

가상환경 하에서 탄성 입력 장치를 이용한 무게감의 구현

진영혜*, 남기선*, 김점근*, 심송용**, 송창근*
*한림대학교 정보통신공학부, **한림대학교 수리정보과학부

An Implementation of weight using a elastic input device in the virtual environment

Young-Hye Jeon*, Ki-Seon Nam*, Jum-Geun Kim*, Song-Yong Sim**, Chang-Geun Song*
*Division of Information Engineering & Telecommunications, Hallym University,
**Division of Mathematical Information, Hallym University

요 약

본 논문은 사용자가 가상환경 내에서 가상 물체의 무게를 인지하기 위한 힘을 적용시키는 장치(device)에 관해 연구하였다. 이 장치는 3-DOF를 갖는 장치로 원통형 플라스틱 스틱에 4개의 스트레인 게이지를 부착시켜 사용자가 원하는 방향으로 스틱을 밀거나 당기거나 누르면 스틱의 인장 강도에 따른 변화량을 스트레인 게이지를 통하여 측정되도록 설계하였다. 이 장치의 사용성을 평가하기 위해 무게가 다른 5개의 상자를 현실세계와 가상환경에 위치시킨 후에 피실험자로 하여금 정량적, 정성적인 평가를 하였다. 그 결과 본 논문을 통하여 제작한 장치를 가상환경에 응용하였을 때, 사용자로 하여금 가상 물체에 대한 힘을 인지하게 함으로써 가상환경에서 현실감과 물입감을 효과적으로 증대시킴을 확인할 수 있었다.

1. 서 론

가상환경의 궁극적인 목표는 사용자가 가상환경과 자유롭게 상호 작용을 하고 현실세계와 차단된 가상 환경 내에 효과적으로 몰입함으로써 수준 높은 현실감을 경험할 수 있게 하는 것이다[1]. 현실감 있는 가상환경을 만들기 위해서 가상환경 구축 시 여러 가지 감각요소를 결합하여 사용자로 하여금 입력되는 여러 감각 신호들을 통해 가상환경에 관한 정보를 얻고 현실감을 느끼게 해야 한다[2].

지금까지 대부분의 가상환경은 시각과 청각요소 위주로 연구되었다. 후각과 촉각요소에 대한 연구는 드물거나 진행 중에 있고[3], 힘이나 무게감을 느낄 수 있는 가상환경에 대한 연구 역시 미약한 실정이다.

이전 연구들에 의하면, 시각적인 요소와 촉각적인 요소를 함께 제공하면 보다 효과적으로 인간의 지각력을 높여 준다고 한다[4]. 또한 사람의 감각 특성을 보면 시각적인 반응보다 촉각적인 반응이 주위 환경의 변화를 더 빠르게 느끼게 한다고 한다[5]. 그러나

촉각 요소에 관한 연구가 대부분 feedback장비들에 관한 것으로 특정 환경에 맞춰 제작되었고, 장비의 가격이 고가이므로 일반적인 환경에 적용하기가 어렵다. 또한 feedback 장비들이 촉각(tactile)적인 감각 반응과 관련된 장비가 대부분이므로 가상 물체에 중력과 같은 힘을 적용시키기가 어렵다[6].

본 논문은 현실세계와 가상환경에 무게감을 느낄 수 있는 공간을 만들고, 자체 제작한 탄성 입력 장치를 가상환경에 접목시켜 사용자로 하여금 가상물체에 대해 무게감을 느끼게 하였다.

2. 관련 연구

대부분의 force feedback 장치는 사용자가 물체의 표면과 재질에 대해 촉감을 느끼게 하는 것이다. 가장 널리 알려진 장치로 PHANTOMTM이 있다[7]. 이 장치는 desktop force feedback 장치로 사용자가 손가락으로 가상환경의 어떤 물체를 누를 경우 장치에 부착된 모터가 작동하여 현실세계에서 그 물체를 누르는 느낌을 그대로 재연해 준다. 또한 물체의 원적 조작

제어도 가능하다. 1995년 일본의 도쿄대학에서 연구된 surface display 장치는 모터를 이용해 16개의 막대(rod)를 수직 이동시킴으로써 사용자가 물체의 표면을 느낄 수 있다[8]. 입력 장치로 가장 많이 사용되는 마우스에 force feedback 기능을 장착한 장비들도 많이 있다. 그중 대표적인 것이 FEELit™으로 마우스 포인터의 위치에 따라 여러 가지 형태의 force feedback을 느낄 수 있다[9]. CyberTouch™나 CyberGrasp™는 데이터 글로브를 이용한 force feedback 장치이다[10].

