Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 31, No. 4 pp.483-492, August 2012 http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2012.31.4.483

Three Dimensional Hand Gesture Taxonomy for Commands

Eunjung Choi, Donghun Lee, Min K. Chung

Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH, Pohang, 790-784

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to suggest three-dimensional(3D) hand gesture taxonomy to organize the user's intention of his/her decisions on deriving a certain gesture systematically. **Background:** With advanced technologies of gesture recognition, various researchers have studied to focus on deriving intuitive gestures for commands from users. In most of the previous studies, the users' reasons for deriving a certain gesture for a command were only used as a reference to group various gestures. **Method:** A total of eleven studies which categorized gestures accompanied by speech were investigated. Also a case study with thirty participants was conducted to understand gesture-features which derived from the users specifically. **Results:** Through the literature review, a total of nine gesture-features were extracted. After conducting the case study, the nine gesture-features were narrowed down a total of seven gesture-features. **Conclusion:** Three-dimensional hand gesture taxonomy including a total of seven gesture-features was developed. **Application:** Three-dimensional hand gesture taxonomy might be used as a check list to understand the users' reasons.

Keywords: Three-dimensional hand gesture, Hand gesture taxonomy, Gesture-command association

1. Introduction

최근 사용자와 기기 간의 자연스러운 상호작용을 가능하게 하는 다양한 기술이 개발됨에 따라 기기를 보다 효율적이고 효과적으로 제어하기 위한 다양한 접근들이 시도되고 있다. 이러한 시도 중 마우스, 키보드와 같은 전통적인 입력장치를 사용하지 않고도 사용자의 신체 움직임을 활용하여 디지털 시스템을 조작할 수 있도록 돕는 제스처 인터페이스(Saffer, 2008)는 사용자가 기기를 직관적이고 쉽게 조작할 수 있게 도울 수 있다는 장점으로 인하여 다양한 기기에 적용되고 있으며 관련 연구 역시 꾸준히 증가하고 있는 추세이다.

제스처 인터페이스 관련 기존 연구들은 주로 터치 스크린 상에서 손 또는 펜을 이용한 2차원 제스처와 손에 모션인식 기기를 들거나 글로브를 착용한 3차원 제스처를 중심으로 진행되어 왔다. 하지만, 최근에는 Microsoft 사의 Kinect 등 3차원 공간에서 사용자가 별도의 장비를 사용하지 않고도 제스처를 인식하는 기술이 개발되고 보급됨에 따라 사용자의 자유로운 표현이 가능한 3차원 핸드 제스처에 대한 관심이 증가하고 있으며, 이를 대상으로 한 관련 연구 역시 꾸준히 증가하고 있다(Henze, 2010; Kim et al., 2011; Mauney et al., 2010).

제스처 인터페이스 관련 초기 연구는 제스처 인식 기술 개발 및 인식률 향상에 초점을 두었으나, 최근에는 제스처 인터페이스에 적용될 제스처의 자연스러움을 향상시키기 위한 연구로 점차 확대되고 있다. 이러한 연구들은 주로 command와 연관된 사용자의 기억 또는 경험을 최대한 활

Corresponding Author: Min K. Chung. Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH, Pohang, 790-784.
Phone: +82-54-279-2192, E-mail: mkc@postech.ac.kr

용하기 위하여 제스처 도출 시 사용자를 직접 참여시키고 있다(Henze et al., 2010; Mauney et al., 2010; Neßelrath et al., 2011; Nielsen et al., 2003; Nielsen et al., 2004; Wobbrock et al., 2009). 또한 command에 적용할 최종 제스처를 제안하기 위하여, 사용자로부터 도출된 제스처의 형태와 사용자가 제스처를 취한 의도를 고려하여 각 command 별로 유사한 특성을 보이는 제스처를 통합하고, 이중 빈도가 높은 제스처 군을 선정하고 평가하는 절차를 따르고 있다.

대부분의 상기 연구들에서는 사용자의 의도를 파악하기 위하여 실험 중 사용자가 떠오르는 것을 자유롭게 말하는 Think aloud 방법 또는 심층인터뷰를 활용하고 있다. 그러나 사용자의 의도는 주로 연구자의 주관에 따라 제스처를 통합하기 위한 참고자료로 활용될 뿐 이를 체계적으로 정리하거나 정량적으로 분류하는 연구는 미비하다.

사용자의 행동에 대한 분류체계는 사용자의 행동의 원인을 이해하기 위한 유용한 참고자료로 활용될 수 있다(Meister, 1985). 이러한 관점에서 사용자의 의도를 객관화하여 체계적으로 정리하기 위해 제스처의 형태가 의미하는 내용과 목적에 따라 제스처를 분류한 기존의 다양한 분류체계가 활용될 수 있을 것이다.

제스처의 분류체계를 제시한 연구는 크게 대화에 수반되는 제스처를 분류한 연구(Bonaiuto et al., 2000; Efron, 1940; Kendon, 1985; Koons, 1994; McNeil & Levy, 1982; McNeil, 1992; Rimé & Schiaratura, 1991)와 HCI 분야에 활용하기 위해 해당 제스처를 분류한 연구(Cassell, 1998; Pavlovic et al., 1997; Quek, 1994; Wobbrock et al., 2009)가 있다. 그러나 Wobbrock et al.(2009)을 제외한 상기 연구들은 일상 대화에 수반되는 다양한 제스처를 모두 포함하고 있어, command로 사용될 제스처에 그대로 적용시키기에는 적합하지 않을 수 있다. Command로 활용하기 위한 제스처는 사용자가 제스처를 취하는 분명한 의도/목적을 가지고 있다는 점과 command로 제스처만을 사용한다는 점에서 언어와 함께 수반되는 복잡한 제스처와는 그 성격이 다르다.

한편, HCI 분야에서 가장 널리 받아들여지고 있는 Pavlovic et al.(1997)의 분류체계는 의사소통 수단으로서의 제스처 역할에 따라서 Manipulative 제스처와 Communicative 제스처로 구분하였다. 그러나 의사소통 수단과 관련성이 높은 Communicative 제스처만을 중점으로 제스처를 세부요소로 분류하였을 뿐, 기기를 조작하는 수단으로서의 Manipulative 제스처에 대한 세부 특성에 대한 분류는 제시하지 않았다. Wobbrock et al.(2009)은 command로서 Surface에 활용될 제스처의 특성을 분류하는 체계를 제안한 바 있으나, 사용자 의도(mental model)와 관련된 분류체계의 요소가 매우 단순하여 사용자의 다양한 의도를 세부적으로 분류하고 정량화하는데 한계가 있다. 또한 Wobbrock et al.(2009)의 분류는 터치 스크린에서의 2차원 제스처를 대상으로 한 것으로 보다 다양한 표현이 가능한 3차원 공간을 활용한 핸드 제스처를 분류하는데 그대로 활용하기에는 적합하지 않을 수 있다.

