

3D 사용자 인터페이스 : 새로운 방향과 전망

발행인 _ 이재열 _ 전남대학교 산업공학과 _ jaeyeol@chonnam.ac.kr

1. 서론

최근 게임 산업에서 Nintendo Wii가 엄청난 바람을 일으켰다. Wii는 특정한 행동으로 게임을 할 수 있는 독특한 입력 스타일을 가지고 있는데 이렇게 Wii가 특별할 수 있는 것은 3D User Interface (3D UI)의 사용에 따른 것이다. 이를 위해서 3D 그래픽스뿐만 아니라 사용자의 행동을 센서로 인식할 수 있는 특별한 입력 디바이스를 사용한다. 이로 인해 사용자는 자신의 팔을 휘둘러 볼링을 칠 수 있고 테니스를 칠 수 있으며 권투도 할 수 있다. 이런 특별한 경험이 일반인들에게 생소한 것인지 모르겠지만 VR, AR, 컴퓨터 그래픽스 분야의 개발자들은 오래 전부터 많은 연구를 해왔고, 3D UI에 대한 또 다른 어려운 문제들을 해결하기 위해 여전히 노력하고 있다. 2006년 처음 개최된 3D UI에 관한 IEEE 심포지엄에서 이 분야의 전문가들은 3D UI의 현재 기술 트렌드와 앞으로의 전망에 대해 발표하였으며, 주된 역할을 수행한 연구자들이 각 분야별로 발전방향과 전망을 제시하였다.

2. Multisensory input for improved control and performance

현재까지 게임, CAD, 3D 애니메이션 등에서의 3D

상호작용은 주로 2D 마우스로 이루어진다. 모두 하나의 포인터로 입력을 매핑(mapping)하기 때문에 사용자들은 교육이 필수적이다. 하지만 작업을 위한 입력 과정이 날로 복잡해지고 있기 때문에 사용자들에게 교육을 하고 수행을 하는 것이 점점 어려워지고 있다. 따라서, 효과적인 제어를 위해 사용자들은 작업을 하는데 손의 사용에 초점을 맞추고 있다. 그러나 이런 상호작용을 위해서는 사용자를 계속 추적(tracking)을 해야 한다. 이런 점을 개선하기 위해서 우리는 소프트웨어 인터페이스뿐만 아니라 상호작용의 요구에 맞는 센서 하드웨어의 설계도 필요하다. 또한, 이를 디자인 하는데 있어서 소프트웨어 엔지니어링, 제품 디자인 등 여러 분야의 지식이 필요하다.

모든 종류의 입력 센서는 입력된 변수 등으로 추출된 피드백 정보를 제공한다. Isotonic input device는 촉각 등의 감각 피드백과 관련이 있고 Elastic input이나 Isometric input device는 힘줄이나 인대와 같은 사람의 force 센서를 이용한다. 또한 입력 디바이스는 서로 다른 종류의 입력 디바이스가 통합되어 있는 경우가 대부분이며, 특히, 서로 다른 감각과 센서를 이용한다는 점을 강조하기 위해 multisensory input을 사용한다.

상호작용 시스템을 설계할 때의 또 다른 주요 요인은 입력 컨트롤러의 자유도(DOF)의 제어에 있다. 예를 들어 특정 작업이 3 자유도를 원한다면 입력 디바이스는 동시에 여러 축의 변환을 지원해야 하며, 이를 설계하기 위해서는 여러 가지 실험을 해야 하는데 이런 실험은 디자인을 결정하는데 기초가 되기도 한다. GlobeFish나 Groovepad는 이런 과정을 거쳐 디자인 문제점을 해결하기 위한 시도 중 하나였다 (Fig. 1).

