

착용형 입력장치에서의 클릭 인식성능 향상방법에 관한 연구

소병석, 김운상, 이상국  
삼성종합기술원

A Study on the Click Recognition Improvement of a Wearable Input Device

Byung Seok Soh, Yoon Sang Kim, Sang-Goog Lee  
Samsung Advanced Institute of Technology

**Abstract** - 본 논문은 사용자의 손가락 및 손의 움직임을 이용하여 키보드와 마우스로 사용하도록 개발된 착용형 입력장치 (SCURRY™)의 손가락 움직임을 감지하는 클릭인식 성능의 향상 방법을 제안한다. 제작된 착용형 입력장치는 클릭 감지용 가속도계가 장착된 손가락 부분과 손 움직임 감지용 각속도계가 장착된 손등 부분, 그리고 화면상의 가상키보드로 구성된다. 제안하는 클릭 감지 방법은 사용자의 클릭 의도를 파악하는 특징 추출부, 클릭 동작을 수행한 손가락을 판별하는 유효클릭 인식부, 그리고 손 움직임에 의해 발생된 의도하지 않은 클릭신호를 제거하는 신호혼신 제거부로 구성된다. 제안된 방법을 이용하여 착용형 입력장치의 클릭 인식 성능이 향상됨을 실험으로부터 확인하였다.

기능을 갖춘 착용형 입력장치[6]이다 (그림 1). 본 착용형 입력장치를 이용한 마우스 기능 수행은 화면에 나타나는 포인터를 공간에서 손을 움직임으로써 마우스 커서의 움직임을 수행하며, 마우스의 각 버튼 (왼쪽, 가운데, 오른쪽) 값 입력은 대응된 각 손가락 (검지, 중지, 약지)을 동작시킴으로써 입력을 할 수 있게 하였다. 문자입력을 위한 키보드 기능은 화면상에 나타난 가상키보드를 이용하여 손 움직임 및 손가락 동작으로 공간에서 또는 책상 위에서 키보드를 클릭 하듯이 움직이면서 입력을 가능하게 한다. 착용형 입력장치의 기능을 수행하기 위해 필요한 손 움직임 감지 방법 및 손가락 클릭 감지 방법 중, 본 논문에서는 클릭 감지 성능을 향상시키는 방식을 제안하였으며, 실험을 통하여 성능이 향상되었음을 확인하였다.

1. 서 론

2. 본 론

유비쿼터스 컴퓨팅 (ubiquitous computing) 이란, '컴퓨팅' 자원이 언제 어디서나 가능하며 무엇을 위해서나 사용되어지는 미래 사회를 만드는 활동을 말하며 [1]에 대한 많은 관심과 관련된 환경을 구성하기 위한 연구는 활발히 이뤄지고 있지만, 이러한 환경에서 사용할 수 있는 인터랙티브 장치에 대한 연구는 아직 미미한 상태이다. 현재 고려되고 있는 인터랙티브 장치의 연구분야는 음성 인식 분야와 키보드, 마우스, 리모컨, 터치패드와 같은 손 동작을 인식하는 분야가 있다. 이 중, 음성 인식 장치는 텍스트 입력 및 간단한 시스템 제어에 편리하게 사용할 수 있으나, 설명만으로 Microsoft® Windows®와 같은 GUI (Graphic user interface) 환경을 제어하기에는 불편하다. 현재 나와 있는 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)을 받으며, 공간에서의 타이핑 ("air typing") 동작으로 마우스 기능과 키보드

2.1 장치 개요

착용형 입력장치는 손 움직임과 손가락 움직임만으로 공간에서 PDA와 같은 휴대용 장치에 정보 입력을 가능하게 하는 장치이다. 본 입력장치는 가속도계 (accelerometer: ADXL202)가 장착된 손가락부 (finger module), 각속도계 (gyroscope: ENC-03M)와 마이크 (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).

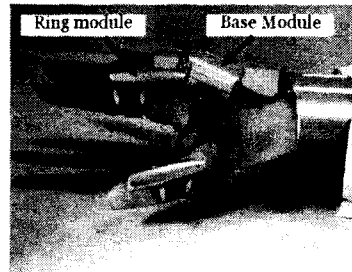


그림 2. 착용형 입력장치의 외형

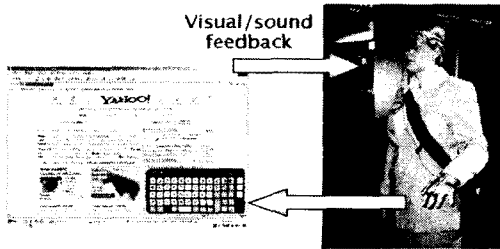


그림 1 착용형 입력장치의 외형

신호처리부는 손 움직임 검출을 위한 신호처리와 손가락을 이용한 클릭 검출 방법으로 구성된다. 손 움직임 검출부는 고주파 신호를 제거해주는 저역 통과필터, 각 가속도 (angular acceleration)값을 계산하는 미분기, 각속도 정보에서 움직임이 없는 영역을 검출하는 윈도우 비교기로 구성된다. 손가락을 이용한 클릭 검출 방법은 손가락의 특징을 추출하고 다른 신호와의 혼신을 제거하는 부분으로 구성된다 (그림 3).

