

음성인식 및 영상처리 기반 멀티모달 입력장치의 설계

Design of the Multimodal Input System using Image Processing and Speech Recognition

최 원 석, 이 동 우, 김 문 식, 나 종 화*

(Wonsuk Choi, Dongwoo Lee, Moonsik Kim, and Jongwhoa Na)

Abstract : Recently, various types of camera mouse are developed using the image processing. The camera mouse showed limited performance compared to the traditional optical mouse in terms of the response time and the usability. These problems are caused by the mismatch between the size of the monitor and that of the active pixel area of the CMOS Image Sensor. To overcome these limitations, we designed a new input device that uses the face recognition as well as the speech recognition simultaneously. In the proposed system, the area of the monitor is partitioned into 'n' zones. The face recognition is performed using the web-camera, so that the mouse pointer follows the movement of the face of the user in a particular zone. The user can switch the zone by speaking the name of the zone. The multimodal mouse is analyzed using the Keystroke Level Model and the initial experiments was performed to evaluate the feasibility and the performance of the proposed system.

Keywords : camera mouse, optical mouse, zone, multimodal input

I. 서론

최근 IT기술의 급속한 발전으로 컴퓨터의 사용이 보편화되면서 마우스의 지속적인 사용으로 인한 손목터널증후군 등의 직업병의 발생이 빈번하게 보고되고 있다[1,2]. 이러한 문제를 해결하기 위하여 손목을 사용하지 않고도 모니터에 표시되는 마우스 포인터(Mouse Pointer 또는 MP)를 움직일 수 있는 카메라 마우스 시스템이 제안되었다[3-8]. 제안된 시스템들은 사용자의 얼굴이나 코, 혀 등의 특정부위를 움직여서 컴퓨터의 MP를 이동시킨다. 그런데 카메라 마우스는 MP를 모니터의 중앙 부분의 목표물로 이동해야 하는 경우에는 얼굴을 조금만 움직여도 MP를 이동시킬 수 있다. 그러나 모니터의 모서리 근처의 목표물로 이동하려면 몸을 많이 움직여야 가능하므로 사용이 불편한 문제점이 있다. 본 논문에서는 카메라 마우스의 문제점을 해결하는 한 가지 방법으로서, 모니터의 전체 영역을 n개의 구역(zone)으로 분할하고, MP가 모니터의 외곽부분으로 이동해야 하는 경우에는 현재 사용 중인 영역을 음성인식을 이용하여 목표 영역으로 변경한다. 이때 MP의 중앙점이 현재위치(또는 모니터의 중앙)에서 목표영역의 중앙으로 이동하게 된다. 이 경우 사용자의 얼굴이 모니터의 중앙에 위치하더라도, MP의 위치가 부영역의 중앙에 위치하므로, 사용자가 얼굴을 많이 움직이지 않고 조금만 움직여도 모니터의 가장자리 위치로 원활하게 이동할 수 있게 된다.

본 연구에서 제안된 멀티모달(multimodal) 입력장치의 성능을 기존의 카메라 마우스와 비교하기 위하여 시스템을 설계하고 구현하였다. 시스템의 성능 평가를 위하여 키스트

로크 레벨 모델(keystroke level model)을 설정하고 실행시간을 비교한 결과 기존의 제안된 멀티모달 입력장치가 주어진 태스크(task)를 실행하는데 걸리는 평균 실행시간이 광마우스에 비해서 더 짧을 것으로 분석되었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 카메라 마우스의 현황 및 문제점을 분석하였다. 3장에서는 영상처리 및 음성인식기능을 활용하는 멀티모달 입력장치를 설계하였고. 4장에서는 제안된 멀티모달 입력장치에서의 성능과 사용편의성을 평가하였다. 5장에서는 결론 및 향후 연구내용을 설명한다.