본 연구는 제시되는 command에 가장 적합할 것으로 판단되는 제스처를 도출한 사용자의 의도를 객관화하고 체계적으로 정리하기 위한 방안으로 3차원 공간을 활용한 핸드 제스처의 분류체계를 제안하는 것을 목표로 한다. 이를 위하여 대화에 수반되는 제스처를 분류한 기존 연구를 분석하여 전반적인 제스처 특성을 정리하였고, 스마트홈 기기를 대상으로 제스처를 도출한 사례 연구(Case Study)를 통하여 사용자가 도출한 제스처 특성을 세부적으로 파악하였다. 마지막으로, 문헌조사와 Case Study를 기반으로 3차원 핸드 제스처의 특성을 파악하여 새로운 분류체계를 고안하였다.

2. Literature Review

본 연구는 3차원 공간을 활용한 핸드 제스처를 대상으로 한다. 따라서, 언어에 수반되는 다양한 핸드 제스처의 특성을 포함하는 심리학 분야 및 HCI 분야의 기존 문헌들을 기반으로 핸드 제스처 특성을 분석하였다. 제스처의 내용 및 목적을 중심으로 제스처 분류체계를 제안한 총 11편의 문헌을 수집하였으며, 각 문헌에서 언급한 제스처의 특성을 정리한 결과 Table 1과 같이 총 9개의 제스처 특성을 추출하였다. 한편, 제스처의 특성을 명명하기 위한 용어(terminology)는 연구자 마다 다소 상이하였으며, 어떤 경우는 동일한 용어도 연구자에 따라 다른 의미로 쓰이고 있었다. 따라서 본 연구에서는 해당 특성을 지칭하기 위하여 기존 문헌에서 높은 빈도로 사용된 용어 Pantomimic, Metaphoric, Iconic, Beat, Symbolic, Modalizing, Deictic, Lakoff, Cohesive를 선정하였다. 상기 9가지 제스처 특성은 아래와 같다.

Pantomimic 제스처는 화자가 청자에게 물리적인 대상의 형태를 손으로 묘사하거나 물리적인 대상을 사용하는 사용 행태를 묘사한 것을 의미한다. 예를 들어, 화자가 청자에게 "칼을 들고 사선 방향으로 잘라"라는 말을 하면서 손으로 "칼 모양"을 만들고 사선 방향으로 자르는 제스처를 취하거나, 평상시 "칼을 손으로 잡는 모습"의 제스처를 취하는 경우가 이에 해당한다. 이는 기존 연구에서 Physiographic (Kendon, 1985), Mimetic(Quek, 1994; Pavlovic et al., 1997), Manupulative(Pavlovic et al., 1997), Iconic (Cassell, 1998) 등으로도 명명되었다.

Metaphorical 제스처는 화자가 자신의 사고 과정과 같이

Table 1. Nine gesture-features based on literature review

Feature of gesture	Efron (1940)	McNeil & Levy (1982)	Kendon (1985)	Rime & Schiaratura (1991)	McNeil (1992)	Koons (1994)	Quek (1994)	Pavlovic et al. (1997)	Cassell (1998)	Bonaiuto et al. (2000)	Wobbrock et al. (2009)
Pantomimic	Pantomimic		Physiographic	Pantomimic		Pantomimic	Mimetic	Manipulative Mimetic	Iconic		Physical Metaphorical
Metaphoric	Ideographic	Metaphoric	Ideographic		Metaphoric				Metaphoric	Metaphoric	
Iconic	Kineto-graphic	Iconic		Iconic	Iconic	Iconic/object			Propositional	Iconic	
Beat	Baton	Beats/ Butterworths	Gesticulation		Beats	Beats/ Butterworths			Beat	Rhythmic	
Symbolic	Symbolic/ Emblematic	Symbilic	Autonomous gesture	Symbolic		Symbolic	Symbols-Referential	Symbols-Referential	Emblematic	Emblematic	Symbolic
Modalizing						Modalizing	Symbols-Modalizing	Symbols-Modalizing			
Deictic		Deictic		Deictic	Deictic	Deictic	Deictic	Deictic	Deictic	Deictic	
Lakoff						Lakoff					
Cohesive					Cohesive					Cohesive	

시각적 형태가 없는 추상적 이미지 또는 아이디어를 손으로 묘사한 제스처를 의미한다. 예를 들어 화자가 청자에게 "회의가 계속 진행되고 있어"라는 말을 하면서 "손으로 원을 몇 차례 그리는 제스처"가 이에 해당한다. Efron(1940)과 Kendon(1985)의 연구에서는 이를 Ideogrphic으로 지칭하였다.

Iconic 제스처는 대화 속 물리적 형태를 지닌 대상의 크기, 형태 등에 대한 정보를 손으로 묘사하는 것을 의미하며, 언어와 같이 쓰여야 해당 정보가 전달될 수 있는 제스처를 의미한다. 예를 들어, 화자가 청자에게 "내가 오늘 본 생쥐의 크기는 이만했어"라고 말을 하면서 "양 손을 벌려 생쥐의 크기를 묘사한 제스처"가 이에 해당한다. 이는 기존 연구에서 Kineto-graphic(Efron, 1940), Propositional(Cassell, 1998) 등으로도 명명되었다.

Beat 제스처는 화자가 하는 말을 강조하기 위해 사용되는 제스처를 의미하며, Iconic과 마찬가지로 언어와 함께 쓰여야만 해당 정보를 전달할 수 있는 특성이 있다. 예를 들어, 화자가 "너가 오늘 할 일은"을 말하면서 "오늘"을 강조하고 싶을 때 오늘이라고 말을 하면서 동시에 손을 아래로 빠르게 움직이는 제스처가 이에 해당한다. 이는 기존 연구에서 Baton(Efron, 1940), Butterworths(McNeil & Levy, 1982; Koons, 1994), Gesticulation(Kendon, 1985), Rhythmic (Bonaiuto et al., 2000)으로도 지칭되었다.

