
무선센서 기반 다차원 사용자 움직임 탐지 시스템

김정래* · 정인범**

Multiple Dimension User Motion Detection System base on Wireless Sensors

Jeongrae Kim* · Inbum Jeong**

본 과제(결과물)는 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된
광역경제권 선도산업 인재양성사업의 연구결과입니다.

요 약

현대의 인간은 시간과 공간에 상관없이 정보기기를 이용하여 네트워크에 접근할 수 있는 환경에 노출되어 있다. 이러한 환경에서 사용자들은 다수의 온라인 정보 기기들을 통해 정보를 수신, 입력, 가공이 가능하다. 하지만, 현대에 널리 사용되는 마우스, 조이스틱, 트랙볼 등과 같은 포인팅 시스템은 휴대가 불편하고, 사용시 손이 자유롭지 않기에 유비쿼터스 환경에서 사용하기 어렵다. 본 논문에서는 휴대 및 설치가 간편하고, 사용시 사용자의 손이 자유로운 무선 센서기반의 다차원 사용자 움직임 탐지 시스템을 구현하였다. 본 시스템은 사용자 팔 움직임을 감지하여 수신기로 전달하는 입력기와 입력기로부터 받은 데이터를 응용프로그램으로 전달하는 수신기, 수신한 데이터를 처리하여 명령을 수행하는 응용프로그램으로 구성된다. 실험을 통하여 제안된 시스템이 사용자의 팔 움직임을 정확히 탐지하고, 해당된 입력 요구사항을 충분히 수행함을 보인다.

ABSTRACT

Due to recently advanced electrical devices, human can access computer network regardless of working location or time restriction. However, currently widely used mouse, joystick, and trackball input system are not easy to carry and they bound user hands exclusively within working space. Those make user inconvenient in Ubiquitous environments.. In this paper, we propose multiple dimension human motion detection system based on wireless sensor networks. It is a portable input device and provides easy installation process and unbinds user hands during input processing stages. Our implemented system is comprised of three components. One is input unit that senses user motions and transmits collected data to receiver. Second is receiver that conveys the received data to application, which runs on server computer. Third is application that performs command operations according to received data. Experiments shows that proposed system accurately detect the characteristics of user arm motions and fully support corresponding input requests.

키워드

입력 시스템, 사용자 팔 움직임, 무선센서, 포인팅 표적, 좌표 동결

Key word

Input system, User arm motion, wireless sensors, pointing mark, Coordinates freezing

* 준회원 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 석사과정
(jrkim@snslab.kangwon.ac.kr)

접수일자 : 2010. 12. 23
심사완료일자 : 2011. 02. 16

** 정회원 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 교수 (교신저자)

I. 서 론

유비쿼터스는 ‘언제 어디에나 존재한다’는 뜻을 가진 라틴어로, 현대의 인간은 시간과 장소에 구애받지 않고 네트워크에 연결 가능한 유비쿼터스 환경을 가지게 되었다. 이러한 환경에서 현대의 거의 모든 사람들은 시간과 장소에 구애를 받지 않고 정보 기술을 활용하여 정보에 접근/생산/분배가 가능하다. 거기에 더하여 현대의 인간은 N-Screen 환경에 노출되어 있다. N-Screen 환경은 한 명의 사용자가 TV, 컴퓨터, 스마트폰, 스마트태블릿 등 여러개의 디바이스 화면을 사용하는 환경을 뜻하는 말이다. 특히 이러한 멀티 스크린 환경을 제공하는 각각의 디바이스가 다른 OS 및 구동 환경을 가지고 있다. 이렇게 다양한 정보기기 환경에서 사용자가 디바이스를 사용하여 정보에 접근할 수 있는 루트가 다양하다.

이렇게 인간이 다수의 다양한 정보기기와 화면을 사용할 있는 환경 속에서 현재, 인간은 매일의 일상 업무 및 정보 처리 활동을 스마트폰에서부터 컴퓨터까지 상당히 다양한 정보기기를 활용하여 처리하고 있다. 이러한 다수의 다양한 정보기기를 사용하기 위해 현재의 인간은 키보드, 마우스에서부터 터치 시스템까지 다양한 입력 시스템을 발명하여 사용 중이다. 하지만, 동시에 이렇게 다양한 정보기기 및 입력 시스템에 노출되어 사용하는 것은 많은 어려움이 따른다. 여러 입력시스템이 디바이스에 의존적이고 디바이스마다 다른 사용법을 가지고 있기 때문이다. 또한 정보기기는 하루가 다르게 다시 만들어지거나 새롭게 발명되며 변화하고 있다. 이렇게 급속도로 변화하는 정보기기와 함께 입력 시스템 또한 다양한 양상으로 변화하고 있다. 이러한 상황에서 새롭거나 각기 다른 사용법을 갖는 입력 시스템에 대한 학습도 부담으로 다가온다. 또한 대다수의 입력 시스템을 사용할 때에는 사용자가 손을 자유롭게 활용하지 못하는 단점을 가지고 있다. 예를 들어 키보드나 마우스, 터치식 입력기기의 경우 손으로 물체를 들고 있을 경우에는 사용하기 힘들다.

이러한 환경에서 웨어러블 컴퓨터가 최적의 대안이 될 수 있다. 소형의 웨어러블 컴퓨터는 사용자에게 부착된 여러 가지 센서와 장치를 통하여 사용자로부터 정

보를 수집/처리하여 사용자에게 적합한 피드백을 줄 수 있다. 특히 무선으로 작동하는 WSN 기술을 적용하면, 다양한 디바이스에 정보를 무선으로 송/수신할 수 있다. 이러한 점은 유비쿼터스, N-Screen 환경에 적합한 입력 시스템을 구현가능하다. 현대에는 입력 시스템을 구현하기 위하여 GUI(Graphic User Interface)를 고려해야 한다. GUI는 현재 가장 인기가 있고 광범위하게 정보 기기에서 사용중인 사용자 인터페이스이다. 현재에는 일반 컴퓨터 소프트웨어 뿐만 아니라 웹페이지, 스마트폰, 태블릿 등이 GUI를 사용하고 있다. 이러한 GUI를 구성하는 핵심 요소가 아이콘이나 버튼이라고 할 수 있다. 이러한 요소를 사용하기 위해 아이콘이나 버튼을 포인팅하는 것이 필수적이다. 현재는 포인팅을 위해 마우스, 조이스틱, 트랙볼, 터치패드, 손가락 등을 사용 중이다. 하지만 이러한 포인팅 디바이스가 각 정보기기에 의존적이라는 단점이 있다. 또한 이러한 디바이스를 사용할 때에는 손이 자유롭지 못하고 휴대가 불편하다는 단점이 있다.

