

## 진동촉각 글러브 마우스

### Vibrotactile Glove Mouse

박준형, Junhyung Park\*, 정주석, Juseok Jeong\*\*, 장태정, Tae-Jeong Jang\*\*\*

---

**요약** 본 논문에서는 Pin-type Vibrotactile Display Device와 Gyroscope 및 가속도 센서, USB HID을 이용한 글러브 마우스를 제시한다. 이 장치는 장갑 안에 위치한 Gyroscope와 가속도 센서를 통해 사용자의 손목의 움직임을 인식하고 Bluetooth를 통해 본 논문에서 사용하기 위해 제작된 마우스 인식이 가능한 USB 동글에 데이터를 전달한다. 그리고 특정 어플리케이션을 통해 PC상의 정보를 사용자에게 Pin-type Vibrotactile Display 장치를 통해 촉감을 전달한다. 이 마우스는 USB 장치를 제외한 시스템에 필요한 모든 장치들을 글러브 안에 위치하여 Wearable 형태의 시스템을 구현한다. 사용자가 일반적인 공간 마우스를 사용하고 싶으면 다른 어플리케이션 없이 USB 동글만으로 인식이 가능하고 진동촉각을 느끼고자 하면 PC의 시리얼 통신 포트를 USB 동글에 연결하여 사용할 수 있다.

**Abstract** In this paper, We introduce the glove mouse using a Gyroscope, acceleration sensor, Pin-type Vibrotactile Display Device and USB HID. The device recognize a user's wrist by Gyroscope and acceleration sensor in the glove and transmit the data to USB dongle which is recognized the manufactured mouse by Bluetooth. Also, using a special application, We transmit the tactile information to user through the Pin-type Vibrotactile Display. We implement wearable system in the glove except USB device. If user want to use general spatial mouse, we recognize mouse USB dongle only without another application. If user want to feel the tactile sensation, we can use by connecting PC serial communication port to USB dongle.

**핵심어:** *Pin-type Vibrotactile Display, Haptic mouse, USB HID Device*

---

\*주저자 : 강원대학교 전자통신공학과 석사과정 e-mail: [alchemistjun@nate.com](mailto:alchemistjun@nate.com)

\*\*공동저자 : 강원대학교 전자통신공학과 대학원생 e-mail: [azeerael@nate.com](mailto:azeerael@nate.com)

\*\*\*교신저자 : 강원대학교 전자통신공학과 교수 : e-mail: [jangtj@kangwon.ac.kr](mailto:jangtj@kangwon.ac.kr)

## 1. 서론

진동촉각 디스플레이 장치와 마우스의 결합한 연구는 Haptic 분야에서 꾸준히 연구 중에 있다 [1][2]. 또한 최근의 MEMS(Micro Electro Mechanical System)의 발달로 인해 소형의 저전력 자이로 센서와 가속도 센서 등의 개발이 가능하여졌다 [3]. 그리고 이러한 MEMS 센서를 이용하여 사용자의 동작을 인식하여 공간상의 새로운 인터페이스를 제시하거나 장애인을 위한 장치가 연구 되었다 [4][5]. 이전 연구에서 자이로센서를 사용한 공간 마우스에 2 x 3의 핀-타입 진동촉각 디스플레이 장치를 추가한 시스템을 선보였다 [6]. 그러나 이전 연구의 진동촉각 공간마우스에서는 공간마우스를 사용하기 위해 반드시 어플리케이션을 이용해야 하는 불편함이 있었다. 손가락 접촉 부위의 진동촉각 디스플레이는 사용자의 손 크기나 파지 자세에 따라 균등한 진동촉감이 어려웠다. 이러한 단점을 극복하기 위해 본 논문에서는 글러브 형태의 공간 마우스를 제시하고 일반적인 마우스 동작을 위해 USB 인식 무선 디바이스를 직접 제작하였다.

## 2. 진동촉각 글러브마우스

본 논문에서는 촉각 피드백이 가능한 Wearable 형태의 진동 촉각 글러브 마우스를 제시한다. 이러한 시스템은 크게 진동 촉각 구동기와 센서 제어 모듈로 이루어진 마우스 디바이스와 USB HID 디바이스, 이후 설명할 응용프로그램으로 분류된다. 그중 진동 촉각 구동기와 센서 제어 모듈은 Wearable 형태로 글러브에 내장된다. 그림 1은 시스템의 전체 블록 다이어그램이다.

