
착용 가능한 진동촉감 제시 장치 개발

Development of a Wearable Vibrotactile Display Device

서창훈, Changhoon Seo*, 김현호, Hyunho Kim**, 이준훈, Junhun Lee**,
이범찬, Beom-Chan Lee**, 류제하, Jaha Ryu***

요약 촉감 제시 방법은 다른 사람에게 방해가 되지 않고 은밀하게 정보를 전달할 수 있는 장점이 있으며, 특히 시각 혹은 청각 장애인에게는 반드시 필요한 정보 전달의 수단이다. 또한 촉감을 이용한 정보의 전달은 시각 또는 청각을 이용한 정보전달의 방법을 보완하거나 때로는 대체할 수도 있다. 본 논문에서는 웨어러블, 모바일, 또는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 사용할 수 있는 착용 가능한 진동촉감 제시 장치를 제안한다. 이 진동촉감 제시 장치는 25개의 진동모터를 5×5의 형태로 배열하여 문자, 숫자뿐만 아니라 다양하고 복잡한 패턴을 표시할 수 있다. 코인형 진동모터 각각을 스펀지로 감싸고 폭신폭신했던 재질의 패드에 세워져 배열하여 진동의 퍼짐을 최소화하고 사람의 글씨 쓰는 순서에 따라 진동모터를 순차적으로 구동시키는 새로운 추적모드를 제안하여 사용자의 문자 및 숫자 인식률을 크게 향상시켰다. 사용자 성능 평가에서는 사용자의 발등에 영문 알파벳을 표시하여 86.7%의 인식률을 얻었으며 주행 또는 주차 중인 운전자에게 방향 정보를 제시한 실험에서도 83.9%의 정답률을 확인하였다. 또한 진동촉감 제시 장치를 이용하여 휴대폰에서의 발신자 정보표시를 한다거나 네비게이션 시스템에 적용할 수 있는 등의 유용한 응용 분야를 제시하였다.

Abstract Tactile displays can provide useful information without disturbing others and are particularly useful for people with visual or auditory impairments. They can also complement other displays. In this paper, we present a new vibrotactile display device for wearable, mobile, and ubiquitous computing environments. The proposed vibrotactile device has a 5×5 array configuration for displaying complex information such as letters, numbers, and haptic patterns as well as simple directional cues and situation awareness alarms. Commercially available coin-type vibration motors are embedded vertically in flexible mounting pads in order to best localize vibrations on the skin. An embedded microprocessor controls the motors sequentially with an advanced tracing mode to increase recognition rate. User studies with the vibrotactile device on the top of the foot show 86.7% recognition rate for alphabet characters after some training. In addition, applying vibrotactile device to driving situation shows 83.9% recognition rate. We also propose some potentially useful application scenarios including Caller Identification for mobile phones and Navigation Aids for GPS systems while driving.

핵심어: *vibrotactile display, wearable, letter display, tracing mode*

본 연구는 정보통신연구진흥원의 선도기반기술 개발사업(차세대 PC 기술개발) 및 광주과학기술원 실감방송연구센터(RBRC)의 지원에 의해 수행되었음.

*주저자 : 광주과학기술원 기전공학과 인간-기계-컴퓨터 인터페이스 연구실; e-mail : search@gist.ac.kr

**공동저자 : 광주과학기술원 기전공학과 인간-기계-컴퓨터 인터페이스 연구실; e-mail : {hhkim, junhun, blee}@gist.ac.kr

***교신저자 : 광주과학기술원 기전공학과 인간-기계-컴퓨터 인터페이스 연구실; e-mail : ryu@gist.ac.kr

1. 서론

촉감 제시의 방법은 사람 신체의 일부에 직접 접촉하여 정보를 전달함으로써 다른 사람에게 방해받거나 방해받지 않고 은밀하게 유용한 정보를 전달할 수 있다. 또한 사람의 몸을 통해 정보를 전달함으로써 방향이나 알람 정보와 같은 직관적이고 비언어적인 정보를 전달하는데 효율적이며 인간의 가장 원초적인 정보전달의 방법이라 할 수 있다. 이러한 촉감 제시의 방법은 특별히 시각 또는 청각 장애인에게만 유용한 것이 아니라, 우리의 일상생활에서 길을 걸어간 다거나 운전을 하는 중인 경우 등 사용자의 시선이 분산될 경우 위험요소를 잠재하고 있는 상황, 또는 사람이 많은 공공장소, 소음이 심한 곳에서는 제한적일 수밖에 없는 시각 또는 청각 정보를 보완하거나 대체하는 수단이 될 수 있다.

촉감 제시 장치를 개발하기 위해서는 그림 1과 같이 먼저 어떤 유용한 정보를 전달할 것인지, 신체의 어느 부위에 촉감을 제시하는 것이 적합한 것인지, 또 여러 가지 촉감 제시의 방법 중에서 어떤 것이 보다 효과적일 지를 먼저 고려해야 한다.

