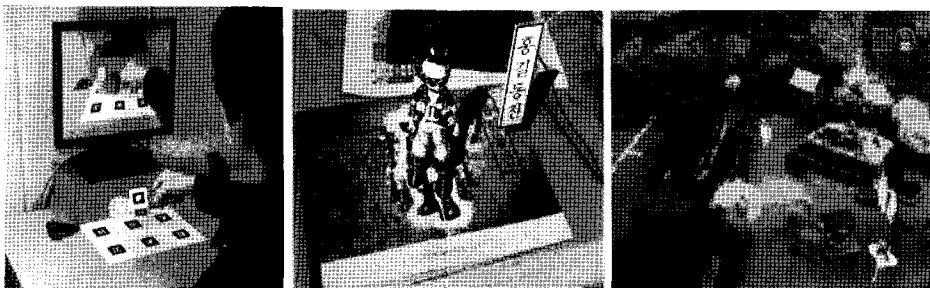
본 절에서는 상호작용에 활용되는 감각 정보에 따라 증강현실 인터페이스를 분류하고 가상 객체 조작을 위한 대표적 또는 최신 인터페이스와 해당 인터페이스의 증강현실 상호작용 방식에 대해 소개한다. 영상 기반 증강현실 인터페이스는 카메라에 의해 획득 가능한 정보만으로 가능한 상호작용을 지원하는 인터페이스를 말하며 시각 정보 기반 증강현실 인터페이스라고도 할 수 있다. 센서 기반 인터페이스는 청각 또는 촉각 정보를 활용한 상호작용을 위한 추가 센서의 지원이 필요한 인터페이스를 말하며 청/촉각 정보 기반 증강현실 인터페이스라고도 할 수 있다.

2.1 영상 기반 증강현실 인터페이스

영상 기반 증강현실 인터페이스는 사용자의 행위에 따라 달라지는 카메라 등에 의한 입력 이미지를 분석하여 증강현실 상호작용에 적용하는

사용자 인터페이스를 말한다[6]. 따라서 해당 인터페이스는 카메라의 성능, 주변 환경 밝기, 또는 배경의 복잡한 정도 등에 민감하다. 가장 대중적으로 널리 알려진 영상 기반 증강현실 인터페이스는 특정 마커를 활용한 증강현실 인터페이스를 꼽을 수 있다. ExPADDLE은 구분이 명확한 사각형의 패턴을 조작도구에 부착하여 현실 공간에서의 가상객체 조작이 가능한 인터페이스로 활용하였다[7]. 추적이 용이한 마커들 간 거리 정보나 충돌을 감지하여 현실 공간에 존재하는 가상 객체들의 선택 및 조작 등의 작업을 수행한다. 주로 사각형의 특징이 명확하여 빠른 처리속도로 인식 및 추적이 용이한 반면, 가림이나 조명 등에 매우 취약하다. 또한 특정 마커의 존재로 인해 심미적으로 인터페이스 디자인에 큰 제약을 지니고 있다.

이를 보완하기 위한 영상 기반 인터페이스로 자연 영상 추적 알고리즘을 활용한 인터페이스인 디지로그 북도 존재한다[8]. 이는 흔히 볼 수 있는 사진 등과 같은 평면 객체의 특징점들의 관계 정보를 인식 및 추적이 활용한다. 따라서 마커 추적 기반 인터페이스에서의 문제점인 일부분이 사용자의 손 등에 의해 가려지는 문제를 효과적으로 해결할 수 있다. 디지로그 북을 통해 사용자는 가공되지 않은 아날로그 책을 어려움 없이 증강현실 인터페이스화 할 수 있다. 즉, 사용자가 책장을 넘길 때마다, 시스템이 다른 페이지



(그림 1) 영상 기반 증강현실 인터페이스: 좌측부터 ExPADDLE, 디지로그북, 미니어처 AR

지를 인식할 경우, 해당 페이지와 관련 있는 스토리를 증강하는 직관적 상호작용을 지원한다. 다만, 자연 영상 추적 기반 인터페이스 기술은 마커에 비해 많은 연산이 요구되며 평면 객체의 특징점 개수에 인터페이스의 성능이 좌우된다.

