Title

Identification of user's motion patterns using motion capture system

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study is to identify motion patterns for cellular phone and propose to a method to identify motion patterns using motion capture system.

Background: In a smart device, the introduction of tangible interaction that can provide new experience to user plays on important role for improving user's emotional satisfaction. Firstly, user's motion patterns have to be identified to provide an interaction type using user's gesture or motion.

Method: In this study, a method to identify motion patterns using motion capture system and user's motion patterns for using cellular phone were studied. Forty subjects participated in this study. User's motion patterns were identified through motion analysis.

Results: Typical motion patterns for shaking, shaking left and right, shaking up and down, and turning for using cellular phone were identified. Velocity and acceleration for each typical motion pattern were identified, too.

Conclusion: Motion capture system could be effectively used to identify user's motion patterns for using cellular phone.

Application: Typical motion patterns can be used to develop a tangible user interface for handheld device such as smart phone and a method to identify motion patterns using motion analysis can be applied in motion patterns identification of smart device.

Keywords
Motion capture system, Motion Patterns, Emotional Satisfaction, Tangible Interface

1. Introduction

최근 스마트기기의 대중화로 인하여 사용자들이 스마트 기기에 바라는 기술 수준도 높아지고 있다. 특히 기능위주의 제품개발에서 사용자에게 새로운 경험을 제공할 수 있는 인터랙션 방식의 제공은 사용자들의 제품에 대한 만족도를 향상시키는데 중요한 역할을 하고 있다. 사용자들은 디지털의 편리함과 아날로그의 감성을 동시에 추구하려는 경향이 강하며, 보다 인간 친화적인 인터페이스를 선호하고 있다(Lee, 2008). 이러한 필요성에 따라 최근에는 직관적·혁신적 인터페이스를 제공하는 제품들이 많이 개발되고 있으며, 특히 아날로그적 감성을 지닌 실감형 인터페이스는 사용자들에게 즐거움을 제공하는 하나의 방식으로 각광받고 있다(Schlomer, et al., 2008). 실감형 인터페이스란 실제로 물건을 만지고, 느끼고, 잡고, 옮기는

등의 일반적인 인간의 행동과 비슷한 행위를 통해 디지털 정보를 조작하는 인터페이스 기술로, 일상생활에서의 자연스러운 오브젝트나 행위를 이용하여 디지털 정보와 직관적이고 자연스러운 형태의 상호 작용을 가능하게 한다. 이는 사용자에게 편안하고, 유쾌한 경험을 제공한다는 점에서 효용성을 찾을 수 있다. 실감형 인터페이스를 활용한 대표적인 제품은 닌텐도 Wii로, 이제품은 동작인식을 기반으로 한 실감형 인터페이스를 채택하고 있다(Schlomer, et al., 2008). 모션을 인식하는 기술은 최근 스마트폰이나 스마트TV 등에도 적용되고 있는데, 이와 같이 동작인식센서 등 각종 신기술을 활용한 실감형 인터페이스를 도입함으로써 소비자에게 감성적 만족감을 제공하려는 제품들이 늘어나고 있다. 특히 사용자의 제스쳐나 모션을 사용하는 인터페이스 방법은 실제 생활과 유사한 환경을 제공해주는 장점으로 인하여 인터랙티브 환경에서 중요한 연구 분야로 간주되고 있다(Gyeong et al., 2006).

사용자의 동작을 활용한 인터랙션 기능은 사용자의 동작을 기반으로 모바일 기기의 제어가 이루어지므로 우선적으로 사용자의 동작에 대한 분석이 매우 중요하다. 사용자 동작을 효과적으로 측정하고 분석하는 방법으로 모션캡쳐시스템은 동작의 움직임을 높은 수준의 정밀도로 측정하고 정량화할 수 있기 때문에, 동작의 패턴에 관한 정확한 분석을 가능하게 한다. 단순하게 사용자의 동작 궤적만을 구하는 것이라면 비디오 카메라만으로도 충분히 가능하겠지만, 동작의 속도와 가속도, 변이 등과 같이 모션인터페이스 설계에 직접적으로 활용할 수 있는 데이터까지 구하기 위해서는 모션캡쳐시스템을 활용하는 것이 필요하다. 모션캡쳐시스템은 3차원 공간상에서 대상의 움직임에 대한 위치와 방위를 측정하는 장치로, Braido and Zhang (2004)는 모션캡쳐시스템을 활용하여 인간의 손가락 동작에 대한 분석을 수행하였고, Kamat, et al. (2014)는 고령자 남녀를 대상으로 병에서 내용물을 짜내는 동작에서의 손과 손가락 움직임을 비교 분석하기 위하여 모션캡쳐시스템을 활용하였다. 또한 Yun et al.(2008)은 마시는 동작에 대한 상지의 움직임 동작에 대한 자료를 수집하기 위하여 모션캡쳐 장비를 활용하였다. 이상의 연구들로 부터 사용자의 동작에 대한 동작패턴을 검출하기 위하여 모션캡쳐시스템이 효과적으로 활용될 수 있음을 알 수 있고, 따라서 본 연구에서는 모션캡쳐시스템을 활용하여 사용자의 동작에 대한 표준 패턴을 검출하기 위한 방법을 연구하였다. 특히 최근 가장 일반화된 개인화 제품인 휴대폰을 대상으로 몇가지의 동작에 대한 패턴을 검출하는 사례를 연구함으로써 그 활용가능성을 제시하였다.

