



An Immersive Mobile Racing Game Based on Visual and Haptic Feedback

KyungBok Jin¹, Dong-Soo Choi¹, Sungmin Im², Sang-Youn Kim^{1*}

¹Advanced Technology Research Center, Korea University of Technology and Education

²Division of Education, Sookmyung University

ABSTRACT

This paper suggests an immersive mobile racing game which allows a user to haptically and visually sense virtual environment. For constructing the immersive mobile racing game, we develop a mobile platform which expresses the reaction of a car on a road surface and simulates the road surface using tactile information. To simulate the road surface, we first design a tiny tactile module with an elastic spring, a permanent magnet, and a solenoid coil and insert it into the mobile platform. Eccentric vibration motors and an impact actuator are incorporated into the mobile platform to simulate the reaction of a car. A thermal feedback module is developed using thermal feedback unit composed of a heat conduction plate and a temperature sensor and is embedded into the developed mobile platform. An inertia measurement unit (an IMU) is inserted into the mobile platform so that the developed platform measures a user's motion. The developed mobile platform is used as an interface for providing tactile feedback, vibration, and thermal feedback, all of which are important physical property of virtual environment, to a user. We investigate the temporal resolution of the proposed game system because it is considered as a key factor affecting haptic perception. The experimental result shows that proposed system has the possibility to provide immersive sensation to a user.

© 2014 KKITS All rights reserved

KEYWORDS: Mobile games, Haptic Sensations, Virtual Environments, Smart Devices, Multi-modal Interactions

ARTICLE INFO: Received 12 May 2014, Revised 12 June 2014, Accepted 20 June 2014.

*Corresponding author is with Interaction Lab., the Advanced Technology Research Center, Korea University of Technology and Education, 1800 Chungjello,

Byeongcheon-myeon, Dongnam-gu, Cheonan, Chungnam, 330-708, KOREA.

E-mail address: sykim@koreatech.ac.kr

1. 서론

최근 들어 그래픽스 기술 및 하드웨어 기술의 발전으로 인하여 특정환경 및 상황을 컴퓨터로 똑같이 묘사하여 사용자에게 몰입감을 높여주는 기술들이 게임산업에도 많이 적용되고 있다. 국내 게임 산업의 경우 온라인에서 휴대용게임으로의 플랫폼이동에 따른 신규 수요 창출로 인하여 2014년 매출액은 전년대비 11.2% 증가한 12조 1028억 원으로 지속적으로 성장세를 보일 것으로 예측하고 있다. 또한 수출의 경우에도 2013년 대비 약 15.6%가 증가된 34억 4289만 달러(전년대비 약 15.6% 증가)로 콘텐츠산업 전체 수출액의 약 60%를 차지할 것으로 전망되고 있다 [1]. 현재 스마트 폰의 등장과 함께 모바일 플랫폼이 점점 널리 사용되면서 모바일 게임이 국내의 주요 산업중 하나가 되어가고 있으며 점점 더 많은 사람들이 모바일기기를 이용하여 게임을 즐기고 있다.

사용자는 게임을 하는 도중 버튼을 누르거나 터치스크린을 문지름으로 물체를 조작하고 물체의 조작함에 따라 물체의 상황은 3D 그래픽정보와 스테레오 사운드로 표현되어 사용자에게 전달된다. 그러나 게임중 사용자에게 몰입감을 전달해 주기 위해서는 물체를 직관적으로 조작할 수 있는 방법이 필요하다. 이러한 사용자의 기대를 만족시켜주기 위해 사용자의 제스처나 모션을 인식하여 가상의 물체를 조작할 수 있는 자연스러운 인터랙션 기술(Natural interaction technology)이 개발되었고 게임에 적용되기 시작하였다 [2-13]. 특히 마이크로소프트에서는 일반적인 버튼입력방식이 아닌 자연스러운 인터랙션 기술을 이용하여 키넥트(Kinect)라는 게임기를 개발하고 상용화 하였다. [14] 키넥트는 다른 게임과는 달리 손에 아무것도 들거나 장착하지 않고 사용자의 모션정보만을 이용한다는 장점을 가지고 있지만 사용자에게 실제 물체와 인

터랙션을 하는 것만큼의 몰입감을 전달해주기에는 다소 부족하다.

