

# 핀형 진동촉각 출력장치\*

백종원<sup>1</sup>, 최대성<sup>2</sup>, 장태정<sup>3</sup>  
강원대학교 대학원 통신멀티미디어공학과 휴먼인터페이스연구실<sup>1,2,3</sup>  
harukib@mail.kangwon.ac.kr<sup>1</sup>, turbulence79@mail.kangwon.ac.kr<sup>2</sup>,  
jangtj@kangwon.ac.kr<sup>3</sup>

## Pin-Type Vibrotactile Display

Jongwon Back<sup>1</sup>, Dai-Sung Choi<sup>2</sup>, Tae-Jeong Jang<sup>3</sup>  
Human Interface Lab., Dept. of Multimedia and Communication Eng.,  
Kangwon National University<sup>1,2,3</sup>

### 요약

최근 전자기기에서 시각 및 청각과 함께 촉각 디스플레이가 정보를 출력하는 중요한 수단으로 부각되고 있다. 본 논문에서는 촉각 정보 출력을 위한 소형 진동촉각(vibrotactile) 디스플레이 모듈을 개발하였다. 개발한 모듈은 주파수와 진폭을 독립적으로 조절할 수 있으며 핀이 직접 피부에 자극을 주기 때문에 몸체 전체가 떨리는 기존의 진동모터보다 정밀하고 다양한 촉각 표현을 할 수 있다. 또한 고전압을 이용하는 Piezo 방식과 달리 낮은 전력으로 동작이 가능하여 휴대장치에 직접 장착할 수 있는 장점을 가지고 있다.

Keyword : vibrotactile display, haptic interface, vibrator motor

## 1. 서론

요즘 우리 생활의 대부분은 컴퓨터, TV, 핸드폰 등과 같은 전자기와 아주 밀접한 관계를 유지하고 있다. 생활에 사용되는 전자기기에는 LCD 디스플레이, 스피커 등과 같은 출력 장치가 포함되어 사용자에게 정보를 제공한다. 이러한 출력 정보는 대부분이 시각과 청각에 의존하고 있다. 그러나 시각과 청각만으로 정보를 출력할 경우 사용 환경이나 사용자에게 따라 정보를 제대로 인식하지 못할 수 있다. 이러한 경우 시각과 청각을 보완하거나 대신할 수 있는 방법으로 촉각 정보 사용을 생각할 수 있다. 핸드폰의 경우 정숙을 요하는 장소에서 전화벨을 대신하여 진동모드를 이용하는 예를 들 수 있다.

사람이 외부로부터 정보를 받아들이는데 사용하는 감각 기능으로 시각, 청각, 촉각, 미각, 후각을

들 수 있고, 이 중에서 전기적인 신호를 물리적인 감각 정보로 변환하여 정보를 전달할 수 있는 것은 시각, 청각, 촉각이 있다. 여기서 촉각은 시각, 청각 정보를 보완하거나 대신하는 역할을 할 수 있고 사용자에게 따라서 아주 중요한 정보 전달 창구가 될 수도 있다.

정보를 촉각 형태로 출력하기 위해 사용되는 방법으로는 전기자극, 진동자극, 공기압에 의한 자극 등 여러 가지가 있다. 기존에 나와 있는 이런 방식의 장치들을 살펴보면 여러 문제점을 안고 있다. 첫째, 구동을 위한 장치의 부피가 크다[1-3]. 둘째, 얻는 출력에 비하여 전력 소모가 많다. 셋째, 장치를 구현하기 위한 비용이 많이 든다. 넷째, 장치들의 주파수 특성이 좋지 않은 경우가 많다. 마지막으로 촉각 장치의 개별적인 구동을 위해서는 원하는 개수만큼의 구동기를 필요로 하므로 전체적인 시스템의 부피가 더욱 커진다[2].

출력 형태에 따라 살펴보면 전기 자극의 경우 사용자의 피부에 직접 전기를 가하는 경우 안전

\* 본 연구는 정보통신부 선도기반기술개발사업(차세대 PC 기술 개발)의 지원으로 수행되었습니다.

문제가 발생할 수 있고 사용자에게 따라 불편함을 느낄 수 있다. 공기압에 의한 자극의 경우 출력 장치에 비하여 주변 장치가 차지하는 비중이 많아 간단한 소형 장치 구성에 문제가 있다. 진동모터를 사용하는 경우 비교적 적은 전력과 간단한 주변 장치로 원하는 출력은 얻을 수 있으나 세밀한 진동 자극을 주는데 한계가 있다. Piezo 방식[3]의 경우 세밀한 출력은 가능하지만 고전압을 요한다는 단점이 있다.

