

스테레오타입 분석을 통한 방향정보 전달용 햅틱 아이콘 설계

김상호*

*금오공과대학교 산업공학부

A Study on Designing Haptic Icons to support Informative Communications for Navigation

Sang-Ho Kim*

*School of Industrial Engineering, Kumoh National Institute of Technology

Abstract

In this paper, the learnability of haptic icons was tested as a way of conveying turn-by-turn directions to users involved in navigation interactions with commercial smartphones. To do this, six most distinctive haptic icons were identified from those having different duration of each pulse, interval between pulses, and rhythm. Associations between the selected haptic icons and 3 pairs of navigation directions were analyzed using data gathered from 30 subjects by 7 point Likert scale. The haptic icons were then assigned to proper directions based on the results from that stereotype analysis.

The results showed that the commercial smartphone with one linear motor at a fixed location is not capable of making hapticons to have clear directional stereotypes. The hapticons with poor stereotypes has no advantage in learnability compared to those of random assignment.

Keywords : Haptic Icons, Stereotypes, Navigation, Smartphone, Semantic Association

1. 서론

현대 정보화 사회에서 사람들은 각종 정보기기 및 매체를 통해 일상생활 속에서 막대한 양의 정보를 접하며 생활한다. 불과 수년 전까지만 해도 대표적인 정보기기는 PC나 노트북과 같은 컴퓨터들이었지만, 초고속 무선통신망을 기반으로 한 스마트폰의 사용이 일반화 되면서 스마트폰이 새로운 정보기기의 전형으로 자리잡기에 이르렀다. 통계자료에 따르면 우리나라의 스마트폰 사용자 수는 2012년 3분기를 기준으로 3000만 명을 넘어섰고, 6세 이상 성인인구 10명 중 6명 이상이 스마트폰을 사용하고 있다[6]. 최근 들어 저가 보급형 스마트폰들이 출시되고, 데이터 사용량에 따른 요금부

과체계가 조정되는 등 이용환경이 개선됨에 따라 스마트폰 보급률은 보다 더 증가할 것으로 예상된다.

스마트폰의 사용이 일반화되면서 사용자들은 시간적, 공간적 제약이 없이 상시적으로 필요한 정보에 접근할 수 있게 되었다. 스마트폰의 경우 과거 휴대폰의 주된 기능이었던 음성통화나 문자서비스보다 인터넷 검색, 이메일, 음악 듣기, 동영상 촬영 및 감상, 길 찾기, 게임 등 부가기능의 이용시간이나 빈도가 더욱 높은 특징이 있다[1]

현재 시판되고 있는 스마트폰의 물리적 인터페이스는 시각, 청각 및 촉각 정보를 모두 표현할 수 있는 다양성(Multimodality)을 지니고 있지만, 자극의 양식에 따라 정보의 세부적인 표현력에는 큰 차이가 있다.

† 본 논문은 금오공과대학교 교내학술연구비 지원에 의한 연구결과임.

† Corresponding Author: Prof, Sang-Ho Kim, 61 Daehak-ro, Gumi, Gyungbuk 730-701, Korea.

M · P: 010-9502-4387, E-mail: kimsh@kumoh.ac.kr

Received January 20, 2013; Revision Received March 12, 2013; Accepted March 12, 2013.

현재까지는 시각정보에 대한 의존도가 절대적이며, 음성통화, 음악이나 동영상 파일의 재생과정에서 발생하는 소리정보를 제외하면 청각정보 역시 벨소리나 문자수신 등 각종 상황에 대한 단순 알림음이나 배경음 정도를 표현하는 것이 주된 용도이다. 촉각정보의 경우에는 그 사용방식이 더욱 단순화되어 시청각 양식을 사용할 수 없는 환경에서 휴대폰에 수신된 정보가 있음을 알려주거나 터치기능을 사용할 때 피드백을 주는 등 on-off로 구분되는 1 bit 정보량을 표현하는 용도에 그치고 있다. 시각이 인간의 가장 주된 정보습득 채널이기는 하지만 멀티태스킹으로 인해 시각채널이 지나치게 붐비거나 시각환경이 불량할 때 시각정보는 작업자의 과부하를 유발하여 수행도를 떨어뜨리거나 안전을 위협하는 문제를 낳을 수 있다. 이러한 문제점을 해소하기 위한 방안의 일환으로 시각정보를 대체할 수 있는 청각 및 촉각 자극이 활용되어야 할 필요성이 꾸준히 대두되었다. 청각영역에서는 Gaiver 등에 의한 청각 아이콘(Auditory Icon)이나 Brewster 등에 의한 이어콘(Earcon)의 활용이 제안되었으며[20], 이를 촉각관련 기술인 햅틱(Haptics) 영역으로 확장한 택톤(Tacton) 또는 햅티콘(Hapticon)의 개념이 등장하였다[2]. 햅틱(Haptic)은 그리스어로 만지다(Touch)라는 뜻을 가진 "Haptesthai"에서 유래된 용어로서, 햅틱 기술은 피부와의 접촉을 통해 정보를 인지하거나 장치를 조작하기 위한 연구 분야전반을 일컫는다[5]. 햅틱 아이콘(haptic icon) 또는 햅티콘(Hapticon)은 시각채널에 있어서의 아이콘이나 청각채널에 있어서의 이어콘(Earcon)과 같이 감각에 전달되는 물리적 신호에 원하는 정보메시지를 담아 통신매체로 사용하자는 개념을 진동신호를 이용한 햅틱 감각 영역으로 확장한 것이다.

