

관성 센서를 이용한 착용형 공간 입력장치의 클릭 인식에 관한 연구

A Study on Finger-click Recognition of a Wearable Input Device using Inertial Sensors

소 병석*, 김 윤상**, 이 상국***
(Byung Seok Soh, Yoon Sang Kim, Sang-Goog Lee)

Abstract – Wearable input device that can make free-space typewriting possible is introduced. We named this device as SCURRY™. To measure the angular velocity of hand and the acceleration rates at the ends of fingers, we buried MEMS inertial sensors in this keyboard. We processed sensor signals to get the information on hand movement and finger-click motion. With this signal processing, apparent finger movements were depicted over the virtual keyboard shown on output device of a target computing system.

In this paper, a finger-click recognition method is proposed to improve the recognition performance for finger clicking of SCURRY™. The proposed method is composed of three parts including feature extraction part, valid click part, and cross-talk avoidance part. The experiments were conducted to verify the effectiveness and efficiency of the proposed algorithms.

Key Words : Wearable Input Device, Finger-click Recognition, Inertial Sensors, Cross-talk, SCURRY™

1. 서 론

본 논문은 유비쿼터스 컴퓨팅 (ubiquitous computing) 환경[1]에서 사용되는 휴대가 용이한 새로운 개념의 인터랙티브 장치 (interactive device)를 제안한다.

인터랙티브 장치로는 음성 인식 장치와 키보드, 마우스, 리모컨, 터치패드와 같은 손 동작을 인식하는 장치를 들 수 있다. 하지만, ‘말’로 텍스트 입력 및 간단한 시스템 제어를 용이하게 하는 음성인식은 장치만으로는 Microsoft® Windows® 와 같은 GUI (Graphic user interface) 환경을 제어하기에는 불편함이 있다. 손동작을 이용하는 입력장치에는 코딩 (cording) 키보드[2], 터치 스크린, VKB[3], KITTY[4], 그리고 ASG[5] 등 여러 장치들이 개발되고 있으나, 입력신뢰성이 낮으며 사용편리성에 대한 보완이 필요하다.

제안하는 인터랙티브 장치는 사용자가 손가락에 반지 형태의 센서모듈을 착용하고 시각 (visual), 청각 (sound) 피드백 (feedback)에 기반을 둔, 공간 타이핑 (“air typing”) 동작으로 마우스 기능 및 키 입력 기능을 갖는 착용형 입력장치[6]이다 (그림 1). 마우스 기능은 손을 움직임으로써 마우스 커서의 기능을 수행하며, 마우스의 각 버튼 (왼쪽, 가운데, 오른쪽)을 각 손가락 (검지, 중지, 약지)에 대응시킴으로써 감각적으로

입력을 할 수 있게 하였다. 또한, 키 입력은 화면상에 나타난 가상키보드를 이용하여 손 움직임 및 손가락 동작으로 공간에서 또는 책상 위에서 키보드를 클릭 하듯이 움직이면서 입력을 하는 방식이다.

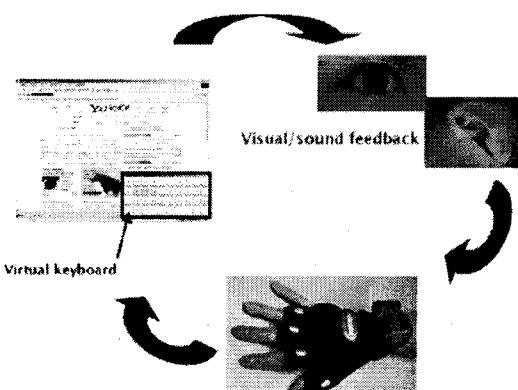


그림 1. 착용형 입력장치의 입력 방식

2. 본 론

저자 소개

- * 蘇秉石 : 三星綜合技術院 研究員
** 金潤相 : 三星綜合技術院 專門研究員
*** 李相國 : 三星綜合技術院 專門研究員

2.1 장치 개요

착용형 입력장치는 손 움직임과 손가락 움직임만으로 공간상에서의 정보를 PC 또는 PDA등에 입력할 수 있는 장치이다. 본 입력장치는 가속도계 (accelerometer: ADXL202)가 장

착된 손가락부 (finger module), 각속도계 (gyroscope: ENC-03M)와 마이컴 (micom: PIC controller) 신호처리부 (signal processing)를 포함하는 손등부(base module), 그리고 화면에 나타나는 가상 키보드/마우스부 (virtual keyboard/mouse)로 구성되어 있다.

