가상현실 시뮬레이션을 위한 워크벤치 시스템

*구본욱 **이현숙 ***장태정
강원대학교 대학원 전자통신공학과
*kkkazea@nate.com

Workbench System for Virtual Reality Simulation

*Gu, Bon-Wook **Lee, Hyun-Sook ***Jang, Tae-Jeong
Dept. of Electronics and Communications, Kangwon National University

요약

본 논문에서는 워크벤치 시스템과 가상현실 햅틱 인터페이스를 이용한 가상현실 시뮬레이션 시스템을 제시한다. 이 시스템은 사용자가 워크벤치를 통해 3차원 입체 영상으로 구현된 모델을 바라보며 SensAble 사의 PHANToM Omni 햅틱 디바이스를 이용하여 물체에서 느낄 수 있는 촉각을 재현한다. 그리고 시뮬레이션의 실제감을 증대시키기 위해 새로운 워크벤치의 설계 방법을 제시하였다.

1. 서론

가상현실 시뮬레이션 시스템은 과학, 의료, 교육, 체험 등 여러 분야에서 전방위에 걸쳐 폭넓게 활용되고 있다. 특히 촉각 재현을 수반하는 가상현실 시스템은 실제 물체를 만지는 것과 같은 느낌을 줄 수 있기 때문에 위험한 작업을 미리 수행해 보거나 반복적인 작업 훈련을 통해 숙련자를 양성해야 하는 분야에서의 활용가치가 높다. 가상현실 시스템을 활용하면 좀 더 효과적인 교육이 될 수 있는데, 예를 들어 생산라인의 숙련된 인력을 양성하기 위한 교육에서 별도의 재화를 소비하지 않고 반복적으로 작업을 수행해 볼 수 있는 가상현실 시스템을 적용할 수 있다는 것이다.

가상현실 시스템에서 사용자의 몰입감은 가장 중요한 요소이며 이를 증대시키기 위해서 가상의 작업공간과 사용자의 시점의 일치가 중요한 요소로 대두 되며 이에 본 논문에서는 가상현실 시뮬레이션 시스템을 구성하는 데 가상현실과 햅틱 인터페이스를 이용하여 실제와 비슷한 역감을 구현해 줌으로써 현실과 비슷한 환경에서 반복적으로 훈련할 수 있는 시스템을 연구하였다.

2. 시스템 설계 및 구현

햅틱 인터페이스(haptic interface)는 사용자와의 상호작용을 촉감을 통해 이루어지게 하는 시스템을 말한다 [2]. 주로 가상환경에서 물리적 장치를 이용하여 가상물체와의 접촉을 실제 물체와의 접촉처럼 느낄 수 있도록 구현한다. 이를 이용한 시뮬레이션 시스템의 전체적인 구성은 그림 1과 같으며 이를 테스트하기 위해 사용된 햅틱 디바이스는 SensAble 사의 PHANToM Omni이다.

시뮬레이터를 구현할 때 가장 중요하게 고려해야 하는 요소는 실제와 유사한 감각효과의 재현이다. 인간은 촉각, 시각, 그리고 청각 등 오감의 상호작용을 통하여 외부환경에 대한 정보를 수집하기 때문에

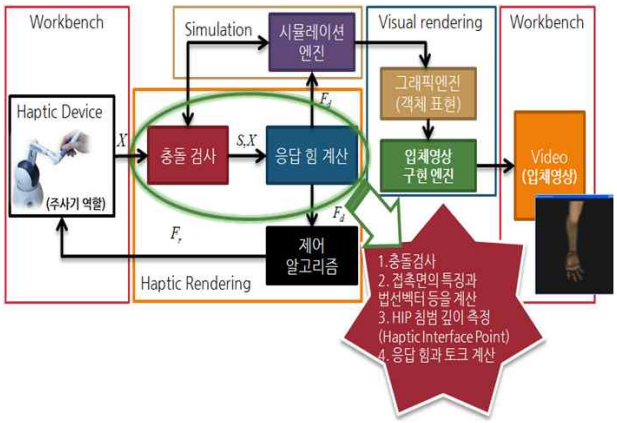

그림 1 가상현실 시뮬레이션 시스템 구성

이러한 감각의 상호작용이 수반되지 않는다면 인간은 사물을 제대로 인지하지 못하게 된다. 따라서 이러한 상호작용을 만족시켜주지 못할 경우 적절한 시뮬레이션이 될 수 없다.

일반적인 햅틱 장치를 이용한 시뮬레이션은 힘 피드백을 이용해 감각을 재현해 효과적인 시뮬레이션이 될 수 있지만 실제 작업공간과 사용자가 가상의 작업공간을 바라보는 시선의 방향이 일치하지 않아 실제라고 인지하기보다 가상의 작업을 수행하고 있다는 느낌을 받게 된다. 이러한 단점을 보완하기 위해 반사판 등을 이용하여 눈의 시점과 햅틱 장치의 처리 위치를 일치시켜 사용자로 하여금 실제와 같은 몰입감을 줄 수 있는 워크벤치 시스템을 사용한다.

