

사용자의 신체적 특징과 뇌파 집중 지수를 이용한 가상 모니터 개념의 NUI/NUX[☆]

NUI/NUX of the Virtual Monitor Concept using the Concentration Indicator and the User's Physical Features

전 창 현¹ 안 소 영¹ 신 동 일¹ 신 동 규¹
Chang-hyun Jeon So-young Ahn Dong-il Shin Dong-kyoo Shin

요 약

Human-Computer Interaction(HCI)에 대한 관심이 높아지면서, HCI에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 이와 더불어 사용자의 몸짓이나 음성 등을 이용하는 Natural User Interface/Natural User eXperience(NUI/NUX)에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. NUI/NUX의 경우, 제스처 인식이나 음성 인식 등의 인식 알고리즘이 필요하다. 하지만 이러한 인식 알고리즘은 전처리, 정규화, 특징 추출과 같은 단계를 거쳐야하기 때문에 구현이 복잡하고, 트레이닝에 많은 시간을 투자해야 한다는 단점이 있다. 최근에는 NUI/NUX 개발 도구로 Microsoft 사의 Kinect가 개발되어 개발자와 일반인들에게 많은 관심을 받고 있고, 이를 이용한 다양한 연구가 진행 중에 있다. 본 저자들의 이전 연구에서도 사용자의 신체적 특징을 이용하여 뛰어난 직관성을 가진 핸드 마우스를 구현하였다. 하지만 마우스의 움직임이 부자연스럽고 정확도가 낮아 사용자가 사용하기 다소 어려웠다는 단점이 있다.

본 연구에서는 Kinect를 통해 사용자의 신체적 특징을 실시간으로 추출하고, 이를 이용해 가상 모니터라는 새로운 개념을 추가한 핸드 마우스 인터페이스를 설계하고 구현하였다. 가상 모니터는 사용자의 손으로 마우스를 제어할 수 있는 가상의 공간을 의미한다. 이를 통해 가상 모니터 상의 손의 좌표를 실제 모니터 상의 좌표로 정확하게 매핑(mapping)이 가능하다. 가상 모니터를 사용함으로써 이전 연구의 장점인 직관성을 유지하고, 단점인 정확도를 높일 수 있다. 추가적으로 뇌파 집중 지표를 이용해 사용자의 불필요한 행동을 인식하여 핸드 마우스 인터페이스의 정확도를 높였다. 제안하는 핸드 마우스의 직관성과 정확성을 평가하기 위하여 10대부터 50대까지 50명에게 실험을 하였다. 직관성 실험 결과로 84%가 1분 이내에 사용방법을 터득하였다. 또한 동일한 피실험자에게 일반적인 마우스 기능(드래그, 클릭, 더블클릭)에 대해 정확성 실험을 한 결과로 드래그 80.9%, 클릭 80%, 더블 클릭 76.7%의 정확성을 보였다. 실험 결과를 통해 제안하는 핸드 마우스 인터페이스의 직관성과 정확성을 확인하였으며, 미래에 손으로 시스템이나 소프트웨어를 제어하는 인터페이스의 좋은 예시가 될 것으로 기대된다.

☞ 주제어 : NUI/NUX, 핸드 마우스, 가상 모니터, 뇌파, 집중 지수

ABSTRACT

As growing interest in Human-Computer Interaction(HCI), research on HCI has been actively conducted. Also with that, research on Natural User Interface/Natural User eXperience(NUI/NUX) that uses user's gesture and voice has been actively conducted. In case of NUI/NUX, it needs recognition algorithm such as gesture recognition or voice recognition. However these recognition algorithms have weakness because their implementation is complex and a lot of time are needed in training because they have to go through steps including preprocessing, normalization, feature extraction. Recently, Kinect is launched by Microsoft as NUI/NUX development tool which attracts people's attention, and studies using Kinect has been conducted. The authors of this paper implemented hand-mouse interface with outstanding intuitiveness using the physical features of a user in a previous study. However, there are weaknesses such as unnatural movement of mouse and low accuracy of mouse functions.

In this study, we designed and implemented a hand mouse interface which introduce a new concept called 'Virtual monitor' extracting user's physical features through Kinect in real-time. Virtual monitor means virtual space that can be controlled by hand mouse. It is possible that the coordinate on virtual monitor is accurately mapped onto the coordinate on real monitor. Hand-mouse interface based on virtual monitor concept maintains outstanding intuitiveness that is strength of the previous study and enhance accuracy of mouse functions. Further, we increased accuracy of the interface by recognizing user's unnecessary actions using his concentration indicator from his encephalogram(EEG) data. In order to evaluate intuitiveness and accuracy of the interface, we experimented it for 50 people from 10s to 50s. As the result of intuitiveness experiment, 84% of subjects learned how to use it within 1 minute. Also, as the result of accuracy experiment, accuracy of mouse functions (drag(80.4%), click(80%), double-click(76.7%)) is shown. The intuitiveness and accuracy of the proposed hand-mouse interface is checked through experiment, this is expected to be a good example of the interface for controlling the system by hand in the future.

☞ keyword : NUI/NUX, Hand mouse, Virtual Monitor, EEG, Concentration indicator

¹ Department of Computer Engineering, Sejong University, Seoul, 143-747, Korea.

* Corresponding author (shindk@sejong.ac.kr)

[Received 17 August 2015, Reviewed 27 August 2015, Accepted 7 November 2015]

☆ 본 연구는 서울시 전략사업 지원사업(SS11008)의 지원에 의해 수행 되었습니다.

☆ 본 논문은 2015년도 인터넷정보학회 춘계학술발표대회 우수논문 추천에 따라 확장 및 수정된 논문임.

