



가상 현실, 증강 현실 동작인식을 위한 웨어러블 센서 기술



차재광
연세대학교
글로벌융합공학부



하규태
연세대학교
글로벌융합공학부



이상호
연세대학교
글로벌융합공학부



김시호
연세대학교
글로벌융합공학부

I. 서론

10년 전만 해도 개인용 컴퓨터, 즉 PC가 세상을 지배하던 시대였다면 현재는 스마트 폰의 시대라 해도 과언이 아닌 세상이 되었다. 스마트 폰의 등장으로 인해 우리 삶에는 새로운 패러다임이 생겨났고, 현재는 스마트폰 다음, 즉 포스트 스마트폰(Post Smartphone) 기술에 대한 연구가 한창이다. 이러한 흐름을 타고 가상현실 및 증강현실 기술은 우리 삶에 가까이 다가오고 있다.

웨어러블 기기의 발전으로 함께 주목받기 시작한 증강현실(Augmented Reality)은 마이크로소프트(Microsoft)에서 발표한 홀로렌즈(HoloLens)의 개발 계획과 함께 본격적인 개발 궤도에 오르고 있고, SF 장르의 단골 소재로 등장하던 가상현실(Virtual Reality)은 2014년 3월 페이스북(Facebook)에 2조 5천억원에 인수된 오쿨러스VR(Oculus VR)의 오쿨러스 리프트(Oculus Rift)를 통해 우리에게 점차 현실의 이야기가 되고 있다.

가상현실 및 증강현실 기술은 우리 삶에 가까이 다가오고 있다. 가상/증강 현실을 위한 인터페이스로서의 웨어러블 센서는 사용자의 움직임을 최대한 사실적으로 가상의 공간에 반영하는 것을 목적으로 한다.

하지만 디스플레이 장치의 발전 속도에 비해 이에 대응하는 인터페이스 기술의 개발은 상대적으로 느리게 느껴지는게 현실이다. 우리에게 친숙한 키보드, 마우스, 터치스크린 등의 기존 인터페이스 장치는 장치를 착용한 채로 사용자가 자유롭게 움직일 수 있어야 하고, 가상 세계에서 편리하게 이용 가능해야 하는 가상/증강현실 인터페이스의 요구사항을 만족시키지 못하고 있다.



〈그림 1〉 증강현실(MS Hololens)과 가상현실(Oculus VR Oculus Rift DK1)

본 글에서는 이러한 문제를 해결하여 가상현실이나 증강현실에 대응할 수 있는 새로운 개념의 인터페이스 장치를 만들기 위해 개발되고 있는 웨어러블 센서(Wearable Sensor)들의 개발 동향에 대해 다루고자 한다.

II. Wearable Sensors

가상/증강 현실을 위한 인터페이스로서의 웨어러블 센서는 사용자의 움직임을 최대한 사실적으로 가상의 공간에 반영하는 것을 목적으로 한다. 가상공간에서는 물리적인 장치를 통한 인터페이스를 사용하는데 제약이 따르기 때문에 사람의 동작 자체를 인식하여 이를 이용하는 방법이 대세를 이룬다.

동작 인식을 위해 주로 사용되는 센서는 IMU(관성측정장치)로서, 하나의 IMU 센서에는 물체의 회전을 감지하는 자이로 센서, 속도의 변화를 감지하는 가속도 센서, 지구 자기장에 대한 센서의 방향을 감지하는 지자기 센서가 통합되어 있다. 사람의 각 관절에 부착된 IMU 센서는 실시간으로 센서의 좌표계에 대한 실제 공간상의 좌표를 감지하여 컴퓨터에 전송하고, 컴퓨터는 그 정보를 가공하여 가상의 공간에 사람의 움직임을 재현하고, 해당 동작으로부터 그 동작의 의미를 읽어내기도 한다.

