햅틱마우스를 이용한 인터랙티브 게임

An Interactive Game with a Haptic Mouse

조성만, Seong-Man Cho*, 정동준, Dong-June Jung**, 허수철, Soo-Chul Heo**, 엄유진, Yoo-Jin Um**, 김상연, Sang-Youn Kim***

요약 Ў 본 연구에서는 몰입형 인간 컴퓨터 상호작용을 위한 햅틱 마우스 시스템을 제작한다. 제작한 햅틱 마우스는 진동감각 뿐 아니라 온열감도 제공하기 때문에 사용자는 더욱 몰입감 있게 가상의 공간을 경험할 수 있다. 진동 감각과 온열감을 제공하기 위하여 편심모터들과 솔레노이드, 그리고 펠티어 엑츄에이터를 이용하였으며 제작한 시스템의 평가를 위하여 레이싱 게임 프로토타입을 구현하여 테스트를 수행한다. 실험결과로부터 본 햅틱 마우스는 가상 공간에서 사용자에게 사실감을 전달함을 알 수 있다.

Abstract In this paper, we develop a haptic mouse system for immersive human computer interaction. The proposed haptic mouse system can provide vibrotactile feedback as well as thermal feedback for realistic virtual experience. For vibrotactile and thermal feedback, we use eccentric motors, a solenoid, and a peltier actuator. In order to evaluate the proposed haptic mouse, we implement a racing game prototype system. The experimental result shows that our haptic mouse is expected to be useful in experiencing virtual world.

핵심어: a haptic mouse, vibrotactile feedback, thermal feedback, a game

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. (2008-F-045-01)

*주저자 : 조성만 한국기술교육대학교 멀티미디어공학과 e-mail: jjokki82@naver.com

**공동저자 : 정동준,허수철,엄유진 한국기술교육대학교 멀티미디어공학과 e-mail: {jdj610, tezboy, dayfly}@kut.ac.kr

***교신저자 : 김상연 한국기술교육대학교 멀티미디어공학과 조교수; e-mail: sykim@kut.ac.kr

1. 서론

사용자가 가상공간을 체험할 때 몰입감 및 사실적인 느낌을 제공하는 것은 매우 중요한 요소 중 하나이다. 이와 같은 몰입감 및 사실감은 사용자가 임의의 공간에서 가상의 물체와 상호작용할 때 다양한 채널을 통하여 전달될 수 있다. 일반적인 환경에서는 모니터와 스피커를 통해서 시각과 청각정보만이 제공된다. 이는 게임과 같은 가상공간에서 사용자에게 정보전달이나 상황을 인식하는 데 유용하지만 몰입감을 증가시키는데 한계가 있다. 따라서 사용자에게 더 나은 가상공간 체험을 위해서, 촉감을 제공할 수 있는 햅틱 기술이 필요하다. 이와 같은 이유로 현재 많은 곳에서 햅틱 기술이 사용자에게 몰입감을 전달하기 위한 중요한 요소로 사용되고 있다.

'햅틱스(Haptics)'란 사용자가 원격의 물체나 가상의 물체와 인터랙션을 할 때 촉각정보를 사용자에게 전달해 주 는 기술을 의미한다. 촉감은 사용자가 물체의 특성을 파악하 거나 조작하여 정교한 작업을 수행할 때 시각정보 다음으로 중요한 역할을 한다. 이러한 촉감은 손에 높은 밀도로 분포 되어 있으므로, 신체의 다른 부위보다도 가장 정확하고 많은 촉감 정보를 얻게 된다 [1].