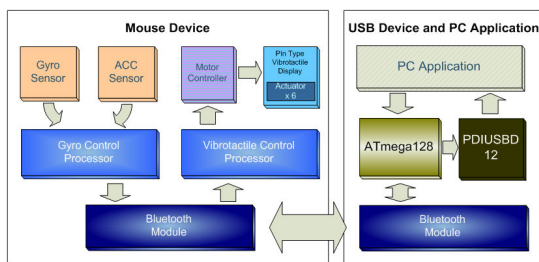


그림 1. Vibrotactile Glove Type Mouse System Block Diagram

### 2.1 제어 모듈 설계

본 논문에서 제시한 핀-타입 진동촉각 디스플레이 제어 모듈은 Atmel사의 ATmega8L을 사용하여 PWM신호를 발생시키고 Allegro사의 Dual Full Bridge Low Voltage Motor Driver인 A3901을 사용하여 구동기를 동작 시키며 시스템의 구동전압은 3.3V이다 [7, 8]. A3901은 하나의 칩에 두 개의 Full H-Bridge회로를 내장하고 있으며 ATmega8L의

8bit 타이머/카운터를 사용하여 0~250kHz까지의 PWM 제어가 가능하다. 그림 2는 핀-타입 진동촉각 제어모듈의 사진이다. 보드에는 하나의 ATmega8L과 3개의 A3901을 기본으로 하고 있다.

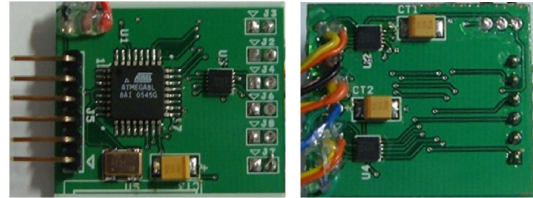


그림 2. 제작된 제어 모듈의 앞(좌), 뒤(우) 사진 (30mm x 25mm)

### 2.2 시스템 구성

#### 1) 자이로 센서

본 연구에서 사용한 자이로 센서는 마이크로인피니티사의 A3310MF이다 [9]. 이 센서는 5~3.2VDC의 구동전압을 가지는 3축 자이로 센서며 각 축의 센서 값을 디지털화하여 UART(Universal Asynchronous Receiver and Transmitter) 통신을 통해 출력한다. 통신 속도는 115200에 맞추어 약 10Hz마다 출력이 된다.

#### 2) 가속도 센서

가속도 센서는 ANALOG DEVICE사의 ADXL210E를 사용하였다. 이 센서는 싱글 칩으로 2 축의 가속도를 센싱할 수 있으며, Rset의 값에 따라 Duty Cycle을 조절할 수 있다.

#### 3) 센서 제어 모듈

각 센서의 제어와 무선 통신을 위해 제어 모듈을 제작하였다. 그림 3은 자이로 센서와 가속도 센서를 위한 제어 모듈이다. 각 센서의 제어를 위해 ATmega8L을 이용하였고 앞면에 가속도 센서, 뒷면에는 자이로 센서를 위치한다. 보드 사이즈는 40mm x 30mm 이며 센서와 MCU외에 무선 통신을 위한 블루투스 무선통신 모듈과 3.3V 레귤레이터 회로도 포함되어 있다. 상단 왼쪽에는 마우스 동작에 필요한 활성화 버튼 및 좌우 버튼을 위한 포트가 있어, 센서 제어 모듈만으로 공간 마우스의 기능을 할 수 있도록 설계 되어있다. 또한 진동 촉각 구동 모듈과 연결하여 일반적인 마우스 기능 외에 진동 촉각 기능을 부여 할 수가 있도록 디자인 되었다. 이 모듈은 100Hz의 주파수로 양 센서의 값을 샘플링하여 이전 좌표차를 구하고 필터링을 걸쳐 블루투스를 통해 데이터를 전송하도록 디자인되었다.