진동신호 또는 햅틱 아이콘을 이용하여 길 찾기 과정에서 필요한 정보메시지를 전달하고자 하는 시도는 여러 연구들에서 찾아볼 수 있다[9,15]. Van Erp(2001)는 시뮬레이터를 이용한 가상운전 실험에서 시각적으로 주어지는 많은 정보처리 부담을 진동 정보를 이용해 줄여줄 수 있음을 발견하였고, 2005년에는 보행자에게 방향과 거리에 관한 정보를 진동으로 전달할 수 있음을 확인하였다[18,19]. Pietela(2009)는 진동 효과가 간단한 방향 정보를 전달하는데 사용될 수 있음을 확인하였으며, 이를 표현하기 위해 다양한 리듬(rhythm)이 필요하다고 주장하였다[14]. Pielot과 Boll (2010)은 진동으로 제시된 방향정보를 이용하여 피실험자가 목적지까지 찾아갈 수 있는지에 대한 실험을 실시하였다[13]. 이 실험에서 상용 네비게이션 시스템과 비교했을 때 진동정보를 이용할 경우 실험자들이 처해 있는 상황

에 보다 잘 집중하고, 길을 찾는 동안 장애물과의 충돌 위험이 낮아짐을 확인하였다. Robinson 등(2010)은 휴대폰에 내장된 모터를 이용해 여러 가지 진동 특성을 구현한 후 피실험자에게 각 방향별로 서로 다른 진동 정보를 제시하는 보행자 네비게이션 실험을 실시하였다[16]. 그 결과 피실험자들이 실시간 방향 전달 없이도 길을 찾을 수 있음을 확인하였다. 하지만 모바일 기기를 통해 구현되는 진동 효과는 기기에 내장된 모터 성능에 따라 상황 표현에 한계가 있기 때문에 전달하고자 하는 정보에 부합하는 직관적인 진동 효과를 구현하는데 어려움이 따른다[11].

햅틱 아이콘을 포함하여 아이콘이나 이어콘이 다른 정보 양식과 구분되는 가장 큰 특성은 전달하고자 하는 정보의 내용을 추상화(Abstraction)한 후 그 내용을 전달하기에 적합하도록 설계된 인공적 신호(Designed Object)란 점이다. 즉, 텍스트나 사진 또는 음성이나 녹음된 자연음처럼 전달되는 정보가 원형의 특성을 그대로 유지하는 경우와는 달리 원하는 정보 내용만을 추려내서 전달하게 된다[7]. 이러한 정보축소 방식은 주어진 환경을 있는 그대로 표현하는 세부적 능력은 떨어지지만 정보수용자의 정보처리 부담을 크게 감소시켜주는 장점이 있다. 정보수용자는 전달되는 신호를 몇 가지 상이한 신호와 구분하여 그 의미를 파악하기만 하면 된다. 다만 이러한 방식은 설계된 신호와 전달하고자 하는 정보 사이에 직관적인 연관성을 제공하지 않기 때문에 별도의 과정을 통해 신호가 의미하는 바를 학습하고 기억해야 한다는 단점이 있다[8,10]. 이러한 단점을 극복하기 위해서는 학습과 기억을 용이하게 해주는 정보코딩 기술이 필요하다. 전달되는 정보의 내용과 의미연관성(Semantic Association)이 높게 코드화된 정보는 정보처리 부담을 크게 경감시켜주는 것으로 잘 알려져 있다[3,4].

이상과 같은 관련 연구결과들을 종합해 볼 때 스마트폰을 비롯한 각종 정보기기들을 이용하는 작업들의 수행도를 향상시키기 위해서는 시각채널에 편중된 정보전달 방식을 개선하기 위한 노력이 필요함을 알 수 있다. 그 한 가지 대안으로서 다양한 진동특성을 이용한 정보전달용 햅티콘의 설계와 활용이 고려될 수 있다. 다만, 햅티콘을 이용한 원활한 정보소통을 위해서는 햅틱 신호의 특성을 변조시킬 수 있는 다양한 물리적 설계요소들에 대한 이해를 바탕으로 이들의 조합에 의해 생성된 다양한 햅틱 신호들이 유발하는 감성정보의 의미를 파악한 후 주어진 정보의 내용에 합당하게 햅틱 신호를 랜더링할 수 있는 기술개발이 선행되어야 한다.

2. 연구내용 및 방법

본 연구에서는 서론에서 기술한 연구의 필요성에 따라 시각정보를 대체할 수 있으며, 사용자에게 쉽게 인지되어 학습 및 기억의 부담을 낮추어 줄 수 있는 정보전달용 햅틱 아이콘을 설계해보고자 하였다. 본 연구에서 설계하고자 한 햅틱콘들은 스마트폰을 이용한 길찾기 과정에서 방향을 전환해야할 지점에 도달하였을 때 시각정보에 의존하지 않고 전후, 좌우, 상하 중 진행방향을 인지할 수 있도록 도와주는 6가지 종류였다. 햅틱콘의 설계과정에서 진동의 특성변화를 유발하는 물리적 설계 파라미터는 현재 상용화된 안드로이드용 스마트폰을 이용해 구현할 수 있는 범위로 한정하였다. 본 연구의 목적은 상용화된 스마트폰을 이용하여 재현할 수 있는 진동신호의 설계범위 내에서 다른 신호와 구분되는 충분한 변별력을 갖추고 있으면서 전달하고자 하는 방향성 정보와 양립하는 햅틱콘의 설계가능성을 확인하고자 하는 것이다.

2.1 실험용 햅틱콘의 설계

스마트폰의 진동은 휴대폰 속에 내장된 코인(Coin)형 리니어 모터에 의해 발생되는데, 이 진동모터는 스프링에 매달린 추를 상하로 운동시켜 진동을 발생시키는 것이 특징이다. 스마트폰 진동의 물성을 변형시킬 수 있는 모수들은 단위 펄스의 지속시간(Duration of Each Pulse, DEP)과 단위 펄스들 간의 간격(Interval Between Pulse, IBP), 리듬(Rhythm)등으로 제한된다. DEP와 IBP가 너무 짧으면 사용자가 이를 인식할 수 없는데, Shieh와 Wu(2008)의 연구에 따르면 DEP는 최소한 100ms, IBP는 최소한 50ms가 되어야 한다[17].

