진동촉각 공간 마우스

Vibrotactile Space Mouse

박준형, Junhyung Park*, 최예림, Ye-Rim Choi**, 이광형, Kwang-Hyung Lee**,
백종원, Jongwon Back**, 장태정, Tae-Jeong Jang***,

요약 본 논문에서는 핀형 진동촉각 디스플레이 장치와 자이로스코프 칩을 이용한 진동 촉각 공간 마우스를 제시한다. 이 마우스는 자이로스코프 칩을 이용하여 공중에서 동작하는 공간마우스에 본 연구실에서 자체 제작한 진동촉각 디스플레이 모듈을 통합하여 위치 입력과 진동 촉각 출력이 동시에 가능한 새로운 형식의 인터페이스 장치이다. 최근 진동촉각 디스플레이의 소형화, 저전력 소모 방향으로의 발전으로 인해 마우스나 모바일 장치 등 소형 임베디드 환경에서도 사용이 가능하게 되었다. 또한 MEMS 기술로 인한 자이로스코프나 센서 기술의 발전으로 인해 이젠 마우스 같은 소형화 제품에도 소형 자이로스코프 칩을 이용하여 평면 환경이 아닌 공간상에서 사용 가능한 마우스를 제작할 수 있게 되었다. 이 진동 촉각 마우스는 자이로스코프 칩을 이용하여 손의 동작을 인식하고 그 데이터를 블루투스 통신을 통해 PC에 전달하여 포인터를 이동시킨다. 또한 마우스와 손가락의 접촉 부위에는 2 x 3의 핀형 진동촉각 디스플레이 장치가 장착되어 PC 어플리케이션 상에서 포인터 위치에 따른 흑백 이미지 정보를 제공하거나 문자를 점자로 출력시켜 주는 등 진동 촉각을 통한 정보 전달을 가능하게 해준다.

Abstract This paper presents a vibrotactile space mouse which use pin-type vibrotactile display modules and a gyroscope chip. This mouse is a new interface device which is not only an input device as an ordinary space mouse but also a tactile output device. It consists of a space mouse which use gyroscope chip and vibortactile display modules which have been developed in our own laboratory. Lately, by development of vibrotactile display modules which have small size and consume low power, vibrotactile displays are available in small sized embedded systems such as wireless mouses or mobile devices. Also, development of new sensors like miniature size gyroscope by MEMS technology enables manufacturing of a small space mouse which can be used in the air not in a plane. The vibrotactile space mouse proposed in this paper recognizes motion of a hand using the gyroscope chip and transmits the data to PC through Bluetooth. PC application receives the data and moves pointer. Also, 2 by 3 arrays of pin-type vibrotactile actuators are mounted on the front side of the mouse where fingers of a user's hand contact, and those actuators could be used to represent various information such as gray-scale of an image or Braille patterns for visually impared persons.

핵심어: Space Mouse, Gyroscope, Vibrotactile Display, Hatpics

* 강원대학교 대학원 전자통신공학과 석사과정; e-mail: alchemistjun@nate.com
** 강원대학교 대학원 전자통신공학과 석사과정; e-mail: yerimchoi@gmail.com, hunterrts1@kangwon.ac.kr, harukib@kangwon.ac.kr
*** 강원대학교 전기전자공학부 전자통신공학전공 교수; e-mail: jangtj@kangwon.ac.kr

1. 서론

오늘날 사람과 컴퓨터와의 상호 정보 전달을 위해 마우스, 키보드, 스피커, 모니터, 터치스크린 등 많은 종류의 입출력 장치가 사용되고 있다. 그 중 마우스는 1960년대에 처음 개발된 이후에 가장 많이 사용되고 있는 입력 장치 중 하나이다 [1]. Apple사가 마우스를 표준 입력장치로 채택한 이후 볼 마우스, 광 마우스, 휠 마우스, 무선 마우스 등 움직임에 대한 센싱 방식 및 편의성 면에서 많은 발전이 이루어져 왔고, 최근에는 자이로스코프나 가속도 센서 등을 이용한 동작 인식 기술을 사용하는 공간 마우스도 상용화 되고 있다 [2, 3]. 공간 마우스란 평면 바닥이 아닌 공중에서 마우스를 움직임으로써 포인터를 이동시킬 수 있는 마우스를 말한다.

