웨어러블 증강현실 환경에서 HMD 기반 센서내장 모바일장치를 이용한 3D 객체 선택 및 조작 방법

HMD based 3D Object Selection and Manipulation Method using Sensor Embedded Mobile Device in Wearable Augmented Reality Environment

하태진, Taejin Ha*, 우운택, Woontack Woo**

요약 본 논문은 웨어러블 증강현실 환경에서 센서가 내장 모바일 장치를 활용하여 3D 객체를 선택하고 조작하는 방법을 제안한다. HMD 기반의 웨어러블 증강현실 환경은 기존 모바일 장치 기반의 증강현실 환경에 비하여 사용자의 가시성을 높일 수 있으며, 모바일 장치의 내장 센서는 직관적이며 정밀한 3D 상호작용을 가능하게 한다. 구체적으로 HMD 카메라 시야에 존재하는 가상 객체는 시공간적 우선순위 계산 함수를 이용하여 선택되며, 모바일 장치의 센서 정보 (터치 센서, 가속도 센서, 자이로 센서, 방위 센서) 처리를 통해 고차원의 정밀한 3D 객체 조작이 가능하다. 제안하는 3D 사용자 인터페이스를 통해 현장의 사용자는 모바일 장치를 이용하여, 가상현실에 존재하는 유용한 정보를 획득/조작하거나 다른 사용자와 공유할 수 있다.

Abstract In this paper, we suggest HMD based 3D object selection and manipulation method using sensor-embedded mobile device in wearable augmented reality environment. The HMD based wearable computing environment extends user's viewing range compared to the conventional mobile device based augmented reality environment. The embedded sensors of mobile device enable intuitive and accurate 3D interaction. Specifically, virtual object in the HMD view is selected using suggested temporal and spatial priority function, and then the object is accurately manipulated with high degree of freedom through proposed sensor data process. Our method can be applicable to 3D user interface for in-situ user using mobile device in acquisition/manipulation/sharing of useful information from virtual reality.

핵심어: Augmented reality, HMD based wearable computing, 3D object selection and manipulation, Sensor based interaction, mobile device

---

본 연구는 교육과학기술부의 글로벌프론티어연구개발사업 (No. 2010-0029751)의 연구결과물로 수행되었음.

*주저자 : 광주과학기술원 정보기전 공학부 박사과정; e-mail: tha@gist.ac.kr

**교신저자 : 광주과학기술원 정보기전 공학부 교수; e-mail: wwoo@gist.ac.kr

1. 서론

현재 모바일 장치는 많은 사용자가 보유하고 있는 범용적인 휴대 컴퓨터로 인식되고 있다. 또한 최근 모바일 장치의 하드웨어 성능이 개선되고 있으며 각종 센서들이 내장되고 있는 추세이다. 이를 통해 다양한 종류의 모바일 증강현실 어플리케이션들이 개발되고 있으며, 사용자는 언제 어디서나 모바일 장치를 이용하여 가상현실에 존재하는 부가적이며 유용한 정보를 획득하거나 다른 사용자와 정보를 공유할 수 있다.

일반적으로 모바일 증강현실 환경에서 모바일 장치는 뷰어의 역할 [1]과 상호작용의 조작도구 역할[2]을 하고 있다. 특히 상호작용 방법의 경우, 모바일 장치의 터치스크린을 이용한 2D 입력 방식이 보편화된 방법이다. 하지만 다양한 증강현실 응용을 위한 3D 가상객체와의 정밀하고 고차원적인 상호작용은 한계점을 보이고 있다 [3].

본 논문은 웨어러블 컴퓨팅과 증강현실환경에서 3D 상호작용을 위해 모바일 장치를 조작 도구로 활용하는 방법을 제안한다. HMD 기반의 웨어러블 컴퓨팅 환경은 기존 모바일 장치의 좁은 사용자 시야를 대폭 확장할 수 있으며, 모바일 장치의 내장 센서는 정밀한 3D 상호작용을 위해 활용될 수 있다.