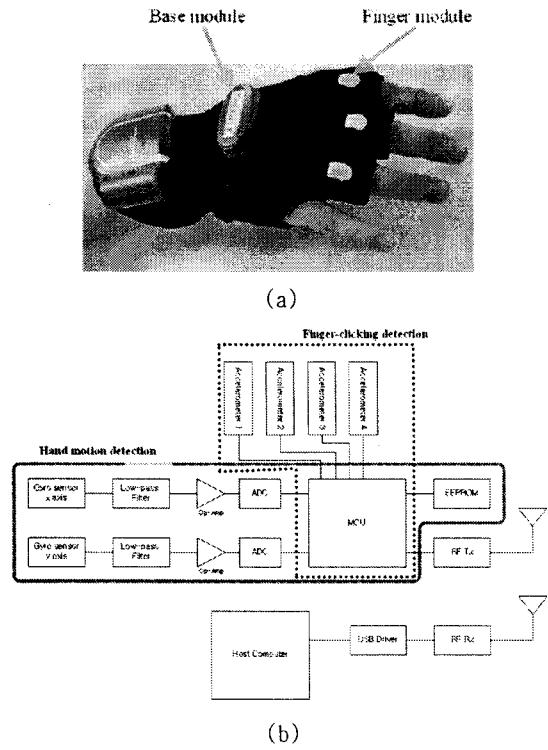


그림 2. 착용형 입력장치 (a) 장치의 외형 (b) 장치 구성도

손 움직임 검출부는 고주파 신호를 제거해주는 저역 통과 필터, 각각 속도값을 검출하는 미분기, 각속도를 정보로 하여 움직임이 없는 영역을 검출하는 윈도우 비교기로 구성된다.

2.2. 클릭 검출 알고리즘

클릭 인식 성능의 향상을 위해 제작한 알고리즘은 손가락 클릭 신호의 특징 추출부, 손가락 간의 신호 혼선 (cross-talk) 제거부, 움직임 성분과 클릭 성분의 신호 혼선 제거부로 구성된다.

2.2.1 특징량 추출부

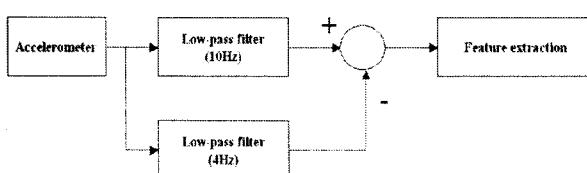


그림 3. 특징량 추출 알고리즘

클릭을 인식하기 위해서는 우선, 각 손가락에 부착된 각속도계를 일정 가속도 이상으로 움직여 가속도 신호를 발생시

킨다. 마이컴으로 전송되는 가속도 센서의 출력에서 사용자의 의도된 클릭 검출을 위한 특정량을 추출하기 위한 알고리즘을 제작하였다 (그림 3).

제안된 추출 알고리즘은 클릭동작을 할 때 발생되는 클릭 출력신호가 최고값이 되는 시점과 그 때의 크기를 비교하기 위해 두개의 저역통과 필터를 사용한 것으로서 차단주파수가 다른 두개의 필터를 통과시킴으로서 발생되는 신호의 자연자와 여과량의 차이를 모두 이용한 방식이다. 이는 저역통과필터(LPF)와 고역통과필터(HPF)를 사용하는 밴드통과필터(BPF)와는 전달함수면에서 다른 방식이다. 차단주파수는 손 움직임에 대한 가속도계 출력 및 클릭 동작에 대한 가속도계 출력의 스펙트럼 (spectrum)을 분석하여 결정하였다