사람의 생리학적, 정신물리학적 측면의 많은 연구들로 부터 촉각 수용기에 대한 기능과 역할이 밝혀지고 이를 근거로 다양한 햅틱 장치들이 개발되어 왔다. B. L. Harrison[2] 등은 모바일 기기에서 진동감각을 느낄 수 있는 햅틱 장치를 개발하였고 T. Kaaresoja과 J. Linjama [3]는 진동감각을 재현하기 위한 제어신호는 50~200msec 의 시간이 유지

되어야 한다는 사실을 밝혀내었다. A. Chang [4]등은 사용자에게 음성과 더불어 촉감을 전달할 수 있는 ComTouch 라는 모바일 시스템을 개발하였다. J. Lindjama [5]등은 가속도센서와 진동모터를 이용하여 제스처를 인식하고 이를 기반으로 햅틱 (진동)피드백을 전달받을 수 있는 시스템을 개발하였고, I. Oakley [6],[7]등은 모션 센싱과 진동피드백을 위한 하드웨어 플랫폼을 개발하고 간단한 공굴리기 게임에 적용하였다. S.Y. Kim [8]등은 인터랙티브 게임에서 몰입감을 전달해 주기 위한 진동렌더링 기법에 대하여 제안하였다.

위에서 언급한 햅틱 장치는 사실적이고 안정적인 힘을 제공해 주지만, PC 게임과 같은 시스템에 적용하기 위해서 일정한 학습 및 숙련 과정이 필요하다. 이 과정에서 사람들은 직관적으로 반응하지 못하고 시행착오를 거치게 된다. 따라서 새로운 하드웨어를 사용하여 게임 및 가상현실에 적용시킬 경우, 사용자의 집중력을 분산시켜 의도하지 않은 결과가발생할 가능성도 존재한다.

이때 컴퓨터의 그래픽 환경이나 원격지의 환경으로부터 촉각정보를 되돌려 받기 위해서는 촉각을 제공해줄 수 있는 인터페이스가 필요하다. 현재까지 사용자의 의도를 컴퓨터로 전달하기 위하여 마우스를 사용하는데 많이 익숙해져 있다. 따라서 기존의 컴퓨터 환경에서 가장 널리 사용되고 있고 새로운 학습 없이 사용가능한 소형 햅틱 마우스의 개발이 필요하다.

많은 연구자들이 가상현실상에서 몰입감을 증가시키기 위 한 인터페이스 장치로 햅틱 마우스에 대한 연구를 수행하여 왔다. H. Choi과 D.S. Kwon은 마우스를 통하여 가상의 물 체를 쥐거나. 이동시킬 때의 force feedback을 제공하는 시 스템을 개발하고 그 효용성을 입증하였고[9], K.U. Kyung [10]등은 피부감각 및 온열감을 전달할 수 있는 햅틱 마우스 를 개발하였다. 이와 같은 기존의 개발된 시스템들은 몰입감 을 전달하기에 좋은 햅틱 장치이지만 힘을 생성해 내는 기 계적인 구조 및 온열감을 제공하기 위하여 사용하는 쿨러등 이 사용되어 부피가 다소 크다는 단점이 존재한다. 그러므로 게임과 같은 일반적인 상황에 적용시켜 사용하기에는 다소 무리가 있다. 예를 들어 마우스를 주로 사용하는 게임과 같 은 경우 마우스 이동, 드래그, 좌/우 버튼 클릭과 같은 동작 을 여러 번 반복해야 한다. 이때 마우스의 크기가 너무 크거 나 무거운 경우에는 위와 같은 일련의 동작들을 수행하기 에 사용자는 불편함을 느끼게 되고 이는 몰입감을 저하시키 는 한 요소가 될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 휴대성과 이동성이 좋은 마우스 형태의 햅틱 장치를 제안하고 이를 이용한 인터랙티브 게임을 제안한다. 제안하는 인터랙티브 게임에서는 사용자에게 그래픽 상황에 따른 진동 감각 및 온열감을 제공함으로 몰입감을 증가시킨다.