사용자가 휴대용기기와 인터랙션 할 때 사용자가 원하는 수준의 몰입감을 전달하면서 물체를 직관적으로 조작하게 위하여, 인터랙션을 위한 또 다른 채널이며 사용자로 하여금 직관적으로 대상 물체를 조작할 수 있게 해주는 햅틱 기술 [15]이 휴대용기기에 적용되기 시작하였다. 햅틱 정보는 크게 피부내의 수용기들로부터 받아들이는 피부감각(tactile sensation) 과 근육 등에 존재하는 수용기에서 받아들이는 역감(kinesthetic sensation)으로 나뉘어진다. 그러나 역감을 사용자에게 전달하기 위한 액츄에이터들은 크기가 매우 커서 휴대용기기에 탑재되기 힘들기 때문에 많은 연구자들이나 개발자들은 휴대용기기에서 햅틱 감각을 생성하기 위해 피부감각을 전달해 줄 수 있는 진동기반 액츄에이터(vibrotactile actuator)의 개발 및 이를 이용한 햅틱 자극생성에 초점을 맞춰왔다.

닌텐도 사는 자연스러운 인터랙션 기술과 햅틱 기술을 접목하여 닌텐도 위(Nintendo Wii)라는 게임기를 개발하고 상용화 하였다[16]. D. Morris 등은 가상의 공간에서 사용자가 휴대용기기를 이용한 촉각기반 탁구 게임(haptic battle pong)을 개발하였다. [17] M. Faust 와 Y.H Yoo는 두 개의 휴대용기기를 이용하여 벽돌게임을 구축하고 공과 블록이 충돌하였을 때 발생하는 햅틱 효과를 생성하였다. [18] I. Hwang 등은 휴대용기기에서 음악과 햅틱 자극을 실시간으로 연결시켜 사용자에게 전달하는 시스템을 개발하였으며 [19], J.M Lim 등은 휴대용기기에서 사용자에게 몰입감을 증폭시키기 위하여 소리와 햅틱 감각을 전달하는 시스템을 개발하였다. [20] B.T. Gleeson와 L.P. Cheng 등은 사용자의 모션 입력에 따라 햅틱 자극을 생성하는 시스템을 개발하였다 [21]

이와 같은 연구들은 사용자에게 몰입감을 크게

증폭시켜 주지만 단지 진동모터를 이용하여 충돌 효과 등만을 이용하기 때문에 물체의 온열감이나 재질감 등 물체 표면의 특징들을 모두 사용자에게 전달하는 것은 쉽지 않다. 그러므로 본 연구에서는 진동자극 뿐 아니라 움직이는 물체의 이동속도에 따른 감각, 가상환경내의 온열감각, 노면의 미세 정보등의 물체의 미세표면감각을 생성하여 사용자에게 전달할 수 있는 휴대용 플랫폼을 개발한다. 본 연구에서는 물체의 이동속도에 따른 감각을 생성하기 위해 솔레노이드 액추에이터를 이용하며, 물체의 온열감생성을 위해서는 펠티어 소자를 이용한다. 본 연구에서는 특히 노면의 미세표면을 생성하기 위해 소형 재질감 생성장치를 개발하고 휴대용 플랫폼에 탑재한다. 그리고 이를 기반으로 하여 사용자에게 게임환경을 촉각적으로 제시하여 몰입감을 전달해 주는 휴대용 레이스 게임을 제안한다.

2. 휴대용 자동차 게임환경

본 연구에서는 휴대용기기를 이용하여 레이스 게임을 할 때 충돌느낌 및 자동차의 속도감 뿐 아니라 노면의 정보와 자동차 실내의 온도등까지도 촉각적으로 전달하는 레이스게임을 제안한다. 자동차의 충돌느낌을 전달하기 위해 기존의 휴대용기기에서 널리 사용되고 있는 진동모터를 이용하였으며, 자동차의 속도감을 생성하기 위해 솔레노이드 액추에이터를 이용하였다. 또한 자동차의 실내 온도등을 촉각적으로 생성하기 위해 펠티어 효과를 가진 액추에이터를 이용하였다. 그리고 노면의 정보를 생성하기 위해 핀 어레이타입의 소형 재질감 모듈을 개발하고 휴대용기기에 탑재하였다. 개발한 게임에서 시각화를 제외한 모든 구성요소들은 휴대용 기기에서 구축되었다. 시각화는 PC에서 이루어 졌으며 PC 와 휴대용기기와의 통신은 무선

통신 (bluetooth)를 통해 구축되었다.

개발한 게임은 햅틱 제어기와 메인제어기로 나뉘어져 있다. 햅틱 제어기는 자동차의 속도, 도로 표면의 거칠기 상태, 현재 자동차 실내의 온도등을 촉각적으로 생성하는 역할을 하며 또한 사용자의 의도를 파악하여 메인 제어기로 전달한다.