2. Experimental Method

본 연구에서는 모션캡쳐 장비를 활용하여 휴대폰의 사용동작을 측정하고 이를 기반으로 사용동작에 대한 표준을 검출하고자 하였다. 모션캡쳐시스템은 Hawk 디지털 카메라 6대로 구성된 모션캡쳐 장비를 활용하였고, 동작을 측정하기 위하여 휴대폰에 부착된 마커는 5mm 크기의 것을 사용하였다. Figure 1은 휴대폰 사용시의 동작에 대한 표준을 도출하기 위한 절차를 나타내는 것으로, 모션캡쳐시스템을 활용하여 마커가 부착된 사용자의 휴대폰 사용 동작을 측정하고 그 이동 궤적을 분석하여 대표적인 동작패턴을 검출하게 된다.

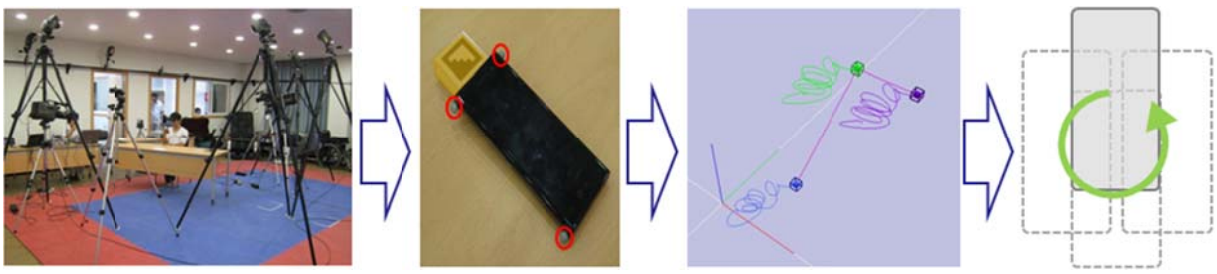


Figure 1. Process to draw a standard movement

예를들어 휴대폰 흔들기(Shaking) 동작에 대한 패턴을 검출하기 위하여 모션캡쳐 장비를 활용하여 흔들기 동작을 측정하고, 그 이동 궤적을 분석하여 대표적인 동작패턴을 검출한 후, 각 동작패턴 별로 동작이 수행된 피실험자의 빈도를 분석하여 가장 빈도가 높은 패턴을 결정하면 된다.

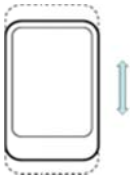
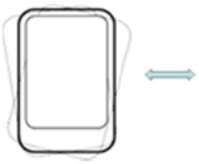
2.1 Subjects

본 실험에서는 총 22 명의 피실험자(남 16 명, 여 6 명)가 참여하였는데, 팔 동작에 장애가 없는 피실험자를 선정하였다. 남성의 연령범위는 23~32 세였으며, 여성은 21~25 세였다. 피실험자들중 남성 3 명은 왼손잡이였고, 나머지는 모두 오른손잡이였다.

2.2 Experimental Task

본 실험에서는 휴대폰의 MP3 플레이어 기능에서의 셔플링(shuffling) 동작으로 활용 가능성이 높은 3가지의 동작; (shaking), 좌우로 움직이기(shaking left and right), 상하로 움직이기(shaking up and down)과 휴대폰 사운드를 끌 때 사용하는 뒤집기(turning over) 동작을 수행 작업으로 선정하였다 (Table 1).

Table 1. Experimental tasks

Task	**Graphic**	**Task**	**Graphic**
Shaking (for shuffling musics)		shaking up and down (for shuffling musics)	
shaking left and right (for shuffling musics)		Turning over (for turning off sound)	

실험과정은 모션캡쳐 시스템과 비디오 카메라를 활용하여 측정 및 촬영되었고, Figure 2에서 볼 수 있는 바와 같이 휴대폰의 움직임 및 속도, 가속도를 파악하기 위하여 휴대폰 위에 형광마커를 휴대폰 상부의 좌우와 하부의 좌측에 3개 부착하였다.

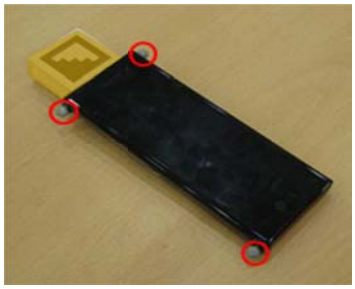


Figure 2. Experimental material

실험은 피실험자 1명당 총 55분의 실험시간이 소요되었는데 각 피실험자당 실험방법 설명 15분, 마커 부착등과 같은 실험준비 10분, 실험수행시간 30분으로 구성되었다.

