

# 멀티디스플레이와 ZA센서를 이용한 가상현실 체험관 구축 방법

## Construction of VR Experience Pavilion Using Multi-display and ZA Sensor

주재홍, 이현철, 김은석  
동신대학교 디지털콘텐츠학과

Joo Jae-Hong, Lee Hyeon-Cheol, Eun Seok Kim  
Dongshin Univ, Department of Digital Contents

### 요약

가상현실 체험관에서 디스플레이와 상호작용 인터페이스는 사용자의 몰입감을 증대시키기 위해 중요한 요소들이다. 3D 환경을 디스플레이하는 가상현실 체험관은 시야각 제약으로 단일시점 멀티디스플레이가 어렵고, 대형 디스플레이의 경우 체험관 구축에 많은 비용이 든다. 또한 몰입감 향상에 필수적인 사용자와 가상현실과의 상호작용은 디스플레이 영역에 제한되는 터치스크린이나 버튼방식이 대부분이다. 본 논문에서는 가상환경을 실시간으로 렌더링 할 수 있는 확장 가능한 멀티디스플레이 구축방법과 사용자의 자유로운 움직임을 보장하는 무선인터페이스인 ZA Sensor를 이용한 상호작용 방법을 제안한다. 제안방법을 이용하여 상대적으로 적은 비용으로 몰입감이 높은 가상현실 체험관을 구축할 수 있다.

■ 중심어 : | 가상현실 | 지그비 | 가속도 센서 | 상호작용 |  
가상현실 체험관 | 멀티디스플레이 |

### Abstract

The displays and the interactive interfaces are important factors to enhance immersion in the VR experience pavilion. In the VR experience pavilion displaying 3D Virtual environment, it is difficult to have multi-display with single viewpoint because of the field of view. Also it costs a lot to construct a large size display. The interaction device between user and VR environment necessary to immersion has used mainly the touchscreens with the restricted display area or the button-based input devices so far. In this paper, we suggest a method for constructing extensible multi-display which are showing VR environment in realtime and a method for interaction using a ZA Sensor which is wireless and guarantees the user's unrestricted movement. The proposed method can make a VR experience pavilion more immersive at less cost.

■ keyword : | Virtual Reality | Zigbee | Accelerometer  
Sensor | Interactive System | VR experience  
pavilion | multi-display |

## I. 서론

가상현실 기술은 지난 수 십 년 동안 많은 발전을 이룩하였다. 하드웨어의 발전으로 개인이나 특수목적으로 사용되던 가상현실이 게임, 방송, 교육, 문화콘텐츠 등의 대중적으로 널리 사용되어 친숙한 용어로 자리 잡아가고 있다. 기술이 발전됨에 따라 가상현실 기술을 사용하는 사례가 늘고 있으며 가상현실을 좀 더 실감나게 체험하기 위한 연구가 많이 진행되고 있다.

실감나는 체험형 가상현실을 위해서는 가상현실 콘텐츠도 중요하지만 가상환경과 사용자의 상호작용이 더욱 중요한 요소이다. 사용자로 하여금 몰입감과 체험감도를 증대시키기 위해서는 사용자의 자유로운 움직임과 행동이 보장되어야 한다. 그러나 대부분의 가상현실 시스템은 디스플레이 영역이나 상

호작용을 위한 사용자의 움직임이 제한적이다. 몰입감이 큰 일인칭 시점의 가상현실의 경우 HMD(Head Mounted Display)를 착용해야만 하는 인터페이스 제약이 따르고, 돔 형식의 가상현실 체험관은 많은 사람이 동시에 가상현실을 체험할 수 있는 장점이 있지만 많은 구축비용이 든다. 상호작용 부분에서는 일인칭 시점인 경우 특수 장갑(Data glove)과 특수 의복(Data suit)을 착용하여 몰입감이 증대되지만 많은 비용과 사용자의 움직임에 제약이 따르며, 대규모 가상현실 체험관의 경우 디스플레이 영역에 제한되는 터치스크린이나 버튼 방식이 대부분이다.

