



A Study of On-body User Interface: PiAM(Palm interAction Module)

Seng-Kyoun Jo¹, Hyun-Woo Lee¹, Jinsul Kim²

Florian Müller³, Mohammed Khalilbeigi³, Max Mühlhäuser³

¹Broadcasting & Telecommunications Media Research Lab, ETRI

²Department of Electronics & Computer engineering, Chonnam National University

³Telecooperation Lab, Technical University of Darmstadt

ABSTRACT

User interface providing easy and efficient control environments with user is emerging as a core keyword in ICT market and smart phone industry as the influence and importance of UI has increased recently. To succeed in ICT market, however, UI has to satisfy industrial requirements including simple and easy control, intuitional access and high recognition. Thus study for providing user-friendly interface has been actively researched. In this paper, we investigate user interface based on human's body such as palm, hand. Human body can be a good candidate as an UI because not only further concentration is not required but also it can be controlled directly. First, we analyze the usability of existing various user interfaces, then we study for obstacles to be solved and provide the direction of user interface to be evolved. As a candidate of on-body based user interface, we design, implement UI prototype system, named as PiAM and applied to smart TV service to provide easy and direct manipulation environment. Also for the realization of PiAM prototype system, detailed procedures to recognize input of hand and finger is described for touch and continuous events using palm.

© 2015 KKITS All rights reserved

KEYWORDS : Smart media, User interface, User interaction, on-body UI, Gesture recognition

ARTICLE INFO : Received 4 November 2015, Revised 30 November 2015, Accepted 11 December 2015.

1. 서 론

*Corresponding author is with Intelligent Convergence Media Research Department, ETRI, 218 Gajeong-ro, Yiseong-gu, Daejeon 305-700, KOREA.
E-mail address: skjo@etri.re.kr

기존의 리모컨을 이용하여 TV를 제어하는 시대에서 최근 들어 사용자의 움직임, 시선, 음성 등을 인식하여 TV를 제어하는 시대로 발전했으며, 스마

트폰의 경우 카메라, 마이크, 터치스크린, 자이로센서를 활용하여 사용자에게 새롭고 편한 조작 환경을 제공하고 있다. 이러한 사용자 인터페이스(UI)는 IT 기기 분야뿐 만이 아니라 의료, 상업, 오락, 교육 등 다양한 분야에서 사용성을 증대시킬 수 있는 핵심 키워드로 등장하고 있다. 최근 들어, 보다 더 편리하면서 쉽게 제어하기를 원하는 사용자의 요구가 커짐에 따라 사람의 신체의 일부를 제어를 위한 인터페이스로 활용하는 직관적인 제공 방안 에 대한 연구가 시작되고 있다.

본 논문에서는 현재 널리 사용되고 있는 다양한 인터페이스에 대해 알아보고, 실제 사용자를 대상으로 한 사용성 분석을 통해 직관적인 사용자 인터페이스 제공을 위해 고려해야 하는 사항들을 알아본다. 이를 바탕으로 인체, 특히 손바닥과 손을 활용한 사용자 인터페이스에 대해 분석하고 이를 적용한 사례에 대해 고찰한다.

2. 사용자 인터페이스 사용성 분석

본 절에서는 다양한 사용자 입력 및 출력을 위한 고려사항에 대해 알아보고, 다양한 사용자 인터페이스에 대한 사용성(Usability)을 비교 분석함으로써, 인체 기반의 사용자 인터페이스를 디자인하기 위한 고려사항에 대해 알아본다.

2.1 사용자 입력 인터페이스 분석

사용자가 다양한 스마트 미디어 서비스를 보다 직관적이면서 편리하게 사용하기 위해서는 다음과 같은 UI 디자인 요소들이 고려되어야 한다.

사용자의 인체를 활용한 인터페이스는 가장 직관적이면서 제어를 위한 시선에 영향을 받지 않는 eye-free 방식의 인터페이스로써 인체를 마치 입력 장치로 활용하기 때문에 리모컨, 스마트폰과 같은

별도의 장치를 필요로 하지 않는 장점이 있다. <그림 1>은 인체를 활용한 다양한 입력 인터페이스에 대한 사례를 제공한다.