사용자의 의도는 제어기 내에 존재하는 버튼의 상태를 읽어 들이거나 제어기의 기울어진 정도를 가속도 센서를 통해서 읽어들이므로 해석되며 해석된 사용자의 의도는 무선통신을 통해 메인제어기로 전달된다. 메인제어기에서는 파악된 사용자의 의도를 분석하여 그래픽 환경에서 자동차의 움직임을 시각적으로 모사한다.

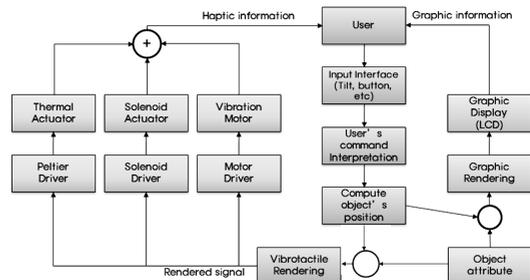


그림 1. 게임 시스템의 신호흐름도

Figure 1 The signal flow of the proposed game system

<그림 1>은 구축된 게임의 신호 흐름도를 보여주고 있다. 사용자가 게임 시스템 하드웨어를 전, 후, 좌, 우로 움직이면 하드웨어에 내장된 가속도 센서가 사용자의 움직임을 읽어들이고 명령해석부(Command Interpretation part)로 사용자의 명령을 해석하기 위해 전달된다. 명령해석부에서 해석된 정보는 물체의 위치파악부로 전달되어 자동차의 위치, 속도, 그리고 가속도가 계산되고, 블루투스를 통해 메인제어기로 전달된다. 메인제어기에서는 전달받은 물체의 위치를 기반으로 사용자가 조종하는 자동차가 움직임을 처리하여 그래픽 환경에

시각화 된다. 시각화를 위한 그래픽 렌더링은 파이썬(python)과 판다 3D(panda 3D) 라이브러리를 이용하여 메인제어기에서 수행되었다.

또한 메인제어기에서는 노면과 자동차 사이에서 발생하는 미세한 진동정보를 계산하고, 계산된 진동정보와 현재의 자동차 온도를 로컬 제어기로 전달한다. 전달된 정보는 마이크로 프로세서에 의해 분석되어 모터를 통하여 진동감 및 속도감을 생성하여 사용자에게 제공해 준다.

2.1 그래픽 환경

게임 시스템을 구축하기 위해 3D 그래픽 환경을 구축하였다. 이 환경에서 사용자는 제어를 조종하여 방향과 속도/가속도 등을 조절함으로써 출발점으로부터 최종목적지까지 자동차를 조종한다.



그림 2. 그래픽 아바타
Figure 2 Graphic Avatar

가상환경에 나타나는 자동차는 3Dmax로 모델링 후 스킨작업을 하였으며, 사실감을 증대시키기 위해 Unwrap UVW로 작업하여 매핑(Mapping) 작업을 함으로 텍스처를 구축하였고, 포토샵으로 구축된 텍스처 이미지들을 자세하고 사실적으로 표현하기 위해 모델링한 캐릭터를 구간별로 나누어 작업 하

였다. <그림 2>는 모델링한 후 스킨작업까지 수행한 후 가상환경에 시각화한 자동차의 모습이다.

<그림 3>은 그래픽 지형의 구현 모습을 보여주고 있다. 그래픽 시뮬레이션을 위한 지형은 <그림 3(a)>와 같이 건물과 도로 등으로 구성된 작은 도시로 구성하였으며 텍스처를 UVW mapping을 통해 사물의 크기에 맞게 입히고 Unwrap UVW를 통해 나무나 장애물들의 텍스처를 입힘으로 도시를 구현하였다. <그림 3(b)>

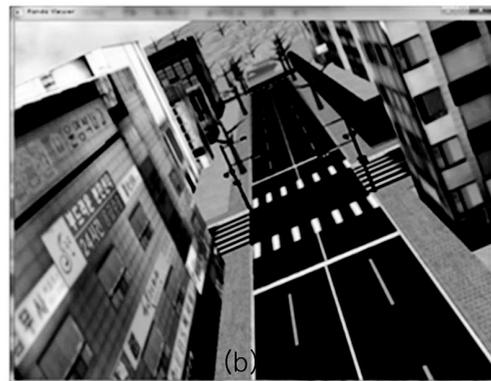
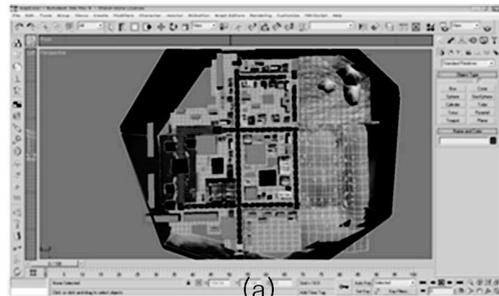