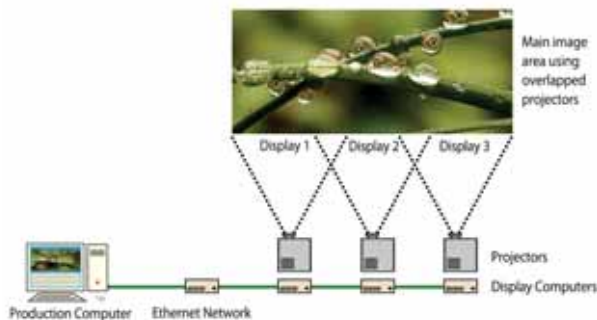
본 논문에서는 실시간 렌더링과 영역 확장이 가능한 멀티디스플레이 구축방법과 사용자의 자유로운 움직임을 보장하는 무선인터페이스인 ZA센서를 이용한 상호작용 방법을 제안한다.

## II. 관련 연구

가상현실에서 사용자와 시스템 간의 상호작용의 목표는 키보드나 마우스와 같은 일반적인 인터페이스에 그치지 않고 직관적이고 실제적인 사용자의 다양한 입력에 반응하는 것이다. 사용자의 몰입감을 증대시키기 위한 방법의 하나로 사용자의 움직임의 제약을 최소화 하는 무선인터페이스가 선호된다. 무선 인터페이스를 이용한 방법에는 블루투스, RFID, Zigbee 등이 있고, 레이저포인터(Laser pointer)의 프로젝션 스크린과 직접적인 상호작용을 하는 방법도 있다[2]. 이러한 방법들 중 지그비는 상대적으로 긴 통신거리와 위치추적이 가능하고 구현 또한 쉽다는 장점을 가지고 있어 다양한 응용에 활용되고 있다. 2005년 IEEE 802.15.4 표준을 따르는 지그비의 Vector Matching을 이용하여 위치를 인식 하는 방법이 제안되었고[3], 또한 지그비를 이용한 아파트 위치인식 시스템이 설계·구현되었다[4].

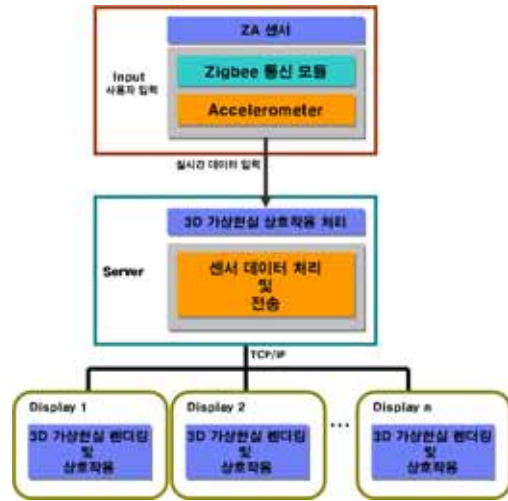
또한 사용자의 동작 추적을 위한 연구 역시 계속 진행되고 있다. Yee가 제안한 Peephole Display는 동작 추적을 이용하여 Pen Interaction 시 작업 공간이 모바일 기기의 화면 크기로 제한되는 것을 극복하였다[5]. Rekimoto 등이 기울임 센서를 이용한 동작추적에 관한 다양한 연구를 시행하였다[6]. Hwang은 3축 가속도 센서와 비전 알고리즘을 이용한 동작인식 알고리즘을 소개하였다[7]. 동작인식 알고리즘의 위치 추적 방법을 사용할 경우 Pitch, Roll, Yaw와 1D Translation의 4-자유도 움직임을 얻을 수 있다.

