

---

## 중력에 기반한 자연스러운 사용자 인터페이스

### Natural User Interface with Self-righting Feature using Gravity

김승찬 Seung-Chan Kim<sup>\*</sup>, 임종관 Jong-Gwan Lim<sup>\*\*</sup>, 안드레아 반키 Andrea Bianchi<sup>\*\*\*</sup>,  
구성용 Seongyong Koo<sup>†</sup>, 권동수 Dong-Soo Kwon<sup>‡</sup>

---

**요약** 일반적으로 사용자의 동작 정보는 human-computer interaction 에 유용하게 사용되는데, 이때 사용자의 의도 파악은 주로 움직임의 가속도 정보를 통해 분석된다. 그러나 일반적인 사람의 움직임은 등속 운동 및 미미한 가속도를 수반하는 경우가 많아 기존의 접근 방식으로는 사용자의 모든 움직임을 검출하기 어려운 단점이 있으며, 경우에 따라서는 부자연스러운 움직임을 유발시키기도 한다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 자연스러운 interaction 을 위한 새로운 인터페이스 방식을 제안하고 이의 활용방안에 대해 논의한다. 제안된 시스템은 중력을 기구부의 복원력으로 활용하여, 초기화와 같은 가속도계 기반의 IMU 의 공통적인 문제를 해결하고 또한 비교적 간단한 움직임으로도 다양한 신호 패턴을 생성시킬 수 있도록 하는 것에 그 목적을 둔다.

**Abstract** In general, gestures can be utilized in human-computer interaction area. Even though the acceleration information is most widely used for the detection of user's intention, it is hard to use the information under the condition of zero or small variations of gesture velocity due to the inherent characteristics of the accelerometer.

In this paper, a natural interaction method which does not require excessive gesture acceleration will be described. Taking advantages of the gravity, the system can generate various types of signals. Also, many problems such as initialization and draft error can be solved using restorative uprighting force of the system.

**핵심어:** *Interface, HCI, Gravity, Tilting, Uprighting, Self-centering*

---

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT 핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2008-F039-01, 인간-로봇 상호작용 매개기술 개발]

\*주저자 : KAIST 기계공학과 e-mail: kimsc@robot.kaist.ac.kr

\*\*공동저자 : KAIST 기계공학과 e-mail: limjg@robot.kaist.ac.kr

\*\*\*공동저자: KAIST 문화기술대학원 e-mail: andrea@robot.kaist.ac.kr

†공동저자 : KAIST 기계공학과 e-mail: koosy@robot.kaist.ac.kr

‡교신저자 : KAIST 기계공학과 교수; e-mail: kwonds@kaist.ac.kr

## 1. 서론

Gesture 는 일상생활에서 다양한 의도를 표현하는 목적을 가진 양식화된 움직임(stylized motion)으로 볼 수 있다[5]. 이러한 동작을 인식하고자 가속도계 기반의 사용자 인터페이스는 최근 그 활용도가 높아지고 있으며, 일반적으로 해당 신호의 적분 또는 이중 적분 신호를 활용[1,7]하거나, 원 신호 패턴을 활용[3,9]하는 방식이 활용되고 있다. 이러한 장치는 일상생활에서 자주 활용되는 손에 쥐어지는 주로 펜과 같은 형태로 만들어진다[1,7,8]. 대표적인 장치인 Nintendo Wii game console 의 경우 gesture 기반의 interaction 을 손에 쥐어지는 인터페이스를 통해 수행할 수 있도록 도와준다. 그러나 사용자 동작 기반 상호작용(gesture-based interaction)의 경우, 가속도 신호 자체만으로 사용자의 등속 움직임(또는 미미한 속도 변화) 등과 같은 일상 생활에서 자주 사용되는 모든 동작을 검출해 내기 어려운 한계점이 있다. 따라서 본 논문에서는 이와 같은 문제점을 고찰하고 이를 극복하기 위한 새로운 인터페이스 장치를 제안한다.

## 2. 기존 접근방식에 대한 고찰

가속도를 수반하는 사용자의 움직임은 패턴 인식을 통해 interaction 방식으로 활용될 수 있다. 이러한 실제 사람의 움직임에 의해 유발되는 가속도 정보를 측정, 분석하고자 기존 마우스에 다음의 그림처럼 가속도계를 추가하여, 예비 시스템을 구성하였다.