1. 서 론

컴퓨터가 개발된 후, 컴퓨터는 생활에 필수적인 요소가 되었다. 컴퓨터가 필수품이 되면서 사람과 컴퓨터 사이의 상호작용을 의미하는 Human-Computer Interaction (HCI)에 대한 관심이 높아졌고, HCI에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. HCI는 시스템의 기능성, 안정성, 사용 편의성, 효율 등이 고려된 컴퓨팅 시스템을 만들거나 개선하는데 그 목적을 두고 있다. 이러한 관점으로 보았을 때, User Interface (UI)는 HCI에서 중요한 부분을 담당하고 있다. 이에 따라, UI에 대한 연구는 매우 활발하게 이루어지고 있다. 단순한 명령어로 컴퓨터와 의사소통을 하는 Command Line Interface (CLI)에서 그래픽을 이용한 Graphical User Interface (GUI)로 점차 발전하였고, 최근에는 인간의 자연스러운 몸짓이나 음성 등을 이용하는 Natural User Interface/Natural User eXperience (NUI/NUX)에 대해 많은 연구가 진행되고 있다[1,2,3]. 현재 가장 널리 사용되고 있는 GUI의 경우, 마우스와 키보드를 이용하여 사용자와 컴퓨터 사이의 상호작용을 한다. 반면 NUI/NUX의 경우, 사용자의 몸짓이나 음성 등을 이용하기 때문에, 이를 인식하기 위한 다양한 제스처 인식, 신호 처리, 인공지능 알고리즘 등과 같은 다양한 알고리즘을 사용하여 몸짓이나 음성 등을 처리한다. 이러한 알고리즘은 구현하기 매우 어렵고, 인식을 위한 트레이닝의 단계가 필요하므로 상당히 많은 시간을 투자해야 하기 때문에 NUI/NUX를 실현시키는 것은 매우 어려운 일이다.

하지만 Microsoft사가 Kinect를 출시함으로써 NUI/NUX를 실현시키는 기술로 일반인과 개발자들에게 큰 인기를 얻고 있다. Kinect는 일반 카메라에서 얻을 수 없는 깊이 정보를 깊이 센서를 통해 쉽게 얻을 수 있고, 제공되는 SDK를 이용하여 내부적으로 영상처리나 신호 처리 알고리즘을 처리하여 개발자들이 추가적인 알고리즘 없이 제스처 인식이나 음성 인식을 할 수 있도록 도와준다. 또한 Kinect는 사용자를 스켈레톤 이미지로 구현하여 각각의 관절에 대한 위치와 깊이 정보를 쉽게 얻을 수 있다는 장점이 있다. Kinect를 이용한 연구로는 Kinect 카메라를 통해 가상세계에서 물체를 선택하는 시스템이 개발되었고[4], 거동이 불편한 노인들을 위한 소프트웨어가 개발되기도 하였다[5].

NUI와 더불어 미래를 위한 기술로 뇌의 활동에 따라 대뇌 피질에서 나오는 전류인 뇌파를 이용한 Brain-Computer Interface(BCI)도 연구가 활발하게 진행되고 있다[6]. 뇌 활동에 의해 나타나는 뇌파는 여러 가지 정보를

가지고 있다. 뇌파를 통해 간질과 같은 뇌 질병을 검출하기도 하고, 동작 상상 뇌파(Motor Imagery)를 통해 마우스를 움직이는 연구도 진행되었다[7].

본 논문에서 제안하는 시스템은 Kinect 를 이용하여 사용자의 신체적 특징을 실시간으로 추출하여 가상 모니터라는 개념을 도입한 핸드 마우스 인터페이스이다. Kinect 를 통해 사용자를 skeleton 이미지로 재구성하여 사용자의 각 관절의 위치와 깊이 정보를 얻는다. 얻어진 관절 정보를 이용해 손으로 마우스를 제어할 수 있는 가상 모니터를 생성하고, 이를 이용하여 자연스러운 손 동작을 통해 마우스를 제어할 수 있다. 또한 핸드 마우스 인터페이스를 사용할 때, 사용자의 불필요한 행동을 제거하기 위하여 뇌파를 이용해 핸드 마우스 기능의 정확도를 높이는 데 사용하였다.

2. 배경 연구

2.1 Natural User Interface

UI는 사용자가 시스템 또는 프로그램에서 데이터 입력이나 동작을 제어하기 위한 명령어를 의미하고, 사용자와 컴퓨터, 프로그램 사이의 원활한 의사소통을 하는 것에 그 목적을 두고 있다. UI를 통해 보다 사용하기 쉽고, 편리한 의사소통을 하기 위해서 많은 컴퓨터 공학자들이 UI에 대한 연구를 활발히 진행하고 있다. 현재 가장 상용화되어 있는 GUI의 시대를 지나 사용자의 자연스러운 몸짓이나 음성 등을 이용하는 NUI의 시대로 접어들고 있다. NUI의 예로는, 광섬유, 마그네틱 센서, 자이로 센서 등을 이용한 데이터 글로브나 모션 트랙커를 이용한 제스처 기반의 사용자 인터페이스가 있다[8]. 또한 의사소통을 하는 사람들 사이에서 가장 보편적이고 쉬운 수단인 음성을 통한 사용자 인터페이스도 있다. 음성을 이용한 사용자 인터페이스로는 iPhone의 Siri가 대표적인 예이다.

하지만 제스처 기반이나 음성 기반 등의 사용자 인터페이스를 실현시키기 위해서는 제스처 인식이나 음성 인식과 같은 기술들이 선행되어야 한다. 제스처 인식이나 음성 인식의 기술을 실현하기 위해서는 특징점 추출, 정규화, 전처리, Hidden Markov Model (HMM) 등과 같은 알고리즘을 통한 트레이닝의 단계를 거쳐야 한다[9,10,11]. 이러한 과정은 매우 복잡하고 번거로운 뿐만 아니라, 구현하기 쉽지 않다. 또한 트레이닝에 많은 시간을 투자해야 한다는 단점이 있다.

2.2 핸드 마우스

핸드 마우스는 손으로 마우스를 제어하는 것을 의미한다. 손으로 시스템이나 소프트웨어를 제어하려는 시도는 오래전부터 많은 시도가 있었다. 1993년에 데이터 글로브를 이용하여 프레젠테이션을 진행하는 연구가 진행되었다[12]. 최근에는 카메라를 통해 손의 영역을 찾고, 이를 3차원으로 재구성하여 마우스를 제어하는 시스템이 개발되기도 하였다[13]. 본 저자들의 이전 연구에서도 사용자의 신체적 특징을 이용하여 뛰어난 직관성을 가진 핸드 마우스를 구현하였지만, 마우스의 움직임이 부자연스럽고 정확도가 낮아 사용자가 사용하기 다소 어려웠다는 단점이 있다[14].

