

몰입형 가상교육을 위한 멀티모달 인터페이스 제어모듈

Multimodal Interface Control Module for Immersive Virtual Education

이 재 협*, 임 성 민**

Jaehyub Lee*, SungMin Im**

요 약

본 연구에서는 학습자가 가상공간 내에서 교육 콘텐츠를 자연스럽게 조작할 수 있는 멀티모달 인터페이스 제어 모듈을 제시한다. 제안하는 모듈은 사용자가 가상공간과 인터랙션을 할 때 사용자의 모션을 인식하고 인식된 정보를 무선통신을 통하여 가상공간으로 전달한다. 제안하는 입력장치는 햅틱 액츄에이터를 탑재하고 있어 교육 콘텐츠와 사용자의 인터랙션에 따른 햅틱 감각을 생성하여 사용자가 교육용 콘텐츠들을 쉽게 조작할 수 있게 해 준다.

Key Words : Virtual Environment, Multi-modal Interaction, Motion Feedback, Virtual Educational Contents

ABSTRACT

This paper suggests a multimodal interface control module which allows a student to naturally interact with educational contents in virtual environment. The suggested module recognizes a user's motion when he/she interacts with virtual environment and then conveys the user's motion to the virtual environment via wireless communication. Furthermore, a haptic actuator is incorporated into the proposed module in order to create haptic information. Due to the proposed module, a user can haptically sense the virtual object as if the virtual object is exists in real world.

* 한국기술교육대학교 컴퓨터공학부, ** 숙명여자대학교 교육학과(sungminim@naver.com)

제1저자 (First Author) : 이재협(jae@kut.ac.kr)

교신저자 : 임성민(sungminim@naver.com)

접수일자 : 2013년 5월 28일

수정일자 : 2013년 6월 12일

확정일자 : 2013년 6월 20일

1. 서론

컴퓨터 그래픽스 기술의 발전과 더불어 3D를 기반으로 한 많은 교육시스템들이 개발되고 활용되고 있다 [1,2,3,4]. 이와 같은 시스템들은 사용자들에게 직관적으로 이해를 돕는 등 많은 장점들을 가지고 있지만 아직도 실제 현장에서 사용되기 위해서는 몇 가지 보완해야 할 문제들을 가지고 있다. 그중에서 가장 큰 문제는 대부분의 시스템들이 사용자들에게 충분히 몰입감이나 입장감을 전달하지 못하고 있다는 것이다.

이러한 단점들을 극복하기 위해 사용자가 실제 환경에서 보고 듣고 느끼는 것을 그대로 모사해 주는 가상현실 시스템들이 개발되었다. 가상현실 시스템이란 컴퓨터로 제어되는 가상 공간에서 현실 세계의 사용자가 인터페이스 시스템을 이용하여 상호 작용함으로써, 마치 현실 상황에서 느낀 것과 같은 체험을 전달하는 장치를 의미한다. 그러므로 몰입형/체험형 교육을 위하여 가상현실 기반의 몰입형/체험형 훈련시스템이 필요하다. 이를 통하여 사용자들은 현실에서 체험하기 어렵거나 불가능한 체험들도 가상 공간에서 체험할 수 있으며 교육 콘텐츠나 교육 장비들을 어떻게 조작하는지에 대한 방법도 쉽고 직관적으로 익힐 수 있다.

초기의 가상현실기술은 2D 모니터나 제한된 크기의 스크린에서 대상물체를 표현하는데 초점을 맞추었다. 그러나 시각효과를 극대화 하여 사용자에게 몰입감을 전달해 주기 위해 고해상도의 시각정보를 전달해 주며 사용자의 시야각을 모두 채워줄 수 있는 타일드 디스플레이나 케이브(CAVE) 시스템들이 개발되기 시작하였다. 이와 같은 장비들을 교육환경에 적용함으로써 사용자들이 더욱 사실적으로 학습할 수 있다.

그러나 사용자가 대상물체를 더욱 자세히 파악하고자 할 때는 사용자의 의도에 따라서 가상의 물체를 조작할 필요가 있다. 사용자의 명령을 가상환경으로 전달하기 위하여 마우스나 키보드 등이 주로 사용되고 있으나 사용자의 자연스러운 모션을 기반으로 하고 있지 않아서 직관적으로 조작하는 것이 힘들다는 단점을 가지고 있다. 그러므로 사용자의 모션을 기반으로 직관적인 조작이 가능한 입력장치가 필요하다. Sugaman 과 Eichler 는 사용자의 모션을 기반으로 한 모션 센싱 시스템을 개발하였고 [5], 마이크로 소프트사 (키넥트)와 닌텐도 (WII)도 사용자의 모션을 인식하고 가상환경 (게임환경)으로 전달하는

시스템들을 개발하였다[6,7]. 그러나 이와 같은 시스템들은 사용자의 명령 입력에 따른 반응이 존재하지 않거나 매우 미약하여 몰입형 교육환경에는 적합하지 못하다는 단점을 갖고 있다.