2. 햅틱 마우스의 구조

본 연구에서는 사용자에게 진동 감각 및 온열감을 제공해줄 수 있는 소형 햅틱 마우스를 개발하였다. 그림 1은 제안하는 햅틱 마우스 시스템의 구성도를 보여주고 있다. 사용자가 가상환경과 상호작용시 그래픽 상황에 따른 햅틱 정보를 생성하고 마이크로 프로세서에 전달한다. 본 시스템에서는 그림 1과 같이 4개의 진동모터, 솔레노이드 엑츄에이터(Force reactor)를 사용하였으며, 온열감을 제공해주기 위하여 펠티어(Peltier) 엑츄에이터를 사용하였다. 진동모터는 방향성을 제시해 주기 위하여 좌우상하로 한 개씩 배치하였다. 진동모터는 감각을 생성하기 쉽고 크기가 작아서 시스템에 적용시키기에 매우 유리하지만 주파수와 진동의 세기를 독립적으로 제어를 하지 못하기 때문에 저주파수의 강한 진동을 만들 수 없다. 그러므로 본 시스템에서는 주파수와 진동의 세기를 독립적으로 조정할 수 있는 솔레노이드 엑츄에이터(Force reactor)를 같이 사용하여 단점을 보완하였다.



그림1. 햅틱 마우스 시스템 구성

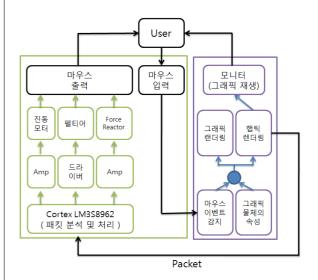


그림2. 소프트웨어 시스템을 통한 신호의 흐름도

그림2 는 소프트웨어 시스템의 구조를 보여준다. 사용자는 모니터를 통하여 3D 게임의 그래픽 정보를 제공받고 마우스를 통하여 상황에 맞는 이벤트를 PC로 전송한다. 이 데이터를 바탕으로 게임 상의 물체의 속성과 사용자의 인터랙

선 정도에 따라 그래픽 렌더링 및 햅틱 렌더링을 수행한 후 그래픽 결과는 모니터를 통해 사용자에게 전달하고 햅틱 정보는 패킷 형태로 햅틱 마우스 제어기로 전달된다. 햅틱마우스 제어기에서는 들어오는 패킷을 분석 및 처리하여 이를 기반으로 각각의 엑츄에이터를 동작시켜 햅틱감각을 생성한다. 이 모든 햅틱 감각은 햅틱 마우스를 통하여 사용자에게 전달되며 사운드 정보는 스피커를 통해 전달된다.

본 시스템에서 사용자의 입력과 비쥬얼 피드백, 햅틱 피드백, 사운드 피드백은 실시간으로 처리가 가능하도록 구현하였다. 그러므로 사용자는 이벤트 발생과 동시에 3가지 채널에서 정보를 제공받게 되고 이는 사용자의 몰입감을 증가시키는 중요한 요소가 된다.

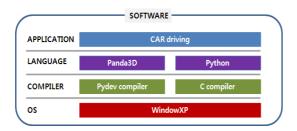


그림3. 소프트웨어 시스템 구성

그림3은 소프트웨어의 구성을 보여준다. WindowXP 기반에서 Pydev와 C컴파일러를 사용하여 소프트웨어 시스템을 구현하였다. 햅틱 마우스 시스템의 실험 및 평가를 위하여 Panda3D와 Python을 사용하여 자동차가 3D가상공간을 주행하는 게임 어플리케이션을 구현하였으며 햅틱 마우스의 제어를 위해 ARM Cortex processor를 사용하였다.

3. 햅틱 마우스를 이용한 게임 시스템

개발한 게임 시스템은 시각처리 부분과 촉각처리 부분으로 구성되어 있으며 시각처리 부분에서는 사용자에게 사실 감을 전달하는 그래픽 렌더링을 통하여 시각정보를 계산 및 생성하였고, 촉각처리 부분에서는 진동 렌더링에 초점을 맞춰 사용자가 노면의 상태 및 차량의 속도에 따라 진동감각을 느끼도록 하였다. 또한, 온열감에 초점을 맞춰 게임상의 주변 환경에 대한 온도변화를 느낄 수 있도록 하였다.