(가) 손바닥 터치 기반 입력 인터페이스



(나) 손짓을 활용한 입력 인터페이스



(다) 귀를 활용한 입력 인터페이스

그림 1. 인체를 활용한 다양한 사용자 입력 인터페이스

Figure 1. On-body based user input interfaces

<그림 1-가>의 경우, 인체의 일부분을 마치 마우스 패드같이 활용하여 터치 및 연속적인 동작 (dragging)에 대한 입력 인터페이스로 활용할 수 있으며, <그림 1-나>는 직접적인 터치 대신에 두 손 혹은 손가락을 활용하여 대상을 제어할 수 있는 입력 인터페이스이다[8]. <그림 1-다>는 사용자의 귀를 입력을 위한 대상으로 활용한 인체 기반의 사용자 인터페이스로써, 직관적이면서 시선에 영향을 받지 않는 eye-free한 인터페이스를 제공한다.

실제 인체를 활용한 입력 인터페이스 제공 사례로서 독일 다름슈타트 대학에서 개발한 PalmRC (Palm Remote Control)[3, 9, 10] 프로토타입 시스템 은 <그림 2>와 같이 스마트TV를 대상으로 리모컨

의 입력을 대신하는 것을 목표로 전원 ON/OFF, 채널 UP/DOWN, 볼륨 UP/DOWN 등과 같은 메뉴를 깊이 카메라를 통한 손바닥 터치 인식을 활용하여 제어하고 있다.



그림 2. PalmRC 사용자 인터페이스를 통한 TV 제어
Figure 2. TV control using PalmRC user interface

2.2 사용자 출력 인터페이스 분석

스마트 미디어 서비스에서 활용될 수 있는 출력 인터페이스는 사용자에게 다양한 콘텐츠에 대해 보다 효과적으로 제공하는 것을 주 목적으로 하지만 동시에 입력 인터페이스에 대한 가시화를 위하여 활용될 수 있다. <그림 3>과 같이 HMD(Head Mounted Display), 스마트 안경 같은 오버레이를 통한 디스플레이가 가능한 별도의 장치를 활용하여 입력받을 수 있는 메뉴를 인체 혹은 사물의 표면에 투시함으로써 사용자가 직관적으로 사용이 가능하도록 시각적인 출력 인터페이스를 제공할 수 있다.

2.3 다양한 입력 인터페이스에 대한 사용성(usability) 분석

본 절에서는 사용자 인터페이스 설계에 필요한 요구사항 분석과 디자인 가이드라인을 위하여 다양한 사용자 인터페이스에 대하여 사용자가 체감하는 사용성에 대해 분석을 하였다. 이를 위하여

현재 사용자 인터페이스로 가장 많이 사용되고 있는 스마트폰과 TV 리모컨의 인터페이스, 그리고 인체 기반의 사용자 인터페이스인 PalmRC에 대하여 20명의 피 실험자를 대상으로 각 사용자 인터페이스에 대해 느끼는 장단점을 분석하였다.



(가) 손바닥 표면을 활용한 증강 디스플레이



(나) 가상 디스플레이

(다) 객체 디스플레이

그림 3. 스마트 미디어 서비스에서의 다양한 출력 인터페이스
Figure 3. Example of output interface in smart media service

<그림 4>는 각 사용자 인터페이스에 대하여 사용자가 대상을 제어를 할 때 소요되는 체감의 정도(workload)[1]에 대해서 NASA Task Load Index[2]에 따라서 20 구간(최저 1, 최고 20)으로 나누어 6개의 항목에 걸쳐 분석한 결과이다. 먼저 실험을 통하여 획득한 데이터를 본페로니 교정(Bonferroni correction)을 통해 비교를 하면, 스마트폰 인터페이스의 경우 조작을 위해 필요한 순간적인 요구(temporal demand)와 불만족(frustration)이 다른 인터페이스에 비해 높다는 것을 유추할 수 있다. TV 리모컨 인터페이스의 경우, 다른 두 인터페이스에 비해서 한 손으로 손쉽게 제어가 가능함에 따라 사용자가 느끼는 피로도(physical effort)가 적음을 확인할 수 있다.

