

FeelRing : 웨어러블 컴퓨터를 위한 반지형 포인팅 장치의 개념적 구현

표세영, 김호진, 이기혁

한국정보통신대학교 공학부
{lantlani, erukim, geehyuk}@icu.ac.kr

요 약

웨어러블 컴퓨터는 기존 PC와는 다른 사용 환경과 목적을 가지며 그에 따른 새로운 요구 사항을 충족하는 포인팅 장치를 필요로 하고 있다. 본 연구에서는 착용 편의성과 성능을 고려한 반지 형태의 포인팅 장치의 개념을 제시하고 구현 평가하였다. 반지를 문지르는 손가락의 변위를 광마우스에서 사용되는 변위 센서를 이용하여 감지하는 방식과 반지를 착용한 손의 움직임을 반지에 내장된 카메라의 상의 변화로 감지하는 방식으로 두 가지의 프로토타입을 제작하였다. 제안한 방식의 유효성을 검증하기 위하여 두 가지 프로토타입과 현재 널리 사용되고 있는 터치 패드, 트랙포인트 등의 포인팅 장치와 비교 실험을 수행하였다.

1. 서론

정보통신기술의 비약적인 발전에 따라 대부분의 직장과 가정에서 컴퓨터를 사용하게 되었고 더불어 휴대형 정보기기의 사용도 증가하고 있다. 이러한 컴퓨터의 발전 및 진화 양상은 입는 컴퓨터 즉 웨어러블 컴퓨터가 일상화 되는 멀지 않은 미래를 제시하고 있다. 웨어러블 컴퓨터를 통해 사용자는 언제든지 컴퓨터와 상호작용하며 개인적인 업무뿐만 아니라 다양한 미디어를 통해 여가를 즐길 수 있게 될 것이다. 이러한 웨어러블 컴퓨터나 혹은 각종 소형정보단말기의 개발이 확대되고 사용이 증가하고 있는 가운데 이를 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 소형정보단말기를 위한 텍스트입력기 및 포인팅 장치가 개발되었지만 아직 범용 적으로 쓰일 수 있는 포인팅 장치의 예가 많은 것은 아니다.

주로 산업용으로 많이 사용되고 있는 자이버네트사의 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 컴

퓨터를 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.

본 연구에서는 웨어러블 컴퓨터 및 소형정보단말기를 위한 입력 장치를 고안함에 있어 착용의 편의성, 다양한 어플리케이션에의 적용 가능성, 연속적인 입력에 보다 편리성 등을 디자인의 축으로 하여 두 가지 프로토타입을 개발하고, 사용자 대상 비교 테스트를 실시하였다.

2. 관련연구

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

TiltType [3]은 기울임을 감지하기 위한 가속도 센서와 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 피부의 전도도를 이용하여 외부와 상호작용을 할 수 있게 만든 장치이다. 유연성이 있는 장치이기 때문에 기존의 옷에 쉽게 부착하여 사용할 수 있다.

SmartPad [5]는 엄지손가락의 동작으로 간단한 명령을 입력할 수 있게 만든 장치이다. 엄지손가락의 상하좌우 이동으로 네 방향키의 기능을 할 수 있고 원모양으로 손가락을 돌리면 조그다이얼의 기능을 할 수 있다. 5 by 5의 돌기를 이용하여 손가락의 움직임을 감지하는 입력 장치가 상용화되었다.

3. 포인팅 장치의 요구 사항

현재 웨어러블 컴퓨터는 군사, 건설 등의 특정한 목적을 위하여 활용되고 있으나 가까운 미래에 생활 전반에 확산될 것이 예상되고 특히 개인의 미디어 접근성에 대한 요구를 충족시키기 위한 역할을 가지게 될 것이다. 이러한 웨어러블 컴퓨터를 통해 다양한 작업이 수행될 것이며 동시에 이것은 연속적인 포인팅 작업과 다양한 명령을 입력할 수 있는 입력장치가 필요하게 된다는 것을 의미한다.