본 논문에서는 유비쿼터스 및 N-Screen 환경에 적합한 무선센서 기반 다차원 사용자 움직임 탐지 시스템을 제안한다. 본 시스템은 WSN 기술을 이용하여 웨어러블 컴퓨팅 기술을 사용하여 구현하였다. 저가, 저전력, 저중앙, 무선의 장점을 가지는 WSN 기술을 활용하였기에 본 시스템은 설치 및 관리가 간편할 뿐만 아니라, 사용자가 쉽게 착용할 수 있다는 장점을 가지게 되었다. 본 시스템의 입력기는 사용자의 팔에 장착된다. 팔에 장착된 입력기의 가속센서를 이용하여 사용자의 팔 움직임 정보를 수집하여 가공한 후 사용자가 원하는 포인팅 및 액션 피드백을 주게 된다. 특히 본 시스템을 사용할 경우 정보기기를 사용하는 중에도 손을 자유롭게 쓸 수 있는 장점이 있다. 본 시스템은 랩탑컴퓨터, PC, TV, 태블릿 등 다양한 디바이스에 사용가능하다. 그러나 스마트폰이나 PDA 등과 같은 핸드헬드 디바이스에 사용하기에는 아직 무리가 따른다. 향후 연구를 통하여 이 부분을 개선할 예정이다.

본 논문은 총 6장으로 이루어져 있으며, 구성은 다음과 같다. 2장에서는 WSN과 다양한 입력 시스템의 연구 동향을 살펴본다. 3장은 본 시스템의 구성과 동작법을 4장에서는 포인팅 및 액션 커맨드 수행 기법과 작동 알고

리즘을 5장에서는 실험 결과에 대해 설명한다. 6장에서는 결론 및 향후 계획을 제시한다.

II. 관련연구

2.1 WSN(Wireless Sensor Network)

무선 센서 네트워크(WSN), 혹은 유비쿼터스 센서 네트워크(USN, Ubiquitous Sensor Network)란 아주 작은 크기의 독립된 무선 센서 노드들을 건물, 도로, 의복, 인체, 산, 자연 등 공간에 배치하여 주위의 빛, 온도, 자기 장, 속도 등의 환경 정보들을 무선으로 감지하여 관리할 수 있는 기술을 의미한다. 이러한 무선 센서노드들에는 센서와 센서를 제어하는 회로, CPU, 무선통신모듈, 안테나, 전원장치 등이 내장되며, 주변 센서노드들과 함께 Ad-hoc 통신 기법으로 데이터를 전송한다.[1,2]

WSN을 사용 시 전원 공급 및 소비 문제, 낮은 컴퓨팅 파워와 메모리, 망 구성에 관한 사항을 고려하여야 한다.

2.2 기존 포인팅 디바이스

현재에는 GUI(Graphic User Interface)가 광범위하게 쓰이고 있다. GUI 환경에서는 사용자는 기존처럼 명령어 입력을 통해 정보기기를 사용하는 것이 아니라, 아이콘 및 버튼 같은 그래픽 요소 클릭을 통해 정보기기 사용이 가능해졌다. 사용자들은 GUI를 이용하여 정보 기기

를 보다 쉽게 사용할 수 있게 되었다. 이러한 이유로 인해 현재는 컴퓨터 및 정보 기기가 다양한 분야에서 다양한 사람들에 의하여 사용되고 있다.

GUI환경에서는 포인팅 디바이스가 절대적으로 필요하다. 전통적으로 포인팅 기능 수행을 위해 마우스를 비롯하여, 조이스틱, 트랙볼, 태블릿 등이 널리 사용되고 있다. 하지만 다양한 정보 기기가 곳곳에 산재하는 유비쿼터스 환경에서는 휴대가 불편하다는 단점을 가지고 있다.

이러한 유비쿼터스 환경에 적합하게 휴대가 간편한 입력 시스템이 발명되고 있다. 특히, 각종 센서를 적용한 무선 마우스[4,5], 스타일러스펜, 터치 스크린/패드 시스템[7,8], 휴대용 클릭패드/키보드[6] 등이 있다. 하지만 이러한 휴대용 입력 시스템은 손에 들고 사용하기에 사용시 손이 자유롭지 못하다는 단점이 있다.

손을 자유롭게 만들 수 있는 포인팅 디바이스는 보통 비전 인식 기술을 통하여 수행한다. 비전 인식을 위한 포인팅 기술에는 눈동자 인식 및 추적을 이용한 기법[12,13], 사용자의 제스처 인식[9,10,11]을 이용한 기법 등이 있다. 이러한 비전 인식을 통한 포인팅 기법은 주변광 및 배경 등의 주변 환경에 영향을 많이 받고, 설치 및 수거가 불편하기에 휴대성이 떨어진다는 단점이 있다.

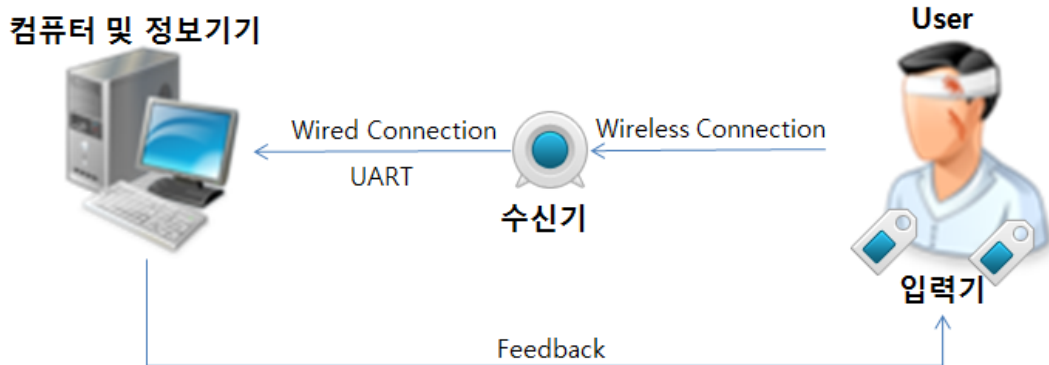


그림 1. 시스템의 작동 및 구성
Fig 1. System Overview

III. 시스템의 구조

시스템 구현을 위하여 세 개의 센서 모트와 두 개의 3축 가속센서를 사용하였다. 두 개의 모트와 두 개의 가속 센서를 사용하여 입력기를 제작하였다. 입력기는 사용자의 팔움직임을 감지하여 수신기로 보내는 역할을 수행한다. 하나의 모트를 사용하여 수신기를 구현하였다. 수신기는 입력기로부터 데이터를 받아 컴퓨터 및 정보기기로 UART 인터페이스를 통하여 데이터를 전달하는 역할을 수행한다. 두 개의 입력기를 암밴드 형태로 구성하여 사용자가 착용하기 편하도록 제작하였다.