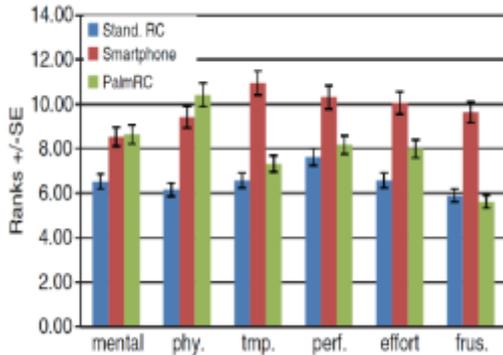


그림 4. 각 사용자 인터페이스 별 사용성 분석
Figure 4. Analysis of usability using various user interfaces

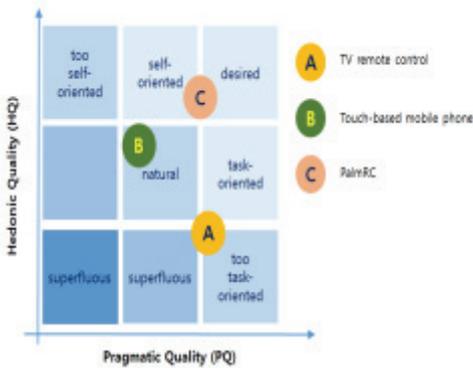


그림 5. 편리성 및 실용성에 따른 사용자 인터페이스 별 위치
Figure 5. Positioning of user interface according to hedonic and pragmatic

<그림 5>는 실험을 통해 얻은 결과를 바탕으로 사용에 대한 편리함(hedonic)과 실용성(pragmatic)에 대해서 세 가지 사용자 인터페이스가 각각 어디에 위치하고 있는지를 나타내고 있는 포트폴리오이다. 제어하고자 하는 대상 및 서비스의 특성에 따라서 필요로 하는 사용자 인터페이스는 달라질 수 있겠지만, 그 사용자가 얼마나 편하게 그리고 실용적으로 사용할 수 있는지를 고려한다면 기존의 타 인터페이스보다 인체 기반의 사용자 인터페이스가 보다 더 쉽게 활용이 가능할 것으로 판단된다.

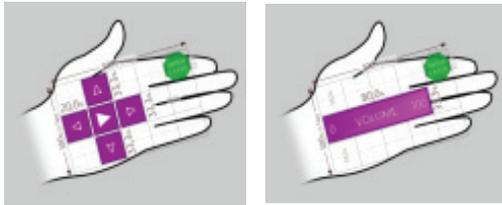
3. 인체 기반 사용자 인터페이스

본 장에서는 다양한 사용자 인터페이스에 대한 분석 결과를 활용하여 인체 기반의 사용자 인터페이스를 디자인하고, 실제 사물을 제어하기 위한 프로토타입 시스템을 구현한 사례에 대해서 설명한다.

3.1 인체 기반 사용자 인터페이스 디자인

사용자 인터페이스 디자인은 제어하고자 하는 대상에 따라 달라질 수 있지만, 본 논문에서는 인체 중에 가장 손쉽고 직관적으로 제어할 수 있으면서 시선의 집중을 요하지 않는 손과 손바닥을 활용하여 TV의 리모컨 입력을 대신할 수 있는 사용자 인터페이스를 디자인하고 구현하는 것을 목적으로 한다.

사용자의 입력은 먼저 버튼 입력을 대신할 수 있는 터치 이벤트(discrete input)와 볼륨/채널의 증가/감소 같은 연속 이벤트(continuous input)로 크게 2가지로 구성할 수 있다. 터치 이벤트를 위해서는 <그림 6-가>와 같이 손가락을 제외한 손바닥을 9개의 영역으로 구분하여 터치된 부분에 대한 입력을 처리한다. 이는 PalmRC를 통한 사용성을 분석한 결과, 사용자가 원하는 터치 포인팅의 정확도가 90% 이상 되기 위해서는 각 영역의 크기를 최소 28mm 이상 되어야 한다는 사용성 분석에 대한 수치를 반영하였다. 연속 이벤트의 경우는 한 손으로 다른 손의 손바닥을 드래그하는 것을 의미하며, 손바닥 영역에서 포인팅 지점이 계속적으로 인식되는 경우를 연속 이벤트로 판단하며, 왼쪽에서 오른쪽으로 발생하는 경우 증가, 반대로 오른쪽에서 왼쪽으로 발생하는 경우 감소로 인식한다.