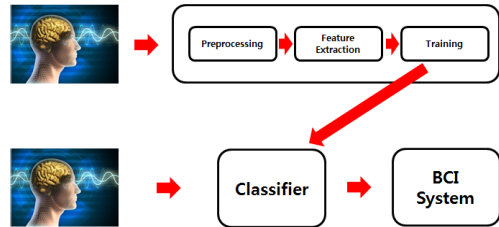
2.3 뇌전도

뇌전도(Electroencephalogram, EEG)는 신경계에서 뇌신경 사이에 신호가 전달될 때 생기는 전기의 흐름을 의미하며, 뇌의 활동 상황을 측정하는 중요한 지표이다. 뇌파의 종류는 주파수와 진폭에 따라 γ 파, β 파, α 파, θ 파, δ 파로 나뉘며, 각 주파수가 의미하는 바가 다르다. 취득된 뇌파의 주파수 분석을 통해 사용자의 상태를 파악할 수 있다[15,16]. 예를 들어, 사용자로부터 취득한 뇌파에서 12~15Hz 사이의 SMR(Sensory Motor)파와 15~20Hz 사이의 중간 β 파, 4~8Hz 사이의 θ 파를 이용하면 집중도 지수를 얻을 수 있다. SMR파는 차분한 상태, 이완된 주의집중 상태를 나타낸다. 중간 β 파는 각성 상태를 의미하며, θ 파는 명상이나 깊게 이완될 때, 주로 나타나는 뇌파이다. 뇌파 분석을 통한 집중도 지수는 다음 수식과 같다.

$$\text{집중도 지수} = \frac{\text{Power Ratio of (SMR + Mid-}\beta\text{)} / \theta}{\theta} \quad (1)$$

EEG 측정은 침습형과 비침습형으로 나뉜다. 침습형은 두피를 뚫고 뇌 피질 혹은 뇌 안에서 직접 신호를 측정하는 방식으로, 신호의 질과 시간/공간 해상도가 뛰어나다는 장점이 있다. 하지만 인체에 센서가 무해하지 고려해야 한다. 비침습형은 침습형에 비해 신호의 질은 떨어지지만 인체에 무해하고 가격이 저렴하다는 장점이 있다. 인체에 부담이 없고 높은 시간해상도를 갖는다는 이유로 통상의 경우, 비침습형으로 뇌파를 측정한다. 하지만 EEG는 개인마다 차이가 있고, 연령별로 다르기 때문에 이를 분석하는 것은 쉽지 않은 일이다. 또한 사용자로부터

얻은 뇌파의 raw data에는 눈동자 움직임 등의 이유로 잡파가 혼재되어 나오게 된다. 원하는 뇌파 데이터로 가공하기 위해서는 잡파를 제거하는 전처리 과정이 필요하고, 상황에 따라 알맞은 데이터로 가공해야 한다. 예를 들어, 뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain-Computer Interface, BCI) 연구에서는 측정된 EEG의 raw data에서 잡파를 제거하는 전처리 과정, 특징 추출, 트레이닝 등의 단계를 거친다. 그림 1은 EEG 기반의 BCI 시스템의 간략한 흐름을 보여준다.



(그림 1) EEG 기반의 BCI 시스템
(Figure 1) BCI system based on EEG

3. 제안하는 가상 모니터 기반의 핸드 마우스 인터페이스

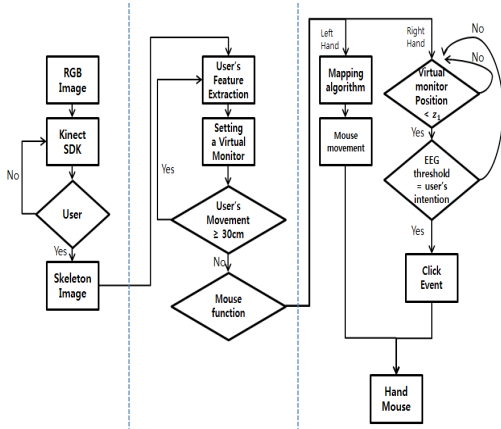
본 저자들의 이전 연구에서 사용자의 신체적 특징을 실시간으로 추출하여 뛰어난 직관성을 가진 핸드 마우스를 구현하였다. 이전 연구에서는 사용자의 키와 어깨 너비를 실시간으로 추출하여 실제 모니터 상의 좌표로 변환시켜 사용하는 방법을 사용하였다. 하지만 사용자가 핸드 마우스의 기능을 이용하면 사용자의 어깨의 위치와 같은 특징점들이 미묘하게 변하게 되어 문제점이 발생하게 되었다. 이러한 문제는 결과적으로 실제 모니터 상의 좌표로 정확하게 변환되지 못하여 부자연스러운 마우스의 이동으로 이어졌고, 클릭이나 더블클릭, 드래그와 같은 기능을 이용할 때, 사용자의 의도대로 실행되지 않는 경우가 있었다.

본 연구에서는 Kinect를 이용하여 사용자의 신체적 특징을 실시간으로 추출하고, 이를 통해 손으로 마우스를 제어하는 핸드 마우스 인터페이스를 설계하고 구현하였다. 제안하는 시스템은 아래와 같이 4가지 단계로 나뉜다.

1. Kinect SDK를 이용하여 RGB 이미지로 입력받은 영상을 skeleton 데이터로 구성.
2. 구성된 skeleton 이미지와 깊이 정보를 이용하여 사용자의 신체적 특징을 추출하고, 가상 모니터를 생성.

3. 생성된 가상 모니터를 이용하여 실제 모니터 상의 좌표로 변환.
4. 뇌파를 통해 사용자의 의도를 파악하고 마우스 기능의 정확도 향상.

그림 2는 가상 모니터 기반의 핸드 마우스 인터페이스를 나타내는 flow chart이다.



(그림 2) 가상 모니터 기반의 핸드 마우스 인터페이스 flow chart

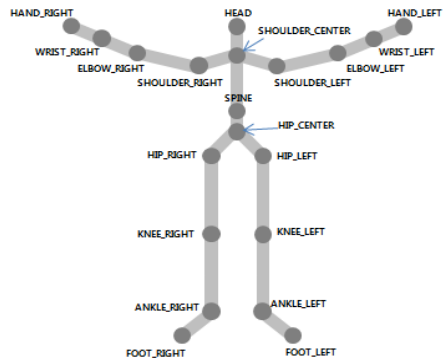
(Figure 2) Flow chart of the hand mouse interface based on virtual monitor concept

3.1 가상 모니터

이전 연구의 단점인 정확성을 높이기 위해 본 연구에서는 ‘가상 모니터’라는 새로운 개념을 도입하였다. 가상 모니터는 Kinect와 사용자 사이의 빈 공간에 마우스를 제어하는 가상의 공간으로 본 연구에서는 정의하였다. 이전 연구에서 마우스의 부자연스러운 움직임과 마우스 기능의 정확도가 다소 낮은 이유는 핸드 마우스를 제어하면서 변하는 사용자의 신체적 특징에 대한 미세한 변화를 실시간으로 추출하기 때문이다. Kinect 카메라를 통해 얻어지는 사용자의 신체적 특징은 미세한 변화에도 얻어지는 데이터 값이 변하기 때문에 모니터상의 좌표로 변환할 때, 정확하게 변환하지 못하였다. 또한 사용자가 더블 클릭을 할 경우, 처음 손의 위치를 기준으로 움직인 거리와 시간 지연을 사용하여 인식하였기 때문에 정확히 인식하지 못하였다. 만약에 시간 지연이 0.3초일 때, 사용자가 더블 클릭을 하기 위해서 2번 클릭하는 과정을 0.3초 이내에 행하지 못하게 되면, 이러한 상황은 더블 클릭을