가상/증강현실용 인터페이스는 대부분 사용자의 움직



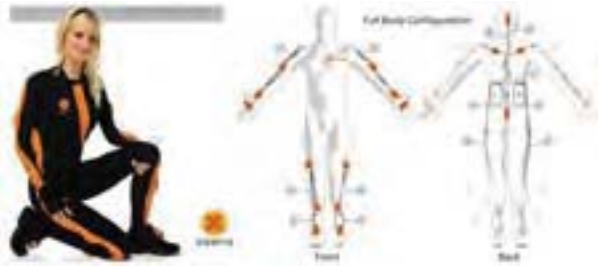
〈그림 2〉 Xsens-MVN 웨어러블 모션 캡처 시스템

임을 바로 가상현실에 반영하고 이를 즉각적으로 디스플레이에 나타내야 한다. 그러지 않을 경우 사람의 움직임과 디스플레이를 통해 눈으로 관측되는 가상현실의 모습이 일치하지 않아 인지부조화에 의한 멀미가 발생할 수 있다. 이러한 면에서 센서 인터페이스를 통한 가상/증강현실 조작은 사용자의 움직임이 가상 공간에 그대로 반영된다는 점에서 위 문제를 상당 수준 완화시킬 것으로 기대되고 있다.

1. 해외 사례

1) Xsens MVN

모션 캡처(Motion Capture) 시스템은 주로 영화 산업에서 배우들의 동작을 영상 속에 재현하기 위해 사용되어 왔다. 영화 내의 컴퓨터 그래픽 효과 등을 위해 사용되는 모션 캡처 장비는 상당한 정밀도를 가지고 있지만 VR등에 사용되기에는 상대적으로 비싼 가격대를 형성하고 있다는 단점이 존재한다. 하지만, 그럼에도 불구하고 최근 들어 모션 캡처 장비를 가상현실에 접목하여 사용하는 사례들이 보이며, 대표적으로 Xsens社의 모션 캡처 시스템인 'Xsens MVN', 'Xsens Awinda' 등이 있다. Xsens는 가상현실 디스플레이 장치인 오쿨러스 리프트와 자사의 'Xsens Awinda'를 결합하여 여러 사람들이 동시에 하나의 가상현실 공간 속에서 간단한 공물리기 게임 등을 체



〈그림 3〉 Xsnes MVN의 IMU 센서 부착 위치



〈그림 4〉 Virtuix Omni 시연 모습

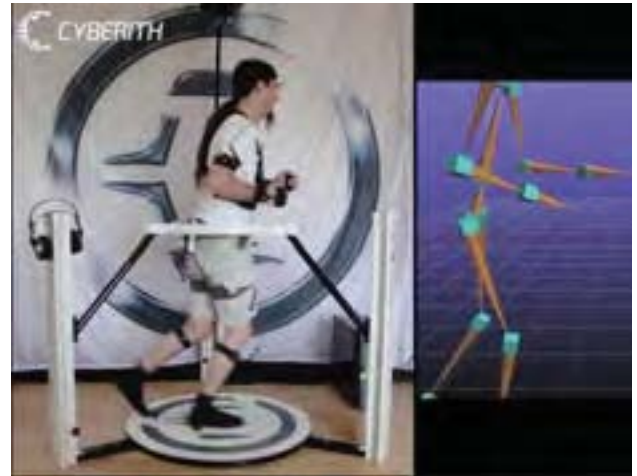
협할 수 있도록 구현하였다.

이 시스템은 전신 착용형 인터페이스 장치로서, 전신 일체형 타입과 밴드형 타입 두 가지가 존재한다. 두 가지 타입 모두 17개의 IMU 센서를 전신에 부착하도록 구성되어 있으며, 이들 센서가 착용자의 관절 위치를 실시간으로 추적하여 착용자가 어떻게 움직이는지를 감지한다.

2) Virtuix Omni

‘Virtuix Omni’는 오쿨러스 리프트의 등장 이후 처음으로 시장에 공개된 전 방향 트레드밀 형태의 동작인식 장치이다. 지난 2013년 크라우드 펀딩으로 유명한 킥스타터(Kickstarter)를 통해 시장에 등장하였으며, 일반 소비자 버전의 출시는 아직까지 이루어지지 않았으나 근 시일 내에 출시 예정중이다.

‘Virtuix Omni’는 인터페이스 플랫폼(발판), 전용 신발과 동작 인식 센서(IMU) 그리고 사용자의 안전을 위한



〈그림 5〉 Cyberith Virtualizer를 통해 감지된 탑승자의 움직임

허리 고정 벨트 지지대로 구성되어 있다.