그림 3. 지형모델
Figure 3. Terrain Model

2.2 햅틱 환경

앞서 언급한 것과 같이 본 연구에서는 사용자에게 다양한 햅틱 효과를 생성하여 전달해 주기 위하여 여러 가지 액츄에이터를 사용하였으며 특히

노면의 거칠기 정보를 촉각적으로 제시하기 위해 <그림 4>와 같이 소형 핀 어레이 타입의 재질감 생성 모듈을 개발하였다. 본 연구에서는 현재 온도를 측정하기 위해 NCP18WM154J03RB라는 매우 작은 크기 (1.6x0.8mm²)의 온도 센서를 이용하여 온도를 측정하였으며 TA8050P라는 IC 칩을 이용하여 펠티어 소자<그림 5a>의 흡열면과 방열면을 교차 제어함으로 온열감을 생성하였다. 또한 충돌효과를 생성하기 위해 진동모터를 사용하였으며, 진동모터의 경우 주파수와 크기를 독립적으로 제어하지 못하기 때문에 자동차의 속도효과를 처리하기 위해 솔레노이드 액추에이터를 이용하였다. 본 연구에서 자동차의 속도는 솔레노이드 입력 주파수와 매핑하여 속도가 증가할수록 빠른 주파수를 갖는 햅틱 감각이 사용자에게 전달될 수 있도록 하였다.

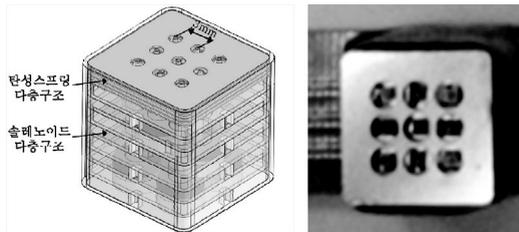


그림 4. 노면의 미세표면 생성을 위한 재질감 모듈
Figure 4. Tactile Module for Creating the Microshape of Road's Surface Terrain Model

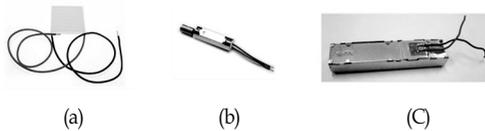


그림 5. 사용한 액추에이터들
Figure 5. Applied Actuators

<그림 4>는 다층 솔레노이드 구조를 사용하여 개발한 재질감 모듈 이다. 전자기력을 이용한 액추에이터에서 발생하는 힘의 크기는 사이즈에 매우 의존적이기 때문에, 코일과 영구자석의 크기를 증

가시키기 위해 각각 9 개씩을 4 개의 층으로 나눠 배열하여 컨택터 간의 간격을 파치니언 소재를 자극하기 적합한 3mm 로 유지하였다. 또한 영구자석과 솔레노이드사이에서 발생하는 힘에 탄성력을 추가하여 힘을 더욱 증폭시켰다. 제안된 촉감 제시 모듈은 탄성스프링, 스프링들사이의 간섭을 없애기 위한 스페이서, 영구자석, 영구자석에 고정된 컨택터, 솔레노이드 코일, 솔레노이드케이스로 구성하였다.

3. 햅틱 시뮬레이션

<그림 6>은 햅틱 시뮬레이션을 위하여 개발된 하드웨어 구성도를 보여주고 있다. 하드웨어는 휴대가능한 크기의 목업에 편심모터 4개, 온열감 액추에이터, 가속도 센서, 핀어레이 모듈, 무선통신 모듈(블루투스), 그리고 임팩트 타입의 솔레노이드 액추에이터들로 구성하였다.