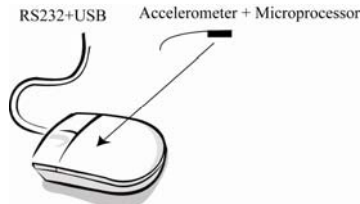


그림 1 움직임 특성 측정을 위한 시스템

위의 마우스 시스템은 사용자의 움직임에 의해 발생하는 커서의 이동 정보뿐 아니라 동시에 x, y 축의 가속도 신호를 저장하여 다음의 조건에 따른 사용자의 움직임을 분석할 수 있도록 하였다.

- 1) 조건 1: 가속도 신호 생성을 위한 의도적 움직임
- 2) 조건 2: 자연스러운 움직임

다음의 일련의 그래프는 수평, 수직방향 각각 10 회 이동을 통한 커서 궤적 및 마우스 자체의 2 축 가속도 신호의 측정으로부터 얻어진 것이다. 그래프(그림 3)에 보이는 위상차는 가속도 신호의 low-pass filtering 을 통해 생기는 delay( $\approx 40\text{ms}$ )에 기인한 것이다. 조건 2 의 데이터는 정규화(normalized)된 신호의 그래프 도시가 아닌 상대적 진폭 크기 비교를 위해 표 1 에 기록되었으며, 이후 설명된다.

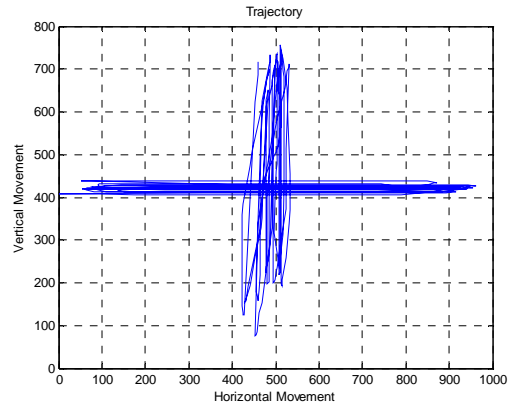


그림 2 측정된 수직 수평 움직임(조건 1)

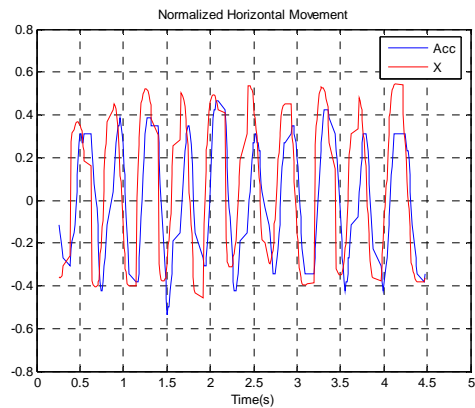


그림 3-1 수평방향 움직임에 대한 비교(조건 1)

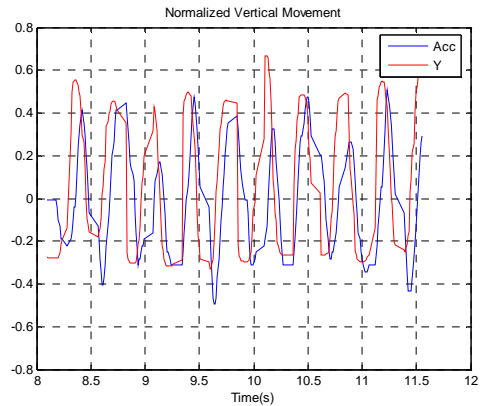


그림 3-2 수직방향 움직임에 대한 비교(조건 1)

위와 같이 마우스의 속도의 변화가 연속적으로 존재하는 경우 유의미한 가속도 신호를 얻을 수 있어, 해당 신호를 마우스 및 조이스틱의 기능으로 활용할 수 있게 된다. 다음의 표 1 은 각각의 조건에 따른 커서 움직임 폭에 대해 정규화된 축 별 가속도 신호 값을 보이고 있다.