구체적으로 3D 상호작용을 위해, HMD 카메라 시야에 존재하는 가상 객체를 시공간적 우선순위 계산 함수를 이용하여 선택하고, 휴대성이 높은 멀티모달 모바일 장치의 센서 정보 (가속도 센서, 자이로 센서, 방위 센서 등) 처리를 통해 가상 객체를 정밀하고 고차원적으로 조작할 수 있는 방법을 제안한다.

본 논문은 다음과 같은 순서로 구성된다. 제 2 장에서는 기존의 관련연구들을 살펴보고, 제 3 장에서는 제안하는 방법들의 기술적인 사항을 설명한다. 그리고 4 장에서는 구현과 관련된 상황을 언급하며 마지막으로 5 장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

증강현실 환경에서의 웨어러블 컴퓨팅 기반의 3D 객체 조작 방법은 가상 손 기법(Virtual hand technique)을 이용하여 근거리에 위치한 3D 객체를 조작하는 방법과 가상 선 기법 (Virtual ray technique)을 이용하여 주로 원거리에 위치한 3D 객체를 조작하는 방법으로 나뉜다 [4].

그리고 모바일 장치를 이용한 객체 조작 방법은 표 1 과 같이 크게 간접 조작 방법과 직접 조작 방법으로 나뉜다. 대부분 2D 기반의 객체 조작을 위한 연구들이 진행되었으며, 3D 객체의 조작을 위한 방법은 아직 많이 연구되고 있지 않다 [3].

표 1. 모바일 장치를 이용한 객체 조작 방법

간접(Indirect) 조작방법	스크린 커서, 버튼(키보드), 터치스크린, 조이스틱, 내장센서(가속계), 카메라(영상특징모션벡터)
직접(Direct) 조작방법	RFID, 음성, 제스처, 카메라(마커, 객체인식, 자연영상특징): 이미지평면 기법(Image plane technique)

3. 본론

본 논문은 사용자가 일반적인 실내외 환경에서도 모바일 장치를 이용하여 3D 객체를 조작 할 수 있도록, 기존의 특수한 트래킹 장치(예. 적외선, 초음파센서, 깊이 카메라 등)가 설치되어 있지 않는 보통의 실내외 환경(예. 월드좌표계/카메라좌표계를 기준으로 한 모바일 장치의 상대적인 자세를 알지 못하는 환경)에서도 모바일 장치를 3D 사용자 인터페이스로 활용할 수 있는 방법을 제안한다.

구체적으로 HMD 뷰에 위치한 3D 공간상의 AR 객체의 시공간적 우선순위를 기반으로 AR 객체를 선택 (거리, 방향, 빈도, 시간 등을 고려) 할 수 있도록 하며, 모바일 장치의 내장 센서 정보 융합 (터치, 자이로, 방위, 기울기 센서 등)을 통해 3D 객체의 실시간 이동/회전 조작을 할 수 있다.

RT_{User} = 테이블를 기준으로 한 카메라 자세 (사용자가 착용한 HMD 에 부착된 카메라 자세)	(1)
3D 객체 선택 = $argmax_{obj}$ [시공간적 우선순위 계산 함수 (거리, 방향, 빈도, 시간 등)]; HMD 카메라 뷰에 존재하는 3D 객체를 대상으로 함	(2)
RT_{Object} = $RT_{MobileDevice}$ (모바일 장치의 자이로 센서, 방위 센서, 터치 스크린 센서 측정 값 등)	(3)

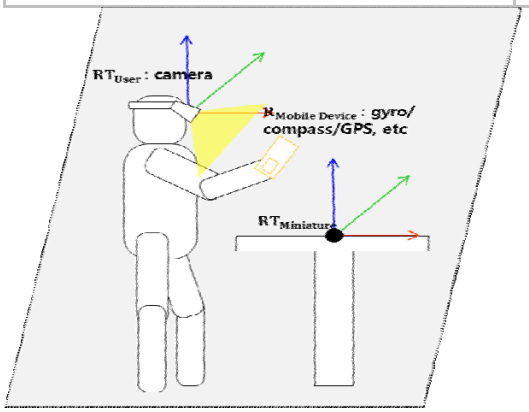

그림 1. 비디오 see-through HMD 기반 모바일장치를 이용한 3D 객체 조작

4. 구현

그림 2 와 같은 실내 환경에서 테이블위에 현실객체와 가상객체가 혼합된 미니어처 기반의 미러월드를 테스트베드로 구현하였다. HMD 의 카메라를 통해 입력한 영상으로부터 현실 객체의 특징 정보를 추출/인식/추적을 통해 카메라의 자세를 획득한다.

