

응시 위치 추적 기술을 이용한 인터페이스 시스템 개발

이정준, 박강령, 김재희

연세대학교 전기 컴퓨터 공학과 지능형 Vision 연구실
Tel:02-361-2869 Fax:02-312-4584

Computer Interface Using Head-Gaze Tracking

Jeong Jun Lee, Kang Ryoung Park and Jaihie Kim

Intelligent Vision Lab., Dept. of Electrical and Computer Eng., Yonsei University
E-mail : jjlee@seraph.yonsei.ac.kr

Abstract

Gaze detection is to find out the position on a monitor screen where a user is looking at, using the image processing and computer vision technology. We developed a computer interface system using the gaze detection technology. This system enables a user to control the computer system without using their hands. So this system will help the handicapped to use a computer and is also useful for the man whose hands are busy doing another job, especially in tasks in factory. For the practical use, command signal like mouse clicking is necessary and we used eye winking to give this command signal to the system.

1. 서론

응시위치 추적기술이란 현재 모니터 상에 사용자가 응시하고 있는 지점을 카메라로부터 얻은 영상정보로부터 영상처리 및 컴퓨터 비전 기술을 이용하여 파악해 내는 것을 말한다. 얼굴의 3차원 움직임량에 대한 연구는 많이 수행되었으나[1][2][3] 응시위치 추적에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 응시위치 추적기술은 여러 분야에 응용될 수 있다. 대표적인 것으로 마우스의 대용을 들 수 있다. 손을 쓰기 힘든 장애인 의 경우 응시위치 추적을 통하여 마우스가 할 수 있는 일들을 대용할 수 있다면 장애인의 컴퓨터 이용을 가능하게 할 수 있다. 뿐만 아니라 다중 윈도우에서 마우스의 대용으로 사용할 수 있으며 공경 제어 환경에

서 양손을 사용할 수 없는 경우 process control 기능에 응용할 수도 있다. 원격회의 시스템에서 view controlling에 응용할 수 있으며 3-D CAD에도 응용가능 하다[4]. 최근 들어서는 3차원 가상현실에 일관 움직임 을 이용하는 연구가 이루어지고 있다[5]. 본 연구에서는 응시위치 추적 기술을 이용하여 프로그램을 조정할 수 있는 시스템을 개발하였다. 이는 양손을 사용할 수 없는 경우에도 응시위치 추적을 통하여 프로그램을 control할 수 있게 한다. 프로그램 조정을 위한 시스템 개발에서 이를 실제적으로 사용하기 위해서는 버튼 클릭 등에 해당하는 명령전달 기술이 필요하다. 본 연구에서는 버튼의 click기능에 해당하는 명령 전달을 한 쪽 눈 깜박임을 이용하여 구현하였다.

2. 얼굴 영역 및 얼굴 특징점 추출

사용자의 응시위치를 파악하기 위해서, 본 연구에서는 얼굴의 특징점들이 형성하는 기하학적인 모양의 변화도를 이용하였다. 이를 위해 본 연구에서는 먼저 얼굴 영역을 검출한 후 추출된 얼굴영역 내에서 양 눈과 코와 입의 양 끝점을 추출한다. 얼굴영역을 추출하기 위해서는 시간적으로 연속된 두 영상의 차 영상정보와 칼라정보를 이용하였다. 차 영상정보로 얼굴의 외곽선 부분을 추출할 수 있으며 살색 정보는 얼굴이외의 살색정보를 가진 뒷 배경을 제거하기 위하여 사용되었다[6]. 응시위치 추적을 위한 얼굴의 특징점으로는 눈동자와 코 입의 양 끝점을 선택하였다. 사용자는 눈동자를 움직이지 않고 얼굴을 움직이므로써 화면을 바라보는 것으로 가정하였다. 눈을 찾기 위해서는 사전 지식과 히스토그램 분석법을 이용하였다. 즉 찾아진 얼굴

영역 내에 눈이 존재하는 대략적인 위치를 사전정보를 통해 탐색영역으로 선정하고 탐색영역 내에 흑화소의 분포를 통하여 눈의 위치를 정하였다. 눈의 위치를 검출한 후 찾아진 눈의 위치정보를 이용하여 입의 존재 가능한 범위를 탐색영역으로 설정하고 이 영역에 대하여 이진화 및 수직방향 히스토그램으로 정보를 이용하여 입의 양 끝점을 결정한다. 콧구멍 역시 눈동자와 같은 방법으로 탐색영역 설정 및 흑화소의 분포 피크치를 이용하여 추출하였다. 특징점의 움직임 추적은 매번 얼굴영상을 다시 찾고 눈, 코, 입의 특징점을 추적하는 것이 아니라 이미 찾아진 눈, 코, 입의 위치부근을 탐색영역으로 정하고 탐색영역 내에서 특징점을 추적하는 것으로 하였다[7].