촉감 제시 장치를 웨어러블 컴퓨팅 환경에서 사용하기 위해서는 우선적으로 무게를 고려하지 않을 수 없다. 촉감 제시의 방법은 매체에 따라서 크게 진동촉감(vibrotactile), 전기촉감(electrotactile), 공기촉감(pneumatic tactile)로 나눌 수 있다. 이 중에서 진동촉감 제시 방법은 진동모터를 적절히 배열함으로써 값싸고 쉽게 구성할 수 있으며 다른 것들에 비해 상대적으로 무게도 가볍다는 장점이 있다. 전기촉감의 경우에는 고전압의 전원공급기(power supply)가 필요하며, 공기촉감의 경우에는 공압을 이용하기 위해 부피가 큰 공기압축기(air compressor)와 공기탱크가 필요하기 때문에 웨어러블 컴퓨팅 환경에는 적합하지 않다. 따라서 착용 가능한 촉감 제시 장치를 개발하는 데는 진동촉감 제시의 방법이 적합하다.

착용 가능한 진동촉감 제시 장치를 개발하기 위하여 다음의 두 가지 사항을 고려하여야 한다. 몸의 어느 부위(target

region)에 촉감 정보를 제시할 것인가와 진동모터를 얼마나(density), 어떻게(arrangement) 배열할 것인가의 문제인데 지금까지 사람의 등 [1, 8], 손 [3-7], 발바닥 [9]과 같은 몸의 한 특정 부위에 진동자를 배치하거나 또는 몸 전체 [2, 10, 11]에 골고루 배치하는 등의 다양한 시도가 있었다. 진동모터를 많이 쓸수록 다양한 정보를 제공하는데 유리하지만 신체의 한 특정 부위에 배치할 수 있는 진동모터의 수는 제한적일 수밖에 없다.

본 논문에서는 진동모터를 5×5의 형태로 배열하여 문자, 숫자뿐만 아니라 복잡한 패턴까지 표시할 수 있고 모바일 환경에서 사용할 수 있는 착용 가능한 진동촉감 제시 장치를 제안하였다. 시계, 반지, 팔찌 등의 액세서리를 착용하는 것을 번거롭게 생각하거나 귀찮아하는 사람들이 있고, 일상생활에서 집 밖에서는 항상 신발을 신고 다닌다는 점에 착안하여 신발과 발등 사이에 부착하여 발등에 다양한 정보를 표시할 수 있게 하였다. 또 코인형 진동모터 각각을 스펀지로 감싸고 우레탄 재질의 패드에 세워서 배열(그림 2, 3)하여 진동의 퍼짐을 최소화하였다. 사용자 성능 평가에서는 영문 알파벳을 표시하여 인식률을 확인함과 동시에 운전 중인 운전자에게 방향정보를 제시함으로써 제안한 장치의 유용성을 확인하였다.

진동모터를 배열의 형태로 배치하고 문자를 표시하는 것은 이전부터 많이 시도되어 왔으나 신체의 다른 부위에 비해 상대적으로 좁은 발등에 처음으로 비교적 많은 수의 진동모터를 배열하였다. 또 문자 정보 등의 복잡한 정보를 표시할 수 있는 방법으로 진동모터를 순차적으로 구동시키는 새로운 추적모드를 제안하였다. 또 제안한 장치를 유용하게 사용할 수 있는 휴대폰에서의 발신자 정보 표시라든가 네비게이션 시스템에의 응용 등의 가능한 시나리오를 제시하였다.

2장에서는 제안한 장치의 전체 시스템에 대한 설명을 하고 3장에서는 실험 및 설문조사 결과에 대해 언급한다. 그리고 구현 가능한 사용자 시나리오를 4장에서 제시하고 마지막으로 5장에서는 결론과 향후 연구 과제를 논한다.

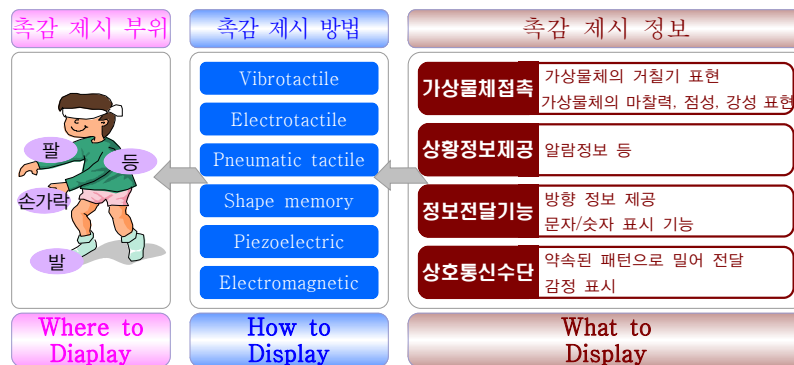


그림 1. 촉감 제시 장치 개발을 위한 고려 사항

2. 진동촉감 제시 장치

2.1 진동촉감 제시 장치 디자인

여러 예비실험을 통하여 문자, 숫자 및 다양한 패턴을 표시하는데 적합한 진동모터의 개수 및 배열 형태 등을 선정하였다. 그림 2와 같이 코인형 진동모터 (지름 10mm, 두께 3.4mm)를 5×5의 형태로 배열 하였다. 각각의 진동모터를 스펀지로 감싸고 그림 3과 같이 진동모터를 세워서 배치하여 진동이 퍼지는 현상을 최소화 하였다.