표 1. 조건(1, 2)에 따른 가속도 신호 비교

Condition	x	y
1	3.9501	7.8056
2	2.104	3.6508
비교	53%	47%

위의 표의 데이터와 실험 결과에서 살펴볼 수 있듯 자연스러운 움직임에 사용되는 힘은 의도적 움직임의 절반 정도에 불과한 것을 확인할 수 있다. 따라서 일상생활에서의 사람의 움직임 전부가 가속도 정보를 유발하지 않아 해당 동작 모두로부터 유의미한 정보를 얻을 수 없다는 점을 생각해보면, 자연스러운 입력 수용을 위한 새로운 접근 방식이 필요함을 알 수 있게 된다.

### 3 System

#### 3.1 시스템의 개요

본 논문에서 제안하는 interaction 수단은 2 장에서 살펴본 바와 같이 사람의 모든 움직임이 유효한 가속도 정보를 수반하지 않는다는 점에서 출발하며, 다음의 특징을 갖는다.

- 1) 자연스러운 interaction 을 위해 중력 가속도 정보를 활용하는 방식에 기초
- 2) 비균일(nonhomogeneous) 질량 밀도 분포를 활용한 기구적 설계를 통해 중력을 장치의 복원력으로 사용
  - A. 원점 초기화
  - B. Zero input
  - C. 다양한 신호 생성
- 3) 회전 중심의 변화를 통한 입력 방식의 변경 기능

위의 기술된 특징들은 3.3 장에서 자세히 다루어지게 된다.

#### 3.2 시스템

제안하는 시스템은 x, y 축의 가속도 정보를 활용하며, microcontroller 를 포함한 하나의 단일 시스템으로 구성된다. 다음의 그림은 시스템의 구성도를 보이고 있다.

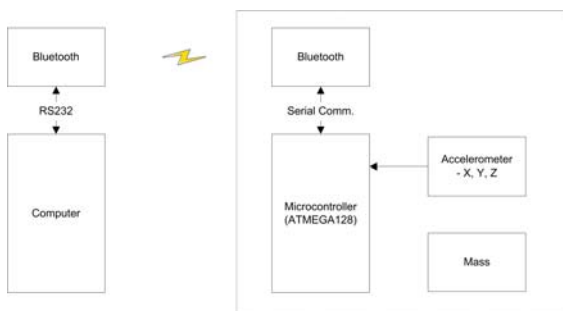


그림 4 기계적/전기적 시스템 구성도

패키지화된 소형 시스템은 3.3 장에서 기술될 다양한 신호 생성에 중요한 역할을 하게 된다.

### 3.3 시스템의 특성

#### 3.3.1 중력가속도 정보 활용

중력 가속도 성분은 tilt 를 이용한 장치에 많이 사용되고 있다[3,4,9]. 이는 중력이 어느 곳에서나 Z 방향으로 작용하고 있다는 점에 기초하여, 장치의 기울임에 따른 각 축별 가속도 신호의 변화를 interaction 수단으로 활용한 것이다. 본 논문에서 제안하는 시스템도 이와 같은 tilting 방식에 근거를 하지만, desktop 환경에서 활용될 수 있는 tabletop interface 의 형태를 갖는다는 점에서 이후 기술될 여러 다른 특징을 갖고 있다. 이 경우 팔과 손의 지지(arm and wrist support)가 가능해져 작업의 효율성을 기할 수 있으며[2], 안정적인 interaction 이 가능해 지는데 이는 아래팔의 지지는 앉아서 수행하는 작업에 있어 upper part of the musculus trapezius 의 load 를 줄이는 역할을 하기 때문으로도 풀이될 수 있다. 그림 5-1 은 이러한 특징을 살리기 위해 설계된 새로운 정보 입력 방식을 보이고 있다. 이 때 사용자는 wrist support 를 책상에 하면서도 자연스러운 기본 2 자유도 입력을 가할 수 있게 된다. 그림 5-2 의 경우는 키패드와 제안된 시스템을 병행하여 고자유도의 정보 입력을 가하는 예를 보이고 있다. 제안하는 조합은 기존의 키보드와 마우스의 조합으로 1 인칭 시점 게임(First-person shooter)에서 자주 사용되는 방식을 대체할 수 있다.



