

멀티미디어 제작 실습에서의 촉각장치 활용에 관한 연구

論 文

57-7-24

Utilizing a Haptic Display in Multimedia Education

金永煜* · 金潤相†
(Young-Ook Kim · Yoon-Sang Kim)

Abstract - In this paper, utilizing a haptic display for 3D modeling practice is proposed. A haptic display called PHANTOM Omni providing 3D position as well as touch feeling is used to investigate how effectively the proposed practice works compared to the conventional ones for 3D modeling. Experimental results showed the proposed practice can provide positive effect for 3D modeling: improving the task completion time and lowering task workload, thus increasing the usability.

Key Words : Haptic, Multimedia Education

1. 서 론

게임, 애니메이션, 가상현실 등과 같이 급증하는 멀티미디어 콘텐츠 제작 수요에 따라 다양한 멀티미디어 콘텐츠 제작 소프트웨어들이 등장하고 있다. 이러한 소프트웨어들은 멀티미디어 콘텐츠를 사용자가 빠르고 쉽게 제작할 수 있도록 다양한 기능들을 지원하고 있다. 그러나 3차원화 되고 있는 현재의 멀티미디어 콘텐츠 제작 추세를 고려하면, 키보드와 마우스를 이용하여 일반 컴퓨터 작업 환경과 동일하게 수행되는 현재의 제작 환경은 3차원 기능을 제공하기 위해 빠르게 발전하고 있는 멀티미디어 콘텐츠 제작 소프트웨어를 효과적으로 지원하지 못하고 있다.

“Of or relating the sense of touch”라는 사전적 의미를 갖는 Haptic(햅틱, 이하 촉각)은 물체를 만질 때 사람이 느낄 수 있는 촉각 감각으로 정의된다.[1] 공학에서의 촉각은 피부가 물체 표면에 닿아서 느끼는 촉감(tactile sense)과 관절과 근육의 움직임이 방해 될 때 느껴지는 근 감각적인 힘감(kinesthetic force sense)으로 구성된다. 촉각장치(사람과 접촉하여 상호 인터랙션을 제공하는 물리적인 기구부)는 사물과 직접적인 접촉이 없이도 접촉시 느껴지는 것과 같은 유사한 촉각 느낌(촉각 정보)을 컴퓨터로부터 인위적으로 생성하여 사용자에게 전달하는 기능을 제공하는 장치이다. 촉각장치는 키보드 또는 마우스와 같은 기존의 입력장치와 비교하여 입력과 출력을 동시에 사용할 수 있는 장점(즉, 입출력 장치로 활용가능한 장점)을 갖는다. 특히, 촉각이 시각에 추가된 입력은 시각만을 통한 입력보다 사용자 인지

(perception)를 더 신속하게 함이 증명되어 왔다.[2,3] 이와 같이 촉각장치는 다양한 촉각 느낌(이하 촉각 효과)을 통한 인지적 장점과 함께 시스템과의 상호 인터랙션(bi-lateral interaction, 이하 인터랙션)을 제공함으로써, CAD 모델, 의학 시뮬레이션 및 교육(medical simulation/ education), 가상 시제품 제작(virtual prototyping), 원자구조 분석등의 과학 교육, 게임등에 다양하게 적용되고 있다.[2-5] 최근 들어 촉각입력이 사용자에게 제공하는 인지적 장점에 의해 촉각장치를 교육과정에 적용하고자 하는 연구가 시도되고 있다. 참고 문헌[6]에서는 멀티미디어 콘텐츠의 3차원 모델 제작에 있어서 기존의 입력 장치를 대체할 촉각장치의 영향을 부각하여 실험이 수행되었다. 사용된 실험은 정밀한 작업 대신 두 물체가 맞닿는 것에 초점을 두었기 때문에 촉각장치가 제공하는 충돌감에 따른 작업효과만 분석되었다: 선택한 물체를 사용자가 원하는 위치로 이동을 시키는 정밀함이 요구되는 작업- 예를 들면, 작은 단추를 평면의 한 가운데에 붙이는 것과 같은 작업-에서는 충돌감과 마찰력이 함께 작용하기 때문에, 마찰력의 크기에 따라 작업 수행의 효율성이 어떻게 달라지는지에 대한 분석이 요구된다.

본 논문에서는 증대되는 멀티미디어 콘텐츠 제작 교육(실습) 과정에 촉각장치를 활용함을 제안한다. 정확한 3차원 위치를 입력받을 수 있으며 사용자에게 물체의 촉각 정보를 전달해 줄 수 있는 촉각장치를 입출력장치로 이용하여 멀티미디어 제작 실습을 수행한 경우가, 기존의 마우스를 이용한 제작 실습보다 효과적임을 검증하기 위해서 직접 정규수업 교과과정에 멀티미디어 제작 실습 실험을 추가하여 수행한다. 특히, 본 논문에서는 촉각장치를 입출력장치로 이용하여 3차원 모델 제작을 수행한 경우가 시각적 정보만 가지고 3차원 모델 제작을 수행한 경우보다 효과적임을 확인하고, 정밀한 작업시 충돌감에 더해진 적절한 크기의 마찰력이 3차원 모델 제작에 어떻게 영향을 미치는가를 고찰한다. 이를 위하여 3차원 모델 제작 프로그램으로 가장 널리 사용되는