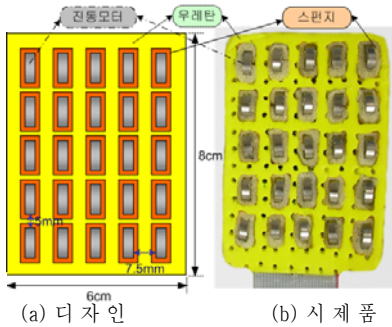


그림 2. 진동촉감 제시 장치 디자인 및 시제품

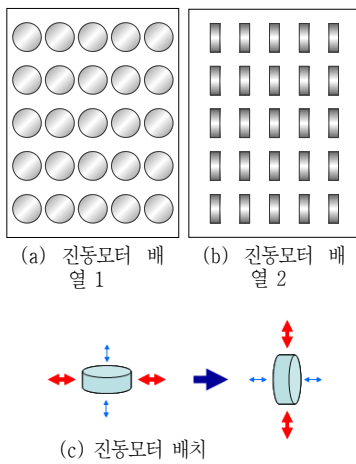


그림 3. 진동모터 배열 방법

2.2 시스템 구성

전체 시스템은 그림 4와 같이 진동촉감 제시 장치를 신발과 발등의 사이에 착탈식으로 부착할 수 있도록 하고 각각의 진동모터를 제어하기 위하여 8비트 마이크로프로세서인 Atmel사의 ATmega128을 사용하였다. PDA에 사용자 패턴 편집 프로그램을 내장하여 사용자가 직접 패턴을 정의, 편집, 저장 및 전송할 수 있도록 하였고 PDA와 진동촉감 제시 장치의 데이터 전송은 블루투스 통신을 사용하여 구현하였다.



(a) 전체 시스템 구성



(b) 컨트롤러 구성

그림 4. 전체 시스템 및 컨트롤러 구성

2.3 진동모터의 제어

마이크로프로세서로 각 진동모터를 순차적으로 구동하여 특정 진동 패턴을 나타낼 수 있으며 문자를 표시하기 위해서는 각각의 진동모터를 사람이 글씨 쓰는 순서에 따라 하나씩 순차적으로 구동하는 추적모드(tracing mode)[7, 8]를 이용하여 그림 5와 같은 영문 알파벳을 표시할 수 있다.

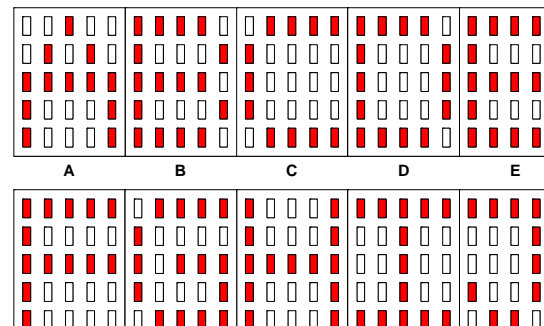


그림 5. 영문 알파벳의 진동패턴 정의

추적모드를 이용하여 영문 알파벳을 표시해 본 결과 인식이 학습 전 32.3%, 학습 후 60.3%로 이전에 개발된 장치들에 비해서 인식이 높지 않았다. 이는 비교적 좁은 공간에 많은 수의 진동모터를 배치함으로써 인해 각 진동모터 사이의 간격이 좁고 또 진동모터의 진동이 패드 전체로 퍼지면서 정확히 어떤 진동모터가 어느 위치에서 진동하는지 구별하기 힘들기 때문이다. 따라서 이를 해결하기 위하여 기존의 추적모드를 보완한 새로운 추적모드를 제안하였다. 이 방법은 기존의 추적모드와 같이 사람이 글씨 쓰는 순서에 따라 진동모터를 순차적으로 구동시키되 그림 6에서 볼 수 있듯이 두 개의 진동모터를 동시에 구동함으로써 연속적인 진동의 흐름을 만들어준다. 기존의 추적모드에서처럼 진동하는 진동모터의 위치를 파악하여 진동 패턴을 인식하는 것이 아

나라 마치 사람이 손가락으로 글씨 쓰는 것과 같은 자연스러운 진동의 흐름을 느끼게 되어 보다 쉽고 자연스럽게 문자를 인식할 수 있게 한다. 그림 7은 각각의 추적모드를 이용하여 A를 표시하기 위한 방법 및 시간 간격을 나타낸 것이다.

