

EOG와 마커인식을 이용한 착용형 사용자 인터페이스

강선경*, 정성태**, 이상설**

Wearable User Interface based on EOG and Marker Recognition

Sun-Kyoung Kang*, Sung-Tae Jung**, Sang-Seol Lee**

요약

최근 많은 착용형 컴퓨터가 개발되었지만, 아직도 입력 및 출력 관점에서 보면 사용자 인터페이스에 많은 문제를 가지고 있다. 본 논문에서는 EOG 감지 회로와 마커 인식에 기반한 착용형 사용자 인터페이스를 제안한다. 제안된 사용자 인터페이스에서 EOG 감지 회로는 지시 장치로 사용되는데, 눈 주위의 전위차를 감지함으로써 눈동자의 움직임을 추적한다. 사용자가 다루고자 하는 객체는 사람이 인지 가능한 마커로 표시되며, 마커 인식 시스템은 카메라 영상으로부터 마커를 검출하고 인식한다. 마커가 인식되면 해당하는 객체에 대한 속성창과 마커 창이 HMD에 디스플레이되고 사용자는 원하는 속성이나 메소드를 선택함으로써 객체를 다루게 된다. EOG 감지 회로와 마커 인식 시스템을 이용함으로써 사용자는 착용형 컴퓨팅 환경에서 눈동자의 움직임만으로 객체의 조작을 손쉽게 수행할 수 있다.

Abstract

Recently many wearable computers have been developed. But they still have many user interface problems from both an input and output perspective. This paper presents a wearable user interface based on EOG(electrooculogram) sensing circuit and marker recognition. In the proposed user interface, the EOG sensor circuit which tracks the movement of eyes by sensing the potential difference across the eye is used as a pointing device. Objects to manipulate are represented human readable markers. And the marker recognition system detects and recognize markers from the camera input image. When a marker is recognized, the corresponding property window and method window are displayed to the head mounted display. Users manipulate the object by selecting a property or a method item from the window. By using the EOG sensor circuit and the marker recognition system, we can manipulate an object with only eye movement in the wearable computing environment.

▶ Keyword : EOG(Electrooculogram), Wearable Computing(착용형 컴퓨터), Marker Detection (마커 검출), Marker Recognition(마커 인식),

• 제1저자 : 강선경

• 접수일 : 2006.12.11, 심사일 : 2006.12.15, 심사완료일 : 2006. 12.25

* 원광대학교 컴퓨터공학과 대학원, ** 원광대학교 전기전자 및 정보공학부 교수

※ 이 논문은 2004년도 원광대학교 교비의 지원에 의해서 수행됨

I. 서론

최근 신체, 의복 등에 착용될 수 있는 소형화, 경량화된 착용형 컴퓨터 개발이 활발히 이루어지고 있다[1][2][3]. 이러한 착용형 컴퓨팅 환경에서는 머리에 착용하는 디스플레이(HMD : Head Mounted Display)가 출력 장치로 사용될 수 있고 손목형 키보드가 입력 장치로 사용될 수 있다. 그러나 마우스와 같은 장치는 착용형 컴퓨팅 환경에서 사용하기가 불편하다. 이러한 문제를 극복하기 위한 방안으로 본 논문에서는 EOG 신호[4]와 마커 인식[5,6]을 이용한 인터페이스를 제안한다. 착용자는 의미가 부여된 마커를 카메라 영상으로부터 검출하고 인식하여 손을 사용하지 않고도 간단한 명령을 눈의 움직임을 통하여 동작시킬 수 있다. 본 논문에서는 눈의 움직임을 추적하기 위해서 EOG 신호 감지 회로를 제안한다. 제안된 EOG 신호 감지 회로는 눈 주위의 전위차를 감지함으로써 눈동자의 움직임을 추적한다. 이와 같은 EOG 감지 회로는 지시 장치로 사용된다.

본 논문에서 제안된 사용자 인터페이스에서는 사용자가 다루고자 하는 객체를 사람이 인지 가능한 마커로 표시한다. 마커 인식 시스템은 사용자가 착용한 카메라의 입력 영상으로부터 마커를 검출하고 인식한다. 마커가 인식되면 해당하는 객체에 대한 속성값과 마커 창이 HMD에 디스플레이되고 사용자는 원하는 속성이나 메소드를 선택함으로써 객체를 다루게 된다.

EOG 감지 회로에 의하여 선택된 속성이나 메소드 항목에 대한 정보는 무선랜을 통해 컨트롤 서버로 전달된다. 컨트롤 서버에서는 해당 속성이나 메소드를 실행하는 프로그램을 동작시키기 위하여 키보드 에뮬레이터를 구동한다.