II. Camera Mouse 현황

카메라 마우스란 카메라를 이용하는 입력장치로서 사용자의 얼굴 또는 얼굴의 일부분(예를 들면 눈 또는 코)을 인식하고 그 인식된 부분을 추적함으로써 모니터에서 마우스 포인터(MP)의 이동을 제어하는 입력장치를 의미한다[3]. 그림 1에 카메라 마우스가 설명되어 있다. 카메라 마우스는

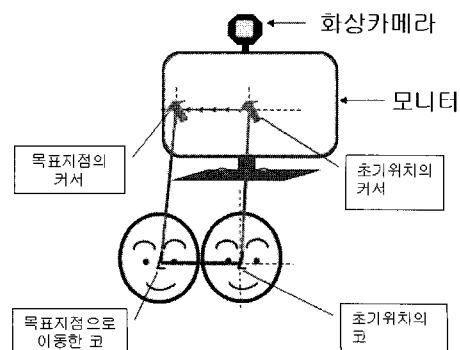


그림 1. 코를 이용하는 카메라마우스 동작원리.

Fig. 1. Operation of camera mouse using nose.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2007. 5. 16., 채택확정 : 2007. 6. 25.

최원석, 이동우, 나종화 : 한국항공대학교 항공전자공학과

(choiws@kau.ac.kr/dongwoo81@kau.ac.kr/jwna@kau.ac.kr)

김문식 : KT미래기술연구소(moonsix@kt.co.kr)

화상카메라로부터 입력받은 영상에서 얼굴영역을 인식하여 초기 위치를 설정하고, 이후 사용자가 얼굴을 움직이면 이동한 위치의 얼굴을 인식하고 그 이동거리를 계산하여 모니터의 MP의 위치를 목표지점으로 이동시킨다.

카메라마우스의 구조는 MP의 움직임을 처리하는 영상인식기반 트래킹(tracking) 모듈과 마우스의 클릭, 더블클릭 등의 기능을 수행하는 마우스 기능모듈의 두 모듈로 구성된다. 우선 카메라마우스 프로그램이 실행되면 트래킹 모듈이 시작된다. 이 모듈에서는 화상카메라 연결을 확인하고, 카메라를 초기화한 후, 영상인식 쓰레드(thread)를 시작한다. 이후 모니터의 MP를 추적하는 트래킹 연산은 영상인식을 이용하여 얼굴의 초기위치와 이동한 위치를 인식하고 이동거리를 계산하여 MP를 이동시켜서 구현한다. 트래킹에 대한 자세한 내용은 참고문헌 5와 6에 상세하게 설명되어 있다. MP를 트래킹 하기위하여 사용하는 부위는 얼굴전체, 눈, 또는 코 등으로 매우 다양하다[3-8]. 눈을 추적하는 경우에는 적외선카메라를 사용하는 경우도 있으며, 눈동자의 색의 차이를 이용한다. 코를 인식하여 추적하는 경우에는 코가 돌출된 점에 착안하여 명도차이를 이용하거나, 얼굴에서 3차원 굴곡이 가장 큰 부분을 인식하여 활용한다. 얼굴을 사용하는 경우에는 3차원 모델을 만들어서 MP의 트래킹을 수행한다.

컴퓨터 입력장치를 분류하는 기준으로 ‘능동형’ 장치와 ‘수동형’ 장치로 구분이 가능하다. ‘수동형’이란 사용자가 직접 입력시켜서 동작시키는 입력장치를 의미하고 ‘능동형’이란 사용자의 의도를 미리 예측하여 입력장치가 마우스 포인터를 이동시키는 시스템으로 이해할 수 있다. 기존의 광마우스 또는 트랙볼 등과 같은 입력장치들은 사용자가 직접 입력장치를 조종하여 원하는 위치로 MP를 이동하는 ‘수동형’ 입력장치라고 볼 수 있다. 이와 비교하면 카메라마우스는 사용자가 원하는 위치로 MP를 이동시키지 않고 컴퓨터가 내부에서 계산을 수행하고 그에 따라서 MP를 자동으로 계산하여 이동시키므로 ‘능동형’ 입력장치로 분류할 수 있다.