3. Identification of Motion Pattern

3.1 Shaking

40명의 피실험자들의 흔들어보기 동작을 모션캡쳐 장비를 이용하여 측정 및 촬영한 데이터를 분석하여 6가지의 패턴을 검출하였다. Table 2에서 볼 수 있는 것처럼 6가지의 패턴은 모션캡쳐를 통하여 측정된 휴대폰에 부착된 마커의 궤적을 x, y, z 축으로 분석하여 도출되었다.

Table 3에서 첫 번째 열은 모션캡쳐로부터 측정된 휴대폰에 부착된 마커의 궤적이고, 두 번째 열은 피실험자들의 흔들어보기 동작의 분석을 통하여 검출된 패턴이다. 각각의 패턴으로 동작한 피실험자들의 수를 나타낸 것이 마지막 열의 숫자이다. 따라서 각 패턴별 피실험자의 수를 통하여 흔들기보기 동작에 대한 대표 패턴을 검출하였다.

Table 2. Motion pattern for shaking

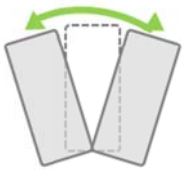
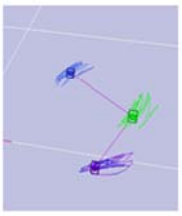
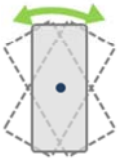
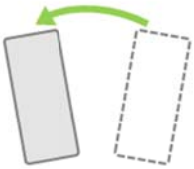
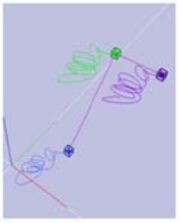
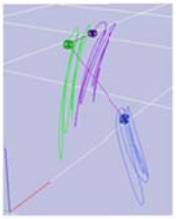
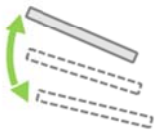
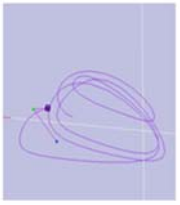
3D Pattern Graph	Pattern	view	Descrip.	Freq.	3D Pattern Graph	Pattern	view	Descrip.	Freq.
	A pattern 	Front view	반복적으로 흔들기	16명		D pattern 	Front view	중심축을 기준으로 반복적으로 흔들기	1명
	B pattern 	Front view	한번만 흔들기	2명		E pattern	Front view	원을 그리며 반복적으로 흔들기	1명
	C pattern 	Side view	반복적으로 흔들기	1명		F pattern	Perspective view	원을 그리며 반복적으로 흔들기 (뒤집은 원뿔모양)	1명

Figure 3은 40명의 피실험자들의 흔들기 동작을 분석하여 각 패턴별로 동작한 피실험자의 수를 그래프로 나타낸 것으로, 반복적으로 흔드는 동작으로 흔들기 동작을 수행한 피실험자가 가장 많음을 알 수 있다. 따라서 이 패턴을 흔들어보기 동작의 대표 패턴으로 결정하는 것이 합리적이다.