제안된 사용자 인터페이스의 GUI는 Java를 이용하여 구현하여 착용형 컴퓨터에서 손쉽게 수행될 수 있도록 하였다. 마커 검출과 인식은 수행 속도를 빠르게 하기 위하여 C++ 언어를 이용하여 구현하였다. Java 프로그램과 C++ 프로그램의 인터페이스를 위해서는 JNI(Java native Interface)를 사용하였다. 개발된 프로그램은 XScale PXA 270 CPU와 256MB 용량의 모바일 SDRAM을 탑재한 착용형 컴퓨터에서 구현되었으며 실시간으로 동작하였다.

본 논문에서 개발한 인터페이스 사용 예로 파워포인트의 프리젠테이션을 수행하거나, 전등을 ON/OFF하는 동작을 수행할 수 있도록 하는 인터페이스를 구현하여 실험을 수행하였다. 실험 결과 손을 사용하지 않고 눈동자의 움직임만

으로 파워포인트 프리젠테이션가 전등 제어를 성공적으로 수행할 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II 관련 연구에 대하여 서술하고 III장에서는 제안하고 있는 시스템의 전반적인 개요에 대해 기술하고, IV 장에서는 착용형 컴퓨터 환경을 위하여 입력 신호로 사용한 눈의 움직임 측정과 EOG에 대하여 간략히 소개한 다음, V 장에서는 사용자가 인지 가능한 마커의 검출과 인식에 대하여 설명하고, VI 장에서는 키보드 에뮬레이터에 대한 구체적인 내용을 이야기하고 VII 장에서는 본 논문에서 구현 되어진 시스템 구현부분에 대해 설명하고 실험 결과에 대해 이야기하고 마지막 VIII 장에서 결론 및 향후 과제에 대해 언급한다.

II. 관련 연구

착용형 컴퓨팅 환경에서 사용자 인터페이스 기술은 에이전트 기술과 멀티모달 및 인식을 지원하는 HCI 기술로 발전하고 있다. 이러한 착용형 컴퓨팅 환경이 보편화되어짐으로써 사용자 인터 페이스 기술도 더욱더 발달되어지고 있다. 사용자가 정보 기술을 이용하는 일반적인 수단이 지금까지의 유니모달에서 벗어나 멀티모달 기반의 인터페이스 기술로 발전되어 휴먼 인터페이스 기술을 실현하기 위하여 시각, 청각, 촉각을 이용한 인터페이스 기술이 연구되어지고 있다.

그러나 기존의 시스템들은 대부분이 사용자와의 상호작용보다는 정보의 디스플레이를 위주로 하여 그 정보를 전달 받고 사용자가 명령을 내리려면 키보드나 마우스와 같은 기능을 하는 것으로 음성이나 손을 이용하여 디스플레이 된 정보에 명령을 내렸다. 착용형 컴퓨팅의 형태로 손목에 부착하는 PDA기반의 장치 형태나 Small PC 기반의 의복형태로 미국 카네기 멜론 대학에서 진동으로 방향정보를 제공하는 조끼형태의 착용형 컴퓨터를 개발하였다.[7][8] 하지만 음성을 이용하는 기술은 주위의 잡음이나 소음에 큰 영향을 받음으로써 정확한 정보 전달을 할 수 없는 단점을 가지고 있다. 그리고 손을 이용하여 명령을 하는 것은 손을 이용하기 힘든 상황에서는 제대로 동작할 수 없는 단점을 가지고 있다. 그래서 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하기 위해 눈을 통해 정보를 전달 받고 다시 눈의 움직임을 통해 기존의 마우스의 기능 같은 입력장치 기능까지 가능한 인터페이스를 제안한다.

III. 시스템 개요

3.1 시스템 구성도

본 논문에서의 시스템 구성은 그림 1과 같다. 카메라와 HMD, 착용형 컴퓨터[9]를 착용한 사용자와 무선랜 그리고 프로그램을 제어하는 컨트롤 서버로 구성되어진다. 본 논문에서는 사용자가 그림 1과 같이 착용형 컴퓨터, HMD, 카메라를 착용하고 작업을 수행하는 가정 하에 이루어진다. 카메라 영상은 그림 1과 같이 HMD에 디스플레이되고 사용자가 다루고자 하는 객체는 인지 가능한 마커로 표시된다. 착용형 컴퓨터는 카메라 영상에서 존재하는 마커를 실시간으로 검출하여 표시해 준다. 그러면 사용자는 눈동자를 움직여서 사용하고자 하는 객체에 대한 마커를 선택한다. 그러면 착용형 컴퓨터는 그 마커를 인식하고 그에 해당하는 인터페이스 화면을 보여주게 된다. 사용자는 인터페이스 화면에서 주어진 메뉴를 눈동자를 움직여서 선택하게 되고 그 결과가 무선랜을 통해 서버로 보내지게 된다. 제어서버는 사용자가 선택한 동작을 수행하는 프로그램을 작동시키기 위해 키보드 에뮬레이터를 사용한다. PC의 모든 프로그램은 키보드에 의해 작동 가능하도록 설계되어 있으므로 본 논문에서는 컨트롤 서버에서 프로그램을 실행시키기 위해 키보드 대응으로 키보드 에뮬레이터를 이용하여 기존의 프로그램도 손쉽게 활용할 수 있도록 하였다.