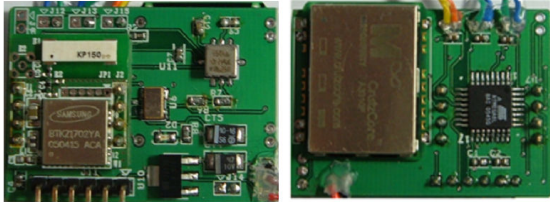


그림 3. 센서 제어 모듈의 앞(좌), 뒤(우) 사진

### 3. 칼만 필터를 이용한 오차 보정 알고리즘

자이로 센서와 가속도 센서를 이용하여 사용자의 동작을 인식하기 위해서는 각 센서에서 발생하는 오차를 우선적으로 해결 하여야 한다. 자이로 센서의 경우 각 샘플링 값의 적분치를 이용하여 각도를 구하기 때문에 센서의 오차에 의해 시간에 따른 오차가 발생한다. 이러한 오차를 단시간 사용 시에는 오차가 적지만 장시간 사용 시 누적 오차로 발생하여 시스템의 정확성에 심각한 영향을 미친다. 이러한 자이로 센서의 현상을 드리프트(drift)라고 한다. 가속도 센서의 경우 가속도를 두 번 적분하여 좌표 차를 구함으로 시간의 제곱에 대해서 오차가 발생하고 중력의 영향이나 샘플링에 따른 순간적인 오차를 발생함으로 이를 보정하기 위한 방법이 필요하다 [11~14]. 본 논문에서는 이러한 오차를 해결하고 공간 마우스에 적용하기 위해 칼만(Kalman) 필터를 사용하였다. 칼만 필터는 노이즈가 포함된 동적 시스템에서 신호를 찾아내는 recursive filter이다 [15]. 칼만 필터는 알고리즘이 시간영역에서 단순하게 가능하고 실시간 처리에 용이하기 때문에 제어나 신호처리에 오차보정은 물론 영상처리 분야에서도 많이 사용되고 있다.

### 4. 표준 HID 인식 USB 보드 제작

글러브 마우스를 일반적으로 사용하기 위해서는 현재 PC에서 마우스를 인식하듯 PS2 방식이나 USB의 표준 디바이스를 제작하여야 한다. 본 연구를 위해 직접 USB 디바이스를 장치를 구현 하였다. 이 보드는 USB 기능 및 RS232-to-UART, 블루투스 기능을 제공한다.

USB 디바이스 장치를 구현하기 위해선 먼저 원하는 기능에 적합한 칩을 선택하여야한다. 일반적으로 USB에 사용하는 칩들은 Cypress사의 EX-USB FX2처럼 프로세서 코어가 달려 있거나 [16], 필립스의 PDIUSB12 칩과 같이 외부 프로세서와 연결하는 두 가지 종류가 있다 [17]. 전자의 경우는 개발자가 익숙한 아키텍처와 명령어를 이용하여 손쉽게 사용할 수 있으며 하나의 칩으로 시스템을 구성할 수 있다는 장점이 있다. 대표적인 회사는 Atmel, Microchip, Cypress, Freescale 등이 있으며 각 패밀리 별로 USB 기능을 탑재한 MCU를 제조 한다. 외부 프로세서와 연결해야 하

는 컨트롤러의 경우 전자에 비해 USB 디바이스 구현을 위해 2개의 칩을 사용해야 하는 단점이 있다. 또한 시스템에 사용한 메인 프로세서의 따라 회로와 코드가 틀려지기 때문에 초기 구현 시 어려움이 있다. 그러나 기존의 시스템에 USB 컨트롤러만을 추가하여 시스템 자체의 메인 프로세서를 교체할 필요가 없으며 상대 대비 고가의 USB 인터페이스 통합 칩에 비해 시스템을 저렴하게 구성할 수가 있다.

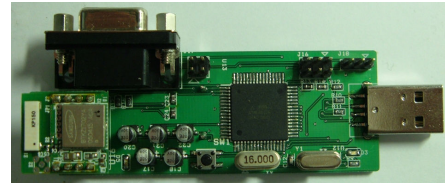


그림 4. 직접 제작한 USB 보드

### 5. 응용 프로그램

본 논문에서 제시한 진동촉각 글러브 형 마우스의 진동촉각 기능을 수행하기 위해서는 특별한 응용프로그램이 필요하다. 일반적인 공간 마우스의 기능은 USB 디바이스의 제작을 통해 쉽게 사용할 수가 있지만 아직까지 OS에서 촉감에 대한 응용프로그램이나 드라이버가 제작하지 않아 이러한 기능을 위해서는 특별한 응용프로그램을 실행하여야 한다. 본 논문에서는 이전 연구에서 사용한 응용프로그램을 개선하여 사용하였다 [18]. 그림 5, 그림 6는 본 논문에서 사용한 응용프로그램이며, 그림 7은 실제 사용사진, 그림 8은 글러브 외피 안에 위치할 모듈 위치의 이해를 돕기 위한 가상 이미지 모델링이다.