한 것이 아니라 클릭을 2번 한 것으로 간주하기 때문이다. 이러한 단점을 해결하기 위해 가상 모니터를 생성하고 사용한다. 가상 모니터를 사용함으로써 마우스를 제어할 수 있는 기준점이 생기고, 가상공간의 절대 좌표에서 실제 모니터 상의 좌표로 정확하게 변환할 수 있게 된다. 좌표를 정확하게 변환하게 됨으로써 마우스의 움직임은 자연스러워진다. 또한 가상 모니터를 터치스크린처럼 사용할 수 있기 때문에 마우스 기능의 정확도가 높아진다.

가상 모니터를 생성하기 위해서는 사용자의 신체적 특징을 사용해야 한다. 사람은 개개인마다 팔 길이, 키 등과 같은 신체적 특징이 모두 다르기 때문에 마우스를 제어할 수 있는 가상 모니터의 위치나 크기를 각각의 사용자에게 알맞은 크기와 위치로 생성해야한다. 제안하는 인터페이스에서는 Kinect를 이용하여 사용자의 특징을 실시간으로 추출한다. Kinect를 이용하여 사용자의 skeleton 데이터를 얻고 각 관절에 대한 정보를 이용한다. 그림 3는 Kinect를 이용하여 얻을 수 있는 관절 요소이고, 표 1은 가상 모니터를 생성하기 위해 사용된 사용자의 신체적 특징과 각각의 기능을 나타낸다.



(그림 3) Kinect SDK를 이용하여 얻을 수 있는 Skeleton의 관절 요소

(Figure 3) Joint elements of the skeleton using the Kinect SDK

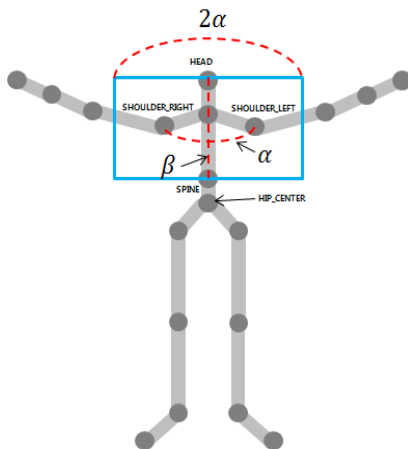
(표 1) 사용된 신체적 특징과 기능

(Table 1) Used physical features and functions

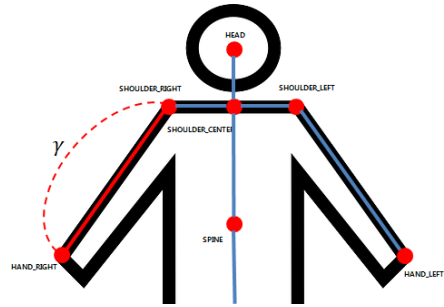
신체적 특징	기능
팔 길이	사용자와 가상 모니터 사이의 거리
어깨 너비	가상 모니터의 가로 길이
척추 위치	가상 모니터의 세로 길이와 위치
머리 위치	가상 모니터의 세로 길이와 위치
사용자의 위치	가상 모니터의 위치

그림 4은 사용자의 신체적 특징에 따른 가상 모니터의 크기를 도식적으로 표현한 것이다. 그림 3에서와 같이 가상 모니터의 크기와 위치를 지정하기 위해 사용자의 어깨 너비(α)와 얼굴 중심부터 척추까지의 거리(β)를 이용한다. 사용자가 핸드 마우스를 제어할 때, 가상 모니터의 크기가 사용자의 몸에 비해 너무 크거나 작지 않도록 어깨 너비의 2배로 설정하였고, 사용자의 키에 비해 너무 높거나 낮지 않도록 얼굴과 척추 사이의 거리로 설정해 준다. 제안하는 방법으로 가상 모니터의 크기를 정해 주면, 신체적 특징이 다른 어떠한 사용자가 사용하더라도 자신에게 알맞은 크기의 가상 모니터를 생성할 수 있다.

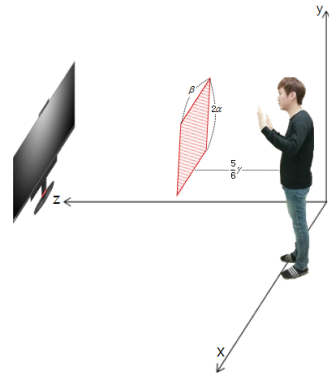
가상 모니터의 크기뿐만 아니라 사용자와 가상 모니터 사이의 거리도 중요하다. 사용자가 가상 모니터를 터치스크린처럼 사용하려면 사용자가 최대한 팔을 뻗었을 때, 닿는 거리 내에 있어야 한다. 따라서 사용자의 팔 길이를 이용하여 사용자와 가상 모니터 사이의 거리를 설정한다. 하지만 사용자의 팔 길이 전체를 사용할 경우, 사용자가 팔을 다 뻗지 않는다면 정확하게 인식이 되지 않게 된다. 따라서 이러한 경우를 배제하고자 사용자의 팔 길이의 5/6를 사용하여 사용자와 가상 모니터 사이의 거리로 설정해 주었다. 그림 5는 사용자의 팔 길이를 특징으로 잡은 모습을 보여주고, 그림 6는 가상 모니터와 사용자, 실제 모니터의 위치를 3차원 좌표축으로 표현한 그림이다.