1) The GlobeFish

대부분의 디지털 콘텐츠를 제작하는 시스템에서 3D 공간상에서 가상의 객체를 조작 및 제어하는 것이 주요 작업이다. 6 DOF의 위력 디바이스를 사용하는 사용자들 관찰한 결과 그들은 회전(Rotating)과 이동(Translating)을 번갈아 가면서 사용하였고, 드물게 두 가지를 동시에 사용하였다. 회전과 이동을 위해 다양한 센서를 사용하고 빠른 전환(Switching)을 할 수 있도록 하는 Globefish는 Spring-loaded frame에서 3DOF의 트랙볼(Trackball)을 가지고 있다. 센서가 볼의 회전을 측정하여 가상객체를 회전시키게 되며 볼을 밀고 당길

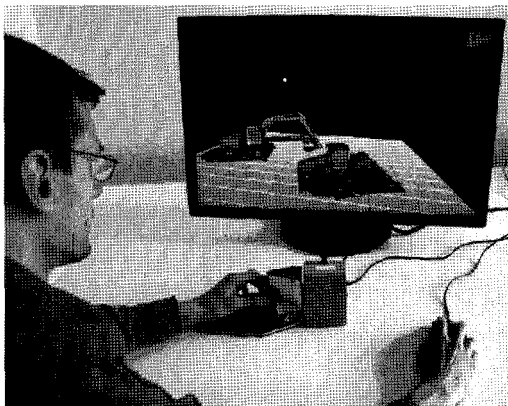
으로써 가상객체에 대한 이동이 일어나게 되는 것이다. GlobeMouse와의 비교 평가에서도 더 뛰어난 성능을 확인시켰다.

2) The Groovepad

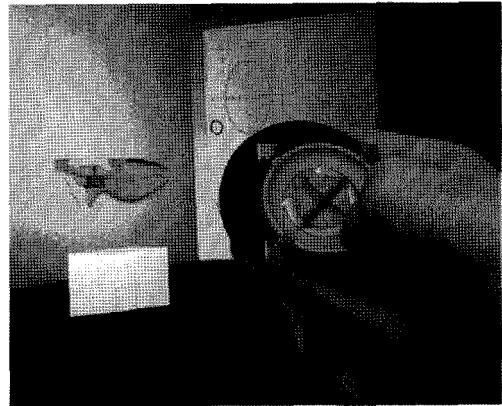
이 디바이스는 조이스틱과 기능적으로 비슷한 링이 달린 터치패드로 구성되어 있다. 또 이 디바이스의 두 개의 입력 센서는 따로 사용되지만 서로 다른 입력의 특징들 사이에서 빠르게 전환되도록 하는데 용이하고, Pointing과 Selection을 용이하게 하기 위한 트래킹 센서도 포함한다. 실험을 통해 사용자가 Groovepad를 사용하였을 때 전형적인 터치패드보다 훨씬 좋은 수행 능력을 보여주었다.

3. The Biosignal Interface as a Novel 3D UI

VR 기술에서 가장 중요한 목표는 사용자와 가상환경 사이에 직접적인 상호작용을 하는 것이다. VR 초창기에는 글러브 등을 착용해서 가상의 객체를 만질 수 있었지만 이젠 더 많은 기술들을 상상할 수 있게



(a)



(b)

Fig.1. Two multisensor 3D input devices developed at Bauhaus-Universität Weimar: (a) With the GlobeFish, the user's left hand navigates and manipulates objects with 6 degrees of freedom (DOF), and the right hand performs pointing and selection. (b) The Two-4-Six consists of a Groovepad, operated by the thumb, and an analog rocker joystick operated by the pointer finger. The Groovepad controls 5-DOF navigation; the joystick controls backward and forward motion.

되었고, 여기서는 3D UI를 위한 입력 방법으로 생체 신호(Biosignal)를 사용할 수 있다. 생체신호 방식은 상호작용에 있어서 사용자의 특정한 행동을 필요로 하지 않는다. 현재 개발자들은 visual evoked potential(VEP), p300 evoked potential, motor imagery 등의 상호작용 방식으로 사용할 수 있는 여러 가지 뇌의 활동을 연구하고 있다.

