

# FeelRing :

## 웨어러블 컴퓨터를 위한 반지형 포인팅 장치의 디자인 및 평가

### FeelRing : Design and Evaluation of Ring Type Pointing Device for Wearable Computer

표세영 · 김호진 · 이기혁  
 Seyoung Pyo · Hojin Kim · Geehyuk Lee

305-732 대전광역시 유성구 문지로 119번지 한국정보통신대학교 공학부 HCI연구실  
 {lantlani, erukim, geehyuk}@icu.ac.kr

#### 요약

본 논문에서는 웨어러블 컴퓨터에서 사용할 수 있는 소형 포인팅 장치를 제안한다. 항상 착용할 수 있어야 하는 특성을 지닌 웨어러블 컴퓨터에서는 기존 PC와는 다른 작고 가벼우며 항상 착용 가능한 포인팅 장치가 필요하기 때문이다. 광마우스에서 주로 사용 되는 광학 센서를 이용하여 손가락의 움직임에서 변위를 추출하는 방식과 주변의 화상 정보를 이용해서 변위를 추출하는 두 가지 방식으로 제작된 두 가지 프로토타입과 현재 사용되고 있는 터치 패드, 트랙포인트 등의 포인팅 장치를 비교함으로써 본 논문에서 제시한 장치의 유용성을 제시하였다.

#### 1. 서론

정보통신부분에서 비약적인 발전이 이루어짐에 따라 대부분의 직장과 가정에서 컴퓨터를 사용하게 되었고 더불어 휴대용 기기의 사용이 증가하고 있다. 따라서 휴대용 기기의 휴대성에 대한 문제가 대두 되었고, 이에 입는 컴퓨터, 웨어러블 컴퓨터에 대한 개발이 이루어지고 있다. 웨어러블 컴퓨터를 통해 사용자는 언제든 컴퓨터와 상호작용하여 개인적인 업무뿐만 아니라 다양한 미디어를 통해 여가를 즐길 수 있게 될 것이다. 이러한 웨어러블 컴퓨터나 혹은 각종 소형정보단말기의 개발이 확대되고 사용이 증가하고 있는 가운데

데이터를 조작 및 조정하는데 쓰이는 인터페이스의 개발은 아직 사용자들의 요구를 충분히 만족 시켜주지 못하는 것으로 보인다.

소형정보단말기에서의 입력기기는 소형화, 저전력화 및 친인간적 디자인, 사용자의 입력 편의성 등이 고루 갖추어져야 하며 더불어 컴퓨터의 다양한 어플리케이션을 조작할 수 있는 입력기기의 기능도 갖추어야 한다. 이를 위해 국내외에서는 소형정보단말기기를 위한 텍스트입력기기 및 포인팅 장치가 개발되었지만 아직 범용적으로 쓰일 수 있는 포인팅 장치는 개발된 수가 많이 않은 편이다.

주로 산업용으로 많이 사용되고 있는 자이버네트사

의 웨어러블 컴퓨터의 경우 손목에 착용하는 60키의 QWERTY키보드를 이용해서 입력하기 때문에 다른 입력 기기에 비해 빠르게 입력할 수 있지만, 크기가 너무 크기 때문에 일상 생활을 하면서 항상 착용하여 사용하기는 힘든 단점이 있다. 또 Georgia tech에서 만든 twiddler[9]의 경우, 키보드와 마우스 역할을 동시에 하는 기기로서 웨어러블 컴퓨터를 위해 개발된 입력 장치이다. 포인팅 기능 외에도 키 입력이 가능하다는 장점을 가지고 있지만 이 장치를 이용하는 경우, twiddle를 잡고 있는 손이 자유롭지 못한 단점을 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 가까운 미래에 사용될 웨어러블 컴퓨터 및 소형정보단말기기를 위한 입력 장치를 고안하고 사용자 유용성 실험을 통해 다양한 어플리케이션에 적용이 가능하고 항상 입력이 용이하며, 연속적인 입력에 보다 편리한 장치를 개발하고자 한다.

## 2. 관련연구

FeelTip [2]은 소형 정보기기를 위하여 고안된 돌기형 포인팅 기기이다. 광센서칩을 사용하여 손가락의 변위를 감지하고, 버튼을 위한 택트 스위치가 추가되어 있다. 손목에 착용하고 반대쪽 손가락을 이용하여 조작을 한다.

TiltType [3]은 가속도 센서의 기울임과 네 개의 버튼을 이용하여 여러 가지 기능을 하는 소형 기기이다. 네 개의 버튼의 조합을 이용하여 여러 가지 기능을 수행할 수 있으며, 크기가 작고 무게가 가볍기 때문에 손목에 착용하여 사용하기에 적합하다.