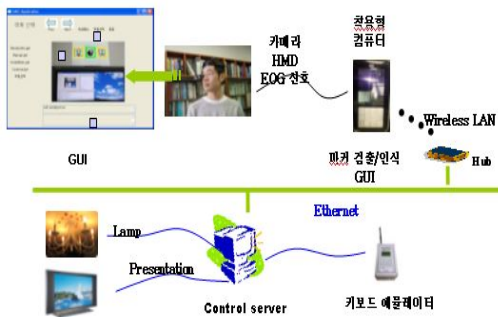


그림1. 시스템 구성도
Fig. 1. System configuration

3.2 EOG/객체 인터페이스 프레임워크

본 논문에서는 EOG와 객체 간의 인터페이스를 위해 그

림 2과 같은 프레임 워크를 사용하였다. 왼쪽에는 속성 창이 위쪽에는 메소드 창이 위치하고 가운데는 마커 인식창으로 구성되어 있다. 속성 창에는 객체의 속성이 나타나고 메소드 창에는 그 객체에 대하여 수행할 수 있는 작업이 나타난다. 한 예로 그림 2에는 파워포인트 프리젠테이션 객체에 대한 속성과 메소드가 나타나 있다. 사용자가 눈의 움직임으로 먼저 속성 창에서 프리젠테이션 할 파일이름을 선택하면 해당 파일의 슬라이드 쇼가 시작된다. 그 다음에는 메소드 창에서 페이지 업, 페이지 다운 등의 메소드를 선택하여 원하는 페이지를 탐색하게 된다..

이와 같이 눈동자의 움직임을 이용하고 객체에 대한 인터페이스 프레임워크를 제공함으로써 단순한 작업을 손을 사용하지 않고 수행할 수 있다.

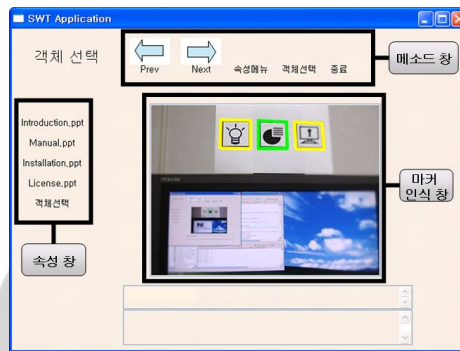


그림 2. 인터페이스 프레임 워크
Fig. 2. Interface Framework

IV. 안구 움직임과 눈 깜박임 측정

본 논문에서는 활동성에 지장을 최소화하면서 단순한 지시장치로 사용될 수 있는 안구 움직임 측정 장치 개발을 위하여 아래 그림 3과 같이 2개의 전극을 비직교 형태로 부착하는 방법을 이용하였다.

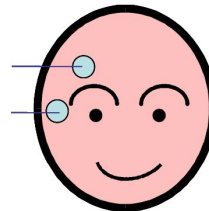


그림 3. 비직교 전극 부착
Fig. 3. Non-orthogonal attachment of electrodes

이 방법은 안구의 수직 움직임을 측정할 수 없는 단점을 가지고 있지만 수평움직임과 눈의 깜박임을 측정할 수 있다. 수평움직임과 눈의 깜박임의 측정으로 단순한 안구지시 기능 및 선택기능을 수행할 수 있게 된다.

안구 움직임의 크기를 얻기 위해서는 DC성분으로 EOG 신호를 관찰하면 편리하다. (식 1)과 같이 안구신호를 AD 변환기를 통해 측정하기 위해서는 약 5000배 이상의 증폭 A가 필요하다. 그런데, 입력단의 미세한 오프셋 전압 v_{offset} 의 변화는 최종 출력단에서 증폭된 전압 Av_{offset} 에 의해 불안정한 동작범위에서 결과가 나타난다.

$$v_{out} = A (v_{eog} + v_{offset}) = Av_{eog} + Av_{offset} \dots\dots\dots (식 1)$$

이 문제를 해결하기 위해 보통 고역통과필터를 통과시켜 DC성분을 제거하고 AC 성분으로 EOG 신호를 분석 이용하고 있다. 그러나, DC 성분이 제거된 EOG 신호는 0[V]를 기준으로 파형이 관찰되기 때문에 동작범위가 안정적이라는 장점이 있는 반면 안구신호 자체에서 발생시키는 DC 성분까지 제거하였기 때문에 정확한 안구의 위치를 파악하기 어려운 단점을 갖게 된다. 출력에서 관찰되는 신호 v_{out} 중에서 입력오프셋에 의한 Av_{offset} 성분을 제거시키면 Av_{eog} 신호를 얻게되고 DC 성분이 포함된 안구신호가 된다. 본 논문에서는 Av_{offset} 성분을 제거시키는 보정을 통해 DC 성분이 포함된 안구신호를 사용하였다. 그림 4는 DC 성분이 포함된 EOG 측정신호가 약 20초간 나타나 있는데, 안구의 수평움직임에 따라 전압이 다르게 나타나고 있다. 안구가 정지했을 때 EOG 신호가 다소 떨림이 있는 것은 안구 자체의 떨림이 주 원인으로 나타나고 있다. 정면을 응시할 때 기저 전압이 약 1.8 [V]로 유지되고 있고, 안구의 회전정도 및 복귀 정도에 비례하여 전압변화가 측정되고 있다.