아이스텔에서는 스웨덴에서 개발된 다중 영상디스플레이를 위한 소프트웨어 방식의 Multi HD 디스플레이 소프트웨어 솔루션인 "WATCHOUT"을 선보였다[8]. WATCHOUT은 풀 디지털, 멀티스크린 디스플레이 솔루션으로 디지털 이미지와 동영상 등 다양한 멀티 이미지의 다중 디스플레이가 가능하며, 여러 영상들이 다양한 스크린 배치와 함께 이음새 없이 하나의 이미지로 통합되어 보여 진다.



▶▶ 그림 1. WATCHOUT 프로젝트 구성

## III. 제안 시스템의 구성



▶▶ 그림 2. 시스템 구성도

본 논문에서 제안하는 체험형 가상현실 시스템의 기본 구성은 그림 2와 같다. ZA센서가 부착된 인터페이스를 조작하면, 센서는 무선으로 가속도데이터를 가상현실 시스템 서버에 송신하고, 서버는 수신된 데이터 정보를 이용하여 가상환경과 매칭되는 상호작용 정보를 멀티디스플레이 시스템으로 보내준다.

### 3.1 ZA 센서

본 논문에서 제안하는 ZA센서는 기존의 연구[1]에서 개발한 ZA센서의 성능을 향상시킨 것으로서, 사용자의 움직임과 동작 데이터를 가상현실 시스템에 전송하기 위한 무선 인터페이스이다. ZA센서는 무선통신을 위한 지그비 모듈과 사용자의 동작인식을 위한 3축 가속도 센서(Accelerometer)로 구성하였으며, 시스템과 통신은 IEEE 802.15.4 프로토콜을 사용한다.

지그비는 대용량 데이터 전송에 목적은 둔 블루투스와 달리 저용량 데이터 전송과 저전력을 특징으로 하는 PAN 통신규격의 하나로서 세계적인 업체들이 Zigbee Alliance를 구성해 세계 표준으로 규격화하였다. 또한 유비쿼터스 컴퓨팅 시대에 맞춰 저비용 홈네트워킹 시스템에 많이 사용되고 있다. 사용 주파수 대역은 2.4GHz, 868MHz, 915MHz를 사용하며 우리나라에서는 ISM대역인 2.4GHz 대역을 사용한다. 현재 표준화가 진행되고 있는 IEEE 802.15.4a에서는 1m 정도의 위치추적이 가능하다.

가속도 센서는 가속도 데이터를 활용하여 자동차, 기차, 선박, 비행기, 공장자동화 및 로봇 제어시스템 등 다양한 분야에 사용되고 있다. 뿐만 아니라 최근 들어 게임, 핸드폰 등 모바일 분야로도 응용이 확대되고 있다. 일본의 닌텐도사는 3축 가속

도 센서를 사용하여 wii리모컨을 개발하고 게임에 활용해 차세대 무선 조이스틱이라는 호평을 받고 있으며, 아이폰과 삼성전자의 애니콜에서도 가속도 센서를 사용하여 핸드폰 조작과 게임 등에 적용하고 있다.

본 연구에서는 상대적으로 긴 통신거리와 저전력의 사용, 대략적인 위치추적이 가능한 지그비의 장점을 이용하였다. 특히 대규모 가상체험관의 경우 사용자의 행동반경은 물리적 공간에 따라 넓어지는데, 효과적인 상호작용을 위해서는 사용자의 위치추적이 필수적일 것이다. 지그비의 RSSI(Received Signal Strength Indication)를 이용하여 사용자의 대략적인 위치를 추적할 수 있다.