GesturePad [4]는 사람의 피부 전도도를 이용하여 외부와 상호작용을 할 수 있게 만든 장치이다. 유연성이 있는 장치이기 때문에 기존의 옷에 쉽게 부착하여 사용할 수 있다.

SmartPad [5]는 엄지손가락의 동작을 기반으로 간단한 명령을 입력할 수 있게 만든 장치이다. 엄지손가락의 상하좌우 이동으로 네 방향키의 기능을 할 수 있

고 원모양으로 손가락을 돌리면 조그다이얼의 기능을 할 수 있다. 5 by 5의 돌기를 이용하여 손가락의 움직임 감지하는 입력 장치가 상용화되었다.

## 3. 포인팅 장치의 요구 사항

이 연구에서 개발하고자 하는 것은 앞으로 여러 분야에서 사용될 웨어러블 컴퓨터에서 사용되는 초소형 입력 장치이다. 따라서 본 연구를 통해 새로운 인터페이스 장치를 제안하기에 앞서 이러한 장치가 가져야 하는 요구 사항을 먼저 분석해볼 필요가 있다. 가까운 미래에 웨어러블 컴퓨터는 현재의 군사, 건설 등의 특정한 작업뿐만 아니라 생활 전반에 침투하여 개인의 미디어 접근성에 대한 요구를 충족시켜줄 것이다. 이러한 웨어러블 컴퓨터를 통해 다양한 작업이 수행될 것이며 동시에 이것은 연속적인 포인팅 작업뿐만 아니라 다양한 명령을 입력할 수 있는 입력장치가 필요하게 된다는 것을 의미한다.

개인의 일상적인 생활에 기반 하여 웨어러블 컴퓨터를 착용했을 때 입력 장치로 요구 되는 점을 살펴보면, 우선 몸에 늘 지닐 수 있을 만큼 매우 작고 얇고 가벼워야 하며, 액세서리 형태로 착용 되어 보기에 불편함이 없어야 한다. 또한 이동 중에도 사용이 가능해야 하며, 이를 위해서는 입력 장치를 직접 눈으로 보고 있지 않아도 조작할 수 있어야 한다. 그리고 항상 착용하고 있더라도 다른 일상적인 일을 하는데 지장이 적어야 한다.

이러한 물리적인 형태에 대한 요구 사항 외에 포인팅 장치가 가져야 하는 기능적인 요구 사항을 알아보기 위해서 향후 웨어러블 컴퓨터가 대체 할 것으로 예상 되는 MP3 플레이어, PMP(Portable Media Player), 휴대폰 등을 분석해보았다. 이 분석을 통해 사람들이 이동 중에 소유하는 기기들은 미디어에 대한 접근성이 뛰어난 것을 요구하며, 이러한 미디어는 음악, 영화뿐만 아니라 사진과 인터넷 서핑까지 포함한다는 것을 알 수 있다.

< 표 1 > 어플리케이션 별 액션 분석

어플리케이션	기능	액션
미디어 재생기	재생, 정지 앞으로 감기, 뒤로 감기, 이전 곡, 다음 곡 볼륨 올리기, 볼륨 내리기	흔들기, 클릭, 좌우상하 기울이기
사진 보기	파일 선택 확대 및 축소 스크롤	클릭, 흔들기, 좌우상하 기울이기, 드래그
인터넷 브라우저	스크롤 뒤로 가기, 앞으로 가기	클릭, 흔들기, 좌우상하 기울이기

따라서 웨어러블 컴퓨터에서의 입력도구는 위에서 열거한 부분에서 보다 조작성이 용이하도록 설계하는 것이 필요하다.

## 4. FeelRing

본 연구에서는 두 가지 타입의 FeelRing 장치를 제안하며 각각을 FeelRing-1 과 FeelRing-2로 지칭한다.

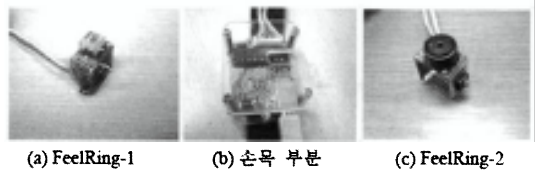
### 4.1 FeelRing의 기본 개념

#### 4.1.1 FeelRing-1

FeelRing-1은 착용 부담감이 적으면서도 조작 효율이 좋은 웨어러블 컴퓨터용 포인팅 장치에 대한 아이디어 도출을 위한 과정에서 제시 되었다. 여러 개의 반지나 글로브를 착용해야 하는 부담을 주지 않으면서 효과적인 포인팅 작업을 위해서 하나의 반지 형태로 제작하였고, 한 손 조작성을 위해서 그 위치는 검지의 두 번째 마디에 착용하고 엄지로 조작하는 방식을 택하였다. 세밀한 움직임은 엄지를 반지에 비비는 동작을 이용하고, 먼 거리를 이동하는 경우에는 가속도 센서를 추가하여 손목의 움직임을 인식하고 이를 이용한다. FeelRing-1은 실제 손가락에 착용하는 반지 부분과 전원 및 PC와 연결부분을 담당하는 손목부분으로 구성되어, 그 형태는 그림 1을 통해 알 수 있다.