Symbolic 제스처는 어휘와 1:1로 매핑될 수 있는 일종의 의사소통 기호를 의미하며, 음성언어를 사용하지 않아도 해당 의미가 잘 전달될 수 있다는 특성이 있다. 또한 Symbolic 제스처는 문화권에 따라 다르게 해석될 수 있다. 예를 들어, 서양 문화권에서 "좋다(Okay)"를 표현하기 위하여 손을 👌 모양으로 만드는 제스처는 동양 문화권에서 돈(Money)을 대신하는 기호로도 사용된다. Symbolic 제스처는 기존 연구에서 Emblematic/Emblems(Efron, 1940; Cassell, 1998; Bonaiuto et al., 2000), Autonomous gesture(Kendon, 1985), Symbols-referential(Quek, 1994; Pavlovic et al., 1997)로도 명명되었다.

Modalizing 제스처는 사물의 형상을 하나의 모달로 표현한 것을 의미한다. 예를 들어, "새가 빠르게 날라갔어"라고 얘기하면서 양손의 엄지를 겹쳐 새의 몸을 형상화하고 각 손의 네 손가락으로 새의 날개를 표현한 제스처가 이에 해당한다.

Deictic 제스처는 대화 속에 사람 또는 사물 등의 대상을 손으로 가리키는 제스처를 의미한다. 예를 들어, 화자가 "이 상자를 저기로 옮겨"라고 말하면서 "상자를 손으로 가리키거나 공간을 가리키는 제스처"가 이에 해당한다.

Lakoff 제스처는 감정 또는 시간을 공간에 빗대어 표현한 것을 의미한다. 예를 들어, "오늘 기분이 좋아"라고 말하면서 "손을 위로 올려 좋은 기분을 표현한 제스처" 또는 시간의 흐름에 따라 과거를 "뒤"로 미래를 "앞"으로 표현한 제스처가 이에 해당한다.

Cohesive 제스처는 대화 중간에 삽입할 내용이 있을 경우 해당 내용과 함께 나타나는 제스처로, 대화 내용이 의미적으로 연결되었음을 알려주는 역할을 한다. 이는 음성언어와 함께 사용되어야만 해당 의미를 전달할 수 있다는 특성이 있다. 예를 들어, "오늘 내가 GSpeak와 관련된 강의를 들었는데, 그런데 너 GSpeak이 무엇을 의미하는지는 알지?,

아무튼 그 강연은 너무 유익했어"라고 말할 때 중간에 삽입된 내용을 말하면서 손을 빠르게 아래로 내렸다 올리는 제스처 등이 이에 해당한다.

3. Case Study

본 연구에서 제시된 command에 대해 사용자가 도출한 다양한 제스처의 특성을 파악하고, 상기 문헌 연구로부터 추출된 9가지 특성이 실험을 통해 도출된 제스처 특성을 반영하고 있는지를 확인하기 위하여 Case Study를 수행하였다. 제스처 도출을 위한 대상 기기를 선정하기 위하여 핸드 제스처만으로 기기를 조작할 수 있는 가상의 스마트홈 환경을 가정하였으며, 현재의 기술 수준에 따른 실제 기기의 제스처 인터페이스 구현 여부 및 상용화 가능성 등은 고려하지 않았다. Case Study의 대상 기기로는 사용자가 거실에서 자주 사용할 것으로 판단되는 TV, 전등, 에어컨, 창문을 선정하였고, 해당 기기에서 빈번히 사용될 것이라고 예상되는 기능을 Table 2와 같이 선정하여 command로 제시하였다.

Table 2. Target commands

Object	Command
TV	Turn on
	Turn off
	Increase the volume
	Decrease the volume
	Next Channel(Channel up)
	Previous channel(Channel down)
Light	Turn on
	Turn off
Air conditioner	Turn on
	Turn off
	Raise the temperature
	Lower the temperature
Window	Open
	Close

3.1 Participants

남자 15명과 여자 15명으로 구성된 총 30명의 실험참여자가 본 제스처 도출에 참여하였으며, 평균 연령은 23.2(± 2.89)세였다. 실험참여자 모두 오른손잡이였으며, 손, 팔에 대한 근골격계 질환이 없었다.

3.2 Environment

실험실 내 실험대상과 관련된 사물은 제스처 도출 시 영향을 줄 수 있으므로(Kita, 2000) 실험참여자로부터 다양한 제스처를 수집하기 위하여 Figure 1과 같이 창문을 포함한 실험 공간을 모두 흰색 벽지로 가렸고, 실험참여자가 실험실에 입실한 후 문 역시 천으로 가려 실험실 내의 이미지를 최소화 하였다.

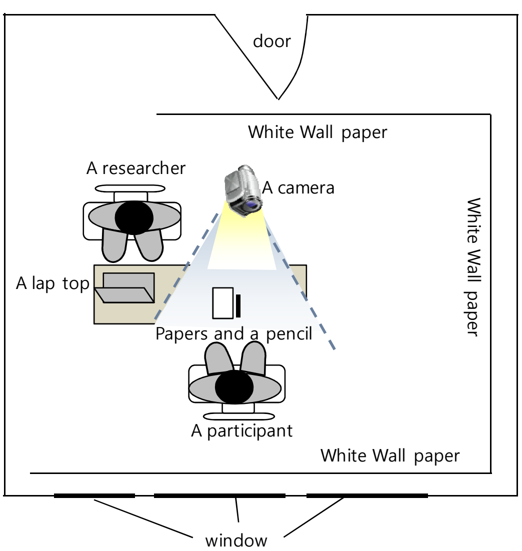

Figure 1. Experimental Environment

3.3 Methods and procedure

본 Case Study의 절차는 크게 실험 준비 단계와 본 실험 단계로 구성하였다. 본 Case Study는 실제 제스처 인터페이스가 적용된 기기를 제시하지 않고 실험참여자가 해당 기기를 사용하는 상황을 상상하고 제스처를 취해야 했다. 따라서 실험 준비 단계에서는 실험참여자에게 손에 아무런 기기/제품을 들고 있지 않은 상태에서 기기와의 직접적인 접촉 없이 손 동작만으로 원하는 기능을 조작할 수 있는 스마트홈에 있다고 상상할 것을 제안하였다. 또한 2개의 command에 대하여 핸드 제스처를 도출하는 연습 실험을 수행하여 실험참여자가 제스처 도출하는데 익숙해질 수 있도록 하였다.