일반적인 사용자가 컴퓨터에서 입력장치를 사용하는 경우는 주로 웹 검색, 문서작성, 프로그램작성 등이라고 할 수 있다. 이들 작업들의 특징을 입력장치 사용의 관점에서 바라보면 키보드와 마우스를 동시에 사용한다는 점이다. 그러므로 일반 업무를 기존의 마우스를 이용하여 수행하는 경우, 사용자가 키보드를 사용하다가 마우스를 사용하려면 먼저 마우스의 위치를 확인하고, 손을 키보드에서 마우스로 움직여야 한다. 카메라마우스에서는 이러한 시간이 소모되지 않으므로 전체적인 컴퓨터 사용시간이 축소된다. 성능 비교에 대한 자세한 비교는 4장에 설명되어있다.

능동형 입력장치로서 카메라마우스의 장점도 있지만, 카메라마우스를 사용하는 경우 제한적인 사항도 존재한다. 따라서 카메라마우스의 주요 사용자는 일반 사용자들보다는 손을 사용할 수 없는 상황에 있는 사람들이나 지체부자유자들이 주로 사용하고 있다. 카메라마우스의 단점은 사용자의 신체가 MP를 제어하므로, 모니터의 가장자리로 MP를 움직이려면 몸을 많이 움직여야 하는 불편한 점이 있다. 만

일 이 문제를 해결하기 위하여 몸을 조금만 움직여도 모니터의 가장자리까지 MP가 움직이도록 카메라 마우스를 설정하면, MP를 미세하게 움직여야 하는 경우에도 너무 민감하게 반응하게 되어 사용성이 저하되는 문제점이 발생한다. 또한 카메라 마우스는 정면얼굴을 인식하는 시스템인데 사용자가 모니터의 가장자리부분으로 MP를 이동시키는 과정에서 사용자가 얼굴을 돌리게 되면 입력영상이 변질되는 문제가 발생한다. 또한 MP를 모니터의 네 가장자리로 이동시켜야 하는 경우에는 이동거리가 상대적으로 길게 되어서 사용자가 몸을 움직여야하는 불편한 점이 존재 하였다. 이러한 문제점들이 최소화된 시스템들은 그 가격이 시스템 본체의 가격을 넘어가는 장비들이 대부분이어서 일반 사용자들에게는 활용이 불가능한 것이 현실이다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 멀티모달 입력장치를 개발하였다. 멀티모달 입력장치에서는 모니터의 화면을 n개의 구역으로 나누고, 모니터의 가장자리로 이동이 필요한 경우 MP의 중심좌표를 해당되는 구역의 중심점으로 재설정하는 영역설정기반 카메라 마우스를 설계하였다. 다음 장에서는 제안된 방법의 원리, 설계 및 구현에 대하여 자세하게 설명한다.

III. 멀티모달 입력장치의 설계

1. 멀티모달 입력장치의 개요

모니터의 전체영역이 n개의 구역으로 분할된 멀티모달 입력장치가 그림 2에 설명되어 있다. 이 시스템은 영상입력을 이용하여 MP의 위치를 계산하고 표시하는 영상인식 쓰레드와 다른 영역으로 이동하기 위하여 입력하는 해당 영역의 번호를 음성인식으로 처리하는 음성인식 쓰레드가 동시에 주기적으로 실행된다. 사용자가 다른 영역을 선택하는 조건은 다음의 두 가지로 설정하였다. 첫 번째는 사용자가 요청하는 방식, 두 번째는 시스템에서 주기적으로 폴링(polling)하는 방식을 설정하였다. 먼저 사용자가 요청하는 방식은 키 인터럽트(key interrupt) 방식으로 카메라 마우스를 사용하는 도중에 언제나 지정된 키를 클릭하고 사용자가 이동하고자 하는 구역의 이름을 입력하면 해당 구역으로 이동한다. 두 번째 폴링 방식에서는 타이머 인터럽트

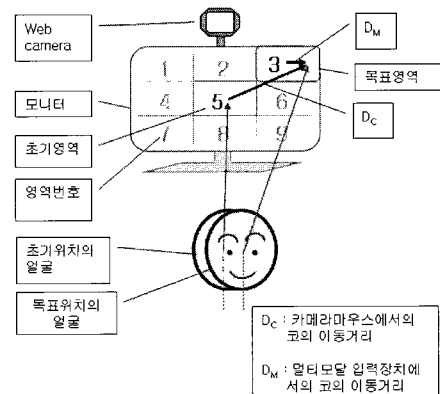


그림 2. 모니터 각 구역에 번호가 할당된 멀티모달 입력장치.
Fig. 2. Multimodal input device using a monitor with 9 zones.