#### 4.1.2 FeelRing-2

FeelRing-2는 FeelRing-1의 프로토타입의 사용을 통하여 반지를 개개인의 손가락에 꼭 맞게 고정 하기 힘든 문제점을 보완하기 위해 제안되었다. 이는 반지를 문지르는 액션이 세밀한 조작성을 위함이라는 본래의 목적에 반하는 문제점으로서 이에 대한 대안으로서 엄지의 움직임 보다 손목의 움직임을 보다 세밀하게 감지하여 활용할 수 있게 장치를 변형시켜 보았다.



(그림 1) FeelRing 하드웨어

기본적으로 FeelRing-1과 FeelRing-2는 거의 동일한 형태를 가지고 있으며, FeelRing-2는 가속도 센서 대신 앞으로 향하는 방향으로 광학적 변위 센서가 위치한다. 따라서 FeelRing-2에서는 FeelRing-1에서처럼 기울이는 동작을 인식하지 못한다. 그리고 변위 센서에는 원거리에 초점이 맞추어진 렌즈가 장착되어 임의의 배경 화상을 취하고, 그 변위를 얻을 수 있도록 되어 있다. 항상 사용자가 착용하고 있는 환경을 가정하였기 때문에 포인팅을 위해서 의도한 움직임과 아닌 경우를 구분하기 위해서 버튼을 누르고 있는 동안에만 손목의 움직임을 감지하도록 되어 있다. 버튼을 짧게 눌렀다가 떼는 경우에는 클릭으로 인식한다. 그림 1(c)는 FeelRing-2의 반지 부분이며, FeelRing-2의 손목 부분은 FeelRing-1과 동일하다.

#### 4.1.3 FeelRing-1과 FeelRing-2의 비교

FeelRing-1과 FeelRing-2는 기본적으로 같은 광학 변위 센서를 사용하기 때문에 내부적인 회로는 완전히 일치한다. 단, FeelRing-1의 경우 그림 1(a)에서처럼 마우스 센서 앞에 플라스틱판을 통해 손가락으로 광학 변위 센서의 정보를 변경시키지만, FeelRing-2

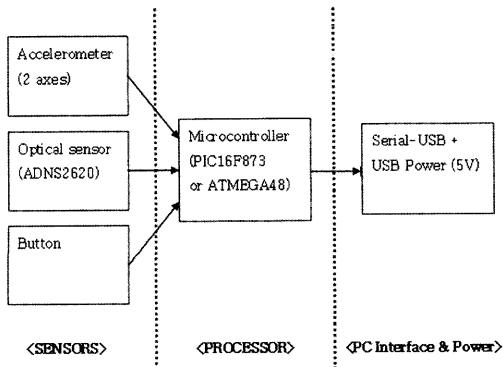
는 광학 변위 센서 앞에 렌즈를 장착하고 공간에 비추어 마우스 센서의 정보를 변경시킨다. 또한 FeelRing-1의 경우 기계적인 버튼이 없고 노트북 컴퓨터의 터치패드와 같이 팁 부분을 가볍게 두드리는 것으로 클릭을 대신한다. FeelRing-2의 경우 그림 1(c)에서 나타난 것처럼 기계적인 버튼이 존재하고 이 버튼을 누를 경우에만 작동한다. 그 외에 기기의 작동 방식의 차이로 인해 하드웨어적으로 출력이 되는 값이 범위가 다르기 때문에 그 값을 처리하는 부분을 별도로 처리해 주어야 한다.

### 3.2 FeelRing의 구현

앞 장에서 제시한대로 두 가지 프로토타입은 광학센서, 가속도 센서, 버튼의 형태와 위치를 제외하고는 회로나 펌웨어의 차이가 없다. 두 가지 프로토타입에서 차이가 나는 부분은 특별히 언급을 하고 나머지는 공통적인 내용으로 기술한다.

#### 3.2.1 하드웨어 구성

반지 부분에는 센서들만 위치시키고 프로세서와 전원 등 나머지 부분은 손목부에 설치하였다. 현재 개별 부품으로 구현하더라도 무선 송신부와 마이컴을 반지 부분에 모두 포함 시키는 것은 어려운 문제가 아니지만 전원부의 경우 소형화하기가 힘들기 때문에 결국 손목부가 필요하므로 지금과 같은 구성을 가지게 되었다.