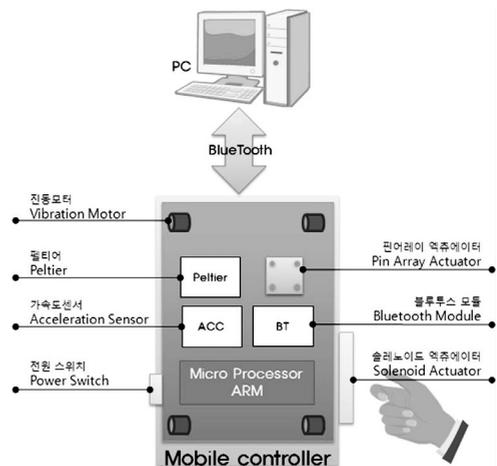


그림 6. 하드웨어 구성도

Figure 6. Hardware structure of the proposed system

제어기는 ARM Cortex core를 장착한 마이크로 프로세서인 LM3S8962에 여러 가지 주변 I/O들을

부착함으로써 개발하였다. 제어 시 발생하는 노이즈 및 외란을 차단 및 제거하기 위해 저역 통과 필터(Lowpass filter)를 설계하여 연결하였으며, 순간적인 과도한 전력 소비로 인한 시스템 정지를 방지하기 위해 여러 개의 커패시터들을 병렬로 연결하여 사용하는 전원 중 일부를 커패시터에 저장하도록 하였다. 햅틱 시뮬레이션은 마이크로 프로세서가 사용자의 의도를 가속도 센서로 파악하고 이를 해석하여 메인제어기로 전달한다. 메인제어기에서는 해석되어 전달된 사용자의 의도대로 그래픽 환경을 제어하며 다양한 그래픽 상황을 로컬제어기로 전달한다. 로컬제어기에서는 게임도중 발생한 이벤트를 메인제어기로부터 무선 통신으로 전달받아 여러 액추에이터들을 구동하여 햅틱 효과를 생성하고 사용자에게 전달해 준다. 자동차가 도로 위를 달릴 때 앰팩트 타입 솔레노이드 액추에이터를 자동차의 속도에 따라 주파수를 변화시켜 자동차의 속도감을 사용자가 느낄 수 있도록 하였다. 본 연구에서 사용한 솔레노이드 액추에이터 (<그림 5c>)는 솔레노이드 코일이 액추에이터의 양 끝에 배치되어 있으며 중간에 영구자석이 존재한다. 그러므로 솔레노이드 코일에 가하는 입력 전압에 따라 영구자석이 왼쪽 또는 오른쪽으로 움직이면서 충격에 의한 진동을 생성한다. 그러므로 본 연구에서는 솔레노이드 액추에이터의 입력으로 속도에 따라 주파수가 변화하는 펄스파를 생성하여 사용자가 자동차의 속도감을 촉각적으로 느낄 수 있도록 하였다.

앞서 언급한 것과 같이 자동차가 차가운 곳을 지날 때나 따뜻한 곳을 지날 때 주어진 온도대로 펠티어 소자와 온도 센서를 이용하여 온도 제어를 수행함으로써 온열감을 생성하고 사용자에게 전달하였다. 또한 휴대용 제어기의 네 귀퉁이에 진동모터를 배치하여 사용자가 조종하는 자동차와 다른 객체들 (나무, 벽, 다른 자동차들 등)과의 충돌감

및 도로위의 방지턱을 자동차가 지날 때 덜컹하는 느낌을 생성하고 사용자에게 전달하였다.

본 연구에서는 노면의 미세표면을 전달하기 위해 소형 재질감 모듈을 개발하였다. <그림 7>은 탄성스프링의 다층구조와 이에 결합된 9개의 Pin-Array, 그리고 9개의 Pin-Array하단에 위치한 솔레노이드 배열로 구성된 소형 핀 배열 촉감모듈을 보여준다. 각각의 컨택터의 끝 단에 영구자석이 장착되어 있으며, 이 각각의 영구자석은 각각의 솔레노이드와 마주보게 위치되어, 자력의 상호작용을 할 수 있도록 설계되었다.