트레드밀(런닝머신)장치 위에서 360° 전 방향으로 걷는 것을 인지할 뿐만 아니라 점나 약간의 앉기(고정식 허리 지지대로 인해 자유롭지는 않다) 또한 인식할 수 있다.

바닥은 오목한 형태로 되어있어 탑승자가 그 위에서 걸을 경우 계속해서 제자리에서 걷는 것이 가능하도록 설계되어 있으며 바닥에 있는 홈과 신발에 부착되어있는 돌기가 서로 맞물리게 제작되어 좌우 방향의 미끄러짐을 방지하게 되어있다. 탑승자의 다리 동작은 신발에 부착되는 IMU 센서를 통해 감지되고 이 신호를 이용하여 동작 인식이 이루어진다.

3) Cyberith Virtualizer

Cyberith 社의 ‘Virtualizer’는 앞서 소개한 ‘Virtuix Omni’의 경쟁자로서 새롭게 등장한 가상현실용 인터페이스로서, 2014년 7월 킥스타터를 통해 시장에 진출하였다. 회사는 유럽 오스트리아에 위치하며, 가상현실 게임에 필요한 인터페이스 장치를 만드는 것을 목적으로 하고 있다.

‘Virtualizer’는 ‘Virtuix Omni’와 비교했을 때 크게 두 가지 차별점을 가지고 있다. 첫 번째 차별점은 허리 지지대가 사람의 움직임에 맞추어 위 아래로 운동할 수 있도록 상하 움직임이 가능한 지지대에 부착되어 있다는 점이다. 이로 인해 앉기 동작과 위로 뛰는 동작을 자연스럽게 수행하는 것이 가능하게 되었다.



〈그림 6〉 CyberGlove2를 통해 감지된 움직임을 모방하는 로봇 손

두 번째 차별점은 발판이 마찰계수가 낮은 재질로 제작되어 있어 양말만 신고도 발판 위에서 미끄러지며 제자리 걷기가 가능하다는 점이다. 또한 발판 자체에 움직임을 감지하는 센서가 내장되어 있어 탑승자가 어떤 속도, 어느 방향으로 움직이는지를 감지해 낼 수 있다.

이를 통해 기존의 ‘Virtuix Omni’가 가지고 있었던 앉기 동작이 어렵다는 점과 전용 신발이 필요하다는 단점을 개선하였다.

4) Cyber Glove Systems Cyber glove

Data glove는 장갑 형태의 인터페이스로서 장갑에 부착된 다수의 센서를 이용하여 손의 움직임을 감지하는 역할을 하는 장치다. 대표적인 Data Glove로는 Cyber Glove Systems 社の ‘CyberGlove’ 시리즈가 있다. Cyber Glove Systems 社에서는 단순히 손의 움직임을 감지하는 ‘CyberGlove’부터 손 끝의 촉감까지 느낄 수 있게 제작된 ‘CyberTouch’, 손 전체에 대한 햅틱 기능까지 지원하는 ‘CyberGrasp’ 등의 다양한 장갑을 개발하여 판매 중에 있다.

〈그림 6〉의 예시는 Data Glove를 손에 착용하고 움직임을 취했을 때 Data Glove가 손의 움직임을 감지하여 로봇 손이 그 움직임을 모방하는 것을 보여주는 모습이다.

Data Glove형태의 인터페이스는 이미 1977년 초기 형태가 등장했을 만큼 예전부터 개발되어 왔던 기술이지만



〈그림 7〉 MYO armband

인터페이스의 성능에 비례해 제작 단가가 기하급수적으로 늘어나는 경향이 있어 최근까지도 일반 대중에 보급되지 못하고 있는 실정이다.

5) Thalmic Lab, MYO

Thalmic Lab의 ‘MYO armband’는 지난 2013년 시장에 등장한 웨어러블 센서로서, 사람의 손가락과 팔의 움직임을 감지하는 것을 주요 기능으로 하는 하드웨어 인터페이스이다. 내부에 8개의 EMG(Electromyography) 센서와 하나의 9축 IMU 센서가 내장되어 있다.

