

# 동공 마우스를 이용한 로봇 제어 환경 구축

김기원\*, 양명섭\*, 양진영\*

## 요약

본 논문의 연구 내용은 눈동자의 움직임으로 마우스 커서를 움직이도록 하는 동공 마우스 인터페이스 환경의 구축이다. 동공 마우스를 이용함으로써 전신 마비 장애인들도 컴퓨터를 통해 주변 기기들을 쉽게 사용할 수 있다. 동공 마우스 시스템을 구축하기 위해서 적외선 조명을 사용하는 웹 카메라를 제작해 동공을 인식하였으며, 동공의 움직임을 마우스 움직임으로 보정하는 환경을 제시하였다. 그 후 주행로봇과 컴퓨터를 WIFI 무선 통신으로 연결한 뒤, 로봇의 주행제어를 위한 키 값을 할당하였다. 그리고 각각의 키 값에 따라 로봇을 제어하는 프로그램을 작성하고 키 값과 눈동자 움직임을 xml 형식으로 대응시켰다. 그 결과로 동공의 움직임에 따라 전진, 후진, 좌회전, 우회전을 하는 주행 로봇의 제어 환경을 구현할 수 있었다. 본 논문의 연구 결과를 응용하면 휠체어를 동공의 움직임만으로 제어 할 수 있는 환경을 구축할 수 있다.

## Construction of Robot Control Environments using Pupil Mouse

Gi-Weon Kim\*, Myung-Sub Yang\*, Jin-Young Yang\*

## ABSTRACT

This paper constructs the user interface environment for the physically disabled people to use the peripheral equipment easily. It suggests the construction of Pupil Mouse interface environment which controls the cursor by using pupil. The Pupil Mouse also makes the completely paralyzed people available to use the peripheral equipment with a computer. To construct the Pupil Mouse system, a Web Camera with infrared rays sensed the pupil, it presented the environment that the pupil's movement is calibrated by using the mouse. After connecting a Travelling Robot and a computer with WIFI wireless internet, the key value was assigned for Travelling Control. According to the each key value, robot control program was made, and both value and pupil's movement were corresponded as an xml form. As a result, the control environment of travelling robot was created that moves back and forth, and turn left and right by the pupil's movement.

Key Words : Pupil Mouse, Web Camera, Travelling Robot, Travelling Control, Disabled Person

---

\* 초당대학교 IT융합학부 (✉ kwkim@cdu.ac.kr)

· 제1저자(First Author) : 김기원 · 교신저자(Correspondent Author) : 양진영

· 접수일(2013년 11월 17일), 수정일(2013년 12월 4일), 게재확정일(2013년 12월 12일)

## 1. 서 론

오늘날 여러 환경적, 물리적 요인으로 인하여 장애인 수가 증가되고 있는 추세에 있는 가운데 장애인의 절만이 컴퓨터를 사용하고 있다는 실태조사가 발표된 바 있다[1]. 그러나 장애인들이 컴퓨터를 이용하는 인터페이스나 주변 기기를 이용하는 환경에 대한 연구는 미미한 실정이다. 따라서 장애인들이 손쉽게 컴퓨터를 사용할 수 있는 사용자 인터페이스에 대한 연구가 절실히 요구되고 있다.

본 논문에서는 신체가 불편한 장애인들이 일반인들과 같이 컴퓨터를 사용할 수 있는 인터페이스 환경을 구축하고자 한다. 본 논문에서 제안하는 방법은 동공 마우스를 이용하는 방법으로 동공 마우스는 동공의 움직임과 컴퓨터의 마우스 커서를 동기화 시켜 동공의 움직임으로 컴퓨터를 조작할 수 있도록 하는 장애인용 특수 장비를 말한다. 동공 마우스를 이용하면 전신이 마비된 중증 장애인들도 눈동자의 움직임을 통하여 컴퓨터를 이용할 수 있게 된다. 본 논문에서는 초소형 웹 카메라를 사용하여 동공의 움직임을 인식하는 장비를 제작하고, 동공의 움직임과 마우스 움직임을 동기화하는 환경을 구축하였다. 그 후 주행로봇과 컴퓨터를 WIFI 무선 통신으로 연결한 뒤, 로봇의 주행 제어를 위한 키 값을 할당하고, 각각의 키 값에 대응되는 눈동자 움직임과 동공 마우스의 동작 환경을 xml 형식으로 정의를 하였다. 본 논문의 결과로 동공의 상하좌우 움직임에 따라 전진, 후진, 좌회전, 우회전을 하는 로봇의 주행제어 환경을 구축할 수 있었다. 본 논문의 연구 결과를 응용하면 장애인용 휠체어를 동공의 움직임만으로 제어 할 수 있는 환경을 구축할 수 있다.