체감 정보는 인간이 표현하고 인지할 수 있는 자연스러운 방법이며 특히 시, 청, 촉각은 가장 직관적이고 편리한 방법이다. 또한 촉각은 기억의 회상과 연관성이 매우 높을 뿐 아니라 감각과 기억의 회상을 불러일으킬 수 있는 단서가 될 수 있다. 그러므로 체감 상호작용 환경에서 인간과 가상교육 콘텐츠가 자연스럽게 상호 작용하기 위해서는 자연스러운 상호작용을 위한 소형 체감 장치의 개발이 필수적이며 이들은 경량화 되고 가상환경을 제어하는 서버와 무선으로 통신할 수 있는 모듈이 꼭 필요하다. 그러므로 본 연구에서는 무선통신 기능을 갖는 체감 인터페이스용 소형 제어 모듈을 개발하여 가상 교육시스템에 적용한다.

II. 시스템 구성

그림 1은 제안하는 멀티모달 인터페이스 제어모듈의 블록다이어그램을 보여주고 있다. 블록 다이어그램에서 파란색 블록은 전원부에 해당하며, 보라색 블록은 IC 부분, 노란색 부분은 외부 인터페이스에 할당된 커넥터에 해당한다. 전원은 3.6V 2200mAh 용량을 가지는 리튬 이온 2차 전지를 사용하여 휴대가 가능하도록 구성하였으며, 외부에서 2핀 커넥터를 통해 충전이 가능하다. 3.6V 전원은 내부 스탭 업 컨버터에 의해 5V, 최대 1.5A의 전원을 생성하여 멀티모달 인터페이스 장치에 공급한다.

멀티모달 인터페이스 제어모듈 내에서는 5V는 사용하지 않으며, 다시 LDO를 통해 3.3V로 낮춰 MCU, 블루투스에 전원을 공급한다. MCU는 7.3728MHz로 동작하며, 내장된 블루투스 모듈과는 UART를 통해 통신한다. MCU 내부에는 플래시 메모리 128KB와 SRAM 4KB를 내장하고 있으며, JTAG 디버그 기능을 내장하고 있어 내부 플래시 프로그래밍이 가능하다. 외부 장치와 인터페이스를 위해 하프 피치(1.27mm) 간격의 20 핀 커넥터와 추가 기능 확장을 위해 AD, DIO, PWM 등 부가 기능을 확장할 수 있도록 하였다. 추가로 진동 모터 제어를 위한 모터 앰프를 내장하여 손쉽게 모터를 제어 보드 내에서 제어할 수 있도록 하였다.

멀티모달 인터페이스 제어모듈은 소형화를 위해 두께 0.6mm의 4층 PCB로 제작되었다. 입력전압은

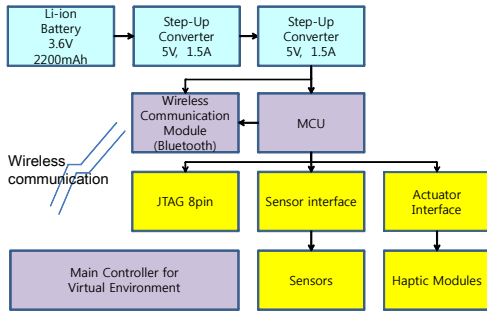


그림 1. 시스템 개념도
Fig. 1. Block diagram for the proposed system

5.5V에서 최대 9V까지 가능하며 출력은 5V와 최대 800mA를 갖는 신호가 출력되도록 하였다. 동작온도와 소비전류는 각각 0°C ~ 85°C, 30mA이며 2 채널의 PWM과 22채널의 디지털 입출력이 가능하도록 하였다. 그림 2는 개발된 멀티모달 인터페이스 제어 모듈의 실물을 보여주고 있다.

