Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 31, No. 6 pp.715-723, December 2012 http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2012.31.6.715

A Review of Haptic Perception: Focused on Sensation and Application

Joobong Song[1], Ji Hyoun Lim[2], Myung Hwan Yun[1]

[1]Department of Industrial Engineering, Seoul National University, Seoul, 151-742
[2]Department of Industrial Engineering, Hongik University, Seoul, 121-791

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to investigate haptic perception related researches into three perspectives: cutaneous & proprioceptive sensations, active & passive touch, and cognition & emotion, then to identify issues for implementing haptic interactions. **Background:** Although haptic technologies had improved and become practical, more research on the method of application is still needed to actualize the multimodal interaction technology. Systematical approached to explore haptic perception is required to understand emotional experience and social message, as well as tactile feedback. **Method:** Content analysis were conducted to analyze trend in haptic related research. Changes in issues and topics were investigated using sensational dimensions and the different contents delivered via tactile perception. **Result:** The found research opportunities were haptic perception in various body segments and emotion related proprioceptive sensation. **Conclusion:** Once the mechanism of how users perceives haptic stimuli would help to develop effective haptic interactrion and this study provide insights of what to focus for the future of haptic interaction. **Application:** This research is expected to provide presence, and emotional response applied by haptic perception to fields such as human-robot, human-device, and telecommunication interaction.

Keywords: Haptic perception, Cutaneous & Proprioceptive sensations, Active & Passive touch, Cognition & Emotion

1. Introduction

멀티모달 인터랙션의 중요성이 대두되면서 haptic에 대한 관심이 높아졌고, 이로 인해 다양한 연구가 이루어지고 있다(Bolt, 1980; Hayward, 2008; Shimoga, 1993; Tähkäpää and Raisamo, 2002). 기존 연구들은 멀티모달 인터랙션에 haptic 기술을 적용하여 존재감(presence)과 수행(performance)이 향상되고, 시각과 청각과 같은 주요 감각이 제한될 때 이를 보완하는 등의 많은 이점들이 있음을 증명해냈다(Chellali et al., 2011; Chouvardas et al., 2008; Qian et al., 2011). 그러나, 실제로 우리 주변에서 haptic 기술은 모바일 기기에서 제한적으로 사용되고 있는 수준에 머무르고 있다(Raisamo et al., 2009). Haptic 인터랙션의 한계점 중의 하나인 기술적인 측면의 제약은 haptic 자극을 제공하는 actuator의 성능이 좋아지고, 크기가 작아지고, 가격이 낮아지면서 많이 완화되고 있다(Hayward et al., 2004; Wall and Brewster, 2006). 이처럼 기술적인 측면의 자유도가 높아지고는 있지만 아직까지 멀티모달 인터랙션 구현에서 개발된 기술을 어떻게 활용할 것인가에 대한 연구는 부족한 실정이다. Haptic 기술 적용을 위해서는 haptic 자극의 특성을 정확하게 이해하고 사용자 측면에서 어떻게 인지하는지에 대한 체계적인 연구가 필요하다.

촉각 인지(haptic perception)는 다른 주요 감각(시각과

Corresponding Author: Ji Hyoun Lim. Department of Industrial Engineering, Hongik University, Seoul, 121-791.
E-mail: smilelim@gmail.com
Copyright@2012 by Ergonomics Society of Korea(pISSN:1229-1684 eISSN:2093-8462). All right reserved.
ⓒThis is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. http://www.esk.or.kr

청각)들과 비교했을 때, 두 가지 측면에서 특징을 가진다. 첫 번째는 다른 감각과 자극이 인지되는 메커니즘이 다르다는 것이다. 시각과 청각은 눈과 귀라는 정해진 감각기관을 통하여 자극을 수용하지만 촉각은 몸 전체에 퍼져있는 다양한 체성 수용기(somatic receptor)를 통하여 자극을 수용하는데, 이 때 자극이 수용기와 1:1 대응되는 것이 아니라 여러 수용기를 통하여 얻어진 정보들이 서로 영향을 주고 복합적으로 작용한다(Bleyenheuft and Thonnard, 2009; Kim, 2008). 그리고 신체 부위마다 분포하고 있는 수용기의 특성 및 분포, 밀도 등이 다양하기 때문에 어떤 부위를 대상으로 연구하느냐도 고려해야할 중요한 요소이다(Shimoga, 1993).

두 번째는 전달되는 메시지의 특성이다. 메시지의 차원을 인지와 감성의 측면에서 살펴본다면, 언어적 의사소통(verbal communication)과 비언어적 의사소통(nonverbal communication)의 차이로도 생각해볼 수 있다. 시각과 청각은 주로 구체적인 정보를 전달하는 경우가 많고, 촉각의 경우 어떤 구체적인 정보보다는 간단한 정보를 전달하거나 애정, 따뜻함, 친밀함 등의 감성을 전달하는 경우가 많다(Andersen and Guerrero, 2008). 촉감을 통하여 구체적인 감성을 전달하는 사례로는 유아기 때 엄마 품에 안겨 있는 아기나 사랑하는 연인 사이의 스킨십 등이 있다(Gallace and Spence, 2010). 또한 촉각을 통해 전달되는 메시지는 명시적인 정보가 아니기 때문에 다른 감각을 통해 전달되는 메시지보다 문화나 상황에 따라 달라질 수 있는 특성도 가지고 있다(Knapp and Hall, 2009). 이러한 haptic의 특성을 이용하여 사용자에게 social interaction과 emotional involvement를 제공하기 위하여 haptic feedback을 활용하는 많은 연구가 이루어지고 있다(Tsetserukou, 2010; Yohanan and MacLean, 2011).