(그림 4) 사용자의 신체적 특징을 이용하여 생성한 가상 모니터의 크기
(Figure 4) The size of the virtual monitor using user's physical features



(그림 5) 사용자의 팔 길이
(Figure 5) The user's arm length



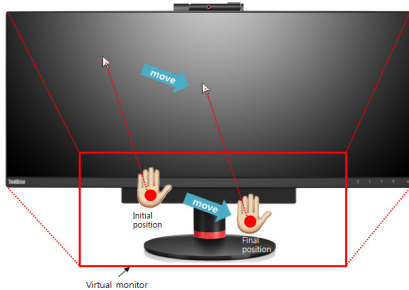
(그림 6) 실제 모니터, 가상 모니터, 사용자의 위치
(Figure 6) The position of the real monitor, virtual monitor and user

3.2 핸드 마우스 기능

1996년에 발표된 ‘Toward the Use of Gesture in Traditional User Interfaces’에서 마우스를 놓는 순간부터 카메라가 손을 인식하여 가상으로 모니터에 메뉴가 생기고 메뉴를 손으로 선택하는 등 직관적인 UI에 대해 소개하였다[17]. 그 이후, 다양한 새로운 형식의 UI들이 생겨났지만, 각각의 새로운 인터페이스들은 사용자들에게 각각의 이벤트들을 외우는데 많은 부담을 갖게 하였다. 또한 이러한 이벤트들이 전혀 직관적이지 않은 형태였다. 예를 들어 손가락을 펴고 모은 상태는 마우스 이동, 손가락을 모두 펴면 마우스 왼쪽 버튼 클릭 등과 같이 아무 관련 없는 것을 이었고, 15가지 이상의 Gesture vocabulary를 갖는 인터페이스도 있었다[18,19]. 제안하는 핸드 마우스 인터페이스는 직관적인 UI를 위해서 현재 직관적으로 사용하는 마우스 포인터를 이용하는 것이 가장 직관적인

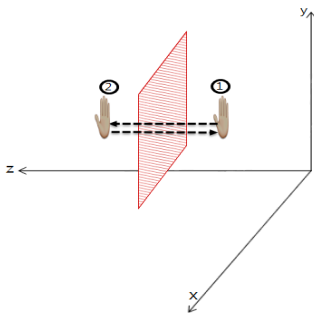
인터페이스가 될 것이라 생각하여 마우스 포인터와 손을 매핑(mapping)하여 핸드 마우스를 구현하였다.

사용자의 손으로 마우스를 제어하는 방법은 매우 간단하다. 왼손으로는 마우스의 움직임을 제어하고, 오른손을 마우스의 클릭 기능을 제어한다. 그림 7는 왼손의 움직임에 따라 실제 모니터 상에서 마우스의 움직임을 표현한 그림이고, 그림 8은 오른손으로 클릭의 기능을 제어하는 것을 표현한다. 그림 7에서와 같이 왼손을 가상 모니터 공간에서 움직이면 실제 모니터 상에서도 사용자의 손이 움직인 방향으로 움직이게 된다. 반면, 그림 8에서처럼 오른손을 가상 모니터를 만지듯이 ①의 위치에서 ②의 위치로 움직이게 되면 클릭의 기능을 수행한다.



(그림 7) 왼손의 움직임에 따라 실제 모니터 상에서 마우스의 이동

(Figure 7) The movement of the mouse on the actual monitor depending on the movement of the left hand



(그림 8) 클릭 기능을 제어하기 위한 오른손의 움직임
(Figure 8) The movement of the right hand for controlling click function

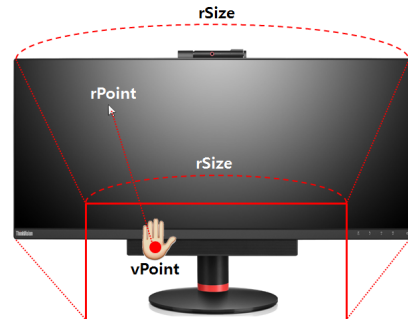
3.3 좌표 변환 알고리즘

가상 모니터 상에서 손의 움직임 따라 실제 모니터 상의 마우스 포인터를 이동시키기 위해서, 가상 모니터 상

의 좌표를 실제 모니터 상의 좌표로 변환하는 작업이 필요하다. 정확한 좌표 변환은 마우스의 이동을 자연스럽게 하고, 정확도도 높일 수 있다. 좌표 변환 알고리즘을 위해 가상 모니터와 실제 모니터의 비율을 이용한다. 가상 모니터 상의 왼손 좌표 $vp(x,y)$ 에 가상 모니터 크기($vSize$)와 실제 모니터 크기($rSize$)의 비율을 곱하면 실제 모니터 상의 좌표 $rp(x,y)$ 로 변환된다. 그림 9은 좌표 변환 알고리즘을 간략하게 보여주고 수식은 다음과 같다.

$$ratio = rSize / vSize \quad (2)$$

$$rp(x,y) = ratio \times vp(x,y) \quad (3)$$



(그림 8) 좌표 변환 알고리즘

(Figure 8) The coordinate transformation algorithm

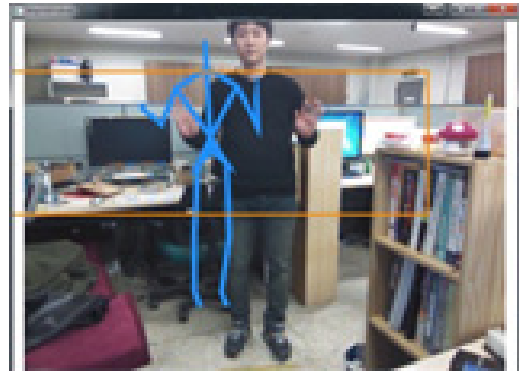
3.4 집중도 지수를 이용한 정확도 향상

본 논문에서 제안하는 시스템에서는 핸드 마우스 기능의 정확성을 높이기 위해 뇌파를 이용한 집중도 지수를 사용하였다. 사용자는 핸드 마우스를 사용하면서 마우스 포인터 움직임에 집중하게 된다. 이러한 사용자의 상태를 뇌파 분석을 통해 집중도를 파악하여 시스템에 적용할 수 있도록 하였다.

뇌파 분석을 통해 사용자의 집중 지수를 얻기 위해서는 취득된 뇌파의 raw data를 주파수 별로 분류하게 된다. 이를 위해 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)을 사용한다. FFT는 Time-domain에서 Frequency-domain으로 변환해서 각각의 합성신호를 분석하는 방법이다. FFT로 변환된 뇌파의 파형들은 지표를 적용하여 사용자의 상태를 분석하는데 사용되기도 한다. 본 연구에서는 집중 지수를 임계값으로 사용한다. 다만 사용자의 집중도가 항상 일정한 것이 아니기 때문에 오차 범위를 허용하여 사용자의 집중 지수가 오차 범위 내에 있다면 핸드 마우스의 기능을 사용할 수 있도록 하였다.