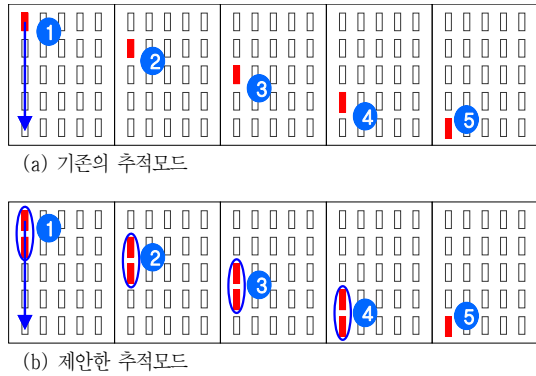


그림 6. 기존의 추적모드와 제안한 추적 모드

2.3 패턴 에디터(Pattern Editor)

사람의 신체를 통해 정보를 전달하는 촉각 제시의 방법의 경우 촉각 제시 장치를 부착하는 부위, 방법, 사용자의 신체의 크기, 피부의 두께, 감각이 예민한지 둔한지의 차이 등 다양한 요인에 따라 사용자가 느끼게 되는 느낌 정도의 차이가 크다. 특히, 발등의 경우에는 굴곡이 있을 뿐만 아니라 사람마다 발의 크기도 다르다. 또한 제안한 장치를 발등의 어느 부분에 접촉하게 되느냐에 따라 사람이 느끼는 정도가 다르며, 문자 표시의 경우에는 사람마다 글씨 순서가 달라서 자기가 글씨 쓰는 순서와 다르게 문자가 표시가 될 경우에는 쉽게 인식할 수 없다. 이를 보완하기 위하여 그림 8과 같이 패턴 에디터를 구현하였다. 그림 8에 보이는 것과 같이 'Tactile Array' 부분이 제안한 촉각 제시 장치와 같이 5×5의 배열 형태로 구성되어 있어 사용자가 원하는 패턴을 쉽게 입력할 수 있으며 사용자는 패턴 에디터를 통하여 사

용자에 맞는 또는 사용자가 인식하기 쉬운 문자 패턴을 직접 정의하거나 또는 자기가 원하는 임의의 패턴을 생성, 편집, 저장, 전송할 수 있다.



그림 8. 패턴 에디터

3. 실험 및 설문조사

제안한 진동촉각 제시 장치의 성능을 확인하기 위하여 만 26세에서 29세까지의 남자 10명을 대상으로 하여 예비 사용자 성능평가를 실시하였다. 실험은 피험자가 신발을 신고 의자에 앉은 상태에서 실시하였으며 영문 알파벳을 표시하고 표시된 문자가 무엇이었는지를 맞히는 형식으로 하여 인식률을 확인하였고 IT SoC 2005 & 차세대 PC 산업 전시회에 참가하여 일반인들을 대상으로 진동촉각 제시 장치를 시연하고 설문조사를 실시하였다.

3.1 문자 표시 실험

문자 인식률을 확인하기 위하여 각각의 피험자에게 26자의 영문 알파벳을 기존의 추적모드와 새로 제안한 추적모드의 두 가지 방법으로 무작위로 표시하였다. 그리고 각 문자는 한 번에 연속하여 두 번씩 표시를 해주었다. 피험자는 발등의 진동촉각 제시 장치로 표시되는 문자가 무엇인지 느껴