(그림 2) FeelRing의 시스템 구성도

그림 2에서 Accelerometer는 손의 제스처를 감지하는 것이 목적이므로 10Hz 정도로 대역폭을 제한하고 약간의 여유를 두어 30Hz로 샘플링 하도록 설정하였다. Optical sensor는 Agilent사의 마우스 변위 센서를 나타낸다. 같은 소자이지만 FeelRing-1에서는 손가락의 변위를 측정하는 역할을 하고, FeelRing-2에서는 화상의 변위를 측정하는 역할을 한다. 손가락의 지문을 추적하는 목적을 위해서는 Microchip사에서 나온 핑거프린트 센서를 고려하였으나, 센서에서 출력되는 신호가 변위가 아니고 픽셀 데이터이므로 이로부터 변위를 계산하기 위해서는 외부 프로세서의 많은 부담이 필요하기 때문에 변위 데이터를 직접 출력해주는 Agilent사의 마우스 변위 센서를 사용하였다.

FeelRing-1에서는 Agilent사에서 함께 제공되는 광마우스용 렌즈를 가공하고 그 위에 손가락이 터치할 수 있도록 하기 위해 투명한 플라스틱을 올려서 광학부를 구성하였다. FeelRing-2의 경우에는 소형 카메라용 마이크로 비디오렌즈를 이용해서 광학부를 구성하였다.

#### 3.2.2 신호 처리

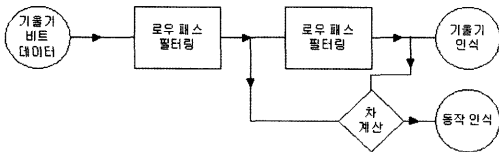
FeelRing에서 사용된 프로그램은 하드웨어에서 시리얼 통신을 통해 전달받은 신호들을 처리하여 이를 다른 프로그램에서 사용할 수 있도록 이벤트를 발생시켜주는 역할을 한다.

마우스 변위 센서 데이터의 경우 노이즈가 많고 변화가 심하기 때문에 노이즈 제거와 데이터 안정을 위하여 다음과 같은 수식을 이용해서 로우 패스 필터링을 한다.

$$y[n] = (1 - \alpha) * y[n - 1] + \alpha * y[n] \quad (1)$$

가속도 센서 처리에는 좀 더 복잡한 필터링을 이용한다. 우선 X축의 가속도 값과 Y축의 가속도 값을 로우 패스 필터링을 하여 노이즈를 제거한다. 그 값을 필터링 상수에 매우 작은 값을 넣어 다시 로우 패스 필터링을 하게 되면 평균을 구할 수 있고 그 값을 이용하면

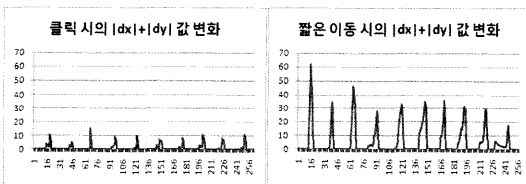
가속도 센서의 기울기 정도를 알 수 있다. 그리고 두 번의 로우 패스 필터링 값의 차를 구하면 특정 이벤트, 즉 기울이기, 흔들기 이벤트 등의 발생을 알아낼 수 있다. (그림 3)



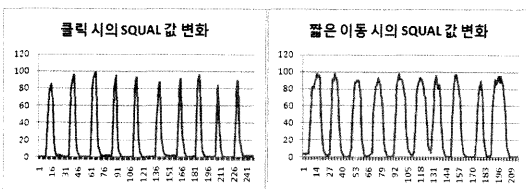
(그림 3) 가속도 센서 값 처리 블록 다이어그램

### 3.2.3 이벤트 발생

FeelRing-1에서는 기기를 기울이는 이벤트와 팁을 가볍게 두드리는 클릭 이벤트, 엄지손가락을 반지에 문지르는 경우 발생하는 이동 이벤트 등의 세 가지 이벤트를 발생시키고, FeelRing-2에서는 버튼을 가볍게 눌렀다 때는 경우 클릭 이벤트를 발생 시키고 버튼을 누른 상태에서 손목을 움직일 때, 이동 이벤트를 발생시킨다.