3.5 핸드 마우스 인터페이스의 전체적인 흐름

앞선 절에서 가상 모니터 기반의 핸드 마우스 인터페이스를 생성하는 법을 살펴보았다. 하지만 전체적으로 핸드 마우스 인터페이스를 사용하는 방법을 자세히 설명하고자 한다. 설명을 위해 가상 모니터 기반의 핸드마우스 인터페이스의 의사코드(Pseudocode)를 그림 10으로 나타냈다. 그림 10의 의사코드를 살펴보면 Kinect 앞에 사용자를 인식하게 되면 가상 모니터를 생성한다(1줄). 가상 모니터가 생성되면 사용자의 움직임 여부를 확인한다(4~7 줄). 이전 연구에서 실시간으로 사용자의 특징을 추출하였는데, 미세한 움직임에도 사용자의 특징이 변하게 되었다. 그 결과로 정확한 마우스의 기능을 하지 못하였는데, 이러한 단점을 보완하기 위해 사용자의 움직임을 추가로 확인하였다. 사용자의 움직임을 확인하게 되면 사용자가 제자리에서 핸드 마우스를 사용할 때, 미세한 움직임에는 가상 모니터가 움직이지 않기 때문에 보다 정확하게 핸드 마우스 인터페이스를 사용할 수 있다. 만약 사용자의 움직임이 없다면 핸드 마우스의 기능을 이용할 수 있도록 해준다(8~26줄). 왼손과 오른손이 가상 모니터 공간에 있을 때, 왼손은 마우스의 이동을 제어하고, 오른손은 클릭의 기능을 제어한다. 여기서 추가적으로 집중력 지수를 이용한다. 사용자가 마우스 포인터의 움직임에 집중하여 집중 지수의 오차 범위 내에 있다면 핸드 마우스의 기능을 수행하도록 하였다. 그림 11은 가상 모니터 기반의 핸드 마우스 인터페이스를 사용하는 장면이다.



(그림 11) 가상 모니터 기반의 핸드 마우스 인터페이스
(Figure 11) Hand mouse interface based on virtual monitor

4. 실험

가상 모니터 기반의 핸드 마우스 인터페이스에 대한 실험은 총 3가지의 실험을 진행하였다. 정확성을 높이기 위해 핸드 마우스 사용 시, 사용자의 뇌파를 측정하여 집중지수를 비교하는 실험과 핸드 마우스의 성능을 평가하기 위한 직관성과 정확성에 대한 실험을 실시하였다.

4.1 집중지수 실험

실험은 Emotiv 사의 EPOC 헤드셋 장비를 이용하여 진행하였다. 각 채널 별로 초당 128Hz로 측정되며, 뇌파 측정위치는 국제 10-20 전극배치법을 기반으로 배치되어있다[20]. 20대 남성을 대상으로 한 이 실험은 피험자의 평상시 뇌파와 마우스 제어 동영상을 시청하는 동안의 뇌파를 측정하여 집중 지수를 비교하였다. 뇌파를 측정할 때, 단계 사이에 명상하는 시간을 넣음으로써 사용자의 뇌파가 안정화된 상태에서 실험이 진행될 수 있도록 하였다. 또한 동영상은 사용자가 마우스를 제어하는 상황에 근접하도록 제작하여 실제 마우스를 사용하는 상황의 뇌파를 유도할 수 있도록 하였다. 평상시 뇌파와 동영상 시청은 각 2분 30초씩 5번 실시하여 평균치를 구하였다. 그림 12는 뇌파 측정 실험 모습이고, 표 2는 뇌파 집중도 실험 결과이다.

```

1 make_virtual_monitor();
2 while(true)
3 {
4     if (move >= 50cm)
5     {
6         make_virtual_monitor()
7     }
8     else
9     {
10        if( (Left hand & Right hand) in virtual monitor )
11        {
12            if (Left hand)
13            {
14                rp(x,y) = vp(x,y) * ratio
15                if (concentrate_indicator - 0.03 <= EEG <= concentrate_indicator + 0.03)
16                {
17                    if(WM depth >= Right hand depth)
18                        click_flag = on
19                    else if(WM depth < right hand depth)
20                        click_flag = off
21                }
22            }
23        }
24    }
25 }
26 }

```

(그림 10) 가상 모니터 기반 핸드 마우스 인터페이스 의사코드
(Figure 10) Pseudocode of the hand mouse interface based on virtual monitor concept



(그림 12) 뇌파 측정 실험 장면

(Figure 12) The experiment of EEG measurement

(표 2) 뇌파 측정 결과

(Table 2) The result of EEG measurement

	θ	SMR	Mid- β	집중지수
Normal	6.7778	1.5954	-1.093	0.0741
	10.5665	1.8603	-0.8534	0.0953
Concentration	10.214	3.1221	0.2489	0.3300
	6.4739	3.1968	-0.8873	0.3567

표 2의 실험 결과는 5번의 실험 중에서 각 상태별 집중 지수의 최소값과 최대값을 보여준다. 평상시 뇌파의 집중 지수의 평균은 약 0.08이고, 마우스를 제어하는 상황에서의 집중 지수의 평균은 0.34이다. 평상시의 집중도가 마우스를 제어하는 상황의 집중도보다 76% 낮음을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 핸드 마우스를 사용하는 상황에서 측정되는 뇌파의 임계값을 0.34로 설정하고 오차 범위를 ± 0.03 으로 적용하여 핸드 마우스의 정확도를 높였다.

4.2 직관성과 정확성 실험

UI의 특성상 누구나 쉽게 사용할 수 있어야 하고 정확해야 한다. 직관성 실험은 누구나 쉽게 사용할 수 있는지 여부를 확인하고, 정확성 실험은 사용자의 의도를 정확하게 파악할 수 있는지 여부를 확인한다.

실험 대상은 10대부터 50대 까지 신체적 특성이 다른 남녀로 총 50명을 대상으로 하여 직관성 실험과 정확성 실험을 하였다. 직관성 실험은 피험자에게 핸드 마우스 인터페이스에 대해 설명하지 않고 스스로 사용방법을 터득하는데 걸리는 시간을 측정하였고, 정확성에 대한 실험은 사용자의 의도대로 클릭, 더블 클릭, 드래그의 마우스 기본 기능을 사용할 수 있는지를 확인하기 위하여 10번의 시도 중 성공 횟수를 정확도로 하였다. 표 3과 표 4는 집중 지수를 사용하지 않은 핸드 마우스 인터페이스의 직관성과 정확성의 실험 결과이다.