(나) 가상 디스플레이 (다) 객체 디스플레이

그림 6. 손바닥을 활용한 TV 제어 인터페이스 설계
Figure 6. Design of TV control interface using palm

3.2 인체 기반 사용자 입력 처리를 위한 시스템 구성

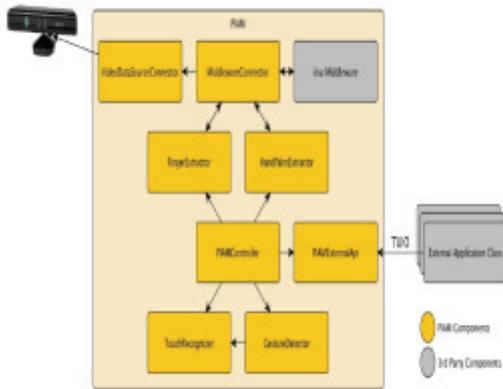


그림 7. PiAM 기능 블록도
Figure 6. Functional block of PiAM

인체 기반의 사용자 인터페이스 제공 모듈인 PiAM(Palm interAction Mudule)은 <그림 7>과 같이 8개의 하위 모듈로 구성이 되며, 외부 깊이 카메라로부터 입력받은 영상을 이용하여 입력 정보를 분석 후, 외부 어플리케이션으로 표준 인터페이스인 TUIO[4]를 이용하여 전달한다. 실제 프로토타입 시스템은 <그림 8>과 같이 제공되며, 각 세부 기능 블록에 대한 설명은 아래 <표 1>과 같다.

표 1. PiAM의 세부 기능 블록 및 기능
Table 1. Functional blocks description

서브 모듈	기능
VideoDataSourceConnector	연결된 영상 입력장치(카메라 등)로부터 RGB, 깊이 정보에 대한 프레임을 수집하여 시스템에 전달
MiddlewareConnector	수집된 프레임을 시스템에서 읽기 가능한 포맷으로 변환할 수 있도록 시스템 미들웨어로 전달 (본 프로토타입에서는 DS325를 위한 IISU를 사용)
FingerExtractor	깊이 이미지로부터 개별적인 손가락의 모양과 크기를 식별
HandPalmExtractor	손과 터치 인식에 사용되는 손바닥 인식 범위를 식별
PIAMController	내부 서브 모듈과 PIAMExternalApi 모듈 간에 메시지 통신 제어
PIAMExternalApi	GestureDetector로부터 발생된 이벤트를 TUIO 프로토콜을 사용하여 외부 어플리케이션으로 전달
TouchRecognizer	식별된 손가락과 손바닥을 이용하여 터치 포인트에 대한 위치(좌표) 계산 및 인식
GestureDetector	개별적인 터치 포인트에 대한 스트림 인식



그림 8. PiAM 프로토타입 시스템 제공 UI
Figure 8. PiAM prototype system UI

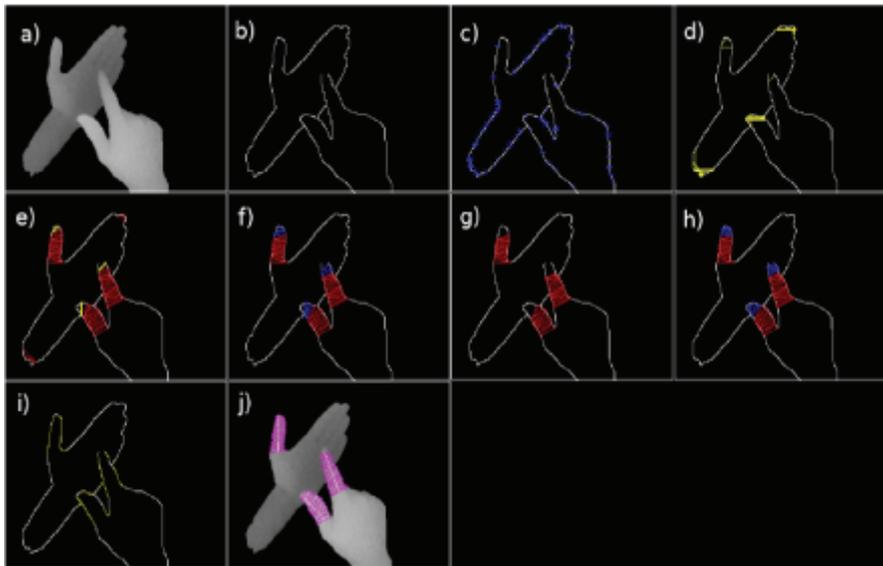


그림 9. 배경 제거 및 손가락 검출/인식 과정
Figure 9. Procedures of detecting palm and figures

3.3 사용자 입력 분석

사용자의 입력 정보를 분석하기 위해서는 크게 전처리 과정, 손가락 검출, 손 검출 및 터치 인식 과정 이렇게 4가지 과정을 순차적으로 처리한다. 먼저 전처리 과정으로 가장 최소의 깊이 값을 찾아내고, 사전에 설정된 특정 임계치 이하의 모든 픽셀에 대해서는 제거를 함으로써 손 이외의 배경 이미지를 제거한다. 이때 중간값 필터를 적용함으로써 원본 이미지에서의 잡음을 제거하며, 그 결과 <그림 9-a>와 같다. 다음 단계로 케니 에지 검출기를 사용하여 이미지의 에지를 <그림 9-b>와 같이 추출한다.