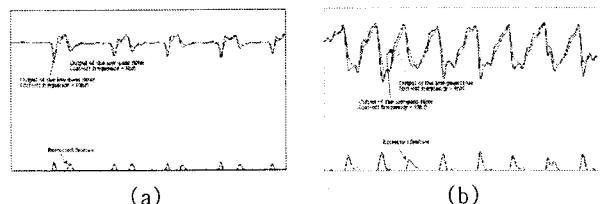


그림 4. 제안된 특징량 추출 알고리즘으로 추출한 엄지 (a) 및 중지 (b)의 클릭 특징량

2.2.2 신호 혼선 제거부

각각의 가속도센서로부터 계산된 특징량을 이용하여, 사용자가 어느 손가락을 이용하여 클릭을 하는지를 파악하기 위한 알고리즘을 제안한다.

사용자가 클릭을 의도하고 손가락을 움직이더라도 추출된 특징량은 손가락마다 다른 크기를 가진다. 그러므로 추출된 각 특징량의 상대적인 비교를 가능하게 하기 위하여 추출된 특징량 별로 각각의 가중치를 곱하였다. 클릭 판별은 클릭 판별 임계값 (threshold for finger-clicking detection) 이상의 값이 일정시간 (T_H) 이상 지속된 경우로 설정한다.

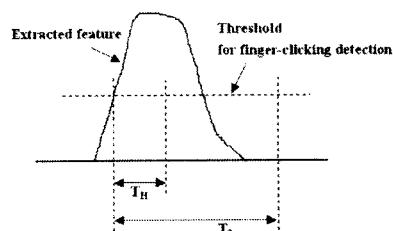


그림 5. 클릭 유효성 평가 기준

의도된 클릭 움직임으로 인하여 의도하지 않은 손가락의 출력이 감지되는 경우가 있다. 이를 방지하기 위해, 먼저 감지된 클릭을 유효한 것으로 정하고, 이 후 T_2 시간 내에 감지되는 특징량은 무시함으로써 cross-talk로 인한 오동작을 감소한다 (그림 5).

2.2.3 움직임 성분과 클릭 성분의 신호 혼선 제거부

공간에서 클릭 동작을 할 경우, 손등에 부착된 각속도센서의 출력 또한 발생한다. 이는 사용자가 의도하지 않은 지점에서 클릭을 발생시킬 수 있다.

이를 제거하기 위해, 사용자의 입력 움직임으로부터 클릭 의도를 파악하고, 클릭 의도에 따라 움직임의 크기를 제한하는 방식을 사용하였다. 즉, 클릭의도를 가지는 경우, 사용자는 클릭을 의도하는 특정 지점을 포함하는 영역에 일정시간 (T_1) 이상동안 일정 크기 (X 방향: A_{1x} , Y 방향: A_{1y}) 이하로 움직인다는 사실로부터 출발한다. T_1 구간 이후, X 방향 및 Y 방향 각각의 움직임이 A_{1x} , A_{1y} 이상의 움직임이면, 해당 시점부터 T_{D2} 구간에서 클릭이 발생할 것이라고 예상하고, 클릭 발생을 기다린다. T_{D2} 구간에서 클릭이 발생하지 않으면 이후의 움직임은 포인터 움직임으로 사용하고, 클릭이 발생하면 T_2 동안 해당 클릭 이외의 클릭 및 움직임을 제한한다 (그림 6).

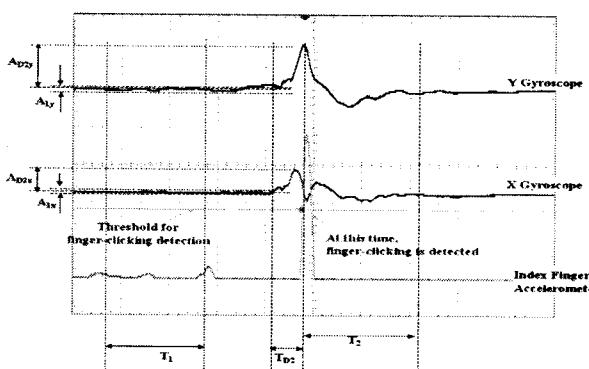


그림 6. 클릭을 할 경우에 발생되는 신호

실험 계획법 및 최적화[7]를 통하여 얻어진 인자들의 값은 다음과 같다.