DEP, IBP, 리듬을 다양하게 조합할 경우 휴대폰의 진동패턴을 복잡하게 설계할 수는 있겠지만, 짧은 시간 내에 의미 있는 정보를 전달함과 동시에 학습부담을 최소화하기 위해서는 감도(Detectability)와 변별력(Discriminability)을 갖춘 소수의 패턴을 개발할 필요가 있다. 이런 제약조건에 따라 본 연구에서는 전후, 좌우, 상하를 의미하는 변별력 있는 햅틱콘 유형을 설계하기 위해 아래의 <Table 1>에 정리한 바와 같은 6가지 진동패턴을 고려하였다. 이 패턴들은 방향성과 관련된 전후, 좌우, 상하 정보가 3차원 공간의 각 축을 기준으로 서로 대칭되는 특성이 있음에 착안하여 설계되었다.

우선 DEP의 차이를 이용해 단속적으로 반복되는 같은 길이의 긴 신호와 짧은 신호를 한 쌍으로 구성하였다. 다음으로 점차 길어지는 신호와 이와 반대로 점차 짧아지는 신호를 한 쌍으로 구성하였다. 마지막으로 짧은 신호와 긴 신호가 교대로 나타나되 그 패턴이 반대가 되는 신호를 한 쌍으로 구성하였다. 이상과 같은 방법으로 6가지 진동패턴의 유형을 구분하였으나 각 유형 내에서 DEP와 IBP의 부분적인 수정을 통해 유사한 패턴을 수없이 생성할 수 있다. 따라서 각 유형을 대표할 수 있는 가장 변별력이 우수한 진동패턴을 찾아낼 필요가 있다. 이를 위해 각 유형 내에서 몇 가지 변형을 만들어 피실험자들에게 제시한 후 대비되는 신호와 가장 변별력이 높은 진동패턴을 선택하도록 하는 실험을 실시하였다. 이 실험에는 남녀 대학생 30명이 참여하였으며, 각 유형별로 가장 많은 피실험자가 선택한 진동패턴의 특성을 확인하였다. 이후부터는 선정된 유형별 대표 햅틱콘들을 이용하여 후속 실험을 진행하였다. 휴대폰의 모터를 제어하여 원하는 패턴의 진동을 생성시키기 위한 프로그램은 안드로이드 운영체제(Android OS)를 사용하는 스마트폰용 어플리케이션 개발언어인 Java Eclipse를 이용해 직접 작성하였다.

<Table 1> Vibration Patterns of the Hapticons used as Experimental Group

구분	진동 패턴	시간의 경과에 따른 진동의 변화 양상
햅틱콘 1	— — — —	단속적으로 반복되는 동일한 길이의 긴 신호
햅틱콘 2	- - - - -	단속적으로 반복되는 동일한 길이의 짧은 신호
햅틱콘 3	— — — -	시간의 경과에 따라 길이가 점점 짧아지는 신호
햅틱콘 4	- - - —	시간의 경과에 따라 길이가 점점 길어지는 신호
햅틱콘 5	- - — - -	짧게 두 번, 길게 한 번, 짧게 두 번의 단속 신호
햅틱콘 6	— - - —	길게 한 번, 짧게 두 번, 길게 한 번의 단속 신호

<Table 2> Survey Forms for Evaluating Directional Stereotypes of the Hapticons

주어진 진동을 느꼈을 때 이를 방향성과 매치시킨다면 당신의 선택은?								
앞으로 향하는 느낌	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	뒤로 향하는 느낌
	대단히	상당히	약간	모르겠음	약간	상당히	대단히	
좌로 향하는 느낌	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	우로 향하는 느낌
	대단히	상당히	약간	모르겠음	약간	상당히	대단히	
위로 향하는 느낌	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	아래로 향하는 느낌
	대단히	상당히	약간	모르겠음	약간	상당히	대단히	

2.2 햅틱콘의 방향성 스테레오타입 평가

앞 절을 통해 설계된 6가지 햅틱콘들과 전달하고자 하는 전후, 좌우, 상하의 방향성 정보간에 양립성을 확보할 수 있는지 확인하기 위하여 각 햅틱콘들의 방향성 관련 스테레오타입을 평가하였다. 이를 위해 피실험자들이 한 손에 파지한 휴대폰을 통해 6가지 햅틱콘들을 무작위순으로 제시한 후 각 햅틱콘이 유발하는 3차원 공간상에서의 방향성 관련 감성을 Likert의 7점 스케일을 이용하여 평가하도록 하였다. 해당 실험에 참가한 피실험자들은 진동패턴의 변별력 실험에 참여한 남녀 대학생 30명과 동일하였고, 감성평가를 위해 <Table 2>에 제시한 양식을 이용하였다.

햅틱콘의 경우 전달하고자 하는 정보의 추상화 정도가 다른 정보양식에 비해 높기 때문에 방향성 관련 스테레오타입이 뚜렷하게 형성되지 않을 가능성이 있을 것으로 예상되었다. 따라서 설계된 햅틱콘들이 지닌 방향성 정보와의 양립성 정도를 평가하기 위해서는 그 결과를 비교할 대조군이 필요하였다. 이를 위해 전달하고자 하는 방향성 정보와 양립성이 존재하지 않을 것으로 예상되는 대조군을 다음과 같이 설계하였다. 다음 페이지의 <Table 3>에 정리한 대조군용 햅틱콘들은 연속되는 펄스의 장단에 의해 신호가 지닌 의미를 전달하는 모스부호(Morse Code)에서 착안된 것이다. 모스부호를 이용하여 영문 알파벳을 표현할 수 있음에 착안하여 전달하고자 하는 방향성 정보인 전후, 좌우, 상하를 각각 영문자 F(oward), B(ackward), L(eftrightarrow), R(ight), U(pward), D(ownward)에 대응시켰다. 대조군

에 대해서도 모스부호에 대한 사전정보를 제공하지 않은 상태에서 무작위순으로 제시된 6가지 햅틱콘이 유발하는 방향성 관련 감성을 동일한 방식으로 평가하였다.