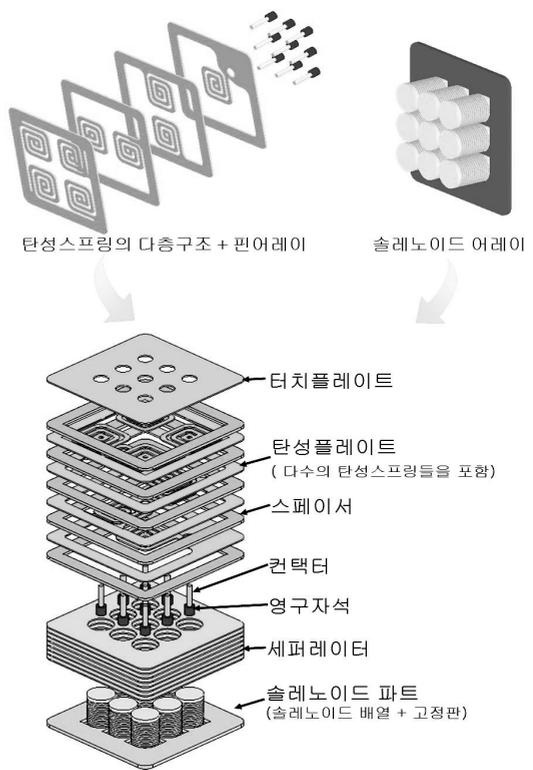


그림 7. 소형 재질감 모듈
Figure 7. Tiny tactile module

<그림 7>과 같이 소형 핀 배열 촉감모듈의 구성 요소는 탄성플레이트(다수의 탄성스프링 포함), 스

페이지 (스프링간의 간섭 제거), 컨택터 (끝단에 영구자석 장착), 세퍼레이터 (영구자석 간의 간섭 제거), 솔레노이드 파트 (솔레노이드 +고정판) 로 구성되어 있다. 탄성 스프링들 사이의 스페이서는 탄성스프링들이 컨택터들에 의해 상하운동을 할 때, 서로 간섭이 생기지 않도록 하기 위해 고안되었다. 세퍼레이터는 컨택터에 붙어 있는 영구자석들간에 자기장의 간섭이 생기지 않도록 고안되었다. 제시된 소형 핀 배열 촉감모듈은 제시된 촉감제시용 액추에이터들의 탄성스프링을 서로 다른 층에 배열하여 9개의 액추에이터를 모듈화시켜 설계되었다. 이 촉감모듈은 탄성스프링들의 다층구조로 그 크기를 증가시켜 촉감모듈의 힘과 변위를 향상시키는 한편, 촉감제시 시 가장 중요한 요소인 컨택터 사이의 간격을 줄임으로 미세한 촉감을 효과적으로 제시할 수 있는 구조로 설계되었다. 제시된 소형 재질감 모듈의 장치 세부사항 및 성능은 다음과 같다.

- 사이즈 : 15mm x 15mm x 8.5mm
- 컨택터들 간의 거리 : 3 mm
- 컨택터의 수직방향 변위 : 0.2 mm
- 컨택터의 수직방향 힘 : 5 mN
- 전력소모 : 0.16 W (1Hz) ~ 0.39 W (340Hz)

제시된 재질감 모듈의 사이즈(15mm X 15mm X 8.5mm) 및 전력소모(0.16 W ~ 0.39 W)를 고려할 때, 소형 배터리로 촉감모듈을 구동시킬 수 있어 휴대용기에 내장될 수 있다. 그리고 컨택터들 간의 거리(3mm)를 고려할 때, 사용자에게 미세한 촉감을 제시할 수 있다. 컨택터의 수직방향 변위 (0.2 mm) 와 힘(5mN)은 사람 촉감의 Activation Threshold를 충분히 넘는 수치로, 사용자에게 다양한 촉감을 제시할 수 있다. [22]

이와 같이 개발된 3x3 핀 어레이 구조를 가진 재질감 제시 장치는 사용자의 특정 손가락하나에

9개의 핀들이 상하로 임의의 주파수를 가지고 사람의 피부를 자극한다. 노면의 상태는 미리 정의된 특정 파형을 가지고 있으며 이러한 노면의 상태를 재현하기 위해 개발한 재질감 제시장치들의 각각의 핀들을 특정순서대로 노면 파형의 주파수로 동작하여 미세 형상 및 노면의 거칠기 정보를 재현하였다.

<그림 8> 은 구현한 전체 시스템을 보여주고 있다. 몰입형 시스템에서는 그래픽 정보 뿐 아니라 사용자의 작용에 대한 촉각반응이 제한된 시간 이내에 처리되어야 사용자는 몰입감 및 현실감을 느낄 수 있다. 이를 위하여 본 시스템은 시스템의 상태정보를 상호 공유하고 제어 프로세스들 간의 동기화를 수행하고 동기화 과정에서 발생하는 프로세스의 블록현상을 최소화 하였다.

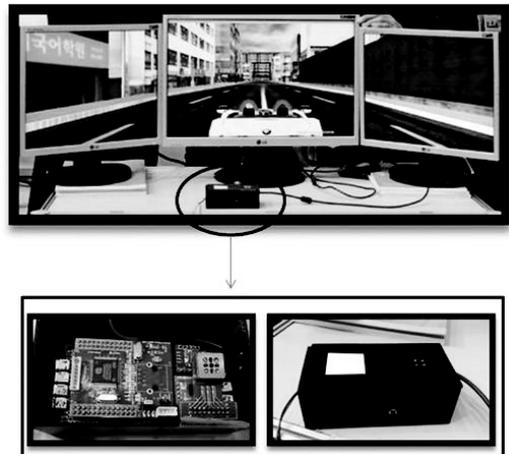


그림 8. 개발한 시스템

Figure 8. Developed system

사람이 운동정보나 촉각 정보를 얻을 때 두 개의 연속된 자극이 20msec 정도의 차 이내로 들어오게 되면 두 개의 자극을 구분할 수 없다[22]. 그러므로 사용자의 명령이 전달되는 순간부터 운동 재현 시스템의 동작을 위한 액추에이터 제어 신호

가 생성되는 시점까지의 시간을 측정하였다. 시간은 100회 반복할 때마다 평균을 계산하여 1회 소요되는데 까지 시간을 계산하였으며 이를 10회 반복하였다. 동작을 위한 평균 시간은 2.3msec가 소요되었으며 사용자가 느끼지 못할 만큼 작음을 알 수 있었다. 위와 같은 실험결과로부터 개발한 시스템은 사용자에게 충분히 현실감을 재현하여 전달할 가능성이 있다는 사실을 파악하였다.