그러나 일반적인 마우스나 공간마우스 모두 컴퓨터에 정보를 전달하는 입력장치일 뿐 현재의 특정 상태나 어떠한 정보를 사용자에게 전달하지는 못한다. 대부분의 정보전달을 스피커나 모니터를 통한 청각과 시각에만 의존하는 현재의 휴먼 컴퓨터 인터페이스 시스템에서 진동과 같은 촉각 디스플레이는 매우 효과적인 출력 수단이 될 수 있다. 비디오 게임 중의 하나인 소니의 PlayStation의 진동 컨트롤러인 DUALSHOCK®2[4]나 Logitech의 Force Feedback Mouse[5]는 진동 모터를 사용해 촉각기능을 부여하여 몰입감을 증대시킨 좋은 예이다. 그러나 좀 더 다양하고 정확한 정보전달을 위해선 특정 부위에만 촉각을 전달할 수 있는 촉각장치가 필요하며 이에 대한 연구가 꾸준히 계속되어 왔다 [6-8].

또한 현재까지 마우스에 다양한 촉각 디스플레이 장치를 장착하여 사용하는 많은 연구가 진행되어 왔다 [9-11]. Akamatsu가 발표한 논문의 연구 결과를 보면 촉각 마우스가 시각이나 청각을 사용한 마우스보다 빠른 응답이 가능하다고 한다 [9]. 하지만 무선 마우스나 임베디드 시스템에서 촉각 디스플레이를 사용하기 위해서는 구동장치의 부피, 전력, 개발 비용 등 많은 제약이 있다. 일반적인 진동 모터나 피에조 방식의 촉각 장치는 부피와 전력상의 문제로 인해서 작고 자체 전원을 가진 시스템에서는 사용할 수 없다는 단점이 지적되었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구실에서는 소형이며 전력 소모가 적은 핀형 진동촉각 디스플레이(pin-type vibrotactile display)를 개발하였으며 [7], 본 논문에서는 이를 사용한 진동 촉각 공간 마우스를 제시한다. 이 마우스는 자이로스코프를 이용하여 손목 회전량을 인식한 후 포인터를 이동 시키고 모니터에서 포인터가 위치하는 이미지 정보나 문자에 해당되는 점자를 다시 받아 진동촉각 장치를 구동하여 출력시켜줌으로써 사용자가 필요로 하는 정보를 촉각으로 얻을 수 있도록 하였다

2. 진동 촉각 공간 마우스

2.1 진동촉각 디스플레이

본 논문에서 제시하는 진동촉각 공간 마우스는 이전 연구에서 제시한 핀형 진동촉각 디스플레이를 개선한 2 x 3 진동촉각 디스플레이 어레이가 사용된다 [7]. 개선된 핀형 진동촉각 디스플레이 구동기는 5.5mm x 5.5mm x 5mm의 크기를 가지며 핀의 상하 운동에 의한 진동을 일으킨다. 또한 코일 위에 핀과 좌석이 위치한 기존에 비해 개선된 진동촉각 디스플레이 구동기는 코일이 좌석과 핀을 둘러싸고 있는 구조이고 바닥에 스프링이 달려 완충 역할을 해준다. 그림 1은 본 논문에서 사용한 핀형 진동촉각 디스플레이 구동기이다. 이 구동기는 코일로 둘러싸인 자석과 핀이 코일에 흐르는 전류의 방향에 따른 자기력의 변화에 따라 상하운동을 함으로써 사용자의 접촉 부위에 촉각 정보를 제공한다.

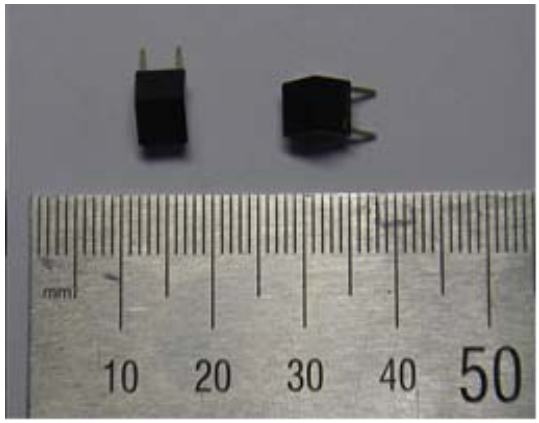

그림 1. 핀형 진동촉각 구동기 (pin-type vibrotactile actuator).