- 일정한 움직임 범위 ($A_1 = A_{1x}^2 + A_{1y}^2$) = 15 pixels
 - 유효시간 (T_1) = 250 ms
 - 일정 시간 (T_{D2}) = 250 ms

2.3 실험 결과

GUI 환경에서 착용형 입력장치를 이용하여 발생하는 클릭 신호의 유효클릭 확률을 측정하기 위하여 성능평가 프로그램(그림 7)을 제작하였다.

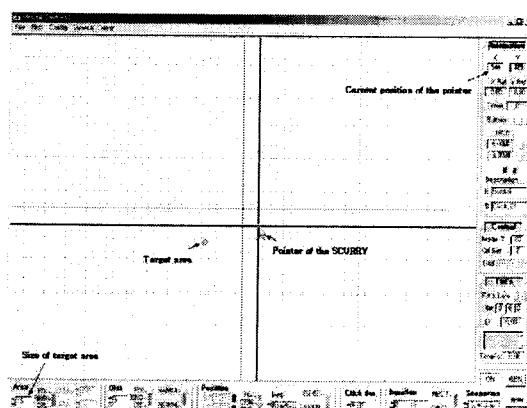


그림 7. 성능 평가 프로그램

표 1과 2는 제안된 알고리즘을 이용한 공간형 입력장치의

클릭성능을 나타낸다. 표 1은 알고리즘을 적용하지 않고 얻어진 클릭 인식 결과이며, 표 2는 알고리즘을 적용하여 얻어진 인식결과이다.

표 1. 알고리즘 적용 전 클릭 인식 결과

실험차수	유효한 Click 횟수(20회 중)				
	피검자 A	피검자 B	피검자 C	피검자 D	피검자 E
1 회차	16	15	15	17	13
2 회차	16	12	18	18	14
3 회차	17	11	12	15	17
4 회차	14	12	16	18	14

표 2. 알고리즘 적용 후 클립 이식 결과

실험차수	유호한 Click 횟수 (20회 중)				
	피검자 A	피검자 B	피검자 C	피검자 D	피검자 E
1 회차	18	17	17	19	17
2 회차	20	13	16	19	16
3 회차	17	16	19	20	15
4 회차	19	16	17	18	17

개선 전의 착용형 입력장치는 클릭 성공률이 평균 15(75.0%), 표준편차 1.668 이었으나, 개선 후의 성공률은 평균 17.3(86.5%), 표준편차 1.437으로, 개선이 되었음을 알 수 있다.

3. 결 론

본 논문은 공간에서 손의 움직임으로 정보를 입력할 수 있는 착용형 입력장치에서, 사용자의 클릭 의도를 판별하고 인식 성능을 향상시키는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 신호의 특징 추출, 손가락 간의 신호 혼선, 움직임 성분과 클릭 성분의 신호 혼선 제거부로 구성되어 있다.

클릭인식 성능평가 실험을 통하여 제안된 방법의 타당성을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] A.H. Yuhan, "초청강연 2-'Ubiquitous Computing'의 실체와 그에 얹힌 어떤 허구들," 13th HCI2004, Korea, Vol. 3, pp. 13–14, Feb., 2004.
 - [2] Handykey Corp., "Twiddler," <http://www.handykey.com>
 - [3] VKB Inc., "VKB," <http://www.vkb.co.il/>
 - [4] M. Carsten, "System and method for keyboard independent touch typing," US Patent 6,670,894 Dec. 2003.
 - [5] J.K. Perng, et al., "Acceleration sensing glove (ASG)," 3rd ISWC IEEE, Calif., pp. 178–180, Oct. 1999.
 - [6] S. Lee et al., "SCURRY Keyboard – A New Wearable Input Device," 6th IEEE ISWC Demonstration session, WA, Oct. 200.
 - [7] MINITAB™ Statistical Software Release 13.30, <http://www.minitab.com/>, Copyright ©2000, Minitab Inc.