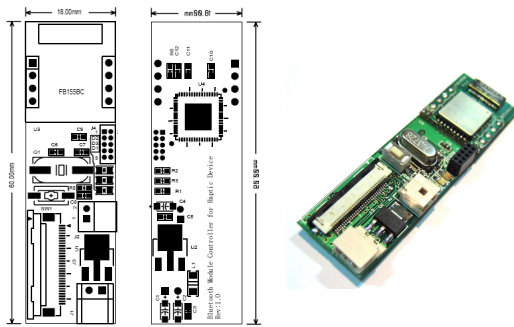


그림 2. 멀티모달 인터페이스 제어 모듈
Fig. 2. The proposed multimodal interface control module

III. 몰입형 가상교육 플랫폼

본 장에서는 이전 연구에서 개발한 몰입형 가상현실 플랫폼을 간단히 소개하고 이를 기반으로 한 인터랙션 시스템에 대하여 설명한다.

이전에 개발한 몰입형 가상현실 플랫폼은 여러 명의 학습자를 대상으로 가상세계를 표현하여 교육을 효과적으로 수행할 수 있도록 실린더 스크린의 장점을 살리면서 곡면의 단점을 제거하기 위해 실린더 스크린과 케이브 스크린의 중간 형태인 스크린의 양쪽 끝이 일정 각도를 가지고 꺾여있는 굴곡 스크린 형태를 제안하였다 [8].

굴곡 스크린의 각 부분은 8개로 분할하였으며 분할된 면들은 8대의 프로젝터를 통해 영상을 생성하였다. 사용한 프로젝트는 일반 시중에서 쉽게 구매

가능한 저가의 XGA(1024 x 768)급 2000ANSI 밝기 값을 가지는 DLP 프로젝터를 사용하였고, PC는 듀얼 코어 ADM Opteron 프로세서가 장착된 PC를 한 대 사용하였다. 그래픽 카드는 nVidia사의 FX5500을 두 장 장착하였고, 한 개의 그래픽 카드에 두 개의 출력 포트가 있어 시스템에는 총 네 개의 그래픽 출력 포트가 존재한다. 한 포트가 출력하는 영상의 해상도는 2048 x 768을 출력하며, 각 포트에는 영상 분배기가 연결되어 한 대의 분배기에 두 대의 프로젝터가 연결된다. 그러므로 PC에서는 하나의 큰 영상을 생성하고 이를 8개의 작은 이미지로 나눈 후 각각 8대의 프로젝터를 통하여 작은 영상들을 생성하고 이를 다시 하나의 큰 이미지로 제공한다(그림 3). 그림 3은 구축된 스크린 및 프로젝터들의 배치를 보여주고 있다.

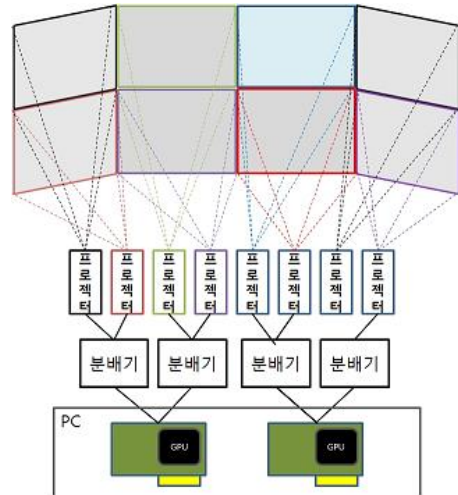


그림 3. 몰입형 가상교육 플랫폼 개념도 및 실제 구현된 모습 [8]
Fig. 3 The structure of the developed virtual education platform and its constructed system

IV. 실시간 시각화 및 멀티모달 인터페이스 제어모듈의 활용

(1) 실시간 시각화

본 연구에서는 몰입형 교육을 위해 동영상 기반뿐 아니라 모든 객체들을 실시간으로 loading 하고 이들의 정보를 이용하여 시각화를 수행하였으며 멀티모달 인터페이스 제어 모듈을 이용하여 교육 플랫폼을 개발하였다. 3장에서 언급한 것과 같이 렌더링 속도를 높이기 위하여 메쉬 단순화 알고리즘을 사용하여 3D 메쉬 모델의 꼭지점 개수를 줄였다. 메쉬 간략화를 수행하기 위해 예지축약 우선순위를 결정하고, 예지축약 이후 새로운 정점의 위치를 선정하였다. [9] 그림 4는 메쉬의 간략화 전과 후의 영상을 보여주고 있다. 그림에서 보듯이 메쉬 간략화 전과 후의 모습의 차이가 거의 없음을 볼수 있다.