그림4. 게임시스템 맵의 노면상태 (좌) 와 맵의 환경변화 (우)

제작한 게임어플리케이션 상에서 자동차가 움직이는 맵은 3차워 좌표를 기반으로 구성되어 있다. 그림4는 맵의 노면 상태와 주변 환경에 대한 일부분을 보여주고 있다. 그림5 과 같이, 노면은 단위트랙들로 이루어져 있으며 아스팔트길과 같은 부드러운 부분, 비포장도로와 같은 거친 부분, 과속방지택 등의 조합으로 제작되었다. 본 연구에서는 이와 같은 노면에서 자동차가 달릴 때 속도와 노면의 상황에 따른 진동감각의 생성에 대하여 제안하고 이를 햅틱 마우스에 적용한다.

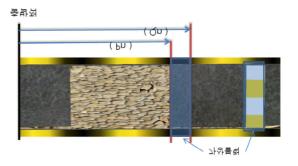


그림5. 도로상의 가상블럭 배치상태

노면의 상황과 차량의 속도에 따른 진동 렌더링을 구현하기 위하여 '가상블락' 개념[8]을 도입하였다. 가상블락은 직사각형 모양으로 가정하였다. 이러한 가상블락은 단위 트랙과 또 다른 단위 트랙이 만나는 지점에 일정하게 가상으로 배치되었다. 또한 이 가상블록은 노면위의 둔턱 위에도부가적으로 설치되었다. 본 진동렌더링의 기본 개념은 자동차가 가상블락을 지날 때 진동감각이 느껴지도록 제어 입력신호를 생성하는 것이다. 차량의 시작위치로부터 n번째 가상블락의 시작점까지의 거리를 Pn이라 하고 n번째 가상블락의 끝부분까지의 거리를 Qn이라고 가정하면 진동 렌더링을위한 펄스제어용 입력 신호(Vt)는 수식(1)과 같이 계산될 수있다. 수식 (1)에서 u(t)는 단위계단 함수를, L 은 출발점에서부터 현재 차량이 있는 위치까지의 거리를 나타낸다.

$$V_{T}(L) = \sum_{n=1} [u(L - p_{n}) - u(L - q_{n})]$$
 (1)

그림 4와 같이 게임시스템에서의 환경 변화가 일어날 때 상황에 맞는 온열감 생성을 위해 기계적인 가동부분이 없는 $30 \times 30 \text{mm}$ 크기의 펠티어(Peltier) 엑츄에이터를 사용하였으며 피드백 제어를 통해 환경에 맞는 온열감을 생성하였다. 사용한 펠티어는 에너지보존법칙에 의해 한쪽 면이 냉각될때 반대쪽 면은 가열된다. 발열부위를 식혀주지 않을 때는 발열부위의 온도가 냉각부위로 옮겨와서 펠티어의 온도가 전체적으로 상승하게 된다. 따라서 발열부위의 온도를 얼마나 냉각시켜 주느냐에 따라 냉각의 효율성이 결정된다. 위와 같은 이유로 펠티어의 급격한 온도변화를 위해서는 쿨러가 필요하다. 하지만 쿨러의 사용은 소형 햅틱 마우스의 이동성

및 휴대성을 저해하는 요소가 되고 시스템의 크기가 커지게 된다.

사용자가 게임등과 같은 가상환경을 체험할 때 얻는 감성 및 즐거움은 게임에서 얻고자 하는 기쁨을 의미하며 이를 충족시켜주기 위한 하위 요소 중 스펙터클(Spectacle)은 일 상생활에서 볼 수 있는 것으로 소리, 시각, 움직임을 통한 자극을 말한다. 즉, 일상에서 느낄 수 있는 감각을 제공해 주는 것이 게임상에서 사용자의 욕구를 충족시키기에 유리하며 몰입감을 증가시키기는 요소이다[11]. 일상생활에서 짧은 시간동안 급격한 온도의 변화는 자주 일어나지 않는다. 본 시스템에서는 현실에서 일반적으로 일어나는 온도변화를 제공해 줌으로써 쿨러를 배제할 수 있었다.