표 3에 결과를 보면 대부분의 피험자들의 경우, 1분 이내로 사용법을 터득하는 것을 알 수 있다. 정확성 실험에서는 드래그 80.9%, 클릭 80%, 더블 클릭 76.7% 정도로 측정되었다. 이러한 결과는 이전 연구에서의 장점인 직관성은 유지하면서, 정확성 면에서는 향상된 결과를 보여준다. 가상 모니터 기반의 핸드 마우스의 정확성을 비교하기 위하여 OpenCV 라이브러리를 이용한 핸드 마우스와 비교하였다. OpenCV 라이브러리를 이용하여 구현한 핸드 마우스의 경우, 클릭과 더블 클릭의 정확성을 각각 90%와 92.5%였다[21]. 표 5는 OpenCV 라이브러리를 이용한 핸드 마우스와 본 연구에서 제안하는 가상 모니터 기반의 핸드 마우스 인터페이스의 실험 결과이다.

(표 3) 집중 지수를 사용하지 않은

핸드 마우스 인터페이스의 직관성 실험 결과

(Table 3) Intuitiveness experimental result disusing concentration indicator

	10대 남자	10대 여자	20대 남자	20대 여자	30대 남자	30대 여자	40대 남자	40대 여자	50대 남자	50대 여자
1	42sec	48sec	27sec	21sec	32sec	19sec	55sec	45sec	57sec	66sec
2	35sec	45sec	25sec	54sec	38sec	64sec	41sec	38sec	65sec	74sec
3	55sec	31sec	34sec	33sec	37sec	58sec	42sec	31sec	52sec	64sec
4	14sec	62sec	48sec	25sec	24sec	49sec	30sec	61sec	78sec	48sec
5	38sec	55sec	55sec	43sec	32sec	34sec	43sec	46sec	45sec	55sec
Avg.	36.8sec	48sec	37.8sec	35.2sec	32.6sec	44.8sec	42.2sec	44.2sec	59.4sec	61.4sec

(표 4) 집중 지수를 사용하지 않은

핸드 마우스 인터페이스의 정확성 실험 결과

(Table 4) Accuracy experimental result disusing concentration indicator

	10대 남자	10대 여자	20대 남자	20대 여자	30대 남자	30대 여자	40대 남자	40대 여자	50대 남자	50대 여자	avg
Drag	85	78	86	83	84	83	80	70	79	81	80.9
click	79	85	91	88	83	76	71	72	81	74	80
Double click	76	70	72	81	80	86	72	75	76	79	76.7

(표 5) OpenCV 라이브러리를 이용한 핸드 마우스와 가상 모니터 기반의 핸드 마우스 인터페이스의 정확도 비교

(Table 5) Accuracy comparison result of hand-mouse using OpenCV and suggested method

	Trial	Count	Accuracy
Click using the OpenCV library,[21]	200	180	90%
Double Click using the Opencv library,[21]	200	185	92.5%
click using the proposed method	200	195	97.5%
Double click using the proposed method	200	188	94%

마지막으로 표 6은 본 연구에서 최종적으로 제시하는 사용자의 집중 지수를 이용한 가상 모니터 기반의 핸드 마우스 인터페이스의 유효성을 확인하기 위해 집중하지 않았을 때, 바꿔 말해 사용자가 의도하지 않은 행동을 얼마나 분별할 수 있는지 여부를 확인한 결과이다. 본 연구에서 집중 지수는 사용자의 불필요한 행동을 인식하기 위해 사용된 것이므로, 사용자가 핸드 마우스 인터페이스에 집중할 때와 집중하지 않았을 때를 구별해야한다. 따라서 평상시의 뇌파에서는 정확도가 낮으면 낮을수록 좋고, 집중 상태에서는 정확도가 높으면 높을수록 좋다. 현재 뇌파 측정 기술은 움직이면서 뇌파를 측정하게 되면 많은 잡파가 생긴다. 따라서 미리 측정된 뇌파를 통해 평상시의 뇌파와 집중했을 때로 나누어 진행하였고, 200번의 시도 중 성공 횟수로 각 기능의 정확성을 측정하였다. 표 6에서와 같이 평상시의 뇌파로 진행했을 때는 4%, 2%, 3.5%로 매우 적은 횟수만 인식하는 것을 확인할 수 있다.

(표 6) 집중 지수를 사용한
핸드 마우스 인터페이스 실험 결과
(Table 6) Hand-mouse experimental result
using concentration indicator

	Click	Drag	Double Click
평상시 뇌파	4%	2.5%	3.5%
집중시 뇌파	97%	86%	95.5%

5. 결론 및 향후 연구

다가오는 미래에는 인간의 자유로운 몸짓이나 음성 등을 이용하는 시대가 될 것이다. 이러한 흐름에 맞추어 본 연구에서는 사용자의 신체적 특징과 뇌파를 사용하여 손으로 마우스를 제어하는 인터페이스를 설계하고 구현하였다. 가상 모니터 기반의 핸드 마우스 인터페이스는 매우 직관적이고 사용하기 쉬우며, 뇌파를 통해 사용자의 의도하지 않은 움직임을 제거하여 높은 정확성을 얻을 수 있었다. 이러한 점으로 미루어 보았을 때, 가상 모니터 기반의 인터페이스는 마우스에 국한되지 않고, 더 나아가 가상 모니터 위에 방향키를 설정하여 사용하는 등 추가적인 인터페이스로 거듭날 가능성이 높을 것으로 기대되며, 손으로 마우스를 제어하는 시스템에 좋은 예시가 될 것으로 보인다.

향후 연구에서는 집중 지수 이외에 다른 뇌파 지표들을 사용하여 진행하고, 본 논문에서 제안하는 시스템과 비교하는 연구를 진행할 것이다.

참 고 문 헌 (Reference)