단일 평면이 아닌 3차원 공간 인식 및 추적에 의한 삼차원 사용자 상호작용을 가능하게 하는 인터페이스 기술 또한 존재한다. 미니어처 AR[9]은 실제 공간 모델의 축소형상인 3차원 미니어처 모델로부터 특징점들을 추출한 뒤 상호작용 공간을 생성한다. 현재 버전은 사용자와 미니어처 모델 사이의 거리와 영역에 따라 다른 콘텐츠를 보여주는 2차원 상호작용을 지원하지만 공간의 3차원 기하학 정보를 알고 있기 때문에 가상 캐릭터와 실제 3차원 미니어처 내 모델과의 충돌과 같은 사실적인 3차원 상호작용 지원이 가능하다.

2.2 센서 기반 증강현실 인터페이스

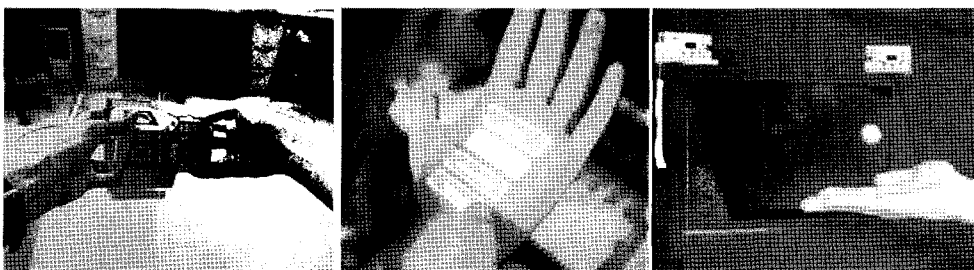
센서 기반 증강현실 인터페이스는 증강현실 상호작용을 위해 시각 정보 입력 장치 외 청각이나 촉각 정보 획득을 위한 추가 장비 적용에 의한 인터페이스를 의미한다. 청각 또는 촉각 등의 입력 정보 획득이 가능한 센서를 통해 디지털로 변환하고 이를 사용자 상호작용의 입력으로 활용하는 증강현실 인터페이스는 현재 다양한 응용에 적용되어 오고 있다. 본 절에서는 착용에 부담이 적은 센서 기반 증강현실 인터페이스인

TSC[10], Skinput[11], 그리고 Touchable Holography[12]를 소개한다. 이러한 인터페이스들은 사용자의 손과 증강된 가상 객체들 간에 근접 상호작용이 가능하기 때문에 매우 직관적이다.

TSC(Tangible Spin Cube)는 3차원 링 메뉴를 효과적으로 인터페이스 주변 공간에 증강하고 사용자의 회전 상호작용을 통해 직관적으로 브라우징 가능한 증강현실 인터페이스이다. TSC는 다수 마커(영상 기반)가 안정적인 메뉴 표시를 위한 인식 및 추적의 역할을 수행하고 내부의 홀 센서(센서 기반)에 의해 사용자의 빠른 회전 제스처를 강건하게 인식하는 형태로 역할을 분리 및 동기화하여 하나의 증강현실 인터페이스를 형성하고 있다. 또한 회전 상호작용시 사용자가 내부에 배치된 자석에 의해 회전 입력에 대한 힘 피드백을 제공한다.

Skinput은 청각 정보 획득이 가능한 음향센서를 적용한 청각 정보 기반 증강현실 인터페이스이다. Skinput은 상단에 위치한 이차원 이미지를 투영을 위한 초소형 프로젝터와 팔뚝 부분에 소리를 감지하는 센서로 구성되어 있다. 여기에 피부의 부위마다 다른 소리를 내는 원리를 이용하여 특정 부위를 두드렸을 때의 소리 차이를 인식하고, 손가락이 두드린 위치에 존재하는 가상의 객체 버튼을 블루투스를 통해 실행하는 상호작용 방식을 지원한다.

Touchable Holography는 일정 공간에 떨어져 있는 사용자의 손에 인위적인 힘 피드백을 제공



(그림 2) 청/촉각 정보 기반 증강현실 인터페이스: 좌측부터 TSC, skinput, Touchable Holography

할 수 있는 촉각 정보 기반의 증강현실 인터페이스를 개발하였다. 초음파가 공기 중으로 퍼져나가는 도중 물체를 만나면 초음파의 에너지가 압력으로 변하는 현상을 이용하여 사용자가 촉각 피드백을 체감할 수 있으며 이러한 정보를 입력으로 한 가상 객체와 사용자 손과의 직접 충돌 상호작용이 이루어진다.