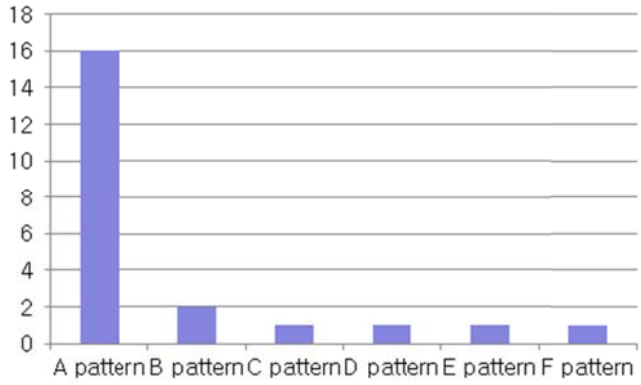


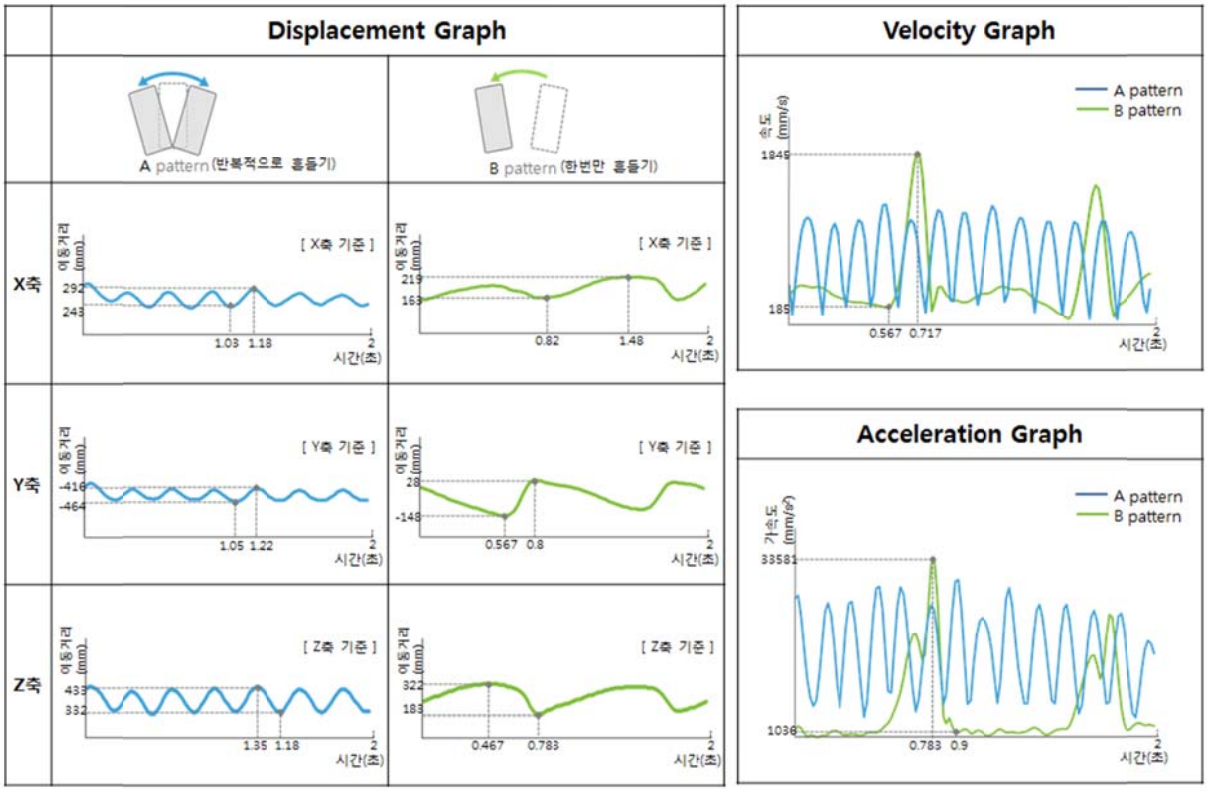
Figure 3. Frequency for each movement pattern

따라서 흔들어보기 동작에 대하여 반복적으로 흔드는 동작(A 패턴)인 Figure 4의 동작이 표준 동작으로 검출되었다.

Figure 4. Typical shaking pattern

흔들어보기 동작에 대한 사용자의 동작 패턴 중 가장 빈도가 높은 A 패턴과 B 패턴에 대하여 동작패턴의 세부 분석을 수행하였다. 세부분석에서는 각 동작패턴에 대하여 x, y, z 축 방향으로의 변위, 동작 중의 속도와 가속도 분석을 수행하였다. 그 결과는 다음과 같다. Table 3에서 볼 수 있는 바와 같이 A 패턴에서는 x, y, z 축 방향으로의 변위가 작고 주파수의 주기시간이 짧은 것을 알 수 있다. 반면 B 패턴에서는 변위가 크고 주파수의 주기시간이 길게 나타나고 있다. 이러한 현상은 속도와 가속도의 성분분석에서도 동일하게 나타나고 있다.

Table 3. Component analysis for typical shaking patterns

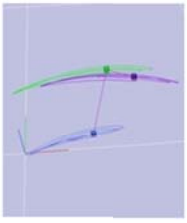
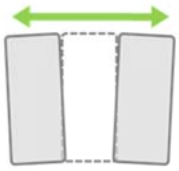
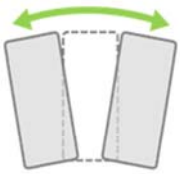
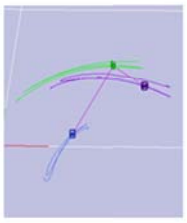
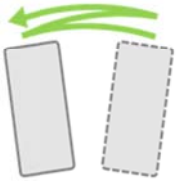


2) shaking left and right

흔들기 동작에 대한 동작패턴 검출과 동일한 방법을 통하여 40명의 피실험자들을 대상으로 좌우로 흔들기 동작에 대한 동작패턴을 검출하였다. Table 4에서의 분석 결과를 보면, 손목을 고정한 후 지속적으로 흔드는 A 패턴이 가장 대표적인 것을 알 수 있다. 하지만 50%가 넘는 빈도를 보여주지는 못하고 있는 것을 알 수 있다. 이 패턴의 x, y, z 축별 변위를 분석한 결과를 보면, x 방향에서의 변위는

주기적으로 나타나는 반면, y축과 z축 변위는 거의 없음을 알 수 있다. 즉 이 패턴으로 동작하는 피실험자는 x축 방향으로 좌우로 흔드는 상황임을 알 수 있다.
A 패턴에 대한 속도와 가속도 성분을 그래프로 나타낸 결과를 보면 속도와 가속도의 증가와 감소가 주기적으로 반복되는 것을 알 수 있다.