(timer interrupt)를 이용하여 3초마다 주기적으로 음성입력 대기신호를 사용자에게 제시하여 사용자가 입력한 영역 이름을 입력하면 그 해당되는 영역으로 이동하도록 설계하였다. 음성인식 쓰레드가 실행되면 사용자의 음성을 녹음하고 인식하여 원하는 영역을 파악하고 그 영역의 중심에 MP를 이동시킨다.

제안된 시스템의 장점이 그림 2에 설명되어 있다. 카메라 마우스를 사용하는 경우에는 모니터의 먼 위치로 MP를 이동시켜야 할 때에는 사용자의 얼굴을 그 위치까지 이동시켜야 했다(그림 2의 Dc). 그러나 제안된 시스템에서는 이동한 영역의 중심에 기준을 두고서 얼굴을 움직이면 되기 때문에 사용자가 이동해야 할 거리는 D_M 이 되어 사용자에게 요구되는 움직임을 최소화 할 수 있다. 또한 제안된 시스템에서는 카메라 영상소자의 크기를 모니터의 크기에 맞추어야 하므로 카메라 영상소자의 한 픽셀(pixel) 당 모니터 5 혹은 6픽셀을 움직여야 한다. 그러므로 사용자의 미세한 움직임이 모니터에 표시되는 상황이 발생하여 사용자가 불안해하는 경우가 종종 발생하였다. 그러나 제안된 시스템에서는 카메라 영상소자의 1픽셀 당 할당된 공간의 크기가 3x3 영역의 경우에는 모니터의 전체 크기의 1/9로 축소되므로 MP의 움직임을 정교하게 제어할 수 있고 따라서 사용자는 카메라 마우스의 미세한 떨림 현상이 나타나지 않아서 안정적으로 마우스를 사용할 수 있다.

2. 멀티모달 입력장치의 설계

이 섹션에서는 개선된 멀티모달 입력장치의 세부 사항을 설명한다. 제안된 입력장치는 다섯 개의 모듈로 구성된다. 첫 번째는 MP의 움직임을 처리하는 영상인식기반 트래킹 모듈, 두 번째는 마우스의 클릭 등의 기능을 영상인식으로 처리하는 영상기반 기능모듈, 세 번째는 영역설정을 지원하는 음성인식기반 트래킹 모듈 및 마우스의 기능을 음성인

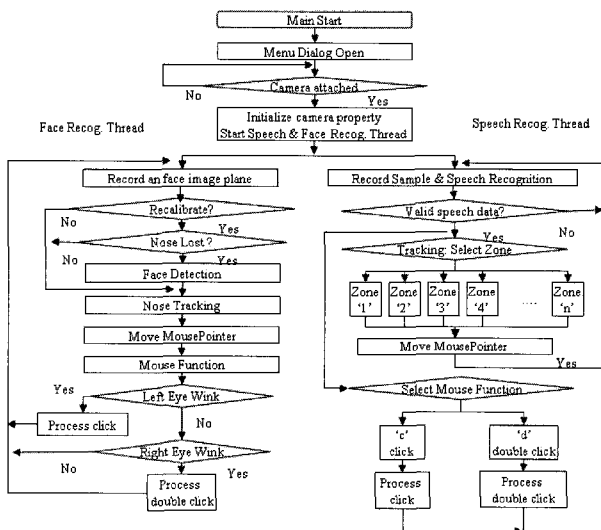


그림 3. 멀티모달 입력장치의 영상처리기반 모듈(왼쪽)과 음성 처리기반 모듈(오른쪽)의 흐름도.

Fig. 3. Multimodal system consisting of the image processing module(left) and the speech processing module(right).