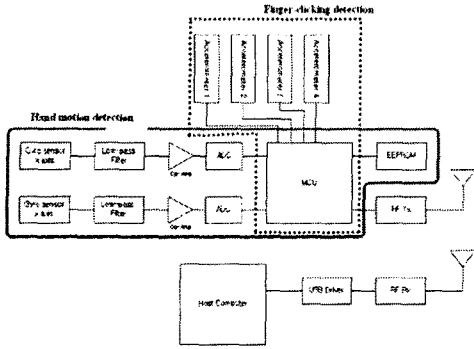


그림 3. 착용형 입력장치의 구성도

## 2.2 클릭 검출 알고리즘

사용자의 의도된 클릭을 검출하기 위하여 제안한 방식은 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

클릭을 발생시키기 위해서는 우선, 각 손가락에 부착된 가속도계를 일정 가속도 이상으로 움직여 가속도 신호를 발생시키면, 마이컴 신호처리부는 전송된 가속도 센서의 출력에서 사용자의 의도된 클릭 검출을 위한 특징량을 추출을 수행한다 (그림 4).

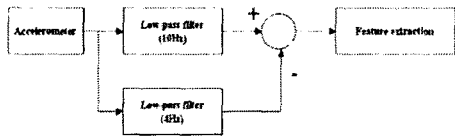


그림 4. 특징량 추출 필터

본 추출 알고리즘은 클릭동작을 할 때 발생하는 클릭 출력신호가 최고값이 되는 시점과 그 때의 크기를 비교하기 위해 두 개의 지역 통과 필터를 사용한 것으로서 차단주파수가 다른 두 개의 필터를 통과시킴으로서 발생하는 신호의 지연차와 여과량의 차이를 모두 이용한 방식이다. 이는 지역 통과필터 (LPF)와 고역 통과필터 (HPF)를 사용하는 밴드 통과필터 (BPF)와는 전달 합수에서 다른 방식이다. 차단주파수는 손 움직임에 대한 가속도계 출력 및 클릭 동작에 대한 가속도계 출력의 스펙트럼 (spectrum)을 분석하여 결정하였다.

### 2.2.2 신호 혼선 제거부

각각의 가속도센서로부터 계산된 특징량을 이용하여, 사용자가 클릭을 의도한 손가락을 파악하기 위한 방법은 다음과 같다.

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 선정한다.

의도된 클릭 움직임으로 인하여 의도하지 않은 손가락의 출력이 감지되는 경우가 있다. 이를 방지하기 위해, 추출된 특징량이 일정 크기 (threshold for finger-

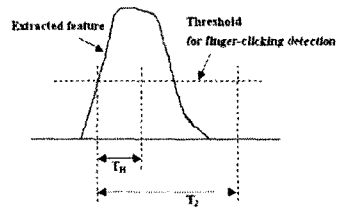


그림 5. 클릭 유효성 평가 기준

clicking detection) 이상이 되는 시간이 지정된 유효시간 ( $T_H$ ) 이상인 경우 중 우선적으로 발생한 클릭을 유효한 것으로 정하고, 이후  $T_2$  시간 내에 감지되는 특징량은 무시함으로써 cross-talk로 인한 오동작이 감소된다 (그림 5).