Table 4. Motion pattern for shaking left and right

3D Pattern Graph	Pattern	Descrip.	Freq.
	A pattern 	손목을 고정한 후 지속적으로 흔들기	8명
	B pattern 	손목을 사용하여 지속적으로 흔들기	5명
	C pattern 	손목을 사용하여 두번 흔들기	4명

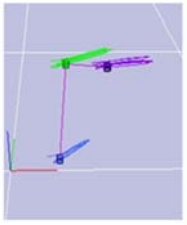
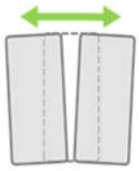
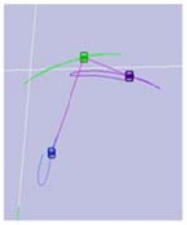
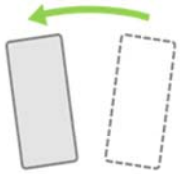
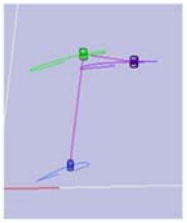
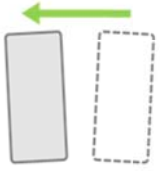
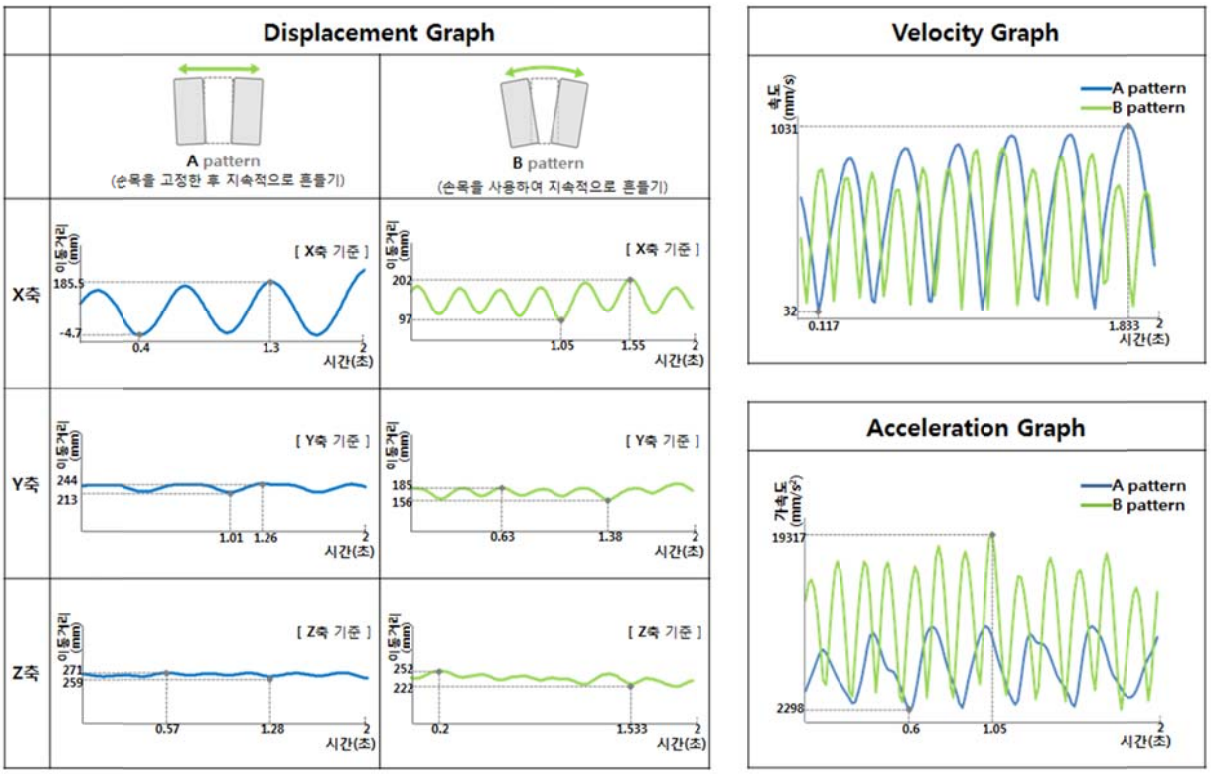
3D Pattern Graph	Pattern	Descrip.	Freq.
	D pattern 	손목을 고정한 후 (동작을)작게 지속적으로 흔들기	2명
	E pattern 	손목을 사용하여 한번만 흔들기	2명
	F pattern 	손목을 고정하여 한번만 흔들기	1명

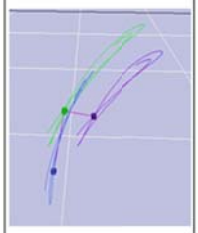
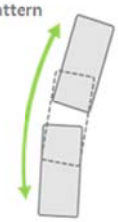
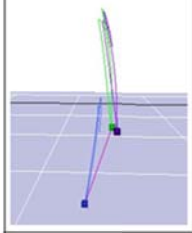
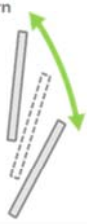
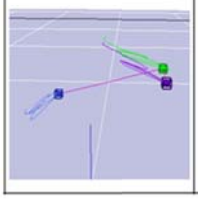
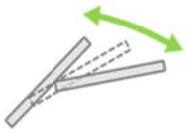
Table 5. Component analysis for typical shaking left and right patterns



3) shaking up and down

40명의 피실험자들의 상하로 흔들기 동작을 분석하여 6가지의 대표적인 패턴을 검출하였다. 흔들어보기 동작 패턴의 검출에서 처럼 6가지의 패턴은 모션캡쳐를 통하여 측정된 휴대폰에 부착된 마커의 궤적을 x, y, z 축으로 분석하여 도출되었다.