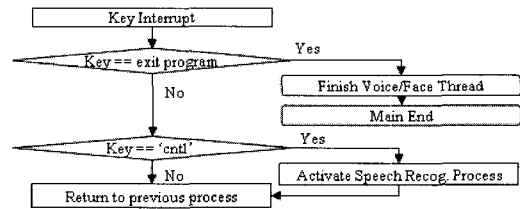


그림 4. 키보드 인터럽트 처리 흐름도: 'exit program'키를 이용한 프로그램 종료, 콘트롤키를 이용한 키보드 인터럽트 기반 음성신호 처리 흐름도.

Fig. 4. Keyboard interrupt flowchart: Control key is used to initiate the speech recognition process and 'exit program' key is used to finish program.

식으로 처리하는 음성인식기반 기능모듈, 그리고 마지막으로 인터럽트기반 키보드 입력 처리모듈로 구성된다.

먼저 프로그램이 실행되면 첫 번째 모듈인 영상인식기반 트래킹 모듈과 음성인식기반 트래킹 모듈이 동시에 시작된다. 영상인식기반 트래킹 모듈에서는 다이얼로그 메뉴를 이용하여 카메라 연결을 확인하고 카메라를 초기화한 후, 영상인식 및 음성인식 쓰레드를 선언한다. 트래킹은 영상인식을 이용하여 처리하는데 본 연구에서 사용한 방법은 하르(Harr) 특징점 추출 알고리즘을 사용하여 입력영상에서 얼굴을 찾은 뒤, 얼굴의 각 부위에 관한 사실들을 이용한 지식기반방법을 이용하여 코를 인식한다. 코를 인식하면 광류 추적기법을 이용하여 얼굴의 이동을 추적하여 MP를 이동시킨다. 자세한 내용은 Ref[3]에 자세하게 설명되어 있다.

음성인식기반 트래킹 모듈은 MP를 사용하다가 다른 영역을 선택해야 할 때 이용한다. 이 모듈에서는 HMM기반의 음성인식엔진인 KT의 휴보이스를 이용하여 주기적으로 입력되는 음성데이터를 분석하였다. 마우스의 주요기능인 클릭기능은 영상과 음성을 이용하여 처리하였다. 즉 음성명령의 인식을 이용하여 음소 'c'가 인식되면 마우스의 '클릭'을 구현하였고, 음소 'd'가 인식되면 '더블클릭'을 구현하였다. 영상인식을 이용하는 경우에는 왼쪽 눈의 '윙크'동작을 인식하여 '클릭'으로, 오른쪽 눈의 '윙크'를 '더블클릭'으로 설정하였다.

주기적으로 음성을 입력하는 방법외에 사용자가 원하는 시점에 비동기적으로 임의의 영역을 선정할 수 있는 방법을 키보드 인터럽트를 이용하여 구현하였다. 이를 위하여 사용자가 컨트롤(control)키와 쉬프트(shift)키를 함께 누르면 음성을 기록하고 음성인식 프로세스를 시작하는 루틴으로 분기하도록 설정하였다.

IV. 멀티모달 입력장치의 성능평가

1. 멀티모달 입력장치의 구현

제안된 멀티모달 입력장치를 펜티엄4 1.8Ghz급 PC에서 개발하였다. 화상카메라는 로지텍의 30만의 화소수와 30 (frame/sec) 성능의 일반적인 카메라를 사용하였고, 소프트웨어 개발 환경은 비주얼 스튜디오 .NET 2003를 사용하였다. 멀티모달 입력장치 프로그램이 실행되면 그림 5의 설정

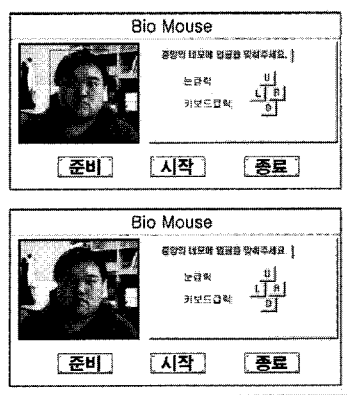


그림 5. 다이얼로그 주 메뉴: 준비에서 얼굴을 인식하고 시작을 누르면 마우스 컨트롤이 시작된다.

Fig. 5. Main menu: The user presses 'prepare' button to start the face recognition and 'start' button to start the mouse program.