현재 촉각장치로 사용 중인 진동 모터의 경우 부피가 크고 세밀한 제어가 힘들며, 피에조 방식은 구동을 위해 상당한 고전압이 필요하다. [10]에서 제시한 텍스쳐 디스플레이 마우스(texture dislay mouse)의 경우 30개의 피에조 구동기의 구동을 위해 150VDC 바이어스를 사용하였다. 본 논문에서는 사용한 구동기는 3.3V로 구동되며 상당히 적은 소비전력이 요구된다. 제작한 진동 촉각 공간 마우스에서는 마우스와 사용자의 손가락 접촉 부위에 총 6개의 구동기를 가로 10mm, 세로 22mm 간격으로 2 x 3의 배열의 형태로 배치하여 Gray Scale정보 등을 촉각으로 전달한다.

각 구동기는 마이크로 제어 유닛(Micro Control Unit, MCU)의 PWM (Pulse Width Modulation)을 사용하여 진폭 및 주파수를 변경할 수 있으며 이를 이용하여 촉각의 세기 및 표현을 조절한다. 그런데 진폭에 비해 주파수 변화가 사용자에게 더 구별되는 촉각 변화를 제공하기 때문에 본 논문에서는 서로 다른 촉각 정보 표현을 위해 주파수 변화를 선택하였다.

그러나 일반적으로 MCU에서 사용하는 하드웨어 PWM의 경우 정확도는 높으나 그 수가 제한적이다. 본 논문에서는 MCU가 많은 수의 구동기를 독립적으로 구동시키기 위해 소프트웨어로 여러 개의 PWM 신호를 발생시킨다. 소프트웨어 방식 PWM의 경우 하드웨어 PWM에 비해 정확도가 떨어지기는 하지만 하나의 MCU에서 많은 수의 PWM을 발생시킬 수 있고, 오차 범위는 사람이 인지하기에는 미미하다. 각 구동기의 구동을 위해 MCU는 Atmel사의 Atmega8L을 사용하였으며, 주파수는 0~127Hz 사이를 사용하였다.

2.2 자이로스코프를 이용한 공간 마우스

자이로스코프나 다른 센서를 이용한 동작 인식 장치는 핸드 제스처 입력 장치[12]나, 장애인을 위한 헤드셋 타입의 자이로 마우스 [13, 14] 등으로 연구되고 있다. 본 연구에서는 앞서 말한 공간 마우스의 기능을 수행하면서 진동촉각 디스플레이 기능을 추가한 새로운 장치를 설계 및 제작하였다. 자이로스코프의 경우 각속도를 사용하기 때문에 공간상에서 손목이나 목의 스냅만으로 마우스 포인터를 이동시킬 수 있다는 장점이 있다. 이 장치는 건 타입(gun type)으로 만들었으며 진동촉각을 효과적으로 전달하면서 공간마우스의 기능도 충실히 수행할 수 있도록 고려하였다. 그림 2는 최종 공간 마우스의 조립도이며 그림 3은 이 마우스의 실제 사용 예사진이다. 설계상의 특징은 다음과 같다.

- 마우스의 손잡이 앞부분에 2 by 3의 진동촉각 디스플레이 장치가 장착되어 있다.
- 진동촉각 구동기는 검지, 중지, 약지에 각각 2개씩 위치하도록 되어 있다.
- 자이로스코프를 활성화 또는 비활성화 시킬 수 있는 버튼이 추가로 부착되어 있다.
- 왼손잡이도 고려하여 좌우 대칭으로 설계되었다.
- 마우스 내부에 진동촉각 디스플레이의 구동회로와 공간 마우스의 동작 회로 , 무선 통신 모듈 및 자체 전원을 위한 배터리 등 동작에 필요한 모든 장치가 내장되어 있어 별도의 외부 전원 없이 동작 하도록 한다.

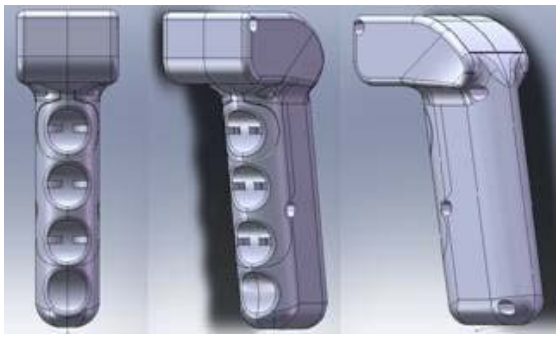

그림 2. 진동촉각 공간 마우스 조립도.

그림 3. 진동촉각 공간 마우스의 실제 사용 사진.