손가락 검출을 위해서는 먼저 <그림 9-c>를 생성하기 위하여 반복적으로 에지의 방향에 대해 계산하는 과정을 수행한다. 그리고 에지 방향과 나란한 그 다음 에지 포인트를 찾음으로써, 에지의 방

향에 직교적인, 소위 손가락 슬라이스를 생성한다. 에지 슬라이스로 생성되기 위해서는 두 에지 포인트가 반드시 일정 거리 이상 떨어져 있어야 하며, 손가락 간의 골을 형성해야 한다. 생성된 에지는 <그림 9-d의 노란색> 같다.

손가락 슬라이스가 인식되면, 그 다음 단계로 <그림 9-e의 빨간색>과 같이 하나의 슬라이스를 여러 개의 슬라이스로 확장하는 작업을 수행한다. 이때, 기존의 단일 슬라이스의 중간점을 찾아서 이를 중심으로 에지 방향으로 확장하는 작업을 손가락 끝 지점까지 반복함으로써 얻을 수 있다. 이렇게 여러 개의 슬라이스로 확장하는 작업은 지속적인 반복 작업을 통하여 그 정확도가 높아지는데, <그림 9-f의 파란색>의 경우는 손가락의 방향과 맞지 않는 경우로써 이러한 슬라이스의 시작점의 경우 <그림 9-g>와 같이 제거를 해야 한다. 그리고 지속적인 반복 작업을

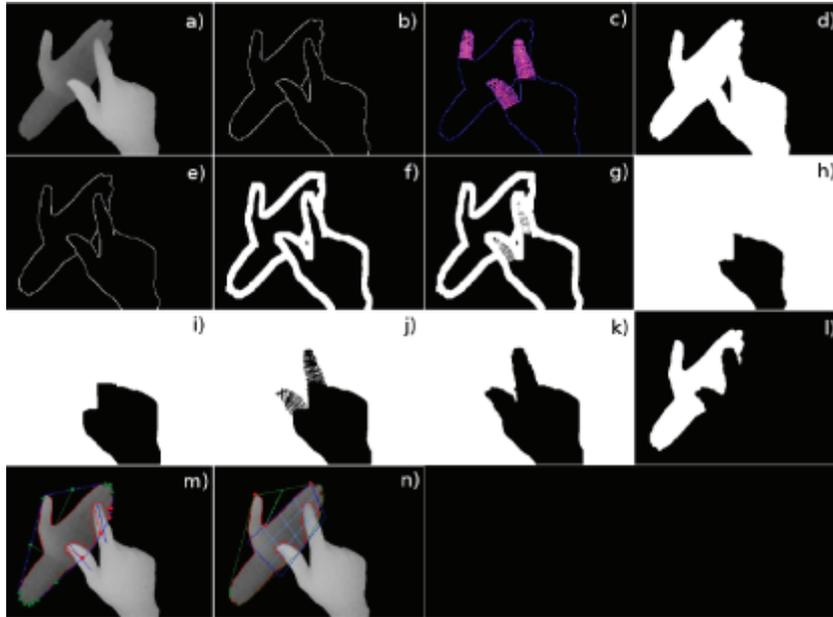


그림 10. 손과 터치 이벤트 인식 과정
Figure 10. Procedures of detecting hand and touch events

반대 방향으로 진행함으로써, <그림 9-h>와 같이 최종적으로 제거된 부분을 다시 획득할 수 있게 된다. 마지막으로 손가락의 모든 슬라이스를 수집하여 <그림 9-i의 노란색>과 같이 원본 이미지에서 제거함으로써 인식할 수 있는 손가락을 최종적으로 검출할 수 있으며, <그림 9-j>와 손가락을 인식하게 된다.