3. 다중 신경망에 의한 응시 위치 추출 알고리즘

응시위치 파악을 위해 신경망을 사용하였다. 사용된 feature는 양 눈과 코와 입의 양끝점이 이루는 거리들의 분포 및 삼각형의 면적 등이 사용되었다. 얼굴의 회전과 함께 얼굴의 이동이 동시에 발생하기 때문에 이를 둘 다 수용할 수 있어야 한다. 이를 위하여 얼굴의 이동량을 측정하기 위한 신경망과 얼굴의 회전량을 측정하기 위한 신경망을 결합하였다.

4. 실용화를 위한 추가 기술

실용화를 위해서는 응시위치 추출의 에러를 보정해야 할 필요가 있고 이를 위해서 얼굴 움직임에 의해서 커서를 정확히 원하는 위치까지 이동할 수 있도록 하였다. 또한 control 버튼 등이 있는 프로그램을 조정하기 위해서는 명령진달 기능이 있어야 하는데 마우스의 버튼 클릭에 해당하는 명령진달을 위해서 눈 깜박임을 이용하였고 왼쪽 눈 깜박임을 마우스 왼쪽 버튼 click에 해당하는 것으로 하였다. 눈 깜박임 판별은 눈 영역 내의 흑화소의 분포를 보고 결정하였다. 눈 깜박임 판별을 위해서는 정확한 눈영역의 추출이 필요하다. 정확한 눈 영역을 추출하는데 있어서 눈썹의 영향을 제거해야 할 필요가 있다. 눈썹의 모양은 때로는 눈 모양과 비슷하여 에러 요인으로 작용하여 눈썹을 눈으로 오인식 하는 경우가 많다. 눈썹의 영향을 제거하기 위해서 이진화 영상에 대하여 수평방향 히스토그램을 적용하고 세로축좌표가 오른쪽에 있는 피크치를 눈의 세로축 위치로 결정하였다. 정확한 눈영역의 위치를 찾은 후 눈 깜박임을 판별하기 위해서 흑화소의 모양 변화를 관찰하였다. 한쪽 눈을 감을 경우 눈 모양의

이진화 영상을 다음과 같다(그림 1). 감은 눈은 감지 않은 눈에 비해서 흑화소의 수가 줄어들고 수직폭이 줄어드는 것을 알 수 있다. 이때 일정한 이진화 Threshold 계수를 적용하면 외부 조도의 영향으로 뜬 눈에 대해서도 흑화소의 개수가 줄어들게 됨으로 눈영역에 대해서 adaptive threshold를 적용하였다. 또 절대적인 흑화수의 변화만을 보지 않고 다른 쪽 눈과의 상대적인 비교를 함으로써 외부조도의 영향을 줄일 수 있었다.

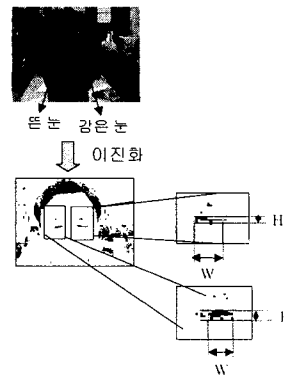


그림 1 눈 깜박임의 판별

5. 응시 위치 추적 기술을 이용한 인터페이스 시스템

응시위치 추적기술을 화학 공정제어 분야의 Process Control 프로그램에 적용하였다(그림 2).