각속도를 출력시키는 자이로스코프의 특성 상 우리는 손목의 회전 각속도를 상대 거리로 변화시키는 방법으로 포인터를 원하는 곳으로 이동시키도록 한다. 연구에 사용한 자이로스코프 모듈은 Gyration사의 MG1101[8]이다. MG1101은 ADC가 내장되어 있고 최소 500deg/sec, 최대 500deg/sec 범위로 2축 각속도를 디지털 값으로 출력시켜 준다.

평면 마우스와는 달리 진동촉각 공간 마우스는 사용자가 언제나 들고 있을 수는 없으므로 기존 마우스 버튼 외 자이로스코프 동작을 활성화시키는 별도의 on/off 버튼을 가지고 있다. 이 마우스는 손목의 상하 및 좌우 스냅을 각각 Pitch 및 yaw로 삼아 동작한다. 이렇게 구현된 시스템은 Atmega8L을 이용하여 MG1101의 각속도 정보를 100Hz로 샘플링 후 평균 필터(mean filter)를 통과시켜 오차와 손 떨림 현상을 보정한 후 Bluetooth를 통해 호스트(host)인 PC에 무선으로 전달한다. 그림 4는 진동촉각 공간 마우스의 구동 회로이고 그림 5는 이 시스템의 블록도이다.

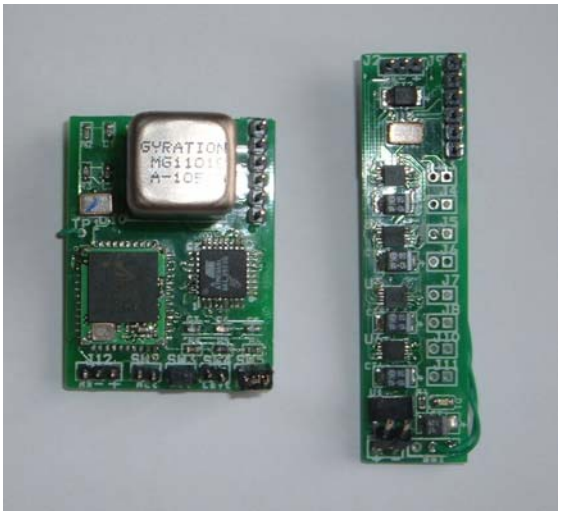

그림 4. 진동촉각 공간 마우스 구동회로.

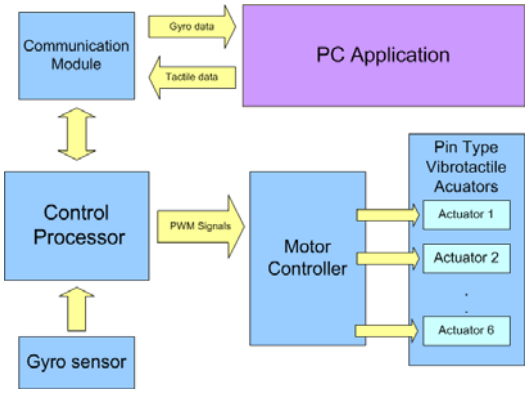

그림 5. 시스템 블록도.

3. 진동 촉각 공간 마우스를 위한 응용 프로그램

본 논문에서 제시한 마우스의 기능성을 입증하기 위하여 사용자로 하여금 모니터에 표시된 그림의 Gray Scale 정보와 점자 정보를 제공받을 수 있는 응용 프로그램을 개발하였다. 그림 6은 이 논문에서 사용한 응용 프로그램이다. 이 프로그램은 진동촉각 공간 마우스의 커서를 6개의 사각 픽셀로 만들어 2 x 3의 각 구동기에 대응시킨다. 마우스 포인터가 PC의 이미지 상에 위치되어 있을 때, 해당 위치의 각 픽셀 평균 Gray Scale 값에 따라 각 구동기는 0~127Hz의 각기 다른 주파수 값으로 진동한다. 이 때 흰색에서는 0Hz, 검정색에서는 127Hz의 값을 갖는다. 따라서 사용자는 흑백 이미지의 색감 정보를 촉각을 통해 제공 받을 수가 있다.

또한 개발된 어플리케이션에서는 점자에 대한 정보도 인식을 할 수 있다. 알파벳 버튼을 누르면 해당 알파벳의 점자 정보가 진동촉각 공간 마우스에 전송되어 구동기들이 활성화된다. 또한 사용자는 원하는 메시지를 직접 키보드를 통해 입력할 수도 있다. 해당 메시지의 각 글자를 차례대로 커서로 훑고 지나갈 때마다 각 글자에 해당하는 점자를 전송하여 준다. 예를 들어, 시각 장애인들은 PC와 이 진동촉각 공간 마우스를 통해 PC 상의 데이터를 점자로 읽는 것이 가능하다.