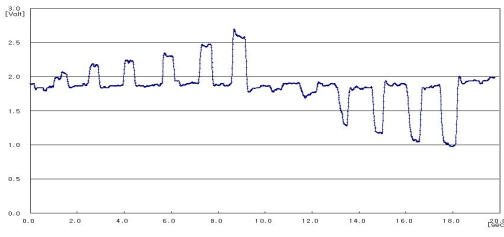


그림 4. DC 성분이 포함된 EOG 신호
Fig. 4. EOG signal containing DC components

EOG 신호를 보조 정보입력 장치로 활용하기 위해서 수평 움직임 외에 마우스의 클릭과 대등한 기능을 갖는 신호가 필요하다. 눈의 깜박임 신호를 사용하여 마우스의 클릭 기능을 표현할 수 있다. 그림 5는 눈 깜박임과 안구의 수평 움직임을 측정한 EOG 신호이다. 약 3.5초 위치에서 눈을 한번 깜박였고, 약 4.5초에서 0.5초 사이에 두 번 눈을 깜박였음을 알 수 있다. 눈 깜박임은 약 1초와 2.5초에 관찰된 안구의 좌, 우 수평움직임과 비교할 때 상대적으로 짧은 순간의 펄스로 관찰된다.

1회의 깜박임은 눈의 피로에 의한 생리적 현상으로 발생되므로 정보입력 기능으로 사용하지 않고 의도적인 2회의 눈 깜박임을 마우스의 클릭과 같은 선택기능으로 활용하였다.

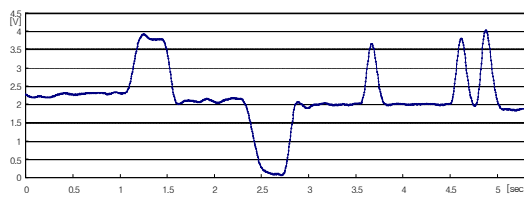


그림 5. 눈 깜박임과 안구움직임 측정 EOG 신호
Fig. 5. EOG signals for eye blinking and eye movement

AD변환된 안구의 움직임 정도와 눈 깜박임을 인식한 후 다섯 가지 중 하나의 사건 발생으로 검출하여 문자로 마커 선택 단계로 전달된다. 눈을 두 번 깜박이면 선택사건 S, 눈을 왼쪽으로 약간 이동하면 l, 왼쪽으로 많이 이동하면 L, 오른쪽으로 약간 이동하면 r, 오른쪽으로 많이 이동하면 R을 전달한다.

V. 마커 검출 및 인식

본 논문에서는 참고문헌[10]의 마커 검출 및 인식 알고리즘을 사용하였다. 참고문헌 [10]의 알고리즘은 PC 상에서 구현되었는데, 착용형 컴퓨터에서 수행될 수 있도록 하기 위해서 부동소수점 연산의 사용을 최소화 하는 등의 최적화 과정을 적용하였다. 시각형 마커 검출 과정은 그림 6과 같다. 마커 검출을 위해 입력 영상을 이진 영상으로 변환하고 윤곽선을 검출한다. 여기에서 검출된 윤곽선은 연결된 픽셀들로 구성되어 있는데, 시각형 검출을 위해 윤곽선을 선분으로 근사화한다. 선분으로 근사화한 다음에는 윤곽선을 이루는 선분의 수, 윤곽선 내부의 면적, 블록 객체 여

부 등의 기하학적 특징을 검출하여 이로부터 윤곽선이 사각형인지 아닌지를 판단한다.