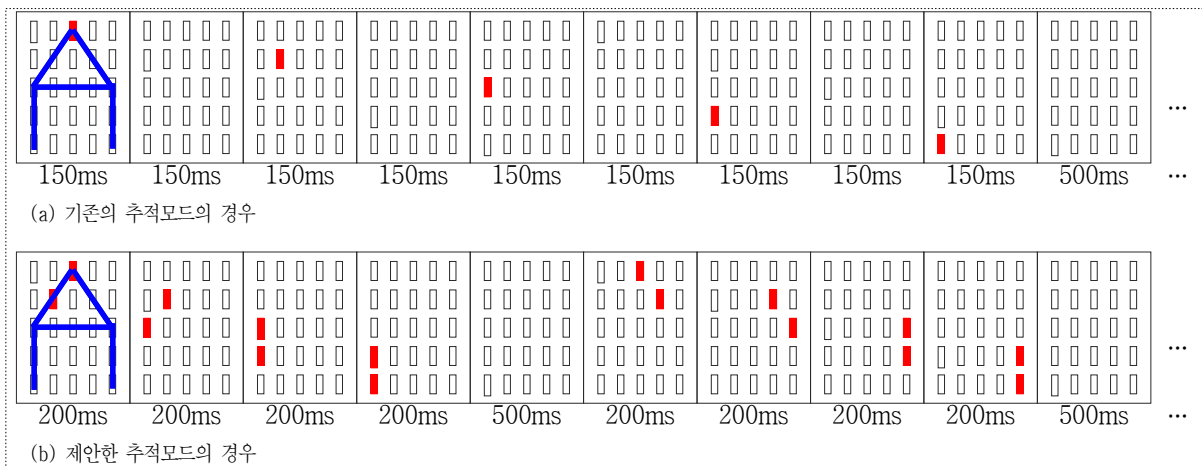


그림 7. 'A'를 표시하기 위한 진동모터 구동 순서 및 시간 간격

지는 대로 답을 하고 총 30개 중에서 피험자가 맞힌 개수를 파악하여 인식률을 조사하였다. 먼저 기존의 추적모드로 실험을 하고 새로 제안한 추적모드의 효과를 검증하기 위하여 한 달 정도 지난 후에 동일한 피험자로 새로 제안한 추적모드를 이용하여 실험을 하였다. 여러 번의 예비실험을 통하여 각 모드에서 문자를 인식하기에 최적화된 시간 간격을 찾아 기존의 추적모드에서는 진동모터 구동시간(DoS, Duration of Stimulus)을 150ms, 한 진동모터가 구동되고 다음 진동모터가 구동될 때까지의 시간(ISOI, Inter-Stimulus Onset Interval)을 300ms로 하고 새로운 추적모드에서는 DoS를 400ms, ISOI를 200ms, 또 그림 7에 나타난 것처럼 각 문자의 분절('A'의 경우 3개의 분절, /, \, -) 사이에는 500m의 시간 간격을 추가하였다.

또한 학습에 의한 효과를 검증하기 위하여 위의 실험 후에 피험자에게 10분 정도의 시간 동안 혼자서 진동촉감 제시 장치로 표시되는 문자의 패턴을 습득할 수 있도록 한 다음 같은 방법으로 인식률을 다시 확인하였다.

그림 9에서 확인할 수 있는 바와 같이 새로 제안한 추적모드를 이용할 경우 기존의 추적 모드에 비해 학습 전후 각각 36%, 26.4%의 인식률 이 향상을 확인할 수 있었고, 학습의 효과에 의해서도 인식률이 향상(기존의 추적모드에서 28%, 새로운 추적모드에서 18.4%)이 됨을 확인할 수 있다.

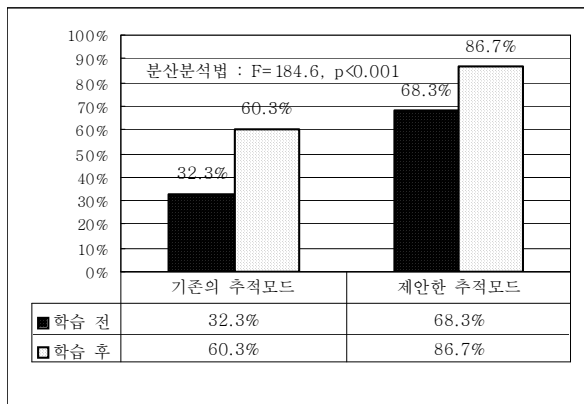


그림 9. 문자 표시 실험 (문자 인식률)

문자 인식률 실험에서 'A'와 'H', 'D'와 'P', 'U'와 'V' 등과 같이 쓰는 순서나 모양이 유사한 문자를 혼동하는 경우가 많았으며, 학습 전에는 맞히기 힘든 'M', 'S', 'W'와 같은 문자들은 학습 후에는 비교적 쉽게 맞혔다. 그리고 학습 전에는 두 번 연속 문자를 표시해도 쉽게 맞히지 못했으나 학습 후에는 한번 표시되는 순간 쉽게 맞히는 경우가 많았다.