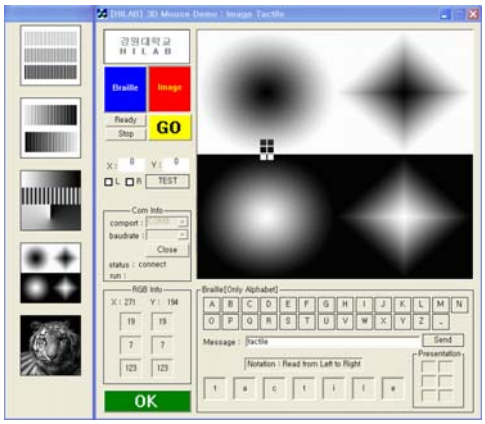

그림 6. 응용 프로그램.

4. 실험 및 평가

실험은 성인 남녀 7명을 대상으로 하였다. 실험은 총 3단계로 구성하였고 모든 실험은 대상자의 눈을 가린 상태로 실행하였다. 실험 대상자는 몇 분 동안 학습을 한 후 실험에 임하였다.

실험 1. 첫 번째 실험은 그림 7에 보이는 흑백 이미지를 사용하여 실험자가 커서를 좌우로 이동시켜 이미지 상에서의 흑백 폭의 변화를 인지 할 수 있는지 테스트하였다. 이 실험에 사용한 이미지는 농도 변화가 없이 오직 흑과 백으로만 이루어져 있다. 실험은 대상자마다 5번씩 실행하였다.

실험 2. 두 번째 실험은 그림 8에 보이는 흑백의 값이 다른 두 개의 이미지를 사용하였다. 이 실험의 목적은 실험 대상자가 커서를 이동시켰을 때 해당 픽셀의 흑백의 농도 변화를 알 수 있는가이다. 실험 대상자는 두 개의 이미지를 테스트하여 해당 이미지를 맞춰야 한다. 실험은 대상자마다 5번씩 실행하였다.

실험 3. 이번 실험은 알파벳에 해당되는 점자를 마우스를 통해 출력시켜 주고 실험 대상자가 인지하도록 하는 것이다. 실험 대상자가 점자를 알지 못하는 일반인임을 고려하여 점자 표를 보여준 상태로 실험하였다. 실험은 대상자마다 10번씩 실행하였다.

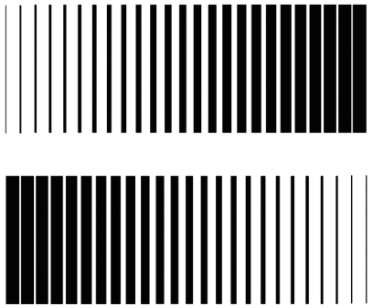

그림 7. 흑백 폭 변화 인지 테스트.

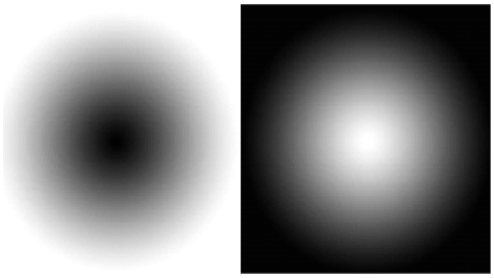

그림 8. 흑백 농도 변화 인지 테스트.

각 실험에 대한 결과는 표 1과 같다. 표 1에서 보는 바와 같이 실험 1과 실험 2의 경우 대부분의 실험자가 정확하게 이미지를 맞췄다. 그러나 좀 더 복잡한 실험 3에서는 개개인마다 상당한 차이를 보였다. 또한 3번 실험은 실험 대상자가

촉각을 구분하기 위해 수 십초의 시간이 걸렸다. 그러나 실험 대상자가 촉감에 민감하지 않는 일반인이고 학습시간이 짧았다는 점에 비해 실험 결과는 좋게 나왔다고 할 수 있다.

실험 중에 사용자 대부분이 마우스를 쥐고 촉각을 느낄 때 촉각디스플레이 모듈이 설치된 위치가 불편하다고 느끼고, 반복해서 같은 자극을 줄 경우 둔감해지는 문제점도 발생하였다. 일반 마우스와 달리 진동촉각 마우스는 사용자의 손이 진동촉각 모듈에 밀접하게 붙어있어야 하므로 사용자 손의 크기 및 모양에 따라 디자인을 달라져야 한다는 것을 알 수 있다.