본 실험 단계에서는 실험참여자에게 14개의 command를 Table 2와 같이 음성으로 들려준 후 가장 적합하다고 생각되는 한 가지 제스처를 도출하도록 하였다. 이때 동일한 제스처가 서로 다른 기능에 대해 중복 도출하는 것을 허용

하였으며, 실험참여자가 가장 적합하다고 생각되는 제스처를 고안할 수 있도록 시간에 제약을 두지 않았다. 또한 각 command에 대해 제스처를 도출하자마자 인터뷰를 수행하여 실험참여자가 도출한 제스처의 의미와 해당 제스처를 선택한 이유에 대해 자유롭게 이야기하도록 하였다. 본 실험 단계는 추후 분석을 위해 모든 과정을 동영상으로 기록하였다.

3.4 Result and analysis

실험참여자로부터 도출된 제스처의 형태와 해당 제스처를 도출한 이유를 수집한 인터뷰 내용을 바탕으로 도출된 제스처들을 기존 문헌 분석을 통해 추출한 9가지 제스처 특성을 기반으로 Table 3과 같이 정리하였다. 그 결과 9가지 제스처 특성 중 Pantomimic, Metaphoric, Symbolic, Lakoff 제스처 특성이 나타났으며, 이 외에도 4가지의 추가적인 특성이 나타났다. Table 3에서 각 command에 해당하는 제스처 특성에 대한 빈도수(%)의 합이 100%가 되지 않는 것은 기존 문헌에서 추출한 9가지 특성 외에도 추가적인 특성이 있다는 것을 의미한다. 한편, 실험참여자로부터 도출된 제스처의 특성은 기기의 외형적 형태가 해당 제스처에 미치는 영향에 따라 크게 두 가지, 조작 기반 제스처(Manipulative-based gesture)와 개념 기반 제스처(Concept-based gesture)로 분류하였다.

3.4.1 Manipulative-based gesture

조작 기반 제스처는 제스처를 도출한 기기의 물리적 형태와 밀접한 관계가 있는 것으로, 상기 문헌 분석을 통해 도출된 9개의 제스처 특성 중 Pantomimic 제스처에 해당한다. Case Study에서 사용자에게 도출된 제스처를 분석한 결과 조작 기반 제스처는 사용자가 실제 기기를 사용하는 행태를 묘사하는 특성과 사용자의 조작에 따른 기기의 물리적 움직임을 묘사하는 특성으로 구분할 수 있었다. 사용 행태를 묘사한 제스처로는 창문을 제외한 모든 기기에서 검지손가락을 뻗어 버튼을 누르는 듯한 제스처 또는 엄지손가락을 접어 리모컨을 누르는 듯한 제스처가 있었다. 사용자의 조작에 따른 기기의 물리적인 움직임을 묘사한 제스처로는 에어컨을 "켜다/끄다"에 대해 에어컨 앞쪽 문이 열리거나 닫히는 물리적 움직임을 손으로 묘사한 제스처가 있었다.

한편, 창문을 "열다/닫다"의 경우 사용자로부터 도출된 거의 모든 제스처는 Pantomimic 제스처 특성을 포함하였다. 즉, 사용자는 손으로 창문이 열리는 모습을 직접 묘사하거나, 창문을 실제로 여는 사용 행태를 묘사하였다. 창문 같이 일상생활에서 사용자가 기기의 물리적 움직임을 시각적으로 빈번히 관찰하며, 사용자가 직접 기기에 물리적인 움직임을 유발할 경우 Pantomimic 제스처 특성은 도출되는 제스처와 강하게 연합되는 것으로 보인다.

3.4.2 Concept-based gesture

개념 기반 제스처는 대상 기기의 물리적인 형태와 직접적인 관계가 없으나, command와 관련된 사용자의 기억/경험과 밀접한 관계가 있는 제스처를 의미한다. Case Study 결과 사용자로부터 도출된 해당 제스처는 상기 추출된 9가지

Table 3. Apply user-defined gesture from the case study to the 9 gesture features(%)

Object	Command	Gesture feature								
		Pantomimic	Metaphoric	Iconic	Beat	Symbolic	Modalizing	Deictic	Lakoff	Cohesive
TV	Turn on	43	23			3				
	Turn off	37	33			3				
	Increase volume	27								
	Decrease volume	30								
	Channel up	43							27	
	Channel down	40							30	
Light	Turn on	33	27							
	Turn off	33	27							
Air conditioner	Turn on	48	21							
	Turn off	53	7			7				
	Raise the temperature	27								
	Lower the temperature	33								
Window	Open	100								
	Close	97								

특성 중 Pantomimic, Metaphoric, Symbolic, Lakoff 제스처 특성이 나타났으며, 그 외에도 4가지 특성이 추가적으로 관찰되었다.

Four gesture features(Pantomimic, Metaphoric, Symbolic, and Lakoff)

Pantomimic 특성에 속하는 제스처로는 앞서 언급한 기기의 형태와 직접적으로 관련된 제스처 이외에도 사용자가 command 개념과 유사한 경험을 떠올리고 이를 묘사한 제스처가 있었다. 예를 들어, Case Study에서 몇몇 사용자는 "TV 채널을 다음/이전 채널로 돌리다"에 해당하는 제스처를 도출할 때 핸드폰의 터치 스크린을 사용하여 정보 공간을 이동하였던 사용경험을 떠올렸다고 응답하였으며, "TV 채널을 다음으로 돌리다"에 대하여 정보 공간을 손으로 잡고 미는 것처럼 손을 왼쪽으로 이동시키는 제스처를 도출하였다.

Metaphoric 제스처는 주로 TV, 전등을 "켜다/끄다" command에서 관찰되었다. 예를 들어 TV의 경우 양 손의 엄지와 검지로 가상의 직사각형을 형상화하고 이것의 크기를 늘리거나 줄이는 동작을 취한 제스처가 도출되었으며(Figure 2a, b), 전등의 경우 손을 펼치거나 펼쳐져 있던 손가락을 모아 주먹을 쥠으로써 전구로부터 나오는 빛이 발생하거나 사라지는 모습을 표현한 제스처(Figure 2c, d)가 관찰되었다. 인터뷰 결과 해당 특성은 기능이 활성화 될 때 물리적 형태가 없지만 시각적으로 관찰되는 스파크(화면) 또는 불빛 등을 사용자가 이미지화 한 것에서 기인한 것으로 보인다.