그림 5-1 기울기를 이용한 시스템 및 이를 이용한 정보입력 (정밀패지)



그림 5-2 시스템과 키보드의 병행 사용을 통한 3 차원 공간 제어 예시

위와 같은 제어의 조합을 통해 가상 화면에서 피조작물의 롤(roll), 피치(pitch), 요(yaw)와 같은 자세 정보를 transition 과 병행하여 용이하게 처리할 수 있게 된다.

#### 3.3.2 장치 원점 복원력

또한 시스템은 중력 성분을 복원력(restorative uprighting force)으로 하여 직립(self-righting feature)하는 구조로 설계되었다. 이는 가속도계를 사용하여 동작의 feature 를

추출함에 있어 이슈가 될 수 있는 원점 초기화 문제와 zero input 입력을 용이하게 해결하게 할 수 있는 장점이 있다.

### 원점 초기화

가속도계를 활용함에 있어 공간 뿐 아니라 평면 위에서 사용하게 되는 경우, 절대적 초기 위치 값을 설정하기는 장치의 특성상 쉬운 일이 아니다. 이는 장치가 특정 각도로 되어 있지 않으면 reference 신호 값이 중력 성분에 의해 영향을 받는 것에 기인한다. 또한 draft error 등과 같은 여러 성분 등을 고려하면, 절대적 초기 위치의 중요성을 생각할 수 있게 되는데, 본 논문에서 제안하는 시스템은 비균일 질량 밀도 분포를 활용하여 이러한 점들을 용이하게 해결하는 특징을 지니고 있다.

### Zero input for stable operation.

중력에 의한 복원 움직임은 사용자에게 kinesthetic feedback 을 전달할 수 있는 정도의 힘을 생성하지는 않으나, stable operation 을 위한 zero input [11]에 유용하게 활용될 수 있다. Zero input 을 포함한 static input 은 일반적인 가속도계를 활용한 장치에서 얻기 어려운 특성들 중 하나이다. 제안된 시스템의 기구적 구조는 원점 초기화의 경우에서처럼 zero input 을 용이하게 생성할 수 있도록 도와주게 된다. 다음은 이러한 원리를 활용하여 특정순간에서의 zero input 을 overshoot 없이 생성하는 예를 보이고 있다. 화살표 부분은 각 축별 zero input 이 시작되는 부분을 의미한다.

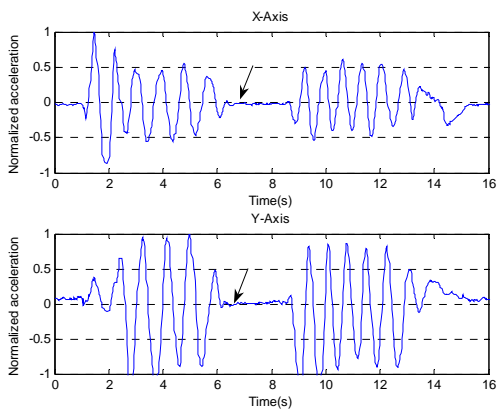


그림 5 특정 순간에서의 zero-input 의 예

### 다양한 신호의 생성

다음의 생성된 신호는 특정 부분(화살표)에서, 손의 장치 release 에 뒤따르는 복원력에 의해 생기는 가속도 신호를 보이고 있다.

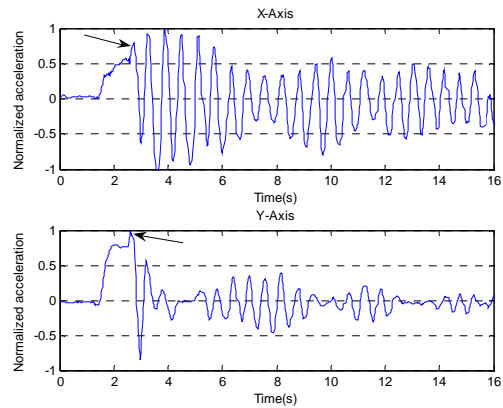


그림 6 Release 이후의 Overshoot 으로 인한 다양한 패턴 생성의 예

위와 같은 방법을 통해 의도하지 않은 새로운 형태의 패턴을 생성할 수 있게 되는데, 이는 게임을 포함한 다양한 미디어의 컨트롤에 유용하게 활용될 수 있다. 또한 본 방법을 통해 적절한 parameter 의 조합으로 irregular primitive signal 을 생성할 수 있을 것으로 예상된다.