2.3 햅틱콘의 학습성 평가

전달하고자 하는 방향성 정보와 양립하는 햅틱콘의 설계가능성을 확인하고자 본 연구에서 제안된 햅틱콘들의 학습성을 평가하기 위한 실험을 실시하였다. 우선 설계된 햅틱콘이 방향정보와 양립하는 정도에 따라 학습성에 유의한 영향을 미치는지를 평가하였다. 이를 위해 앞 절에서 설명한 햅틱콘의 스테레오타입 평가결과를 이용하여 햅틱콘 1~6을 6가지 방향에 적절히 할당하였다. 학습성을 비교 평가하기 위한 대조자료의 형성을 위해 햅틱콘 F~D의 경우에는 스테레오타입 형성결과와 상관없이 각 영문철자가 상징하는 방향에 임의적으로 할당하였다. 앞서 스테레오타입 평가에 참여했던 동일한 피실험자들을 15명씩 2개 그룹으로 구분하고 각 그룹별 피실험자들에게 자신들이 학습하여야 할 맵핑 정보를 제공하였다. 학습기간은 두 그룹에 동일하게 15분이 주어졌으며, 이후 10분간의 휴식시간을 갖고 나서 각 그룹별 학습성을 평가하였다. 햅틱콘에 대한 학습성은 무작위순으로 제시되는 6개 햅틱콘을 인지하고 각 햅틱콘에 할당된 방향정보를 응답하도록 한 후 정답자의 비율로 평가하였다. 햅틱콘에 대한 학습성도에 있어 피실험자들간의 개인차가 평가결과에 영향을 미칠 정도는 아닐 것이라는 가정 하에 전체 실험설계는 Between-Subject 방식을 사용하였다.

<Table 3> Vibration Patterns of the Hapticons used as Control Group

명칭	진동 패턴	설명
햅티콘 F	— — — — —	모스부호 F: 짧게 두 번, 길게 한 번, 짧게 한 번의 단속 신호
햅티콘 B	— — — — —	모스부호 B: 길게 한 번, 짧게 세 번의 단속 신호
햅티콘 L	— — — — —	모스부호 L: 짧게 한 번, 길게 한 번, 짧게 두 번의 단속 신호
햅티콘 R	— — — — —	모스부호 R: 짧게 한 번, 길게 한 번, 짧게 한 번의 단속 신호
햅티콘 U	— — — — —	모스부호 U: 짧게 두 번, 길게 한 번의 단속 신호
햅티콘 D	— — — — —	모스부호 D: 길게 한 번, 짧게 두 번의 단속 신호

3. 연구 결과

3.1 햅티콘의 방향성 스테레오타입 평가결과

2.2절에서 기술한 방식에 따라 햅티콘 1~6에 대한 방향성 스테레오타입 평가실험을 실시한 결과를 정리하면 <Table 4>와 같다. 햅티콘 1~6에 대한 방향성 스테레오타입을 분석한 결과 전반적으로 모르겠다는 응답의 비중이 가장 높아 햅티콘과 방향성 정보 사이에 뚜렷한 스테레오타입이 존재하지는 않는 것으로 나타났다. 또한, 3차원 공간상에서 임의의 한 축을 기준으로 살펴본 대칭적 방향성의 경우에도 ‘모르겠음’을 기준으로 좌우의 응답비율이 비교적 대칭적으로 나타나는 경향을 확인할 수 있었다. 하지만, 햅티콘 2나 3과 같은 일부 햅티콘에 있어서는 모르겠다는 응답의 비율에 비해 특정 방향을 의미하는 것으로 응답한 비율이 다소 높게 나타났으며, 임의의 방향성 축을 기준으로 한 응답비율이 미약하나마 비대칭성을 띠는 현상도 발견되었다. 한편 대조군으로 사용된 햅티콘 F~D에 대한 실험결과에 있어서는 모르겠다는 응답비율을 상회하는 방향성 항목이 존재하지 않았고, 실험군에 속한 햅티콘 1~6에 의한 결과와 비교할 때 3차원 공간상 임의의 축을 기준으로 살펴본 응답비율의 대칭성보다 뚜렷하게 나타났다.

단속적으로 반복되는 동일한 길이의 짧은 신호로 구성된 햅티콘 2의 경우에는 전후방향으로의 움직임을 나타내는 정보로 인지한 비율이 다른 축의 움직임으로 인지한 비율에 비해 높았으며, 앞쪽보다는 뒤쪽으로 움직이는 느낌이라 응답한 비율이 다소 높게 나타났다.