Table 6. Motion pattern for shaking up and down

3D Pattern Graph	Pattern	view	Discrip.	Freq.
	A pattern 	Front view	반복적으로 흔들기	10명
	B pattern 	Side view	(손목을 고정한 후) 반복적으로 흔들기	4명
	C pattern 	Side view	(손목을 이용하여) 반복적으로 흔들기	3명

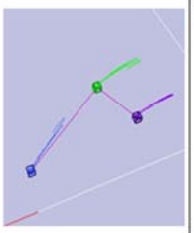
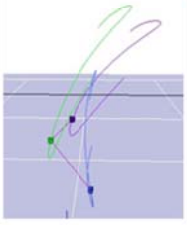
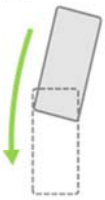
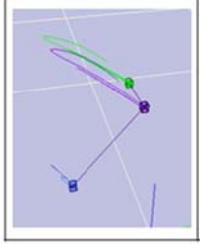
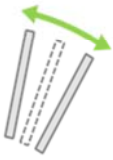
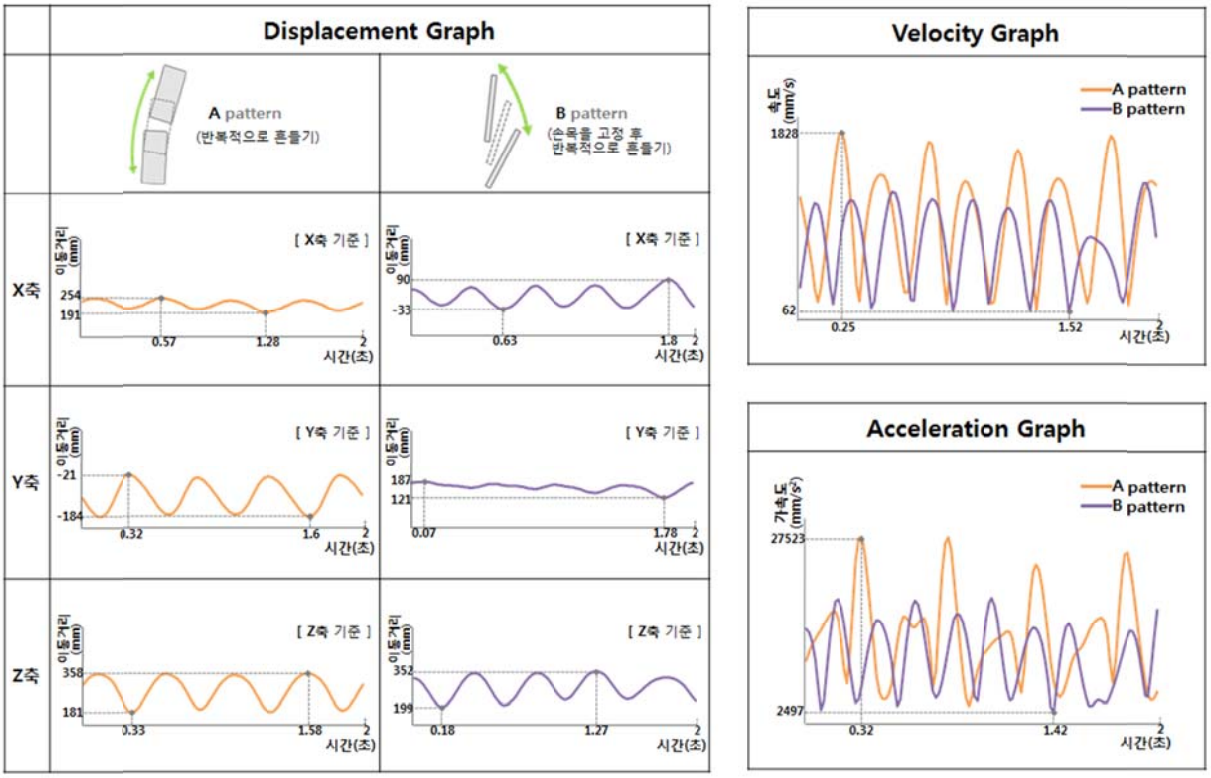
3D Pattern Graph	Pattern	view	Discrip.	Freq.
	D pattern	Front view	(손목을 고정한 후) 두번 흔들기	2명
	E pattern 	Side view	(손목을 고정한 후) 한번만 흔들기	2명
	F pattern 	Side view	(손목을 이용하여) 반복적으로 흔들기	1명