Symbolic 제스처는 주로 "켜다/끄다" command에서 관찰되었다. "켜다"에 해당하는 제스처로는 주로 확인을 뜻하는 "오케이 사인(👌)"이 도출되었으며, "끄다" 제스처로는 주로 정지의 의미를 가진 손바닥을 앞으로 내민 제스처 또는 주먹을 쥔 제스처가 도출되었다.

시간을 공간에 빗대어 표현한 Lakoff 특성은 주로 TV의 채널을 이전 또는 다음으로 조정하는 command에서 관찰되었다. 인터뷰 결과 몇몇 사용자는 "이전"은 왼쪽 공간으로 "다음"은 오른쪽 공간으로 인식하고 있었으며, 이들은 "TV 채널"을 다음으로 조정하기 위해 오른쪽으로 손을 이동하는 제스처를, 이전으로 조정하기 위해 손을 왼쪽으로 이동하는 제스처를 도출하였다. 상기 제스처는 앞서 언급한 Pantomimic 특성의 제스처와 형태는 유사하나 상이한 방향성을 가지고 있다. 이는 사용자의 의도(mental model)에 따라 제스처의 형태가 유사할 지라도 중요한 의미를 갖는 제스처의 세부 속성(방향성)이 달라질 수 있음을 시사한다.

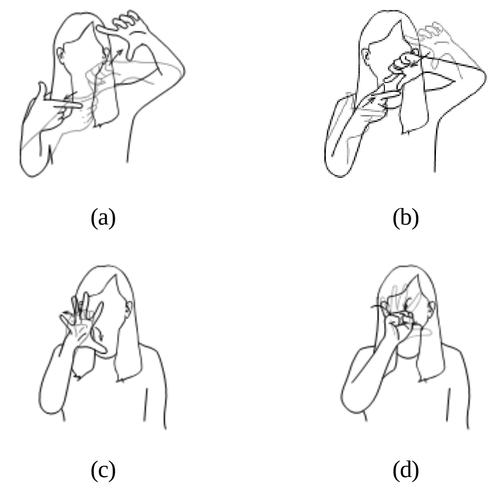

Figure 2. Examples of user-defined gesture: (a) is gesture for "Turn on TV" command, (b) is gesture for "Turn off TV" command, (c) is gesture for "Turn on Light" command, (d) is gesture for "Turn off Light" command

Additional gesture features

상기 문헌 분석을 통해 도출된 제스처 특성 외에도 사용자가 기기의 조작을 위해 자신의 상태/니즈를 표현한 제스처, command와 관련된 추상적 물리량 크기 변화를 공간개념으로 표현한 제스처, 아이콘을 묘사한 제스처, 제스처와 소리가 통합된 형태 등이 추가적으로 나타났다.

사용자가 기기의 조작을 위해 자신의 상태/니즈를 표현한 제스처는 에어컨에 해당하는 모든 command와 TV 볼륨을 조정하기 위한 command에서 관찰되었다. 예를 들어 "에어컨을 켜다"와 "에어컨의 온도를 내리다"에 해당하는 제스처로는 손부채질(Figure 3a) 제스처가 도출되었으며, "에어컨을 끄다"와 "에어컨의 온도를 올리다"에 해당하는 제스처로는 몸을 부비는 제스처(Figure 3b)가 관찰되었다. 이는 일상생활에서 사용자가 덥거나 추울 때 자연스럽게 취하게 되는 동작과 매우 유사하다. 또한 TV의 볼륨을 올리거나 낮추는 제스처로는 각각 "손을 귀에 가져다 대는 제스처"와 "손으로 귀를 막는 제스처"가 도출되었으며, 이 역시 일상생활 속에서 소리를 듣고 싶을 때 또는 주변이 시끄러울 때 자연스럽게 취하게 되는 동작과 매우 유사하다. 상기 제스처들은 9가지 특성 중 Pantomimic 제스처 특성과 유사하나 대화 속 물리적인 대상을 묘사했다기 보다는 시각적으로 드러나지 않는 자신의 상태 또는 니즈를 표현했다는 점에서 Pantomimic 제스처 특성과 구분된다.

Command와 관련된 추상적 물리량 크기 변화를 공간 개념으로 표현한 제스처는 에어컨의 온도를 조절하거나 TV 볼륨을 조정하기 위한 command에서 모두 관찰되었다. 예

를 들어, 에어컨의 온도를 낮추거나 TV의 볼륨을 줄이기 위한 제스처로는 손을 아래 방향으로 이동하는 제스처가 도출되었으며, 반대의 경우 손을 위쪽 방향으로 이동하는 제스처가 도출되었다. 한편, TV의 볼륨을 조정하는 제스처는 상하 공간 이외에도 추상적 공간의 너비를 줄이거나(Figure 3c) 넓히는(Figure 3d) 제스처 또한 도출되었다. 상기 제스처는 9가지 제스처 중 Iconic 특성과 유사하다. 그러나 물리적 형태가 있는 대상의 크기, 형태를 묘사하는 Iconic과 달리 해당 제스처는 추상적인 물리량의 크기 변화를 묘사하고 있으므로 Iconic 특성에 포함되지 않는다.

아이콘을 묘사한 제스처는 다양한 기기에 사용되는 아이콘의 이미지를 떠올리고 묘사한 것을 의미한다. 예를 들어, "켜다"의 경우 확인을 의미하는 원 아이콘(o)을 묘사한 제스처가 도출되었으며, "끄다"의 경우 종료를 의미하는 엑스 아이콘(X)을 묘사한 제스처가 도출되었다. 또한 "켜다/끄다" 모두에서 전원 버튼에 삽입되어 있는 아이콘(⏻)을 묘사한 제스처가 도출되었다. 한편, "볼륨 또는 온도를 올리거나 낮추다"에 해당 하는 제스처로는 각각 위쪽 방향 삼각형(△)과 아래쪽 방향 삼각형(▽)을 묘사한 제스처가 도출되었다. 이는 9가지 특성 중 Symbolic 제스처 특성과 유사하나, 기존 문헌은 대화 속 제스처를 중심으로 제스처를 분류하였으므로 아이콘에 대해서는 언급하고 있지 않다.