### 3.3.3 순간 회전 중심의 전환

본 논문에서는 2 차원 상에서 생성될 수 있는 정보에 관한 논의를 하고 있는데, 이러한 정보의 생성을 위해 사용자는 회전 중심을 달리하여 입력 과정을 수행할 수 있다. 그림 7에서는 순간 회전 중심이 위와 아래에 있는 두 가지 예를 보이고 있다. 장치의 무게 중심은 중하단부에 공통적으로 표기되어 있다.

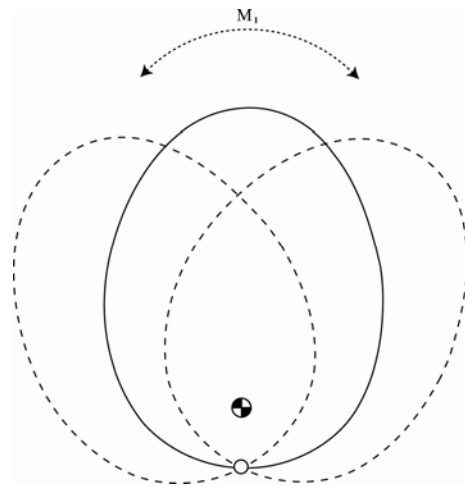


그림 7-1 회전 중심이 시스템 base 부근에 위치한 경우

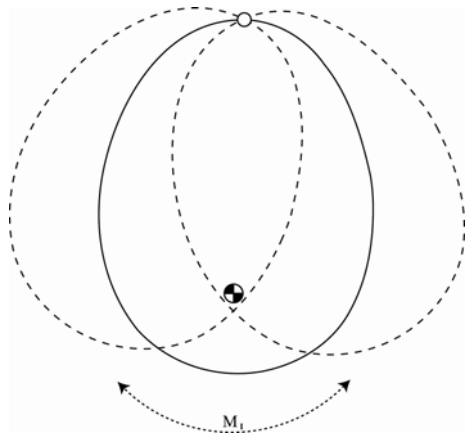


그림 7-2 회전 중심이 시스템의 top 부근에 위치한 경우

다음의 data 는 위의 각각의 방식을 통해 입력한 data 를 보이고 있다. 15 초 미만의 데이터는 순간 회전 중심이 장치의 무게중심 아래에 위치한 경우이며, 그 이후의 데이터는 무게중심 위 부분에 위치한 경우의 예를 보이고 있다. 데이터의 편차를 통해 후자의 경우가 보다 규칙적인 데이터 생성에 유리함을 확인할 수 있는데, 이는 아래가 고정되는 경우 base 부분의 미묘한 병진 이동(translation)이 발생되기 때문으로 생각해 볼 수 있다.

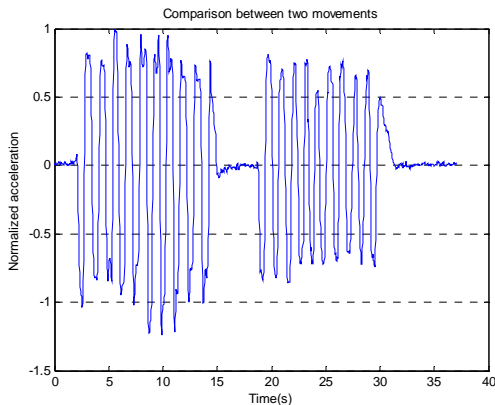


그림 8 수평방향 움직임에 대한 비교

본 논문에서 제안하는 중력을 복원력을 이용한 정보 생성방식은 위에서 논의된 새로운 특징을 갖고 있어, 다양한 응용분야를 생각해 볼 수 있다.

#### 4. 고찰 및 further work

정보/ 기기/ 네트워크 기반의 디지털 융합과 TV 화면의 대형화는 가정 내 대형 화면이 설치될 가능성이 가장 높은 거실을 가정 생활의 중심에서 가정 정보화의 중심으로 바꾸게 되는데, 이 경우 불특정 다수의 사용자를 대상으로 한 1:N의 상호작용의 필요성이 대두되게 된다. 이와 같은 공공의 interface 는 정서적인 거부감의 최소화와 별도의 사용법 학습 없이 사용 가능해야 한다는 직관성의

전제조건을 갖게 될 수 밖에 없다. 이러한 관점에서 제안된 Sony 의 'Apple remote'는 기능성 뿐 아니라 감성적인 설계를 통해 상기 제시된 요구사항을 충족시키고 있다. 본 논문의 연장선 상에서는 제안된 '오탁이' 형태의 장치의 장식품으로서 갖는 친근감을 적극 활용하고, 동시에 IPTV 등을 위한 remote controller 로서의 가능성을 검토하여 해당 기능을 추가할 예정이다.