손 검출을 위해서는 손가락 검출에 사용한 작업들이 <그림 10-a, b, c>와 같이 재사용되며, 이진 역치 함수가 원래의 깊이 이미지에 <그림 10-d>와 같이 적용된다. 더 나아가 <그림 10-b>에서 인식된 에지는 선을 확장하여 <그림 10-f>와 같이 윤곽에 빠진 작은 지점들을 채워준다. 마우스 패드 역할을 하는 왼손의 엄지 손가락은 가장 왼쪽에 있는 손가락으로 식별할 수 있으며, 실제 터치 입력에 있어 활용하지 않기 때문에 이 손가락을 제외하고 나머지 2개의 손가락에 <그림 10-g>와 같이 슬라이

스를 그린다.

다음 단계로 엄지 손가락을 제외한 가장 긴 손가락을 찾고 손이 손가락 포인트로 향하는 방향으로 작은 다수의 점을 추가함으로써 오른손이 가리키는 포인트를 계산하고, 이 포인트로부터 채워진 모든 픽셀에 대해서는 1, 다른 모든 픽셀에 대해서는 0으로 <그림 10-h>과 같이 마킹을 한다. 그리고 그 결과를 활용하여 <그림 10-i>와 같이 표면에 대해서 매끄럽게 처리하는 작업을 수행한다. 그 다음 단계로 이전에 검출된 손가락 슬라이스를 <그림 10-j>와 같이 그리고, 마찬가지로 <그림 10-k>와 같이 표면에 대한 작업을 수행한다. 그 결과, <그림 10-k>로부터 오른손의 포인트링하는 손가락을 <그림 10-d>로부터 왼손의 손바닥을 활용하여 <그림 10-l>을 생성한다.

그 다음 단계는 가장 긴 표면 <그림 10-m의

빨간색 선>과 컨벡스 쉘 <그림 10-m의 파란색 선> 그리고 표면의 불룩한 부분 <그림 10-m의 빨간색 선, 녹색 선>을 찾고, 손가락 선에 가까운 포인트를 가지고 있는 표면의 불룩한 부분을 제거한다. 마지막 단계로 엄지 손가락 주변의 가장 큰 깊이 값을 가지고 있는 불룩한 지점을 <그림 10-n의 녹색 선>과 같이 찾아, 칼만 필터를 <그림 m의 빨간색 점>과 같이 시작과 끝 지점에 불규칙적으로 변동하는 점을 보완하기 위하여 적용한다. 마지막으로 이 3가지 손가락 지점과 이에 대한 상대적 위치를 이용하여 선을 <그림 10-n의 파란색 선>과 같이 생성하여 연결함으로써 터치 인식을 위한 영역을 인식한다.

마지막으로 터치 입력에 대한 인식은 기본적으로 손가락 및 손 인식을 바탕으로 하며, 오른손의 손가락의 위치 추적에 있어서 오류 보정을 위하여 최소 5 프레임을 인식에 이용한다. 각각의 손가락은 <그림 11>의 빨간색 점과 주황색 선과 같이 두 개의 포인트로 표현이 되며, 각 손가락 끝 지점에서 30 X 30 픽셀 정도의 작은 이미지 섹션을 추출해서 끝 지점과 유사한 깊이를 가지는 픽셀의 개수를 계산한다. 즉, 손가락이 왼손의 인식 영역에 터치가 되면 왼손의 영역에 해당되는 픽셀의 개수도 함께 계산이 되며, 만약 왼손의 손바닥 부분이 터치되지 않는다면 손가락 안의 주변 픽셀의 개수만 계산이 된다.

터치 입력 인식에 있어서 터치 이벤트 동안에 에지 검출기가 깊이에 대한 차이가 크지 않기 때문에 손가락 끝 지점에 대한 에지를 검출하는데 오류가 발생할 수 있기에, 오른손 손가락의 길이가 원래보다 짧게 인식되는 문제점이 발생된다. 따라서 이를 방지하기 위하여 오른손 손가락의 방향으로 손가락의 길이를 확장하여 터치 이벤트가 발생하는 지점에 대해 보정함으로써 해결할 수 있다[5-7].

<그림 12>는 실제 구현된 PiAM 프로토타입 시스템을 활용하여 TV를 제어하는 시나리오이다. 사용자의 손바닥 터치 및 드래깅을 통하여 전원 ON/OFF, 채널 UP/DOWN과 볼륨에 대한 증가/감소 등 리모컨을 대신하여 제어할 수 있는 환경을 제공한다.