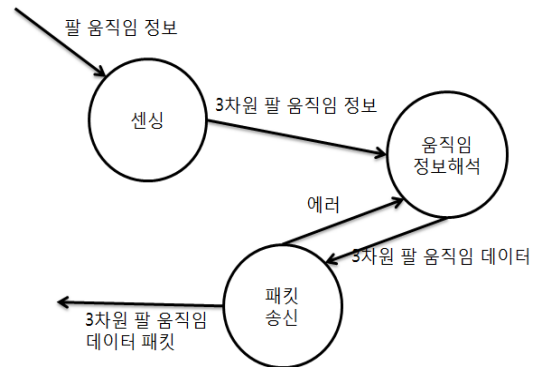


그림 2. 입력기의 구조
Fig 2. Structure of Input Application

[그림 1]은 전체 시스템이 작동 및 구성을 나타낸다. 시스템은 크게 입력기, 수신기, 컴퓨터 및 정보기기에 설치된 애플리케이션과 같이 3부분으로 구성되어 있다. 시스템이 동작하는 것을 단계적으로 살펴보면, 1)사용자는 양팔에 입력기 장착, 2)입력기의 3축 가속센서가 사용자의 팔움직임 정보를 감지, 3)입력기는 감지한 팔움직임 데이터를 수신기로 전송, 4)수신기는 입력기로부터 사용자의 팔움직임 데이터를 무선으로 수신하여, UART 인터페이스를 통해 컴퓨터 및 정보기기로 전송, 5)컴퓨터 및 정보기기에 설치된 애플리케이션은 수신기로부터 데이터를 받은 후 처리하여 사용자가 원하는 포인팅 및 액션 명령어를 처리한다.

3.1 입력기

[그림 2]는 입력기의 구성을 나타낸다. 입력기는 크게 센싱, 움직임 정보해석, 패킷 송신 기능을 수행한다.

센싱부는 3축 가속센서로부터 사용자의 팔움직임 정보를 받아온다. 받아온 정보를 3차원 팔움직임 정보로 만들어 움직임 정보해석부로 전달한다. 움직임 정보해석부는 센싱부로부터 수신한 3차원 팔움직임 정보를 클라이언트 애플리케이션이 처리하기 편한 데이터로 가공한다. 움직임 정보해석부에서 가공된 데이터를 패킷 송신부로 전달된다. 패킷 송신부는 무선 통신을 통하여 수신기로 정보를 전달하는 역할을 수행한다. 이를 위해 통신부는 움직임 정보해석부로부터 받은 데이터를 패킷화하여 보내게 된다. 패킷 송신부에서 생성하는 데이터 패킷의 구성은 [그림 3]과 같다.

3.2 데이터 패킷

[그림 3]은 입력기에서 생성하는 데이터 패킷을 나타내고 있다. [그림 3]은 일정 순간 한 쪽팔에서 오는 데이터 패킷을 나타낸다. 데이터 패킷은 1.2초에 한 번씩 생성이 되기에, 1.2초마다 각 팔의 데이터(총 2개)를 수신

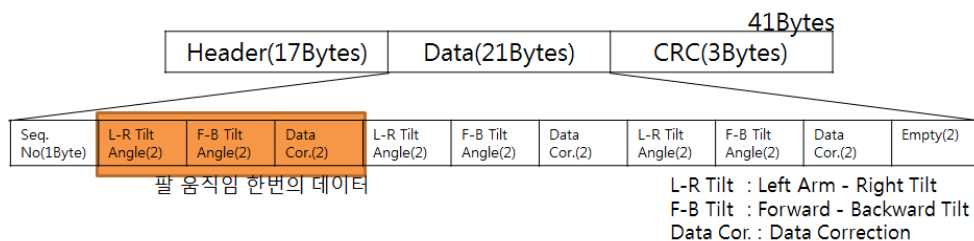


그림 3. 데이터 패킷의 구조
Fig 3. Structure of Data Packet

하여 처리하게 된다. 하나의 데이터 패킷에는 0.4초마다 센싱되는 팔의 전/후/좌/우 기울기 데이터 3개로 구성된다. [그림 3]에 나타나듯 데이터 패킷은 총 41바이트로 구성되며, 크게 헤더, 데이터와 CRC로 구성된다. 헤더와 CRC는 데이터 패킷의 전달과 오류 확인을 위하여 사용된다. 사용자의 팔움직임 데이터를 21바이트로 구성하여 전송한다. 패킷의 데이터부 21바이트에는 데이터의 순서 넘버링을 위한 시퀀스 넘버 데이터가 1Byte가 들어간다. 사용자의 팔움직임 데이터는 좌우 기울기(L-R Tilt), 전후 기울기(F-B Tilt), 데이터 교정(Data Correction)으로 나누어져 각 2바이트로 구성되어 전송된다. 사용자의 팔움직임에 관한 데이터 3개가 한 패킷에 담겨 전송된다. 각 데이터는 0.4초에 하나씩 센싱되어 패킷에 담겨진다. 이렇게 데이터는 19바이트로 구성이 된다. 남은 2바이트는 0을 담아 패킷의 데이터를 구성한다.

3.3 수신기 및 클라이언트 애플리케이션

수신기는 단순히 입력기로부터 무선으로 데이터 패킷을 수신하여 컴퓨터로 UART 통신을 이용하여 전달하는 역할을 수행한다. 무선 통신은 Zigbee 통신을 사용한다. Zigbee는 868MHz, 902MHz ~ 928MHz 및 2.4GHz에서 동작하는 무선의 개인 영역 통신망의 프로토콜이다. Zigbee를 사용하면 통상 50m 이내의 거리에서 떨어져 있는 장치들간 최고 250kbps의 속도로 데이터를 주고 받을 수 있다. Zigbee는 IEEE-SA에 의해 승인된 802.15 프로토콜에 기반을 두고 있다[3].

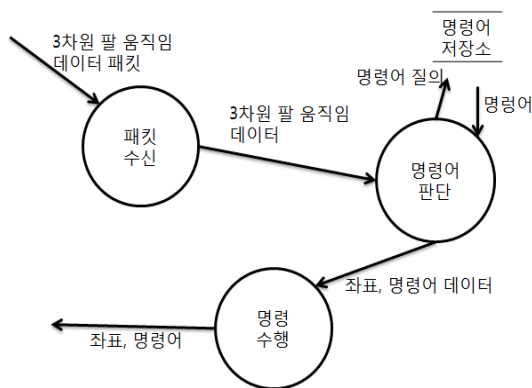


그림 4. 클라이언트 애플리케이션의 구성도
Fig 4. Structure of Client Application

[그림 4]는 클라이언트 애플리케이션의 데이터 흐름을 나타낸다. 클라이언트 애플리케이션의 구동을 단계적으로 살펴보면 다음과 같다. 1)클라이언트 애플리케이션은 수신기로부터 팔 움직임 데이터를 수신, 2)수신한 데이터를 처리, 3)사용자가 원하는 포인팅 영역이나 명령을 분석, 4)분석 결과를 컴퓨터에 전달하여 사용자의 명령 수행을 가능하게 한다.

클라이언트 애플리케이션은 수신부, 처리부, 수행부로 구성되어 있다. 수신부는 수신기로부터 41바이트의 데이터를 수신한다. 수신한 41바이트의 데이터 중 헤더와 CRC, 빈 데이터 영역 같이 입력 시스템 본연의 임무를 수행하는데 불필요한 데이터는 제거하고 사람의 팔 움직임과 관련된 데이터 19바이트만 선별하여 처리부로 보내게 된다. 처리부는 수신부로부터 수신한 19바이트의 데이터를 분류하는 작업을 우선 수행한다. 수신한 데이터는 시퀀스 넘버 1바이트, 좌우 기울기 움직임 정보 6바이트, 전후 기울기 움직임 정보 6바이트, 데이터 교정 정보 6바이트로 분류가 된다. 분류된 정보를 분석하여 현재 사용자의 손 움직임을 판별한다.