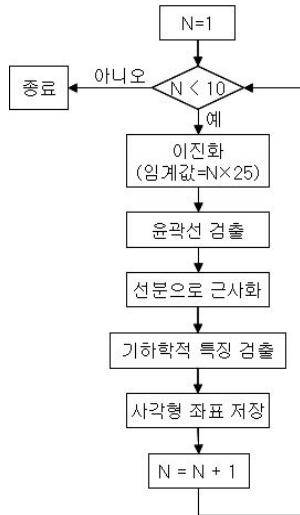


그림6. 마커 검출 단계
Fig 6. Procedure for marker detection

입력 영상의 사각형 마커를 인식하기 위해서는 검출된 사각형 마커의 영상을 추출한 다음에 정사각형 형태의 표준 마커 영상 형태로 변환을 해야 한다. 마커 영상이 정사각형이 아닌 경우 이를 정사각형 형태로 변환을 해 주어야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 먼저 워핑(warping)기법[11]을 이용하여 마커 영상을 직사각형 형태로 변환한다. 그 다음에는 확대/축소 연산을 이용하여 표준 크기의 정사각형 형태로 변환한다. 정사각형 형태로 변환한 다음에는 이진화를 수행하여 표준 마커 형태로 변화하게 된다. 이렇게 마커 검출을 한 다음 본 논문에서는 마커 인식을 위해 최소 거리 식별법을 사용하였다. 각 패턴을 N차원의 특징 벡터로 나타내면 $y_i = (y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iN})$, $x = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ 이 된다. 그리고 패턴 x 와 패턴 y_i 의 거리 $D(x, y_i)$ 는 다음 (식2)로 계산할 수 있다. 최소 거리 식별법에서는 입력 패턴 x 를 $D(x, y_i)$ 의 값이 최소가 되는 부류 w_i 로 인식한다.

$$D(x, y_i) = \sqrt{\sum_{k=1}^N (x_k - y_{ik})^2} \dots\dots\dots (식2)$$

그 다음 인식의 수행 속도를 높이기 위해 특징 벡터의 차원을 줄이는 방법이 널리 사용되는데, 본 논문에서는 주

성분 분석을 이용하여 특징 벡터의 차원을 줄인다. 주성분 분석은 고차원 특징 벡터를 몇 개의 주성분 값으로 나타내어 저차원의 특징 벡터로 표현해 주는 방식이다[12]. 특징 벡터가 N-차원일 경우에는 각 특징 벡터는 N개의 기준 축을 기준으로 표현된다. 따라서 특징 벡터의 차원을 줄인다는 것은 기준 축을 줄이는 것으로 생각할 수 있다. 예를 들어 X축과 Y축으로 구성된 2차원 평면에서 특징 벡터가 그림 7 (a)와 같이 대각선 방향으로 길게 퍼져있다고 하자. 여기에서는 각 특징 벡터를 하나의 점으로 표시하였다. 그림 7 (a)와 같은 분포에서 대각선 방향과 그에 수직 방향인 X' 축과 Y' 축 관점에서 특징 벡터를 살펴 볼 때에는 특징 벡터가 X' 축을 중심으로 넓게 퍼져 있고 Y' 축을 중심으로 좁게 모여 있다. 따라서 특징 벡터를 구분할 때에 X' 축 상에서 어느 위치에 있느냐가 가장 중요한 요소가 되고 Y' 축 상에서는 어느 위치에 있느냐 하는 것이 그 다음으로 중요하게 된다. 이와 같이 특징 벡터의 분포에 따른 새로운 기준 축을 구한 다음에는 기준 축 중에서 중요한 것만 남기고 나머지는 버림으로써 데이터의 차원을 줄일 수 있다. 그림 7 (a)의 경우에 X' 축이 더 중요하므로, 그림 7 (b)에 나타나 있듯이 특징 벡터를 X' 축에 투영하여 Y' 축 성분 값은 버리고 X' 축 성분 값만 남도록 함으로써 2차원의 특징 벡터를 1 차원의 특징 벡터로 줄여서 표현할 수 있다.

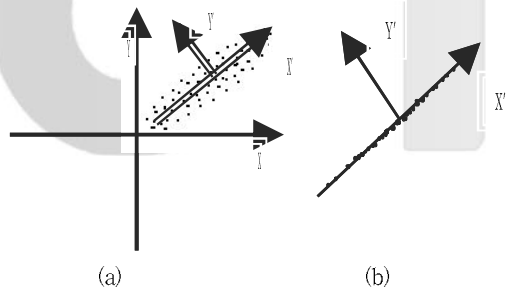


그림7. 주성분 분석
Fig. 7. Principal component analysis

VI. 키보드 에뮬레이터

착용형 컴퓨터가 컨트롤 서버에 요청하는 서비스는 윈도우 운영체제에서 기존 응용소프트웨어를 조합 실행하여 새로운 소프트웨어 개발 없이 수행될 수 있다. 상용화된 프로그램, 제어용 프로그램 등의 응용프로그램을 수정 없이 사용하면 시스템개발이 훨씬 저렴해진다. 착용형 컴퓨터 시

스텝의 보급과 사용의 빠른 확산에도 기여하게 된다.