† 교신저자, 正會員 : 韓國技術教育大 인터넷미디어 工學部
助教授 · 工博

E-mail : yoonsang@kut.ac.kr

* 學生會員 : (주)디지털아리아 주임연구원

接受日字 : 2008年 5月 15日

最終完了 : 2008年 6月 4日

3D Studio MAX를 이용하여 3차원 모델 제작 예제를 작성한 후, 시각에만 의존하는 3차원 입력 장치를 이용하여 제작 실습을 수행한 사용자(피학습자) 그룹과 다양한 촉각 효과(마찰력을 변화시킨 촉각 효과)를 갖는 촉각장치를 이용하여 제작 실습을 수행한 사용자(피학습자) 그룹간의 결과를 비교 분석함으로써, 본 연구의 타당성을 검토하고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 촉각장치를 활용한 3차원 모델 제작 환경과 실험 방법에 대하여 설명한다. 3장에서는 제안된 실습 환경을 통한 실습 실험을 수행하고, 그 결과를 분석한다. 4장의 결론을 통하여 본 논문을 끝맺는다.

2. 실험 실습 환경 및 방법

2.1 실험 실습 환경

(1) 실험 실습 시스템

촉각장치:

실험에 사용된 촉각장치는 SensAble Technology사의 PHANTOM Omni[7]로써 사용자가 컴퓨터 그래픽상의 가상 물체를 조종하거나 만질 때, 3차원 위치 정보를 정확하게 전달하는 입력기능과 컴퓨터로부터 제공되는 촉각정보를 사용자에게 전달해 주는 출력기능을 지원한다. Omni는 위치/방위각(position/orientation)의 6자유도 정보를 입력할 수 있으며, 사용자조작을 용이하게 하는 펜 형태의 스타일러스를 제공한다: 제공되는 스타일러스는 기존의 마우스 단추를 누르는 것과 유사하게 사용할 수 있도록 두개의 버튼이 장착되어 있다. 또한, 실험에 사용된 촉각장치는 다양한 3차원 모델링 프로그램과 연동하여 사용할 수 있도록 API 프로그램을 제공한다.

3차원 모델 제작 소프트웨어:

멀티미디어 콘텐츠 제작 소프트웨어로는 3D Studio MAX[8]를 선택하였다. 3D Studio MAX를 선택한 이유는 첫째, 3차원 모델링 및 애니메이션 제작에 널리 사용되는 멀티미디어 콘텐츠 제작 소프트웨어 중의 하나이며, 둘째, PHANTOM Omni를 기존의 마우스 대신 직접적으로 사용하기 위해 필요한 API 프로그램(HapticExtenderMX/Plug-in 프로그램)이 지원되기 때문이다. 그림 1은 3차원 모델 제작에서의 촉각장치의 활용성을 확인하기 위하여 구성된 실험 실습 환경을 나타낸다.

(2) 실험 요인

실험에 사용할 각 요인은 총 4개이며, 마찰력 효과를 다르게 제공하는 3개의 요인과 3차원 입력만을 제공하는 1개의 요인으로 구성되어 있다.

- 요인 I: 마찰력의 크기가 중간인 경우
(촉각+시각, $\mu_s = 0.4, \mu_k = 0.4$)
- 요인 II: 마찰력의 크기가 최대인 경우
(촉각+시각, $\mu_s = 1, \mu_k = 1$)