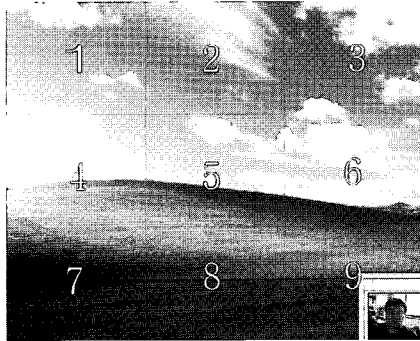


그림 6. 실행 화면: 9개의 구역으로 분할된다.

Fig. 6. Program running view: The system has 9 zones.

화면이 나타난다. '준비' 버튼을 클릭하면 얼굴영상인식을 시작하고 눈과 코를 인식하고 화면에 표시한다. 이때 카메라가 인식한 위치에 오류가 있는 경우에는 상하좌우의 4방향 조정 버튼을 이용하여 미세조정을 할 수 있다. 초기화 작업이 완료된 후 '시작' 버튼을 클릭하면 사용자의 코의 위치와 마우스 포인터의 위치가 일치된다. 이후 사용자의 얼굴의 움직임으로 MP를 제어할 수 있다. 시제품에서는 영역을 9개로 분할하였으며 중앙에 위치하고 있는 5번 영역이 기본 값으로 선택된다.

2. 멀티모달 입력장치의 평가

입력장치의 성능을 평가하는 방법은 두 가지가 있다. 첫 번째는 입력장치들 자체의 성능을 비교하는 것이고 두 번째는 입력장치를 이용하였을 때 업무처리 시간이 어떻게 변화하는지를 찾아내는 것이다. 즉, 단위 부품의 성능도 중요하지만 더 의미있는 것은 단위부품이 컴퓨터 시스템에서 활용되었을 때 그 부품이 주어진 태스크의 실행시간을 얼마나 더 단축하는지를 알아보는 것이다. 이러한 문제점을 분석하기 위하여 사용자가 입력장치를 사용하는 키스트로크 레벨 모델(Keystroke Level Model 또는 KLM)을 정의하고, 사용자가 커서를 이동시키는 동작을 구성하는 세부동작

을 분석할 필요가 있다[9]. 이 KLM 모델을 이용하면 사용자가 주어진 단위 태스크(unit task)의 수행시간인 T_{EX} 를 예측할 수 있다. 이 T_{EX} 는 다음의 6개의 세부동작으로 분석할 수 있다:

- T_H : 손을 사용하려는 장치가 놓여있는 위치까지 이동하는데 걸리는 시간
- T_P : 마우스 포인터를 모니터의 임의의 위치에서 원하는 위치까지 이동시키는데 걸리는 시간
- T_K : 마우스를 클릭하거나 키를 누르는데 걸리는 시간
- T_D : 마우스를 이용하여 라인을 그리는데 걸리는 시간
- T_R : 커서의 이동위치를 계산하는 데 걸리는 시간
- T_M : 사용자가 행동하려고 생각하는데 걸리는 시간

이제 광마우스를 이용하는 경우의 실행시간 $T_{EX(OM)}$ 을 분석하면,

$$T_{EX(OM)} = T_H + T_P + T_D + T_K + T_M + T_{R(OM)} \tag{1}$$

한편, 카메라 마우스의 실행시간 $T_{EX(CM)}$ 을 분석하면,

$$T_{EX(CM)} = T_P + T_D + T_K + T_{R(CM)} \tag{2}$$

가 된다. 위의 두 식에서 T_P , T_K , T_D 는 공통이므로 분석에서 제외한다. Ref[9]에 따르면 T_H 는 0.4초로 분석되었다. 그리고 한편 칼만 필터와 상관계수추출 알고리즘을 이용한 얼굴 인식 및 추적시간, 즉 $T_{R(CM)}$ 은 2ms에서 11ms 범위로 보고되었다[10]. 일반적인 USB기반 광마우스의 응답시간은 초당 500번의 좌표를 시스템에 입력하므로 $T_{R(OM)} = 2ms$ 가 된다. 따라서 T_P , T_K , T_D 를 제외한 광마우스의 실행시간은 $T_{EX(OM)} = 2.002$ 초 이고 카메라마우스의 실행시간 $T_{EX(CM)} = 0.011$ 초가 된다. 결론적으로 카메라 마우스에서는 T_H 및 T_M 시간이 절약되어서 일반 광마우스보다 성능이 우수한 것으로 분석되었다.

