

지그비 센서를 활용한 가상현실 제어

Sensing and Control Virtual Environment Using Zigbee Sensor Technology

주재홍, 이현철, 허기택, 김은석
동신대학교 디지털콘텐츠학과

Joo Jae-Hong, Lee Hyeon-Cheol, Gi Taek Hur,
Eun Seok Kim

Dongshin Univ, Department of Digital Contents

요약

가상현실을 구축하는데 있어서 사용자 인터페이스는 몰입감을 증대시키기 위한 중요한 요소 중 하나이다. 하드웨어 성능의 향상으로 가상현실 시스템이 게임, 방송, 교육, 문화 콘텐츠 등에 대중적으로 널리 활용되면서, 사용자의 자유로운 움직임을 보장하면서 가상현실을 제어할 수 있는 무선 인터페이스에 대한 연구의 필요성이 증대되고 있다. 본 논문에서는 가상현실과 상호작용을 위해 지그비(Zigbee)와 가속도 센서(Accelerometer)로 구성된 ZA 센서를 개발하고, ZA 센서와 무선통신 모듈로 가상현실 시스템과 통신을 하면서 상호작용하는 가상현실 시스템의 구축 방안을 제안한다. 또한 센서의 움직임에 따른 가상환경 제어 응용을 구현함으로써 개발된 시스템의 활용방안을 제시한다.

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

Abstract

User interface is one of important factors to enhance one's presence in virtual reality systems. , Due to the performance improvement of hardware, the virtual reality system is extensively utilized in games, broadcastings, educations, cultural contents, and so on. And, it is enlarged the necessity for researches on mobile interface to control the virtual reality system guaranteeing user's unrestricted movement. In this paper, we present a mobile interface, ZA sensor which is constructed with a Zigbee module and a Accelerometer to control the virtual environment. And, we propose a method of constructing the virtual reality system using the ZA sensor as a input device and practical applications of the system.

■ Keyword : | Virtual Reality | Zigbee | Accelerometer Sensor | Interactive System |

I. 서론

1970년대를 기점으로 컴퓨터와 통신의 결합은 2000년대 유·무선 통합 서비스의 무한 경쟁 시대로 진입하였고, 많은 양의 정보를 신속하게 전송함으로써 인간의 능력은 시공을 초월하게 되어 끊임없는 가상의 세계(Cyber World)를 현실 가능한 것으로 바꾸고 있다.

오늘날 세계 모든 국가들의 최대관심사는 이러한 가상현실을 실현하기 위한 인프라로 정보통신망을 뛰어넘어 BcN이라는 광대역통신망을 통해 음성, 영상, 데이터 등 다양한, 그리고 광대역의 멀티미디어 정보를 실어 보내는 시대를 맞이하게 되었다.

가상현실(Virtual Reality) 기술은 지난 수 십 년 동안 많은 발전을 이룩하였으며, 소설, 영화, 게임 등의 대중매체를 통해 일반에 소개 되어 이미 친숙한 용어로 자리 잡아가고 있다. 기술이 발전됨에 따라 가상현실 기술을 사용하는 사례가 늘고 있으며, 머리에 안경과 같은 HMD(Head Mounted Display)

를 쓰고 손에 특수한 장갑(Data Glove)을 끼고 몸에 꼭 끼는 특수 옷(Data Suit)을 입으면 프로그램의 내용에 따라 다양한 게임을 즐길 수도 있다.

가상현실에 있어서 사용자 인터페이스는 몰입감을 증대시키기 위한 중요한 요소 중 하나이다. 사용자와 시스템간의 상호작용은 키보드, 마우스, 터치스크린에 그치지 않고 직관적이고 실제적인 사용자의 직접 입력에 반응하는 시스템이어야 한다. 이러한 기술은 컴퓨터 기술과 하드웨어 성능의 향상으로 게임, 방송, 교육, 문화 콘텐츠 등 대중적으로 널리 활용되고 있으나, 아직까지는 사용자와의 상호작용 측면에서 상당한 제약이 있는 수동적 콘텐츠 형태가 대부분이다. 이에 따라, 사용자가 쉽게 접근하여 콘텐츠를 제어하고 표현할 수 있는 상호작용 및 제어 방법에 대한 연구가 다수 이루어지고 있으며, 특히 사용자의 자유로운 움직임을 표현하는 무선 인터페이스에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 가상현실과 상호작용을 위한 무선 인터페이스인 ZA 센서를 개발하고, ZA 센서와 무선통신 모듈로 가상현

실 시스템과 통신을 하면서 상호작용하는 가상현실 시스템의 구축 방안을 제안한다. 또한 센서의 움직임에 따른 카메라 이동, 배 운전 시뮬레이션, 체험자가 물의 신이 되어 체험자의 제스처에 따라 파도를 생성하고 제어하는 가상환경 제어 응용을 구현함으로써 개발된 시스템의 활용방안을 제시한다.