Steady State VEP

VEP는 시각영(the visual cortex)의 자극 때문에 발생하는 측정이 가능한 신호이다. 특히, 피실험자가 4Hz 이상의 자극을 볼 때 나타나는 Steady State VEP는 신뢰할만한 신호이며 이를 효과적으로 활용할 수 있다. 개발자들은 3D 환경에서 네비게이션을 위해 가상의 조이스틱으로써 SSVEP의 사용을 실험하였다. 그들은 가상현실에서 좌우 움직임을 선택하기 위해서 버튼을 두었고, 왼쪽 버튼은 8.0Hz로 오른쪽 버튼은 6.0Hz로 압박하도록 하였다. 피실험자가 왼쪽으로 돌려고 할 때 왼쪽 버튼을 쳐다보도록 하였다. 이 연구에서는 피실험자의 표피에서 나오는 EEG 신호를 추출하기 위해

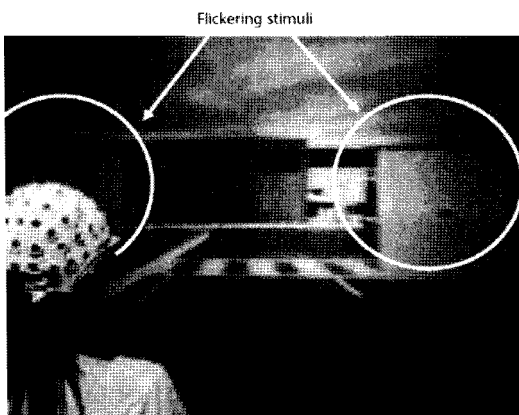


Fig. 2. Developing biosignal-based interfaces at the University of Tokyo: A test subject mentally selects the button on the left or right by staring at it. The interface determines the selected button by measuring the subject's EEG signals.

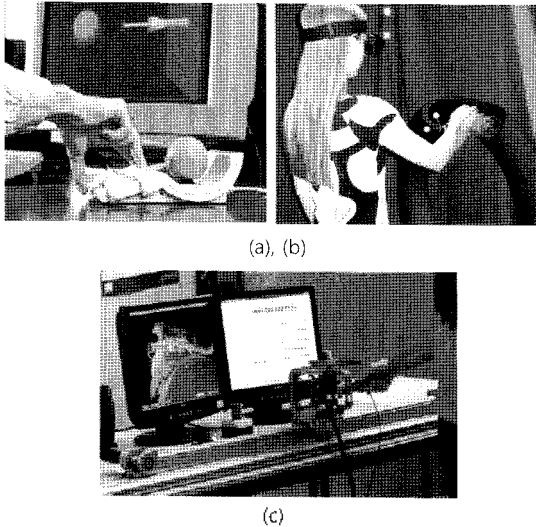
modular EEG cap system을 사용하였다. EEG 신호를 측정하여 피실험자가 왼쪽 혹은 오른쪽 버튼의 선택을 측정하였다. 놀랍게도 피실험자의 좌우 버튼 집중도를 조사한 결과 70~80% 정도의 성공을 보였다 (Fig. 2).

3. Pseudo-haptic interface

촉각은 시각과 청각과 함께 중요한 센서 피드백 중 하나이다. 과거에는 능동적 haptics가 주로 사용되어 사용자에게 피드백을 전달하였다. 능동적 force 피드백은 force를 전달하는 햅틱 디바이스가 반드시 있어야 한다. 하지만 이러한 디바이스를 항상 보유하기 힘들고 상대적으로 부겉거나 공간적인 제약 때문에 사용하기가 어려웠다. 따라서, 최근에는 sensory substitution, passive haptics, pseudo haptics와 같은 방법들 중 하나를 선택하는 추세이다. 이 중에서 Pseudo-haptic 시스템은 "systems providing haptic information generated, augmented, or modified by the influence of another sensory modality"로 정의할 수 있다. 즉, 다른 입력으로 force feedback을 느끼거나 이와 유사한 피드백을 얻을 수 있도록 지원하는 인터페이스로 정의할 수 있다. Fig. 3는 pseudo-haptic 연구결과를 보여준다. Fig. 3(a)는 force 센서와 비주얼 피드백을 통해서 가상의 스프링의 stiffness를 시뮬레이션한 pseudo-haptics 연구결과를 보여준다. Fig. 3(b)는 증강현실을 활용하여 디바이스없이 햅틱 피드백을 전달하는 새로운 방법을 제시하였다.

4. 3D Interfaces for Multidisplay Environments

많은 사무실과 세미나 실에서는 여러 디스플레이들이 하나로 통합되어 있는 경우가 종종 있으며 우리는 작업을 하는 동안 동시에 여러 디스플레이를 사용하기도 한다. 이런 디지털 테이블 혹은 Table-top이 인기를 얻고 있는데 정보의 양이 증가하고 비용 등이 감소하면서 급격히 일반화되어 가고 있는 현실이다.