컨트롤 서버 컴퓨터에서 상용 응용프로그램들은 마우스 혹은 단축키를 이용하여 실행되고 있다. 착용형 컴퓨터 사용자가 원격지에서 서버의 응용프로그램을 실행시키기 위해 키보드 에뮬레이터를 개발 사용하였다. 키보드에서 눌린 키는 스캔코드로 응용프로그램에 전달되어 단축키로 사용된다. 착용형 컴퓨터가 요청하는 서비스 $Service_{req}$ 는 (식 3)과 (식 4)와 같이 단축키 K_j 의 순서배열에 의해 구성되는 단위 서비스 S_i 의 순서적인 수행에 의해 만족된다.

$$Service_{req} = \{S_1, \dots, S_i, \dots, S_n\} \dots\dots\dots (식 3)$$

$$S_i = \{K_1, \dots, K_j, \dots, K_m\} \dots\dots\dots (식 4)$$

단축키 K_j 는 키보드에서 키의 누름에 의해 스캔코드 형태로 전달되므로 서비스에서 요청하는 단축키에 해당되는 스캔코드의 전달을 키보드에서 넘겨주면 기존 응용프로그램을 수정 없이 사용하여 요청서비스를 만족시키는 작업을 수행한다. 따라서, 키보드 에뮬레이터를 개발하여 요청서비스에 해당되는 스캔코드를 생성하여 서버에 전달함으로써 응용프로그램의 시작, 수행, 종료 등 키보드를 통해 수행할 수 있는 모든 작업을 착용형 컴퓨터 사용자는 수행할 수 있다.

그림 8은 키보드에서 PC로 전달되는 스캔코드 파형을 나타내고 있다. Microsoft 키보드의 좌측하단에 있는 <시작> 키가 눌렸을 때 처음 넘겨주는 스캔코드 E0에 해당되는 시리얼 비트파형을 보이고 있다. 아래 파형은 클릭션을 위 쪽 파형은 데이터선을 관찰한 파형이다. <시작> 키와 연속하여 눌리는 키를 이용하여 원하는 실행파일을 수행시킬 수 있다.

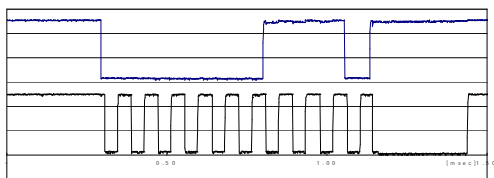


그림 8. 스캔코드 파형
Fig. 8. The waveform of a scan code

VII. 시스템 구현 및 실험 결과

그림 9는 개발된 EOG 모듈을 나타내고 있다. 간편한 휴대를 위해 1.6cm × 6.5cm × 8.5cm 크기며 배선의 간소화를 위해 블루투스통신으로 착용형 컴퓨터로 안구의 움직임 정보를 인식하여 S, r, R, l, L 문자로 사건화 하여 전송한다.



그림 9. EOG 모듈
Fig. 9. EOG module

그림 10은 구현된 키보드 에뮬레이터와 PC와 연결관계를 보이고 있다. 서버는 착용형 컴퓨터에서 서비스요청을 받은 후 키보드 에뮬레이터에게 적렬통신을 통해 서비스에 해당되는 단축키 집합을 요청하고 키보드 에뮬레이터는 요청된 단축키 집합에 해당되는 스캔코드 집합을 PC의 키보드 포트에 넘겨준다. 서비스에 해당되는 스캔코드를 입력받은 서버는 응용프로그램을 작동시켜 원하는 서비스를 수행한다. 키보드 에뮬레이터는 Atmega128 마이크로컨트롤러를 이용하여 개발하였다.

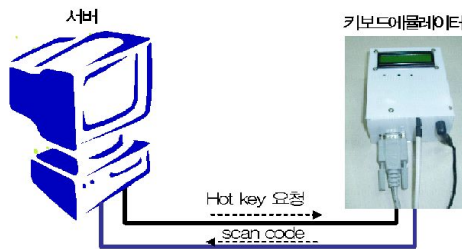


그림 10. 키보드 에뮬레이터
Fig. 10. Keyboard emulator

본 논문에서 제안된 사용자 인터페이스는 Linux 2.6.9 커널을 탑재한 착용형 컴퓨터를 목표 시스템으로 개발되었다. 그림 11에는 착용형 컴퓨터 사용자 인터페이스 프로그램과 제어 서버의 프로그램 구조가 나타나 있다. 착용형 컴퓨터 사용자 인터페이스 외관은 호환성을 높이고 구현을 용이하게 하기 위해 Java 언어를 사용하여 개발하였으며 PC 환경에서 Eclipse 3.2 개발 도구를 이용하여 개발하였다. 화면 디자인과 그래픽 컨트롤과 이벤트 처리를 구현하기 위하여 SWT Designer를 이용하였다.

Java 프로그램은 주프로그램 스레드, 영상 캡처 스레드, EOG 모듈과의 통신 스레드로 구성된다. 이와 같이 세 개의 스레드로 나누어 구현한 것은 카메라의 영상과 EOG 신호가 비동기적으로 발생하므로 이들의 입력을 이벤트 방식으로 처리하기 위해서이다. 영상 캡처 스레드는 카메라 영상이 준비되면 주프로그램 스레드에 이벤트를 전달하여 영상이 준비되었음을 알리고, EOG 모듈과의 통신 스레드도 EOG 캡처 모듈에서 소켓 통신을 통하여 EOG 신호 값이 전달되면 주프로그램 스레드에 이벤트를 이용하여 전달한다.