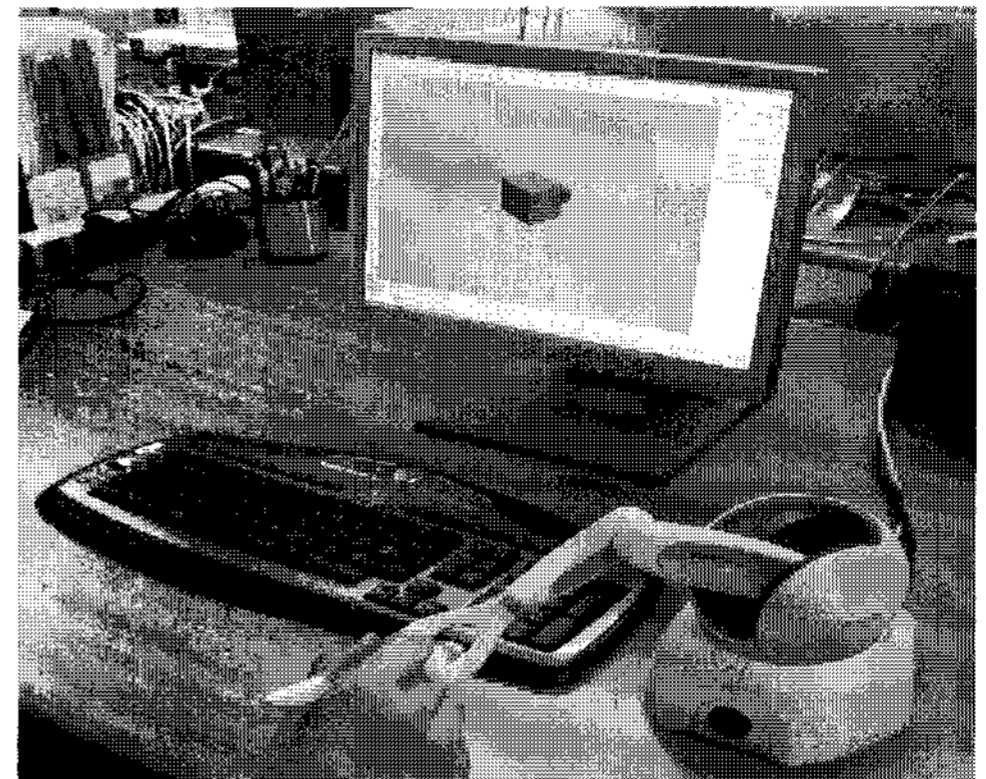


그림 1. 촉각장치를 이용한 실험 실습 시스템 구성
Fig. 1. Experimental setup using a haptic display

- 요인 III: 마찰력의 크기가 최소(0)인 경우
(촉각+시각, $\mu_s = 0, \mu_k = 0$, 충돌감만 제시)
- 요인 IV: 3차원 입력만 가능한 경우
(시각만 제시, 촉각이 제시 되지 않음)

여기서 μ_s, μ_k 는 최소 0, 최대 1의 범위를 갖는 정적마찰계수와 동적마찰계수를 각각 나타내며, 기본값으로 주어지는 0.4가 중간 범위(0.4-0.6)내에 있기 때문에 본 논문에서는 기본값으로 주어진 0.4를 중간(이하 중간값)으로 다룬다.

(3) 실험 실습 예제

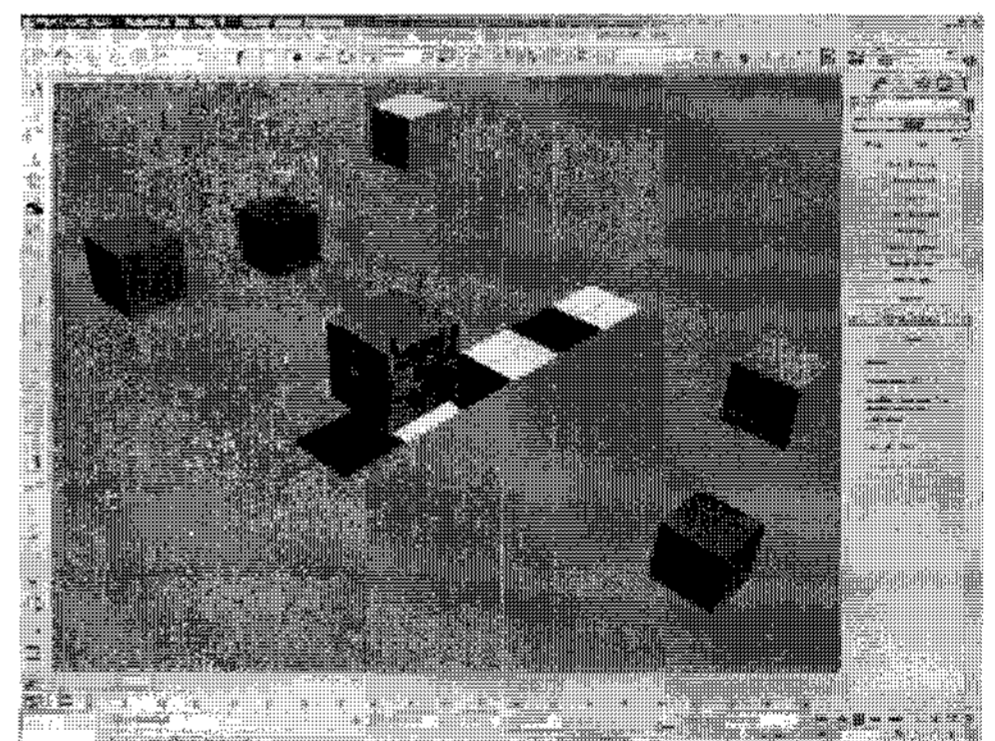


그림 2. 멀티미디어 콘텐츠 제작 실습을 위한 3차원 모델링 실험 실습 화면
Fig. 2. Multimedia contents modeling example

본 실험에서는 마찰력의 효과를 확인하기 위하여 체스 게임의 판과 같은 형태로 제작된 작업 영역내(가로, 세로 20[mm] x 20[mm]으로 지정된)에서 두 물체가 접촉한 후 정확하게 각 모서리를 맞추도록 하는 정확한 작업을 수행하는 상황을 가정하였다. (피실험자가 판 위에 옮기게 될 정사각형은 가로, 세로, 높이가 20[mm] x 20[mm] x 20[mm]이 되도록 지정하였다) 따라서, 피실험자는 주어진 실험 실습에서 사각형을 한 개씩 판 위에 올려 놓는 작업을 수행하되, 각 모서리 끝이 정확하게 맞춰지도록 해야 한다. 그림 2는 수행된 실험 실습 예제 화면을 나타낸다. 피실험자(애니메이

선 및 실습 교과목[INM317, 3학년 1학기 정규교과목] 수강생중의 지원자 그룹에서 선정)는 총 7인(남 4, 여 3)으로 구성하였으며, 컴퓨터 조작에 무리가 없는 20대 초반의 대학생들을 대상으로 하였다. 피실험자들은 촉각장치를 사용해 본 경험이 없으며, 3D Studio Max를 사용해 경험이 없다. 또한, 피실험자들에게는 실험을 수행하기 전에 충분히 제작 과정을 숙지할 수 있도록 제작 수행안내서가 제공된다.