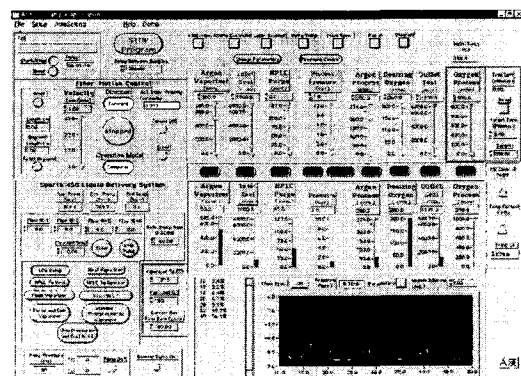


그림 2 화학공정제어(CVD) 프로그램

사용자가 양손을 쓸 수 없는 경우 응시위치 추적과 눈 깜박임 등에 의해서 명령을 전달함으로써 control 프로그램을 조작하는 것이다. 이는 세 가지 작업을 동시에

해야 하는 경우, 또는 손으로 무엇을 기록하고 있는 경우 등의 다른 작업을 하는 때에 유용하다. 실제 사용하는 경우의 모습을 그림 3에 나타내었다.



그림 3 응시위치를 추적하여 프로그램의 설정을 조정하는 모습

응시위치를 통한 커서의 제어는 다음과 같은 프로토콜에 따라 동작하도록 하였다(그림 4).

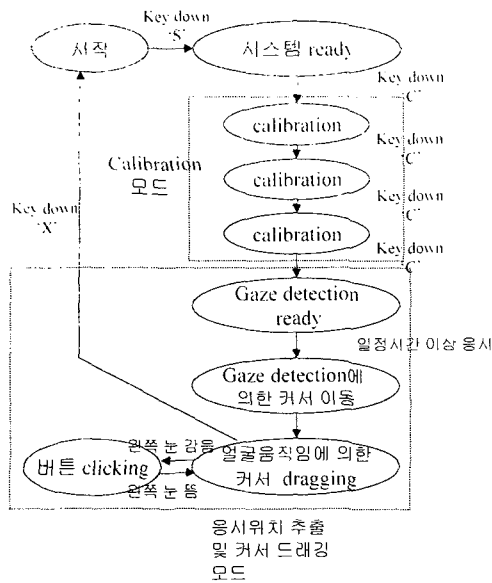


그림 4 응시위치에 의해 프로그램을 조정하는 경우의 프로토콜 및 상태의 변화

처음에 사용자가 key를 누르게 되면 시스템 마우스 상태에서 응시위치 추적 시스템이 동작하는 상태로 바뀌게 된다. 이때 시스템은 사용자의 얼굴 및 얼굴 특징점들을 추적하게 된다. 여기서 다시 한번 key를 누르게 되면 calibration상태로 바뀌게 되는데 calibration은 사용자마다 화면과의 거리, 얇은 키, 얼굴의 회전량 등

에 차이가 있기 때문에 이를 각 사용자에게 맞게 보정하기 위해서 필요하다. (calibration 상태에서 사용자는 화면의 오른쪽 상단과 정중앙과 왼쪽하단을 보고 key를 누름으로써 시스템에게 calibration 정보를 줄 수 있도록 한다) Calibration이 끝나면 사용자는 조정하고자 하는 button을 일정시간 이상 바라봄으로써 마우스 커서를 원하는 위치에 갖다 놓을 수 있다. 이때 오차가 발생하면 얼굴 움직임에 의한 dragging으로써 오차를 보정하여 정확한 위치에 커서를 놓을 수 있다. 얼굴 움직임에 의한 커서의 dragging은 calibration시의 정보(응시위치 추출을 위하여 사용자가 화면의 새 점을 바라봤을 때의 정보)를 이용하기 때문에 사용자가 얼굴의 이동을 하지 않고 얼굴의 회전만을 사용한다면 응시위치 추출과 동일한 성능을 발휘할 수 있다. 사용자가 원하는 지점의 버튼을 click하고 싶은 경우에는 왼쪽 눈 깜박임을 이용하여 버튼 클릭 메시지를 줄 수 있도록 하였다.

위의 프로토콜(그림 4)에 의한 시스템은 프로그램 자체의 source code를 변형시켜야 한다. 그러므로 이미 개발되어 있는 프로그램에 적용하기에는 어려운 점이 많다. 따라서 이와는 별도의 이미 개발되어 있는 프로그램들을 위한 프로토콜을 개발하였다(그림 5).