판별된 결과가 포인팅 작업이면 포인팅 좌표를, 반면 결과가 액션 명령이면 명령어 저장소에 질의한 액션 명령 결과를 수신하여 수행부로 전달하는 역할을 수행한다. 수행부는 처리부로부터 수신한 좌표, 명령어 데이터를 수신하여 컴퓨터가 사용자가 원하는 결과를 도출할 수 있게 변환하여 최종적으로 명령을 수행하는 역할을 한다.

IV. 포인팅 지점 및 명령 설정

4.1 포인팅 지점 설정

[그림 5]는 본 시스템이 사용자가 원하는 마우스 포인터 위치의 도출 방법을 나타낸다. 본 시스템에서는 양팔의 기울임 각도를 사용하여 사용자가 원하는 포인팅 지점을 산출한다. 포인팅 지점 산출을 위해 본 시스템에서는 가상선(VP, Virtual Line)과 랑데부 포인트(RP, Rendezvous Point), 랑데부 각(RA, Rendezvous Angle)이라는 개념을 도입하였다.

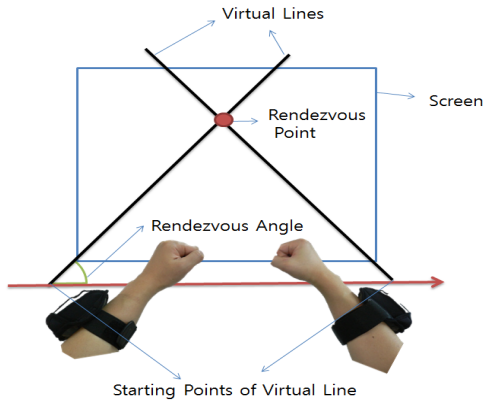


그림 5. 포인트 지점 도출 방법
Fig 5. Calculating the Rendezvous Point

가상선은 사용자의 팔 기울기를 통해 만들어지는 가상의 선이다. 랑데부 각은 가상선 생성을 위해 사용되는 사용자의 팔 기울기, 즉 가상선의 기울기를 의미한다. 사용자의 양팔을 기울기를 통해 만들어지기에 두 개의 가상선이 존재하며, 이 선들의 교점을 산출해 랑데부 포인트를 산출한다. [그림 5]에 나타나듯이 가상선의 원점(SP, Starting Point of Virtual Line)은 화면에서 약간 벗어나서 존재하게 된다. 왜냐하면 가상선이 화면의 가장자리에 존재할 경우, 사용자가 화면의 아랫부분을 가리킬 경우 두 개의 가상선과 화면의 아랫부분이 정확하게 겹치게 되어 포인트 업무를 수행할 수 없기 때문이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 가상선의 원점을 화면에서 벗어난 지점으로 선택했다. 가상선 도출을 위해 <표 1>의 식이 사용된다.

표 1. 가상선 및 랑데부 각 도출 수식
Table 1. Calculating the Virtual Lines and Rendezvous Point

$$y - y_1 = m(x - x_1) \text{----- (1)}$$

$$m = \tan\theta \text{----- (2)}$$

<표 1>에 나타난 식 (1)은 가상선을 도출하는 수식이다. 식 (1)에서 (x1, y1)은 원점을 의미하고, m은 가상선의 기울기, 즉, 랑데부 각을 나타낸다. 기울기를 구하기

위해서 식 (2)를 사용한다. 식 (2)에서 나타나는 θ는 입력기에 위치하고 있는 3축 가속도 센서를 사용하여 구한다. 랑데부 각은 0°에서부터 90°까지의 값을 가지며, 그 이외의 값은 에러로 간주하고 에러 처리를 수행한다.

표 2. θ의 도출 과정
Table 2. Calculating the θ

$$V_{out} = 1650mV + 800mV \times \sin\theta \text{--- (1)}$$

$$\theta = \arcsin\left(\frac{V_{out} - 1650V}{800mV}\right) \text{----- (2)}$$

$g = \text{Earth's Gravity}$
 $\theta = \angle \text{ of Arm Tilt}$

<표 2>는 입력기로부터 들어오는 데이터를 사용하여 사용자의 팔 기울기를 구하는 식을 나타내고 있다. <표 2>의 식(1)은 사용자 팔 기울기를 구하기 위한 가속센서의 동작 특성을 적용한 식이다. 이 식을 팔 기울임을 기준으로 풀어보면 <표 2>의 식 (2)가 된다.

랑데부 포인트는 위에서 구해진 두 가상선간의 교점을 의미한다. 계산을 통해 도출된 랑데부 포인트가 포인트 지점에 적용될 좌표가 된다. 랑데부 포인트 산출을 두 가상선의 수식을 연립하여 계산한다. 두 가상선의 방정식을 연립하여 계산한 랑데부 포인트는 현재 사용자의 화면의 크기를 참조하여 적정성을 검사한다. 적정한 좌표라는 것이 확인되면, 사용자가 원하는 지점으로 포인터를 옮기게 된다. 만약, 현재의 화면에 존재할 수 없는 좌표가 나오면 에러로 간주하고 에러처리를 수행한다.

4.2 명령어

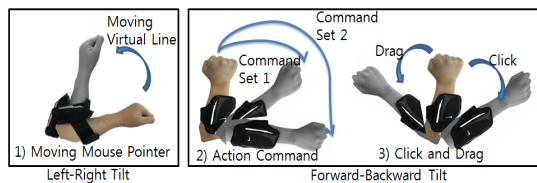


그림 6. 팔움직임을 이용한 명령 체계의 구현
Fig 6. Command Mode

[그림 6]은 본 시스템이 감지할 수 있는 사용자의 팔 움직임에 나타낸다. 본 시스템은 크게 사용자 양손의 좌우 기울기 측정(1)을 통한 포인팅 기능과 전후 기울기 측정을 통한 액션 커맨드(2)와 클릭 및 드래그 기능(3) 수행이 가능하다.

[그림 6]에서 그림 (1)은 사용자의 양팔의 좌우 기울기(L-R Tilt, Left-Right Tilt)를 감지하여 가상선을 통한 포인터 이동기능을 수행하는 사용자의 팔 동작을 나타내고 있다. 좌우 기울임을 감지하여 포인팅 기능을 수행하는 단계는 다음과 같다. 1)시스템은 사용자의 양손의 0°~90°사이의 움직임을 감지, 2)사용자의 좌우 팔움직임을 통해 나타나는 값이 <표 2>의 식 (2)를 통해 θ 를 계산하여 랑데부 각 도출, 3)가상선 생성, 4)가상선 교점 산출을 통해 랑데부 포인트 생성, 5)랑데부 포인트의 적정성 검사, 6)랑데부 포인트를 이용해 포인팅 기능 수행. 이러한 방식으로 랑데부 포인트를 사용한 2차원 평면에서 사용자가 원하는 포인팅 장소를 정하는 것이 본 시스템의 핵심 기능이다.