2.2 실험 실습 방법

실험은 일요인 반복 측정 설계 방식을 따랐으며, '순차 효과'의 단점을 상쇄하기 위하여 '무선 구획 할당'을 '범람 효과'를 방지하기 위하여 각 요인 별 실험 사이에 충분한 휴식의 시간을 제시하였다.

각 실험은 1)작업 완수 시간 측정 실험 2)작업 부하 지수 측정 실험 순을 반복하여 피실험자 1인당 총 4번의 실험을 진행하였다. 특히, 사람의 촉각에 대한 기억력은 주의를 기울이지 않을 경우 5초가 지나면 급격히 사라지며, 30초가 지난 후에는 거의 없어지기 때문에[9], '범람 효과'를 방지하고 이전 실험에서 느꼈던 촉감을 기억에서 없애기 위하여 각 요인별 실험 사이에 피실험자가 1분의 휴식을 취하도록 하였다.

(1) 작업 완수 시간(task completion time) 측정 실험

측정 척도(measure)

본 실험에서의 측정 척도(measure)는 수행도 측정 척도(performance measure)로, 작업 수행 완수 시간이 사용되었다. 수행도 측정 척도는 실험자가 관측할 수 있는 행동(action)과 행위(behavior)의 회수를 말하며, 본 실험에서는 작업 수행 완수 시간, 실수 빈도(point of error occurrence) 중에서, 촉각 효과의 작업 효율성을 검증하기 위하여 대표적 측정 척도 중 하나로 널리 쓰이는 작업 수행 완수 시간을 선택하였다. 측정 방법은 스톱워치를 사용하였다.

작업 완수 시간 측정 절차

작업 완수 시간을 측정하는 실험은 피실험자가 예제를 완수한 시간을 기록하는 방법으로 수행하였다.

(2) 평가 기준의 중요도 평가 실험

평가 기준의 중요도 평가 실험은 평가 기준의 상대적 중요도를 측정하는 것이다. 사용 편의성에 대한 작업 부하 측면에서의 평가 속성들간의 중요도를 주관적으로 평가하는 것으로, NASA TASK LOAD INDEX Manual(이하, NASA-TLX)[10]을 적용하였다.

측정 척도(measure)

본 평가 기준 중요도 평가 실험의 측정 척도는 주관적 측정 척도(subjective measure)가 사용되었다.

평가 기준의 중요도 평가 절차

본 평가 기준 중요도 평가 실험은 작업 완수 시간 측정

실험 후, 설문 문항 및 응답 방법에 대해 자세한 설명을 피실험자에게 제공한 다음, 설문을 통하여 수행하였다.

(3) 작업 부하 지수 (task workload indices) 측정 실험

작업 부하 평가 대상은 작업 수행 완수 시간 측정 실험에 참여하였던 동일 집단을 대상으로 실시하였다. 작업 부하의 평가 조건은 작업 수행 완수 시간 측정 실험 직후에 피실험자 당사자들이 평가자가 되어 작업을 수행한 경험을 바탕으로 평가를 수행하였다. 평가 방법은 작업 수행 후 질문법(Post-task questionnaire)절차에 따라 각각의 작업 부하 평점을 부여하였다. 평가 기준 평점은 100점 척도에 의해 주관적으로 부여된다. 이렇게 얻어진 기본 평점에 각각의 평가 기준에 대한 AHP의 쌍대 비교 행렬을 이용한 평가 기준별 가중치를 곱하여 최종 작업 부하 평점을 산출하였다.

평가 기준(evaluation criteria)

본 평가 기준 중요도 평가 실험의 측정 척도는 주관적 측정 척도(subjective measure)가 사용되었다.

작업 부하 지수 평가 절차

본 작업 부하 평가 실험은 작업 완수 시간 측정 실험과 함께 수행하였으며, 피실험자는 주어진 작업을 1회 수행 완료한 후, 설문지를 작성하였다. 피실험자는 설문지에 기재된 문항을 100점 척도를 적용하여 주관적인 평가 값을 기입하도록 했다. 실험 시작 전 피실험자에게 충분히 평가 문항의 내용에 대해 설명하였다. 표 1은 NASA-TLX을 참조하여 작성된 설문지 예이다.

3. 실험 결과 및 고찰

본 장에서는 3차원 모델 제작 과정에서 촉각장치를 활용함이 작업 효율성 측면에서 어떤 효과를 나타내며, 특히 마찰력의 크기에 따라 정밀한 작업 수행시 작업 효율성과 사용 편의성에 어떤 영향을 끼치는지를 확인하기 위하여 작업 완수 시간 측정, 작업 부하 측정 및 평가 기준 중요도 측정과 같은 세가지 실험과 그 결과에 기초한 분석을 수행하였다. 즉, 실험 결과들의 평균을 비교 분석하여 각 요인들 사이에 구별할 만한 차이가 있는지 비교 분석하고, 차이가 있는 경우 작업 완수 시간이 가장 적게 걸린 경우와 작업 부하 지수가 가장 낮게 나온 경우를 고찰하였다. 특히, 수행된 실험의 결과에 기초하여 정밀함을 요구하는 작업을 수행함에 있어 어떤 마찰력의 크기가 효율적인 작업에 영향을 미치는지를 작업 완수 시간의 비교를 통하여 확인하였으며, 또한 작업 부하 점수의 비교로부터 충돌감에 더해진 마찰력의 크기가 사용자의 작업에 어떤 영향을 미치는지를 검토하였다.