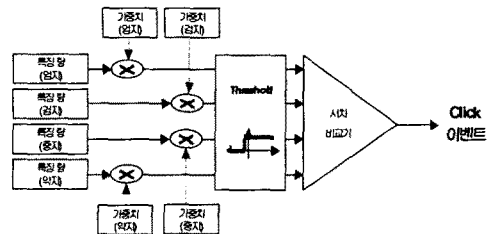


그림 6. 클릭 발생기의 블록도

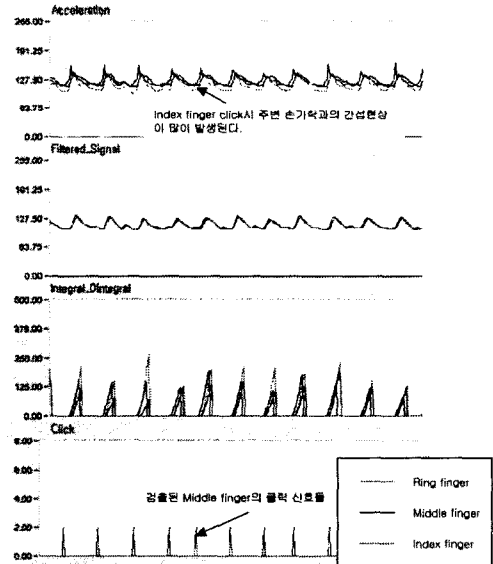


그림 7. 가운데 손가락 클릭에서의 클릭검출

### 2.2.3 움직임 성분과 클릭 성분의 신호혼선제거부

공간에서 클릭 동작을 할 때 손등에 부착된 가속도센서를 움직여 움직임 성분이 신호처리부로 전달되며, 이러한 성분으로 인해 사용자가 의도하지 않은 지점에서 클릭을 발생되는 경우가 있다. 가속도센서로부터 발생하는 이러한 움직임을 제거하기 위해 특정 아이콘에 포인터를 위치시킨 후 스위치 등의 기기를 이용하여 포인터 움직임을 차단하는 방식이 사용되고 있다. 하지만, 이러한 방식은 사용 편리성이 떨어질 뿐만 아니라, 사용자가

스위치 등의 기기를 동작시킬 때 구조적으로 혹은 사용자가 장치를 잡을 때의 균일하지 않은 힘에 의한 움직임이 발생하는 경우가 있다.

공간에서 클릭을 할 때 발생하는 움직임 성분을 제거하기 위해 제안하는 방법은, 먼저 사용자의 입력 움직임으로부터 클릭 의도를 파악하고, 클릭 의도에 따라 움직임의 크기를 제한하는 방식을 사용하였다. 즉, 클릭 의도를 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 제한 한다 (그림 8).

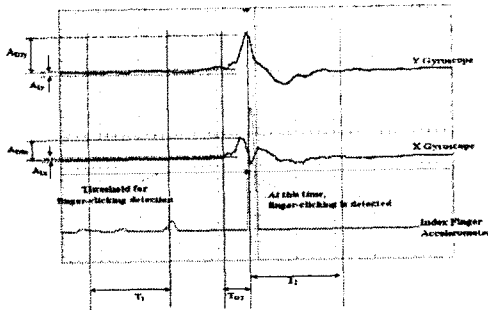


그림 8. 검지를 클릭하였을 경우, 검지 가속도계와 손등위의 각속도계 출력 신호

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

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

### 2.2.3 실험 결과

GUI 환경에서 착용형 입력장치를 이용하여 발생하는 클릭 신호의 유효클릭 확률을 측정하기 위하여 성능평가 프로그램 (그림 9)을 제작하였다.

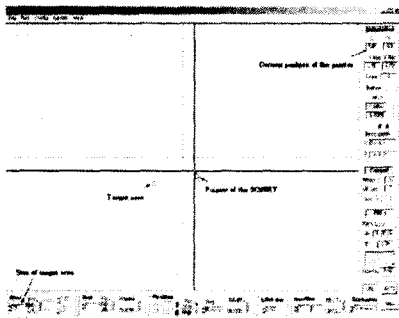


그림 9. 성능 평가 프로그램

표 1과 2는 제안된 알고리즘을 이용한 착용형 입력 장치의 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

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

표 2. 알고리즘 적용 후 클릭 인식 결과

| 실험자수 | 유효한 Click 횟수 (20회 중) |       |       |       |       |
|------|----------------------|-------|-------|-------|-------|
|      | 피검자 A                | 피검자 B | 피검자 C | 피검자 D | 피검자 E |
| 1 회자 | 18                   | 17    | 17    | 19    | 17    |
| 2 회자 | 20                   | 13    | 16    | 19    | 16    |
| 3 회자 | 17                   | 16    | 19    | 20    | 15    |
| 4 회자 | 19                   | 16    | 17    | 18    | 17    |

실험 결과표와 같이 제안된 방법을 이용하여 착용형 입력장치의 클릭 성공률이 평균 15(75.0%), 표준편차 1.668 (개선 전, 표 1)에서 평균 17.3(86.5%), 표준편차 1.437 (개선 수, 표 2)로 향상됨을 알 수 있다.

### 3. 결 론

제안한 착용형 입력장치는 휴대가 간편하며 공간에서 여러 가지 입력기능을 수행할 수 있는 장점이 있다.

본 논문은 이러한 착용형 입력장치에서, 사용자의 클릭 의도를 판별하여 인식 성능을 향상시키는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 신호의 특징 추출, 손가락 간의 신호혼선, 움직임 성분과 클릭 성분의 신호 혼선 제거부로 구성되어 있으며, 클릭인식 성능평가 실험을 통하여 제안된 방법의 타당성을 확인하였다.

### [참 고 문 헌]

- [1] A.H. Yuhan, "초청강연 2 'Ubiquitous Computing'의 실체와 그에 얽힌 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. 2002.
- [7] MENTABTM Statistical Software Release 13.30, <http://www.minitab.com/>, Copyright ©2000, Minitab Inc.