개인의 일상적인 생활에 기반 하여 웨어러블 컴

퓨터를 착용했을 때 입력 장치로 요구 되는 점을 살펴보면, 우선 몸에 늘 지닐 수 있을 만큼 매우 작고 가벼워야 하며, 액세서리 형태로 착용 되어 착용에 대한 저항감이 적어야 한다. 또한 이동 중에도 사용이 가능해야하며, 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 Mead Player), 휴대폰 등을 분석하였다. 이 분석을 통해 사람들이 이동 중에 소유하는 기기의 주요 기능은 미디어에 대한 접근이고, 여기서 미디어는 음악, 영화뿐만 아니라 사진과 인터넷 서핑까지 포함 할 것을 예상할 수 있다. 주요 애플리케이션이 필요로 하는 조작명령들과 반지형 포인팅장치에서 가능한 액션들을 표 1에 정리하였다.

표 1 어플리케이션 별 액션 분석

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

4. FeelRing

앞서 요구 사항 분석 단계를 거쳐서 두 가지 타입의 반지형 포인팅 장치의 개념을 스케치하고 각각을 FeelRing-1 과 FeelRing-2로 명명하였다.

4.1 FeelRing의 기본 개념

4.1.1 FeelRing-1

여러 개의 반지나 글로브를 착용해야 하는 부담을 주지 않으면서 효과적인 포인팅 작업을 위해서 하나의 반지 형태로 시작하였고, 한 손 조작을 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 이용하여 손목의 움직임을 인식하고 이를 이용한다. 그림 1에 보인 바와 같이 FeelRing-1은 실제 손가락에 착용하는 반지 부분과 전원 및 PC와 연결부분을 담당

하는 손목부분으로 구성된다.

4.1.2 FeelRing-2

FeelRing-1의 프로토타입을 이용한 파일럿 스테디에서 제기된 한 가지 문제점은 엄지로 비비는 동



그림 1 FeelRing 하드웨어
작을 하는 동안 반지형 장치가 손가락에 밀착되지 못하고 움직이게 됨으로써 정밀한 조작이 힘들다는 점이다. 이 문제는 현재 프로토타입에 국한된 문제일 수도 있고 향후 상품 수준의 프로토타입에서는 해결될 수 있는 문제이기도 하나 다양한 해결책을 병렬적으로 검토해 보자는 취지에서 문지르는 액션에 의존하지 않고 손목의 움직임을 보다 세밀하게 감지하여 활용하는 방법을 검토하기로 하였다.

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 거의 같다. 단, FeelRing-1의 경우 그림 1(a)에서처럼 마우스 센서 앞에 투명 플라스틱판 위의 손가락에 센서의 초점이 맞추어진 반면, FeelRing-2는 광학 변위 센서의 렌즈는 무한대에 초점이 맞추어져 있다. 또한 FeelRing-1의 경우 기계적인 버튼이 없고 노트북 컴퓨터의 터치패드와 같이 텅 부분을 가볍게 두드릴 때 화상의 초점이 변하는 것을 감지하여 클릭 이벤트를 생성한다. 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 처리

하는 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 거의 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 선택하게 되었다.

그림 2에서 Accelerometer는 손의 제스처를 감지하는 것이 목적이므로 10Hz 정도로 대역폭을 제한하고 약간의 여유를 두어 30Hz로 샘플링 하도록 설계하였다. Optical sensor는 Agilent사의 마우스 변위 센서(ADNS2620)다. 같은 소자이지만 FeelRing-1에서는 손가락의 변위를 측정하는 역할을 하고, FeelRing-2에서는 배경 화상의 변위를 측정하는 역할을 한다. 손가락의 지문을 추적하는 목적을 위해서는 Microchip사의 지문 센서를 고려하였으나, 센서에서 출력되는 신호가 변위가 아니고 픽셀 데이터이므로 이로부터 변위를 계산하기 위해서는 외부 프로세서의 많은 부담이 필요하기 때문에 지문에 최적화되어 있지는 않으나 변위 데이터를 직접 출력해주는 Agilent사의 변위 센서를 선택하였다.

FeelRing-1에서는 Agilent사에서 함께 제공되는 광마우스용 렌즈를 가공하여 이용하고 그 위에 손가락이 터치 할 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 one-pole 필터를 이용하여 로우 패스 필터링을 한다.