지속적인 기술의 발전으로 human-robot, human-device, telecommunication interaction 등 다양한 분야에서 haptic technology의 적용 가능성이 높아지면서(Bolt, 1980; Lederman and Klatzky, 2009; Raisamo et al., 2009), 단순한 정보 제공을 위한 촉각적 feedback에서 더 나아가 감성, 정서 등의 촉각 경험을 제공하고 촉각을 통하여 감성적이고 사회적인 메시지를 전달하기 위해서 촉각 인지(haptic perception)을 어떻게 활용할 것인지에 대한 체계적인 연구의 필요성이 대두되고 있다(Raisamo et al., 2009; Smith, 1997; Tan et al., 1994). 본 연구에서는 haptic 기술의 적용 측면에서 필요한 이슈들을 기존 문헌에서 분류하고 있는 인지와 감성의 측면, 피부감각(Cutaneous sensations)과 운동감각(Proprioceptive sensations) 측면, active touch와 passive touch 측면으로 나누어 살펴보고자 한다(Gibson, 1962; Loomis and Lederman, 1984).

2. Research Trend Analysis

기존 haptic 관련 연구 동향을 살펴보기 위하여 science-direct와 scopus에서 haptic과 tactile이라는 키워드를 활용하여 검색된 논문의 초록과 제목을 대상으로 자주 사용되는 단어의 출현 횟수를 체크하였다. 조사 대상이 된 논문은 sciencedirect에서 검색된 논문 1,000개, scopus에서 검색된 논문 4,000개이고 연구 주제의 변화를 살펴보기 위해 2000년 이전과 2001년 이후로 나누어 조사를 수행하였다. 연구가 진행되고 있는 분야를 살펴보면 2000년 이전에는 medicine, neuroscience 분야에서 활발하게 연구가 이루어지다가 2001년 이후에는 공학, 컴퓨터 과학 분야로 넘어온 것을 알 수 있다(Table 1). 이는 과거에는 촉각과 관련된 기본적인 지각 메커니즘 및 특성에 대한 연구가 이루어지다가 최근으로 넘어오면서 촉각 feedback이나 센싱을 활용한 멀티모달 장비 구현으로 주요 연구 주제가 이동한 것과 연관이 깊은 것으로 보인다. 2001년 이후 년도별로 검색된 논문의 수는 Figure 1과 같이 꾸준하게 증가하고 있는 것으로 나타났다.

Table 1. Keyword appearance frequency per area

Area	Before 2000(A)	After 2001(B)	Rate (B/A)	Rank
Engineering	2,297	7,002	3.0	3→1
Computer science	748	6,324	8.5	6→2
Medicine	3,871	4,626	1.2	1→3
Neuroscience	3,017	3,683	1.2	2→4
Biochemistry genetics and molecular biology	1,576	1,656	1.1	4→5
Psychology	1,485	1,502	1.0	5→6
Mathematics	111	1,389	12.5	11→7
Physics and astronomy	404	964	2.4	8→8
Materials science	200	812	4.1	10→9
Social sciences	287	794	2.8	9→10
Agricultural and biological sciences	694	791	1.1	7→11

빈도수가 많은 단어들을 그 용어의 특성별로 분류해보면 Table 2과 같이 활용 분야, 시각 자극과의 관계, 인지 대상 특성, 신체 부위, 생리학적인 분야, touch 방식 등으로 나누어 볼 수 있고 그 구체적인 특성은 다음과 같다.

- 활용 분야: Virtual reality, HRI(Human-robot interaction), haptic display 등 haptic 기술을 이용

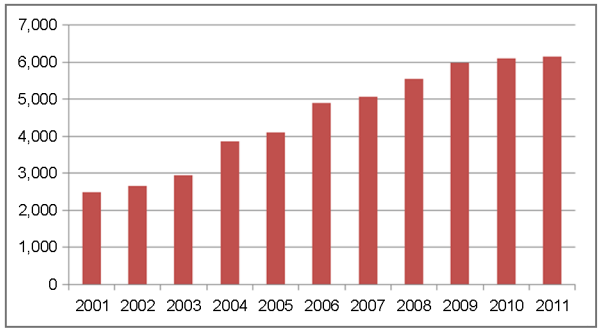


Figure 1. Number of published papers after 2001

한 장치 및 시스템을 만드는 연구 분야와 관련된 용어(virtual, robot, interface, display 등)

- 시각 자극과의 관계: 시각적으로 장애가 있는 사람에게 촉각 자극을 제공하는 상황이나 시각적인 자극이 제공되지 않을 때 촉각 자극에 대한 반응과 관련된 용어(vision, blind, visual, eye 등)
- 인지 대상 특성: 진동, 거칠기, 형태 등과 같은 촉각 자극을 통하여 인지하고자 하는 대상의 특성과 관련된 용어(shape, texture, surface, vibration 등)
- 신체 부위: 촉각 자극이 제공되는 신체 부위와 관련된 용어(hand, finger, fingertip 등)
- 생리학적인 분야: 자극을 받아들이는 수용기 및 인지하는 뇌 부위와 관련된 용어(cortex, neuron, brain, cells 등)
- Touch 방식: 대상과의 접촉방식(active, passive)와 관련된 용어

2000년 이전보다 2001년 이후의 키워드 빈도수가 1.9배 높다는 것을 고려해보았을 때 활용 분야, 사용자에 대한 키워드는 최근 들어 나타나는 횟수가 증가하였고 신체 부위와 생리학적인 분야에 대한 키워드는 감소한 것으로 나타났다. 이는 사용자를 고려하여 haptic device의 활용이 virtual reality, robot 등 다양한 분야에서 활발하게 연구가 진행되고 있는 것으로 각 연구 분야에서 발표되고 있는 논문 수와도 연관지어 생각해 볼 수 있다. 특히 user라는 용어의 사용이 빈번해지고 있다는 점에서 기술 개발과 관련하여 사용자 중심적인 관점의 중요성이 점점 더 부각되고 있다는 것을 알 수 있다. 신체 부위마다 수용기의 특성 및 분포가 다른데도 불구하고 기존에 조사되어 왔던 신체 부위를 살펴보면 손, 손가락 부위에 집중되어 있고 촉각을 인지하는 메커니즘과 관련된 생리학적인 연구와 관련된 용어가 2001년 이후 출현빈도횟수가 크게 줄어들고 있어서 앞으로 다양한 신체 부위에 대한 생리학적인 특성 연구가 더 필요할 것으로 예상된다. 인지 특성과 관련해서 아직까지도 감성에 대한 연구는 부족하기는 하지만 2000년 이전에 비해서는 많이 증가한 것을 알 수 있다.

