



Design of Miniature Tactile Module for Walking Navigation in a Mobile Device

Tae-Heon Yang¹, Kyeong-Bok Jin², Won-Hyeong Park², Sang-Youn Kim²

¹*Department of Computer Science and Engineering, Korea University of Technology and Education*

²*Advanced Technology Research Center, Department of Computer Science and Engineering, Korea University of Technology and Education*

ABSTRACT

According to demands for tactile feedback in mobile devices, vibration motors have been used to convey tactile sensation, because the vibration motor is small and consumes low power. However, the vibration motor is not sufficient to generate fruitful tactile sensation. In this paper, we propose a new miniature tactile actuator using elastic restoring and electromagnetic force for providing minute and various tactile sensation in the mobile devices. The proposed tactile actuator consists of a solenoid, a permanent magnet, and an elastic spring. There is an interaction force between the solenoid and the permanent magnet in the proposed actuator. This interaction force is combined with elastic restoring force from the elastic spring to maximize the tactile feedback. Since two forces contribute to the actuation of the proposed motor, the presented tactile actuator can create strong enough force to stimulate human skin in small-sized devices and furthermore it consumes low power. Therefore, tactile actuator satisfies the specification to create haptic sensation (contactors' stroke, output force and working frequency). By connecting the nine actuators to the multilayered elastic springs, we can easily design a miniature tactile module. We measure the output force and the amplitude of the proposed module according to frequency variation in order to investigate that the proposed module create enough force to stimulate human mechanoreceptors over a wide frequency range. Through the experiments, the proposed module has good potential in walking navigation systems.

© 2016 KKITS All rights reserved

KEYWORDS : Motion-haptic interaction, Tactile actuators, Tactile module, Haptics, Mobile devices, Virtual reality, Real-time.

ARTICLE INFO: Received 19 May 2016, Revised 13 June 2016, Accepted 13 June 2016.

*Corresponding author is with Interaction Lab., Korea University of Technology and Education 1600 Chungjello, Byeongcheon myeon, Cheonan, ChungNam province,

31253, KOREA.

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

1. 서론

휴대용기기의 작은 디스플레이 용적에서 다양한 작업이 요구됨에 따라 디스플레이의 면적을 넓히고, 다양한 인터페이스의 조작이 가능하도록 기계식 버튼이 터치스크린으로 빠르게 대체되어 왔다. 터치스크린은 입력(터치)과 출력(디스플레이)의 통합으로 인터페이스의 일원화라는 편리성을 제공하였다. 하지만 기존의 기계식 버튼이 제공하던 물리적인 피드백이 없어짐에 따라, 사용시 시각에 대한 의존도가 크게 높아지고 사용성이 떨어지는 등의 문제를 야기하였다. 그래서 터치스크린 상의 인터페이스와 상호작용 시 촉감 피드백을 제공하는 다양한 연구가 시도되고 있다. 초기에는 휴대용기기 안에 내장되어 있는 진동모터를 활용하여, 터치 입력, 벨소리 등에 연동된 진동피드백을 제공하는 연구들이 진행되었다[1-3]. 하지만 기존의 진동모터의 경우 편심자에서 발생하는 원심력을 이용하여 진동을 발생시키는 구조로, 응답 속도가 느리고 주파수와 강도가 연동되어 다양한 진동 촉감피드백을 제시하는데 한계가 있었다. 그래서 최근 삼성전기와 엘지이노텍에서 응답속도가 빠르고, 주파수와 강도가 어느 정도 분리될 수 있는 모바일 디바이스용 선형진동모터를 개발하였다[4,5].

기존의 진동을 활용한 촉감피드백은 매우 미세한 질감까지 느낄 수 있는 사람의 촉감 중 극히 일부분만을 활용한 것으로, 정교한 액츄에이터 설계로 사용자의 촉감을 더욱 효과적이고 미세하게 자극할 수 있다. 촉각제시용 액츄에이터의 요건으로는 1) 응답속도가 빠르고, 2) 넓은 주파수 대역에서 작동할 수 있고, 3) 자극의 주파수와 강도를 따로 조절 할 수 있어야 하며, 4) 미세한 모양, 패턴, 거칠기 등 국부적인 자극을 줄 수 있어야 한다. 또한 휴대용기기에 내장되기 위해선 초경량, 초박형, 저전력 설계가 요구된다[6].