가속도 센서 처리에는 좀 더 다양한 필터링이 필요하다. 우선 X축의 가속도 값과 Y축의 가속도 값을 로우 패스 필터링을 하여 노이즈를 제거한다. 그 값을 차단 주파수가 훨씬 더 작은 로우 패스 필터링을 하여 시간적 평균을 구하고 그 값을 이용하여 가속도 센서의 기울기 정도를 결정한다. 그리고 두 번의 로우 패스 필터링 값의 차를 구하면 특정

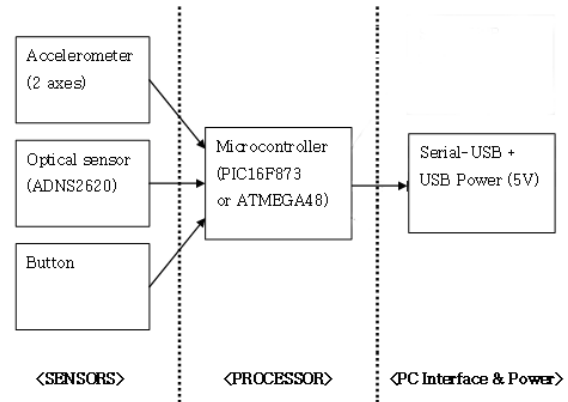


그림 2 FeelRing의 시스템 구성도

이벤트, 즉 기울이기, 흔들기 이벤트 등의 발생을 결정한다. (그림 3)

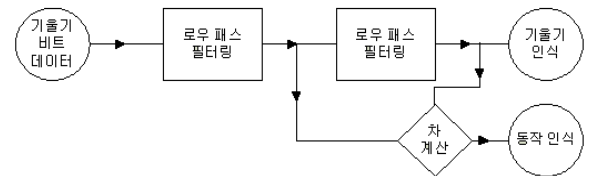


그림 3 가속도 센서 값 처리 블록 다이어그램

3.2.2 이벤트 발생

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

FeelRing-1의 기울이기 이벤트의 경우, 위에서 설명한 것처럼 로우 패스 필터링을 통해서 기기를 상하좌우로 일정한 한계치 이상을 기울였을 때 기기가 기울었음을 알려주는 이벤트가 발생된다. 이때, 이 한계치를 절대치로 고정 시킬 경우 기울이를 할 때마다 특정 기준점으로 이동 시킨 후 기울이기를 해야 하는 문제점이 있기 때문에 팁 부분에 손을 올려놓는 순간 기울기의 기준을 측정하고 이 기준과의 차가 일정한 값 이상이 되면 기울임 이벤트로 인식하도록 하였다.

클릭 이벤트의 경우 FeelRing-1 과 2 두 기기가 처리하는 방식이 서로 다르다. FeelRing-1의 경우 마우스 변위 센서에서 얻어지는 SQUAL(Sur face QUALity)값의 변화를 보고 센서에 손이 닿았는지 아닌지를 판단하게 되는데, 짧은 거리 이동시에도 센서에 손이 닿기 때문에 SQUAL정보만으로는 클릭 이벤트인지 짧은 거리 이동인지를 판단할 수 없다. 따라서 이를 구분하기 위해서 센서에서 출력되는 변위 값을 함께 이용하였다. 이는 X축과 Y축 두 방

향으로의 변위에 대한 절대 값의 합을 계산 했을 때 클릭 이벤트인 경우와 짧은 이동의 경우가 확연히 다른 값을 나타내었기 때문이다. **FeelRing-2**의 경우에는 버튼을 이동 이벤트를 시작하기 위해 눌렀는지, 아니면 클릭을 하기 위해서 구분해야 한다. **FeelRing-2**의 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.

4. 사용자 유용성 테스트

4.1 실험의 개요

FeelRing-1과 **FeelRing-2**의 사용자 유용성을 알아보기 위해서 노트북 컴퓨터에 사용되고 있는 터치패드를 비교 대상으로 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.

지도 찾기 실험에서는 1440x1080 크기의 하얀색 지도에 48개의 가게 이름이 불규칙하게 배치되어 있고 이 지도를 320x240 크기의 창을 통하여 스크롤하며 목표물을 찾는다. 가게의 위치는 매 실험마다 랜덤하게 정해지도록 함으로써 기억을 통해 결과가 좋아지는 현상을 방지하였다. **FeelRing-1**의 경우 기기를 기울여서 스크롤을 하도록 되어 있고, **FeelRing-2**는 기기를 움직여서 지도를 스크롤을 하도록 되어 있다. 주어진 가게를 클릭을 할 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 윈도우 표준 리스트 상자에 정렬이 되어 있고 사용자는 스크롤링을 통하여 지정한 목표물을 선택하는 작업을 반복한다. **FeelRing-1**의 경우 기기를 기울여 스크롤을 하며, **FeelRing-2**는 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 비교대상으로 사용하는 노트북 컴퓨터의 터치패드를 이용해 본 경험이 있으며, 그 중 3명은 터치패드를 익숙하게 다룰 수 있었다. 실험은 IBM ThinkPad R30 노트북 컴퓨터를 이용하여