[그림 6]에서 그림 (2)은 사용자 왼팔의 전후 기울임(F-B Tilt, Forward-Backward Tilt)을 감지하여 액션 커맨드 기능을 수행하는 사용자의 팔 움직임을 나타낸다. 팔 움직임을 통한 명령 기능을 수행하기 위하여 사용자는 다음과 같은 단계를 수행하여야 한다. 1)기기를 착용 후 사용자가 왼손을 전/후 방향으로 움직임, 2)커맨드 셋을 인지, 3)오른팔의 전/후/좌 기울임 감지, 4)각 방향을 인식하여, 상황에 맞는 명령을 실행으로 종결된다. 사용자의 오른팔의 전/후/좌의 움직임을 감지하여 명령을 수행할 수 있으므로, 하나의 커맨드 셋에는 3개의 명령이 존재한다. 이러한 방법으로 본 시스템은 커맨드 셋을 2개 사용하여 총 6개의 사전 예약 명령을 수행할 수 있다.

액션 커맨드 기능을 사용하면 사용자는 여러단계에 걸쳐 실행하는 기능을 한 번의 손 동작을 통해 수행하여 업무 수행시간 절약이 가능하다. 뿐만아니라, 사용자가 디스플레이가 없거나 디스플레이를 볼 수 없는 환경에서 간단한 팔움직임을 통해 정보기기의 명령을 수행 가능하게 한다. 예를 들어 교통 경찰이 이 기능을 이용하면, 간단한 손동작을 통해 신호등을 무선 제어 할 수 있다. 거기에 더하여 디스플레이가 없는 환경에서 원격으

로 로봇 조정등도 가능하다.

[그림 6]에서 그림 (3)은 마우스의 클릭과 드래그 기능을 구현하는 팔 움직임을 나타내고 있다. 클릭 및 드래그 기능은 사용자의 오른팔 전후 기울기를 감지하여 수행한다. 사용자가팔을 전후로 움직일 때, 좌우의 움직임에도 영향을 주게 된다. 이러한 의도적이지 않은 사용자 팔의 좌우 움직임은 랑데부 포인트 선정에 영향을 주게 된다([그림 7](4)-(a)). 그 결과 사용자가 정확히 원하는 대상을 클릭할 수 없는 문제가 발생하게 된다. 이를 해결하기 위해 본 시스템에서는 좌표 프리징(Coordinates Freezing)기법을 사용한다.

좌표 프리징기법이란 사용자가 클릭 또는 드래그 명령을 수행하려는 전후 기울임에 영향을 받은 좌우 기울임으로 인해 나타나는 랑데부 포인트 산출 오류를 방지하려는 기능이다. 좌표 프리징 기법은 다음과 같은 단계를 따라 진행된다. 1)사용자가 클릭 및 드래그 기능을 위해 오른팔의 전후 기울임을 프리징 임계치(Freezing Threshold) 이상으로 가져감, 2)프리징 임계치 값 이전의 랑데부 포인트로 현재의 좌표에 고정 후 클릭 또는 드래그 기능 수행, 3)기능 수행후 프리징을 종료하는 것으로 단계가 완료된다.

사용자가 원하는 클릭 및 드래그 기능을 위해서는 두 종류의 움직임이 필요하다. 본 시스템에서 사용자가 오른팔을 앞쪽으로 기울이는 것을 클릭 기능, 뒤 쪽으로 기울이는 것을 드래그 기능으로 정의하였다. 드래그 기능은 토글 기능을 활용하여 적용이 한다. 다시 말하면, 오른팔을 한번 뒤로 기울이면 드래그 기능이 시작된다. 드래그 기능 수행을 위한 단계를 살펴보면, 1)사용자가 드래그를 원하는 곳에서 오른팔을 뒤로 기울임, 2)드래그 토글을 켜고 드래그 모드 돌입, 3)사용자가 드래그 기능 수행, 4)오른팔을 위로 기울임, 5)드래그 토글을 끄고, 드래그 모드를 종료한다.

4.3 움직임 측정

[그림 7]는 사용자가 원하는 기능 수행을 위해 팔을 움직일 때 나타나는 데이터를 기반으로 만들어진 그래프이다. 상기의 그래프는 현재 시스템에서 처리할 수 있는 모든 팔 움직임을 표현하고 있다. 본 그래프에서 가로

축(y)는 시간을, 세로축(x)는 데이터 값의 크기를 나타내며, 각 그래프는 사용자의 팔 기울기를 좌우 기울기(L-R Tilt), 전후 기울기(F-B Tilt), 교정(Correction)으로 정의하여 나타내고 있다.

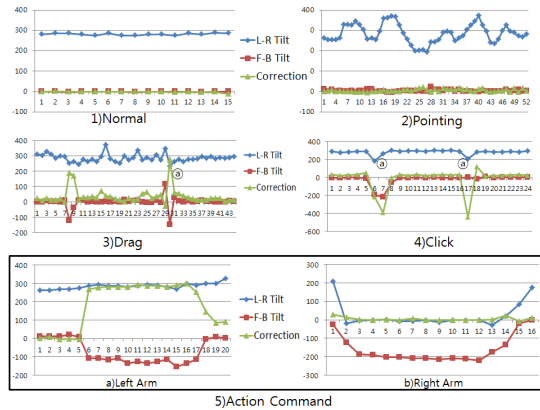


그림 7. 각 명령 실행시 팔 움직임을 나타낸 그래프
Fig 7. Graph about Each Command

[그림 7]에서 (1)의 그래프는 시스템을 시작하고 왼팔 기울기의 초기 상태의 데이터를 나타낸다. 그래프에 나타나듯이 입력기에서 들어오는 값에 오실레이션이 존재하고 있다. 본 시스템은 입력기로 들어오는 데이터에 포인팅 임계치(Pointing Threshold)를 적용하여, 오실레이션에 의해 발생될 수 있는 오류를 해결하였다. 포인팅 임계치의 산출은 시스템 시작 후 나타나는 오실레이션을 수차례 관찰하여 도출하였고, 추후 지속적인 시스템을 사용하며 보다 정확한 입력 시스템을 구현할 수 있는 포인팅 임계치로 보정하였다. 이러한 포인팅 임계치 값은 사용자의 시스템 동작 환경이나 사용하는 센서의 종류나 사용환경에 영향을 받을 수 있다.

[그림 7]에서 (2)번 그래프는 포인팅을 위한 왼팔의 움직임을 통해 나타나는 기울기를 표현한다. 그래프는 사용자가 전후의 기울임을 최소화하여 시스템을 동작하는 상태를 나타낸다.