본 논문에서는 탄성반력과 자력을 이용하여 개발된 소형, 경량, 저전력 촉각제시용 액츄에이터를 제안한다. 이 액츄에이터는 전자기력에 탄성반력을 더하여, 응답속도를 향상시켰으며, 자극의 주파수와 강도를 분리하는 한편, 넓은 주파수 대역에서 작동할 수 있도록 설계되었다. 또한, 초소형 핀이 빠르게 선형운동을 하여, 손가락을 자극하는 형태로 미세하고, 국부적인 촉감을 제시할 수 있도록 설계되었다. 개발된 9개의 촉각제시용 액츄에이터를 활용하여, 소형 촉감모듈이 설계되었으며, 이때 탄성스프링의 다층구조를 활용하여 효과적으로 촉감모듈의 크기를 소형화하여 휴대용기기에 내장할 수 있도록 설계되었다. 제시된 촉각제시용 액츄에이터와 이를 활용한 촉감모듈은 휴대용기기에 내장되어 다양하고, 미세한 촉감을 제시함으로써, 사용자가 좀 더 편리하고, 직관적이며, 몰입감 있게 촉각적으로 길을 찾을 수 있도록 도와줄 것이다.

2. 소형 촉각제시용 액츄에이터 디자인

솔레노이드는 사람의 촉감을 자극하기에 충분한 수직방향의 힘과 변위를 낼 수 있고, 작동주파수 또한 넓어 사람의 촉감을 다양하게 자극할 수 있다. 그러므로 솔레노이드를 사용하여 다양한 촉각제시 장치가 개발되었다[7-10]. 또한 Kulkarni 과 Bhurchandi 는 솔레노이드를 이용하여 시각장애인을 위한 저가의 e-book을 개발하였다[11]. 하지만 솔레노이드에서 발생하는 자력의 크기는 코일의 턴수와 비례하기 때문에, 성능을 높이기 위해 턴수를 늘리면 솔레노이드의 크기가 커지는 단점이 있다.

소형의 고성능 액츄에이터를 개발하려면 두 가지 이상의 에너지가 기계적으로 결합되어야 한다. 즉, 솔레노이드의 전자기력이나 압전물질의 원리 등에 자연에 존재하는 에너지(원심력, 관성, 탄성력 등)를 기계적으로 결합하여야 현재의 상용 액츄에

이터들보다 더 작으면서 더 큰 힘을 낼 수 있는 장치를 만들 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 작은 솔레노이드에서 발생하는 자력과 스프링의 탄성력을 결합시켜 햅틱 에너지를 증가시킬 수 있는 액츄에이터를 제안한다. <그림 1>에서 보는 바와 같이 새롭게 고안된 촉감제시용 액츄에이터는 탄성스프링, 탄성스프링의 중앙에 고정된 컨택터(사용자의 손가락 자극), 컨택터의 하단에 장착된 소형 영구자석, 그리고 영구자석과 상호작용을 하는 솔레노이드로 구성된다. <그림 1(a)>에서 보는 바와 같이 전류를 가하지 않은 초기 상태에서, 컨택터에 부착되어 있는 영구자석이 솔레노이드의 철로 된 코어에 붙으려는 자력 때문에 탄성스프링을 인장시키며 철로 제작된 솔레노이드 코어에 붙게 된다. 이 때, 탄성스프링에 탄성복원력이 저장되게 된다.

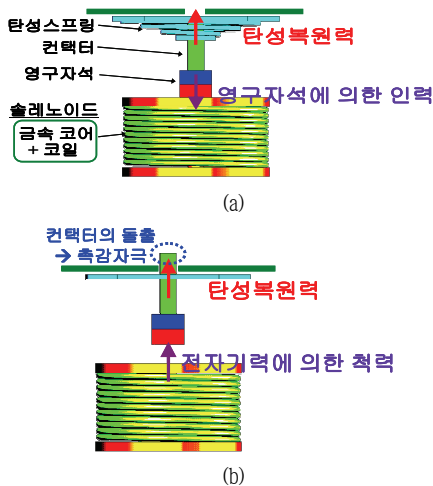


그림 1. 촉감 액츄에이터의 구성 및 작동원리
Figure 1. The operating system for the proposed design

<그림 1(b)>에서 보는 바와 같이 솔레노이드에 전류를 가하면 솔레노이드에서 전자기력이 발생되어, 상부에 붙어있는 영구자석을 밀어내는 척력이 발생된다. 이때, 영구자석과 이에 연결된 컨택터는 탄성스프링의 탄성복원력에 솔레노이드와 영구자