Table 2. Keyword appearance frequency per category (Arranged according to the sum of the words for the papers published after 2001)

Category	Before 2000(A)	After 2001(B)	Rate (B/A)	Rank
Field of application	6,104	15,398	2.5	1
Haptic stimulation	5,071	9,408	1.9	2
Performance	2,297	3,778	1.6	3
Relationship between the visual stimulation	1,840	2,952	1.6	4
User	1,063	2,643	2.5	5
Object cognitive trait	1,100	2,166	2.0	6
Body segment	1,392	1,553	1.1	7
Physiological area	1,826	747	0.4	8
Dynamic	363	571	1.6	9
Means of touch	308	491	1.6	10
Perception characteristics	267	429	1.6	11

3. Sensational Dimension

3.1 Cutaneous & proprioceptive sensations

체감각계에서 이뤄지는 지각은 크게 피부감각(Cutaneous sensations)과 운동감각(Proprioceptive sensations) 두 가지로 나누어진다(Bear et al., 2007; Goldstein, 2009; Smith, 1997). 피부감각을 통해 피부에 접촉되는 물체의 거칠기 및 진동 등을 인지할 수 있고 운동감각을 통해 어떤 물체를 조작하거나 탐색할 때 느껴지는 힘, 움직임, 위치 등을 인지할 수 있다. 피부감각은 피부 접촉과 관련된 감각으로 피부 표면의 기계적 수용기(mechanoreceptor)를 통하여 압력, 진동, 열 등에 대해 지각한다. 이를 지각하는 각 수용기들은 반응하는 자극의 형태, 수용 영역의 크기, 적응속도에 따라 분류되고 기계적 수용기는 마이스너 소체(Meissner corpuscles), 메르켈 수용기(Merkel receptor), 파시니 소체(Pacinian corpuscles), 루피니 원통(Ruffini endings) 네 가지 종류가 있다. 운동감각은 팔다리의 움직임과 관련된 감각으로 근육과 건의 긴장 및 이완, 팔다리의 위치를 muscle spindle, golgi tendon organ, joint capsule을 통하여 인지한다. 운동감각 feedback은 근육이 늘어나서 나타나는 장력에

대한 정보와 근육의 길이에 대한 감지를 통하여 이루어진다(Powers and Howley, 2011).

정신물리학적 연구와 관련하여 피부감각은 주로 촉각적 민감도(tactile acuity)와 관련된 two-point discrimination threshold, point localization과 관련된 연구가 이루어지고 있고(Kaczmarek 1995; Tan et al., 1994; Taylor-Clarke et al., 2004), 운동감각은 force, pressure, joint angle과 관련된 연구가 이루어지고 있다(Burdea and Brooks, 1996; Tan et al., 1994). 기존의 자극과 감각 사이의 연구를 살펴보면 주로 손 부위에 대해 이루어지고 있고 다른 부위에 대한 연구는 아직 부족하다는 것을 알 수 있다(Kern, 2009). 과거에는 물체를 조작하고 탐색하는 부위가 주로 손이었기 때문에 촉각에 대한 연구가 손 위주로 이루어져 왔지만 최근 HRI(Human-Robot Interaction)와 tele-communication 분야에서 사용자와 로봇, 거리가 떨어져있는 사용자 간의 Interaction에 대한 관심이 많아지면서 손뿐만 아니라 다른 부위의 촉각 인지(haptic perception)과 관련된 특성에 대한 연구도 중요해지고 있다(Lemmens et al., 2009; Tsetserukou, 2010; Yohanan and MacLean, 2011). 또한 정신물리학적 연구 분야에서 전통적으로는 수많은 정량적 역치(절대역, 차이역) 측정법과 관련된 연구가 주를 이루었지만 최근에는 자극의 속성과 피험자 경험 사이의 관계를 결정 짓는 지각에 대한 접근까지 그 범위가 넓어지고 있다.

3.2 Active & passive touch

어떤 대상과 접촉하고 촉각적으로 상호작용하는 방식은 active touch와 passive touch로 나누어 볼 수 있고 기존 문헌들에서도 촉각과 관련된 연구를 active touch와 passive touch로 나누어 진행을 하고 있다(Gibson, 1962; Heller, 1984; Hughes and Jansson, 1994; Loomis and Lederman, 1984). Active touch는 사용자가 능동적으로 물체를 조작하고 탐색하면서 느끼는 촉각 감각이고 passive touch는 물체가 사용자에게 다가가서 사용자의 의지와는 상관없이 물체가 닿으면서 느껴지는 촉각 감각이다. 이 두 가지 touch 방식은 각각 사용하는 목적과 상황에서 차이를 보인다. Active touch는 목적이 있고 정보를 찾기 위해 하는 접촉이고(Prescott et al., 2011) 주로 손을 이용하여 이루어진다. 과거에는 어떤 대상을 인식하거나 탐색하는 과정에 대한 연구가 많이 이루어졌지만(Lederman, 1981; Lederman and Klatzky, 1987; Smith et al., 2009) 최근에는 물체를 조작하면서 느끼는 감성에 대한 연구도 이루어지고 있다(Weir et al., 2004). Passive touch는 특별한 목적이 있지 않고 접촉되는 대상을 통하여 느껴지는 수동적인 감각으로 손뿐만 아니라 다양한 신체 부위에서 일어난다. 수동적으로 물체와 닿아서 느껴지는 감각이기 때문에 피부감각, 운동감각을 모두 이용하는 active touch와는 다르게 주로 피부감각을 통해 지각이 이루어진다(Loomis and Lederman, 1984).