마지막으로, 제스처와 소리가 통합된 형태는 손 동작과 손 동작이 발생시키는 소리가 함께 나타나는 것을 의미한다. 예를 들어, 모든 기기에서 "켜다/끄다"에 대한 제스처로 엄지와 검지를 서로 밀치면서 마찰로 인해 발생되는 소리를 만들어

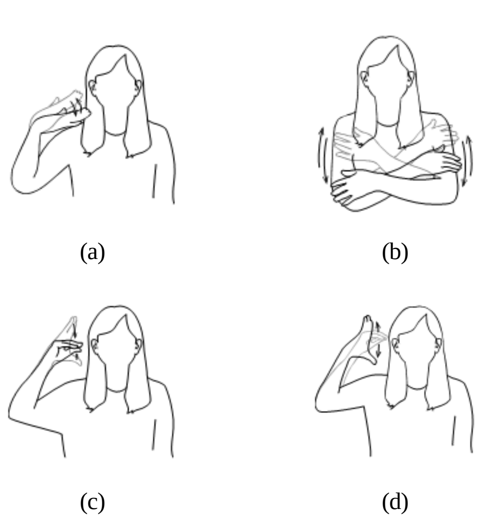

Figure 3. Examples of user-defined gesture: (a) is gesture for "Turn on air-conditioner" command, (b) is gesture for "Turn off air-conditioner" command, (c) is gesture for "Decrease TV volume" command, (d) is gesture for "Increase TV volume" command

내는 제스처 또는 손뼉을 치는 제스처가 관찰되었다. 특히 이러한 제스처는 제스처 인터페이스가 구현된 상용화된 제품 중 해당 제스처로 "켜다/끄다"가 실행되는 제품이 있다는 점과 해당 제스처가 영화에서 자주 등장했던 모습이 영향을 미친 것으로 보인다. 이는 제스처와 의미가 1:1로 매핑될 수 있다는 점에서 9가지 특성 중 Symbolic 제스처 특성과 유사하나, 해당 제스처는 의사소통을 위한 기호로서의 기능을 갖고 있지 않음으로 Symbolic 제스처 특성에 포함되지 않는다.

4. 3D Hand Gesture Taxonomy for Command

Command로서의 제스처는 사용자가 제스처를 취하는 분명한 의도/목적을 가지고 제스처만을 사용하여 해당 기기의 기능을 작동시킨다는 점에서 일상 대화에서 언어와 함께 수반되는 복잡한 제스처의 특성과는 그 성격이 다를 것이다. 따라서 본 연구에서는 2장에서 분류된 9가지 제스처의 특성과 사용자로부터 직접 제스처를 도출하고 도출된 제스처의 특성을 분석한 Case Study를 기반으로 command로서의 3차원 핸드 제스처의 특성을 Figure 4와 같이 추출하였으며, 이를 기반으로 3차원 핸드 제스처 분류체계를 고안하였다(Table 4).

본 연구는 제스처만을 사용하는 command의 특성상 언어와 함께 사용하여야만 분명한 의미를 전달할 수 있는 제스처 특성을 제외하기 위하여 Kendon(1988)의 Continuum과 Case Study 결과를 참고하였다. Kendon은 제스처가 언어와 독립적으로 사용될 수 있는지 여부에 따라 제스처의 특성을 Figure 5와 같이 나열하였다. Figure 5의 제스처 특성은 아래로 갈수록 제스처의 특성이 언어 의존적임을 의미하며, Beat, Cohesive, Iconic 제스처가 언어에 강하게 의존적임을 보여준다. 또한 본 Case Study에서 Beat, Cohesive, Iconic 제스처 특성이 관찰되지 않았으므로 해당 제스처 특성을 본 연구의 분류체계에서 제외하였다.

Pantomimic 특성은 크게 제스처 인터페이스 기기의 조작과 직접적인 관련이 있는 제스처와 조작과는 직접적인 관련이 없지만 command에 비유적으로 사용될 수 있는 경험을 묘사한 제스처로 구분하였다. 이는 Case Study 결과 창문과 같이 사용자가 일상생활 속에서 기기의 움직임을 빈번히 관찰하며, 직접 기기에 물리적 움직임을 유발하는 경우 기기의 형태에 따라 특정 제스처가 관찰되었다는 점에서 착안하였다. 본 연구에서는 기기의 시각적 형태와 관련된 제스처만을 Pantomimic 제스처로 명명하였으며, command에 비유적으