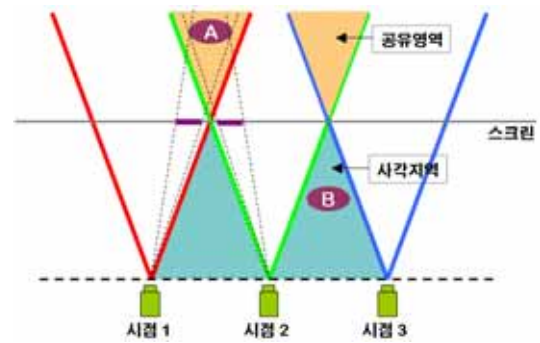
### 3.2 멀티디스플레이 시스템

대규모 가상현실 체험관을 구축할 때 디스플레이 시스템의 규모도 커지는데 하나의 대형 디스플레이를 사용할 경우 크기가 커질수록 많은 비용이 소요된다. 따라서 비용절감을 위해 멀티디스플레이 형태의 디스플레이 시스템을 사용하게 된다. 그러나 기존의 멀티디스플레이 시스템은 2D 이미지나 2D 영상을 분할하여 디스플레이하는 방식이거나 3D 콘텐츠일 경우 단일 렌더링 시스템에서 뷰를 분할하는 방식이기 때문에, 시야각 제약에 의해 여러 개의 디스플레이를 연결할 수 없다. 본 논문에서는 3D 환경을 멀티 렌더링 시스템으로 구성하고, 각 디스플레이에 시점을 두어 시야각 제약을 최소화한 멀티디스플레이 시스템을 구성하였다.

사용자가 가상현실을 보다 사실감 있게 체험하기 위해서는 가상환경을 3D로 구축해야 한다. 구축된 3D 객체들은 직교투영(Orthogonal projection)이나 원근투영(Perspective projection)을 거친 후 렌더링하여 2D 스크린에 보여진다. 직교투영은  $z$ 축을 생략한 카메라의 시선의 정육면체의 절두체를 통해 보이는 대상을 스크린에 나타낸다. 이는 원근감을 없으나 물체의 본래 크기를 그대로 보여주므로 카드 시스템에 많이 사용된다. 원근투영은 카메라의 시선방향을 기준으로 시야각으로 절두체를 생성하는데 투영 매트릭스에 의해 가까운 곳은 크게 먼 곳은 작게 보여 원근감을 느낄 수 있다.

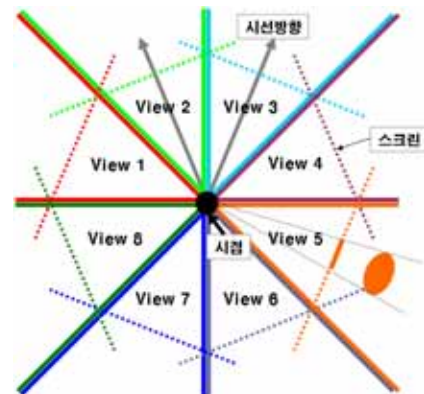
#### 3.2.1 원근투영 멀티디스플레이

원근투영은 투영매트릭스에 의해 원근감이 형성되는데, 디스플레이의 카메라 시점을 동일 직선상에 위치시키면 아래 그림 3과 같이 공유지역이 발생하여 시점1과 시점2의 공유지역에 객체(A)가 위치하면 중복되어 보이게 되는 문제점이 있다. 또한 물체가 시점과 가까이 있으면 사각지역(Dead angle)내에 놓일 수 있어 객체(B)의 일부만 보이거나 전체가 사라지는 현상이 발생한다.



▶▶ 그림 3 공유영역과 사각지역 발생

이와 같은 문제점으로 인해 디스플레이를 평행하게 구성할 수 없기 때문에 그림 4와 같이 공유지역과 사각지역을 최소화하는 실린더 형태로 구성해야 한다. 실린더 형태 디스플레이를 구성할 때에는 시야각의 크기에 따라 디스플레이 개수가 결정된다. 그림 4는 시야각( $Fovy$ ) =  $\pi/4$  즉,  $45^\circ$  이므로 최대 8개의 디스플레이로 멀티디스플레이 시스템을 구성할 수 있다.