위에서 언급한 장치는 물체의 표면에 대한 force feedback 장치이다. 사용자가 가한 힘에 대한 force feedback 장치들도 연구되었다. 입력 장치를 누르는 힘으로 가상환경에서 탐색(navigation) 속도를 조정하고 입력 장치의 위치로 방향을 정하는 BBat 장치[11], 고무공을 누르는 힘을 측정하여 물건을 잡는 힘을 알아내는 장치 등이 있다[12].

최근 가상공간에서 무게감을 느끼게 해주는 입력 장치가 있었다. 이 장치는 손의 악력을 이용해 힘을 측정하는 장치이다[13].

본 논문에서 고안한 feedback 장치는 탄성을 지닌 고정된 스틱에 힘의 크기를 측정하기 위한 4개의 센서를 부착하여 가상환경 내에 힘을 적용하게 하는 장치이다. 일반 조이스틱과 유사한 형태이며 좌우, 전후, 상하로 조작할 수 있는 장치이다.

3. 탄성 입력 장치

탄성 입력 장치는 탄성이 있는 원통형 플라스틱 스틱에 사용자가 힘을 가해 스틱의 모양을 변형시키고 그 변형의 정도와 방향 값을 스틱에 붙은 센서를 통해 얻어 사용자가 가한 힘의 크기와 방향을 가상환경에 적용시킬 수 있게 하는 장치이다.

탄성 입력 장치는 근력을 측정하기 위해 스트레인 게이지(strain gauge)를 사용하였다. 스트레인 게이지는 게이지가 부착된 물체의 변형량에 따라 회로 내의 가변 저항의 저항 값을 변화시키는 센서이다. 각각의 스트레인 게이지를 원통형 플라스틱 스틱의 네 방향에 부착시킴으로써 전/후/좌/우/상/하로 적용되는 힘의 크기와 방향을 측정할 수 있다. [그림1]은 스트레인 게이지가 부착된 탄성 입력 장치를 보여준다.

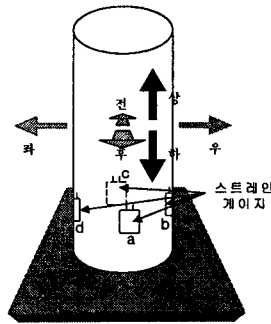


그림 1 스트레인 게이지가 부착된 탄성 입력 장치

스틱을 어느 한 방향으로 밀면 그 방향에 붙은 스트레인 게이지와 반대편에 붙은 스트레인 게이지에 각각 인장변형과 압축변형이 발생하게 된다.

본 실험에서 실시하는 힘의 방향은 위쪽 방향이다. 스틱을 위로 잡아당기면 a, b, c, d의 스트레인 게이지 모두가 인장변형을 일으키게 된다. 이 값을 탄성 입력 장치가 0에서 255까지의 디지털 값으로 변환시킴으로써 사용자의 힘을 가상실험환경에 전송시킨다.

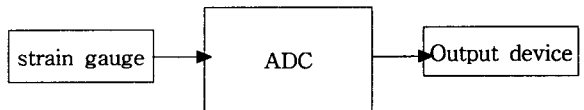


그림 2 탄성 입력 장치의 시스템 블록도

[그림2]는 탄성 입력 장치의 개략적인 구조도이다. 각 블록을 설명하면, 첫째 블록은 스트레인 게이지(strain gauge)로 이루어져 있으며 이것은 각각의 스트레인 게이지에서 발생시키는 전압 $-2.5V$ 에서 $+2.5V$ 값을 ADC(Analog to Digital Converter)로 전송한다. 둘째 블록은 ADC 부분으로서 Output Device인 PC(Personnel Computer)와 통신하기 위해 첫째 블록에서 전송된 아날로그 신호를 8bit의 디지털 값으로 변환한다. 셋째 블록은 둘째 블록에서 변환된 디지털 값을 시리얼 포트를 통하여 PC(Personnel Computer)로 전달한다.

[그림3]은 위에서 언급한 방법으로 제작된 탄성 입력 장치의 모습이다.

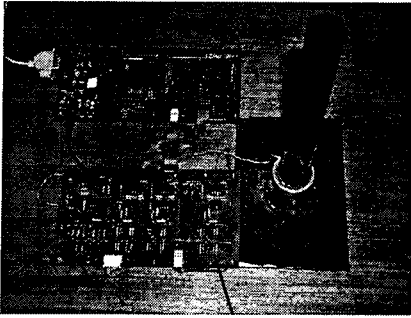


그림 3 탄성 입력 장치

4. 실험

본 논문에서 실시한 실험은 현실세계에서 물건을 들었을 때 느껴지는 힘이나 무게감을 탄성 입력 장치를 이용해 가상환경 내에 적용시킨 실험이다.