시간의 경과에 따라 DEP의 길이가 점점 짧아지도록 설계된 햅티콘 3의 경우에는 전후방향 중 앞쪽으로 움직이는 느낌을 받았다고 응답한 비율이 가장 높게 나타났다. 햅티콘 2와 3을 제외하면 어느 방향으로의 움직임을 나타내는 것인지 모르겠다는 응답 비율보다 조금이라도 높은 방향성 응답 비율을 나타낸 햅티콘은 존재하지 않았다. 하지만 길게 한 번, 짧게 두 번, 길게 한 번의 단속 신호로 구성된 햅티콘 6의 경우 상하방향 축에서의 비대칭성이 다른 축에 비해 크게 나타났으며, 위쪽보다는 아래쪽으로 움직이는 느낌이라 응답한 비율이 다소 높았다. 이와 반대로 시간의 경과에 따라 길이가 점점 길어지도록 설계된 햅티콘 4의 경우에는 상하방향 축에서 위쪽으로 움직이는 느낌이라 응답한 비율이 아래쪽으로 움직이는 느낌이라 응답한 비율에 비해 다소 높게 나타났다. 이상과 같은 결과들을 종합해 볼 때 명확한 스테레오타입이 형성되지는 않았지만 본 연구에서 실험군에 속한 햅티콘 1~6을 추상화된 방향성 정보와 매핑시킬 경우 햅티콘 2와 3을 전후방향 축에서 각각 뒤쪽과 앞쪽에 할당하는 것이 적절한 것으로 판단하였다. 또한, 햅티콘 4와 6을 상하방향 축에서 각각 위쪽과 아래쪽으로의 움직임을 나타내는 정보용으로 할당할 경우 나머지 햅티콘 1과 5를 좌우방향 축에서 각각 왼쪽과 오른쪽으로의 움직임에 할당하는 것이 적절한 것으로 판단하였다. 대조군으로 활용한 햅티콘 F~D의 경우에는 방향성과 관련하여 뚜렷한 스테레오타입이 형성되지 않기 때문에 모스부호의 알파벳과 매핑되는 방향에 임의적으로 할당해도 무방한 것으로 판단하였다.

<Table 4> Summarized Results of Directional Stereotype Evaluation

햅틱콘	방향성	응답자수							
		대단히	상당히	약간	모르겠음	약간	상당히	대단히	
실 험 군	1	전 / 후	0	6	3	14	7	0	0
		좌 / 우	0	3	5	16	4	1	1
		상 / 하	0	3	1	15	7	2	2
	2	전 / 후	2	3	4	8	9	3	1
		좌 / 우	1	2	1	15	8	3	0
		상 / 하	1	5	3	10	6	4	1
	3	전 / 후	0	2	10	7	8	3	0
		좌 / 우	0	3	3	11	10	3	0
		상 / 하	0	0	8	11	8	3	0
	4	전 / 후	1	6	2	13	4	4	0
		좌 / 우	0	1	4	18	4	1	2
		상 / 하	1	3	8	12	3	3	0
	5	전 / 후	2	3	6	9	6	4	0
		좌 / 우	0	2	3	18	6	1	0
		상 / 하	1	2	4	14	6	3	0
	6	전 / 후	2	3	5	10	6	4	0
		좌 / 우	0	1	4	19	3	2	1
		상 / 하	1	2	4	11	10	2	0
대 조 군	F	전 / 후	0	2	3	16	6	3	0
		좌 / 우	0	1	6	16	6	1	0
		상 / 하	1	2	6	12	6	3	0
	B	전 / 후	1	5	3	14	5	2	0
		좌 / 우	0	2	4	13	10	0	1
		상 / 하	0	4	7	11	6	1	1
	L	전 / 후	1	5	4	10	9	1	0
		좌 / 우	0	3	7	14	4	1	1
		상 / 하	0	3	5	14	5	1	2
	R	전 / 후	0	2	3	13	7	5	0
		좌 / 우	0	1	3	12	9	4	1
		상 / 하	0	1	4	14	6	3	2
	U	전 / 후	0	4	6	8	6	6	0
		좌 / 우	0	2	1	14	8	5	0
		상 / 하	1	3	4	15	5	2	0
	D	전 / 후	0	6	7	9	5	3	0
		좌 / 우	0	3	5	13	6	1	2
		상 / 하	0	3	7	9	7	3	1

<Table 5> Learnability Comparison between Experimental and Control Group

전달정보	실험군 (스테레오타입별 할당)			대조군 (모스부호에 따른 할당)		
	햅틱콘	정답자 수	비율(%)	햅틱콘	정답자 수	비율(%)
전	3	11	73.3	F	9	60.0
후	2	10	66.7	B	12	80.0
좌	1	13	86.7	L	11	73.3
우	5	10	66.7	R	12	80.0
상	4	9	60.0	U	11	73.3
하	6	9	60.0	D	10	66.7

3.2 햅티콘에 대한 학습효과 평가

앞 절을 통해 살펴본 바와 같이 본 연구에서 대상으로 삼은 햅티콘들의 경우 전달하고자 하는 방향성 정보와 관련하여 명확한 스테레오타입을 형성하지는 않지만, 일부 햅티콘의 경우에는 미약하나마 3차원 공간의 특정 축 또는 특정 방향으로의 움직임을 나타내는 감성을 유발함을 확인할 수 있었다. 이러한 수준의 방향성 스테레오타입이 햅티콘을 통한 정보전달 과정에서 학습성에 유의한 영향을 미치는지를 살펴보기 위해 2.3절에 정리한 바와 같이 학습성 평가실험을 실시하고 그 결과를 <Table 5>에 정리하였다.

스테레오타입 실험결과에 따라 햅티콘과 방향성 정보를 매핑시킨 실험군의 경우에는 15분간의 학습 이후 실시한 햅티콘들의 방향성 인지율이 60.0~86.7%로서 평균 68.9%를 나타냈다. 한편 모스부호 규칙에 따라 햅티콘들과 방향성 정보를 임의로 매핑시킨 대조군의 경우에는 동일 방식의 실험에 따른 인지율이 60.0~80.0%였으며 평균은 72.2%이었다. 실험군의 경우 인지율의 최고치는 대조군에 비해 좀 더 높았으나 햅티콘들 사이의 편차로 인해 평균치에 있어서는 대조군에 비해 오히려 떨어지는 결과를 나타냈다. 인지율에 있어서 실험군과 대조군 사이의 평균차는 통계적으로 유의할 만한 수준은 아니었다(p-value = 0.537). 햅티콘에 따라 두 집단 간의 인지율에 차이가 있는지 확인하기 위해 비율의 동질성 검정방법인 카이스퀘어 검정을 실시한 결과 p-value가 0.994로서 실험군과 대조군 사이에 유의한 차이가 존재하지 않음을 확인하였다.