3. 차세대 증강현실 인터페이스 기술

3.1 증강현실 인터페이스 기술 분석

기존의 증강현실 인터페이스의 두 축인 영상 기반 그리고 센서 기반의 증강현실 인터페이스의 전반적인 평가를 통해 차세대 증강현실 인터페이스에 대한 전망이 가능하다. 이를 위해 기존의 가상현실에서 적용하는 가상 객체 선택 및 조작 상호작용을 위한 평가항목들에서 관련 항목들을 추출 및 수정하였다[13]. 또한 증강현실 환경에서의 상호작용을 고려한 항목 또한 추가 선정하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- 조작에의 직관성(Intuitiveness) - 증강현실 콘텐츠 내 가상의 객체와 상호작용 시 오랜 연습 시간이나 사용에의 어려움 없이 쉽게 선택/조작이 가능한지에 대한 정도.
- 조작에의 정확도(Accuracy) - 원하는 곳을 가리키거나 객체를 선택하거나 배치함에 있어 사용자의 의도대로 반영가능한지에 대한 정도. 인식 및 추적의 성능과 관련 깊음.
- 다감각 상호작용 지원(Multi-modality) - 시각뿐 아니라 청/촉각과 같은 피드백의 동시 제공이 인터페이스 내 조작도구 자체에서 지원 가능한 정도.
- 이동성(Mobility) - 사용자가 인터페이스를 공간의 제약 없이 자유롭게 착용하거나 들고 돌아다니면서 구동이 가능한 정도.

영상 기반 인터페이스는 모든 증강현실 인터페이스 구성에 포함되는 영상 입출력 장치를 통해 구현이 가능하다. 따라서 이동성에서는 모든 증강현실 인터페이스 중 높은 점수를 받을 수 있지만 카메라 입력 영상에 따라 성능이 크게 좌우되는 특징을 지니고 있기 때문에 가상 객체 조작에의 직관성이나 정확도에 높은 점수를 주기 어렵다. 그리고 시각 피드백에 의존하는 단일 감각 중심의 인터페이스이다.

센서 기반 인터페이스의 경우, 적용 가능 센서를 한정짓고 있지 않았기 때문에 활용 센서에 따라 직관적인 상호작용 기법 구현이 가능하고 굉장히 정밀한 입출력 획득이 가능하다. 또한 청/촉각 같은 센서들의 조합을 통해 다양한 형태의 다감각 피드백을 지원할 수 있다. 하지만 센서 기반 인터페이스의 경우 장점이 되는 세 항목을 동시에 만족시키기 위해서는 다소 부가적인 환경 구축이 필요하며 이로 인해 이동성이 떨어지는 단점이 있다. 게다가 이를 구축하기 위한 비용 또한 고려 대상이므로 일반 사용자가 이용해보기에는 어려운 경우가 대부분이다.

3.2 멀티모달 디바이스 기반 증강현실 인터페이스

차세대 증강현실 인터페이스는 우선 직관성/정확도/다감각 상호작용/이동성 항목에 대해 일반 사용자 기준에서 쉽게 이용할 수 있는 수준이어야 한다. 이를 위해서는 기존의 영상 기반 인터페이스나 센서 기반 인터페이스의 장점을 응용에 맞게 혼합한 하이브리드 방식의 증강현실 인터페이스가 필요하다. 특히, 앞서 언급된 네 평가항목을 적정 수준에서 만족하면서 동시에 현실 공간에서 근/원거리에 존재하는 가상 객체를 손쉽게 선택가능하고 조작에 용이한 가상 손 역할을 수행할 수 있는 인터페이스가 요구될 것이다. 실제 사용자의 손을 인터페이스 도구로 활용하는 기술이 많이 개발되어 왔지만 실시간 등

의 증강현실 환경을 고려하면 정확도나 성능면에서 해결해야할 어려운 문제점들이 남아있다. 따라서 손을 대신할, 모든 평가 항목에서 만족할 만한 성능을 보여줄 수 있는, 멀티모달 디바이스를 활용한 증강현실 인터페이스 관련 연구도 눈여겨 볼 필요가 있다.