II. 관련 연구

가상현실 기술의 상호작용은 실세계의 3차원적 정보 공간에 직관적인 인터페이스를 제공함으로써 사용자가 인위적으로 구성된 가상세계의 가상 객체 혹은 공간으로의 자연스러운 접근을 꾀하도록 한다. 이러한 방법에는 터치스크린 인터페이스, Tilting 인터페이스, Peephole 디스플레이 인터페이스, Tangible 인터페이스, HMD/(Data Glove)등 Data Suit 이용 기술, 모션 캡처를 활용한 기술 등으로 구분 할 수 있다.

ARTable은 사용자의 경험 정도에 따른 지도를 보여주고 테이블 위에 놓여있는 감각형 객체를 움직임으로써, 사용자 앞면에 설치된 대형 디스플레이에 표현되는 가상환경을 내비게이션 하는 방법을 제시하였다[1]. 터치스크린을 이용한 객체 제어 방법에서 Takeo는 사용자가 2차원 형상(Shape)을 움직이고 변형할 수 있는 쌍방향 시스템을 개발하였다[2]. 이 시스템은 수동으로 뼈대(Skeleton)나, FFD(Freeform Deformation) Domain을 만들 필요 없이 사용자가 2차원 그림이나 손으로 그린 것을 조절할 수 있는 쌍방향 형상 조정 시스템이다.

무선 인터페이스를 이용한 방법에는 블루투스, RFID, 지그비(Zigbee) 등이 있고, 레이저포인터(Laser Pointer)의 프로젝션 스크린에 맺히는 상을 비디오카메라를 사용하여 포착하고 이미지 프로세싱을 거쳐 비디오 프로젝션 스크린과 직접적인 상호작용을 하는 방법도 있다[3].

지그비는 2003년 IEEE 802.15.4 작업분과위원회에서 표준화된 PHY/MAC 층을 기반으로 상위 프로토콜 및 애플리케이션을 규격화한 것으로, 저전력, 저가격, 사용의 용이성을 자랑하는 무선 센서네트워크의 대표적 기술로 위치파악, 기능 강화, 이동성, 전송거리 확대 등을 목적으로 연구되고 있다.

III. 제안 시스템의 구성

본 논문에서 제안하는 가상현실 시스템의 기본 구성은 그림 1과 같다. 사용자가 ZA 센서가 부착된 인터페이스를 조작하면, 센서는 지그비 통신 모듈을 이용하여 무선으로 데이터를 송신하고, 가상현실 시스템에서는 수신된 데이터 정보를 이용하여 3D 객체와의 상호작용 결과를 렌더링하여 사용자에게 보여준다.



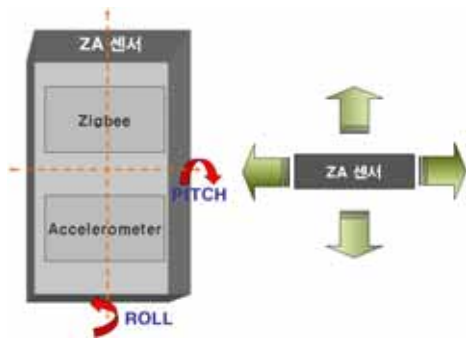
▶▶ 그림 1. 시스템 구성도

3.1 ZA 센서

ZA 센서는 사용자의 움직임을 입력 데이터로 변환하여 가상현실 시스템에 전송하기 위한 무선 사용자 인터페이스로서, ZA 센서와 컴퓨터간의 통신은 지그비(Zigbee) 프로토콜을 이용한다. ZA 센서는 통신을 위한 지그비 모듈과 사용자 입력을 위한 가속도 센서(Accelerometer Sensor)로 이루어져 있으며, 지그비 모듈과 가속도 센서간의 통신은 TTL 레벨의 RS-232C 방식을 사용한다.