3.3 Cognition & emotion

Haptic 관련 연구분야를 Raisamo et al.(2009)의 연구에서는 크게 촉각을 통해 전달되는 정보의 형태나 방식을 고려하는 cognitive와 껴안기를 통해 느껴지는 편안함과 같은 감성과 관련된 emotional로, Essick et al.(2010)의 연구에서는 촉각 자극을 통한 감성적인 반응과 관련된 affective touch와 자극의 정량적인 물리적 측면을 판별하는 discriminative touch로 나누어 살펴보았다. 이와 같은 측면에서 haptic과 관련된 연구분야는 앞에서 메시지의 특성을 살펴보았던 것과 마찬가지로 크게 인지와 감성 관련 분야로 나눠볼 수 있다.

4. Research Areas

4.1 Research subject related cognition

인지 관련 연구 분야는 촉각 자극에 대한 판별과 feedback 제공방식 및 효과에 대한 연구로 나누어 볼 수 있고 주로 손을 이용하여 능동적으로 특정 대상을 탐색하면서 피부에서 느껴지는 감각을 통하여 관련 정보를 인지하는 것에 대한 연구가 이루어지고 있다. 앞에서 살펴본 요소들로 나누어 본다면 피부감각, active touch, 손과 관련된 연구들이 활발하게 이루어졌음을 할 수 있었다.

자극에 대한 판별과 관련하여 과거 연구들은 주로 진동과 거칠기 등 피부감각을 통하여 인지하는 자극들을 대상으로 하였고 자극 인식에 영향을 주는 요소, 자극에 대한 절대적 또는 상대적 민감도, 자극을 인지하는 수용기의 특성 등이 주요 연구 주제였다(Hollins et al., 2002; Lederman and Taylor, 1972; Verrillo, 1963). 하지만 최근에는 사물을 탐색하거나 판별할 때 texture, weight, compliance와 같은 물질적인 특성과 curvature, orientation, size와 같은 기하학적인 특성에 영향을 받는다는 점에 착안하여(Ballesteros and Heller, 2008) 특정 대상을 촉각을 활용하여 인식할 때 미치는 피부 감각의 영향뿐만 아니라 운동 감각의 역할에 대한 연구가 보고되고 있다(Drewing and Ernst, 2006; Frisoli et al., 2011; Overvliet et al., 2008; Sanders and Kappers, 2009).

정보 제공을 위한 feedback과 관련된 분야에서는 haptic feedback 설계에 필요한 촉각에 대한 modality 특성을 고

려하여 정보 제공의 effectiveness를 향상시키는 것이 주요 연구 주제이다. 촉각의 modality 특성을 고려하여 시각, 청각으로 표현하는 것보다 촉각을 통해 전달했을 때 사용자에게 좀더 직관적으로 정보를 표현할 수 있는 경우나 시각, 청각적으로 정보를 받아들이는데 주변적인 상황, 신체적 기능에 장애가 있을 경우 haptic feedback을 통하여 정확하면서도 효율적으로 정보를 제공하기 위한 연구들이다. 촉각 modality는 접촉되어 있는 부분에 바로 자극을 제공할 수 있고 별도의 시각이나 청각적인 선택주의가 주어지지 않아도 자극을 인지할 수 있다는 특징이 있다. 접촉되어 있는 부분에 바로 자극을 제공할 수 있는 측면에서 최근 mobile devices의 터치스크린이나 handheld device와 관련된 연구가 많이 이루어지고 있다. Brewster et al.(2007)의 연구에서는 터치스크린 문자 입력에서 촉각 feedback을 제공했을 때 에러가 줄어들고 수행시간이 짧아지는 것으로 나타났고 Tähkäpää and Raisamo(2002)에서는 tactile mouse를 이용하여 target selection task를 수행할 때 feedback 제공방식에 따라 사용자의 작업 수행 능력과 만족도가 달라짐을 확인하였다.

4.2 Research subject related emotion

감성 관련 연구는 촉각적인 feedback에 대한 사용자의 감성적인 반응과 촉각적인 접촉을 통하여 유발된 정서적인 교류로 나눠볼 수 있다. 촉각적인 feedback에 대한 사용자의 감성적인 반응은 스위치를 조작하고 받은 force feedback으로 인한 느낌이나 벨벳이나 면과 같은 의류 재질을 만지고 느낀 감성을 예로 들 수 있고 앞에서 살펴본 요소들로 나누어 본다면 피부감각/운동감각, active touch, 손과 관련되어 있다고 할 수 있다. 촉각적인 접촉을 통하여 유발된 정서적인 교류는 애완용 로봇이나 telecommunication을 통하여 서로 떨어져있는 사용자 사이의 remote contact를 예로 들 수 있고 앞에서 살펴본 요소들로 나누어 본다면 피부감각, passive touch, forearm과 관련되어 있다고 할 수 있다.