〈표 1〉은 증강현실에 적용 가능한 혹은 시도한 멀티모달 디바이스인 완드(Wand) 형태의 가상 객체 조작이 가능한 인터페이스들을 비교한 표이다[14][15][16]. Wiimote[14]의 경우 가속도 센서를 이용하여 모션 중심의 가상현실 게임을 위해 개발되었기 때문에 정확한 3차원 위치 인식 및 추적이 불가하므로 3차원 상호작용 인터페이스로 사용하기에 부족함이 있다. InterSense 사의 Wand[15]는 천장에 부착된 다수 초음파 센서 바에 의해 지정된 공간 내의 매우 정교한 3차원 위치 인식 및 추적이 가능하다. 하지만 환경 구축 공간이 필요하고 비용이 크기 때문에 일반 사용자들을 쉽게 활용하기 어렵다.

PS3 Move[16]의 경우 전방에 배치된 카메라와 막대기 형태의 컨트롤러에 내장된 모션 센서에 의해 컨트롤러의 정교한 3차원 위치 인식 및 추적이 가능하다. 또한 버튼 및 진동 모터를 내장하여 상황에 따라 진동에 의한 힘 피드백을 제공한다. 사용자는 막대기 형태의 컨트롤러를 활용하여 모니터를 통해 나타나는 가상 객체와 자유롭게 시/촉각 정보 기반 3차원 상호작용을 할 수 있다. 하지만 고정된 공간에서만 활용 가능하므로 이동성은 크게 고려되지 않고 있다.

4. 결론 및 전망

본 논문을 통해 사용자와 증강현실 콘텐츠 내 객체들 간 상호작용을 위한 다양한 사용자 인터페이스에 대해서 소개하였다. 또한 각 인터페이스 기술 특징을 분석하여 차세대 증강현실 인터페이스의 발전 방향에 대해 살펴보았다. 마지막으로 범용성과 이동성을 고려한 차세대 증강현실 인터페이스로써 개인형 멀티모달 디바이스

〈표 1〉 완드 형태의 가상 객체 조작 인터페이스 비교

| | | Wiimote | InterSense:Wand | PS3 Move | 개인형 멀티모달 디바이스 + HMD |
|---------|-------|---|---|---|---|
| 그림 | |  |  |  |  |
| 추적 | 획득 자세 | 2-D 위치 | 3-D 자세 | 3-D 자세 | 3-D 자세 |
| | 정확도 | + | ++++ | +++ | ++ |
| | 공간 규모 | 방 규모 | 3 x 3 m | 방 규모 | FOV (확장 가능) |
| 추적 센서 | | 적외선(전면 센서 바) + 가속도 | 초음파 (천장 다수 센서 바) | 광학(전면 카메라) + 가속도 + 자이로 + 지지계 | 광학(HMD) + 가속도 + 자이로 + 지지계 |
| 입/출력 방식 | | 버튼(12개) 모션 | 버튼(6) 모션 조이스틱 | 버튼(8개) 모션 진동 | 버튼 모션 터치 진동 마이크 |
| 네트워크 방식 | | 블루투스 | 초음파 송/수신부 | 블루투스 | 블루투스 |

기반 증강현실 인터페이스의 가능성에 대해 간략히 소개하였다.

차세대 증강현실 인터페이스는 이동성 및 범용성을 보다 충족시키는 완드 형태의 개인화된 멀티모달 디바이스의 형태가 될 것이다. 개인화된 멀티모달 디바이스는 점점 센서 집약적인 디바이스로 변모중인 모바일 폰이 그 역할을 할 것으로 전망한다. 모바일 폰은 카메라, 모션, 진동, 터치 센서 등을 구비하고 있으므로 다양한 조합에 의한 가상 객체 선택 및 조작 상호작용 설계가 가능하며 다감각 피드백의 지원이 가능하다. 또한 인터넷, 접속이나 차세대 근거리 통신 기술 등에 의한 네트워크 지원으로 풍요로운 응용 서비스 제공에도 한 톱을 할 것으로 기대된다. 현재 이러한 모바일 디바이스는 보급률이 점차 늘어가는 현상을 보이고 있으므로 차세대 인터페이스 구축을 위한 비용측면에서도 장점이 있다.