3. 멀티모달 입력장치의 실험

제안된 입력장치의 성능을 검증하기 위하여 실험을 수행하였다. 그림 7에 설명된 바와 같이 제안된 입력장치를 실험하기 위한 환경을 IEEE학회의 논문검색작업으로 설정하였다. IEEE Xplore에서 고급검색(advanced search)를 클릭하고 검색키워드를 입력하는 메뉴창에 HCI와 hand 를 검색어로 입력하였다. 그런 뒤, 검색된 결과화면에서 첫 번째 논문의 pdf 파일을 클릭하였다. 일반적으로 포인터를 움직이는 것은 짧은 시간이 걸리지만 pdf 문서를 네트워크를 통해서 읽어오는 데 걸리는 시간이 많이 걸리는 것이 일반적인 현상이다. 네트워크 지연이 주는 영향을 최소화하기 위하여 한번 읽어낸 문서는 저장되어있는 임시인터넷파일 폴더에서 삭제하고 다시 실험을 수행하였다.

실험을 수행한 결과 그림 7의 작업을 수행하는 동안 걸린 시간이 광마우스의 경우는 평균 32.9초 멀티모달 입력장치의 경우 평균 35.2초로 광마우스가 약 2.3초 더 빠른 것으로 측정되었다. 이 결과는 얼굴인식 및 음성인식 알고리즘이 최적화 되지 않았으며 이 두 기능의 융합이 적절하게 이루어지지 못한 것으로 사료되었다. 그림 7의 실험의 결과는 표 1에 정리되어 있다.

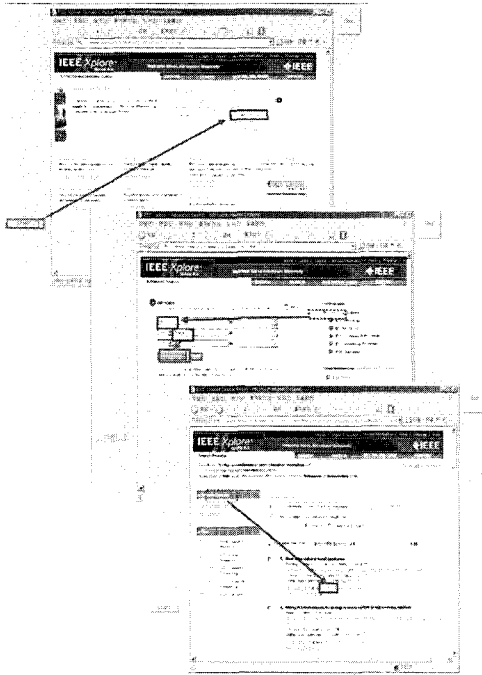


그림 7. IEEE Xplore 논문 검색을 사용하는 실험.

Fig. 7. Experiments using IEEE Xplore paper searching example.

표 1. IEEE Xplore 논문검색작업 수행 실행시간(단위: msec).
Table 1. Task completion time for the IEEE Xplore paper search experiment.

횟수	optical mouse	multimodal mouse
1	32926	35707
2	34166	36434
3	32421	34781
4	30446	33878
5	34958	36280
6	32846	35904
7	33021	33559
8	33510	34832
9	30221	36745
10	34845	34016
평균	32936	35213.6

V. 결론 및 향후연구계획

카메라를 이용한 카메라 마우스는 기존의 수동형 입력장치인 광마우스에 비해서 사용자를 고려한 장치이지만 응답 시간 등 성능의 문제점이 존재한다. 이러한 이유로 카메라 마우스가 제한된 분야에서만 사용되어 왔다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 멀티모달 입력장치를 제안하였다. 제안된 시스템은 시스템의 성능의 향상과 사용자의 편의성을 높이

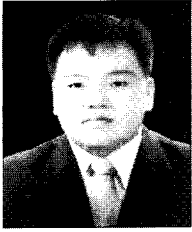
기 위해 음성인식을 이용한 영역기반 시스템과 영상인식을 이용한 멀티모달 입력장치를 설계하고 구현하였다.