진동을 인체에 전달하는 방법으로는 진동모터와 같이 몸체 전체를 떨리게 하는 방식과 핀을 진동시켜 피부에 직접 핀 자극을 주는 방식을 들 수 있다. 진동모터의 경우 모터의 회전축에 편심을 두어 모터가 회전할 때 모터 전체를 떨리게 하는 방법을 사용한다. 이 경우 모터의 특성상 적은 전력으로 모터를 구동할 수 있는 장점을 가지고 있지만 넓은 접촉면을 차지하고 주위에도 영향을 주어 세밀한 표현에 사용하기 어려움이 있다. 한편 핀 방식은 원하는 부분에 접촉하여 작은 접촉면에 자극을 주어 원하는 표현을 할 수 있는 장점이 있다. 그러나 기존의 핀 방식 대부분은 부피가 크거나 높은 전압을 사용해야 한다는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 자기력을 이용한 소형, 저전력의 핀 방식 진동 촉각 장치를 개발하고자 한다. 장치의 개발에 있어 고려해야 할 사항은 다음과 같다. 첫째, 진동 모터와 같이 적은 전력으로 구동이 가능하여야 하고, 둘째, 경제적인 측면을 고려하여 적은 비용으로 제작 가능하여야 한다. 셋째, 작은 크기를 유지하여 원하는 부분에 장착할 수 있어야 한다. 마지막으로, 섬세한 표현이 가능하도록 출력의 세기를 세밀하게 조정할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 위 사항을 고려하여 장치를 설계 제작하고 장치 구동에 필요한 시스템을 구성하여 실험하였다.

2 장에서는 설계 및 제작된 핀형 진동 촉각장치에 대하여 설명하고, 3 장에서는 장치의 구동을 위한 회로 및 이 장치의 몇 가지 활용 예를 보여준다. 4 장에서는 결론과 앞으로의 연구방향에 대하여 기술한다.

## 2. 핀 형 진동 촉각 장치

### 2-1 핀 형 진동 촉각 장치 구성

장치는 기본적으로 진동모터와 같이 전기 신호를 입력으로 핀을 구동시킨다. 전기 신호로 핀을 구동하는 기본 원리는 솔레노이드(solenoid)를 이용한다. 영구자석은 일정한 자기장을 발생시키는데 사용되지만 솔레노이드는 코일에 흐르는 전류의 크기와 방향에 따라 자기장이 변화한다. 그러므로 영구자석과 솔레노이드를 이용하면 원하는 진동을 얻을 수 있다.

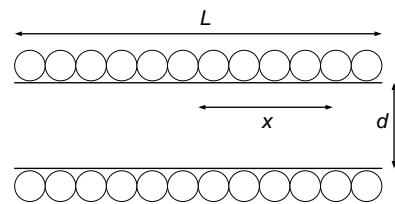


그림 1. 솔레노이드의 구조.

그림 1 은 솔레노이드의 간단한 구조를 보여주고 있다. 그림 1 과 같이 길이가 L(m), 직경이 d(m)인 관에 동선을 단축으로 N 회 감았을 때 전류 I(A)를 인가하면 솔레노이드 내부 중심으로부터 x(m)만큼 떨어진 점에서의 자기력(magnetic field strength) H(A/m)는 다음과 같이 구할 수 있다[5].

$$H = \frac{NI}{L} \left[ \frac{L+2x}{2\sqrt{d^2 + (L+2x)^2}} \cdot \frac{L-2x}{2\sqrt{d^2 + (L-2x)^2}} \right]$$

수식에서 보여주듯이 솔레노이드의 자기력은 전류가 일정하다고 가정했을 때 L, d 및 x 값의 크기에 영향을 받는다. 전류가 일정할 때 요구되는 전력은  $i^2R$  이 된다. 이때 저항 R 은 전선의 굵기가 일정하다면 솔레노이드의 턴수 N 에 의해 결정되므로 전체 직경과 턴 수를 조정하여 알맞은 크기의 저항을 갖는 코일을 선택하고 이를 장치에 사용하였다. 실제 사용한 코일의 저항은 20 ~ 35Ω 의 값을 갖고 N 은 300~400 정도이다.