개인형 멀티모달 디바이스와 HMD(Head Mounted Display)가 결합되면 증강현실 인터페이스에서 상호작용 공간의 제약을 완화할 수 있을 것으로 기대된다. 고성능 영상처리 기반 인식 및 추적이 가능한 HMD가 실시간으로 시야(FOV: Field of View)에 들어오는 실제 환경의 가상 모델을 모델링하고 정합하며 동시에 개인형 디바이스의 3차원 위치를 추적하여 현실 공간에서의 직관적인 삼차원 증강현실 상호작용의 지원이 가능할 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] T. P. Caudell, and D. W. Mizell, Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes, Hawaii International Conference on Systems Sciences, IEEE, pp 659-669, 1992.
- [2] 홍동표, 우운택, 모바일 증강 현실 시스템에 대한 연구 동향, 한국정보과학회지, 26, 1, pp. 5-14, 2008.
- [3] 이민경, 우운택, 증강현실 기술 연구 동향 및 전망, 한국정보처리학회 학회지, 제 11권 1호, pp. 29-40, 2004
- [4] 홍동표, 우운택, 제스처기반 사용자 인터페이스에 대한 연구 동향, Telecommunications Review, 18, 3, pp. 403-413, 2008.
- [5] 장영균, 우운택, 김동철, 신춘성, 모바일 증강현실 기술동향, 개방형컴퓨터통신연구회 Standards & Technology Review 모바일인터넷 특집, 38, 1, pp. 41-52, 2010.
- [6] 박상철, 황본우, 이성환, 비디오 기반 증강현실, 한국정보처리학회 학회지, 제 10권, 1호, pp.25-31, 2003
- [7] T. Ha and W.Woo, An Empirical Evaluation of Virtual Hand Techniques for 3D Object Manipulation in a Tangible Augmented Reality Environment, Symposium on 3D User Interfaces 2010, IEEE, pp.91-98, 2010.
- [8] K. Kim, V. Lepetit, and W. Woo, Scalable Real-time Planar Targets Tracking for Digilog Books, The Visual Computer, Springer, Vol. 26, pp.1145-1154, 2010.
- [9] 김기영, 박영민, 백운혁, 우운택, 미니어처 AR: 증강 현실 기반 차세대 디지로그형 콘텐츠 체험 전시 시스템, 차세대컴퓨팅 춘계 학술대회, pp.35-41, 2009.
- [10] H. Lee and W. Woo, Tangible Spin Cube for 3D Ring Menu in Real Space, CHI 2010 (Work-in-progress), ACM, pp.4147-4152, 2010.

[11] Harrison, C., Tan, D. Morris, D. 2010. Skinput: Appropriating the Body as an Input Surface. CHI 2010. ACM, pp.453-462, 2010

[12] Takayuki Iwamoto, Mari Tatezono, Takayuki Hoshi, Hiroyuki Shinoda, "Airborne Ultrasound Tactile Display," SIGGRAPH 2008 (New Tech Demos), 2008.

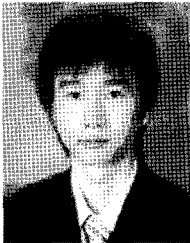
[13] D. A. Bowman, Interaction Techniques for Common Tasks in Immersive Virtual Environments, 1999

[14] Wiimote, <http://www.nintendo.com/wii/console/controllers>

[15] Intersense Wand, <http://www.intersense.com/products.aspx?id=45>

[16] PS3 Move, <http://us.playstation.com/ps3/playstation-move>

저자약력



이 형 목

2007년 아주대학교 정보및컴퓨터공학부(학사)
 2009년 광주과학기술원 정보통신공학과(석사)
 2010년~현재 광주과학기술원 정보통신공학과(박사과정)
 관심분야 : 증강현실 상호작용, 3차원 인터페이스, 모바일 증강현실, HCI
 이 메 일 : hmooklee@gist.ac.kr



김 동 철

2005년 연세대학교 컴퓨터학과(학사)
 2010년 연세대학교 컴퓨터학과(석박사 수료)
 2010년~현재 광주과학기술원 문화콘텐츠기술연구소 연구원
 관심분야 : 차세대 인터페이스, 증강현실, 모바일AR, Hand Gesture Interface, 미디어아트
 이 메 일 : dongchul@gmail.com



우 운 택

1989년 경북대학교 전자공학과(학사)
 1991년 포항공과대학교 전기전자공학과(석사)
 1998년 University of Southern California, Electrical Engineering System(박사)
 2001년~현재 광주과학기술원 정보기전공학부(부교수)
 2005년~현재 문화콘텐츠기술연구소(소장)
 관심분야 : HCI, 3차원 컴퓨터 비전, 혼합현실 등
 이 메 일 : wwoo@gist.ac.kr