4. 연구결과의 고찰

4.1 햅티콘의 방향성 스테레오타입

본 연구에서는 햅티콘을 이용해 방향성 정보를 전달할 때 정보수용자의 인지적 부담을 최소화해주기 위한 방안으로 전달하고자 하는 정보와 스테레오타입이 양립하는 햅티콘의 설계가능성을 확인해보고자 하였다.

절대판단에 의존해 추상화된 전달정보의 내용을 인지해야 하는 햅티 신호의 특성상 주어지는 신호들의 변별력과 함께 전달정보와의 양립성 확보를 통한 인지적 부담의 최소화가 네비게이션 작업에 있어 방향결정 직무 수행도에 큰 영향을 끼칠 것으로 예상하였다. 진동신호를 설계함에 있어 현재 상용화된 스마트폰의 리니어 모터를 이용해 재현할 수 있는 범위로 한정하다 보니 설계 파라미터는 DEP, IDP, 리듬으로만 이루어졌

고 짧은 시간 내에 정보전달을 완료해야하는 직무의 특성 상 햅티콘의 유형변화에는 한계가 존재하였다. 이러한 제약조건 하에서 설계된 햅티콘 1~6을 이용하여 방향성 정보와의 스테레오타입을 실험한 결과 전후, 좌우, 상하 방향과 관련된 명확한 스테레오타입을 형성하지 못함을 확인하였다. 실험군으로 사용된 햅티콘 1~6이 대조군으로 사용된 햅티콘 F~D에 비해 응답비율의 비대칭성이 다소 높게 나타나기는 했으나 전반적으로 어떤 방향으로의 움직임을 표현하기 위한 것인지 모르겠다는 응답이 가장 높은 비중을 차지했다.

일부 햅티콘들에 있어서는 3차원 공간을 구성하는 이동방향의 3축 중 다른 축에 비해 특정 축의 움직임을 표현하는 것으로 인지한 비율이 상대적으로 높게 나타난 경우가 있었다. 하지만 해당 축을 기준으로 상반되는 이동방향에 대해서는 응답비율이 양 방향에 대해 비슷한 경향을 나타내 뚜렷한 스테레오타입이 형성된 것으로 판단하기 어려웠다. 또한, 설계된 햅티콘의 대칭성과 실제 대응되는 방향성 정보의 대칭성이 일치되지 않았다. 본 연구에서는 3차원 공간상 임의의 한 축을 기준으로 보면 서로 상반된 진행방향을 나타내야 하는 햅티콘이 2개씩 존재해야한다는 점에 착안하여 햅티콘들을 대칭성을 지닌 쌍의 개념으로 설계하였다. 이러한 설계의도에 따르면 햅티콘 1과 2, 3과 4, 5와 6이 임의의 축에서 서로 상반되는 방향성과 높은 스테레오타입을 형성할 것이 기대되었지만 실험결과는 이런 가설을 뒷받침하지 못하였다. 실험결과에 따르면 햅티콘과 방향성 정보의 대응관계는 햅티콘 3(전)과 2(후), 1(좌)과 5(우), 4(상)와 6(하)이 서로 대칭되는 스테레오타입을 가진 것으로 나타났다.

이상과 같은 결과들을 종합해보면 본 연구에서 제시한 햅티콘 1~6을 통해 전후, 좌우, 상하로 구분된 네비게이션의 방향성 정보를 제시할 경우 별도의 학습과정을 거치지 않고서는 이들이 전달하고자 하는 정보의 내용을 직관적으로 인지할 수 없다는 사실을 알 수 있다. 또한, 특정 위치에 부착된 단일 리니어 모터를 이용해 진동신호를 발생시키는 현재의 스마트폰들은 방향성 정보를 추상화하여 나타내기 어렵다는 사실을 알 수 있다. 즉, DEP, IDP, 리듬의 변화를 통해 다른 신호와 구분이 되는 차별화된 신호를 만들어낼 수는 있지만, 이들의 조합만으로 전달하고자 하는 정보의 내용과 직관적으로 연계된 양립성있는 햅티콘을 설계하기에는 부족하다는 것이다. 따라서 햅티콘의 의미전달력을 향상시키기 위해서는 진동신호의 다양성을 보완할 수 있도록 보다 다차원적인 설계 파라미터들이 고려될 필요가 있다. 진동신호의 주거나 강도와 같은 기본적인 특성치를 조절한다거나 진동신호의 발생위치와 타이밍

등을 조절할 수 있도록 복수의 진동모터를 사용하여 신호를 발생시키는 방법 등이 설계 대안이 될 수 있을 것으로 생각된다.

4.2 햅틱콘의 학습성 평가

본 연구에서는 스테레오타입을 고려하여 구성된 햅틱콘이 그렇지 않은 경우에 비해 학습과정에서 인지적 부담을 어느 정도나 줄여줄 수 있는지를 확인해보고자 하였다. 이를 위해 방향성 스테레오타입 평가결과를 바탕으로 햅틱콘 1~6을 매핑한 실험군과 임의할당의 특성을 띠도록 햅틱콘 F~D를 매핑시킨 실험군에 대해 학습성 평가를 실시하였다. 하지만 3.2절을 통해 기술한 바와 같이 실험군과 대조군의 학습성을 비교한 결과 인지율의 집단간 평균이나 햅틱콘별 인지율의 동질성 검사결과에서 통계적으로 유의한 차이를 발견할 수 없었다. 이러한 결과를 종합해 볼 때 스테레오타입 정보를 활용하여 학습을 실시한 실험군이 임의 할당 후 학습을 실시한 대조군과 비교할 때 학습성이 높을 것이라는 가설을 입증할 수 없었다.