▶▶ 그림 4 실린더 형태의 멀티디스플레이 구성

#### 3.2.2 근사-원근투영 멀티디스플레이

평면형 멀티디스플레이는 물리적 공간 구성이 쉽고, 대형 가상체험관 구축 시 비교적 비용이 적게 든다. 원근투영 방식을 이용한 멀티디스플레이 시스템은 공유영역과 사각지역 발생으로 평면형 멀티디스플레이 구성이 어렵다. 이런 문제를 해결하기 위해 공유영역과 사각지역을 생성하지 않으면서 상호작용 물체의 원근감을 보여줄 수 있는 근사-원근투영(Pseudo-perspective projection) 방법을 제안한다. 근사-원근투영 방법은 객체들을 시야각과 거리에 따라 원근투영을 근사할 수 있게 변형한 후 가상환경 전체를 직교투영 하는 방법이다.

원근투영을 근사하는 객체의 변형은 스케일(Scale)변환을 기본으로 하는데, 시야각에 따른 스케일 조정은 객체를 구성하는 정점  $P$ 와 시점  $E$ 와의 각도( $\theta$ )가 작을수록 scale factor가 1에 가까워지고, 각도가 클수록 줄어드는 방법으로 식(1)과 같이 설정할 수 있다.

$$\text{scale factor} = |V \cdot W| \quad (1)$$

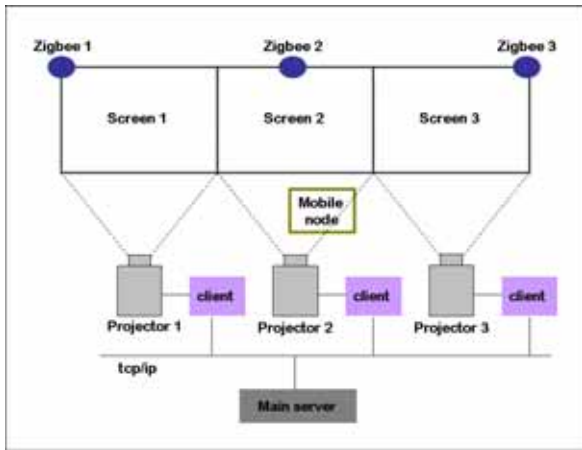
여기에서  $V = (P - E) / |P - E|$ 이고  $W$ 는 시선방향 단위 벡터이다.

거리에 따른 조정은 객체를 구성하는 정점  $P$ 와 시점  $E$ 에서 임계값(threshold)  $T$ 을 기준으로 scale factor가 설정되는데, 객체까지의 거리가 임계값 보다 크면  $\text{scale factor} < 1$ , 임계값과 같아지면  $\text{scale factor} \approx 1$ , 임계값 보다 작으면  $\text{scale factor} > 1$ 이 되도록 식(2)과 같이 설정할 수 있다.

$$\text{scale factor} = \frac{1}{\sqrt{|P - E|}} \cdot T \quad (2)$$

#### IV. 실험 결과

제안 방법이 적용된 프로젝터를 이용한 3개의 멀티디스플레이 클라이언트와 ZA센서의 RSSI와 가속도 데이터를 수신하기 위한 3개의 고정노드(지그비)로 구성된 가상현실 체험관 시스템을 구축하였다. 구축한 전체 시스템 구성은 그림 5와 같다.



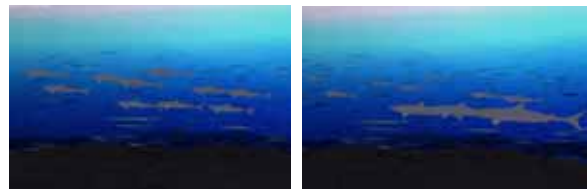
▶▶ 그림 5. 가상현실 체험관 시스템 구성도

가상환경은 심해를 배경으로 근사-원근투영 방식을 이용하여 멀티디스플레이 되며, 사용자의 움직임을 ZA센서가 감지하여 물고기의 움직임을 바꿔주는 상호작용을 실험하였다. 상호작용 방법은 ZA센서를 소지한 사용자가 움직이면 ZA센서 지그비의 RSSI를 이용해 사용자의 위치를 분석하고 ZA센서의 움직임으로 동작을 인식한다. 그림 6은 실험에 사용한 상호작용 인터페이스인 ZA센서와 고정노드 지그비이다.