이루어졌다. 노트북 모니터의 해상도는 1024*768이고 내장되어 있는 터치패드를 이용하였다. **FeelRing-1**의 경우 프로토타입 제작 기술의 한계로 투명한 플라스틱 면에 정확하게 초점을 맞추어 지지 못하는 문제로 인하여 손가락의 움직임의 감지가 다소 불규칙한 문제점이 있었다. 따라서 실험에서는 하얀색 장갑을 착용하도록 하여 손가락의 움직임 감지가 보다 수월하도록 했다. **FeelRing-2**의 경우 사용된 광학 센서가 원래 광마우스용으로 제작되어 작은 영역의 변화 감지에 적합하도록 디자인 되어 있다. 일반적인 영상에서 움직임을 감지하기에는 제약이 있었고, 따라서 이러한 제약을 피하기 위해 센서가 촬영하는 전면에 격자들을 출력한 판을 배치하여 인위적으로 대비를 높여줌으로써 이동 인식을 쉽도록 하였다. 이러한 프로토타입의 제약점은 개념 구현을 위해서 편의상 채택한 센서의 제약이며 제시하는 포인팅 장치에 적합하도록 센서를 설계하게 되면 해결수 있는 제약점들이다. 이후에 기술하는 **FeelRing-2a**는 위에서 지적한 두 번째 제약점이 해결되었을 때의 가능성을 보여 주고 있다.



그림 4 실시한 실험들

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.

4.2 실험 결과

위에서 설명한 실험 환경에서 실험한 결과를 분석하기 위해서 포인팅 장치의 성능 평가에 일반적으로 사용되는 Fitt's law [1] 이용하여 throughput을 계산 하고, 각 실험에 걸린 평균 시간과 표준 편차를 계산하여, 그림 5와 표 2에 정리하였다. 결과를 보면 랜덤 목표 찾기 실험과 리스트 상자 실험에서 **FeelRing-1**과 **FeelRing-2**의 성능이 터치패드에 비하여 전반적으로 부진하였다. 반면 지도 찾기 실험의 경우 **FeelRing-2**가 다른 장치에 비해 좋은 결과를 보여주었다.

본 실험의 원래 의도한 목적은 객관적 비교를 위한 통계의 도출이었으나 결과적으로는 개념의 검증과 프로토타입의 디버깅이 되었다.

FeelRing-1의 경우 실험 시에 흰 장갑을 사용하여 손가락 변위 측정이 용이하도록 했지만, 여전히 변위의 측정이 완벽하지 못하여 조작의 불편함이 여전히 남아 있었다. 동일한 센서를 이용한 FeelTip 프로토타입에서는 이러한 문제가 없었다는 점을 고려하면 FeelRing-1의 광학부가 센서의 성능을 제대로 지원하지 못하고 있다는 점을 알 수 있다. FeelRing-2의 경우 작은 움직임에 위해서는 손목을 미세하게 조절할 필요가 있는데, 센서가 이러한 움직임을 제대로 추적하지 못하여 오류가 많이 발생했다. 이후에 설명하는 FeelRing-2a의 경우 이러한 문제가 없었다는 점을 고려하면 이러한 문제는 센서의 개선을 통하여 해결될 것으로 생각한다.

이번 실험에서는 모든 피 실험자에게 같은 상수값을 이용하여 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 사용될 장치이고 따라서 개인의 성향에 맞춰 상수값을 조절하는 방식을 도입한다면 보다 나은 성능을 보여줄 것으로 기대된다.

실험 디자인에서 비교 대상의 선택이 적절하지 못했다는 점도 지적되었다. 웨어러블 컴퓨터를 위한 장치에 대한 연구이므로 비교 대상 역시 웨어러블 컴퓨터 환경에서 사용되는 것을 선택하고 사용 환경도 동일하게 하여야 하였다. 터치패드가 웨어러블 컴퓨터에 적절하지 않은 장치는 아니지만 비교 실험의 목적에 충실하자면 터치패드를 착용 또는 파괴하고 사용하였어야 했다. 본 실험에서는 테이블에 고정 (노트북에 내장) 된 상태에서 이용하였다.