3.2 방향 표시 실험

4장에서 제시할 네비게이션 시스템과 장애물 감지 등의 시나리오 적용의 타당성을 검증하기 위하여 그림 11의 패턴을 이용하여 27~31세의 운전면허를 가지고 있는 남자 5명을 대상으로 실험을 수행하였다. 그림 11의 12가지 패턴은 네비게이션 시스템에서의 방향 정보, 차선 이탈 정보, 주차 시에 차량 주변의 장애물에 대한 정보를 나타낼 수 있도록 정의 하였다. 패턴 1, 2번은 '1km 앞에서 우회전, 좌회전', 패턴 3, 4번은 '200m 앞에서 우회전, 좌회전'을 나타내며, 패턴 5, 6은 주행 시 각각 좌우 차선의 이탈 정보를 나타낸다. 그리고 패턴 7~12는 주차 시 차량 주변의 장애물의 방향을 나타낸다. 각 피험자는 왼쪽 발에 진동촉감 제시 장치가 부착된 신발을 착용하고 왼쪽 발을 사용할 필요가 없는 자동 변속 차량으로 도로 주행을 하면서 진동촉감 제시 장치로부터 제시되는 패턴을 알아맞히는 식으로 진행되었다. 실험 환경은 라디오를 들으면서 조수석에 탑승한 사람과 간단한 대화를 나누게 하여 실제 운전 환경과 비슷하게 유지하였다. 실험은 크게 주행할 때(패턴 1~6)와 주차할 때(패턴 7~12)의 두 가지 세션으로 나누어 진행하였으며 각 패턴은 차량에 동승한 실험자가 PDA를 이용하여 각 패턴을 무작위로 36번 제시하고 피험자의 정답률을 확인하였다. 앞에서 제안한 새로운 추적모드를 이용하여 패턴 1~4는 DoS 200ms, ISOI 300ms, 패턴 5~12는 DoS와 ISOI를 300ms로 하였으며 각 패턴은 한 번에 세 번 연속으로 제시하였다.

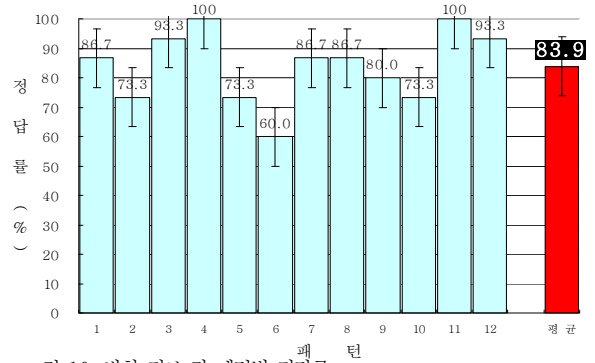


그림 10. 방향 정보 각 패턴별 정답률

실험 결과는 그림 10에 나타난 바와 같이 83.9%의 정답률을 확인하였다. 그리고 5명을 대상으로 한 실험으로 단정 지을 수는 없겠지만 피험자 중에서 운전경력 8년인 사람이 94.4%의 정답률을 보인 반면 운전경력 1년인 피험자는 72.2%로 운전경력이 각 패턴의 인식률에 영향을 미치는 요인이 될 수 있음을 추측할 수 있었다.

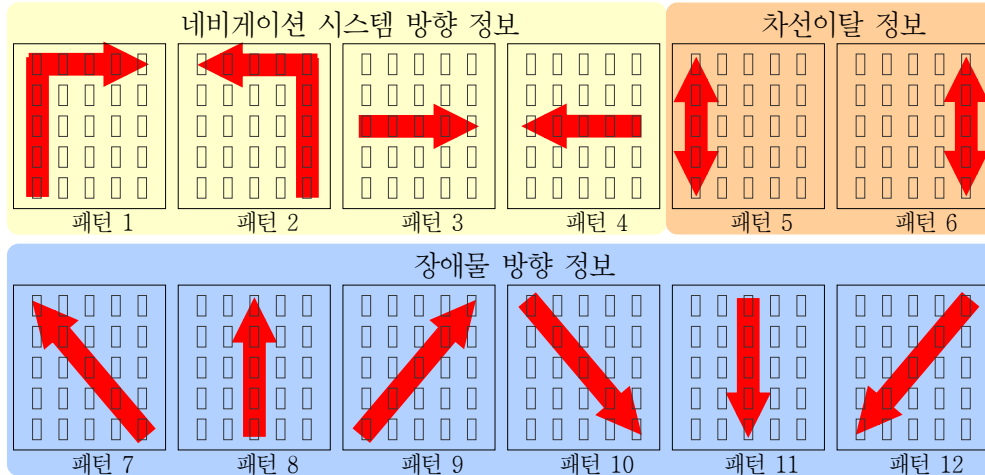


그림 11. 차량 운행 상황 시나리오에 적용할 패턴 정의

3.3 시연 및 설문조사

2005년 11월 3일~5일 개최된 IT SoC 2005 & 차세대 PC 산업 전시회에 참가하여 본 논문에서 제안한 진동촉감 제시 장치를 일반인을 대상으로 시연하고 전시회 참가자 중에서 41명(남자 21명, 여자 20명)을 대상으로 설문을 실시하였다. 설문 참가자의 연령대는 20~36세로 20대 34명, 30대 7명이었으며 설문조사의 방법은 진동촉감 제시 장치를 체험 후에 미리 준비한 몇 가지 문항에 주관식으로 답하게 하였다. 설문 내용 중에서 장치를 체험한 소감과 휴대폰의 발신자 정보 표시 기능과 연인 또는 친구들 간의 새로운 통신 수단으로써 진동촉감 제시 장치가 상용화 될 경우의 구매 의사에 대한 설문조사의 결과는 그림 12에 나타내었다.