석 사이의 척력이 더해져 빠르고, 강하게 위쪽으로 이동하게 된다. 상부로 이동한 컨택터는 사용자의 손가락을 자극하게 된다. 전류를 제거하게 되면, <그림 1(a)>에서 보는 바와 같이 영구자석이 다시, 탄성스프링을 인장시키며 철로 된 솔레노이드 코어에 붙게 된다. 이와 같이, 컨택터가 리턴될 때는, 영구자석의 인력을 사용하고, 컨택터가 상부로 이동할 때는, 영구자석의 척력과 솔레노이드의 전자기력을 사용함으로써 적은 전력소모로도 큰 힘, 큰 변위, 넓은 작동 주파수 범위, 그리고 빠른 응답속도를 생성해 낼 수 있다.

이와 같은 시스템에서 가장 중요한 것은 솔레노이드의 설계이다. 솔레노이드 코어는 0.5mm직경의 순철 디자인하였고, 0.09mm의 코일의 턴수는 160turns이다. 솔레노이드 어레이의 고정판은 스테인리스 스틸을 사용하여 디자인 하였다. 아래 수식 (1)는 솔레노이드의 자기장의 크기(B)를 나타낸다. 솔레노이드의 자기력은 코일의 턴수가 많을수록, 전류가 많이 흐를수록, 솔레노이드의 직경이 클수록 커진다. 제작된 솔레노이드 9개의 작동 전력은 1.4W(1Hz작동시)~3.5W(250Hz작동시)로 소형 배터리로도 작동이 가능하다. (이때의 작동 전압은 5V) 이전에 개발된 Pin-Array타입의 촉감제시장치들은 다수의 리니어액츄에이터를 작동시켜야 하기 때문에 전력소모가 커 휴대용기에 내장될 수 없는 한계를 가졌다. 하지만 본 논문에서 제시하는 액츄에이터는 작동원리상 작동 시에만 Impulse형태로 전류를 인가함으로써 전력소모를 현격히 줄일 수 있는 장점이 있다.

<그림 2>는 탄성스프링을 시뮬레이션 해본 결과이다. 고안된 액츄에이터 구조에서 약 0.3mm의 변위가 발생 시 0.01N이상의 힘이 발생함을 알 수 있다. 변위와 힘으로 볼 때 현재의 디자인은 촉감제시용 액츄에이터로서 적당하다는 것을 알 수 있다.

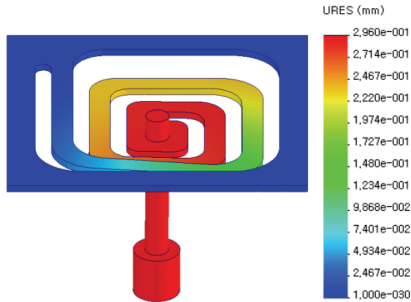


그림 2. 탄성스프링의 시뮬레이션 결과
Figure 2. Simulation result of the elastic spring

$$B = \mu n I \quad (1)$$

μ : material property
 n : total turns/meter
 I : current

3. 소형 축감 모듈의 디자인

3.1 소형 편 배열 축감 모듈을 위한 다층탄성스프링

제안된 축감제시용 액추에이터에서, 컨택터의 힘과 변위 등 액추에이터의 성능은 탄성복원력을 제공하는 탄성스프링에 매우 의존적이다. 탄성스프링에서 발생하는 탄성복원력은 두께가 두꺼워질수록 커지며, 상하방향의 변위는 너비가 길어질수록 커진다. 그러므로 축감제시용 액추에이터의 성능개선을 위해, 탄성스프링의 두께와 너비를 증가시켜야 한다. 탄성스프링의 두께를 조절하는 것은 쉽게 구현이 가능하다. 하지만 상하방향의 변위를 증가시키기 위해 탄성스프링의 너비를 증가시키는 것은 축감제시용 액추에이터를 어레이로 배열 할 때 컨택터들 간의 거리가 멀어져, 미세한 축감을 전달할 수 없게 되는 문제를 발생시킨다.