3.1 작업 완수 시간 측정 실험

작업 완수 시간 측정 결과는 표 2와 같다.

표 1. 실험에 사용한 NASA-TLX 설문지

Table 1. NASA-TLX questionnaires used for experiments

| 제목 | 범위 | 설명 | 점수 |
|--------|-----------|--|----|
| 정신적 요구 | Low/High | 생각, 의사결정, 계산, 기억, 탐색 등과 같은 정신적인 행동과 관련하여 작업은 단순했습니까 아니면 복잡했습니까, 여유로웠습니까 아니면, 힘들었습니까? | |
| 신체적 요구 | Low/High | 밀고, 당기고, 돌리고, 제어하는 등과 같은 물리적인 행동과 관련하여 작업은 단조롭고 느슨했습니까 아니면, 적극적인 활동을 필요로 했습니까? | |
| 시간적 요구 | Low/High | 작업을 수행하는 동안 어느 정도의 시간적 압박을 느꼈습니까? 천천히 자신의 속도에 맞았습니까 아니면, 급하고 촉박하게 작업을 수행했습니까? | |
| 노력 | Low/High | 본인의 수준을 기준할 때, 작업을 수행하는 과정에서 (정신적으로나 육체적으로) 얼마나 노력을 기울였습니까? | |
| 수행만족도 | Good/Poor | 자신이 생각하기에 본 작업 목표를 완수한 것에 대하여 얼마만큼 만족하십니까? | |
| 좌절수준 | Low/High | 작업을 수행하는 동안 스스로 만족하거나, 편안한 것과 대비하여 얼마나 불안정하거나, 긴장하거나, 초조하거나 했습니까? | |

표 2. 작업 완수 시간 측정 결과

Table 2. Task completion time results

| 피실험자 | 단위: 초 | | | |
|------|-------|-------|--------|-------|
| | 요인 I | 요인 II | 요인 III | 요인 IV |
| 1 | 85 | 96 | 100 | 119 |
| 2 | 82 | 90 | 97 | 129 |
| 3 | 64 | 112 | 94 | 149 |
| 4 | 94 | 110 | 120 | 153 |
| 5 | 73 | 92 | 100 | 171 |
| 6 | 83 | 127 | 110 | 125 |
| 7 | 69 | 100 | 88 | 136 |

작업 완수 시간 측정 결과를 기초로 촉각 효과에 따라 작업 시간에 어떠한 변화가 발생하였는지를 확인하기 위하여 변량 분석을 시도하였다. 촉각 효과가 달라지는 하나의 요인을 중심으로 반복 측정 실험을 설계하였으므로 일요인 변량 분석 방법을 택하여 결과를 분석하였다. 반복 측정 설계에 의한 변량 분석은 '정규성(normality)'과 '변량의 동질성(homogeneity of variance)' 가운데, 먼저 수집한 자료가 정규 분포를 따르고 변량의 동질성 특징을 가지는지를 확인하

였다. 정규성과 변량의 동질성을 확인하고, 일원배치 분산 분석 수행을 위하여 SPSS for Windows 15[11]를 이용하였다. Kolmogorov-Smirnov의 정규성 검증에서 유의 확률의 하한 값(0.2, 0.262)이 모두 유의 수준(0.05)보다 크기 때문에 귀무 가설인 '모집단의 분포는 정규분포를 따른다.'를 기각할 수 없게 되어, 두 집단 모두 정규 분포를 따름을 확인할 수 있다. 그리고 Levene의 변량의 동질성 검정 결과로부터, 유의 확률(0.225)이 유의 수준(0.05)보다 크기 때문에 귀무 가설인 '각 집단의 분산은 모두 같다.'를 기각할 수 없게 된다. 따라서 각 촉각 효과에 따라 작업 완수 시간의 차이가 있는지를 알기 위한 일원배치 분산 분석을 수행하는 것이 가능하다. 분산 분석 수행 결과로부터 유의 확률(0.00000015)이 유의 수준(0.05)보다 극히 작으므로 수집한 자료의 평균에 뚜렷한 차이가 있음을 확인할 수 있다. 위와 같이 작업 완수 시간 측정 실험 분석 결과로부터, 요인 I의 경우가 가장 낮은 작업 부하 지수를 나타내는 것을 통하여 중간 크기의 마찰력을 제공한 촉각장치가 가장 긍정적인 사용자 편의성을 제공하였음을 확인할 수 있다. 그림 3은 각 요인별 작업 완수 시간 분석 결과를 나타낸다.