촉각적인 feedback에 대한 사용자의 감성적인 반응과 관련된 연구는 haptic feedback 요소에 따른 사용자가 느끼는 감성의 변화에 대한 연구와 촉각 인지(haptic perception)에 영향을 주는 요소를 파악하는 연구로 나누어 볼 수 있다. 촉각 인지(haptic perception)에 대한 감성적인 연구는 주로 tactile feedback과 관련하여 진동, 결에 대한 감성 반응에 대해 이루어져왔다. 진동과 결에 대한 차이를 판별할 수 있는가에 대한 정신물리학적인 연구부터 최근에는 진동수, 진폭 등에 따라 사용자가 느끼는 감성적인 반응이 어떤 경향을 보이는지에 대한 감성 연구가 진행되고 있다(Salminen et al., 2008; Hwang, 2010). Essick et al.(2010)의 연구에서는 velvet, cotton, plastic mesh와 같은 재질에 대한 즐거움 측정을 통하여 부드럽고 말랑한 재질이 딱딱하고 거친 재질보다 더 사용자가 즐겁게 느끼는 것으로 나타났다. 촉각 인지(haptic perception)에 영향을 주는 요소를 파악하기 위한 Weir et al.(2004)의 연구에서는 촉각 자극이 힘의 변화를 가져온다는 점에 착안하여 힘의 변화를 그래프로 나타내고 그래프로부터 사용자의 감성 반응에 영향을 주는 요소에 대한 분석을 수행하였다. 하지만 감성과 관련된 연구는 주로 피부감각에 대한 사용자 반응에 대한 연구가 대부분이었고, 스위치의 조작감과 같은 운동감각을 통한 감성적인 반응에 대한 연구는 부족한 것으로 나타났다. 사물 인식 및 탐색에서는 피부감각과 운동감각이 통합되어 어떠한 역할을 하는지에 대한 연구는 이루어지고 있지만 아직까지 감성적인 반응에 대한 연구까지는 이루어지고 있지 않다(Drewing and Ernst, 2006; Frisoli et al., 2011; Overvliet et al., 2008).

촉각적인 접촉을 통하여 유발된 정서적인 교류와 관련된 연구는 사용자들이 접촉을 통하여 사람과 사람 사이, 사람과 기기 사이의 상호작용에서 감성을 구분하고 표현할 수 있는지에 대한 연구와 실제 기기를 제작하여 사람 사이의 감정 교류를 가상현실나 로봇을 통하여 구현할 수 있는지에 대한 연구가 이루어지고 있다. Hertenstein et al.(2006)의 연구에서는 터치만으로 보지 않고 감성을 구별할 수 있는가와 터치하는 것만을 보고 감성을 구별할 수 있는가에 대한 조사를 수행하고 터치로 감성 구분이 가능하고 감성적 의사소통을 할 수 있음을 증명하였다. 그리고 팔에서 이루어지는 다른 사람의 촉각적 접촉을 통하여 다른 사람이 의도한 감성을 구분할 수 있는지에 대한 실험을 진행하고 터치를 통하여 기존의 표정과 목소리에서 구분할 수 있는 기본적인 6가지 감정에 대해 구분이 가능한 것을 보였다. 또 Bailenson et al.(2007)의 연구에서는 Virtual Interpersonal Touch (VIT)에서 force-feedback haptic 기기를 활용하여 상대가 표현하고자 하는 감정을 인식할 수 있는지에 대한 연구와 특정 감성을 표현할 때 나타나는 행동의 패턴에 대한 연구를 진행하였다. 감정 교류를 구현하기 위한 기기 제작과 관련된 Tsetserukou(2010)의 연구에서는 온라인 커뮤니케이션을 하면서 haptic 디스플레이를 통하여 상대방과 껴안는(hug) 느낌을 받을 수 있도록 하기 위한 기구에 대한 연구를 진행하였다. 또한 Yohanan and MacLean(2011)의 연구에서는 애완용 로봇(touch-centric social robot)을 이용하여 로봇과 사용자가 어떻게 감성적인 의사소통을 수행하는지에 대한 사용자 조사를 진행하였다. 앞선 연구들은 터치를 통하여 사용자가 상대방에게 표현하고자 하는 감성의 전달이 가능함을 보여주고 기기 제작을 통하여 구현하기는 했지만 구체적으로 어떤 패턴의 접촉이 그런 감성을 유발하는지에 대한 연구는 아직 부족하였다(Field, 2011). 특정 감성

을 전달하고 감정 교류를 구현하기 위해서는 자극을 기계적으로 어떻게 구현하느냐에 대한 기초적인 방법론에 대한 연구가 필요하다.

5. Research Opportunity

기존 연구를 active touch와 passive touch, cutaneous sensations과 proprioceptive sensations의 차원에서 살펴보면 주로 손을 이용하여 피부감각을 통해 대상에 대한 특성을 파악하는 active touch와 cutaneous sensations 관련된 논문이 주를 이루는 것을 알 수 있다(Hollins et al., 2002; Parsons and Griffin, 1988; Salminen et al., 2008; Hwang, 2010). 이 분야와 관련된 연구들은 주로 손과 손가락을 이용하여 대상을 탐색하고 진동, 결, 재질들을 인식하는 것을 주제로 진행되어 왔다.

Passive touch와 cutaneous sensations 관련된 논문은 social interaction과 emotion involvement 제공을 위한 system 제작을 주요 주제로 하고 있다(Lemmens et al., 2009; Tsetserukou, 2010; Yohanan and MacLean, 2011). 이 분야와 관련된 연구들은 손뿐만 아니라 다양한 신체 부위에 촉각 자극을 제공해주고 촉각 자극을 통하여 감성 및 정서를 제공하는 것을 목적으로 하고 있다. 하지만 아직까지 어떤 자극이 어떤 감성이나 정서를 제공하는지에 대한 기초적인 연구는 부족함을 알 수 있다.

Active touch와 proprioceptive sensations 관련된 연구는 어떤 사물을 조작하거나 힘을 가하고 그에 대한 반작용으로 force feedback을 받을 때의 반응과 관련된 주제가 연구되고 있다. 이 분야와 관련된 연구들은 느낌 자체에 대한 연구보다는 force feedback에 대한 반응을 분석하기 위한 force feedback의 특성, force feedback을 인식하는 수용기 등의 요소에 대한 연구가 주를 이룬다(Tan et al., 1994; Weir et al., 2004; Yohanan and MacLean, 2011).