축감제시용 액추에이터에서 상하방향의 변위를 증가시키기 위해서 탄성스프링의 너비를 증가시켜

야 하지만, 액추에이터의 직경도 함께 증가함으로 컨택터 사이의 간격이 멀어져 미세한 축감을 생성해 낼 수 없다는 문제를 해결하기 위해 <그림 3>에서 보는 바와 같이 탄성스프링을 다층으로 배열하는 구조를 고안하였다. 9개의 탄성스프링은 4개의 탄성플레이트에 나누어져 배열되고, 4개의 탄성플레이트는 겹쳐지게 된다. <그림 3>에서 컨택터 2는 탄성플레이트 III에 위치한 탄성스프링 2의 중앙에 고정된다. 이 컨택터 2는 탄성플레이트 I에 위치한 탄성스프링 1과 3 사이의 공간을 통과하며, 상하운동을 한다. 또한, 컨택터 2는 탄성플레이트 II와 탄성플레이트 IV의 빈 공간을 통과하며 상하운동을 한다. 또한, 컨택터 4는 탄성플레이트 II에 위치한 탄성스프링 4에 고정된다.

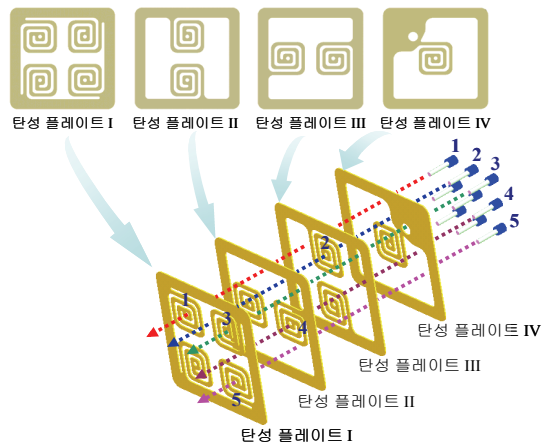


그림 3. 다층 탄성플레이트의 디자인
Figure 3. Design of multi-layered elastic plates

이 컨택터 4는 탄성플레이트 I에 위치한 탄성스프링 3과 5 사이의 공간을 통과하며, 상하운동을 한다. 또한, 컨택터 2는 탄성플레이트 III와 탄성플레이트 IV의 빈 공간을 통과하며 상하운동을 한다. 이와 같이, 각각의 컨택터는 다른 탄성플레이트들의 빈 공간을 통해 상하운동을 한다. 상기 언급된 탄성스프링의 다층구조를 활용한 액추에이터들의

결합은 탄성스프링의 크기를 증가시키는 동시에, 액추에이터들의 컨택터 사이의 간격은 줄여준다. 그러므로, 9개 소형 핀 배열 촉감모듈 구조에서 컨택터의 큰 힘과 변위의 구현이 가능하다.

3.2 소형 핀 배열 촉감 모듈

소형 핀 배열 촉감모듈은 탄성스프링의 다층구조와 이에 결합된 9개의 Pin-Array, 그리고 9개의 Pin-Array하단에 위치한 솔레노이드 배열로 구성된다. 각각의 컨택터의 끝 단에 영구자석이 장착되어 있으며, 이 각각의 영구자석은 각각의 솔레노이드와 마주보게 위치되어, 자력의 상호작용을 할 수 있도록 설계되었다.

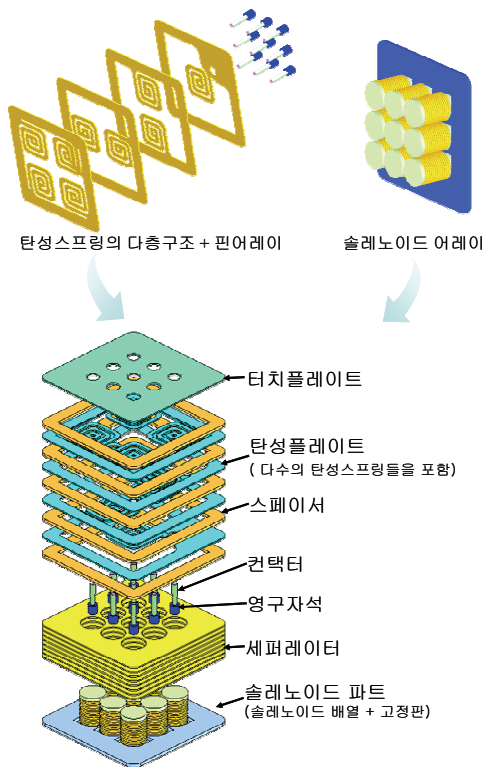


그림 4. 소형 촉감 모듈의 구조
Figure 4. Structure of miniature tactile module

<그림 4>에서 소형 핀 배열 촉감모듈의 구성요소는 탄성플레이트(다수의 탄성스프링 포함), 스페이서 (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, 촉감제공 시 가장 중요한 요소인 컨택터 사이의 간격을 줄임으로 미세한 촉감을 효과적으로 제시할 수 있는 구조로 설계되었다.