그리고 사용자는 멀티모달 모바일 장치로 HMD 뷰 상의 최적의 선택 우선순위를 가지는 3D 객체를 실시간으로 선택하고 조작하며, 그 결과는 HMD 디스플레이 장치를 통해 보여진다. 또한 모바일 장치의 내장 디스플레이와 진동모듈을 통해 시각, 청각, 그리고 촉각의 멀티모달 피드백을 사용자에게 제공할 수 있다.

그림 2. HMD 를 착용한 사용자는 모바일 장치를 이용하여 3D 객체를 조작

하드웨어 구현과 관련하여, 노트북 (CPU i7, 4GB 메모리)은 사용자의 백팩에 장착되어 있으며, 모바일 장치는 애플사의 아이폰 3GS 를 사용한다. 그리고 Windows 운영체제의 노트북과 iOS 운영체제인 모바일 장치간에는 통신은 oscpack [1]라이브러리를 이용한 UDP 네트워크 통신 방법을 이용한다. HMD 장치는 VUZIX 사의 CamAR [2]제품을 사용한다.

그림 3 은 모바일 장치를 이용한 3D 객체의 이동, 회전, 크기를 조정하는 예를 보인다.

(a)

(b)

(c)

그림 3. 모바일 장치를 이용한 3D 객체 조작의 예; (a) 이동, (b) 회전, (c) 크기 조정

5. 토론 및 결론

본 논문에서 고려하는 휴대성/범용성이 높은 모바일 장치를 웨어러블 증강현실에서의 3D 사용자 인터페이스로 활용할 수 있는 방법을 제안하였다. 한편 현재 시판중인 HMD 는 화질과 무게등에 있어 사용하기가 다소 불편하다는 단점이 있지만, 현재 경량화된 HMD 장치가 연구소/기업에서 활발히 연구/개발되고 있어 이러한 문제점들은 곧 극복될 수 있을 것으로 예상한다 [5].

향후 연구로는, 본 논문에서 제안한 방법의 정량적/정성적 평가를 수행하는 것이다. 평가 방법으로는 3D 객체의 선택 정확도, 3D 객체의 조작 오차와 같은 정량적인 평가방법과 기존 유사 기술 대비 인지적 성능 (체감 정확도, 속도, 쉬움, 편안함, 이해도)에 대한 정성적인 평가방법을 고려하고 있다.

참고문헌

[1] Olwal, A., Henrysson, A., LUMAR: A Hybrid Spatial Display System for 2D and 3D Handheld Augmented Reality, ICAT, pp. 63-70, 2007.

[2] Miyaoku, K., Higashino, S., and Tonomura, Y., C-Blink: A Hue-Difference-Based Light Signal Marker for Large Screen Interaction via any Mobile Terminal, ACM UIST, pp. 147-156, 2004.

[3] Ballagas, R., Borchers, J., Rohs, M., Sheridan, J.G., The Smart Phone: A Ubiquitous Input Device, IEEE Pervasive Computing, 5, 1, pp.70-77, 2006.

[4] Bowman, D.A., Kruijff, E., LaViola, J.J., Poupyrev, I., "3D User Interfaces Theory and Practice," Addison-Wesley, 2004.

[5] Jannick P.R., Kevin P.T., Fundamentals of Head Worn Displays," ISMAR, Tutorials, 2010.

[1] oscpack: http://www.audiomulch.com/~rossb/code/oscpack

[2] iWare CamAR: http://www.vuzix.com