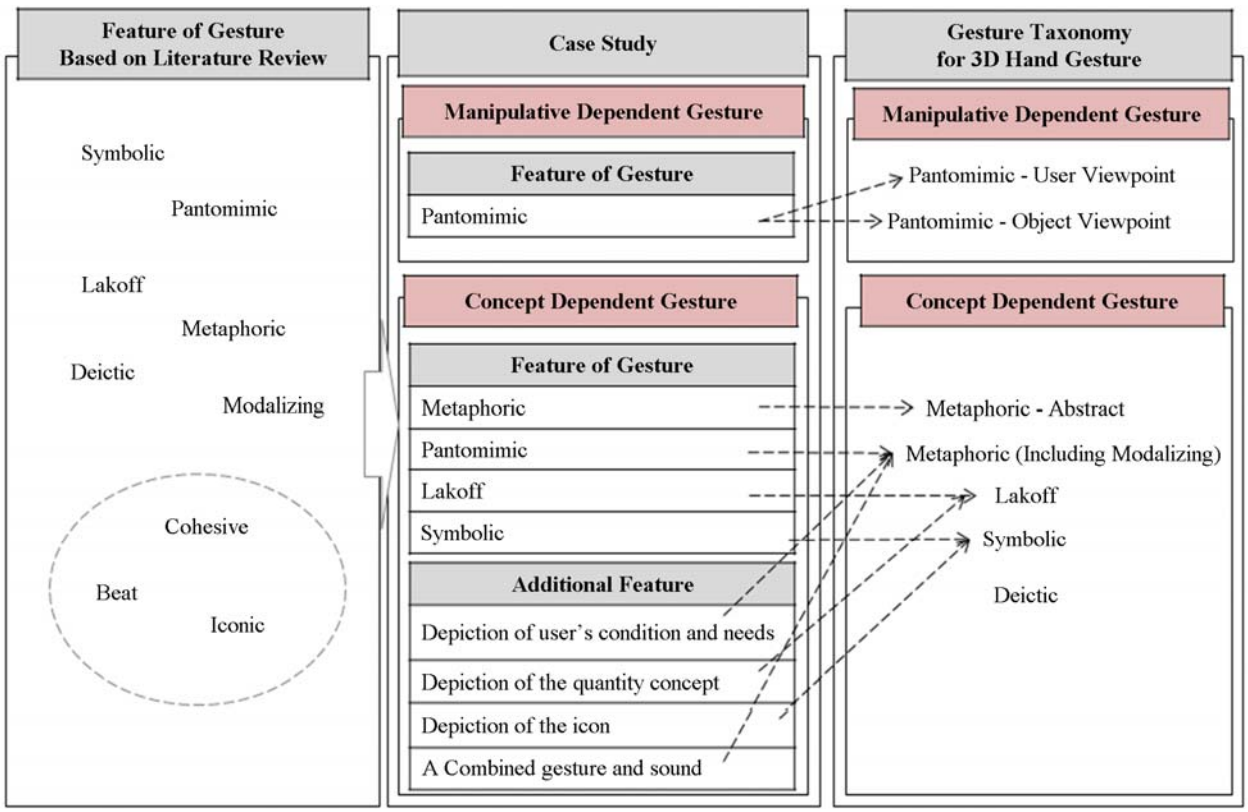

Figure 4. Procedure to select features of 3D hand gesture for commands: Left column shows 9 gesture features based on literature review. A dotted-circle including Cohesive, Beat and Iconic is excluded from a new taxonomy. Middle column shows feature of gestures derived from the case study. Right column shows the features of 3D hand gesture. The dashed arrows show how the features are categorized.

Table 4. 3D hand gesture taxonomy for commands

Category	Sub category	Description
Manipulative-based	Pantomimic - User Viewpoint	Depiction of physical motion of using the object
	Pantomimic - Object Viewpoint	Depiction of physical motion of the object
Concept-based	Metaphoric - Abstract	Depiction of abstract images or idea
	Metaphoric	Depiction of metaphorical motion or image
	Lakoff	Depiction of concepts related to abstract quantity or period
	Symbolic	1:1 mapping of gesture to meaning
	Deictic	Pointing at object or area

로 사용할 수 있는 행위와 관련된 제스처를 Metaphoric으로 분류하였다. 또한 Pantomimic은 기기를 사용하는 행태를 묘사한 Pantomimic-User Viewpoint과 기기의 움직임을 묘사한 Pantomimic-Object Viewpoint로 구분하였다.

Metaphoric은 command에 비유적으로 사용될 수 있는 사용자의 행위 또는 물리적 형태가 있는 이미지를 묘사한 제스처를 의미한다. 본 Case Study에서 추가적으로 관찰된 자신의 상태/니즈를 표현한 제스처의 경우 command에 비유적으로 사용될 수 있는 사용자의 행위를 묘사하고 있다는 점에서 Metaphoric 특성에 포함시켰으며, 제스처와 소리가 통합된 형태 역시 영화 또는 상용제품에서 해당 기능을 사용하는 사용자의 행위를 보고 유사 행위에 매핑시켰다는 점에서 Metaphoric 특성에 포함시켰다. 또한, 앞선 연구에서 언급한 사물의 형상(이미지)을 모듈로 표현한 Modalizing 제

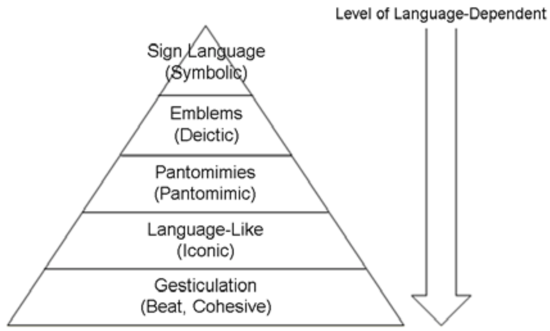

Figure 5. Kendon's continuum

스처는 command에 비유적으로 사용될 수 있는 이미지를 묘사하고 있다는 점에서 Metaphoric에 포함시켰다. 예를 들어, "메일을 전송하다"를 표현하기 위해 날개의 형상을 표현한 Modalizing 제스처가 비유적으로 활용될 수 있다.

Case Study 결과 사용자는 시간적 개념 이외에도 추상적 양과 관련된 개념을 공간에 매핑시킴을 확인할 수 있었다. 이는 지식 표상(Image Schema)의 한 형태로서의 상하 컨셉은 양적 증감과 연관성 있다고 언급한 Hurtienne et al.(2008)의 이론과도 부합된다. 따라서 본 연구에서는 Lakoff 제스처를 시간 또는 양과 관련된 개념을 공간과 매핑시킨 제스처로 수정하였다. 이때, 상/하/좌/우 화살표 아이콘의 경우 해당 아이콘이 시간/물리적 양을 공간에 매핑한 Lakoff 특성을 강하게 반영했다는 점에서 화살표 아이콘을 떠올리고 제스처를 취했을 경우 Lakoff 특성에 포함시켰다.

한편, Metaphorical 제스처, Symbolic 제스처 그리고 Deictic 제스처는 기존 연구에서 추출된 특성의 정의를 그대로 사용하였다. 단, Metaphorical 제스처는 일상생활의 경험을 비유적으로 표현한 Metaphoric 제스처와의 용어 혼란을 피하기 위하여 Metaphoric－Abstract으로 용어를 수정하였다. Metaphoric－Abstract은 사용자가 아이디어나 스파크, 불빛 등과 같이 추상적인 대상을 묘사한 것을 의미한다.

Symbolic 제스처는 Command와 1:1로 대응될 수 있는 의사소통 기호를 묘사한 제스처를 의미하며, 관용적으로 사용되는 의사소통 기호(e.g. (Okay를 의미)), 아이콘(e.g., □(정지를 의미)), 글자(e.g. H(Home으로 command로서 H)), 문장부호(e.g. ?(도움말 의미)) 등을 포함한다.

Deictic 제스처는 기기 또는 공간을 손으로 직접 가리키는 제스처를 의미한다. 해당 제스처는 언어와 독립성이 높으며(Kendon, 1988), 사용할 기기를 선택하는데 이용될 수 있다는 점에서 분류체계에 포함시켰다.