하지만 지금까지 연구되어 왔던 크고 고 전력을 필요로 하는 진동 촉각장치에 비해 작고 저 전력 특성을 가진 진동 촉각 시스템임에는 틀림없으며, 장점을 살리고 단점을 보완해 나가는 과정이 필요할 것으로 생각된다.

표 1. 각 실험의 결과 (%).

	실험 1	실험 2	실험 3
대상자 1	100	100	50
대상자 2	100	100	90
대상자 3	100	100	80
대상자 4	100	100	90
대상자 5	100	100	100
대상자 6	100	80	20
대상자 7	40	100	40
평균	91.4	97.1	67.1

5. 결론

본 논문에서는 공간 마우스에 진동촉각 디스플레이를 장착하여 입력 기능과 함께 촉각으로 출력을 제공하는 휴먼 인터페이스 시스템을 제시하였다. 이러한 휴먼 인터페이스 시스템은 단순한 진동의 효과뿐만 아니라 구체적인 정보를 촉각으로 받을 수 있어 보다 유용한 인터페이스 서비스를 제공해 줄 수 있다. 또한 이러한 시스템은 손목이 아닌 인체의 머리나 손목, 발목 등 인체의 다른 부분에도 응용할 수 있을 것이다.

향후 핀형 진동촉각 디스플레이의 응용분야의 일환으로 마우스 클릭 시 촉각 정보를 제공하거나 웨어러블 글러브 타입의 마우스 등에 대한 연구를 생각해볼 수 있겠고, 또한 맹인을 위해 e-book을 점자로 출력시켜 주는 어플리케이션 등에 대해서도 연구를 할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

[1] English, W.K., Engelbart, D.C and Berman, M.L. Display-selection Techniques for Text Manipulation. In Transactions on Human Factors in Electronics, vol. HFE-8, no. 1, March 1967

[2] http://www.gyration.com

[3] http://www.m-inf.com

[4] http://playstation.com

[5] http://logitech.com

[6] Debus, T., Jang, T.J., Dupont, P. and Howe, R. Multi-Channel Vibrotactile Display for Teleoperated Assembly. In International Journal of Control, Automation, and Systems, vol. 2, no. 3, pp. 90-397, September 2004

[7] Back, J.B, Choi, D.S. and Jang, T.J. Pin-type Vibrotactile Display. In proceeding of EuroHaptics 2006. Paris, France, July 3-6 2006

[8] Konyo, M., Adokoro, S., Hira, M. and Takamori, T., Quantitative Evaluation of Artificial Tactile Feel Display Integrated with Visual Information. In proceeding of the 2002 IEEE/RSJ Intl. Conference on Intelligent Robots and Systems EPEL, Lausanne, Switzerland, October 2002

[9] Akamatsu, M. Movement characteristics using a mouse with tactile and force feedback. In international Journal of Human-computer Studies, 45, 483-493, 1996

[10] Kyung, K.U., Kim, S.C., Kwon, D.S and Srinivasan, M.A. Texture Display Mouse KAT: Vibrotactile Pattern and Roughness Display. In Proceeding of the 2006 IEEE/RSJ Intl. Conference on Intelligent Robots and Systems. Beijing, China, October 9-15, 2006

[11] Choi, Y.R., Lee, K.H. and Jang, T.J. A 2D Tactile Mouse with Pin-Type Vibrotactile Actuators. In 2nd International Workshop on Haptic and Audio Interaction Desing. Seoul, November, 2007

[12] Yang, J., Choi, E.S., Chang, W., Bang, W.C, Cho, S.J., Oh, J.K. and Kim, D.Y. A Novel Hand Gesture Input Device Based on Inertial Sensing Technique. In the 30th Annual conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Busan, Korea, November 2-6, 2004

[13] Eom, G.M., Kim, K.S., Kim, C.S., Lee, J., Chung, S.C., Lee, B., Higa, H., Furuse, N., Futami, R. and Watanabe, T. 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

[14] Kim, Y.W. and Cho, J.H. A Novel Development of Head-Set Type Computer Mouse using Gyro Sensors For the handicapped. In 2nd Annual International IEEE-EMBS Special Topic Conference on Microtechnologies in Medicine & Biology. Madison, Wisconsin USA