워크벤치 시스템이란 물체를 바라보는 눈의 시점과 햅틱 장치의 처리 위치가 일치하지 않아 사용상에 가지게 되는 불편함을 해소하기 위해, 반사판 등을 이용하여 눈의 시점과 햅틱 장치의 처리 위치를 일치시켜 사용자로 하여금 실제와 같은 몰입감을 느낄 수 있도록 해주는 시스템으로, 스테레오 영상을 사용하면 영상의 깊이를 조절할 수 있어

손으로 직접 만지는 것과 같은 작업이 가능하다.

일반적인 워크벤치 시스템에서 거울에 비친 허상의 기울어진 각도가 모니터의 각도만큼 기울어지게 되는데 지면과 수평을 이루는 상태에서 이루어지는 물체를 만지는 과정을 생각해 볼 때, 사용자가 바라본 허상의 기울어짐은 시뮬레이션의 몰입감을 떨어뜨릴 수 있기 때문에 허상을 지면과 평행하게 위치시키기 위한 별도의 연산이 수행되어야 한다. 본 시스템 에서는 물리적으로 허상을 지면과 평행하게 위치시켜 불필요한 연산 없이 좀 더 쉽게 어플리케이션을 제작 할 수 있는 워크벤치를 구상 하였으며, 검증을 위해 임시로 제작한 워크벤치의 모델과 사용자가 가상현실 시스템에서 실재감을 느낄 수 있도록 인체 모양의 객체와 HIP를 모델링 하여 입체 영상으로 표현하였다. 그림 2는 이 시스템의 시연 모습이다.

그림 2 임시 제작한 워크벤치 시연.

햅틱 렌더링에서 HIP(Haptic Interface Point)가 물체를 만지는 역감 표현은 단일점에 대한 충돌 검사와 단일 점에 대한 역감 표현으로 단순화 시킬 수 있다. 역감을 표현하는 가장 일반적인 표현 방법은 Spring-Damper 모델을 사용하는 것이다.[2] 하지만 가상의 물체가 단단한 물체가 아니라 뾰족한 물체로 관통이 가능 할 만큼 충분히 무른 물체라면, 무른 물체의 표면위에서 뚫지 못하도록 무조건 방해하는 것이 아니라 일정 임계값을 지나면 HIP가 물체를 뚫고 들어가는 느낌을 구현해 주어야 한다. 또한, 물체 표면에서 제시되어야 할 역감과 물체를 뚫고 들어간 뒤의 역감은 다르게 제시되어야 한다. 이는 물체를 HIP로 찌를 때, 우선적으로 물체 표면이 눌리는, 모양에 대한 변형이 일어날 때까지의 역감과, 변형이 전부 일어난 후에는 물체가 뚫리고, 그 이후 다른 역감이 제시된다고 생각해볼 수 있는데 물체 변형 역시 HIP의 깊이 변화라고 보았을 때, 다음과 같은 수식으로 표현 할 수 있다. 이는 물체 내부에 HIP가 침범하고 나서는 동일한 특성을 보인다고 가정한 경우이다.

여기서 F는 SCP에서 햅틱 디바이스가 사용자에게 제공하는 힘의 크기이고, b는 Damper 계수, k_1, k_2는 각각 침범 깊이에 따라 달라지는 Spring 계수이다. $\triangle x$는 침범 깊이를 나타낸다. dx/dt는 침범이 일어나는 속도이다.[3]

$$F = \begin{cases} k_1 \triangle x + b\dfrac{dx}{dt} & 0 \leqq \triangle x \leqq x_t \\ k_1 x_t + k_2(\triangle x - x_t) + b\dfrac{dx}{dt} & x_t < \triangle x \end{cases}$$

그림 3은 본 가상현실 시뮬레이션 워크벤치 시스템의 설계도와 제작된 모습을 보여주고 있다. 가상현실 시뮬레이션 시스템은 교육 및 체험용 시스템으로 그 사용이 빈번하고 학습 장소 또한 주기적으로 변경될 수 있기 때문에 시스템을 접을 수 있는 구조를 채택하여 이동 및 운송이 용이하도록 하였다.

그림 3 설계 및 제작된 워크벤치 시스템.
(a) 설계-펼침 (b) 제작-치수 (c) 제작-펼침 (d) 제작-접힘.

3. 결론

본 논문에서는 가상현실 햅틱 인터페이스를 이용한 사용시의 시선과 가상공간을 일치시킨 가상현실 시뮬레이션 시스템을 구현 하였다. 가상현실 시스템에서 사용자의 몰입감은 중요한 요소이기 때문에 본 논문에서 구현한 시스템에서 물리적으로 사용자의 시선과 가상공간을 일치시켜 별도의 소프트웨어 기법 없이 효과적으로 몰입감을 증대시켰으며, 접이식 구조의 시스템으로 이동과 운송이 편리하도록 구현하였다.

워크벤치를 접었을 때 모니터 화면의 외부 노출 문제, 반사판의 파손위험 등을 개선하기 위한 연구가 수행 된다면 체험 및 교육시설에서 시스템이 설치된 장소에 구애받지 않고 가상현실 시스템을 시연하는데 유용하게 사용될 것이다.

참고문헌

[1] Srinivasan, M.A. and Basdogan, C., “Haptics in virtual envi-ronments: taxonomy, research status and challenges,” Comp. Graphics, Vol.21, pp.393 - 404, 1997.

[2] Sensable, OpenHaptics programming guide. pdf

[3] 이석규, 도용태, 박창용, 이재원, *로봇공학의 이해*, 사이텍미디어, 2008.