$$F_c = \lambda F_{vol} d(v) + (1-\lambda)L(e)^2 F_{boun} \quad --(1)$$

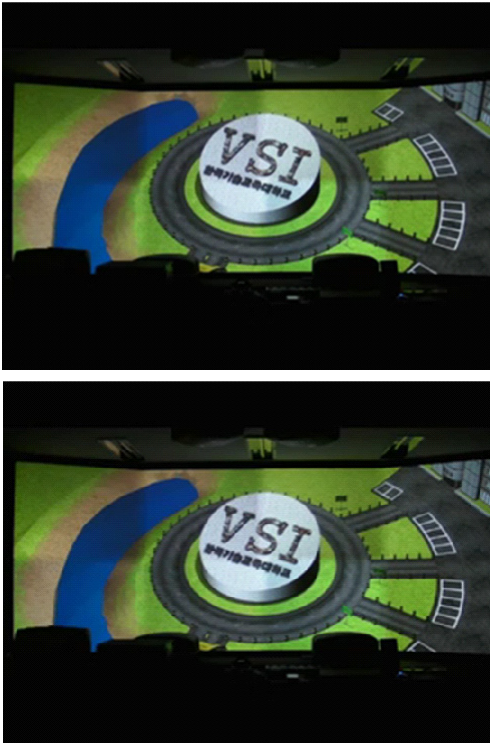


그림 4. 메쉬 간략화 전 (상) 메쉬 간략화 후 (하)
Fig. 4. Before mesh simplification and after

(2) 멀티모달 인터페이스 제어 모듈의 활용

인터랙티브한 몰입형 가상 교육을 위해서는 사용

자의 자연스러운 움직임으로 가상환경에 존재하는 교육용 콘텐츠를 쉽게 조작할 수 있어야 한다. 그러므로 멀티모달 인터페이스 제어 모듈을 이용하여 사용자의 움직임을 파악하여 가상공간으로 전달하였다.

일반적으로 디지털 카메라나 CCTV용 카메라는 인간의 눈의 감도와는 다른 감도를 가지고 있어 카메라의 영상에서는 동일한 색상으로 보이나 실제 육안으로는 차이가 존재한다. 그러므로 본 연구에서는 멀티모달 인터페이스 제어 모듈에 LX1971 이라는 인간의 눈과 감도와 가능한 유사하게 만든 photo detector를 이용하여 무선으로 사용자의 움직임을 파악하였다.

몰입형 교육을 위해 강의자가 멀티모달 인터페이스를 잡고 움직이면 움직임의 궤적을 파악하여 PC로 전달한다. 움직임에 대한 신호는 PC에 존재하는 신호 해석기로 전달되며 사용자의 명령에 따라 가상의 물체가 보여지며 회전/이동한다. 이와 같은 렌더링 된 이미지들은 영상분배기와 프로젝터들을 통해 스크린으로 투사된다. 그러므로 사용자는 가상의 물체를 실제 움직이는 것과 같은 경험을 할 수 있다. 그림 5는 강의자가 교육 콘텐츠를 강의하는 모션 입력에 따라서 확대, 축소, 회전하는 예를 보여주고 있다. 멀티모달 인터페이스 (그림 5(a))에 있는 가상 콘텐츠를 강의자의 팔 동작을 인식하여 회전 (그림 5(b)), 축소 (그림 5(c)), 확대 (그림 5(d)), 임의의 축으로의 회전 (그림 5(e), (f)) 등이 모두 가능하다.

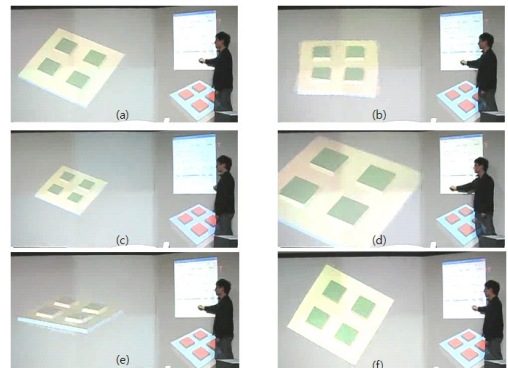


그림 5. 회전, 확대, 축소된 콘텐츠들
Fig. 5. Rotated, magnified and reduced contents

본 연구에서는 동영상 콘텐츠를 화면상에 출력하기 위하여 avi 파일을 이용하였다. Avi 파일을 이용할 경우 영상의 렌더링에 소요되는 시간을 고려하지 않아도 되기 때문에 복잡하거나 정교한 영상을 출력할 때 적합하다. 동영상 파일을 디코딩하기 위하여

일반적으로 비디오 포 윈도우(vfw)를 사용하거나 다이렉트 쇼(Direct Show)를 이용한다. 다이렉트 쇼의 경우 지원하는 디코더도 많고 좀 더 최신 기술이지만 다이렉트 쇼 자체가 영상을 화면에 출력하기 위한 라이브러리가기 때문에 동영상 디코딩해 화면에 출력시키기는 쉽지만, 디코딩된 데이터를 중간에 얻어 처리하기는 쉽지 않다. 반면 비디오 포 윈도우는 다른 여러 가지 단점에도 불구하고 디코딩된 데이터를 얻어오기가 쉽게 되어 있기 때문에 본 연구에서는 비디오 포 윈도우를 이용하여 디코딩 하였으며 동영상 인코딩에는 cinepak 코덱을 이용하였다.