(그림 4) 클릭과 짧은 이동시 |dx|+|dy| 변화



(그림 5) 클릭과 짧은 이동시 SQUAL값 변화

FeelRing-1의 기울이기 이벤트의 경우, 위에서 설명한 것처럼 로우 패스 필터링을 통해서 기기를 상하

좌우로 일정한 한계치 이상을 기울였을 때 기기가 기울었음을 알려주는 이벤트가 발생된다. 이 때, 이 한계치를 절대치로 고정 시킬 경우 기울이기를 할 때마다 특정 기준점으로 이동 시킨 후 기울이기를 해야 하는 문제점이 있기 때문에 팁 부분에 손을 올려놓는 순간을 시작점으로 하여 시작점에서 일정한 값 이상이 되면 기울임 이벤트로 인식하도록 하였다.

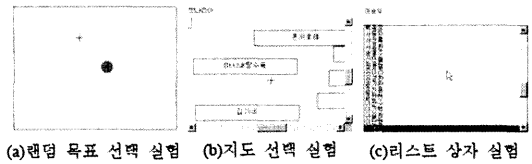
클릭 이벤트의 경우 FeelRing-1 과 2 두기기가 처리하는 방식이 서로 다르다. FeelRing-1의 경우 마우스 변위 센서에서 얻어지는 SQUAL(Surface QUALity)값의 변화를 보고 센서에 손이 닿았는지 아닌지를 판단하게 되는데, 짧은 거리 이동시에도 센서에 손이 닿기 때문에 그림 4에서 나타난 것과 같이 SQUAL정보만으로는 클릭 이벤트인지 짧은 거리 이동인지를 판단할 수 없다. 따라서 이를 구분하기 위해서 센서에서 출력되는 변위 값을 이용하였다. 이는 그림 5에서와 같이 X축과 Y축 두 방향으로의 변위에 대한 절대 값의 합을 계산 했을 때 클릭 이벤트인 경우와 짧은 이동의 경우가 확연히 다른 값을 나타내었기 때문이다. FeelRing-2의 경우에는 버튼을 이동 이벤트를 시작하기 위해 눌렀는지, 아니면 클릭을 하기 위해서 구분해야 한다. FeelRing-2의 경우에는 별도의 물리적인 버튼이 있었기 때문에 단순히 버튼을 눌렀다가 떼는데 걸린 시간으로 쉽게 두 가지 동작을 구분할 수 있었다. 여러 사용자들의 경향을 분석한 결과 300ms를 경계로 그 아래는 클릭, 그 이상은 이동을 위한 이벤트로 사용하였다.

## 5. 사용자 유용성 테스트

### 5.1 실험의 개요

FeelRing-1과 FeelRing-2의 사용자 유용성을 알아보기 위해서 노트북 컴퓨터에 사용되고 있는 터치패드를 대조군으로 하여 세 가지 실험을 하였다[1]. 세 가지 실험은 각각 랜덤 목표 선택 실험, 지도 찾기 실험, 리스트 상자 실험이다.

랜덤 목표 선택 실험의 경우 불규칙한 위치에서 발생하는 불규칙한 크기의 원을 클릭하는 실험이다. 원의 지름은 최소 10픽셀에서 최대 30픽셀 사이에서 불규칙하게 정해진다. 100개의 목표를 선택할 때까지 실험을 지속하고, 실험을 하는데 걸린 시간과 목표물을 잘못 선택한 횟수를 기록한다.



(그림 6) 실시한 실험들

지도 찾기 실험에서는 1440\*1080 크기의 하얀색 지도에 48개의 가게 이름이 불규칙하게 섞여있다. 가게의 위치는 매 실험마다 랜덤하게 정해지도록 함으로써 기억을 통해 결과가 좋아지는 현상을 방지하였다. FeelRing-1의 경우 기기를 기울여서 스크롤을 하도록 되어 있고, FeelRing-2는 기기를 움직여서 지도를 스크롤을 하도록 되어 있다. 주어진 가게를 클릭할 경우 다음 가게를 선택할 수 있도록 되어 있다. 10개의 가게를 선택할 때까지의 걸린 시간과 목표물을 잘못 선택한 횟수를 계산한다.

리스트 상자 실험은 1차원 상에서의 이동 효율을 알아내기 위한 실험이다. 100 명의 이름이 가나다순으로 원도우 표준 리스트 상자에 정렬이 되어 있다. FeelRing-1의 경우 기기를 기울여 스크롤을 하며, FeelRing-2는 기기를 위아래로 움직이면 스크롤이 된다. 25명을 선택하면 실험이 종료되며, 걸린 시간과 잘못 선택한 횟수를 측정한다.