본 연구에서 지그비 통신 모듈을 사용한 이유는 다른 통신 모듈 보다 긴 통신거리와 저전력을 사용하기 때문에 추후 응용 확장이 용이하기 때문이다. 최대 통신 유효거리는 오픈 스페이스에서 1Km인데 95%의 통신 신뢰도로 800m까지 확인하였다. 지그비 모듈과 가속도 센서의 통신 속도는 9600bps로 초당 10회의 데이터 통신을 수행한다. 현재는 가속도 센서의 데이터만 송신하고 있어 데이터의 길이가 짧지만, 추후 지그비 모듈을 이용해 위치추적 기능을 추가하면 통신 속도를 향상시킬 계획이다.

가속도 센서는 가속도 데이터와 기울기 데이터를 활용하여 자동차, 기차, 선박, 비행기, 공장자동화 및 로봇 등의 제어시스템 등 다양한 응용 분야에 사용되고 있다. 산업자동화 뿐 아니라 게임, 핸드폰 등 모바일 분야로도 응용이 확대되고 있다. 일본의 닌텐도사는 3차원 가속도 센서를 사용한 무선 조이스틱을 개발하여 wii 게임에 활용하였고, 삼성전자 애니콜에서는 1축 센서를 사용하여 비트박스 폰에 적용하였다.



▶▶ 그림 2. ZA 센서의 회전 및 가속도 진행 방향

ZA 센서의 구성 요소인 가속도 센서는 14bit ADC 출력으로 Vref(Reference Voltage)는 2.5V이다. 가속도 센서가 움직일 때 출력되는 AD값은 식 1을 이용하여 실제 가속도 값으로 변환시킬 수 있다. ADXL203은 ±1g의 값을 측정하는데 0g일 때 출력은 1.5V이고 ±1g가 변할 때마다 ±560mV/g의 값이 변화한다.

$$V = AD/2^{14} * 2.5$$

$$A_x(g) = (V_x - 1.5)/0.56$$

$$A_y(g) = (V_y - 1.5)/0.56$$

A_x 는 x축의 가속도 값, A_y 는 y축의 가속도 값을 나타내며, g 는 센서가 허용하는 단위 중력 값이다.

가속도 센서에서 출력되는 AD값의 각 축에 대한 가속도 값은 가상현실 시스템에서의 입력 데이터로 사용하기 위해 해당 축의 회전 값으로 변환해야 한다. 가속도 센서는 식 2를 통해 중력의 수직 상태를 기준으로 -1g에서 +1g의 중력 값에 대한 각 축의 가속도 데이터를 출력한다. 획득된 가속도 데이터는 다음 식3과 같이 arcsin에 의해 회전 값인 pitch(상하)와 roll(좌우)로 변환할 수 있다.

$$PITCH = asin(A_x/g) \tag{1}$$

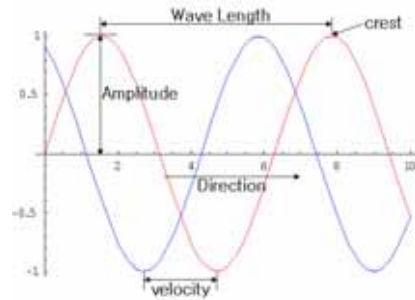
$$ROLL = asin(A_y/g)$$

3.2 가상환경 구축

ZA 센서를 이용하기 위한 가상현실 시스템으로 파도가 이는 바다를 시뮬레이션하는 3D 환경을 구축하였다. 3D 해상 환경의 파도 생성은 Gerstner wave 모델을 이용하였고, 파도의 지역적 제어를 위해 영역 필터를 이용한 샘플링 방법을 적용하였다.

Gerstner wave는 바다를 표현하는 메쉬(Mesh) 표면의 개개의 정점(Vertex)의 위치를 시간에 따라 계산함으로써 파동을 표현한다. Gerstner wave의 기본 파라미터는 아래 그림 5

와 같다.



▶▶ 그림 3. Gerstner wave 함수의 파라미터

- Wave Length (l) : Crest와 Crest 사이의 거리 Wave Length는 주파수 ω 에 영향을 준다.
- Amplitude (A) : 파도의 높이
- Speed (S) : 파도가 이동하는 속도
- Direction (D) : 파도가 이동하는 방향 vector

파도 표면의 메쉬 포인트(Mesh Point)를 $\mathbf{x}_0 = (x_0, z_0)$ 로 정의하고 그 포인트의 높이를 y_0 로 정의할 때 시간 t 와 진폭 A 에 따른 메쉬 포인트의 위치는 다음과 같다.