표 3. 작업 완수 시간 측정 분석 결과

Table 3. Analysis for One-way ANOVA Test

| | | 자유도 | 평균제곱 | F값 | 유의확률 |
|------|-----------|-----|----------|-------|--------------|
| 집단 내 | 13682.571 | 3 | 4560.857 | 24.96 | 0.0000001483 |
| 집단 간 | 4385.429 | 24 | 182.726 | | |
| 합계 | 18068.000 | 27 | | | |

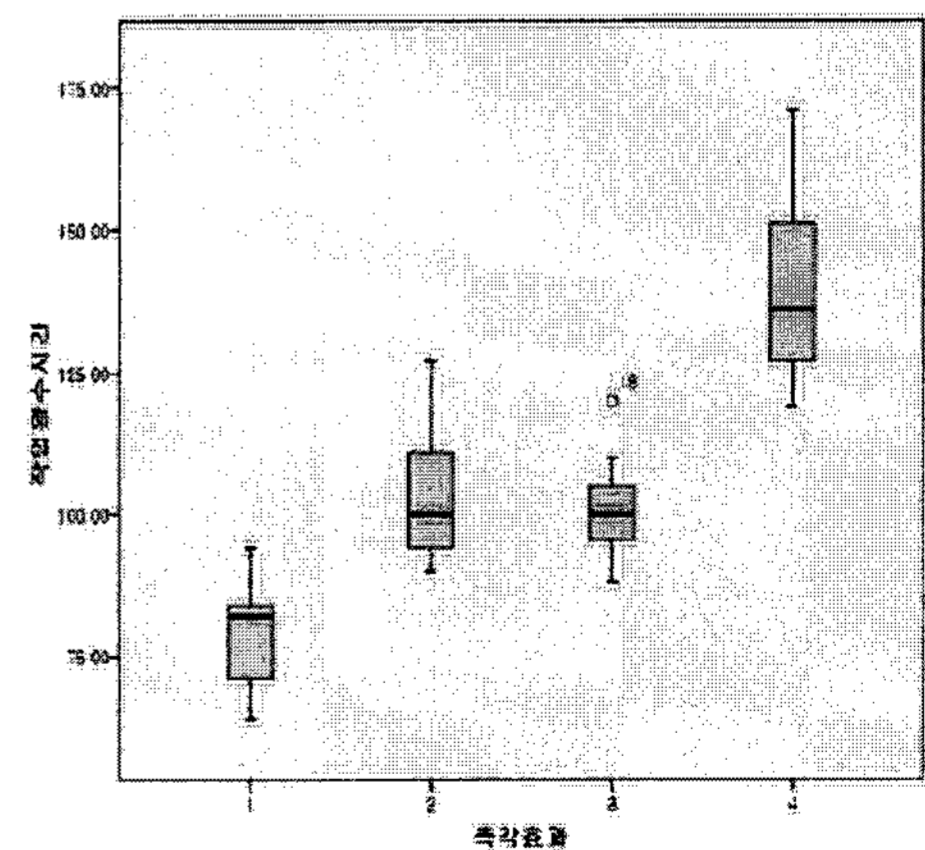


그림 3. 각 요인별(촉각 효과) 작업 완수 시간 분석

Fig. 3. Mean comparison of completion times on each factors

보다 자세한 비교를 위하여 독립 변인 t-검정을 실시하였다. 요인 I 과 요인 II를 분석한 결과의 t 값과 유의 확률을

보면 각각 -3.981과 0.002이고, 단측 대립 가설을 설정하여 '요인 I의 작업 완수 시간 평균이 요인 II보다 작다'를 세웠을 경우 유의 확률이 0.002/2이므로 단측 대립 가설을 받아들일 수 있다. 마찬가지로 요인 I과 요인 III을 분석한 결과의 t 값과 유의 확률을 보면 각각 -4.047과 0.002이고, 단측 대립 가설을 설정하여 '요인 I의 작업 완수 시간 평균이 요인 III보다 작다'를 세웠을 경우 유의 확률이 0.002/2이므로 단측 대립 가설을 받아들일 수 있다. 다음으로 요인 I과 요인 IV, 요인 II와 요인 IV, 요인 III과 요인 IV를 분석한 결과의 t 값과 유의 확률을 보면 각각 (-7.756, 0.000), (-4.266, 0.001), (-4.872, 0.000)로 촉각 장치를 사용한 경우 모두 3차원 입력만 사용한 경우보다 통상 유의 수준 5%에서 대립 가설을 채택할 수 있다.

3.2 평가 기준 중요도 평가 실험

다음은 7명의 작업 후 설문법에 의하여 산출한 평가 기준의 중요도 평가 값이다. 각 피실험자들이 상대적 가중치에 따른 값을 쌍대 비교 행렬에 입력한 후 비일관성 지수를 관찰하여 너무 큰 수가 나올 경우 입력한 값을 재조정하도록 하였다.

표 4. 평가 기준의 상대적 가중치

Table 4. Subjective weighting factor for evaluation criterion

| 평가기준 | 평가기준의 가중치 |
|-------|-----------|
| 정신적요구 | 0.06857 |
| 신체적요구 | 0.24714 |
| 시간적요구 | 0.13571 |
| 수행만족도 | 0.25429 |
| 노력 | 0.17143 |
| 좌절수준 | 0.12143 |

3.3 작업 부하 지수 측정 실험

피실험자들이 NASA-TLX에 기초하여 평가한 작업 부하 점수에 앞에서의 평가 기준의 중요도 평가 결과로 얻은 평가 기준별 가중치 값을 적용하여 최종적인 주관적 작업 부하 지수를 산출하였다. 평가 기준의 중요도 평가결과를 적용한 주관적 작업 부하 지수들 사이에 차이가 있는지 확인하기 위하여 변량 분석을 시도하였다. 각 촉각 효과에 따라 작업 완수 시간의 차이가 있는지를 알기 위하여 수행된 일원배치 분산 분석 결과로부터, 유의 확률(0.001)이 유의 수준(0.05)보다 극히 작으므로 수집한 자료의 평균에 뚜렷한 차이가 있음을 확인할 수 있다.