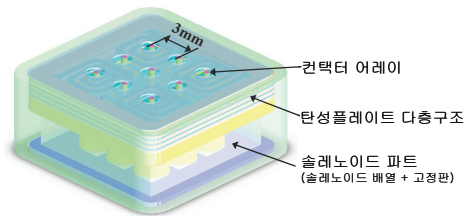


그림 5. 소형 촉감 모듈의 디자인
Figure 5. Design of miniature tactile module

<그림 5>는 조립된 소형 9개 핀 배열 촉감모듈의 디자인을 보여준다. 제시된 촉감모듈의 장치 세부사항 및 성능은 다음과 같다.

- 촉감모듈의 사이즈 : 15mm X 15mm X 8.5mm
- 컨택터들 간의 거리 : 3 mm
- 컨택터의 수직방향 변위 : 0.2 mm
- 컨택터의 수직방향 힘 : 5 mN

■ 전력소모 (1 Actuator) : 0.16 W (1Hz) ~ 0.39 W (340Hz)

제시된 촉감모듈의 사이즈(15mm X 15mm X 8.5mm)를 고려할 때, 휴대용기에 내장될 수 있다. 또한, 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 (5 mN)은 사람 촉감의 Activation Threshold를 충분히 넘는 수치로, 사용자에게 다양한 촉감을 제시할 수 있다. [12-14]

4. 소형 핀 배열 촉감 모듈을 활용한 워킹 네비게이션 응용

<그림 6>은 9개 핀 배열 촉감모듈이 휴대용기에 내장될 수 있는 위치를 보여준다. 촉감모듈은 사용자가 휴대용기를 쥘 때 자연스럽게 집게 손가락이 닿는 휴대용기 뒷면의 상부에 내장되거나, 자연스럽게 엄지손가락이 닿는 휴대용기의 앞면 하단에 내장될 수 있다. 내장된 촉감모듈은 사용자가 휴대용기를 조작하는 것에 따라 촉감 피드백을 주거나, 시각장애인에게 온 문자메시지를 점자로 변환해 주거나, 시각장애인이 길을 찾아가는데 안내해 주는 등의 역할을 할 수 있다.



그림 6. 9개의 핀어레이 촉감모듈을 내장한 휴대용기기
Figure 6. Mobile device having 9 pin arrayed tactile module

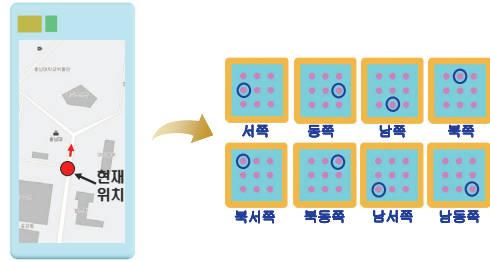


그림 7. 9개의 핀어레이 촉감모듈의 응용
Figure 7. Application of 9 pin arrayed tactile module

<그림 7>은 휴대용기에 내장된 9개 핀 배열 촉감모듈을 사용하여 시각장애인에게 방향을 안내해 주는 어플리케이션을 제시한다. 9개의 핀들은 여덟 개의 방향(동, 서, 남, 북, 북동, 북서, 남동, 남서)을 제시할 수 있다. 이 어플리케이션에서 촉감모듈의 핀의 작동 주파수는 거리를 알려주는 역할을 한다. 시각장애인이 방향전환을 해야 하는 교차로로 다가가고 있는 상황을 가정해보자. 시각장애인이 교차로로 다가갈 때, 방향전환을 해야 하는 방향의 핀이 점점 더 빠른 주파수로 작동함으로써, 시각장애인에게 교차로에 점점 다가가고 있음을 알려준다. 그러므로 사용자는 움직이는 핀의 위치로 방향을 알 수 있고, 핀의 작동주파수가 얼마나 빠른가에 따라 거리를 알 수 있다.