5. Conclusion

본 연구는 일상생활에서의 대화 중 나타나는 제스처의 특성을 내용과 목적에 따라 분류한 기존 문헌을 기반으로 전반적인 제스처 특성에 대해 정리하였으며, 스마트홈 기기를 대상으로 제스처를 도출한 사례 연구(Case Study)를 수행하여 사용자가 도출한 제스처 특성을 파악하였다. 또한 상기 내용을 종합하여 command로서의 3차원 핸드 제스처 특성을 확인하고 새로운 분류체계를 고안하였다. 이를 통해, 사용자가 제스처를 취한 의도를 정량적으로 정리할 수 있는 기반을 마련했다는 점에서 의의가 있다.

본 연구의 분류체계는 사용자가 제스처를 도출한 의도(mental model)를 체크하기 위한 체크리스트로 활용될 수 있으며, 해당 체크리스트는 사용자로부터 도출된 다양한 제스처를 통합할 때 활용될 수 있을 것이다. 또한 본 분류체계는 기기－기능에 따라 사용되는 제스처 특성을 파악할 수 있어, 이후 command에 매핑할 제스처 디자인 시 가이드라인으로 활용될 수 있을 것이다. 그러나 본 연구는 Case Study에서 14개 command 밖에 다루고 있지 않아, 기기－기능에 따라 사용될 수 있는 제스처 특성을 알아보기 위해서는 추가적 연구가 필요하다.

Acknowledgements

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MEST) (No. 2012-0005482).

This treatise was supported by the project of Global Ph.D. Fellowship which National Research Foundation of Korea conducts from 2011(No. 2011-0007550).

References

Bonaiuto, M., Maricchiolo, F. and Gnisci, A., Hand gesture structure and functions during conversation: conceptual problems and developments, *Unical.it*.

Cassell, J., A framework for gesture generation and interpretation, Cambridge, U.K.: Cambridge Univ. Press, 1998.

Efron, D., *Gesture and environment*, Morningside Heights, NY: King's Crown Press, 1941.

Henze, N., Locken, A., Boll, S., Hesselmann, T. and Pielot, M., "Free-hand gestures for music playback: deriving gestures with a user-centered process", *Proceedings of the 9th international conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*, 2010.

Hurtienne, J., Weber, K. and Blessing, L., Prior experience and intuitive use: image schemas in user centered design., In: Langdon, P., Clarkson, J., Robinson, P. (Ed), *Designing Inclusive Futures*, Springer, 107-116, 2008.

Kendon, A., *Current issues in the study of gestures. The Biological Foundations of Gestures: Motor and Semiotic Aspects*, Nespoulous, Perron, and Lecours(Ed) Lawrence Erlbaum Associates, Hillsday, 1986.

Kim, H. J., Jeoung, K. H., Kim, S. K. and Han, T. D., "Ambient Wall: Smart wall display interface which can be controlled by simple gesture for smart home", *SIGGRAPHAsia(SA' 11)*, Hong Kong, China, 2011.

Kita, S., *How representational gestures help speaking*. In D. McNeill, Language, culture and cognition 2. Language and gesture. Cambridge University Press, 2000.

Koons, D. B., "Capturing and interpreting multi-modal descriptions with multiple representation", *Working paper for AAAI Spring Symposium*, Stanford, CA., 1994.

Mauney, D., Howarth, J., Wirtanen, A. and Capra, M., "Cultural similarities and differences in user-defined gestures for touchscreen user Interfaces", *Proceedings of the CHI'10*, Atlanta, Georgia, USA., 2010.

McNeill, D., *Hand and mind: What gestures reveal about thought*. University of Chicago Press, 1992.

Meister, D., *Behavioral Analysis and Measurment mthods*, Wiley, Chichester, 1985.

Neßelrath, R., Lu, C., Schulz, C. H., Frey, J. and Alexandersson, J., "A gesture based system for context-sensitive interaction with smart homes", *DeutscherAAL-Kongress*, 2011.

Nielsen, M., Moeslund, T., Storring, T. and Granum, E., "A procedure for developing intuitive and ergonomic gesture interfaces for man-machine interaction", *Proceedings of the 5th Interaction Gesture Workshop, GW 2003*, Genova, Italy, 2003.

Nielsen, M., Storring, T., Moeslund, T. and Granum, E., A procedure for developing intuitive and ergonomic gesture interfaces for HCI, *Gesture-Based Communication in Human-Computer Interaction*, 105-106, 2004.

Pavlovic, V., Sharma, R. and Huang, T. S., Visual interpretation of hand gestures for human-computer interaction: a review, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 19(7), 677-695, 1997.

Quek, F. K. H., "Toward a vision-based gesture interface", *Virtual Reality Software and Technology Conf.*, (pp.17-31), 1994.

Rimé, B. and Schiaratura, L., *Gesture and speech, Fundamentals of Nonverbal Behavior*, Feldman& Rimé(Ed.), Press Syndicate of the University of Cambridge, 1991.

Saffer, D., *Designing Gestural Interfaces: touchscreens and interactive devices*, 1st ed., O'Reilly Media, 2008.

Wexelblat, A. D., A feature-based approach to continuous-gesture analysis, S. M. thesis, MIT Program in Media Arts and Sciences, Cambridge, 1994.

Wobbrock, J. O., Morris, M. R. and Wilson, A. D., "User-defined gestures for surface computing", *Proceedings of the ACM Conference on CHI'09*., (pp. 1083-1092), 2009.

Author listings

Eunjung Choi: lovecej@postech.ac.kr

Highest degree: MS, Department of Industrial & Management Engineering, POSTECH

Position title: Ph.D. candidate, Department of Industrial & Management Engineering, POSTECH

Areas of interest: Gesture Interface, User Interface, User Experiment

Donghun Lee: bell7738@postech.ac.kr

Highest degree: BS, Department of Biomedical Engineering, Yonsei University

Position title: Ph.D. candidate, Department of Industrial & Management Engineering, POSTECH

Areas of interest: User Experiment, Universal Design

Min K. Chung: mkc@postech.ac.kr

Highest degree: PhD, Industrial and Operations Engineering, University of Michigan

Position title: Professor, Department of Industrial & Management Engineering, POSTECH

Areas of interest: Universal Design, Biomechanics, Applied Statistics, Design of Experiments

Date Received : 2012-07-13

Date Revised : 2012-07-23

Date Accepted : 2012-07-23