사용자 유용성 실험의 대상은 5명의 남자 대학원생을 대상으로 이루어 졌다. 평균 연령은 만 24.4세이고 만 21세에서 만 28세의 범위를 가지고 있다. 5명 모두 대조군으로 사용하는 노트북 컴퓨터의 터치패드를 이용해 본 경험이 있으며, 그 중 3명은 터치패드를 익숙하게 다룰 수 있었다. 실험은 IBM ThinkPad R30 노트

북 컴퓨터를 이용하여 이루어졌다. 노트북 모니터의 해상도는 1024\*768이고 내장되어 있는 터치패드를 이용하였다. FeelRing-1의 경우 렌즈에 해당하는 투명한 플라스틱을 직접 꺾어 가면서 초점을 맞춰야 하기 때문에 제작 시에 정확하게 초점을 맞도록 하는 것이 어려웠다. 따라서 실험을 할 때 하얀색 장갑을 착용하여 빛의 분산을 막아 좀 더 초점이 잘 맞도록 했다. FeelRing-2의 경우 사용된 Optical sensor가 원래 광 마우스용으로 제작된 센서였기 때문에 공간상의 화상을 입력받는 데 해상도가 너무 낮아서 일반적인 영상에서 움직임을 감지하는데 제약사항이 있었다. 따라서 이러한 제약사항을 조금이나마 줄이기 위해 렌즈가 비치는 부분에 격자들을 출력한 판을 배치하여 인위적으로 대비를 높여줌으로써 이동을 쉽게 인식하도록 하였다.

사용자는 FeelRing-1, FeelRing-2, 터치패드 세 종류의 기기에 대하여 각각 랜덤 목표 선택 실험, 지도 찾기 시험, 리스트 상자 실험을 하였다. 실험을 시작하기 전 각각의 기기에 대하여 5분간 자유롭게 사용 방법에 대하여 익히는 시간을 제공하였다. 실험을 수행한 다음에는 설문지를 통해서 직접 실험으로 얻을 수 없는 추가적인 정보들을 획득하였다.

### 5.2 실험 결과

위에서 설명한 실험 환경에서 실험한 결과를 분석하기 위해서 포인팅 장치의 성능 평가에 일반적으로 사용되는 Fitt's law [1] 이용하여 throughput을 계산하고, 각 실험에 걸린 평균 시간과 표준 편차를 계산하였다. 그림 7과 표2에 나타난 실험 결과를 보면 우선 지도 찾기 실험의 경우 FeelRing-2가 다른 장치에 비해 좋은 결과를 보여줌으로써, 웨어러블 컴퓨터에서 널리 쓰일 것으로 생각되는 지도 탐색 프로그램에 적합한 장치임을 알 수 있다.

하지만 랜덤 목표 찾기 실험과 리스트 상자 실험에서는 터치패드에 비해 FeelRing-1과 FeelRing-2의 성능이 전반적으로 부족한 것을 볼 수 있는데, 이는 우선 터치패드의 경우에는 손에 착용해서 사용하기 보다

는 노트북에 고정된 상태로 이용할 수 있었기 때문에 좀 더 안정적으로 사용할 수 있는 장점이 있었다. 또한 실험 시에 흰 장갑을 사용하긴 했지만, FeelRing-1의 경우 발광 다이오드의 반사로 인한 문제를 완전히 해소 하지는 못한 것으로 보인다. FeelRing-2의 경우 작은 움직임을 위해서는 손목을 미세하게 조절할 필요가 있는데, 이 부분에서 오류가 많이 발생했다. 다른 하나의 문제는 이번 실험에서는 모든 피 실험자에게 같은 상수값을 적용하여 실험에 임하도록 하였는데, 성향에 따라 조그만 변화에 포인터의 움직임이 적은 것을 선호하는 경우와 포인터의 움직임이 많은 것을 선호하는 것으로 나누어짐을 알 수 있었다. FeelRing 장치가 웨어러블에서 사용되는 인터페이스기 때문에 각 개인의 성향에 맞춰 상수값을 조절하는 방식을 도입한다면 보다 나은 성능을 보여줄 것으로 기대된다.

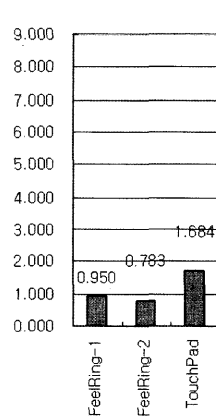
< 표 2 > 실험 결과

실험	장치	수행시간 (sec)	오류 횟수
랜덤 목표	FeelRing-1	28.7	13.6
	FeelRing-2	33.7	21.6
	터치패드	15.7	4.2
지도 찾기	FeelRing-1	29.4	7.2
	FeelRing-2	15.6	2.0
	터치패드	21.1	4.4
리스트 상자	FeelRing-1	21.1	12.6
	FeelRing-2	21.1	4.8
	터치패드	17	3.6