5.1 Research on various body segment's haptic perception characteristic

사람들이 어떤 대상을 탐색하거나 조작할 때 사용하는 신체 부위는 주로 손이나 손가락이기 때문에 촉각 자극과 관련된 기존 연구는 손에 대한 연구가 주를 이루어지고 있다(Ferrington et al., 1977; Johansson, 1978; Kammermeier et al., 2004). 이는 research trend analysis에서 신체 부위와 관련된 용어 중 손과 손가락 이외에 다른 부위가 나오지 않은 것에서도 확인할 수 있다. 최근 virtual reality, HRI (Human-robot interaction), tele-communicatuion 등의 분야에서 presence, emotional response 등을 제공하는데 관심이 높아지면서 손 이외 신체 부위의 촉각 관련 인지 특성 조사에 대한 중요성은 더욱 커지고 있다. 과거에는 손으로 조작하고 느끼면 되었지만 이제는 촉감을 통하여 상호작용하는 신체 부위가 달라진 것이다. 영화를 보면서 등장인물이 경험하는 촉각적 자극을 영화를 보는 사람도 경험할 수 있고 멀리 떨어져있는 사람과 바로 옆에 있는 것처럼 만지거나 껴안는 느낌을 받게 하기 위해서는 손 이외의 부위에 자극을 제공할 수 있어야 한다(Lemmens et al., 2009; Tsetserukou, 2010). 이를 위해서 손 이외의 신체 부위와 관련된 장비를 제작할 때는 신체 부위마다 수용기의 특성 및 분포가 다르기 때문에 손의 특성이 아닌 관련 신체 부위의 촉각 관련 인지 특성에 대한 조사가 필요하다.

손 이외 부위의 자극은 주로 passive touch, cutaneous sensations과 관련되어 있고 social interaction과 emotion involvement 제공을 위한 system 제작과 관련된 분야에서 고려해야 할 사항이다. 기존 연구에서는 손 이외 부위에 대해서 tactile acuity와 관련된 기초적인 two-point discrimination threshold, point localization에 대한 연구가 이루어지기는 했지만 보다 구체적인 연구는 부족한 실정이다. 자극을 제공하고 그 자극을 사용자가 어떻게 인지하는지를 알기 위해서는 Cody et al.(2008)의 연구와 같이 각 부위별로(손, 손목, 팔뚝), 축의 방향(가로, 세로)에 따라 인지하는 특성이 어떻게 달라지는지 등에 대한 연구가 이루어져야 한다. 또 tactile illusion을 이용하면 자극을 다르게 제공하더라도 같은 사용자 반응을 가져올 수 있다는 점을 고려하여(Geldard and Sherrick, 1972; Hayward, 2008; Von Békésy, 1960) 각 부위별로 자극 제공방식에 따라 사용자가 어떻게 인식하는지에 대한 연구가 필요하다. 특정 자극을 제공했을 때 그 자극이 제공하고자 하는 종류의 감성이나 정서를 전달할 수 있느냐를 조사하기 위해서는 먼저 신체 부위의 특징을 고려한 기본적인 촉각 인지(haptic perception) 특성에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

5.2 Research on emotion related proprioceptive sensations

Proprioceptive sensations에 대한 연구는 주로 무릎, 팔꿈치, 어깨, 손과 같은 관절 부위를 대상으로 이루어지고 있는데 그 중에서도 어떤 대상을 탐색하고 조작할 때 많이 사용하는 손과 관련된 연구가 가장 많다. Proprioceptive sensations을 팔이나 손가락의 움직임, 위치, 힘에 대한 감각으로 나누고(Jones, 2000; Proske, 2006) 각 감각을 받아들이는 수용기에 대한 생리학적인 연구, 차이역, 상대역

등에 대한 정신물리학적인 연구 등은 이루어지고 있지만 (Kern, 2009) force feedback이나 손의 움직임으로 인한 느낌에 대한 감성공학적인 접근은 부족하다. 최근 haptic device나 virtual reality의 활용이 많아지면서 제공되는 force feedback이 사용자에게 어떻게 인지되고 어떤 감성을 유발하는지에 대한 연구에 대한 필요성이 높아지고 있다. Haptic feedback은 특히 기능적인 측면보다는 presence를 제공하거나 감성적인 만족도를 높이는 것을 목적으로 하는 경우가 많기 때문에 감성 측면에서의 접근이 중요하다.

Proprioceptive sensations과 관련된 감성에 대한 연구는 움직임이나 힘에 대한 주요 감성요소가 무엇인지에 대한 파악에서부터 시작해야 할 것이다. Tactile feedback에서 부드럽고-거친, 말랑말랑하고-딱딱한과 같이(Essick et al., 2010) force feedback에 대해서도 사용자가 인지하는 주요 감성요소가 있고 그에 따라 pleasant에 영향을 주는 경향성이 있을 것이다. 이를 파악하기 위해서는 움직임이나 힘과 관련된 감성 어휘들을 도출하고 평가 실험을 통하여 감성요소들 사이의 관계와 감성요소의 특징을 분석하는 등 사용자의 감성적 인지에 대한 기본 구조에 대한 탐색을 수행해야 할 것이다.

6. Conclusion

Haptic과 관련된 연구들을 살펴보면 크게 두 분야로 나눠볼 수 있다. 첫 번째는 사람들이 촉각 자극을 인지하는 메커니즘과 관련한 생리학적, 정신물리학적 연구이고 두 번째는 haptic 자극을 제공하는 기기를 개발하는 것과 관련된 기술적인 분야이다. 하지만 기존 연구를 살펴보면 인지 메커니즘에 대한 연구와 기술에 대한 연구가 각 관점에만 집중한 나머지 서로 조화를 이루지는 못하고 있다. 이 두 분야의 관점을 잘 조화시켜서 사용자 관점에서 필요한 기술을, 인지 특성을 고려하여 적용한다면 가까운 미래에 haptic interaction을 활용한 기술 적용의 보편화가 가능해질 것이다.

이런 측면에서 앞으로 손 이외 부위의 촉각 인지(haptic perception) 특성과 proprioceptive sensations과 관련된 감성에 대한 연구가 필요할 것이다. 이 주제들은 모두 사용자와 관련된 주제로 특정 haptic 자극에 대해 사용자들이 어떻게 인지하는지에 주목하고 이를 바탕으로 사용자의 관점에서 필요한 자극의 특성이 무엇인지에 대한 연구들이다. 또한 최근 연구 추세에서 중요한 이슈이기는 하지만 많은 연구가 이루어지고 있지 않은 분야이기도 하다. 이에 대한 기초적인 연구를 바탕으로 보다 실제와 비슷한, 설계자가 의도한 감성을 제공할 수 있는 자극을 구현하기 위해 체계적인 연구가 진행되어야 할 것이다.