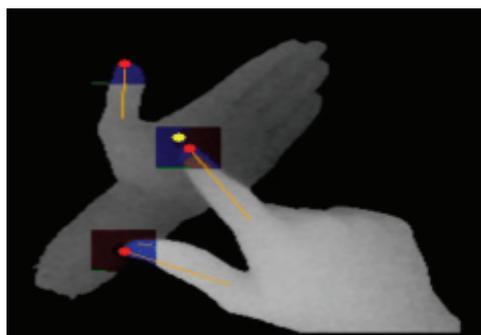


그림 11. 터치 이벤트에 대한 사용자 입력 인식
Figure 11. Recognition of user input using touch event



그림 12. PiAM을 이용한 TV 제어
Figure 12. TV control using PiAM

4. 결 론

편리하고 직관적이면서 누구나 손쉽게 사용할 수 있는 사용자 인터페이스는 IT 기기뿐만이 아니라 다양한 분야에서 활용성이 점차 증대됨에 따라 전 산업에 걸쳐 중요한 키워드로 자리매김해 가고 있다.

이를 위하여 본 논문에서는 다양한 사용자

인터페이스에 대한 사용성 분석을 통해 직관적 사용자 인터페이스를 제공하기 위한 사전 조사로써, 인터페이스 제공을 위한 여러 가지 고려사항에 대해 알아보았고, 이를 바탕으로 사람의 인체의 일부분을 활용, 실제 사물을 제어하기 위한 프로토타입 시스템인 PiAM 구현하여 터치 이벤트와 연속 이벤트를 인식하여 적용함으로써 인체 기반의 사용자 인터페이스에 대한 가능성을 확인하였다.

References

- [1] AttrakDiff. <http://www.allaboutux.org/attrakdiff>.
- [2] NASA Task Load Index. <http://humansystems.arc.nasa.gov/groups/tlx/downloads/TLXScale.pdf>.
- [3] Niloofar Dezfuli, Mohammadreza Khalilbeigi, Jochen Huber, Florian Muller, and Max Muelhauser, *PalmRC: imaginary palm-based remote control for eyes-free television interaction*, In Proceedings of the 10th European conference on Interactive TV and video, number 8, pp. 27-34, Berlin, Germany, 2012. ACM.
- [4] TUIO. <http://www.tuio.org/>.
- [5] Peter Henry, Michael Krainin, Evan Herbst, Xiaofeng Ren, and Dieter Fox, *Rgb-dmapping: Using depth cameras for dense 3d modeling of indoor environments*, In the 12th International Symposium on Experimental Robotics (ISER), Vol. 20, pp. 22-25, 2010.
- [6] Sven Kratz and Michael Rohs, *Protractor3d: A closed-form solution to rotationinvariant 3d gestures*, In Proceedings of the 16th International Conference on Intel-ligent User Interfaces, IUI '11, pp. 371-374, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [7] Xuetao Yin, Peter Wonka, and Anshuman Razdan, *Generating 3d building models from architectural drawings: A survey*, Computer Graphics and Applications, IEEE, 29(1):20-30, 2009.
- [8] Seng-Kyoun Jo, Niloofar Dezfuli, Il-Gu Jung, and Won Ryu, *An implementation on user interface for social TV*, In Proceedings of the 14th KKITS Autumn Conference, pp. 28-31, 2013.
- [9] Florian Müller, Niloofar Dezfuli, Max Mühlhäuser, Martin Schmitz, and Mohammadreza Khalilbeigi., *Palm-based interaction with head-mounted displays*, In Proceedings of the 17th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services Adjunct (MobileHCI '15), pp. 963-965, 2015.
- [10] PalmRC. <http://www.tk.informatik.tu-darmstadt.de/de/research/talk-touch-interaction/palm-based-remote-control/>

인체를 활용한 직관적 사용자 인터페이스 연구

조성균¹, 이현우¹, 김진술²
Florian Müller³, Mohammed Khalilbeigi³,
Max Mühlhäuser³

¹한국전자통신연구원 방송통신미디어연구소

²전남대학교 전자컴퓨터공학부

³다름슈타트 공과대학 TK 연구소

요 약

사용자에게 보다 편하고 효율적인 조작 환경을 제공하는 사용자 인터페이스는 최근 들어 스마트폰을 비롯한 ICT 시장에서 그 영향력이 커지면서 핵심 키워드로 부상하고 있다. 하지만, 이러한 사용자 인터페이스가 시장에서 성공하기 위해서는 간편하면서도 손쉽게 제어가 가능해야 하며, 직관적이면서 높은 인식률을 제공해야 하기 때문에, 이를 해결하기 위해 다양한 방면에서 많은 연구들이 진행되고 있다. 본 논문에서는 사람의 인체를 활용하여 사용자 인터페이스로 활용하는 방안에 대하여 알아본다. 이를 위하여 기존의 다양한 인터페이스와의 사용성에 대하여 비교하고, 손과 손바닥을 활용한 직관적인 사용자 인터페이스에 대해 디자인하고, 실제 프로토타입 시스템을 구현하여 스마트TV를 위한 제어에 활용하는 사례에 대해 설명한다.