(a), (b)

(c)

Fig. 3. Two examples of pseudo-haptics research and an application: (a) A virtual spring's stiffness is pseudo-haptically simulated by coupling a force sensor and visual feedback. (b) With HEMP (Hand-Displacement-Based Pseudo-haptics), the user experiences a simulated force field. (c) In Haptic Wrists, the hand-roll degree of freedom (DOF) along the hand axis is pseudo-haptically controlled, while the two other DOF are haptically controlled.

4.1 MDE의 문제점

기존의 GUI는 사용자가 디스플레이의 정면에 위치한다는 가정하에 설계되었다. 하지만 불행히도 최근의 디스플레이의 환경에서는 항상 사용자가 정면에 위치하지 않는다. Tabletop 디스플레이와 같이 사용자와 수직을 이루지 않을 때 또는 사용자가 주변을 움직일 때 디스플레이를 바라보는 각도는 비스듬해지게 된다. 그 결과 디스플레이 안의 글을 읽는다는 것 자체를 수정하는데 어려움을 겪게 된다. 그리고 이에 따른 오해로 인해 공동 작업에 대한 효과도 감소하게 된다. 그래서 기존의 GUI 환경을 확장하는 기술을 사용자들에게 제공할 필요가 있다. 여기에 Perspective Cursor와 Perspective Windows 두 가지 기본 기술을 예로 들 수 있다 (Fig. 4).

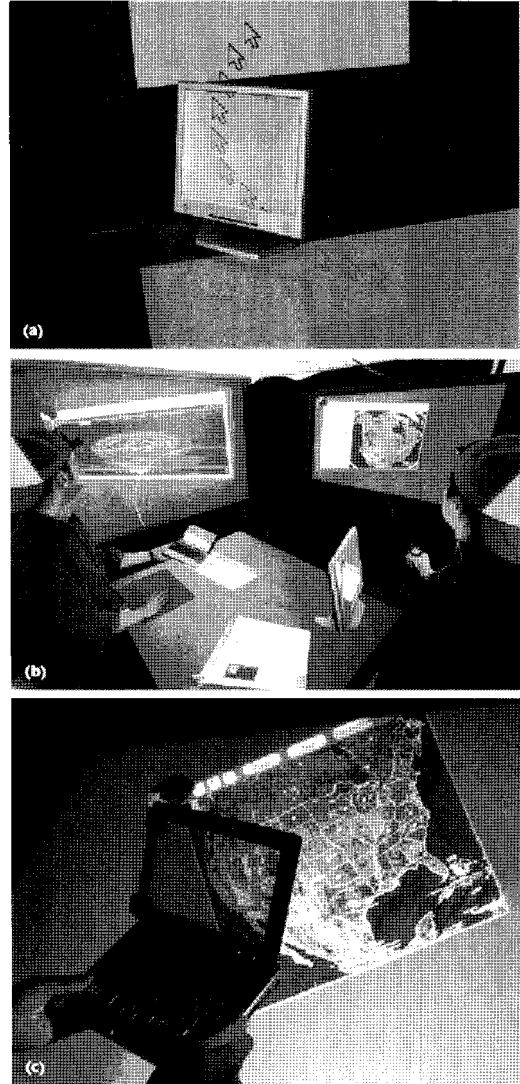


Fig. 4. Techniques for 3D user interfaces (3D UIs) in multidisplay environments: (a) Perspective Cursor presents a cursor that moves beyond display boundaries seamlessly as if it's in an ordinary desktop environment. (b) Perspective Windows shows perspective-corrected information that each user observes seamlessly as if it were perpendicular to him or her, where the red arc indicates how far and in which direction the cursor is. (c) Perspective Windows shows perspective-corrected information even if it's spread over several displays.