(a) 진동촉감 제시 장치를 체험한 소감



(b) 상용화 될 경우 구매의사

그림 12. 설문조사 결과

4. 사용자 시나리오

촉감 제시의 방법은 이미 언급한 바와 같이 다른 사람에게 방해를 주거나 받지 않고 은밀하게 정보를 주고받을 수 있는 특유의 장점이 있다. 특히 방향정보와 같은 직관적인 정보전달에 유리하다. 이번 장에서는 이런 특성들을 이용하여 적용 가능한 유용한 응용분야에 대한 시나리오를 제시한다.

4.1 휴대폰과 연동 시나리오

요즘 휴대폰은 현대인에게 일상생활에서 없어서는 안 될 필수품이 되었다. 벨소리에 의한 착신 정보 제공은 장소에 따라 아주 제한적이며, 기존의 진동모드는 길을 걷는다가 가방 속에 넣어둘 경우 착신 신호를 감지하기가 힘들다. 그림 13과 같이 휴대폰의 착신 신호를 제안한 장치로 전달하게 되면, 쉽게 착신 신호를 감지할 수 있을 뿐만 아니라 다수의 진동모터를 이용하여 2차원 배열 형태로 구성되는 진동촉감 제시 장치에서 만들어 낼 수 있는 다양한 진동패턴을 통하여 발신자에 따라 다른 진동패턴을 제시함으로써 발신자에 대한 정보를 나타낼 수도 있다. 또, 연인이나 친구들 서로 간에 약속된 패턴을 지정하고, 예를 들어, 사랑한다는 말 대신 하트 모양의 진동패턴을 표현하는 식으로 의미를 부여한 진동패턴을 서로 주고받게 되면 기존의 전화나 문자 메시지(SMS)와는 다른 몸으로 느낄 수 있는 새로운 통신 수단(VMS, Vibrotactile Message Service) 또는 놀이 문화가 될 수 있다.



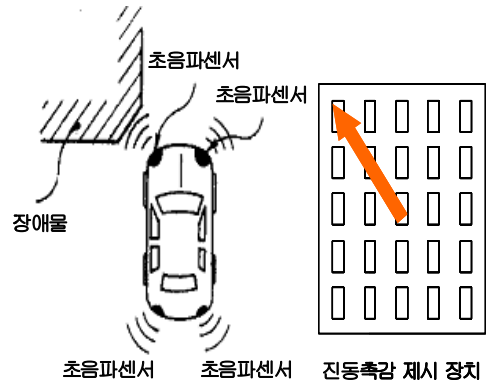
그림 13. 휴대폰과 연동 시나리오

4.2 차량 운행 환경에서의 시나리오

운전 중에 네비게이션을 이용하여 길안내 서비스를 받거나, 사각(死角)지대를 감지하여 주차를 더욱 안전하게 도와주는 후방 감지 장치와 같이 운전자에게 유익한 정보를 주는 시스템들이 많이 개발되었다. 하지만 이러한 시스템들은 주로 시각이나 청각정보에 의존하여 운전자에게 정보를 전달하고 있는데, 이러한 시청각 정보는 운전자의 시야를 방해할 수 있고, 시끄러운 환경에서는 정보를 제대로 전달할 수 없다는 단점이 있다. 하지만 그림 14와 같이 길안내 서비스도중의 방향 정보 또는 주차 중 충돌 경보 등을 촉각 제시의 방법을 이용할 경우, 주변소음에 상관없이, 그리고 운전자의 시야를 방해하지 않고도 유익한 정보를 전달할 수 있다.



(a) 네비게이션 시스템



(b) 주차 중 후방 감지 (장애물 감지)

그림 14. 차량 운행 환경에서의 시나리오

5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 새로운 진동촉각 제시 장치를 제안하고 시제품을 제작하여 성능을 평가하고 설문조사를 실시하였다. 또한 제안한 장치를 이용할 수 있는 응용분야에 대한 시나리오도 제시하였다. 인식률을 높이기 위하여 각 진동모터를 스펀지로 감싸고 또 진동모터를 세워서 배치하여 진동의 퍼짐을 최소화하였다. 또한 사용자 성능평가를 통하여 새로운 추적모드로 문자를 표시하였을 때 기존의 추적모드에 비해서 문자 인식률이 높아졌으며 학습의 효과에 의한 인식률 향상도 확인하였다. 사용자 성능 평가를 통하여 영문 알파벳 문자 표시의 경우 86.7%의 인식률을 보였으며 차량 운행 상황에서의 방향 정보 및 차선 이탈 정보, 그리고 주차 중에 차량 주변의 장애물 정보 등을 제시하는 실험에서는 83.9%의 정답률을 확인하였다. 또 IT SoC 2005& 차세대 PC 산업 전시회에 참가하여 일반인들을 대상으로 진동촉각 제시 장치를 시연하고 설문 조사를 실시하여 대부분의 사람들이 제안한 장치를 체험한 후 '신기하고 재밌다'는 반응을 보였으며 가격조건, 성능 및 디자인이 개선된다면 상용화될 경우 구매하겠다는 사람들이 설문응답자 중 83%를 차지하였다. 현재 PDA로 구현되어 있는 시스템을 휴대폰과 연동하여 발신자 표시 기능 (CallerID) 또는 VMS(Vibrotactile Message Service) 기능을 제공하여 많은 사람들이 사용할 수 있는 시스템으로 개발할 예정이다.