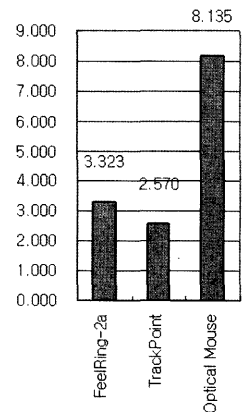
실험 후 사용자들에게 받은 설문을 분석한 결과, FeelRing-1과 FeelRing-2가 기존에 사용하던 인터페이스와 달라서 적응하기가 힘들었다는 의견이 있었지만, 기존 인터페이스보다 사용하는데 훨씬 즐거웠고, 오래 사용해서 익숙해지면 편리하게 사용할 수 있을 것 같다는 결과를 얻을 수 있었다.

### 4.3 FeelRing-2의 보완 가능성 검증

위 실험 결과를 통해 FeelRing-2에서 사용한 마우스 센서의 낮은 해상도는 미세한 조정을 인식하는데 충분하지 않음을 알 수 있었다. 따라서 FeelRing-2와 비슷한 개념의 Circle & Identify [8] 연구를 참고 하여 FeelRing-2의 개선 가능성을 검증하여 보았다. C&I는 원래 공간마우스의 사물 인식을 위한 기법이 연구의 중심 주제이나 손목을 움직일 때 전경 화상의 움직임을 이용하여 마우스 메시지를 발생 시키고, FeelRing-2에서와 같이 한 개의 버튼이 있어서 엄지로 조작하는 점에서 FeelRing-2 연구의 보완 가능성을 살펴보기 위한 장치로 사용 될 수 있었다. 이하의 설명에서 이를 FeelRing-2a라고 명명하도록 한다. FeelRing-2a에서 사용된 카메라는 Dragonfly(Point Grey) 카메라 Extended CCD버전을 사용하였으며, 640\*480의 컬러 이미지를 초당 30프레임으로 얻을 수 있다. 이 장치를 이용해서 FeelRing-2에서 사용되는 광학 센서의 해상도가 높아지면 현재보다 더 나은 성능을 보여줄 수 있을 것이라는 가설을 검증하기 위해서 다음과 같은 실험은 수행하였다.



(그림 7) Throughput-1



(그림 8) Throughput-2

일반 광마우스와 IBM 노트북에 탑재된 트랙포인트를 비교 대상으로 하여 랜덤 목표 실험을 수행하였다.

1 전체 피실험자의 실험 수행시간 평균치.  
2 전체 피실험자가 잘못 선택한 횟수의 평균치.

실험에 참가한 사람은 4명의 공학 석사과정의 학생이었으며, 이들은 마우스와 트랙포인트를 능숙하게 다루었다. 실험을 시작하기 전에 FeelRing-2a에 적응할 수 있도록 모든 피 실험자는 약 5분 동안 자유 테스트를 할 기회를 가졌다. 각 피 실험자는 한 세션의 실험을 수행하였고, 한 세션에 3가지 기기를 모두 테스트하였다.

그림 8에서 나타난 throughput을 보면 일반 광마우스가 가장 뛰어난 성능을 보여주고 있고, FeelRing-2a가 트랙포인트 보다 좋은 결과를 보여주고 있다. 하지만 광마우스는 마우스를 올려놓을 수 있는 지지대가 필요함을 고려하면 웨어러블 환경에서 사용가능한 트랙포인트와 FeelRing-2a 중에서 FeelRing-2a가 더 좋은 결과를 냈다는 것은 상당히 고무적이다. 이는 FeelRing-2의 해상도 문제를 해결하면 이 장치가 웨어러블 컴퓨터에서 포인팅 장치로 사용되기에 충분함을 보여주기 때문이다.

## 6. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 반지 형태의 휴대용 기기에서 사용할 수 있는 포인팅 디바이스로, 가속도 센서와 버튼 기능을 가진 기기인 FeelRing-1, 그리고 공간 마우스 개념과 버튼을 통해 포인팅을 할 수 있게 만든 기기인 FeelRing-2를 제시하였다. 사용자 유용성 실험 결과, 랜덤 목표 실험을 통한 throughput은 노트북에서 사용되는 터치패드와 비교 하였을 때 좋지 않은 결과를 나타내었으나 FeelRing-1의 경우 손가락에 정확히 고정되지 않는 문제로 인해 오류가 발생하는 경우가 많았기 때문이었고, FeelRing-2의 경우 해상도가 낮은 마우스 센서로 인한 결과였다. FeelRing-1의 문제는 추후 개별적으로 맞춤 기기를 제작할 수 있으면 해결이 될 수 있을 것으로 예상되며, FeelRing-2의 문제점은 센서 변경을 통하여 충분히 해결이 될 수 있음을 유사한 연구인 Circle & Identify의 결과(FeelRing-2a)를 통하여 알 수 있었다.