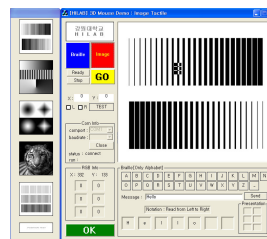


그림 5. 이미지 영상에 대한 응용프로그램 화면

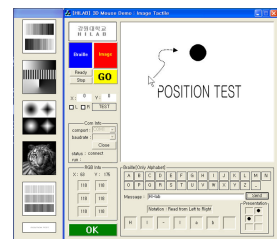


그림 6. 마우스 포인터 유도 응용프로그램 화면



그림 7. 실제 마우스 사용 사진



그림 8. 가상 3D 모델링

## 6. 결론

최근 햅틱 촉각 연구의 일환으로 촉각 피드백 장치에 대한 연구가 진행 중이며, 다른 한편으로는 새로운 휴먼 인터페이스의 연구로 관성항법 시스템을 이용한 3차원 동작인식 디바이스에 대해 연구하고 있다. 본 논문에서는 이러한 특징 있는 두 시스템의 장점을 합쳐 동작인식 디바이스에 촉각 피드백이 가능한 새로운 휴먼 인터페이스 디바이스를 제시하였다. 이러한 디바이스는 사용자가 입력과 동시에 촉감을 통한 다양한 형태의 정보를 제공 받을 수 있으며 항상 사용자가 착용할 수 있는 wearable 형태로 구현되었다.

하지만 구현된 시스템을 통해 응용프로그램의 다양성과 실험에 대한 시나리오와 결과 데이터가 부족하다. 향후 이러한 점들은 보충하고 발전시켜 단순한 촉각 피드백의 실험뿐만 아니라 3D 게임 등과 같은 실제 응용프로그램에 적용시킬 것이다. 물론 이러한 연구는 연구기관뿐만 아니라 관련 기업들과의 연동을 통해 이루어질 수 있는 만큼 앞으로 좀 더 활발한 햅틱 디바이스에 대한 연구 교류를 기대해 본다.

## 참고문헌

- [1] Akamatsu, M. "Movement characteristics using a mouse with tactile and force feedback", In international Journal of Human-Computer Studies, 45, 483-493, 1996
- [2] Kyung, K.U., Kim, S.C., Kwon, D.S. and Srinivasan, M.A. "Texture Display Mouse KAT: Vibrotactile Pattern and Roughness Display", In Proceedings of the 2006 IEEE/RSJ Intl. Conference on Intelligent Robots and Systems, Beijing, China, October 9-15, 2006
- [3] 권재홍, 주병권, "MEMS 기술 및 시장동향", IITA, IT 테마 정보 전문가 기고, 2007
- [4] 최은석, 손준일, 방원철, 김연배, "관성센서를 이용한 위치기반 가상 멀티 타악기", HCI 2007, no. 1, pp. 379-385, 2007년 2월
- [5] G. M. Eom, K. S. Kim, C. S. Kim, J. Lee, S. C. Chung, B. Lee, H. Higa, N. Furuse, R. Futami, and T. Watanabe, "Gyro-Mouse for Disabled : 'Click' and 'Position' Control of the Mouse Cursor", In international journal of Control, Automation, and Systems, vol. 5, no. 2, pp. 147-154, April 2007
- [6] 박준형, 최예림, 이광형, 백종원, 장태정, "진동촉각 공간 마우스", HCI 2008, no. 1, pp. 337- 341, 2008년
- [7] <http://www.atmel.com>
- [8] <http://www.allegromicro.com>
- [9] <http://www.m-inf.com>
- [10] <http://www.analog.com>
- [11] 최은석, 손준일, 방원철, 김연배, "관성 센서를 이용한 위치기반 가상 멀티 타악기," HCI 2007, no. 1, pp. 379-385, 2007년, 2월
- [12] 김홍섭, 임거수, 한만형, 이금석, "관성항법시스템을 이용한 3D 포인팅 디바이스의 설계 및 구현," 한국 컴퓨터 정보학회 논문지, 제 12 권, 제 5 호, 2007년, 11월.
- [13] J. K. Oh, S. J. Cho, W. C. Bang, W. Chang, E. Choi, J. Yang, J. Cho, and D. Y. Kim, "Inertial Sensor Based Recognition of 3-D Character Gestures with and Ensemble of Classifiers," Proceedings of the International Workshop on Frontiers in Handwriting Recognition, Oct 26-29, 2004.
- [14] 장욱, 강경호, 최은석, 방원철, A. Potanin, 김동윤, "저가관성 센서를 이용한 펜 형 입력 장치의 개발," 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, Vol. 2, pp. 247-258, 2003년.
- [15] G. Welch, and G. Bishop, "An Introduction to the Kalman Filter," Proceeding of SIGGRAPH 2001, Los Angeles, CA, August 12-17, 2001.
- [16] <http://www.cypress.com>
- [17] <http://www.nxp.com>
- [18] J. H. Park, Y. R. Choi, K. H. Lee, J. B. Back, and T. J. Jang, "Vibrotactile Space Mouse," Proceeding of IADIS International Conference Interface and Human Computer Interaction 2008, Amsterdam, Netherlands, July 25-27, 2008