1) Perspective Cursor

Perspective Cursor는 기존의 데스크탑처럼 디스플레이의 경계면 사이를 움직이는 커서와 같다. 이것은 시스템이 사용자의 관점과 눈에 보이는 디스플레이와의 공간적 관계를 알고 있다는 가정하에 사용자의 관점으로부터 커서의 위치와 관점을 계산한다. 그래서 사용자는 커서가 여러 디스플레이 사이를 연속적으로 움직이는 것처럼 느끼는 것이다.

2) Perspective Windows

Perspective Windows는 전통적인 2D 원도와 같은 종류의 콘텐츠를 보여주고 perspective 인식 능력으로부터 정의된 다른 특징들을 제공한다. 보통의 원도와 다르게 디스플레이의 각도와 상관없이 사용자에게 최상의 가시성을 제공한다.

5. Guidelines for Easy-to-Use 3D Interaction Techniques

VR 환경에서 3D UI 사용은 아직 미숙한 단계에 있다. 3D 하드웨어 기술도 여전히 미숙하다. 특히, VR 시스템을 세팅하고 작동하도록 유지시키는 것이 엄청난 오버헤드로 나온다. 하지만, 가장 큰 문제는 대부분의 VR 시스템이 상당한 교육을 필요로 한다는 것이다. 이와 대조적으로 많은 3D 게임과 온라인 가상 현실에서는 3D 콘텐츠에 매우 쉽게 접근할 수 있다. 그리고 많은 사람들이 3D 세계와 상호작용할 수 있도록 하는 시스템에 매우 쉽게 적응한다. 흥미롭게도 대부분의 이런 시스템들은 상호작용을 위해서 2D input device를 사용한다. 하지만, 이것도 2차원 마우스 움직임을 통해서 3차원 움직임으로의 매핑을 충분히 이해해야 한다. 이러한 다양한 문제점을 해결하기 위해서 초보자와의 연구 결과를 바탕으로 한 3D UI 상호작용 가이드라인을 다음과 같이 제시한다.

1) Floating Objects are the Exception: 현실세계

에서 공중에 떠 있는 객체가 존재하는 하지만 거의 모든 객체는 다른 객체와 붙어 있다. 그러므로 3D 시스템의 기본은 다른 객체와 붙어 있어야 한다는 것이다. 유감스럽게 거의 모든 VR 환경에서 기본적으로 모든 객체들은 공중에 떠 있다. 표준이 되는 3D UI 기술은 객체들이 붙음을 기본으로 할 수 있어야 하고 그렇게 해야 한다.

2) Object Don't Interpenetrate: 고체의 객체들은 서로의 내부로 들어갈 수 없다. 그러나 많은 VR 시스템에서는 기본적으로 객체들간의 침투를 허용하고 있다. 이런 침투는 비주얼 디스플레이에서 혼란을 가중시키고 초보자들은 이런 상황을 쉽게 이해할 수 없다. 오늘날 대형 디스플레이에서 실시간으로 이런 충돌을 간파하고 회피하는 것은 그다지 어려운 일이 아니다. 또한 이것은 현실세계에서 객체의 위치를 쉽게 잡을 수 있는 효과적인 방법이기도 하다.

3) Interaction Should Be Only with Visible Object: 사용자들은 가려진 객체를 찾고 수정하는 것을 좋아한다. 이는 쉬운 네비게이션이 중요하다는 것을 지적하고 있고, 2D input device는 객체를 선택하는데 효과적인 것이라고 할 수 있다. 또한 3D selection 기술에 비례하여 ray-casting을 기본으로 한 기술의 성공이 보도되고 있다. 이것은 3D 세계에서도 2D input device가 객체를 선택하는데 효과적이라는 의미이다.

4) Perspective and Occlusion Are the Strongest Depth Cues: 팔의 길어보다 먼 거리에 있는 객체의 수정을 위해서 perspective와 occlusion은 가장 강력한 깊이 신호이다. 이 두 가지 신호는 3D 환경에서 정확하고 빠르게 객체의 3D 위치정보를 가장 효과적으로 알아낼 수 있다.

5) People see the Object, Not the Cursor: 영장

류의 비전에 관한 연구결과에 따르면 원숭이는 손에 있는 볼의 끝(tip)에 시각적으로 관심을 가질뿐 아니라 들 전체와 손에도 시각적으로 관심을 가진다고 한다. 따라서, 커서가 3D UI를 위한 최고의 선택이 아닐 수도 있다. 즉, 커서는 한 지점 만을 효과적인 나타내는데 유용하지만, 객체가 관심분야의 주된 영역을 표현할 수 있다.