그림 9 애플 리모트 컨트롤[10]

### 3. 결론

본 논문에서는 가속도계를 이용한 interface 장치에 있어, 중력을 복원력으로 하여 다양한 신호 패턴을 생성해 내는 방법론에 대해 논의 하였다. 제안된 시스템을 통해 얻을 수 있는 interaction 의 장점은 다음과 같이 요약될 수 있다.

- 1) 정보를 입력하기 위해 부자연스러운 힘을 사용하지 않아도 되며, 비교적 간단한 움직임에 의해 기본 2 자유도의 정보를 입력할 수 있게 된다.
- 2) 또한 원점으로 복원하는 기구적 성질로 인해, 가속도 정보를 활용하는 장치에서 이슈가 되고 있는 원점 초기화 문제를 용이하게 해결할 수 있다.
- 3) 다양한 신호 패턴을 통해, 게임을 포함한 여러 미디어 제어를 위한 새로운 정보 활용을 가능하게 한다.
- 4) 양손 사용(ambidextrous manipulation)을 통해 병진, 회전 운동의 구현을 용이하게 할 수 있다. 이는 일상생활에서 양손 작업이 복잡한 작업에 유리하다는 기존 연구[6]에 근거한다.

이와 같이 제안된 interface 는 인체공학적으로 보다 안정적이고 용이한 정보입력 방식에 근간함으로써 보다 폭넓은 사용자층에 의해 사용될 수 있을 것으로 예상된다. 그러나 무엇보다 정량적인 신호 생성/분석 등을 통해 새로운 interaction 방식으로서의 가능성 검증이 선행되어야 할 것이다.

### 참고문헌

- [1] 임종관, 손영일, 양정연, 김영근, 권동수, 동작 감지 기반으로 작동하는 직관적 명령 전달 매개 인터페이스, Motion Detection-based Intuitive Mediate Interface, HCI2007 학술대회, Korea, Feb. 5-8, 2007 pp. 920-926.
- [2] A. Aaras, K.I. Fostervold, O.L.A. Ro, M. Thoresen, S. Larsen, Postural load during VDU work: a comparison between various work postures, *Ergonomics* 40 (11) (1997) 1255-1268.
- [3] S. Cho, C. Choi, Y. Sung, K. Lee, Y. Kim, R. Murray-Smith, Dynamics of tilt-based browsing on mobile devices, *Conference on Human Factors in Computing Systems* (2007) pp.1947-1952
- [4] R. Dachsel, R. Buchholz, Throw and Tilt-Seamless Interaction across Devices Using Mobile Phone Gestures, 2nd Workshop on Mobile and Embedded Interactive Systems (2008).
- [5] R.B. Dannenberg, D. Amon, A gesture based user interface prototyping system, ACM New York, NY, USA, 1989, pp. 127-132.
- [6] Y. Guiard, Asymmetric Division of Labor in Human Skilled Bimanual Action: The Kinematic Chain as a Model, *Journal of Motor Behavior* 19 (1987) pp. 486-517.
- [7] C. Joguet, Y. Caritu, D. David, Pen-like'natural graphic gesture capture disposal, based on a micro-system, 2003, pp. 15-17.
- [8] B. Milner, Handwriting recognition using acceleration-based motion detection, *Document Image Processing and Multimedia* (1999) 5.
- [9] I. Oakley, J. Angesleva, S. Hughes, S. O'Modhrain, Tilt and Feel: Scrolling with Vibrotactile Display, *EuroHaptics 2004* (2004).
- [10] Sony, Apple Remote Controller, (2007).
- [11] S. Zhai, P. Milgram, Human performance evaluation of isometric and elastic rate controllers in a six-degree-of-freedom tracking task, Vol. 2057, *SPIE*, 1993, p. 130.