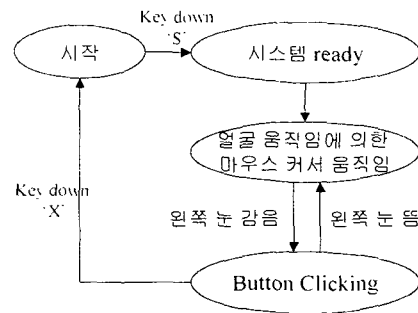


그림 5 이미 개발되어 있는 프로그램에서 커서 동작을 위한 프로토콜 및 상태의 변화

이미 개발되어 있는 프로그램의 경우에는 얼굴 움직임에 의한 커서 dragging의 기능만을 적용하였다. dragging 기능만이 있으므로 calibration이 필요하지 않다. 위의 프로토콜에서 사용자가 key를 누르게 되면 얼굴 및 얼굴 특징점을 추적하는 상태가 되며 사용자의 얼굴 및 얼굴 특징점을 찾게 되면 곧바로 얼굴움직임에 의해서 마우스 커서를 움직일 수 있는 상태로 바뀌게 된다. 이 상태에서 사용자는 왼쪽 눈 깜박임에 의해서 명령을 전달할 수 있다. 첫 번째 프로토콜을

이용하여 CVD(Chemical Vapor Decomposition) process제어를 위한 시스템을 구현하였고(그림 2) 두 번째 프로토타입을 이용하여 이미 개발되어 사용되고 있는 SCP(Syn-gas Composition Program) 프로그램에 적용하였다(그림 6).

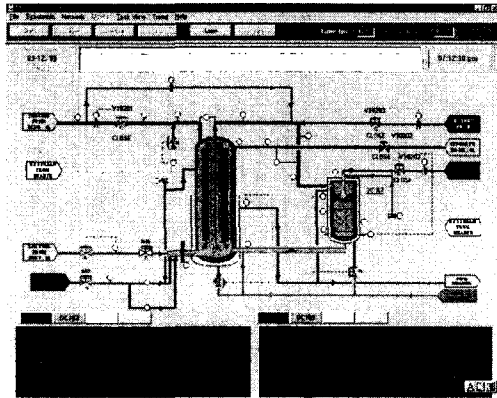


그림 6 이미 개발된 프로그램에의 응시위치 추적 기술 적용

6. 결론

카메라와 영상처리 기술을 이용하여 응시위치를 추출함으로써 컴퓨터 프로그램을 제어할 수 있는 인터페이스 시스템과 이를 위한 프로토타입을 개발하였다. 이를 통하여 사용자가 양손을 사용할 수 없는 경우에도 얼굴 움직임과 눈 깜박임을 통하여 프로그램 조작 및 명령전달을 줄 수 있었다. 응시 위치 추적 기술은 이미 개발되어 있는 프로그램에 대해서도 적용되어, 커서 드래깅과 눈 깜박임에 의해 명령전달을 하게 할 수 있다.

7. 참고문헌

- [1] A. Azarbajegani, "Visually Controlled Graphics", in Proc. IEEE PAMI, Vol. 15, No. 6, pp. 602-605, June 1993
- [2] Andrew Kiruluta, "Predictive Head Movement Tracking Using Kalman Filter", in Proc. IEEE Trans. on SMC, Vol.27, No.2, April 1997
- [3] T. Fukuhara, T. Murakami, "3-D motion estimation of human head for model-based image coding", in IEE Proc. . Vol. 140, No.1, Feb., 1993
- [4] Jiandong Liang and Mark Green, "Geometric modeling using six degrees of freedom input devices," Proc of the 3rd International Conference on CAD & Computer Graphics, Beijing, China, 1993.
- [5] Jun Rekimoto, "A Vision-Based Head Tracker

for Fish Tank Virtual Reality -VR without Head Gear-," IEEE Virtual Reality Annual International Symposium 1995.

[6] 남시욱, 박강령, 정진영, 김재희, "얼굴의 칼라정보와 움직임 정보를 이용한 얼굴 영역 추출" 1997년 대한전자공학회 하계 종합학술대회 논문집 pp.905-908, 1997년 6월

[7] 남시욱, 박강령, 한승철, 김재희, "다중 모드 인터페이스 환경에서 등가속도 예측 알고리즘을 이용한 얼굴 특징점 추적" 1998년 제 10회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표 논문집, pp. 209-214, 1998년 1월

<이 연구는 1999년도 한국학술진흥재단의 대학부설연구소 연구비에 의하여 일부 지원되었음>