솔레노이드 자기력의 방향에 따라 핀을 구동하기 위해 사용한 영구자석은 실험을 거쳐 알맞은 크기를 선택하였다. 영구자석은 솔레노이드와 작용하여 핀의 진동 특성에 영향을 준다. 그러나 여

기서 고려하여야 할 사항은 너무 큰 자기력은 주위의 다른 장치에 영향을 줄 수 있으므로 영구자석의 크기는 장치 전체의 크기와 모듈의 배치 간격 등을 고려하여 결정해야 한다는 것이다. 장치의 기본 구조는 그림 2와 같다.

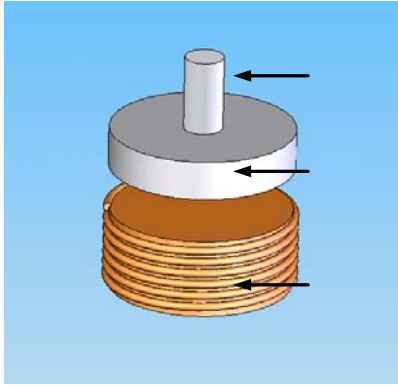


그림 2. 핀 형 진동 촉각 장치의 기본 구조.

### 2-2 핀 형 진동 촉각 장치의 제작

그림 3은 제작된 핀형 진동 촉각 장치의 실제 사진이다. 장치의 외형은 배치를 고려하여 여러 모양으로 만들 수 있고 그림 3의 위쪽은 정육면체로 된 크기가  $5 \times 5 \times 5 \text{mm}^3$ 인 모듈이고 그림 3의 아래쪽은  $8 \times 8 \times 5 \text{mm}^3$  크기를 가지고 있다. 연결부위는 진동모터와 같이 선으로 연결하거나 그림 3의 아래와 같이 소켓 방식으로 되어있어 연결의 편의성을 더하였다.

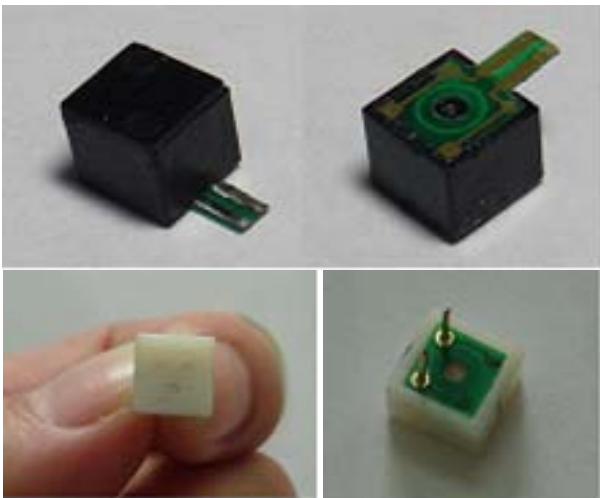


그림 3. 제작된 핀형 진동 촉각 장치.

## 3. 시스템 구성

### 3-1 장치 구동을 위한 시스템 구성

실험에서 장치를 구동하기 위해서 ATmel사의 ATmega128과 Allegro사의 모터드라이버인 3966을 사용하여 구성하였다. ATmega128은 8비트 마이크로 컨트롤러로서 16K 바이트의 플래쉬를 제공하여 사용자의 프로그램을 용이하게 하고, 4개의 타이머 인터럽트와 많은 수의 I/O를 가지고 있다. 또한 USART 통신을 제공함으로써 호스트와의 통신으로 쉽게 제어할 수 있다.

모터드라이버 3966은 Dual Full-Bridge를 내장하여 하나의 컨트롤러로 2개의 장치를 제어하고 구동하기 위한 충분한 출력을 내준다. 다음의 그림 4에 진동촉각 모듈 구동을 위한 시스템의 구성도를 보였다.

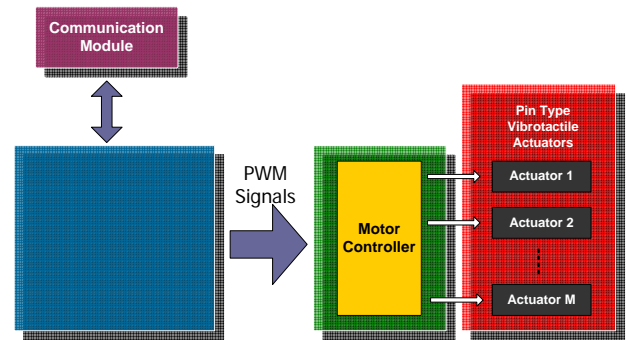


그림 4. 진동촉각 모듈 구동을 위한 시스템 구성.