현재의 프로토타입의 경우 전력 등의 문제로 인해 반지 부분에 모든 장치를 넣지 못하고 손목 부분에 추가적인 장치를 장착 하였는데, 저전력화와 고성능 배터리 등을 이용한다면 손목 부분의 추가 장치들을 모두 반지 부분에 집적시킬 수 있다. 그리고 블루투스 등의 근거리 무선 통신 기술을 이용하면 현 프로토타입에 있는 통신 케이블을 제거할 수 있다. 또한 현재의 프로토타입의 경우 실용화를 고려하지 않고 디자인을 하였기 때문에 심미적인 요소를 고려하지 않았다. 실용화 단계에서는 그러한 부분을 고려하여 실제로 착용하였을 때 또 하나의 장신구로 사용할 수 있도록 발전을 하여야 한다. 또 FeelRing-1의 경우 조명으로 사용을 하고 있는 발광 다이오드가 형광등 등의 조명에 반사가 되어 초점이 제대로 맞지 않는 문제점이 있는데, 이 문제는 조명을 레이저로 교체하는 것으로 해결할 수 있을 것으로 보인다. 마지막으로 본 연구에서 사용한 마우스 센서의 경우 해상도가 가로 18 픽셀, 세로 18픽셀로 상당히 낮았기 때문에 미세한 조절을 하기 어려운 점이 많다. 이러한 문제점은 이 스타일에 맞는 시스템 온 칩(SoC) 솔루션 개발을 통해 해결할 수 있다.

## ■ 참고문헌

- [1] MacKenzie, I. S., & Soukoreff, R. W. (2002). "Text entry for mobile computing: Models and methods, theory and practice." *Human-Computer Interaction*, 17, pp. 147-198, 2002.
- [2] Sunyu Hwang, Geehyuk Lee, Buyong Jeong, Woohun Lee, Ilyeon Cho, "FeelTip: tactile input device for small wearable information appliances", CHI '05, ACM Press, pp.1475 - 1478, 2005.
- [3] Kurt Partridge, Sauray Chatterjee, Vibha Sazawal, Gawtano Borriello, Roy Want, "TiltType: Accelerometer-supported text entry for very small devices", *Proceedings of the ACM Symposium on User Interface*



Software and Technology (UIST2002), ACM Press, pp. 201-204, Nov. 2002.

[4] Jun Rekimoto, "GestureWrist and GesturePad: UnobtrusiveWearable Interaction Devices.", Fifth International Symposium on Wearable Computers (ISWC '01), Vol 5, pp. 21-27, Oct. 2001.

[5] J Rekimoto, H Oba, T Ishizawa, "SmartPad: a finger-sensing keypad for mobile interaction", Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM Press, pp. 850-851, 2003.

[6] Colin Swindells, Alex Uden, Tao Sang, "TorqueBAR: An undergrounded haptic feedback device", ICMIT' 03, ACM Press, pp.52-59, Nov. 2003.

[7] Ivan Poupyrev, Shigeaki Maruyama, Jun Rekimoto, "Ambient Touch: Designing tactile interfaces for handheld devices", CHI letters, ACM Press, Volume 4, Issue2, pp.51-60, 2002.

[8] Byungkon Sohn, Geehyuk Lee, "Circle & identify: interactivity-augmented object recognition for handheld devices", Proceedings of the 18th annual ACM symposium on User interface software and technology UIST '05, ACM Press, pp.107-110, 2005.

[9] Kent Lyons, Thad Starner, Daniel Plaisted, James Fusia, Amanda Lyons, Aaron Drew, E. W. Looney, "Twiddler typing: one-handed chording text entry for mobile phones", Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM Press, pp. 671-678, 2004.

◆ 김 호 진



- 2005년 한국정보통신대학교 공학부 졸업 (공학사, CSE 전공, IT경영학 부전공).
- 2006년 현재 한국정보통신대학교 공학부 석사 과정.

◆ 이 기 혁



- 1990년 한국과학기술원 물리학 졸업 (학사)
- 1992년 한국과학기술원 물리학 졸업 (석사)
- 1992~1995년 한국과학기술원 물리학과 연구원
- 2000년 펜실베니아대학 전기공학 박사
- 2001~2002년 경북대학교 대학원 정보통신학과 기금교수
- 2002년~현재 한국정보통신대학교 공학부 조교수

■ 저자 소개

◆ 표 세 영



- 2005년 경북대학교 전자전기컴퓨터 공학부 졸업(학사)
- 2006년 현재 한국정보통신대학교 공학부 HCI 연구실 석사과정.