위와 같이 작업 부하 측정 실험 분석 결과 역시, 요인 I의 경우가 가장 낮은 작업 부하 지수를 나타내는 것을 통하여 중간 크기의 마찰력을 제공한 촉각장치가 가장 높은 사용자 편의성을 제공하였음을 확인할 수 있다. 그림 4는 각 요인별 작업 부하 지수 분석 결과를 나타낸다.

표 5. 작업 완수 시간 측정 분석 결과

Table 5. Analysis for One-way ANOVA Test

| | | 자유도 | 평균 제곱 | F값 | 유의 확률 |
|------|----------|-----|---------|-------|-------|
| 집단 내 | 2869.455 | 3 | 956.485 | 7.653 | 0.001 |
| 집단 간 | 2999.568 | 24 | 124.982 | | |
| 합계 | 5869.023 | 27 | | | |

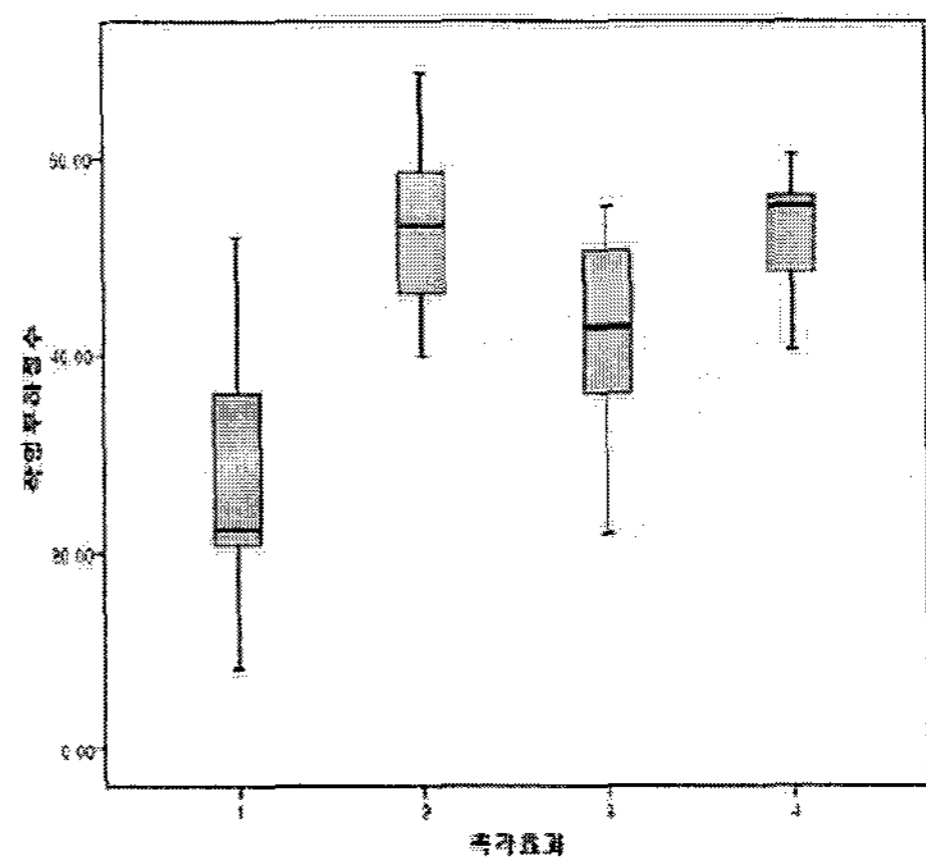


그림 4. 각 요인별(촉각 효과) 작업 부하 지수 분석

Fig. 4. Mean comparison of workload on each factors

4. 결 론

본 논문에서는 증대되는 멀티미디어 콘텐츠의 3차원 모델 제작에 촉각장치를 활용함을 제안하였다. 물체의 3차원 정보(입력)를 제공할 뿐만 아니라, 촉각 정보(출력)까지 제공할 수 있는 새로운 형태의 3차원 입출력 장치인 SensAble Technology사의 PHANTOM Omni장치를 촉각장치로 활용하여 3차원 모델 제작을 수행한 경우가 3차원 입력 장치를 활용한 경우보다 효과적임을 확인하고, 정밀한 작업시 적절한 크기의 마찰력이 3차원 모델 제작에 긍정적인 영향을 미치는가를 고찰하였다. 3차원 모델 제작 소프트웨어로 널리 쓰이는 3D Studio MAX를 이용하여 3차원 모델 제작 예제를 만든 후, 시각에만 의존하는 3차원 입력 장치를 이용한 경우와 다양한 촉각 효과(마찰력)를 갖는 촉각장치를 이용한 경우의 결과를 비교 분석하였다. 정밀한 행동을 요구하는 예제(물체를 다른 물체에 정확히 붙이는 예제)를 제작하고, 예제를 수행하는 동안 촉각장치의 다양한 촉각 효과(두 점촉 물체에서 발생하는 마찰력의 크기를 변화시킨 촉각 효과)에 따른 작업 완수 시간과 작업 부하 지수를 측정함으로써 촉각장치를 입출력장치로 이용하여 멀티미디어 콘텐츠 제작을 위한 3차원 모델의 제작을 수행한 경우가 시각적 정보만 제공하는 경우보다 효과적임을 확인하였고, 정밀한 작