ATmega128에서 만들어진 PWM 신호는 타이머 인터럽트를 사용하여 장치에 인가되는 신호를 제어하는 모터 드라이버에 두 개의 PWM 신호로 표현할 수 있다. 하나의 PWM 신호는 진동의 세기를 나타내는 것으로 1kHz 기본 주파수 신호의 듀티비를 제어하여 구현하고, 다른 하나는 장치 내부의 슬레노이드 극성을 제어하여 1~250Hz까지의 주파수를 표현해 준다. 이렇게 각 모듈마다 다른 진동 세기(amplitude)와 주파수(frequency)를 조정하여 여러 가지 표현을 가능하게 하였다.

### 3-2 핀 형 진동 촉각 장치의 활용

제작된 장치를 이용하여 손가락, 손등, 팔목 등과 같이 쉽게 접촉할 수 있는 부분을 이용하여 정보

를 표현할 수 있다.

아래 그림 5 는 핀 형 진동 촉각 장치를 활용하여 가상의 물체를 만지는 느낌은 전달하는 데모의 시연 장면이다. 가상의 물체에 손가락이 접촉 했을 때 촉각장치로 출력을 내보내 주어 사용자가 직접 접촉감을 느낄 수 있다.



그림 5. 가상환경에 적용한 진동 촉각 장치.

다음의 그림 6 은 촉각 장치를 손목착용형 웨어러블 장치에 응용한 예이다. 이는 실제 웨어러블 환경에 촉각 장치를 응용할 수 있음을 보여 준다.



그림 6. 웨어러블 장치에 적용한 진동 촉각 장치.

이와 같이 본 논문에서 개발한 핀 진동 촉각 출력 장치는 낮은 소비 전력과 적은 부피를 특징으로 사용자가 원하는 환경에 적용하여 다양한 촉각 디스플레이 형태로 사용될 수 있다.

#### 4. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서 기존의 진동 촉각 방식이 가지고 있는 문제점들을 해결하여 소형이면서 저전력을 소모하는 핀형 진동 촉각 장치를 설계, 제작하였다. 제작한 진동촉각 모듈은 최소  $5 \times 5 \times 5 \text{mm}^3$ 의 크기를 가지며 사용자의 환경에 따라 크기와 모양

을 변형하여 제작할 수 있다. 또한 핀형 진동촉각 출력 장치를 이용하여 실제 적용한 예를 보였다. 논문에서 제작한 진동촉각 모듈을 사용하면 원하는 크기의 정보를 사용자의 요구에 따라 쉽게 변화할 수 있고 적은 부피와 낮은 소비 전력을 요구하므로 일반 전자기기나 웨어러블 환경에 장착이 용이하다.

그러나 앞으로 해결해야 할 일은 장치의 구동시 솔레노이드의 특성상 코일에서 발생하는 열을 최소화하고 장치의 내구성을 높여야 하는 것이다. 그리고 이번에 제작한 장치는 제작 여건상 설계시 요구되었던 정밀도를 만족하지 못하여 정확한 동작을 위한 장치는 만드는데 방해요소로 작용하였다. 또한 이번에 제작한 장치는 코일 구동을 위하여 모터드라이버 IC 를 사용하였는데 향후 코일 드라이버를 모듈에 내장함으로써 주변회로 구성을 간단하게 할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 많은 사용자에게 대한 다양한 실험을 통하여 모듈의 기능을 표준화하는 작업이 수행되어야 할 것이다.

#### 참고문헌

- [1] Masashi Konyo, Satoshi Tadokoro, Makiko Hira, and Tosh Takamori, "Quantitative evaluation of artificial tactile feel display integrated with visual information," *Proc. of the Conference on Intelligent Robots and Systems*, October 2002.
- [2] Seung-Woo Son, Ki-Uk Kyung, Gi-Hun Yang, Dong-Soo Kwon, Mun-Sang Kim, "A Conceptual Design of an Integrated Tactile Display Device," *Proc. of the ICCAS2005*, pp. 2753-2758, 2005
- [3] Thomas Debus, Tae-Jeong Jang, Pierre Dupont, Robert Howe, "Multichannel Vibrotactiel Display for Teleoperated Assembly," *Internation Journal of Control, Automation, and Systems*, vol. 2, no. 3, pp. 390~397, Sept. 2004.
- [4] *Vibrotactile transducers & displays*, Engineering acoustics, INC.
- [5] <http://www.maglab.pe.kr>
- [6] <http://www.hvlab.com/Diagnostic/Diagnostic.htm>