실험은 현실세계와 가상환경의 두 가지 환경에서 실행한다. 현실세계에서 실시한 실험은 사람이 느끼는 무게감이 얼마나 정확한지 알아보기 위한 것이며, 가상환경에서 실시한 실험은 현실세계에서 느끼는 무게감을 탄성으로 전환하는 것이 얼마나 효과적인지 평가하기 위한 것이다. 현실세계에서는 무게가 선형적으로 서로 다르고(200g, 300g, 400g, 500g, 600g) 모양은 같은 5개의 상자를 사용한다. 가상환경에서는 탄성 입력 장치에서 얻을 수 있는 힘의 크기값을 현실세계와 같이 선형적으로 다르게(130, 150, 170, 190, 210) 하고 모양은 같은 가상의 상자를 5개 사용한다. 현실세계에서는 피실험자가 직접 각 상자들을 위쪽 방향으로 들어 봄으로써 무게를 비교하고 가상환경에서는 탄성 입력 장치의 원통형 스틱을 위쪽 방향으로 당김으로써 각 가상의 상자들의 무게를 비교하게 된다.

두 실험의 조건이 동일하도록 하기위해 상자의 배열 순서를 임의로 하고 피실험자는 각 상자를 한 손으로만 들 수 있다. 상자를 들어보는 횟수는 제한을 두지 않는다. 실험은 각 상자를 무게 순서로 배열하는 것이 아니라 실험을 마치고 상자 번호를 무거운 순서로 정답지에 적도록 하였다.

실험에 참가한 피실험자는 모두 50명(여자 17명, 남자 33명)으로, 피실험자는 가상현실을 경험해 보지 못했거나 한번정도 경험해 본 사람들을 대상으로 하였다. 피실험자의 연령은 20대 초반에서 20대 후반까지 실시하였다.

5. 실험 결과

실험 결과는 현실세계에서 느끼는 무게감을 가상환경 내에서 탄성 입력 장치를 이용하여 느낄 수 있게 함으로써 가상환경에서의 현실감과 몰입감을 높일 수 있는가에 대해 평가하기 위해 세 가지 관점에서 분석하였다. 첫째는 피실험자가 느끼는 무게감의 정확성을 평가하였다. 이는 피실험자가 현실세계의 5개의 상자를 무거운 순서로 나열하였을 때, 그 순서의 정답 개수로 평가한다. 둘째는 가상환경에서의 실험과 현실세계에서의 실험이 얼마나 차이가 있는지를 비교하는 것으로써 현실에서 피실험자가 정답을 맞춘 개수와 가상에서 정답을 맞춘 개수를 비교하였다. 셋째는 피실험자가 실험을 통해 느낀 탄성 입력 장치의 기능이 가상환경에서 어느 정도 적용이 가능한가를 설문에 응답한 데이터를 중심으로 알아보았다.

표1은 현실에서의 실험 결과와 탄성 입력 장치를 이용할 가상환경에서의 실험 결과이다.

표 1 탄성 입력 장치와 무게감에 관한 실험 결과

정답 개수	현실 실험		탄성 입력 장치를 이용한 가상환경 실험	
	빈도(명)	비율(%)	빈도(명)	비율(%)
0	0	0	1	2
1	5	10	4	8
2	5	10	5	10
3	11	22	13	26
5	29	58	27	54

위 표를 직관적으로 비교해 보면 현실에서의 실험 결과 모두 맞추거나 한 가지 경우를 틀린 비율이 80%로 피실험자들이 실제 물건을 들어보고 느끼는 무게감은 거의 정확하다고 할 수 있다. 가상환경 실험의 결과에서 모두 맞추거나 한 가지 경우를 틀린 비율 역시 80%로 현실에서의 실험과 거의 차이가 없다고 할 수 있다. 이를 통계적 추론 방법인 모평균의 유의성 검증을 통해 알아보면 결과는 아래와 같다.

WT=현실에서의 실험결과 - 가상환경에서의 실험결과

귀무가설 $H_0 : WT = 0$ (현실에서 실험과 가상환경에서 실험이 차이가 없다)

대립가설 $H_1 : WT \neq 0$

WT의 $T = 0.5184$

WT의 $Prob > |T| = 0.606512$

위에서 볼 수 있듯이 WT의 유의확률 P값이 유의 수준 0.5 보다 크므로 귀무가설을 기각할 수 없다. 즉 통계적으로 현실에서 실험과 가상에서 실험은 차이가 없다고 할 수 있다.