KLM 분석결과 기존의 광마우스와 비교할 때 마우스를 손으로 잡아서 이동시키는 동작이 멀티모달 입력장치에서는 필요하지 않게 되어 멀티모달 입력장치가 광마우스보다 높은 성능을 낼 수 있는 것을 확인하였다. 초기 실험 결과는 광마우스가 멀티모달 입력장치보다 전체적인 실행시간을 비교하였을 때 2.3초 빠른 것으로 측정되었다. 사용된 영상인식 및 음성인식 알고리즘을 계속적으로 수정할 계획이다.

차후 연구에서는 멀티모달 입력장치의 알고리즘을 개선하여 최적화된 성능을 구현하는 입력장치를 제안하고자 한다.

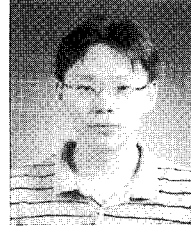
참고문헌

- [1] “컴퓨터 입력 장치의 장시간 사용으로 인한 직업병의 증가,” <http://bric.postech.ac.kr/bbs/trend/0303/030306-10.html>.
- [2] “눈동자 마우스’시대 곧 열린다,” http://www.donga.com/docs/magazine/news_plus/news164/np164jj030.html.
- [3] J. Na “A novel camera based computer input device” *ICMOCA* 2006.
- [4] M. Betke, J. Gips, P. Fleming, “The camera mouse: visual tracking of body features to provide computer access for people with severe disabilities,” *Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, vol. 10, Issue 1 pp. 1- 10, Mar. 2002.
- [5] K. S. Pack, and K. T. Lee, “Eye-controlled human /computer interface using the line of sight and the intentional blink,” *Computers and ind. Engg.* 30(3), 436-473, 1996.
- [6] D.O. Gorodnichy, “On importance of nose for face tracking,” *Fifth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 181-186, Washington, DC, USA, May 2002.
- [7] J. L. Tu, T. Huang, and H. Tao, “Face as mouse through Vi- sual Face Tracking,” *CVIU special issue on V4HCI*, 2006.
- [8] “camera mouse,” <http://www.cameramouse.com/>
- [9] S. K. Card, T. P. Moran, and A. Newell, “The keystroke-level model for user performance time with interactive systems,” *Communication of the ACM*, 23(7), 396-410, 1980.
- [10] C. Fagiani, M. Betke, and J. Gips, “Evaluation of tracking methods for human-computer interaction,” *Applications of Computer Vision*, 2002. (WACV 2002). *Proceedings. Sixth IEEE Workshop on* 3-4, pp. 121-126, Dec. 2002.



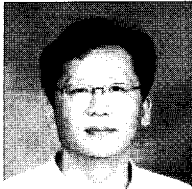
최 원 석

2006년 한세대 컴퓨터공학과 졸업.
2006년~현재 한국항공대학교대학원 항공전자공학 석사과정. 관심분야 영상기반 내장형 시스템.



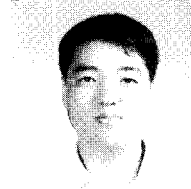
이 동 우

2006년 한세대 정보통신학과 졸업.
2006년~현재 한국항공대학교대학원 항공전자공학 석사과정. 관심분야 하드웨어설계 및 시뮬레이션.



김 문 식

1986년 서강대 전자공학과 졸업. 1992년 숭실대 전산공학과 석사. 1986년~1993년 대우통신연구소. 1993년~현재 KT 미래기술연구소 HCI연구담당 수석연구원. 관심분야는 음성인식/합성, SW 개발방법론, 멀티모달 UI, 상황인지.



나 종 화

1985년 서강대 전자공학과 졸업. 1988년 Wayne State University 석사. 1995년 University of Arizona 박사. 2005년~현재 항공대학교 전자공학과 부교수. 관심분야는 차세대 컴퓨터 시스템 설계.