실시간 처리를 위하여 동영상의 디코딩은 별도의 스레드를 만들어 처리하였으며 다른 스레드에서는 디코딩된 영상을 텍스처 버퍼로 복사 하게 하였다. 디코딩은 30frame/s으로 수행되었으며, 영상 출력은 40frame/s의 성능을 보인다.

현재 CAVE 나 멀티채널 디스플레이와 같은 대화면(Big screen) 에서 기존의 시스템을 위한 사용자의 입력방법은 주로 공간마우스 등을 통하여 이루어지고 있어 인간과 가상교육 콘텐츠와의 인터랙션에서 몰입요소가 현격히 떨어지고 있다. 그러나 제안하는 장치는 인간과 가상교육 콘텐츠와 자연스러운 상호작용 (Natural Interaction)을 가능하게 하여 강의자로 하여금 좀더 쉽고 직관적으로 가상 교육 콘텐츠를 조작하여 피 교육자에게 효과적인 강의가 가능하다.

V. 결론

가상현실 시스템 구축을 위해 중요한 3대 요소는 입장감, 자율성, 대화성이다. 이 중에서 가장 중요한 것은 가상환경에 실제로 사용자가 있는 것과 같은 느낌, 즉 입장감의 제공이다. 기존의 연구에서는 입장감을 제공하기 위한 플랫폼을 구축하였으며 본 연구에서는 구현된 가상현실 세계와 자연스럽게 인터랙션 할 수 있는 입장감 및 대화성을 증가시키기 위하여 사용자의 자연스러운 동작을 모션 센서를 통하여 읽고 이를 기반으로 햅틱 감각을 생성하여 사용자에게 전달해 주는 멀티모달 인터페이스 제어 모듈을 구축하였고 이를 이용하여 가상환경에 적용하였다.

사 사 (Acknowledgement)

본 연구는 한국기술교육대학교 교무팀의 교수 교

육연구진흥사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] M Hereld, I. R Judson and R. L. Stevens, "Introduction to Building Projection-based Tiled Displays," IEEE Visualization 1999, pp.215-224, San Francisco, CA, Oct, 1999
- [2] R. Yang, D. Gotz, J. Hensley, H. Towles, and M. Brown, "PixelFlex: A Reconfigurable Multi-Projector Display System," IEEE Visualization 2001, San Diego California, Oct. 2001
- [3] Y. Chen, H. Chen, D. Clark, Z. Liu, G. Wallace, and K. Li, "Software Environments for Cluster-based Display Systems," IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid, pp.202-210, Brisbane, Australia, 2001
- [4] M Hereld, I. R Judson, and R. L. Stevens, "Introduction to Building Projection-based Tiled Display Systems", IEEE Computer Graphics and Applications, vol 20(4), pp 22-28, 2000.
- [5] H Sugaman, and A. Weisel Eichler, "Use of the Wii Fit system for the treatment of balance problems in the elderly : A feasibility study", Virtual Rehabilitation International Conference, pp.111-116, 2009.
- [6] Microsoft, ESPN Winter X Games, Website, <http://www.microsoft.com>, 2010
- [7] Nintendo, Wii Remote, Website, <http://www.nintendo.com>, 2006
- [8] Sungmin Im, Doyoon Kim, Jaehyub Lee and Sangyoun Kim, "Virtual Reality based Immersive Technology Education System", KIHPE, Feb, pp. 44 - 50, 2009
- [9] Jinhwa Cho., Seongssoo Kim and Yeongtaek Kim, "Mesh Simplification Considering Volume and Boundary Reservation", IITA-2350-336

임성민 (Sungmin Im)



1999년 2월 ~ 현재 : 숙명여자대학교 교육학과 강사
<관심분야> 가상교육, 원격교육

이재협 (Jaehyub Lee)



정희원
1993년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 컴퓨터공학부 정교수
<관심분야> 컴퓨터 그래픽스, 가상 현실, 인터랙션