피실험자가 작성한 설문지에서 “탄성 입력 장치를 사용해 본 결과 이 장치를 이용하면 얼마나 현실감 있게 가상환경에서 무게감을 적용시킬 수 있다고 생각하는가?”라는 질문에 대해 “매우 좋다(9%)”, “좋다(40%)”, “보통이다(32%)”, “빈약하다(19%)”라는 결과를 얻었다. 즉 81%가 탄성 입력 장치를 이용하여 가상환경에서 보다 현실감 있게 무게감을 느낄 수 있는데 긍정적인 대답하였다.

6. 결론 및 향후과제

실험 결과를 통해 새롭게 디자인한 탄성 입력 장치를 가상환경에 응용하여 사용자로 하여금 가상 물체에 대한 힘을 인지하게 함으로써 가상환경에서 현실감과 몰입감을 효과적으로 증대시킴을 확인할 수 있었다.

탄성 입력 장치는 특정한 종류의 힘을 가하는 가상환경이 아닌 일반적인 힘을 가해 어떤 작업을 하는 가상환경에 널리 적용이 가능하다. 또한 제작비용이 다른 force feedback장비보다 저렴한 장점이 있다.

본 논문에서는 탄성 입력 장치를 가상환경 내에서 가상 물체의 무게를 느끼는 경우에 대해서만 실험을 실시하였다. 그러나 향후 과제로 위의 적용뿐만 아니라 가상환경과의 여러 가지 상호 작용(민다, 돌리다, 움직인다)에 적용을 해보아야 할 것이다. 또한 실험의 설문지를 통해 알게 된 탄성 입력 장치의 불편함을 고려하여 사용자가 가상환경에서 자연스럽게 힘을 적용할 수 있도록 장치를 수정하거나 다른 조작(선택이나 회전)을 추가하기 위한 버튼 등을 추가함으로써 더 나은 실험 환경을 만들어 실험해 보아야 할 것이다.

[참고 문헌]

[1] Barfield, W., Zeltzer, D., Sheridan, T. and Slater, M. Presence and Virtual Environments and Advanced Interface Design. Oxford University Press, 1995, pp. 473-513
 [2] 원광연, “전산학으로서의 가상현실”, 정보과학회지 제15권 제11호, pp.5-13, 1997.
 [3] 홍정훈, 정동현, 심송용, 송창근, “가상 환경 하에

서 다감각 변수들의 영향도 평가”, 정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용, Vol 27, No.9, pp. 931-941, September, 2000

[4] Grigore C. Burdea, “Haptics issues in virtual environments” G.C.Computer Graphics International, 2000. Prodeedings , 2000 pp. 295-302

[5] Mandayam A. Srinivasan, Gagatay Basdogan, Wan-Chen Wu, “Visual, Haptic, and Bimodal perception of Size and Stiffness in Virtual Environments.” Proceedings of the ASME Dynamic Systems and Control Division 1999

[6] Hoffman, H.G., “Physically touching virtual objects using tactile augmentation enhances the realism of virtual environments.”Proceedings of the IEEE Virtual Reality Annual International Symposium '98, Atlanta GA, pp. 56-63. IEEE Computer Society, Los Alamitos, California.

[7] T. Massie and K. Salisbury, “The PHANToM Haptic Interface: A Device for Probing Virtual Objects,” Proceedings of ASME WAM, DSC-Vol.55-1, 1994, pp. 295-300

[8] Koichi Hirota, Michitaka Hirose, “Providing force feedback in virtual environments.” Proceedings of IEEE, 1995, pp. 22-30

[9] <http://www.immers.com>

[10] <http://www.virtex.com>

[11] Mark A. Paton and Colin Ware, “Passive force feedback for velocity control” Proceedings of the CHI '94 conference companion on Human factors in computing systems, 1994, pp. 255-256

[12] Shumin Zhai, Paul Milgram and William Buxton, “The influence of muscle groups on performance of multiple degree-of-freedom input” Conference proceedings on Human factors in computing systems, 1996, pp. 308-315

[13] 김필주, 송창근, 심송용, 김점근, “근력을 포함한 가상환경 하에서 사용자가 느끼는 무게감에 관한 연구”, HCI2001 Conference, 제10회 한국정보과학회 인간과 컴퓨터 상호작용 연구회 학술대회, Vol.10, No.1 pp. 507-512, 2001