참고문헌

[1] H. Z. Tan, R. Gray, J. J. Young, and R. Traylor, "A Haptic Back Display for Attentional and Directional Cueing," *Haptics-e* <http://www.haptics-e.org>, vol. 3, 2003.

[2] J. van Erp and H. van Veen, "A Multi-purpose Tactile Vest for Astronauts in the International Space Station," presented at Eurohaptics 2003,

Dublin, Ireland, 2003.

- [3] P. Bach-y-Rita, Brain mechanisms in sensory substitution, Academic Press, New York, 1972
- [4] C. C. Collins, "Tactile television—Mechanical and electrical image projection," IEEE Transactions on Man—Machine System, MMS-11,1970, pp.65-71.
- [5] J. Loomis, "Tactile letter recognition under different Modes of stimulus presentation," Perception & Psychophysics, Vol. 16, No.2, 1974, pp. 401-408.
- [6] S. Saida, Y. Shimizu, and T. Wake, "Construction of Small TVSS and Optimal Mode of Stimulus Presentation," 4th Symposium on Sensory Substitution, Ibaraki, Japan,1978, pp. 68-73 (in Japanese).
- [7] Y. Shimizu, "Temporal Effect on Tactile Letter Recognition by a Tracing Mode," Perceptual and Motor Skills, 55, 1982, pp. 343-349.
- [8] Y. Yanaginda, M. Kakita, R. W. Lindeman, Y. Kume, & N. Tetsutani, "Vibrotactile Letter Reading Using a Low-Resolution Tactor Array," Proc. of the 12th Symposium On Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, 2004, pp.400-406.
- [9] Y. Kume, A. Shirai, M. Tsuda, and T. Hatada, "Information transmission through soles by vibrotactile stimulation," Trans. of the Virtual Reality Society of Japan. Vol. 3, No. 3, 1998, pp. 83-88 (in Japanese).
- [10] H. Yano, T. Ogi, and M. Hirose, "Development of Haptic Suit for Whole Human Body Using Vibrators," Trans. of the Virtual Reality Society of Japan, Vol. 3, No.3, 1998, pp. 141-148 (in Japanese).
- [11] E.Gunther, G. Davenport and S. O'Modhrain, "Cutaneous Grooves: Composing for the Sense of Touch," Proc. 2002 Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME-02), 2002, pp. 37-42.



서창훈

1996년 3월 ~ 2003년 2월 부산대학교 전자전기통신공학부 졸업(공학사). 2003년 3월 ~ 2005년 2월 광주과학기술원 기전공학과 졸업(공학석사). 2005년 3월 ~ 현재 광주과학기술원 기전공학과 박사과정. 관심분야는 햅틱 인터페이스, 햅틱 상호작용 안정화 제어.



김현호

1998년 3월 ~ 2003년 2월 한양대학교 기계공학부 졸업(공학사). 2003년 3월 ~ 2005년 2월 광주과학기술원 기전공학과 졸업(공학석사). 2005년 3월 ~ 현재 광주과학기술원 기전공학과 박사과정. 관심 분야는 Human Machine Interface, Telematics.



이준훈

1996년 2월 ~ 2004년 2월 인하대학교 전자공학과 졸업(공학사). 2005년 3월 ~ 현재 광주과학기술원 기전공학과 석사과정. 관심분야는 HCI, Embedded system, Digital system.



이범찬

1998년 2월 ~ 2004년 2월 강원대학교 전기전자정보통신공학부 졸업(공학사). 2004년 3월 ~ 2006년 2월 광주과학기술원 기전공학과 졸업(공학석사). 2006년 3월 ~ 현재 광주과학기술원 기전공학과 박사과정. 관심분야는 햅틱(역/촉감) 렌더링 알고리즘 개발, 햅틱 응용 시스템 개발, HCI.



류제하

1978년 3월 ~ 1982년 2월 서울대학교 기계공학과 졸업(공학사). 1982년 3월 ~ 1984년 2월 한국과학기술원 기계공학과 졸업(공학석사). 1987년 8월 ~1991년 12월 The University of Iowa, PhD, 기계공학박사. 1994년 10월 ~ 현재 광주과학기술원 기전공학과 교수. 관심분야는 Human-Machine-Computer Interface (Haptic Interface), 촉감방송 등.