[그림 7]에서 (3), (4)번 그래프는 클릭 및 드래그 기능을 수행시에 나타나는 데이터를 보여준다. 모든 그래프는 오른팔로부터 들어오는 데이터를 나타낸다. (3)번 그

래프는 사용자가 드래그 기능을 수행할 때의 팔 움직임을 보여준다. 그래프를 보면 가운데 위치한 전후 기울기 값이 두 번의 피크치를 나타내는 것을 확인할 수 있다(㉠). 첫 번째 피크에서 시스템의 드래그 토글이 켜지게 되고, 시스템은 드래그 모드로 돌입한다. 드래그 모드로 돌입한 후 나타나는 상단의 좌우 기울기 값을 분석을 통해 드래그 업무를 수행한다. 드래그 기능을 마친 후 그래프에서 나타나는 전후 기울기 값은 두 번째 피크가 드래그 토글을 끄게 되면 시스템 드래그 모드는 정지하게 된다.

(4)번 그래프는 사용자가 클릭 기능을 수행시 나타나는 데이터를 표현한다. 마우스 클릭 기능은 사용자 팔의 전후 기울기 값을 분석하여 이루어진다. 사용자가 클릭 기능을 수행시 전후 기울기 값 그래프는 아래로 피크를 보인다. 이를 인식하여 클릭을 인지하게 된다.

[그림 7]의 그래프 (5)는 사용자가 액션 커맨드 기능을 수행할 때 나타나는 팔 움직임 데이터를 보여주고 있다. 유비쿼터스시대에서는 사용자가 화면을 볼 수 없는 환경에서도 정보기기의 조작이 필요한 상황이 존재한다. 이를 위하여 본 시스템에서는 액션 커맨드 기능을 구현하였다. 또한 액션 커맨드 기능을 사용하면, 사전 예약 명령을 빠른 속도로 수행할 수 있는 시간 절약 효과도 가질 수 있다. 좌편에 위치한 그래프 (a)는 사용자의 왼팔, 그래프 (b)오른팔의 동시 움직임을 나타낸다. 그래프 (a)는 사용자가 액션 커맨드 모드로의 진입을 위한 움직임을 그래프 (b)는 액션 커맨드 모드에서 예약 명령을 실행하는 움직임을 보여주고 있다. 본 시스템에서 액션 커맨드는 그래프 (a)에서 전후 기울기 값이 시간(y)축의 값 5 정도의 지점에서 전후 기울임이 급격하게 상승하는 것을 볼 수 있다. 급격한 상승 후 값의 유지를 확인한 후 7의 지점부터 시스템이 액션 커맨드 명령 모드로 돌입한다. 이 시간(y축 값 7)이후로 들어오는 오른팔의 움직임을 분석하여 해당 명령을 수행하게 된다.

4.4. 알고리즘

[그림 8]은 본 시스템의 동작 알고리즘을 나타낸다. 시스템이 시작하면, 일단 입력기로부터 사용자의 팔 움직임 각도 정보를 수신하게 된다. 수신한 팔 움직임 각도를 처리하여, 사용자가 원하는 명령을 분석한다. 사용자

가 시스템에 요구할 수 있는 명령은 포인터의 이동, 클릭 및 드래그, 액션 커맨드 이렇게 3가지로 구성되어 있다. 시스템은 사용자가 원하는 명령을 인식하여 분기하여 처리한다.

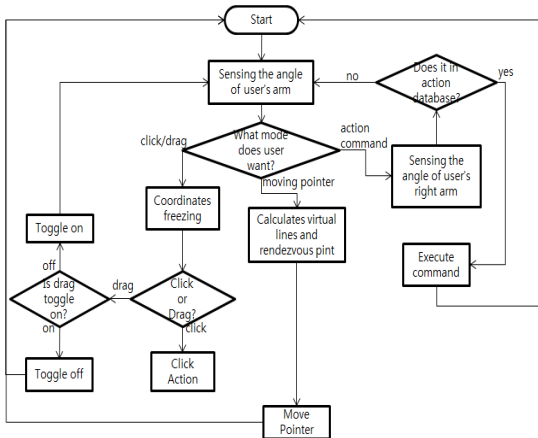


그림 8. 시스템 구동 알고리즘
Fig 8. System Algorithm

사용자가 포인터 이동을 원할 경우 입력 받은 사용자의 팔 움직임 데이터를 기반으로 가상선을 도출한다. 계산을 통해 산출된 두 가상선의 교점이 랑데부 포인트이며, 이것이 포인터 이동에 쓰이는 좌표이다. 시스템은 계산된 랑데부 포인트가 현재 사용자가 사용하는 화면 내에 존재하면 포인터를 이동시킨다. 만약 랑데부 포인트가 현재 화면에서 존재할 수 없는 지점으로 계산된다면, 에러로 간주하고 처리한다.

사용자가 액션 커맨드 기능을 원할 경우, 시스템은 액션 커맨드 모드로 전환되고 사용자의 오른팔 팔 움직임을 다시 입력받는다. 받아온 팔 움직임이 명령어 데이터베이스에 존재할 경우 해당 명령을 실행하고, 없을 경우는 에러로 간주하고 처리를 수행한다. 현재 시스템은 액션 커맨드 모드로 전환을 위하여 사용자의 왼팔의 전/후 기울기를 인식한다. 전후기울기 두 개의 명령어 그룹화가 가능하다. 이런 명령어 그룹화를 명령어 집합(Command Set)라고 한다. 각 명령어 집합은 3개의 명령어를 정의할 수 있다. 팔의 기울임을 세분화하여 더 많은 사전 명령어 저장이 가능하다. 하지만, 액션

명령을 세분화할 경우 사용자가 디스플레이가 없는 환경에서 신속하게 명령어를 입력하기가 어려우므로 배제하였다.

입력기로부터 받은 사용자의 팔 움직임 중, 오른팔의 전/후 움직임을 분석하여 클릭 및 드래그 기능을 수행하게 된다. 클릭 및 드래그 수행 모드로 진입하면, 우선 가장 중요한 좌표 프리징 기능을 실행한다. 좌표 프리징은 사용자의 전/후 팔 움직임에 현재 산출된 랑데부 포인트가 움직이지 않게 하기 위한 기능이다. 사용자 팔의 전/후 움직임에 좌/우 방향의 기울기가 영향을 받게 되면, 엉뚱한 좌표에서 클릭 앤 드래그 기능을 수행할 수 있기 때문에 좌표 프리징 기능이 반드시 필요하다. 그 후, 사용자가 클릭과 드래그 중 무엇을 원하는지 판별한다. 사용자가 드래그를 원하면 드래그 토글을 검사하고, 토글이 꺼져있을 경우, 토글을 켜고 드래그 모드를 시작한다. 토글이 켜져 있을 경우는 토글을 끄고, 드래그 모드를 마치게 된다. 사용자가 클릭을 원할 경우 현재의 포인트에서 클릭 기능을 수행한다.

V. 실험 및 결과

<표 3>과 <표 4>는 실험 환경을 나타내고 있다. 시스템에 사용된 컴퓨터의 제원은 <표 3>과 같이 CPU : Intel® Core™ Quad CPU Q6600 @ 2.40GHz 2.40GHz, Memory : 3GB, OS : Windows 7 Ultimate K 32bit, .NET Framework v4 환경에서 동작한다. 애플리케이션은 Windows 7 Ultimate K 32bit, MS .NET Framework 4.0 환경에서 C#을 이용하여 개발하였다.