4. 결 론

몰입형 게임시스템을 구축하기 위한 가장 중요한 요소 중 시각 정보 뿐 아니라 햅틱 정보까지도 사용자에게 전달하여 현실감을 높이는 것이다. 본 연구에서는 자동차 게임을 할 때 발생하는 많은 정보들을 시각뿐 아니라 촉각적으로 제시할 수 있는 시스템을 구축하였다. 재질감을 전달하기 위해 고속구동이 가능한 재질감 모듈을 개발하였으며 온열감 액추에이터 및 임팩트 액추에이터들을 제어하여 다양한 촉각정보를 생성하였다. 또한 자동차가 달리는 공간을 그래픽 적으로 모델링 및 렌더링 하여 시각적 이미지를 생성하였다. 이 시각시스템은 휴대용 촉각장치와 사용자의 위치정보, 지형 정보 등을 상호 교환하면서 가상환경을 공유하고 현실감을 제공하였다.

References

- [1] Korea Creative Content Agency, Perspective for Cotents industry, 2014.
- [2] V. Cantoni, M. Cellario, and M. Porta, *Perspectives and challenges in eLearning: towards natural interaction paradigms*, Journal of Visual Languages and Computing, Vol. 15, pp. 333-345, 2004.
- [3] P. R. Cohen, M. Johnston, D. McGee, S. Oviatt, J. Pittman, I. Smith, L. Chen, and J. Clow, *Quickset: multimodal interaction for distributed applications*, Proceeding of the ACM international conference on Multimedia, pp. 31-40, 1997.
- [4] R. Sharma, J. Cai, S. Chakravarthy, I. Poddar, and Y. Sethi, *Exploiting speech / gesture co-occurrence for improving continuous gesture recognition in weather narration*, Proceeding of IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 421-427, 2000.
- [5] A. Adler and R. Davis, *Symmetric multimodal interaction in a dynamic dialogue*, Proceeding of Intelligent User Interfaces Workshop on Sketch Recognition, pp. 1-10, 2009.
- [6] Y.Y. Pang, N.A. Ismail, and P.L.S. Gilbert, *A real time vision-based hand gesture Interaction*, Proceedings of the Fourth Asia International Conference on Mathematical / Analytical Modeling and Computer Simulation, pp. 237-242, 2010.
- [7] K. Li, Y. Du and Z. Fu, *TreeHeaven: A table game using vision-based gesture recognition*, Proceedings of the ACM symposium on the Role of Design in UbiComp Research and Practice, pp. 11-14, 2011.
- [8] N. Vo, Q. Tran, T.B. Dinh and Q.M. Nguyen, *An efficient human-computer interaction framework using skin color tracking and gesture recognition*, Proceedings of International Conference on Computing and Communication Technologies, Research, Innovation, and Vision for the Future, 2010.
- [9] M.R. Ali, T. Morris, *Real time, single and Multi User Gesture Recognition Based on Skin colour and Optical Flow*, Proceedings of

- BMVA Postgraduate Workshop, pp. 1-12, 2012.
- [10] P. Saikia, K. Das, *Head gesture recognition using optical flow based classification with reinforcement of GMM based background subtraction*, International Journal of Computer Applications, Vol. 65 No. 25, pp. 5-11, 2013.
- [11] S. Rautaray, and A. Agrawal, *Real time hand gesture recognition System for dynamic applications*, International Journal of UbiComp, Vol.3, No.1, pp. 21-31, 2012.
- [12] A. Tolba, M. Elsoud, and O. Elnase, *LVQ for hnd gesture recognition based on dct and projection features*, Journal of Electrical Engineering, Vol. 60, No. 4, pp. 204-208, 2009.
- [13] J. Uuiz, Y. Li, E. Lank, *User-defined motion gestures for mobile interaction*, Proceeding of ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 197-206, 2011.
- [14] Kinect for Windows, <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>
- [15] T. Amemiya, H. Ando, and T. Maeda, *Lead-me interface for a pulling sensation from hand-held devices*, ACM Transactions on Applied Perception, Vol. 5, No. 3, pp. 1-17, 2008.
- [16] Nintendo, <http://www.nintendo.com>
- [17] D. Morris, J. Neel, and K.Salisbury, *Haptic Battle Pong: High-degree-of-freedom haptics in a multiplayer gaming environment*, Proceeding of Experimental Gameplay Workshop, 2004.
- [18] M. Faust, and Y.H. Yoo, *Haptic feedback in pervasive games*, Proceeding of the 3rd International Workshop on Pervasive Gaming Applications, 2006.
- [19] I. Hwang, H. Lee, and S. Choi, *Real-time dual-band haptic music player for mobile devices*, IEEE Transactions on Haptics, Vol. 6, No. 3. pp. 340-351, 2013.
- [20] J. M. Lim, J. U. Lee, K.U. Kyung, and J.C. Ryou, *An audio-haptic feedbacks for enhancing user experience in mobile devices*, Proceedings of IEEE International Conference on Consumer Electronics, pp. 49-50, 2013.
- [21] L.P. Cheng, P. Luhne, P. Lopes, S. Christoph, and P. Baudisch, *Haptic turk: A motion platform based on people*, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 3463-3472, 2014.
- [22] J. Biggs, M.A. Srinivasan, *Tangential versus normal displacements of skin: Relative effectiveness for producing tactile sensations*, Proceedings of the 10th Symposium of Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, pp. 121-128, 2002.