밴드 안쪽에 8개의 센서가 원을 그리게끔 배치되어 있는 EMG 센서, 즉 근전도 센서는 근육이 움직이면서 발생하는 전기신호를 감지하는 센서이다. ‘MYO’에 장착된 EMG 센서는 sEMG(Surface EMG) 라고도 불리는데 이는 근육이 움직이면서 발생하는 전기신호를 피부에서 감지해 내기 때문이다. ‘MYO’는 사람이 취하는 동작마다 서로 다른 종류의 근육이 사용 된다는 사실을 이용하여 어떤 근육이 사용되었는지 sEMG 센서를 통해 알아내고 어떤 동작을 취하고 있는지를 분석한다.

‘MYO’의 개발사인 Thalmic Lab에서는 MYO 개발자를 위한 SDK 또한 제공하고 있으며 이는 C++, Java, Unity 등에서 사용 가능하게끔 구성되어 있다. SDK는 EMG 센서를 통해 5가지의 기본 인식 동작을 제공하며, 추가적으로 ‘MYO’에 장착되어있는 IMU 데이터를 사용하여 원하는 기능을 구현할 수 있게 구성되어 있다.



〈그림 8〉 SixtSense 인터페이스의 구성

6) MIT Media Lab, SixtSense

1997년 MIT Media Lab.에서 증강현실 인터페이스인 ‘SixtSense’의 초기 형태가 개발된 이후 Pranav Mistry 는 2009년 ACM SIGGRAPH 학회에 TED강연에 소개되 었던 ‘SixtSense’에 대한 논문을 발표하였다.

이 인터페이스 장치는 손가락에 부착되는 색깔 마커, 마커를 인식하기 위한 카메라, 사용자 앞에 화면을 표시 해주는 프로젝터로 구성되어있다. 카메라는 손가락에 부 착된 색깔 마커를 인지하고 이 데이터를 소형 컴퓨터가 분석하여 사용자 앞에 놓인 프로젝터로 화면을 출력한다. 이를 사용자가 직접 손가락으로 조작할 수 있어서 마치 영화 마이너리티리포트에서 나오는 화면 조작 인터페이 스와 비슷한 모습을 연출할 수 있다.

‘SixtSense’의 등장 이후 이와 비슷한 증강현실형 인 터페이스로 마이크로소프트의 ‘Omnitouch’나 ‘Skinput’ 등이 개발되었다.

2. 국내 사례

1) K-Glass 2 (KAIST)

KAIST의 전기 및 전자공학과 유희준 교수 연구팀에서 개발한 ‘K-Glass 2’는 사용자의 시선 추적과 눈 깜박임 을 인식할 수 있는 센서들 (Gaze Image Sensor, EOG-Electrooculography Sensor)을 장착한 증강현실 웨어러 블 센서 겸 디스플레이이다.

〈그림 10〉과 같이 이 디바이스는 카메라를 통해서 보



〈그림 9〉 K-Glass2의 외형과 내장된 센서의 종류



〈그림 10〉 K-Glass 2의 작동 화면

여 지는 현실 위에 사용자가 필요로 하는 정보를 덧입힐 수 있는 증강현실 디스플레이를 제공한다. 그리고 유희준 교수 연구팀은 기기 조작에 ‘아이-마우스(i-Mouse)’라는 기술을 적용했다고 밝혔는데, 이는 일반 PC의 마우스 조 작처럼 시선 이동을 통해서 커서를 이동하고 눈 깜박임을 통해서 클릭하여 디바이스를 조작하는 방식이다.

‘K-Glass 2’는 앞서 소개한 사용자의 몸 동작을 인식 하는 웨어러블 센서와는 다른 특징의 기능(시선 추적)을 가지고 있기 때문에 가상/증강현실 동작 인식을 위한 다 른 종류의 인터페이스를 제공할 수 있다는 점에서 주목할 만한 연구이다. 또한 이 디바이스는 웨어러블 센서와 디 스플레이가 극복해야할 과제 중 하나인 저전력 소모, 배 터리 지속 시간 개선에서도 성과를 거둔 것으로 알려졌다.