표 3. 실험 컴퓨터 제원
Table 3. Specification of Computer

CPU	Intel® Core™ Quad CPU Q6600 @ 2.40GHz 2.40GHz
Memory	3GB
OS	Windows 7 Ultimate K 32bit
Language	C#(.NET Framework v4

<표 4>는 시스템에서 사용자의 팔 동작 감지 및 감지 데이터를 컴퓨터로 전송하는 센서 모드의 제원을 나타낸다. 센서 모드는 CPU : ATmega128 (program 128Kbyte RAM 4Kbyte EEPROM 4KB AD 10bit 8ch, Memory : 512KB Flash memory, OS : TinyOS로 동작한다. 센서모드용 애플리케이션은 cygwin기반에서 NesC를 이용하여 개발하였다.

표 4. 센서 모드 제원
Table 4. Specification of Sensor Modes

CPU	ATmega 128
Memory	512KB Flash Memory
OS	TinyOS
Language	Cygwin 기반 NesC

사용자 팔 동작 감지를 위해 사용되는 3축 가속 센서 모듈은 3축의 각 가속도를 측정하기 위해 FreeScale사의 MMA7260QT 가속도 센서를 사용한다. 해당 센서는 X, Y, Z 축의 각 가속도 정보를 전압 레벨로 출력해주고 해당 출력 핀들은 Atmega8 CPU의 ADC핀에 연결되어 분석된다. MMA7260QT 가속도 센서는 측정할 수 있는 가속도 범위가 1.5g부터 6g까지이다.

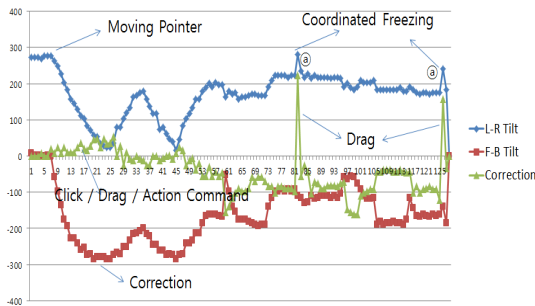


그림 9. 입력기로부터 수신한 데이터 그래프
Fig 9. Data fomr Input Application

[그림 9]은 입력기로부터 수신한 사용자의 팔 기울기의 그래프를 나타낸다. 본 그래프에서 가로축(y)는 시간을, 세로축(x)는 데이터 값의 크기를 나타내며, 각 그래프는 사용자의 팔 기울기를 좌우 기울기(L-R Tilt), 전후 기울기(F-B Tilt), 교정(Correction)으로 정의하여 나타내

고 있다. 각 그래프의 각 그래프 데이터는 하나 이상의 기능을 담당하고 있다.

[그림 9]에서 가장 상단에 위치한 축이 좌우 기울기값이다. 좌우 기울기값은 사용자의 좌/우 팔 기울임을 나타낸다. 여기서 나타나는 기울기를 통해 가상선을 도출한다. 그래프에서 보이는 좌우 기울기측은 150부분을 원점으로 하여 약 ±150가량의 움직임을 나타내고 있다. 이것이 일반적인 사용자의 팔 움직임을 나타내고 있다. 3축 가속도 센서의 특성상 사용자가 급격하게 팔을 움직이게 되면, 정해진 값보다 큰 값이 나오게 된다. 이럴 경우 지속적인 사용자의 급격한 팔 움직임은 시스템의 문제를 야기할 수 있다. 하지만 일시적으로 나타나는 급격한 움직임은 에러처리를 수행하고, 이후 정상적인 데이터를 받아 포인터 이동을 수행한다. 좌우 기울기값 중간 지역 ㉔를 살펴보면, 가운데에 위치한 좌우 기울기값이 드래그 기능을 수행시 같이 튀는 값을 발견 할 수 있다. 이러한 잘못되어 튀는 값으로 인하여 잘못된 랑데부 포인트를 산출할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 잘못될 랑데부 포인트 도출 문제를 좌표 프리징 기법을 사용하여 문제를 해결하였다.

[그림 9]에서 가운데 나타나고 있는 축이 전후 기울기값이다. 왼팔의 전후 기울기 값은 액션 커맨드 기능수행을 위하여 분석되고, 오른팔을 데이터는 클릭 및 드래그 기능수행을 위해 사용된다. 전후 기울기값의 값은 약 0에 근접해서 원점이 형성되고 있으며, 약 ±300가량의 움직임을 나타내고 있다. 이렇게 움직임의 폭이 큰 이유는 사용자들이 클릭 및 드래그 기능을 수행할 때 빠른 속도로 손을 움직이기 때문이다.

[그림 9]에서 가장 하단에 위치하는 축이 교정값이다. 교정값은 사용자의 전/후/좌/우 기울기값의 교정 및 확인을 위해 사용된다. 그래프를 살펴보면, 교정값은 다른 값의 움직임과 연관성을 가지고 있는 것을 볼 수 있다. 이러한 특성을 이용해 다른 값의 데이터를 검사 및 교정하는 용도로 사용될 수 있다. 특히 다른 축의 데이터의 큰 변화에도 값이 크게 튀거나 하는 변화가 없는 점이 유용하게 쓰일 수 있다.



그림 10. 시스템 실행 예
Fig 10. Example of System Execution

[그림 10]은 시스템의 실행 예를 나타낸다. 사용 예는 1)액션 커맨드를 이용해(커맨드 셋① - 명령어①) 웹브라우저(크롬)을 구동, 2)와 3)은 포인팅과 클릭 기능을 이용해 웹 탐색, 4)액션 커맨드를 이용해(커맨드 셋② - 명령어②) 웹브라우저 종료 단계로 이루어진다. 각 예에서 상단의 사진은 실행화면을 하단의 사진은 실행시 사용자의 팔 움직임을 나타낸다. 웹서핑은 대다수의 사용자가 정보기기를 통하여 정보를 습득하는 보편적인 경로이다. 그러한 이유로 웹 서핑을 시스템 사용의 예를 보이는 시나리오로 선정하였다.

VI. 결 론

현재 경제적이고 소형화된 IT 기술로 인하여, 인간은 유비쿼터스와 N-Screen 환경을 맞이하게 되었다. 발전된 IT 기술로 인하여 사람들은 인지하지 못하는 사이에 수 많은 정보기에 노출되어 있으며, 이를 효율적으로 잘 활용하는 것이 경쟁력이 될 수 있다. 이러한 환경에서 사용자는 자신이 원하는 요구사항을 정보기에 정확히 입력하여만 다양한 정보기로부터 정확한 피드백을 받을 수 있다. 하지만 현재는 다양한 정보기가 각각의 입력 시스템을 가지고 있다. 이런 다양한 입력 시스템은 학습의 부담이 따르고, 수시로 정보기의 입력 시스템을 확인해야하는 단점이 있다. 그리

고 기존의 입력 시스템은 휴대가 불편하고, 사용시 손을 자유롭게 활용할 수 없다는 단점 역시 존재한다. 이러한 단점은 유비쿼터스와 N-Screen 환경에서 큰 단점으로 작용할 수 있다.