4. 결 론

핀 배열 타입의 촉감모듈이 미세하고 국부적인 촉감을 제시하는데 가장 효과적이라고 알려져 있지만, 다수의 리니어 액츄에이터가 모듈화된 핀 배열 촉감모듈의 크기와 전력소모 때문에 휴대용기에 내장하는 것은 거의 시도되지 않았다. 본 논문에서는 사람의 촉감을 자극하기에 충분한 작동 주파수와 수직방향 변위, 힘을 낼 수 있는 휴대용 워킹네비게이션을 위한 소형 촉감제시용 액츄에이터와 촉감모듈을 제시하였다. 이 소형 촉감제시용

액츄에이터 및 촉감 모듈은 탄성반력과 전자기력을 동시에 이용하며, 그 구성은 탄성스프링, 컨택터, 영구자석 그리고 솔레노이드로 이루어진다. 탄성스프링의 중앙에 컨택터가 고정되며, 탄성스프링은 컨택터에 탄성복원력을 제공한다. 컨택터 끝단에 영구자석이 장착되며, 이 영구자석은 솔레노이드와 상호작용하여 인/척력을 발생시킨다. 제시된 소형 촉감모듈은 휴대용 기기에 적용되어 워킹네비게이션 용도로 사용할 수 있을 만큼 크기가 작으며 전력소모가 매우 작다. 또한, 액츄에이터의 변위와 힘 및 작동 주파수를 고려할 때, 사용자에게 미세하고, 다양한 촉감을 제시할 수 있다. 그래서 제시된 소형 촉감제시용 액츄에이터는 휴대용 기기에 내장되어 미세하고, 다양한 촉감을 제시할 수 있는 소형 촉감모듈 개발의 가능성을 제시하였다. 본 촉감모듈을 워킹네비게이션으로 사용하기 위해서는 촉감만을 가지고 방향 및 거리를 인지할 수 있는 방법이 필요하다. 그러므로 향후 촉감만을 이용하여 방향 및 거리를 인지할 수 있는 렌더링 기법의 연구가 필요할 것으로 판단된다.

References

- [1] <http://www.Immersion.com>, Jan. 2016.
- [2] A. Chang, S. O'Modhrain, R. Jacob, E. Gunther, and H. Ishii, *ComTouch: Design of a vibrotactile communication device*, ACM Designing Interactive Systems Conference, London, England, pp. 312-320, Jun. 2002.
- [3] I. Oakley, and S. O'Modhrain, *Tilt to scroll: Evaluating a motion based vibrotactile mobile interface*, 1st Joint Eurohaptics Conference and Symposium, Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, Pisa, Italy, pp. 40-49, Mar. 2005.
- [4] <http://www.sem.samsung.co.kr>, Jan. 2016.
- [5] <http://www.lginnotek.co.kr>, Jan. 2016.
- [6] T.-H. Yang, S. Y. Kim, and D.-S. Kwon, *Design of new micro actuator for tactile display*, International Conference on Control Automation and Systems, Seoul, Korea, pp. 14694-14698, Jul. 2008.
- [7] S. F. Frisken-Gibson, P. Bach-Y-Rita, W. J. Tompkins, and J. G., Webster, *A 64-solenoid, four-level fingertip search display for the blind*, IEEE Transaction on Biomedical Engineering, Vol. BME-34, No. 12, pp. 963-965, Dec. 1987.
- [8] T. Fukuda, H. Morita, F. Arai, H. Ishihara and H. Matsuura, *Micro resonator using electromagnetic actuator for tactile display*, IEEE International Symposium on Micromechatronics and Science, Nagoya, Japan, pp. 143-148, Oct. 1997.
- [9] M. B. Khoudja, M. Hafez, J. M. Alexandre, A. Kheddar, and V. Moreau, *VITAL: A new low-cost vibro-tactile display system*, IEEE International Conference on Robotics & Automation, New Orleans, LA, pp. 721-726, Apr. 2004.
- [10] P. Lopes, A. Ion, and P. Baudisch, *Impacto: Simulating physical impact by combining tactile stimulation with*

electrical muscle stimulation, Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology, pp. 11-19, 2015.