실험군에 속한 햅틱콘별로 인지율을 비교하면 왼쪽으로의 이동방향 정보와 매핑시킨 햅틱콘 1에 대해 피실험자 15명 중 13명이 정확하게 인지하여 86.7%의 가장 높은 인지율을 보였고, 상하 방향으로의 움직임과 매핑시킨 햅틱콘 4와 6이 15명 중 9명으로 60.0%의 가장 낮은 인지율을 보였다. 햅틱콘 2와 3은 각각 66.7%와 73.3%의 인식률을 보였는데 이러한 결과는 이들이 다른 햅틱콘들에 비해 상대적으로 높은 방향성 스테레오타입을 지니고 있어 학습성 역시 높을 것이라는 가설과 배치되는 것이다. 이러한 원인은 본 연구과정에서 도입한 햅틱콘들은 전달하고자 하는 방향성 정보와의 양립성이 학습성에 영향을 미칠만한 수준에 이르지 못했기 때문이었던 것으로 판단된다. 따라서 전달정보의 추상화 정도가 심한 햅틱콘의 경우에 학습과정에서 유의한 수준의 이득을 얻기 위해서는 보다 더 극명한 스테레오타입이 형성될 수 있도록 설계 파라미터를 조절해야 할 필요가 있다.

본 연구에서 전달하고자 하는 네비게이션 직무관련 정보를 3차원 공간상에서 진행방향을 결정하기 위한 전후, 좌우, 상하 6가지 방향으로 한정된 것은 인간의 절대판단 기준의 한계로 알려진 5~9개 대안의 범위 내에서 진동신호의 변별력과 인지력을 실험하기 위함이었다. 햅틱콘을 이용한 6개 방향성 정보에 대한 학습결과를 살펴보면 실험군과 대조군 모두에서 상위 2개 햅틱콘들의 인지율은 평균 80%대, 중위 2개는 70%대,

하위 2개는 60%대로 비교적 일치하는 양상을 나타냈다. 이는 정보처리모형에서 입력대안의 수와 정보량 사이의 관계를 규정한 Hick의 모형에 부합하는 결과이며, 이를 통해서도 실험군이 대조군과 유사한 수준의 정보처리부담을 야기하였음을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서 햅틱콘에 대한 인지율의 변화를 유발한 주요인은 햅틱콘의 개수였던 것으로 판단된다. 서론에서 언급했던 바와 같이 현재 스마트폰에서 진동으로 전달되는 주요 정보의 정보량은 on-off에 해당하는 1 bit 수준에 그치고 있는 실정이다. 이러한 경우 정보수용자는 진동신호의 특성과 상관없이 진동신호의 유무만을 인지하면 되기 때문에 정보처리부담은 높지 않다. 하지만 다양한 진동신호의 도입을 통해 정보량을 증가시키려 할 때에는 인간의 정보처리 한계인 경로용량(Channel Capacity)을 반드시 고려하여야 한다. 본 연구를 통해 살펴본 것처럼 뚜렷한 스테레오타입이 형성되지 않을 경우 진동을 이용해 4개(2 bit) 이상의 서로 다른 정보를 전달하는 것은 어려움이 있는 것으로 판단된다. 따라서 진동신호에 대한 스테레오타입을 형성시킬 수 있는 새로운 랜더링 기술이 보급되지 않는다면 소수의 진동신호에 대한 표준화와 반복적인 학습이 신호의 인지도 및 직무수행도 향상을 위한 필요조건이 될 것으로 생각된다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 최근 그 활용도가 증가하고 있는 햅틱 기술을 이용하여 시각채널을 통한 정보처리부담을 완화할 수 있는 햅틱콘의 설계가능성을 확인해보고자 하였다. 최근 정보통신기술의 비약적인 발전에 힘입어 시공간적 제약이 없는 정보접근성이 확보되었지만, 주요 정보기기들의 지나친 시각의존도로 인해 멀티태스킹 환경에서 작업의 편이성이나 수행도에 한계점이 나타나고 있기 때문이다. 본 연구에서는 직무대상 범위를 스마트폰을 이용한 네비게이션 상황에서 방향정보를 햅틱 신호를 통해 전달받는 것으로 설정하였다. 상용화된 스마트폰용 어플리케이션 중에서 네비게이션 기능의 활용도가 매우 높지만, 차량을 운전하는 경우나 도보로 이동하는 경우 모두 스마트폰에 시선을 계속해서 고정하기 어려워 작업수행에 애로가 따르고 안전성 문제를 유발할 수 있다. 서론에서 언급한 바와 같이 이러한 문제점을 해소하기 위해 시각을 대체할 수 있는 정보채널로서 햅틱의 활용가능성이 선행연구들을 통해 제시된 바 있다. 햅틱 신호는 정상적인 시각기능을 지닌 사람은 물론 시각장애인이거나 시야가 확보되기 어려

운 환경에서 활용도가 높기 때문에 안전성을 높이는 데도 크게 기여할 수 있다. 선행연구들을 통해 햅틱 신호가 방향성 정보를 전달하는데 효과적으로 사용될 수 있음이 입증된 바 있다. 본 연구에서는 전달하고자 하는 정보의 특성을 추상적으로 표현해주는 햅틱콘을 활용하여 정보처리 부담을 완화시켜 줄 수 있는 방안을 모색해보고자 하였다. 이는 햅틱 기술의 활용도를 제고하기 위해서는 전달하고자 하는 정보와 양립하는 햅틱 신호 랜더링 기술의 발전이 동반되어야 하기 때문이다.