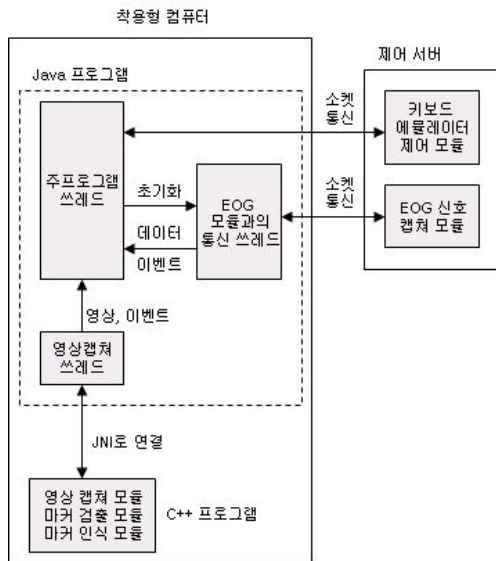


그림 11. 사용자 인터페이스 프로그램 구조
Fig. 11. Program structure of user interface

영상 캡처 모듈은 카메라를 직접 다루어야 하므로 하드웨어 접근이 용이한 C++ 언어를 이용하여 구현하였다. 또한 마커 검출과 인식 모듈도 수행에 많은 시간이 소요되므로 빠른 수행을 위하여 C++ 언어를 이용하여 구현하였다. 이들 모듈은 동적 라이브러리 형태로 컴파일하였고 JNI(Java Native Interface)를 이용하여 Java 프로그램에서 호출할 수 있도록 하였다.

키보드 에뮬레이터와 EOG 신호 캡처 모듈은 제어 서버에서 수행되는데, 이들은 TCP/IP 소켓을 이용하여 착용형 컴퓨터 인터페이스 프로그램과 데이터를 주고받는다. EOG 신호 캡처 모듈은 블루투스를 이용하여 무선으로 EOG 회로와 통신하여 EOG 신호를 입력 받아서 전달하는 역할을 수행한다. 키보드 에뮬레이터는 주프로그램 스레드에서 소켓 통신을 통하여 명령이 전달되면 이를 키보드로 에뮬레이션할 수 있도록 스캔 코드를 발생시키는 역할을 수행한다.

본 논문에서 사용한 착용형 컴퓨터는 XScale PXA 270 CPU를 탑재하고 있고 256MB용량의 모바일 SDRAM을 가지고 있으며 무선랜, 블루투스, Zigbee통신 인터페이스를 제공한다. 본 논문에서 개발된 EOG 측정 회로, 전극, HMD, 카메라, 착용형 컴퓨터를 모두 착용한 사진이 그림12에 나타나 있다. 양복 상의 호주머니에 카메라가 장착되어 있다. EOG신호 추출을 위해 2개의 전극을 부착하여 행동의 불편함을 최소화 하였다. HMD를 통해 착용형컴퓨터 사용자는 서비스결과 정보를 제공받는다.



그림 12. EOG 모듈, 착용형 컴퓨터, HMD, 카메라를 착용한 사용자
Fig. 12. A user wearing EOG module, wearable computer, HMD, camera

본 논문에서 제안된 인터페이스 방법의 활용 가능성을 보이기 위하여 파워포인트 프리젠테이션과 전구 ON/OFF 모듈을 구현해보았다. 그림 13에는 카메라로부터 캡처 된 영상에서 마커가 검출된 결과가 나타나 있다. 마커 중에서 왼쪽에 있는 마커는 전등을 위한 마커이고 가운데 있는 마커는 파워포인트에 대한 마커이다. 마커가 여러 개인 경우에는, 중앙에 있는 마커가 현재 마커로 지정되고 눈동자를 움직여서 현재 마커를 변경하게 된다. 그림 13에서는 파워포인트 마커를 선택하여 인식이 수행되어 해당 속성과 메시드가 디스플레이된 상태가 나타나 있다. 눈동자의 움직임

을 이용하여 마커를 선택하고 메소드를 실행시켜 본 결과 파워포인트 프리젠테이션과 전등 ON/OFF 동작을 자연스럽게 수행할 수 있었다.