업시 적절한 크기의 마찰력이 3차원 모델의 제작에 긍정적인 영향을 끼친다는 것을 확인하였다: 촉각장치를 사용하여 3차원 모델 제작을 수행한 경우가 3차원 입력 장치를 사용하여 3차원 모델 제작을 수행한 경우보다 작업 완수 시간(평균)을 단축시킬 뿐만 아니라, 특히, 촉각장치의 촉각 효과(마찰력 크기)를 변경하였을 때 마찰력의 크기가 중간으로 설정된 3차원 모델 제작 수행이 작업 완수 시간(평균) 단축에 효과적임을 확인하였다. 또한 작업 부하 측정 실험을 통하여 마찰력의 크기가 중간인 촉각장치를 활용하여 3차원 모델 제작을 수행한 경우에 가장 낮은 작업 부하 지수를 나타낸 것을 확인하였다. 실험 결과로부터 마찰력의 크기를 중간으로 설정한 촉각장치를 활용한 경우가 마찰력을 없앤 경우(기존의 충돌감만 제공되는 경우)와 마찰력을 최고로 높인 경우보다 작업 효율성 측면과 사용 편의성 측면에서 모두 긍정적임을 확인할 수 있었다. 이와 같이 본 논문에서는 급속히 증가하는 멀티미디어 콘텐츠의 3차원 모델 제작 수요에 부응하기 위하여 기존의 마우스 또는 키보드와 같은 2차원 입력 장치를 사용하는 제작 환경 보다 촉각장치를 사용하는 제작 환경이 효율적임을 확인하는 동시에 적절한 마찰력을 제공하는 촉각장치를 3차원 모델 제작에 활용하는 방안이 보다 효과적임을 다양한 실험을 통하여 검증하였다. 따라서, 3차원 좌표를 정밀하게 직접 제어할 수 있으며, 눈으로 보고 있는 가상 물체에 대한 촉각을 제공함으로써 사용자에게 보다 깊은 몰입감을 제공하고 사용자의 직관력을 높여주는 촉각장치는 증대되는 멀티미디어 콘텐츠의 3차원 모델 제작에 보다 효과적으로 활용될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 학술연구진흥재단 신진교수연구(KRF-2005-003-D00341) 지원으로 수행된 연구로서, 관계 부처에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

[1] B. Hannaford, Feeling is Believing: Haptics and Telerobotics Technology, In "The Robot in the Garden, Telerobotics and Telepistomology on the Internet." J. K. Goldberg, Ed., MIT Press, Cambridge, MA, 1999.
 [2] G. C. Burdea, Force and Touch Feedback for Virtual Reality, Wiley, 1996.
 [3] G. C. Burdea and P. Coiet, Virtual Reality Technology, John Wiley and Sons Inc., 2003.
 [4] A. Nahvi, D. D. Nelson, J. M. Hollerbach, and D. E. Johnson, Haptic Manipulation of Virtual Mechanisms from Mechanical CAD Designs, Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Leuven, Belgium, pp. 375-380, 1998.

[5] D. D. Nelson and E. Cohen, Interactive Mechanical Design Variation for Haptics & CAD, EUROGRAPHICS, 1999.
 [6] Silvia Scali, Mark Wright, Ann Marie Shillito, 3D Modelling Is Not for WIMPs, Proceedings of HCI International Crete 2003, Vol. 1, pp.701-705, 2003.
 [7] <http://www.sensable.com>
 [8] <http://usa.autodesk.com>
 [9] Lawrence Kuruger, Pain and Touch, Academic Press, 1996.
 [10] NASA TASK LOAD INDEX (TLX) Manual, Human Performance Research Group, NASA Ames Research Center, 1987.
 [11] 서의훈, SPSS 12.0 한글판을 이용한 SPSS 통계분석, 자유아카데미, 2005.

저 자 소 개



김 영 옥 (金永煜)

1981년 10월 22일생. 2005년 한국기술교육대 인터넷미디어공학부 졸업. 2008년 동 대학원 졸업(석사). 2008년~현재 (주) 디지털아리아 주임연구원.
 Tel : 031-786-7782
 Fax : 031-786-7801
 E-mail : youngook@digitalaria.com



김 윤 상 (金潤相)

1968년 10월 20일생. 1993년 성균관대 전기공학과 졸업. 1995년 동 대학원 졸업(석사). 1999년 동 대학원 졸업(공학박). 1999~2000 한국과학기술연구원 휴먼로봇연구센터 연구원. 2000~2003 (미) Univ. Washington 전기공학과 Faculty Research Associate (전임교원 연구원). 2003~2005 삼성종합기술원 수석연구원. 2004년~현재 (미) Univ. Washington 전기공학과 협력교수. 2005년~현재 한국기술교육대 인터넷미디어공학부 조교수.
 Tel : 041-560-1496
 Fax : 041-560-1462
 E-mail : yoonsang@kut.ac.kr