4. 실험환경 및 결과

본 논문에서 제안한 방법의 타당성을 검증하기 위하여 게임 시스템 구축 후 실험을 실시하였다. 본 연구의 실험은 Intel(R) Core(TM)2 Duo 프로세서 2.66 GHz CPU와 2GB RAM의 메모리, NVIDIA GeForce 8300 GS의 그래픽 가속기를 포함하는 컴퓨터에서 수행되었으며 소프트웨어는 Eclipse SDK환경에서 Python을 사용하여 작성되었다. 시각적인 정보를 제공하기 위한 그래픽 모델 렌더링은 Panda3D 게임엔진을 사용하였다.

4.1 실험환경

실험은 햅틱 마우스를 통한 피드백 경험이 없는 7명(남자 5명, 여자 2명)을 대상으로 실시하였다. 실험 시, 피 실험자들의 상호간의 영향을 최소화하기 위하여 한명씩 진행하였다. 실험을 시작하기 전 피 실험자에게는 다음과 같은 실험항목을 제공한 뒤 항목에 대한 설명을 한 후 시각, 청각 정보를 제공한 상태에서 첫 번째 실험을 실시하였으며(실험1), 시각, 청각, 촉각 정보를 제공한 상태에서 두 번째 실험을 실시하였다.(실험2) 모든 실험을 종료한 뒤 설문을 작성하도록 하였다. 각 실험에 대한 설문의 항목들은 다음과 같다.

- a) 노면이 변화하는 것을 느낄 수 있는가?
- b) 노면에 따라 자동차가 달리는 구간을 구별할 수 있는가?
- c) 주변 환경에 대한 온도변화의 차이를 구별할 수 있는가?
- d) 실험을 끝내고 난 뒤 몰입정도에 대하여 점수로 평가 하시오. (5점 만점)

a) 항목은 본 연구에서 제안한 햅틱 렌더링 기법을 통한 피드백이 피 실험자에게 안정적으로 전달되는지에 대하여 확인하기 위한 것이다. b)와 c)항목은 피 실험자에게 제공된 햅틱 피드백의 효용성을 검증하기 위하여 계획되었다. b)항 목을 평가하기 위하여 노면의 상태를 4가지(일반도로, 자갈 길, 모랫길, 과속방지틱)로 설정하였고, c)항목을 위하여 자동차가 지나가는 환경의 온도를 2가지로 설정하고 실험을 실시하였다. d)항목은 햅틱 피드백을 제공하였을 경우에 피실험자의 몰입정도를 검증하기 위한 것이다. 몰입정도에 따라서 실험 항목 중 a)~c)까지는 '예', '아니오' 중 하나를 선택하도록 하였고 d)항목은 몰입감에 대한 평가를 5점 만점을 기준으로 하여 점수화 하도록 하였다.

4.2 실험결과

실험결과는 표1 과 같다. 표1에서 실험1은 온열감을 포함한 햅틱 감각을 제외하고 진행하였고, 실험2는 햅틱 감각을 제공하고 실험을 진행하였다. a~c 열의 데이터는 '예'라고 대답한 사람의 명수를 나타내고 d열의 데이터는 평가된점수의 평균을 나타낸다. 시각과 청각정보만을 제공한 경우(실험 1) 보다 햅틱 감각까지 함께 제공한 경우에 사용자들은 좀 더 현실감 있게 주변 환경을 탐색하며 그래픽 환경에 몰입됨을 알 수 있었다.