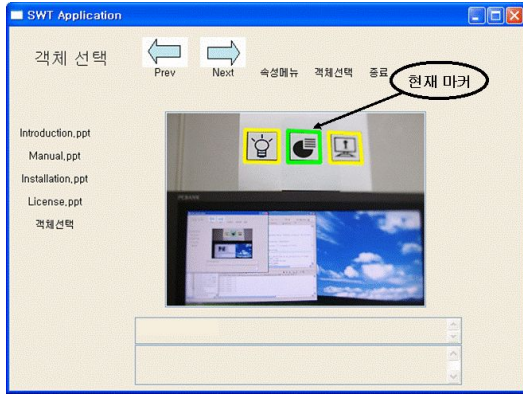


그림 13. 마커 검출 결과 화면
Fig. 13. Marker recognition result view

VIII. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 착용형 컴퓨터에서 EOG와 마커 인식을 이용한 사용자인터페이스를 구현함으로써 눈동자의 움직임만으로 객체를 구동하는 방법을 제안하였다. 본 논문에서는 EOG 신호를 측정하기 위한 회로를 소형으로 구현하여 착용 가능하도록 하였으며, 키보드 에뮬레이터를 구현하여 컴퓨터를 이용한 어떤 명령이라도 원격으로 구동할 수 있도록 하였다. 그리고 PC 보다 성능이 뒤떨어지는 착용형 컴퓨터에서도 마커 검출과 인식이 실시간으로 수행될 수 있도록 하는 방법을 개발하였다. 본 논문에서 제안된 방법은 착용형 컴퓨터를 몸에 부착하고 손으로는 도구를 들고 작업하여 손으로 입력 장치를 사용하는 것이 불편하거나, 손의 사용이 부자유스런 사람이 컴퓨터를 사용하고자 하는 경우와 같은 상황에서 아주 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] 정병훈, 정조운, 정창용, 김수민, 강민석, 성단근 “유비쿼터스 입을 수 있는 컴퓨터를 위한 자동 통신 구성 알고리즘”, 한국차세대컴퓨팅 컨퍼런스, pp161~166, 2006,11,16~17

[2] 심규동, 박대연, “유비쿼터스 패서너블 컴퓨터를 위한 에너지 효율적인 상황 정보관리 시스템”, 한국차세대컴퓨팅 컨퍼런스, pp323~327, 2006,11,16~17

[3] 강동오, 고은정, 이형직, 강규창, 이천우, “유비쿼터스 건강 관리를 위한 착용형시스템의 상황 정보 관리”, 한국차세대컴퓨팅 컨퍼런스, pp347~351, 2006,11,16~17

[4] R. Barea, L. Boquete, M. Mazo, and E. López, “System for assisted mobility using eye movements based on electrooculography,” *IEEE Trans. on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 10, no. 4, pp. 209-218, Dec. 2002.

[5] Y. Nakazato, M. Kanbara, N. Yokoya, “Wearable augmented reality system using invisible visual markers and an IR camera,” *Proc. of International Symposium on Wearable Computers*, pp. 198-199, 2005

[6] Y. Kishino, M. Tsukamoto, Y. Sakane, S. Nishio, “Realizing a visual marker using LEDs for wearable computing environment,” In *Proc. of International Conference on Distributed Computing Systems Workshops*, pp. 314-319, 2003

[7] I. Oakely, J. Angeseleva, S. Hughes, and S. O’Modhrain, “Tilt and Feel: Scrolling with Vibrotactile Display”, *EuroHaptics 2004*

[8] L. Rovers and H.V Essen, “Design and Evaluation of Hapticons for Enriched Instant Messaging”, *EuroHaptics 2004*

[9] Kyu Ho Park and Seung Ho Lim and Yong Song and Daeyeon Park, “UFC : A ubiquitous fashionable computer”, *Next Generation PC 2005 International Conference*, pp.142~147, 2005

[10] 강선경, 이상실, 정성태 “사각형 마커 검출 및 인식 시스템 개발”, 한국컴퓨터정보학회논문지, 제 11권 4호, pp. 97-107, 2006. 9

[11] J. Hershberger and J. Snoeyink, “Speeding up the Douglas-Peucker line simplification algorithm,” In *Proc. 5th Intl. Symp. Spatial Data Handling. IGU Commission on GIS*, pp 134-143, 1992

[12] 강선경, 소인미, 김영운, 정성태 “주성분 분석을 이용한 마커 검출 및 인식 시스템”, 한국정보처리학회 추계학술 발표대회 논문집 제13권 제2호

저 자 소개



강 선 경

2000년 2월 : 원광대학교 전기·전자공학
부 졸업

2004년 2월 : 원광대학교 정보·컴퓨터교
육학과 석사학위 취득

2006년 2월 ~ 현재 : 원광대학교 컴퓨터
공학과 박사과정

관심분야 : 휴먼 컴퓨터 인터페이스, 영상
처리, 영상인식, 임베디드시스템



정 성 태

1987년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과(공
학사)

1989년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과(공
학석사)

1994년 8월 서울대학교 컴퓨터공학과(공
학박사)

1995년 3월 현재 원광대학교 전기전자및
정보공학부 교수

관심분야 : 영상인식, 영상처리,
컴퓨터 그래픽스



이 상 설

1984년 2월 고려대학교 전자공학과 졸업

1989년 2월 한국과학기술원 전기및전자
공학과 석사학위 취득

1994년 2월 한국과학기술원 전기및전자
공학과 박사학위 취득

1994년~현재 원광대학교 전기전자및정보
공학부 교수

관심분야 : 병렬컴퓨터구조, SoC, 영상
및 통신 VLSI, 임베디드시스템