Table 6의 분석결과를 보면, 상하로 흔들기 동작에 대하여 정면을 바라보면서 반복적으로 흔드는 동작이 대표적인 패턴임을 모션캡쳐로부터 확인할 수 있다. 따라서 상하로 흔들기에 대한 기준 동작으로 A 패턴(반복적으로 상하로 움직이기)을 도입하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

A와 B 패턴의 x, y, z 축별 변위를 분석한 결과를 보면, x 방향에서의 변위는 작게 나타나는 반면, y축과 z축 변위는 크게 나타나는 것을 알 수 있다. A 패턴에 대한 속도와 가속도 성분을 그래프로 나타낸 결과를 보면 속도와 가속도의 증가와 감소가 주기적으로 반복되는 것을 알 수 있다.

Table 7. Component analysis for typical shaking up and down patterns

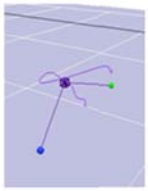
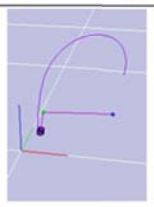
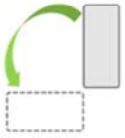


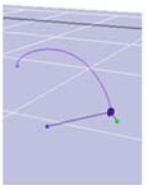
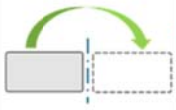
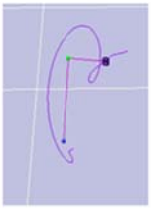
4) turning over

40명의 피실험자들의 뒤집기 동작을 분석하여 6가지의 대표적인 패턴을 검출하였다. 뒤집기 동작 패턴의 검출에서 처럼 6가지의 패턴은 모션캡쳐를 통하여 측정된 휴대폰에 부착된 마커의 궤적을 x, y, z 축으로 분석하여 도출되었다.

Table 8의 각 패턴으로 동작을 수행한 피실험자의 수를 보면 시계 반대방향으로 뒤집는 A 패턴이 가장 대표적인 것을 알 수 있다. 이 패턴의 x, y, z 축별 변위의 분석을 통하여 최대 변위를 도출할 수 있다. A, B, C 패턴에 대한 속도와 가속도 성분을 그래프로 나타낸 결과를 보면 뒤집는 행위를 하는 순간 속도와 가속도의 증가가 크게 나타난 것을 알 수 있다.

Table 8. Motion pattern for turning over

3D Pattern Graph	Pattern	Descrip.	Freq.	Comment
	A pattern	시계반대방향으로 뒤집기 (손가락을 사용)	15명	Righty:14명 Lefty:1명 (손가락을 사용하지 않고 손목을 비틀어서 뒤집는 사람이 3명 포함)
	B pattern	시계방향으로 뒤집기 (손가락을 사용)	2명	Righty:1명 Lefty:1명
	C pattern 	약 90° 틀어서 뒤집기 (손목을 비틀어서)	3명	Righty:3명

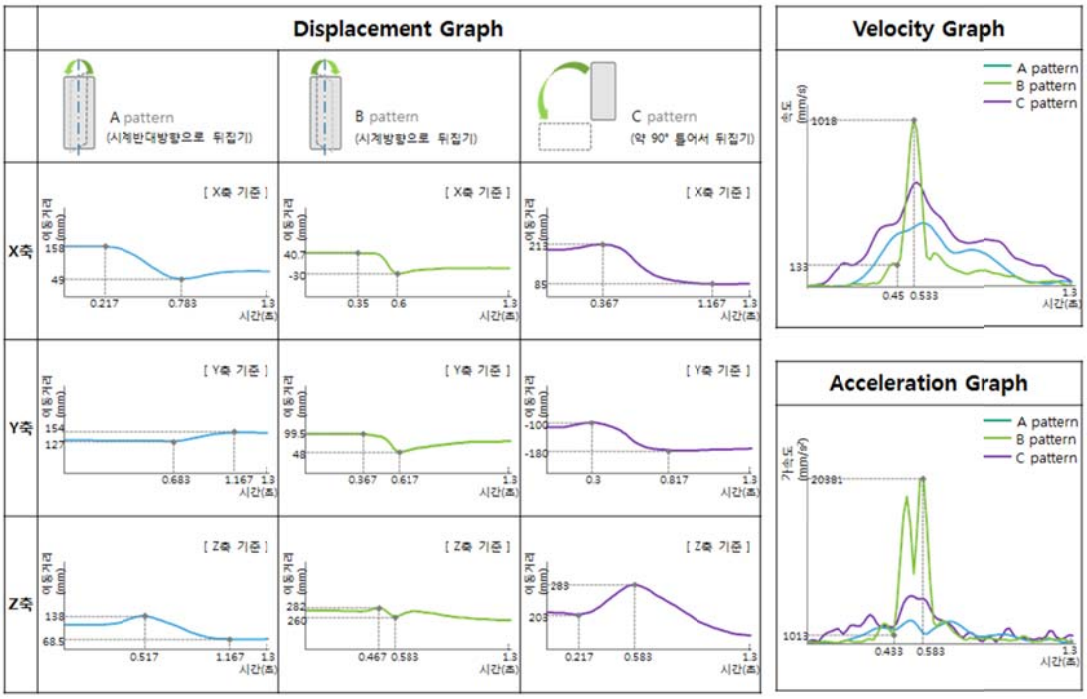
3D Pattern Graph	Pattern	Descrip.	Freq.	Comment
	D pattern 	시계방향으로 뒤집기 (손목을 비틀어서)	1명	Lefty:1명
	E pattern	시계방향으로 돌리기	1명	Righty:1명 (특수한 경우로, '上 下'가 바뀌는 것을 뒤집는 것으로 생각함)