표1. 실험결과.

	a	b	c	d
실험1	3명	1명	0명	1.287
실험2	7명	6명	6명	3.929

5. 결론

본 논문은 가상환경에서 사용자의 몰입감을 증가시키기 위하여 햅틱 피드백을 제공할 수 있는 소형 햅틱 마우스를 제안하였고 그래픽 상황에 맞는 다양한 햅틱 감각을 생성하는 햅틱 렌더링 방법을 제안하였다. 또한 제안한 마우스 및 햅틱 렌더링 기법의 효용성을 검증하기 위하여 인터랙티브 게임 프로토 타입을 제작하고 실험을 수행하였다. 실험결과 햅틱 피드백이 사용자의 몰입감을 향상시키는데 큰 요소 중의 하나임을 확인하였다.

본 연구에서 제안한 햅틱 마우스는 소형으로 이루어져 있고 햅틱 감각 생성을 위한 별도의 주변장치들이 필요 없기 때문에 기존의 마우스 시스템에 그대로 적용시킬 수 있다. 또한 다양한 햅틱 감각의 생성을 위하여 각기 다른 3종류의 엑츄에이터를 사용하였고, 패킷형태로 이를 제어하기 때문에 다른 소프트웨어 시스템으로서의 확장이 용이하다. 따라서 본 연구의 결과를 게임 산업에 국한 시키지 않고 어린이 교육용 어플리케이션이나, 채팅이나 메일 등의 감정의 전달, 청각장애인들의 소리 표현과 같은 산업 분야에 응용한다면 더욱 몰입감 있는 시스템이 구축될 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] R.S. Johansson, and A.B. Vallbo, "Tactile sensibility in the human hand: relative and absolute densities of four types of mechanoreceptive units in glabrous skin," Journal of Physiology, Vol. 286, pp.283-300, 1979.
- [2] B.L. Harrison, K.P.Fishkin, A. Gujar, C.Mochon, and R.Want, "Squeeze Me, Hold Me, Tilt Me! An Exploration of Manipulative User Interfaces," Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI' 98), pp. 17-24, 1998.
- [3] T. Kaaresoja, and Jukka Linjama, "Perception of Short Tactile Pulses Generated by a Vibration Motor in a Mobile Phone," First Joint Eurohaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems (WHC'05), pp. 471–472, 2005.
- [4] A. Chang, S. O'Modhrain, R. Jacob, E. Gunther, and H. Ishii, "ComTouch: Design of a Vibrotactile Communication Device," ACM Designing Interactive Systems Conference, pp 312-320, 2002.
- [5] J. Linjama, J. H kkil, and S. Ronkainen, "Gesture Interfaces for Mobile Devices – Minimalist Approach for Haptic Interaction," Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI' 05), portland, 2005.

- [6] I. Oakley, J. ngeslev, S. Hughes, S. O' Modhrain, "Tilt and feel: scrolling with vibrotactile display," Eurohaptics 2004, pp. 316-323, 2004.
- [7] I. Oakley, S. O' Modhrain, "Tilt to Scroll: Evaluating a Motion Based Vibrotactile Mobile Interface," First Joint Eurohaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems (WHC'05), pp. 40-49, 2005.
- [8] S.Y. Kim, K.Y. Kim, B.S. So, K. Yang, "Vibrotactile Rendering for Simulating Virtual Environment in a Mobile Game", IEEE transaction on consumer electronics, Vol 52, No 4, 2006, pp. 1340-1347
- [9] H. Choi, D.S. Kwon, M.S. Kim, "Design of novel Haptic Mouse and its applications" IEEE/RSJ Int. Conf. Intelligent Robotics and Systems, 2003, Las Vegas, Nevada, U.S.A. pp. 2260-2265
- [10] K.U. Kyung, S.C. Kim, D.S. Kwon M.A. Srinivasan, "Texture Display Mouse KAT: Vibrotactile Pattern and Roughness Display", IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, oct 9-15, 2006 beijing, China, pp. 478~483.
- [11] 최삼하, 김경식, "인간의 욕구분석을 통한 게임의 흥미 요소 연구", 한국게임학회 논문지, Vol 2, No 2, 2002 Korea pp. 10-19.