$$\mathbf{x} = \mathbf{x}_0 - (D/k)A \sin(D \cdot \mathbf{x}_0 - \omega t)$$

$$y = A \cos(D \cdot \mathbf{x}_0 - \omega t). \tag{2}$$

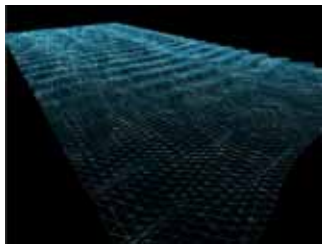
Gerstner wave 함수를 사용하면 간단하게 파도를 생성할 수 있지만 형태의 단순성으로 인해 사실적이지 않다. 또한 진폭이 제한되기 때문에 다양한 형태의 파도는 표현하기 어렵다는 문제점이 있다.[5]

이를 보완하기 위하여 서로 다른 파라미터를 갖는 여러 개의 Gerstner wave를 합성함으로써 좀 더 사실적인 파도를 만들 수 있다.

$$\mathbf{x} = \mathbf{x}_0 - \sum_{i=1}^N (D_i/k_i) A_i \sin((D_i \cdot \mathbf{x}_0)\omega_i - t + \phi_i)$$

$$y = \sum_{i=1}^N A_i \cos((D_i \cdot \mathbf{x}_0)\omega_i - t + \phi_i). \tag{3}$$

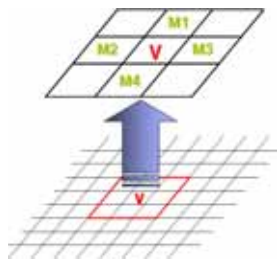
이때, ω_i 는 i 번째 wave의 주파수(frequency)를, ϕ_i 는 위상정수(Phase constant)값을 나타낸다.



▶▶ 그림 4. 4개의 Gerstner wave의 합으로 만들어진 파도

Gerstner Wave는 알고리즘에 의해 메쉬 전체의 정점 위치가 결정되어, 일부 지역의 파도만을 제어하기 어렵다. 따라서 파도의 지역적 제어를 위해 영역 필터를 이용한 샘플링 방법 적용하였다.

샘플링을 이용한 방법은 영상처리의 평균값 필터링(mean filtering) 알고리즘과 유사하다. 영역 필터인 마스크를 생성하고 마스크 내의 높이 값들의 합에 가중치 평균을 구해서 해당 위치의 메쉬 정점에 적용한다. 구현 알고리즘은 다음과 같다.



▶▶ 그림 5. 영역 필터 마스크

시간 t 에서 정점 위치 $V(t)$ 의 높이 값은 주변 정점들의 높이 값 $M1, M2, M3, M4$ 의 가중치 평균과 시간 $t-1$ 의 위치 $V(t-1)$ 에서의 높이 값의 차로 계산된다.

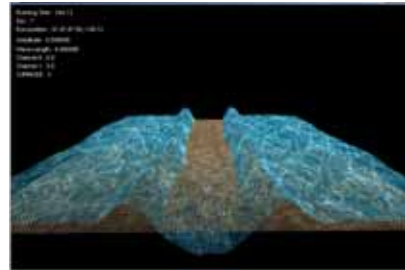
$$V(t) = (M1 + M2 + M3 + M4)/2 - V(t-1) \quad (4)$$

ZA 센서 인터페이스를 가상 해상 환경을 제어하는 응용 생성을 위해 2가지 형태의 물결 생성 방법은 적용하였다. 첫 번째는 xz평면 상의 z축을 중심으로 식7과 같이 sin함수를 이용한 긴 원통형 파도를 생성하였다(그림 6).

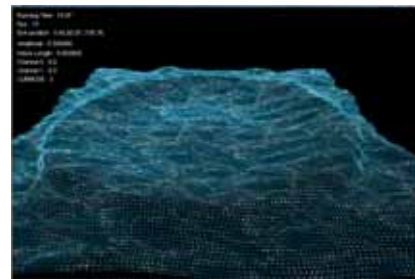
$$H = A \sin(z_i * \pi / r) \quad (5)$$

H 는 해당 정점의 높이 값, A 는 파도의 높이, r 은 생성될 원통의 반지름의 크기를 나타낸다. 이 원통형 파도는 진도의 바닷길처럼 ZA 센서의 액션을 통해 파도를 가르는 효과를 표현할 수 있다. 두 번째는 물방울이 떨어질 때 생성되는 원형의 파장 형태로 정점을 중심으로 영역필터 마스크를 이용하여 생

성하였다(그림 7). 영역필터를 이용한 샘플링을 이용한 방법은 호수의 파장과 같이 지역적인 상호작용을 표현하는데 적합하다.