본 논문에서는 사용시 손이 자유롭고, 휴대가 가능하며, 다양한 정보기에서 사용할 수 있는 무선센서 기반 다차원 사용자 움직임 탐지 시스템을 제안하였다. 본 시스템은 WSN을 사용하기에 시스템 전원과 통신을 위해 추가적인 배선이 없어 무선으로 작동한다. 이를 통해 사용자가 착용한 후 편하게 행동할 수 있는 웨어러블 입력 시스템을 구현할 수 있었다. 또한 본 시스템은 사용자의 팔에 장착하여 업무를 수행하기에, 사용자가 입력을 하는 동안에도 손을 자유롭게 사용할 수 있다는 장점이 있다. 본 시스템을 활용하여 일반적인 포인팅 디바이스가 지원하는 포인터의 이동, 클릭 및 드래그 업무를 수행할 수 있을 뿐만 아니라, 사용자의 팔 동작에 따라 사전 정의된 명령을 실행할 수 있는 액션 커맨드 기능도 구현하였다. 이를 통해 디스플레이가 없는 환경에서도 사용자가 정보기기를 통해 업무의 수행이 가능하다. 하지만 본 시스템은 스마트폰, PDA 등과 같은 핸드헬드 디바이스에서 사용하기에 불편하다는 단점이 있다. 거기에 더하여 현재는 마우스와 같은 전통적인 포인팅 디바이스와 비교하였을 때 포인팅 업무를 수행하는 시간이 더 길다는 단점 역시 존재한다. 이러한 단점의 원인을 분석하여 추후 연구를 통하여 개선할 예정이다.

무선센서 기반 다차원 사용자 움직임 탐지 시스템은 향후 2차원 뿐만 아니라 3차원 환경에서 포인팅 업무를 수행할 수 있게 발전시킬 예정이다. 현재 3차원 환경에서의 활용가능한 포인팅 디바이스가 없는 실정이다. 거기에 더하여 향후 팔 뿐만 아니라 인간의 몸의 움직임을 센싱하여 가상 공간에서 사용자와 정확하게 상호작용을 할 수 있는 캐릭터 구현을 위한 입력 장치로 발전시킬 예정이다. 이 과정을 통해 부수적으로 환자의 움직임 상태 및 재활 치료를 위한 모니터링 시스템이 구현될 수 있다. 거기에 더하여 손에 장애가 있어 마우스와 같은 입력 시스템을 사용하기에 불편한 장애우들에게 본 시스템은 훌륭한 대안이 될 수 있을 것으로 생각된다. 본 시스템은 저가의 저전력, 저중량의 WSN 기술을 사용하였기

에 환자나 장애우들이 사용이나 설치에 느끼는 불편함을 최소화할 수 있다. 또한 의료 목적을 위해 비전 인식을 통하여 시스템을 구현하면 영상 노출로 인한 사생활 침해나 개인정보 유출등의 문제가 발생할 수 있다. 본 시스템의 경우 그러한 단점을 극복할 수 있는 훌륭한 대안이 될 수 있을 것으로 사료된다. 또한 본 시스템은 현재 Nintendo의 Wii, MS의 Xbox Kinect, Sony의 Playstaion Move와 같이 사용자의 몸동작을 인식하여 다이나믹한 게임환경을 제공하는 입력 시스템으로도 활용될 수 있다. 또한 본 시스템은 .Net Framework를 지원하는 환경에서만 사용할 수 있다. 이러한 점은 아직까지 다양한 정보 기기에서 자유롭게 사용할 수 있는데 명백한 한계점을 가지고 있다. 향후 연구를 통하여 어떠한 플랫폼에도 구애를 받지 않고 사용자가 자유롭게 간편하게 정보기기를 사용할 수 있도록 하는 입력 시스템 개발에 관하여 연구할 예정이다.

감사의 글

본 과제(결과물)는 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 광역경제권 선도산업 인제양성사업의 연구결과입니다.

참고문헌

- [1] arlos de Morais Cordeiro and Dharma Prakash Agrawal, "Ad Hoc & Sensor Networks. Theory and Application," World Scientific Publishing, pp. 403 ~ 412, 2006
- [2] 김성식, "이벤트 기반 RFID/WSN을 이용한 환자 모니터링 시스템 설계에 관한 연구", 한국통신학회논문지 제34권 제4호, pp. 94 ~ 100, 2009. 4
- [3] Andrew Wheeler, "Commercial Applications of Wireless Sensor Networks Using ZigBee", IEEE Communications Magazine, pp. 70 ~ 77, April 2007
- [4] ogitech MX Air : <http://www.logitech.com/ko-kr/mice-pointers/mice/devices/3443>
- [5] Gyration Air Mouse Elite: <http://www.gyration.com/index.php/us/products/in-air-micekeyboards/air-mouse-elite.html>
- [6] Logitech diNovo Mini : <http://www.logitech.com/ko-kr/keyboards/keyboard/devices/3848>
- [7] Jefferson Y. Han, "Low-cost multi-touch sensing through frustrated total internal reflection", NYU Media Research Laboratory, 2005
- [8] Ilya Rosenberg and Ken Perlin, "The UnMousePad: an interpolating multi-touch force-sensing input pad", ACM Trans. Graph. 28, 3, Article 65, 9 pages, July 2009
- [9] T. Starner, J. Auxier and D. Ashbrook, and M. Gandy. "A self-illuminating, wearable, infrared computer vision system for home automation control and medical monitoring", Proceeding of The Fourth International Symposium on Wearable Computers (ISWC2000), pp. 87 - 94, 2000.
- [10] Chia-Hung Yeh, Shu-Jhen Fan Jiang, Jia-Chi Bai, Jia-Sian Liou, Ruey-Nan Yeh, Sun-Chen Wang, and Po-Yi Sung, "Vision-Based Virtual Control Mechanism via Hand Gesture Recognition", Journal of computers, 21-2, pp. 53-64, July 2010
- [11] Emi Tamaki, Takashi Miyaki and Jun Rekimoto, "Brainy hand: an ear-worn hand gesture interaction device", In Proceedings of the 27th international conference extended abstracts on Human factors in computing systems (CHI '09), pp. 4255-4260, 2009
- [12] Tobii TX300 Eye Tracker : http://www.tobii.com/scientific_research/products_services/eye_tracking_hardware/tobii_tx300_eye_tracker.aspx
- [13] Kiyohiko Abe, Shoichi Ohi and Minoru Ohyama, "An Eye-Gaze Input System Using Information on Eye Movement History", Lecture Notes in Computer Science, Volume 4555/2007, pp. 721-729, 2007



김정래(Jeongrae Kim)

강원대학교 컴퓨터정보통신공학과
석사과정
※관심분야: 상황인식 컴퓨팅,
WSN, 임베디드 S/W



정인범(Inbum Jeong)

강원대학교 컴퓨터정보통신공학
진공 교수
※관심분야: 운영체제, 소프트웨어
공학, 멀티미디어 시스템, 센서네
트워크