휴대용기기에서의 시 촉각기반의 몰입형 레이싱 게임

진경복¹, 최동수¹, 임성민², 김상연¹

¹한국기술교육대학교 컴퓨터공학부 인터랙션 연구실

²숙명여자대학교 교육학부

요 약

본 연구에서는 사용자가 가상의 환경을 시각/촉각적으로 파악할 수 있는 몰입형 휴대용 기기를 위한 레이싱 게임을 제안한다. 몰입형 휴대용기기를 위한 레이싱게임을 구축하기 위해 노면위에서의 자동차의 충돌 효과와 노면표면의 거칠기 등을 햅틱적으로 표현할 수 있는 모바일 플랫폼을 개발하였다. 도로의 표면을 모사하기 위해, 본 연구에서는 탄성스프링, 영구자석과 코일로 이루어진 소형 재질감 모듈을 개발하고 모바일 플랫폼에 탑재하였다. 자동차의 충돌효과나

속도감각을 모사하기 위해 상용 진동모터와 솔레노이드 타입의 임팩트 액추에이터를 제안한 모바일 플랫폼에 탑재하였다. 또한 펠티어소자 (heat conduction plate)와 온도센서로 구성된 온열감 모듈을 제작하고 개발된 모바일 플랫폼에 탑재하였다. 그리고 관성측정유닛 (IMU : inertia measurement unit)을 모바일 플랫폼에 탑재하여 사용자의 모션을 측정하였다. 개발된 모바일 플랫폼은 몰입형 게임을 위한 가상환경의 물리적 성질인 재질감, 진동자극, 그리고 온열감 자극을 제공해 주는 인터페이스로 사용된다. 본 연구에서는 햅틱 효과의 중요한 요소로 고려되는 햅틱 시간 분해능을 측정하여 제안하는 시스템이 사용자에게 몰입감을 전달해 줌을 파악한다.



KyungBok Jin received the BS and M.S. degrees in the Department of Electrical Engineering from Hanyang University in 1985 and 1987, and the Ph.D. degree in

automation and design engineering from KAIST in 1999. From 1987 to 2001, he worked for Samsung Electronics Co. as a principal research engineer in the field of servo technology. Since 2001, he has been with School of Mechatronics Engineering at Korea University of Technology and Education, where he is currently a full professor.

E-mail : kbjin@koreatech.ac.kr



Dong-Soo Choi received the bachelor's degree in the Department of Computer Science and Engineering from the Korea University of Technology and Education in 2013. His current research interests include Haptic Rendering, Embedded Systems.

E-mail : myc88@koreatech.ac.kr



Sungmin Im received the B.S. (1993) from the Sookmyung University, Korea and an M.S. (1995) in Division of Education at Sookmyung University. Her

current research interests include Educational Technology, Virtual Reality, and Immersive Educational Systems.

E-mail : sungminim@naver.com



Sang-Youn Kim received the B.S. (1994) from the Korea University, Korea and an M.S.E (1996) and a Ph.D. (2004) in mechanical engineering at Korea

Advanced institute of Science and Technology (KAIST). From 2004 to 2005, he was a researcher at Human Welfare Robot System Research Center. In 2005, he was a research staff at Samsung Advanced Institute of Technology (SAIT). He is currently a professor of computer science and engineering at Korea University of Technology and Education. His current research interests include Human - Computer Interaction, Virtual Reality, and Haptics.

E-mail : sykim@koreatech.ac.kr