▶▶ 그림 6. ZA센서와 고정노드

그림 7은 같은 크기의 10마리 물고기를 서로 다른 위치에 놓고 직교투영과 근사-원근투영의 적용한 결과를 보여준다.



▶▶ 그림 7. 근사-원근투영 적용 결과  
(좌 : 직교투영, 우 : 근사-원근투영)

그림 8은 근사-원근투영 방식으로 구현된 멀티디스플레이와 ZA센서와의 상호작용 실험결과를 보여준다. ZA센서의 위치와 동작에 따라 물고기가 이동하며, 원근투영의 문제점인 공유영역 및 사각지역이 발생하지 않고 인접한 디스플레이 경계에서의 왜곡현상도 보이지 않았다.



그림 8. ZA센서와 멀티디스플레이 시스템 상호작용

## V. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 무선인터페이스인 ZA 센서를 이용한 사용자의 능동적 상호작용 방법과 멀티디스플레이 방식의 3D 환경 구축 방법을 제안하였다.

터치스크린이나 버튼방식의 정적인 상호작용 인터페이스가 아닌 사용자의 위치와 동작을 인식해 능동적으로 상호작용할 수 있는 ZA 센서를 이용함으로써 사용자의 편의와 몰입감이 증대될 것이다.

단일시점이 아닌 다중시점의 사실감 있는 3D 환경을 구축하기 위해서는 기본적인 원근투영을 사용하는 경우 공유영역과 사각지역이 발생하는 문제가 있었다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 근사-원근투영 방식을 제안하였다. 또한 제안방법과 멀티디스플레이를 이용하여 가상체험관 시스템을 설계·구축함으로써 제안방법의 효용성 검증에 하였다.

향후 연구 방향은 좀 더 정밀한 위치추적을 위한 여러 가지 센서에 대한 연구와 사용자의 동작을 효율적으로 인식하기 위한 모션데이터베이스를 구축하여 다양한 가상환경에 적용시킬 예정이다.

### ■ 참고 문헌 ■

- [1] 주재홍, "지그비 센서를 활용한 가상현실 제어", 한국콘텐츠학회 춘계종합학술대회, 논문집 제5권 제2호(상), 2007.
- [2] C. Kirstein, H. Muller, "Interaction with a projection-screen using a camera-tracked laser pointer", Proceedings of The International Conference on Multi-media Modeling (MMM'98), IEEE Computer Society Press, 1998
- [3] 남윤석, "저속 WPAN에서 수신신호세기의 Vector Matching을 이용한 위치인식 방법", 한국데이터베이스학회, Journal of Information Technology Applications & Management 정보 기술과 데이터베이스 저널 제12권 제4호, 2005. 12, pp. 93-104
- [4] 소선섭, "Zigbee 태그기반 아파트 위치인식시스템 설계 및 구현", 대한전자공학회, 전자공학회논문지-TC 전자고향회논문지 제44권 10호, 2007. 10, pp. 13-19
- [5] K.-P. Yee, "Peephole Displays: Pen Interaction on Spatially Aware Handheld Computers," presented at CHI, 2003.
- [6] J. Rekimoto, "Tilting Operations for Small Screen Interface," presented at ACM Symposium on User Interface Software and Technology, 1996.
- [7] J. Hwang J. Jung and G. J. Kim, "Hand-held Virtual Reality: A Feasibility Study," presented at ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, 2006.
- [8] [http://www.watchout.co.kr/03\\_system/system\\_p\\_p1.php](http://www.watchout.co.kr/03_system/system_p_p1.php)