감사의 글

이 논문은 2015년도 미래창조과학부의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행되었으며, 독일 다름슈타트 공과 대학과의 국제공동연구를 통해 수행한 결과물임 (No.B0101-15-1292, 몰입형 스크린 미디어 서비스 산업 촉진을 위한 스마트스페이스 기술 개발)



Seng-Kyoun Jo received the bachelor's degree in the Department of Electronic and Information Engineering from the Korea Aviation University in 2004. He received the

M.S. degree in the Department of Information and Telecommunications Engineering from KAIST in 2006. Since 2006, he has been a senior engineering staff of ETRI(Electronics

and Telecommunication Research Institute). He has also been a Rapporteur of Q9/13 in ITU-T since 2013. His current research interests include energy saving network, smart user interface, trust management in ICT.

E-mail address: skjo@etri.re.kr



Hyun-Woo Lee received M.S. and Ph.D. degrees in 1995 and 2005, respectively, in Korea Aerospace University. He is currently a principal research engineer and

director in intelligent convergence media research department, ETRI. His main research interests include future network, mobile cloud, trust management, smart user interaction, etc.

E-mail address: hwlee@etri.re.kr



Jinsul Kim received the B.S. Degree in computer science from University of Utah, Salt Lake City, Utah, USA, in 2001, and the M.S. and Ph.D.

degrees in digital media engineering, department of information and communications from Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Daejeon, South Korea, in 2005 and 2008. He worked as a researcher in IPTV Infrastructure Technology Research Laboratory, Broadcasting/ Telecommunications Convergence Research Division, Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI), Daejeon, Korea from 2005 to 2008. He worked as a professor in Korea Nazarene

University, Chon-an, Korea from 2009 to 2011. Currently, he is a professor in Chonnam National University, Gwangju, Korea. He has been invited reviewer for IEEE Trans. Multimedia since 2008. He has been invited for TPC(Technical Program Committee), IWITMA2009/2010, and PC(Program Chair), ICCCT2011 His research interests include QoS/QoE, Measurement/Management, IPTV, Mobile IPTV, Smart TV, Multimedia Communication and Digital Media Arts.

E-mail address: jsworld@chonnam.ac.kr



Florian Müller is a researcher at Telecooperation Lab in TU-Darmstadt, Germany. His research focuses on exploring and studying novel ways of interaction with Head Mounted Displays (HMDs) in smart spaces. He has received his Master and Bachelor studies from TU-Darmstadt as well.

E-mail address:

florian.mueller@tk.informatik.tu-darmstadt.de



Mohammed Khalilbeigi is a postdoctoral fellow at Telecooperation Lab in TU-Darmstadt, Germany and currently heading Tangible Interaction Group. His research focuses on enriching the interaction with computers by designing more physical ways of interacting with digital contents to foster rich user experience. Particularly, his research interests lies in designing and developing interaction techniques inspired by the natural and flexible way of manipulating everyday

objects. In general, his research is situated at the intersection of surface computing, tangible interaction, and organic user interfaces. Previously, he was a researcher at Telecooperation lab, where he worked in various national and international research projects. He did his master study in RWTH-Aachen university in the field of Media Informatics.

E-mail address:

khalilbeigi@tk.informatik.tu-darmstadt.de



Max Mühlhäuser is a Full Professor of Computer Science and head of the Telecooperation Lab at Technische Universität Darmstadt, Germany. His Lab conducts research on smart ubiquitous computing environments for the ‘pervasive Future Internet’ in three research fields: middleware and infrastructures, novel multimodal interaction concepts, and human protection in ubiquitous computing (privacy, trust, & civil security). He is also a directorate member of CASED, the center for advanced security research, and deputy speaker of the Future Internet collaborative research center MAKI. He received his Doctorate from the University of Karlsruhe and founded a research center for Digital Equipment (DEC). Since 1989, he worked as either professor or visiting professor at universities in Germany, Austria, France, Canada, and the US.

E-mail address: max@informatik.tu-darmstadt.de