- [11] Abhinav Kulkarni, and Kishor Bhurchandi, *Low cost e-book reading device for blind people*, International Conference on Computing Communication Control and Automation, pp. 516-520, 2015.
- [12] K-U. Kyung, M. Ahn, D-S. Kwon, and M. A. Srinivasan, *Perceptual and biomechanical frequency response of human skin : Implication for design of tactile displays*, Proceedings of the 1st Joint Eurohaptics Conference and Symposium, Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, Pisa, Italy, pp. 96-101, Mar. 2005
- [13] J. Biggs, Mandayam A. Srinivasan, *Tangential versus normal displacements of skin : Relative effectiveness for producing tactile sensations*, Proceedings of the 10th Symposium Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, Orlando, Florida, pp. 121-128, Mar. 2002
- [14] 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.
- [15] U. Lindblom, *Touch perception threshold*

in human glabrous skin in terms of displacement amplitude on stimulation with single mechanical pulses, Brain Research, Vol. 82, Issue. 2, pp. 205-210, 1974.

워킹네비게이션을 위한 소형 촉감모듈의 디자인

양태현¹, 진경복², 박원형², 김상연^{2*}

¹표준과학연구원 질량 힘센터

²한국기술교육대학교 컴퓨터공학부

요 약

휴대용기기에서 촉감 제공에 대한 수요가 증가함에 따라, 촉감을 생성하여 사용자에게 전달해 줄 수 있는 소형/ 저전력의 진동모터가 휴대용기기에 적용되었다. 그러나 이와 같은 진동모터는 주파수제어가 용이하지 않기 때문에 휴대용기기에 적용되어 다양한 촉감을 생성하는 것이 쉽지 않다. 그러므로 본 연구에서는 휴대용기기에서 다양한 촉감을 생성할 수 있는 탄성력 및 전자기력을 이용한 새로운 소형 촉감 액츄에이터를 디자인한다. 본 연구에서 디자인한 촉감 액츄에이터는 솔레노이드, 영구자석, 그리고 탄성스프링으로 구성된다. 솔레노이드와 영구자석 사이의 인터랙션 힘이 존재하는데 이런 인터랙션 힘이 탄성스프링으로부터 발생하는 탄성복원력과 결합되어 촉감을 극대화한다. 이와 같이 두 개의 힘이 액츄에이션에 결합되어 사용되기 때문에, 제안된 촉감 액츄에이터는 작은 크기에서 사람의 피부를 자극시킬 수 있는 큰 힘을 생성할 수 있으며 전력 소비역시 매우 작다. 이와 같이 개발된 액츄에이터 9개와 다층 구조를 갖는 탄성스프링을 연결함으로써, 소형 촉감모듈을 개발하였다. 또한 제안된 모듈이 넓은 주파수범위에서 큰 힘을 생성하는지를 조사하기 위해 제안된 모듈의 힘의 크기(5mN)를 주파수를 변화시키면서 측정하였다. 그 결과 제안하는 촉감모듈은 워킹네비게이션 시스템에 적용가능함을 파악하였다.

감사의 글

본 연구는 2013년도 한국기술교육대학교 교육연구진흥사업 (과제명: 2013-0109 : SMPS 장치 커브에 사출형형 품질 및 생산성 향상을 위한 형상적응형 냉각채널 개발 및 공정 조건 결정)의 지원을 받아 수행되었습니다. 또한 본 연구는 한국한의학연구원 기관고유 과제 [맥진과제(K16024)] 의 지원을 받아 수행되었습니다.



Tae-Heon Yang received the B.S. degree in the Department of Mechanical Engineering from the Yonsei University. He received the M.S. and Ph.D. degree in the Department of Mechanical Engineering from KAIST. Now he is a research staff in KRISS. His current research interests include Haptic Actuator, and Haptic Rendering.

E-mail address: thyang@kriss.re.kr



Won-Hyeong Park received the B.S. in the Department of Computer Engineering from the Koreatech in 2011. He received the M.S. degree in the Department of Computer Engineering from Koreatech in 2013. Now he is on going researches the haptic rendering method and haptic actuator with chemistry materials.

E-mail address: ipo1001@kut.ac.kr

Kyung-bok Jin received the B.S. and M.S. in the Department of Electrical Engineering from Hanyang University. He received the Ph.D.



degree in the Department of Control and Measurement Division from KAIST in 1999. He is a professor of Mechatronics Engineering at Korea University of Technology and Education. His current research interests include Robotics and Human-Computer Interaction.

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



Sang-Youn Kim received the B.S. (1994) from Korea University, Korea and the M.S.E. (1996) and the Ph.D. (2004) in the department of 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. He is an associate 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 address: sykim@koreatech.ac.kr