2) Motion Ring (유즈브레인넷)

국내 최초의 반지형 웨어러블 디바이스로 알려진 ‘ Motion Ring’은 사용자의 몇 가지 정해진 모션 패턴을 인식하고 클릭버튼으로 입력 할 수 있는 웨어러블 디바이 스이다.

〈그림 11〉에서 소개하는 것처럼 모션을 인식할 수 있 는 센서가 내장되어 있는 디바이스지만, 해외의 유사 제



〈그림 11〉 Motion Ring의 구성



〈그림 12〉 Motion Ring에서 제공하는 모션 컨트롤

품인 ‘Nod’, ‘Ring’과는 달리 어플리케이션 개발자가 직접 센서 데이터를 다루거나 새로운 모션 컨트롤을 개발할 수 있는 SDK(Software Development Kit)를 제공하지 않는다. 이는 스스로 확장 가능성을 제한한다는 점에서 아쉬운 부분이다. 비록 이런 아쉬운 점이 존재하지만, 제공되는 모션 컨트롤을 가상/증강현실 동작 인식에 바로 적용하는 것은 충분히 의미가 있을 것으로 보인다.

3) Motion Sensor Interface in Yonsei University

연세대학교 Seamless Transportation Lab(STL)에서는 IMU, EMG(Electromyography-근전도 측정) 센서를 이용한 사용자 제스처 및 팔, 다리 운동 센싱 인터페이스를 연구, 개발하고 있다. 현재 이를 위해 앞서 소개한 ‘Myo armband’를 사용자의 양팔, 양다리에 각각 부착하여 센싱되는 데이터를 활용하는 연구를 진행 중이다.



〈그림 13〉 센서(MYO) 착용자와 가상현실 속 아바타 간의 동기화

특히 팔에 부착된 MYO에 대해서는 두 가지 연구, EMG 센싱 데이터를 이용한 사용자의 제스처를 인식하는 연구와 IMU로부터 센싱되는 데이터를 이용한 팔 골격의 움직임을 인식하는 연구를 진행하고 있다. 그리고 다리에 부착된 Myo에 대해서는 IMU 센서 데이터로부터 사용자의 자세 (서 있는 상태, 엎드린 상태, 누워있는 상태)를 인식하고 걸음걸이를 인식하는 연구를 진행하고 있다.

STL은 이러한 일련의 연구를 통해 사용자의 전반적인 움직임을 인지하는 가상/증강현실용 사용자 모션 통합 인터페이스를 개발 중이다. 또한, 이를 가상현실의 아바

타에 실시간으로 반영하는 실감도 높은 가상현실 체험 시스템을 개발하고 있다. 이 시스템은 저가의 센서와 좁은 공간만을 활용한 경제적이고 현실감 있는 가상현실 솔루션으로 앞으로 그 활용도가 높을 것으로 예상된다.

하지만 급속도로 확장되고 있는 VR 디스플레이 장치의 개발과는 달리 이에 대응하는 인터페이스의 개발은 아직 충분히 이루어지지 않은 것으로 판단된다. 웨어러블 센서의 개발은 아직 갈 길이 많이 남아있기에 무궁무진한 가능성을 가지고 있다고 할 수 있다.

III. 결론 및 향후 전망

현재까지 등장한 가상/증강현실에 대응하는 웨어러블 센서 인터페이스로는 어떠한 것들이 있는지 살펴보았다. 해외에서는 키스타터를 이용한 여러 업체들이 두각을 보이고 있으며, 국내에서도 대학이나 중소기업에서 가상/증강현실을 위한 인터페이스가 활발하게 개발되고 있다. 이러한 인터페이스 장치들은 주로 IMU 센서를 이용하거

나 EMG 센서, 카메라 등을 통한 사용자의 동작 인식 방법을 사용하고 있다는 것을 확인할 수 있었다.

최근 우리나라에서도 오쿨러스 리프트를 기반으로 하는 삼성전자의 ‘Gear VR’이나 구글의 카드보드를 기반으로 하는 LG전자의 ‘VR for G3’이 공개되었고 삼성전자에서는 앞서 소개한 ‘SixthSense’의 개발자인 Pranav Mistry를 사내 최연소 상무로 승진시키는 등 VR에 대한 관심이 높아지고 있는 상황이다.