본 연구에서는 상용화된 스마트폰에서 주로 사용되는 리니어 모터를 이용하여 진동신호의 특성을 조작하고, 그 가변범위 내에서 햅틱콘의 특성을 설계하였다. 이러한 제약조건으로 인해 진동신호의 변화를 위한 설계 파라미터가 DEP, IBP, 리듬으로 한정되었고, 실험군으로 제시된 6가지 햅틱콘은 전후, 좌우, 상하의 방향성을 상징하는 스테레오타입을 명확히 형성하지 못하였다. 또한, 스테레오타입이 명확히 구분되지 않을 경우에는 이를 이용한 코딩체계가 학습과정에서 유의한 효과를 이끌어내지 못함을 확인하였다. 따라서 보다 효율적인 햅틱콘의 설계를 위해서는 햅틱 신호의 특성을 변조시킬 수 있는 보다 다양한 물리적 설계요소들에 대한 이해를 바탕으로 이들의 조합에 의해 생성된 다양한 햅틱 신호들이 유발하는 감성정보의 의미를 파악하기 위한 추가적 연구가 필요한 것으로 판단된다.

또한, 본 연구에서는 햅틱콘의 학습성을 평가하기 위해 15분간의 짧은 학습기간을 두었다. 이러한 방식은 학습초기에 학습용이성을 측정하는 방법으로는 효율적이지만 반복학습에 의한 기억의 용이성을 포함하여 학습성을 보다 종합적으로 판정하기에는 한계점이 있다. 따라서, 스테레오타입을 활용한 정보처리의 이점을 확인하기 위해서는 학습기간을 보다 늘려가면서 중장기적인 학습효과를 확인해 볼 필요가 있다.

6. 참 고 문 헌

- [1] "Survey on the Smartphone Use in the 1st half of 2012", Korea Internet & Security Agency, 2012
- [2] Kyung, K.U. and Park, J.S., "The State of the Art and R&D Perceptives on Haptics", Electronics and telecommunications trends, 21(5), pp. 94-98, 2006.
- [3] Kim, S.H. and Kim, J.S., "Guidelines for Designing Earcons to Deliver Process Control Information using its Semantic Association", Journal of the Korea safety management & science 13(1), pp. 81-89, 2011.
- [4] Kim, S.H. and Park, K.S., "A Study on Color Associations of the Korean for Color Coding of Process Control Information", Journal of the Korea safety management & science 6(1), pp. 187-199, 2004.
- [5] Sohn, M.S., Shin, H.S., Park, J.S. and Han, D.W., "Trends of Haptic Interface for Wearable Computers", Electronics and telecommunications trends 20(5), pp. 150-153, 2005.
- [6] Lee, S.Y., "Korea Counts over 30 Million Smartphone Users", The financial news, 2012-08 -27.
- [7] Chan A., MacLean K., and McGrenere J., "Designing haptic icons to support collaborative turn-taking", Int. J. Human-Computer Studies 66, pp. 333-355, 2008.
- [8] Enriquiz, M. and MacLean, K.E., "The role of choice in longitudinal recall of meaningful symbols", In Proceedings of IEEE Haptics Symposium, 2008.
- [9] Jacob, R., Winstanley, A., Togher, N., Roche, R., and Mooney, P., "Pedestrian navigation using sense of touch", Computers, Environment and Urban Systems 36, pp. 513-525, 2012.
- [10] Kuber, R. and Yu, W., "Feasibility study of tactile-based authentication", Int. J. Human-Computer Studies 68, pp. 158-181, 2010.
- [11] MacLean, K.E., "Using haptics for mobile information display", In Proceedings of Pervasive Mobile Interaction Devices (PERMID 2008) pp. 175-179, 2008.
- [12] Meera M. Blattner, Denise A. Sumikawa, and Robert M. Greenberg, "Earcons and Icons: Their Structure and Common Design Principles", Human-Computer Interactions 4, pp. 11-44, 1989.
- [13] Pielot M. and Boll, S., "Tactile Wayfinder: comparison of tactile waypoint navigation with commercial pedestrian navigation systems", In Proceedings of the 8th International Conference on Pervasive Computing, 2010.
- [14] Pirtela, T., "Alternatives to map-based pedestrian navigation with location-aware mobile devices", Unpublished Thesis, TAMK University of Applied Sciences, Finland, 2009.
- [15] Qian, H., Kuber R., and Sears, A., "Towards

- developing perceivable tactile feedback for mobile devices”, *Int. J. Human-Computer Studies* 69, pp. 705-719, 2011.
- [16] Robinson, S., Jones, M., Eslambolchilar, P., Murray-Smith, R. and Lindborg, M., “I did it my way: moving away from the tyranny of turn-by-turn pedestrian navigation”, In *Proceedings of International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, ACM Press, NY, 2010.
- [17] Shieh, M.D. and Wu, Z.B., “Tactile icon design using a vibration actuator in mobile devices”, In *Computer-Human Interaction Lecture Notes in Computer Science*, 5068, Springer-Verlag, pp. 240-247, 2008.
- [18] Van Erp, J.B.F., “Presenting directions with a vibro-tactile torso display”, *Ergonomics* 48(3), pp. 302-313, 2005.
- [19] Van Erp, J.B.F., “Tactile navigation display”, In Brewster, S.A., Murray-Smith, R. (Eds.), *Haptic Human-Computer Interaction. Lecture notes in Computer Science*, 2058. Springer, pp. 165-173, 2001.

저 자 소 개

김 상 호



성균관대학교 산업공학과를 졸업하고, POSTECH 대학원에서 석, 박사학위를 취득하였다. 인간공학기술사이고 현재 금오공과대학교 산업공학부 교수로 재직 중이며, 관심분야는 WMSD 예방, 산업안전공학, 정보디스플레이에 대한 사용성 평가 등이다.

주소: 경북 구미시 대학로 61번지 금오공과대학교