- Righty 일 때 marker 부착 위치

- Lefty 일 때 marker 부착 위치

○ : 데이터 분석에 사용된 마커

Table 9. Component analysis for typical turning patterns



4. 결론

최근 사용자에게 새로운 경험을 제공하는 것이 제품의 핵심적인 경쟁요소로 부각되면서 사용자의

감성 만족을 제공할 수 있는 인터페이스 방식의 제공은 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 사용자의 동작에 의하여 디바이스와의 인터랙션이 가능할 수 있도록 하는 방식은 사용자에게 더 좋은 사용경험을 제공할 수 있는 방법들 중의 하나로 중요하게 고려되고 있다.
동작에 의한 인터랙션 방식을 제공하기 위해서는 우선적으로 디바이스의 기능 수행에 대한 사용자의 동작을 관찰하고 이로부터 동작의 표준으로 활용할 패턴을 검출하는 것이 필요한데, 본 연구에서는 디바이스와의 인터랙션에서 기본적으로 사용되는 4가지의 기본 동작에 관한 동작 패턴을 검출하였고, 각 패턴에 대한 기본적인 데이터를 추출하였다. 단순한 동작의 패턴을 검출하기 위해서는 동작에 대한 관찰을 통해서도 가능할 수 있지만, 동작의 속도와 변위, 그리고 좌표축별 성분 등에 대한 상세한 설계지표를 도출하기 위해서는 관찰만을 통해서는 불가능하기 때문에 본 연구에서는 모션캡쳐 장비를 활용하였다. 모션캡쳐장비를 활용한 동작패턴 검출에 관한 실험 결과, 흔들기, 좌우로 흔들기, 상하로 흔들기, 뒤집기의 4가지 동작에 관한 구체적인 동작패턴 및 설계 데이터를 추출하였다.
본 연구의 결과는 모션 인터페이스 개발에서 기본적인 설계 자료로 중요하게 활용할 수 있지만, 패턴 및 속성 데이터 등의 신뢰성을 높이기 위해서는 보다 많은 피실험자들을 대상으로 한 보완 실험이 수행될 필요가 있다. 향후, 이러한 부분들을 보완한 연구가 진행되어야 할 것이다.

References

Braido, P. and Zhang X., Quantitative analysis of finger motion coordination in hand manipulative and gestic acts, *Human Movement Science*, *22*, 661–678, 2004.

Cai, L., Chen, H., "Touchlogger: Inferring keystrokes on touch screen from smartphone motion". *Proc. of HotSec'11*, 2011.

Gyeong, D., Han, E., Yang, J., Jeong, G., Interface Study in Tangible Interactive Environment, *Journal of Multimedia and Information Systems*, 10(3), 64-72, 2006.

Kamat, S.R., Yoxall, A., "A Kinetic Study: Understanding Hand and Finger Motion Whilst Squeezing Bottles", *Proceedings of the 2014 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2014.

Kang, S. and Son, W., Analysis of Drive Motion by Grip Type in Table Tennis, *Korean Journal of Sport Science*, 17(3), 67-78, 2006.

Lee, A., Interface Technology to Improve Product Value, *SERI Economy Focus*, SERI, 2008.

Pavlovic,]. V., Sharma, R., and Huang, T., Visual interpretation of hand gestures for human-computer interaction: A review. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 19(7), 677–695, 1997.

Quek, F., "Toward a Vision-based Hand Gesture Interface", *Proceedings of Virtual Reality Software and Technology Conference (VRST)*, 17-31, 1994.

Sanders, M.S. and McCormick, E.J., *Human factors in engineering and design*, 7th ed., McGraw Hill, 1993.

Schloemer, T., Poppinga, B., Henze, N., and Boll, S., "Gesture recognition with a wii controller", *Proceedings of the Second International Conference on Tangible and Embedded Interaction (TEI'08)*, ACM, 1-4, 2008.

Witte, K., Schobesberger, H., Peham, C., Motion pattern analysis of gait in horseback riding by means of Principal Component Analysis*, Human Movement Science*, 28(3), 394-405, 2009.

Yun, S., Lee, T., Park, S., Yi, J., and Kim, J., Muscle Activity and a Kinematic Analysis of Drinking Motion, *The Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, 16(1), 77-88, 2008.