하지만 급속도로 확장되고 있는 VR디스플레이 장치의 개발과는 달리 이에 대응하는 인터페이스의 개발은 아직 충분히 이루어지지 않은 것으로 판단된다. 현재까지는 대부분 키스타터로 시작하는 소규모 기업이나 대학 연구소 혹은 중소기업 위주로 개발되고 있으며, 성능에 비해 너무 거추장스럽거나, 실제 사용하기에 부족한 성능을 보이거나 제작비가 너무 비싸 대중들이 구매하기에는 부담스러운 경우가 대부분인 실정이다.

그러나 위와 같은 이유로 가상/증강현실의 동작인식을 위한 웨어러블 센서의 개발은 아직 갈 길이 많이 남아있기에 무궁무진한 가능성을 가지고 있다고 할 수 있다. 앞으로 가상/증강현실의 발전은 지속적으로 이어질 것이므로 이에 대응하는 실감나고 편리한 인터페이스의 개발에 성공한다면 앞으로 보다 치열해질 가상/증강현실 시장의 경쟁에서 앞서나가는 것을 넘어서, 예전 컴퓨터에 마우스가 등장 했던 것과 같은 파급력을 불러올 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국산업기술평가관리원(KEIT)의 국민편익 증진기술개발사업의 지원(재난 예방체험을 위한 VR과 4D 융합 체험 시스템 개발)으로 수행되었습니다.

참고 문헌

[1] Xsens : www.xsens.com
 [2] Virtuix : www.virtuix.com
 [3] Cyberith : www.cyberith.com
 [4] Cyberglovesystems : www.cyberglovesystems.com

[5] Kessler, G. Drew, Larry F. Hodges, and Neff Walker. "Evaluation of the CyberGlove as a whole-hand input device." *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)* 2.4 (1995): 263-283.
 [6] Thalmic Lab. : www.thalmic.com
 [7] Pranav Mistry and Pattie Maes. "SixthSense: a wearable gestural interface." *ACM SIGGRAPH ASIA 2009 Sketches*. ACM, 2009.
 [8] K-Glass : www.youtube.com/watch?v=JaYtYK9E7p0
 [9] Hong, Injoon, et al. "18.1 A 2.71 nJ/pixel 3D-stacked gaze-activated object-recognition system for low-power mobile HMD applications." *Solid-State Circuits Conference-(ISSCC), 2015 IEEE International*. IEEE, 2015.
 [10] Motion Ring : www.motionring.co.kr
 [11] Kim, J., Denis Gracanin, and Francis Quek. "Sensor-fusion walking-in-place interaction technique using mobile devices." *Virtual Reality Short Papers and Posters (VRW), 2012 IEEE*. IEEE, 2012.
 [12] Junker, Holger, et al. "Gesture spotting with body-worn inertial sensors to detect user activities." *Pattern Recognition* 41.6 (2008): 2010-2024.



차재광

- 2014년 2월 연세대학교 학사
- 2014년 3월 ~ 현재 연세대학교 통합 과정

〈관심분야〉
 Virtual Reality, Augmented Reality,
 Intelligent Vehicle



하규태

- 2015년 2월 연세대학교 학사
- 2015년 3월 ~ 현재 연세대학교 통합 과정

〈관심분야〉

Virtual Reality, Augmented Reality,
Intelligent Vehicle



이상호

- 2012년 4월 Digipen Institute of Tech. 학사
- 2012년 9월 ~ 현재 연세대학교 통합 과정

〈관심분야〉

Virtual Reality, Augmented Reality,
Software Engineering



김시호

- 1986년 연세대학교 학사
- 1988년 KAIST 석사
- 1995년 KAIST 박사
- 1988년 ~ 1996년 LG전자, LG반도체 중앙연구소
- 1997년 ~ 2011년 원광대학교, 충북대학교 교수
- 2000년 ~ 2001년 2월 벨기에 IMEC 초빙교수
- 2011년 3월 ~ 현재 연세대학교 교수
- 2013년 1월 ~ 현재 IEEE SSCS 서울 챕터 회장

〈관심분야〉

자동차 전장 시스템, VR/AR, Simulator