- [1] W. Bland, T. Naughton, G. Vallée, and S. L. Scott, "Design and implementation of a menu based oscar command line interface," in *High Performance Computing Systems and Applications*, pp. 25-25, 2007.
<http://dx.doi.org/10.1109/hpcs.2007.14>
- [2] M. Park, "A study on the Research on an effective graphic interface design of the web environment for the people with disability-Focused on the people with hearing impairment," Master's Degree, The Department of Design, Sejong University, Seoul, 2005.
- [3] M. N. K. Boulos, B. J. Blanchard, C. Walker, J. Montero, A. Tripathy, and R. Gutierrez-Osuna, "Web GIS in practice X: a Microsoft Kinect natural user interface for Google Earth navigation," *International journal of health geographics*, vol. 10, no. 1, pp. 45, 2011.
<http://dx.doi.org/10.1186/1476-072x-10-45>
- [4] M. F. Shiratuddin and K. W. Wong, "Non-contact multi-hand gestures interaction techniques for architectural design in a virtual environment," in *Information Technology and Multimedia (ICIM)*, pp. 1-6, 2011.
<http://dx.doi.org/10.1109/icimu.2011.6122761>
- [5] I. Chiang, J.-C. Tsai, and S.-T. Chen, "Using Xbox 360 kinect games on enhancing visual performance skills on institutionalized older adults with wheelchairs," in *Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning (DIGITEL)*, pp. 263-267, 2012.
<http://dx.doi.org/10.1109/digitel.2012.69>
- [6] M. Ahn, and S. Jun, "Brain-Computer Interface System of Principles and technology trends." *The Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, vol. 29, no. 4, pp. 42-53, 2011.
- [7] K. Lee, T. Lee, and S. Lee, "Motor Imagery Brain Signal Analysis for EEG-based Mouse Control," *Korean Journal of Cognitive Science*, vol. 21, no. 2, pp. 309-338, 2010.
<http://dx.doi.org/10.19066/cogsci.2010.21.2.004>
- [8] D. J. Sturman and D. Zeltzer, "A survey of glove-based input," *Computer Graphics and Applications, IEEE*, vol. 14, no. 1, pp. 30-39, 1994.
<http://dx.doi.org/10.1109/38.250916>
- [9] F.-S. Chen, C.-M. Fu, and C.-L. Huang, "Hand gesture recognition using a real-time tracking method and hidden

- Markov models," *Image and vision computing*, vol. 21, no. 8, pp. 745-758, 2003.
[http://dx.doi.org/10.1016/s0262-8856\(03\)00070-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0262-8856(03)00070-2)
- [10] J. Kim, "Bio-mimetic Recognition of Action Sequence using Unsupervised Learning," *Journal of Internet Computing and Service*, vol. 15, no. 4, pp. 9-20, 2014.
<http://dx.doi.org/10.7472/jksii.2014.15.4.09>
- [11] J. Kim, "BoF based Action Recognition using Spatio-Temporal 2D Descriptor," *Journal of Internet Computing and Service*, vol. 16, no. 3, pp. 21-32, 2015.
<http://dx.doi.org/10.7472/jksii.2015.16.3.21>
- [12] T. Baudel and M. Beaudouin-Lafon, "Charade: remote control of objects using free-hand gestures," *Communications of the ACM*, vol. 36, no. 7, pp. 28-35, 1993.
<http://dx.doi.org/10.1145/159544.159562>
- [13] A. A. Argyros and M. I. Lourakis, "Vision-based interpretation of hand gestures for remote control of a computer mouse," in *Computer Vision in Human-Computer Interaction*, ed: Springer, pp. 40-51. 2006.
http://dx.doi.org/10.1007/11754336_5
- [14] G. Lee, D. Shin, and D. Shin, "NUI/NUX framework based on intuitive hand motion," *Journal of Internet Computing and Services*, vol. 15, no. 3, pp. 11-19, 2014.
<http://dx.doi.org/10.7472/jksii.2014.15.3.11>
- [15] J. O. Lubar and J. F. Lubar, "Electroencephalographic biofeedback of SMR and beta for treatment of attention deficit disorders in a clinical setting," *Biofeedback and self-regulation*, vol. 9, no. 1, pp. 1-23, 1984.
<http://dx.doi.org/10.1007/bf00998842>
- [16] M. Sterman, "Sensorimotor EEG operant conditioning: Experimental and clinical effects," *The Pavlovian Journal of Biological Science: Official Journal of the Pavlovian*, vol. 12, no. 2, pp. 63-92, 1977.
<http://dx.doi.org/10.1177/155005940003100110>
- [17] R. Kjeldsen and J. Kender, "Toward the use of gesture in traditional user interfaces," in *Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 151-156, 1996.
<http://dx.doi.org/10.1109/afgr.1996.557257>
- [18] J. Lee, J. Lee, Y. Myeong, J. Lee, and H. Seong, "Development of Motion Recognition Hand-Mouse Using OpenCV," *Telcommunications Research Institute Proceedings, Sangji University*, vol. 7, no. 2, pp. 15-19, 2011.
- [19] E. Sánchez-Nielsen, L. Antón-Canalís, and C. Guerra-Artal, "An autonomous and user-independent hand posture recognition system for vision-based interface tasks," in *Current Topics in Artificial Intelligence*, ed: Springer, pp. 113-122, 2006.
http://dx.doi.org/10.1007/11881216_13
- [20] D. Oh and K. Hong, "Studies on the quantification of relaxation numbers using EEG," *HCI 2014*, pp. 853-856, 2014.
- [21] S. Kang, C. Kim, and W. Son, "Developing User-friendly Hand Mouse Interface via Gesture Recognition," *The Korean Society of Broadcast Engineers*, pp. 129-132, 2009.

◎ 저 자 소 개 ◎



전 창 현 (Chang-hyun Jeon)

2014년 2월 세종대학교 컴퓨터 공학과 졸업
2014년 3월~현재 세종대학교 일반대학원 컴퓨터공학과 석사과정
관심분야 : 데이터 마이닝, HCI, NUI/NUX, 생체신호 분석
E-mail : iloveovo88@gmail.com



안 소 영 (So-young Ahn)

2014년 2월 세종대학교 컴퓨터 공학과 졸업
2014년 3월~현재 세종대학교 일반대학원 컴퓨터공학과 석사과정
관심분야 : 데이터 마이닝, 신호 처리, 영상 처리
E-mail : asy131123@gmail.com



신 동 일 (Dong-il Shin)

1988년 2월 연세대학교 전산학과 졸업
1993년 2월 Washington State University 컴퓨터과학과 석사
1997년 2월 University of North Texas 컴퓨터과학과 박사
1997년 9월~1998년 2월 시스템공학연구소 선임연구원
1998년 3월~현재 세종대학교 컴퓨터공학과 정교수
관심분야 : HCI, 데이터마이닝, CSCW
E-mail : dshin@sejong.ac.kr



신 동 규 (Dong-kyoo Shin)

1986년 2월 서울대학교 계산통계학과 졸업
1992년 8월 Illinois Institute of Technology 컴퓨터과학과 석사
1997년 8월 Texas A&M University 컴퓨터공학과 박사
1997년 9월~1998년 2월 현대전자 멀티미디어연구소 책임연구원
1998년 3월~현재 세종대학교 컴퓨터공학과 정교수
관심분야 : 상황인식 미들웨어, 웹기반 멀티미디어, 데이터베이스, 데이터마이닝
E-mail : shindk@sejong.ac.kr