Acknowledgements

This work was supported jointly by 2011 Hongik University Research Fund and Engineering Research Institute of SNU.

References

Andersen, P. A. and Guerrero, L. K., *Human Haptic Perception: Basics and Applications*, Springer Verlag, 2008.

Bailenson, J. N., Yee, N., Brave, S., Merget, D. and Koslow, D., Virtual interpersonal touch: Expressing and recognizing emotions through haptic devices, *Human-Computer Interaction*, 22(3), 325-353, 2007.

Ballesteros, S. and Heller, M. A., Haptic object identification, *Human Haptic Perception: Basics and Applications*, 207-222, 2008.

Bear, M. F., Connors, B. W. and Paradiso, M. A., *Neuroscience: Exploring the brain* (Trans., ed., Vol.). Lippincott Williams & Wilkins, 2007.

Bleyenheuft, Y. and Thonnard, J. L., Development of touch, *Scholarpedia*, 4(11), 7958, 2009.

Bolt, R. A., "Put-that-there": Voice and gesture at the graphics interface, *SIGGRAPH '80 Proceedings of the 7th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, 14, (pp. 262-270). 1980.

Brewster, S., Chohan F. and Brown L., Tactile feedback for mobile interactions, (pp. 159-162). 2007.

Burdea, G. C. and Brooks, F. P., *Force and touch feedback for virtual reality*, John Wiley & Sons, 1996.

Chellali, A., Dumas, C. and Milleville-Pennel, I., Influence of Haptic Communication on a Shared Manual Task in a Collaborative Virtual Environment, *Interacting with Computers*, 23(4), 317-328, 2011.

Chouvardas, V. G., Miliou, A. N. and Hatalis, M. K., Tactile displays: Overview and recent advances, *Displays*, 29(3), 185-194, 2008.

Cody, F. W. J., Garside, R. A. D., Lloyd, D. and Poliakoff, E., Tactile spatial acuity varies with site and axis in the human upper limb, *Neuroscience Letters*, 433(2), 103-108, 2008.

Drewing, K. and Ernst, M. O., Integration of force and position cues for shape perception through active touch, *Brain research*, 1078(1), 92-100, 2006.

Essick, G. K., Mcglone, F., Dancer, C., Fabricant, D., Ragin, Y., Phillips, N., *et al*. Quantitative assessment of pleasant touch, *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 34(2), 192-203, 2010.

Ferrington, D., Nail, B. and Rowe, M., Human tactile detection thresholds: modification by inputs from specific tactile receptor classes, *The Journal of Physiology*, 272(2), 415-433, 1977.

Field, T., Touch for socioemotional and physical well-being: A review,

Developmental Review, 2011.

Frisoli, A., Solazzi, M., Reiner, M. and Bergamasco, M., The contribution of cutaneous and kinesthetic sensory modalities in haptic perception of orientation, *Brain research bulletin*, 85(5), 260-266, 2011.

Gallace, A. and Spence, C., The science of interpersonal touch: An overview, *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 34(2), 246-259, 2010.

Geldard, F. A. and Sherrick, C. E., The cutaneous "rabbit": a perceptual illusion, *Science*, 178(4057), 178-179, 1972.

Gibson, J. J., Observations on active touch, *Psychological review*, 69(6), 477-491, 1962.

Goldstein, E. B., *Sensation and perception*, Wadsworth Pub Co, 2009.

Hayward, V., Astley, O. R., Cruz-Hernandez, M., Grant, D. and Robles-De-La-Torre, G., Haptic interfaces and devices, *Sensor Review*, 24(1), 16-29, 2004.

Hayward, V., A brief taxonomy of tactile illusions and demonstrations that can be done in a hardware store, *Brain research bulletin*, 75(6), 742-752, 2008.

Heller, M. A., Active and passive touch: The influence of exploration time on form recognition, *The Journal of general psychology*, 110(2), 243 -249, 1984.

Hertenstein, M. J., Keltner, D., App, B., Bulleit, B. A. and Jaskolka, A. R., Touch communicates distinct emotions, *Emotion*, 6(3), 528, 2006.

Hollins, M., Bensmaļa, S. and Roy, E., Vibrotaction and texture perception, *Behavioural brain research*, 135(1-2), 51-56, 2002.

Hughes, B. and Jansson, G., Texture perception via active touch, *Human Movement Science*, 13(3-4), 301-333, 1994.

Hwang, J. and Hwang, W., Perception and Emotion for Fingertip Vibrations, *Journal of Korean Society of Design Science*, 23(5), 2010.

Johansson, R. S., Tactile sensibility in the human hand: receptive field characteristics of mechanoreceptive units in the glabrous skin area, *The Journal of Physiology*, 281(1), 101-125, 1978.

Jones, L. A., Kinesthetic sensing, *Workshop on Human and Machine Haptics, To appear in 'Human and machine haptics'*, MIT Press, 2000.

Kaczmarek, K. A., and Bach-y-rita, P., Virtual Environements and Advanced Interface Design, Oxford University Press, 1995.

Kammermeier, P., Kron, A., Hoogen, J. and Schmidt, G., Display of holistic haptic sensations by combined tactile and kinesthetic feedback, *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 13(1), 1-15, 2004.

Kern, T. A., *Engineering Haptic Devices: A Beginner's Guide for Engineers*, Springer Verlag, 2009.

Kim, S. M., Basic theory of tactile sense for haptic planing in design - focused on tactile sense in product design interface, M.S. Thesis, Seoul National University, Korea, 2008.