6) Full 3D Rotations Aren't Always Necessary:

모든 객체들은 다른 객체들과 붙어 있고, 이는 객체가 회전을 하는데 있어서 제약을 준다. 비록 인터페이스가 full 3D rotation을 제공하지만 객체 회전의 제약으로 인해 어떤 객체들은 쉽게 접근하는데 있어서 full 3D rotation은 드물며 필요가 없을지도 모른다.

7) 2D Task Are Cognitively Simpler Than 3D:

보통 현실의 작업은 완전한 3D가 아니다. 오히려 2D, 2-1/2D이다. 그 예로 빌딩은 2D 평면으로 구성되어 있다. 이렇게 대부분의 사람들은 2D나 2-1/2D를 사용한다. 그리고 완전한 3D분체를 다루기 위해 필요한 훈련도 받지 않는다. 많은 작업에서 2D를 제공하는 것은 유용성을 증가시키는 훌륭한 방법이다.

8) 2D input Devices Are Advantageous: VR 시스템에서 상호작용을 위해 2D tablet에서 펜을 사용하는 Personal Interaction Panel과 같은 입력 디바이스는 3D 세계에서 효율적이라는 것을 보여 주었다. 또한 마우스나 펜 기반의 시스템과 3D 기술 사이의 입력 디바이스의 비교에서 2D 기술의 정확성이 훨씬 높다는 것을 연구결과로 알 수 있다. 결론적으로, 3D tracking system과 정확한 pen tracking을 지원한 tablet PC 등과의 통합은 현명한 방법이다.

6. 3D UIs for and beyond VR

전통적으로 3D UI 개발은 철저하게 VR과 연결하

는 것이었다. 또한, 대부분의 3D 상호작용 기술은 CAVE 등과 같은 VR 시스템의 상황에 따라 설계되고 발전되어 왔다. 비록 높은 단계의 기능성과 유용성을 가진 3D UI의 성공적인 사례가 있지만 대부분의 현실세계의 VR 어플리케이션은 간단한 인터페이스를 가지고 있었다. 이러한 사실을 바탕으로 VR상에서 3D UI의 개발 효과를 증진시킬 수 있는 두 가지 전략을 소개한다.

1) Demonstrating 3D Interaction's Benefits

대부분의 현실세계 어플리케이션을 이용하는데 몰입형 VR 기술과 관련 지식은 아직까지 충분히 성숙하지 않았다. 몇몇의 어플리케이션은 굉장한 성공을 거두었지만 개발된 몰입형 VR 어플리케이션은 대부분 여전히 포토타입에 불과하다. 하지만 VR 기술과 사용 방법에 대한 우리들의 이해가 성숙해지면서 몰입형 VR에 대한 관심이 다시 일어나고 있다. 많은 산업에서 제품을 생산하는데 몰입형 VR을 사용하고 몰입형 게임에서도 이런 어플리케이션을 구매하고 있다. 그러나 많은 새로운 어플리케이션은 HMD나 CAVE와 같은 전통적인 VR 기술보다는 "semi-immersive" 기술을 사용할 것이다. 이런 새로운 VR 어플리케이션이 3D UI 개발에 있어서 영향을 끼친다면 3D UI가 desktop-style의 상호작용 보다 이점이 있다는 것을 증명해야 한다. 이것이 3D UI 개발에 대한 첫 번째 방향제시이다. 사용자의 생산성, 정확성, 만족감에 관련하여 3D UI는 어떤 이점을 가지고 있을까? 이에 대한 해답을 얻기 위해서는 우리는 3D 상호작용과 다른 상호작용을 비교하는 경험적 연구가 필요하다. 하지만, 몇몇 연구결과에 따르면 3D 상호작용 기술이 desktop-style의 기술보다 빠르고, 정확하다는 것을 알 수 있었다.