▶▶ 그림 6. z축의 기준으로 생성된 원통형 파도($r:10.0, A:5.0$)



▶▶ 그림 7. 원형 마스크의 샘플링으로 생성된 물결($r:10.0, W:2.0$)

IV. 실험 결과

그림 8은 ZA 센서를 구현한 것으로서, 지그비 통신 모듈로는 MaxStream 사의 XBee pro를 사용하였고, 가속도 센서로는 Analog Devcies 사의 ADXL203CE 2축 가속도 센서를 사용하였다.

제작된 ZA 센서의 가상현실 시스템 인터페이스 활용 방안을 제시를 위해, ZA 센서의 움직임에 따른 카메라 뷰 이동, ZA 센서의 움직임에 따른 보트 운전, 그리고 파도 생성 및 제어의 세 가지의 응용 모드를 구현하였다. 그림9는 구현된 응용 모드의 시연 장면이다.



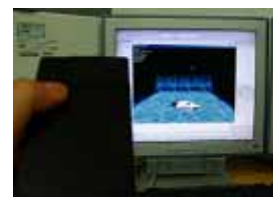
▶▶ 그림 8. ZA센서



▶▶ 그림 9. 카메라 뷰이동



▶▶ 그림 10. 보트 운전



▶▶ 그림 11. 높은 파도 생성

ZA센서의 X, Y축의 회전 값에 따라 보트를 운전하거나 파도를 생성할 수 있다. 가속도 센서는 중력의 영향을 받기 때문에 한 축을 움직인다 하더라도 다른 축이 약간의 영향을 받아 노이즈 값이 생성될 수 있다. 이러한 문제점은 수신된 데이터 값의 정규화를 통해 보완할 수 있는데, 본 연구에서는 데드존과 간단한 정규화과정을 거쳐 데이터를 처리하였으며, 좀 더 정확하고 정밀한 데이터를 얻기 위해서는 견고한 정규화 알고리즘을 개발해야 할 것이다.

V. 결론 및 향후 계획

본 연구에서는 가속도 센서를 이용한 가상현실 제어 인터페이스로 무선 ZA센서를 개발하고, 이를 활용한 가상현실 시스템 제어 방법을 제안하였다. 특히, ZA센서를 활용하여 실시간으로 파도를 제어할 수 있는 방법을 제시함으로써 다양한 가상 해양 환경 제작에 응용할 수 있도록 하였다. 제안 방법은 무선 인터페이스를 이용하여 가상현실을 제어할 수 있도록 해 줌으로써 자유로이 이동하며 체험할 수 있어야 하는 가상 체험관 구축에 활용성이 높고, 가상현실 시스템의 몰입성을 더욱 높여줄 수 있을 것으로 기대된다.

향후 본 연구에서 개발한 ZA센서의 견고하고 다양한 컨트롤 기능과 가상현실 시스템의 효율성 및 표현의 사실성을 개선하기 위한 응용 분야 및 관련 시나리오를 개발·적용하고, 3축을 지원하는 가속도 센서를 포함하는 ZA 센서를 개발함으로써 좀 더 자연스러운 모션 데이터를 수집할 수 있도록 할 예정이다. 또한 지그비를 이용한 위치 추적 알고리즘을 개발하여 체험자의 이동과 제스처에 따른 지능형 가상체험 시스템을 구축할 수 있도록 하고자 한다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] Y.Park, W.Woo "The ARTable: A AR-based Tangible User Interface System," Edutainment, vol.3942, pp. 1198-1207, 2006.
- [2] Takeo Igarashi, Tomer Moscovich, John F. Hughes, "s-Rigid-As-Possible Shape Manipulation", ACM SIGGRAPH 2005.
- [3] C. KIRSTEIN, H. MULLER, "Interaction with a projection screen using a camera-tracked laser pointer", Proceedings of The International Conference on Multimedia Modeling (MMM'98), IEEE Computer Society Press, 1998
- [4] Fournier, A., and Reeves, W. T. A simple model of ocean waves. In Computer Graphics(Siggraph '86 Proceeding), D. C. Evans and R. J. Athay, Eds., vol. 20, pp. 75-84, 1986.
- [5] 주재홍, 다양한 환경 요인을 고려한 파도 시뮬레이션, 한국콘텐츠학회 춘계종합학술대회, vol.5 no.1, pp.126, 2007.