Knapp, M. L. and Hall, J. A., *Nonverbal communication in human interaction*, Wadsworth Pub Co, 2009.

Lederman, S. J. and Klatzky, R., Haptic perception: A tutorial, *Attention, Perception, & Psychophysics*, 71(7), 1439-1459, 2009.

Lederman, S. J. and Taylor, M. M., Fingertip force, surface geometry, and the perception of roughness by active touch, *Attention, Perception, & Psychophysics*, 12(5), 401-408, 1972.

Lederman, S. J., The perception of surface roughness by active and passive touch, *Bulletin of the Psychonomic Society*, 18(5), 253-255, 1981.

Lederman, S. J. and Klatzky, R. L., Hand movements: A window into haptic object recognition, *Cognitive psychology*, 19(3), 342-368, 1987.

Lemmens, P., Crompvoets, F., Brokken, D., Van Den Eerenbeemd, J. and De Vries, G. J., A body-conforming tactile jacket to enrich movie viewing, *EuroHaptics conference, 2009 and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems. World Haptics 2009. Third Joint*, (pp. 7-12), Salt Lake City, UT , 2009.

Loomis, J. M. and Lederman, S. J., What utility is there in distinguishing between active and passive touch, *Paper presented at the Psychonomic Society meeting*, San Antonio, TX, 1984.

Overvliet, K., Smeets, J. B. J. and Brenner, E., The use of proprioception and tactile information in haptic search, *Acta Psychologica*, 129(1), 83-90, 2008.

Parsons, K. and Griffin, M., Whole-body vibration perception thresholds, *Journal of Sound and Vibration*, 121(2), 237-258, 1988.

Powers, S. K. and Howley, E. T., *Exercise physiology: Theory and Application to Fitness and Performances*, Brown & Benchmark, 1994.

Prescott, T. J., Diamond, M. E. and Wing, A. M., Active touch sensing, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1581), 2989-2995, 2011.

Proske, U., Kinesthesia: the role of muscle receptors, *Muscle & nerve*, 34(5), 545-558, 2006.

Qian, H., Kuber, R. and Sears, A., Towards developing perceivable tactile feedback for mobile devices, *International Journal of Human-Computer Studies*, 69(11), 705-719, 2011.

Raisamo, R., Surakka, V., Raisamo, J., Rantala, J., Lylykangas, J. and Salminen, K., Haptic interaction becomes reality, *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 1(1), 37-41, 2009.

Salminen, K., Surakka, V., Lylykangas, J., Raisamo, J., Saarinen, R., Raisamo, R, et al., Emotional and behavioral responses to haptic stimulation, *CHI 2008 Proceedings ·Tactile and Haptic User Interfaces*, (pp. 1555-1562), Florence, Italy, 2008.

Sanders, A. F. J. and Kappers, A. M. L., A kinematic cue for active haptic shape perception, *Brain research*, 1267, 25-36, 2009.

Shimoga, K. B., A survey of perceptual feedback issues in dexterous telemanipulation. II. Finger touch feedback, *Virtual Reality Annual International Symposium*, (pp. 271-279), Pittsburgh, PA, 1993.

Smith, A. M., Chapman, C. E., Donati, F., Fortier-Poisson, P. and Hayward, V., Perception of simulated local shapes using active and passive touch, *Journal of neurophysiology*, 102(6), 3519-3529, 2009.

Smith, C. M., Human factors in haptic interfaces, *Crossroads*, 3(3), 14-16, 1997.

Tähkpää, E. and Raisamo, R., Evaluating tactile feedback in graphical user interfaces, *proceedings of Eurohaptics*, Edinburgh, UK, 2002.

Tan, H. Z., Srinivasan, M. A., Eberman, B. and Cheng, B., Human factors for the design of force-reflecting haptic interfaces, *Dynamic Systems and Control*, 55(1), 353-359, 1994.

Taylor-Clarke, M., Jacobsen, P. and Haggard, P., Keeping the world a constant size: object constancy in human touch, *Nature neuroscience*, 7(3), 219-220, 2004.

Tsetserukou, D., HaptiHug: a novel haptic display for communication of

hug over a distance, *Haptics: Generating and Perceiving Tangible Sensations*, 340-347, 2010.

Verrillo, R. T., Effect of contractor area on the vibrotactile threshold, *Journal of the Acoustical Society of America*, 1963.

Von Békésy, G., *Experiments in hearing*, Mcgraw Hill, 1960.

Wall, S. A. and Brewster, S., Sensory substitution using tactile pin arrays: Human factors, technology and applications, *Signal Processing*, 86(12), 3674-3695, 2006.

Weir, D. W., Peshkin, M., Colgate, J. E., Buttolo, P., Rankin, J. and Johnston, M., The haptic profile: capturing the feel of switches, *Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, 2004. HAPTICS '04. Proceedings. 12th International Symposium on*, (pp. 186-193), 2004.

Yohanan, S. and Maclean, K. E., The Role of Affective Touch in Human-Robot Interaction: Human Intent and Expectations in Touching the Haptic Creature, *International Journal of Social Robotics*, 1-18, 2011.

Author listings

Joobong Song: shedtwin@naver.com

Highest degree: B.S., Department of Industrial Engineering, Seoul National University

Position title: PhD candidate, Department of Industrial Engineering, Seoul National University

Areas of interest: Human-Computer Interaction, User-Centered Design, Haptic interface, Kansei Engineering

Ji Hyoun Lim: limjh@hongik.ac.kr

Highest degree: PhD, University of Michigan

Position title: Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Hongik University

Areas of interest: Computational Cognitive Modeling, User-Driven NPD

Myung Hwan Yun: mhy@snu.ac.kr

Highest degree: PhD, Industrial and Manufacturing Engineering, Penn State University

Position title: Professor, Department of Industrial Engineering, Seoul National University

Areas of interest: Human factor, HCI, Kansei Engineering, Product design

Date Received : 2012-07-19

Date Revised : 2012-09-24

Date Accepted : 2012-10-02