2) Expanding 3D UI Research's Focus

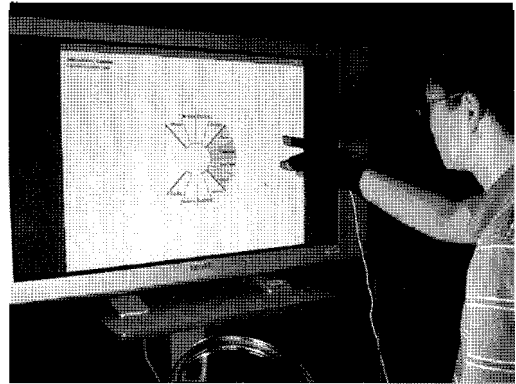
초창기에 3D UI의 정의는 VR과의 상호작용에 국



한되지 않았다. 그러나 non-VR 시스템을 위한 3D UI 연구는 제약을 받아왔다. 여기서 제시하는 두 번째 개발 방향은 3D UI 개발의 초점을 확장하는 것이다. 전형적인 게임 시스템은 2D나 3D 그래픽을 위해 TV나 컴퓨터 모니터를 사용하였고, 입력을 위해 마우스나 키보드를 이용하였다. 그러나 닌텐도 Wii는 게임에서 이런 상호작용에 제한을 두고 알아도 된다는 것을 보여주었다.

또 다른 기회는 공공장소, 가시화 센터, 가정에 있는 대형 디스플레이의 성장과 관련이 있다. 종종 이런 디스플레이는 수동적이며, 단지 디스플레이 근처에 있는 사람들에게 시각적인 정보만을 제공한다. 하지만, 다른 상황에서 사용자들은 디스플레이에 있는 정보와 상호작용을 원하고 필요로 한다. 예를 들어, 공항에서 여행자들은 그들이 탑승할 비행기에 관한 정보를 좀더 얻고자 한다. 가시화 센터에 있는 분석가들은 가시화된 데이터를 확대, 이동, 회전, 검색 등 실행해야 하며, 가정에서는 멀티미디어 디바이스를 제어하고자 한다. 또한, 대부분 이러한 대형 디스플레이는 떨어져 있어서, 사용자들이 쉽게 다가가서 터치하기가 어렵다. 이러한 요구가 증대함에도 desktop-style 또는 touch screen 상호작용이 불가능한 경우가 많다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 3D UI의 공간적인 입력을 이용하면 이러한 상황에서 쉽게 상호작용이 가능할 수도 있다. 이러한 공간적인 입력을 얻기 위해서 컴퓨터 비전의 활용이 필수적이다. 즉, 사용자의 손 제스처를 인식함으로써 복잡한 디바이스나 상호작용 장치가 필요하지 않게 되고 공간적으로 떨어져 있더라도 상호작용이 가능하게 된다. Fig. 5은 제스처를 활용한 대형디스플레이와의 상호작용을 보여준다. 이러한 응용은 결코 몰입형 VR 디스플레이를 사용하지 않고 전통적인 2D 디스플레이를 사용하지만 3D UI 연구에 좋은 방향을 제시한다고 생각한다.

현재까지 3D UI 연구분야에서 3D 상호작용의 디



(a)



(b)

Fig. 5. Interaction with large, remote displays: (a) gesture-based menu selection and (b) enhanced 3D pointing for selecting and displaying 2D objects on a large, high-resolution display.

자인과 평가에 대한 광범위한 지식이 쌓였지만 여전히 현실세계에 커다란 영향을 끼칠 수 있을 정도의 결과를 도출하지는 못했다. 하지만, 앞에서 제시된 2가지 전략이 이러한 상황을 변화시킬 수 있을 것으로 판단하며, 현실세계의 문제해결에 좀더 기여할 것으로 기대한다.



본 기사는 전남대학교 산업공학과 이재열 편집위원의 "Bowman D.A., Coquilart S., Froehlich B., Hirose M., Kitamura Y., Kiyokawa



K., Stürzlinger W., "3D User Interfaces: New Directions and Perspectives", IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 28, No. 6, pp. 20-36. 2008"을 일부 발췌 및 요약하여 번역한 것으로 IEEE Computer Graphics and Applications 저널의 연락처는 다음과 같다.

Maureen Stone ((Editor-in-chief)

StoneSoup Consulting

Woodinville, WA

stone@stonesc.com