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 의견도 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 Circle & Identify[8] 연구에서 이용된 프로토타입을 이용하여 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 발생시키고, FeelRing-2에서와 같이 한 개의 버튼이 있어서 엄지로 조작하는 점에서 FeelRing-2 연구의 보완 가능성을 살펴보기 위한 장치로 사용될 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.

일반 광마우스와 IBM 노트북에 탑재된 트랙포인트를 비교 대상으로 하여 랜덤 목표 실험을 수행하였다. 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 3 가지 기기를 모두 테스트 하였다.

그림 6에서 나타난 throughput을 보면 일반 광마우스가 가장 뛰어난 성능을 보여주고 있고,

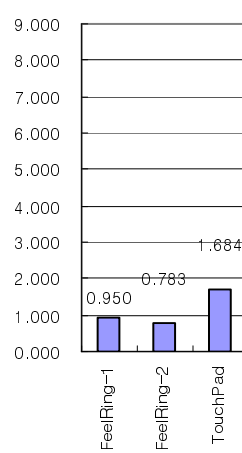


그림 5 Throughput-1

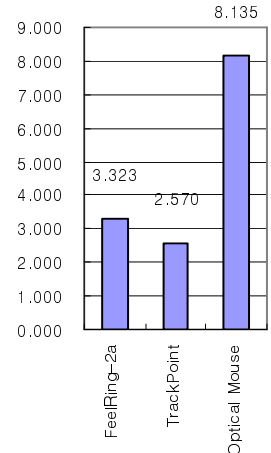


그림 6 Throughput-2

표 2 실험 결과

실험	장치	수행시간 (sec) ¹	오류 횟수 ²
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

1 전체 피실험자의 실험 수행시간 평균치.

2 전체 피실험자가 잘못 선택한 횟수의 평균치.

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.

5. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 반지 형태의 휴대용 기기에서 사용할 수 있는 포인팅 디바이스로, 가속도 센서와 버튼 이용한 포인팅 장치인 FeelRing-1, 그리고 공간 마우스 개념과 버튼을 통해 포인팅을 할 수 있게 만든 장치인 FeelRing-2의 개념을 제시하고 프로토타입을 제작하였다. 프로토타입을 이용한 사용자 실험을 통하여 여러 가지 문제점과 개선 방향을 결정할 수 있었다. FeelRing-1의 경우 장치가 손가락에 정확히 고정되지 않는 문제로 인해 오류가 발생하는 문제, 광학부의 오차로 인한 센서의 성능을 제대로 지원하지 못한 문제, FeelRing-2의 경우 해상도가 낮은 마우스 센서로 인한 문제 등이 주요 개선 사항으로 지적되었다. FeelRing-2의 문제점은 센서 개선을 통하여 해결이 될 수 있음을 Circle & Identify의 프로토타입(FeelRing-2a)을 이용하여 확인하였다.

본 연구에서 FeelRing-2이 좋은 사용자 피드백을 얻었고, 추후 연구는 FeelRing-2의 프로토타입의 개선에 초점을 맞출 계획이다. 본 연구에서 사용한 마우스 센서의 경우 해상도가 가로 18 픽셀, 세로 18픽셀로 상당히 낮았기 때문에 미세한 조절에는 적합하지 않다. 이러한 문제점을 해결하는 시스템 온 칩(SoC) 솔루션 개발이 필요하다.

현재의 프로토타입의 경우 전력 등의 문제로 인해 반지 부분에 모든 장치를 넣지 못하고 손목 부분에 추가적인 장치를 장착 하였다. 소형화와 무선화는 센서의 개선과 사용성 검증 이후 상용화 단계에서 고려되어야 할 사항이다. 또한 현재의 프로토타입의 경우 실용화를 고려하지 않고 디자인을 하였기 때문에 심미적인 요소를 고려하지 않았다. 실용화 단계에서는 그러한 부분을 고려하여 실제로 착용하였을 때 하나의 장신구로 수용될 수 있어야 할 것이다.

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: Unobtrusive Wearable 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", *ICMI'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.