## II. 동공 인식

### 2.1 동공인식 환경 구현

동공의 움직임과 컴퓨터 마우스 커서를 동기화시키기 위해서는 우선 사용자의 동공을 인식하는 장치를 개발해야 한다. 동공 검출에 관해서는 많은 논문과 자료들이 발표되어 있으며, 최근에는 아이캔(eyecan)이라는 오픈소스 형태의 동공 마우스가 제공되고 있다. 아이캔은 눈동자 외에는 자유롭게 몸을 움직이기 어려운 중증장애인이 컴퓨터를 사용할 수 있게 하는 동공 마우스 인터페이스 환경이다. 동공 마우스는 일반적으로 적외선 조명을 사용하는 웹 카메라를 사용하는데, 이는 외부 가시광선의 영향을 줄이고 멜라닌 색소의 양에 의해 결정되는 사용자의 홍채 색상에 관계 없이 뚜렷한 동공 경계 영상을 취득할 수 있는 장점이 있다[2,3].

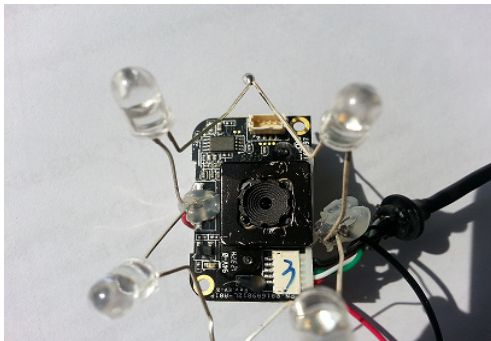
동공을 인식하는 환경을 구성하기 위해 필요한 항목들은 <표 1>과 같다.

표 1. 동공인식 장치 플랫폼  
Table 1. Platform of Pupil Recognition Device

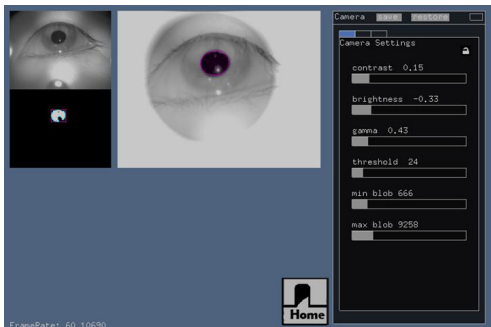
항목	규격	비고
Web Camera	· MS LifeCam HD5000 - 640*480 - 60fps	PS3Eye 사용가능
IR LED	· PI-4A521DH - Colorless transparency lens type - φ3mm(T-1) - High radiant intensity	발광부 사용, 수광부 사용 불가
Power Supply	· AAA Battery	카메라 전원 사용 가능
Infrared Pass Filter	· Analog photosensitization film	
S/W	· eyecan Installer · Webcam driver	

중요 구성 요소로는 초소형 웹 카메라, 4개의 적외선 LED 조명, 전원, 케이블 타이, USB케이블, 관련 프로그램 등이 있다. 웹 카메라는 크기가 작을수록 사용하기가 편리한데, 동공 검출에 사용하기 위해서는 카메라에 부착되어 있는 노이즈 차단필터를 제거하고 적외선 패스 필터를 추가 해 주는 과정을 거친다. 그 후 4개의 적외선 LED 조명을 연결하고 설치한다. 우선 LED 2개씩을 직렬로 연결하여 2쌍을 만든다. 직렬 연결된 2쌍의 LED들을 병렬로 연결한 뒤, 마지막으로 4개의 적외선 LED로 만든 조명을 웹 카메라의 렌즈를 감싸듯이 끼우고 고정시켜 준다.

위의 과정을 거쳐 최종적으로 완성된 동공 인식용 입력장치와 실행 화면은 <그림 1>과 같다.



(a) 동공 입력장치



(b) 동공인식 프로그램

그림 1. 동공 인식  
Figure 1. Pupil Recognition

동공 인식 프로그램 설정 화면에서는 카메라에 동

공이 정확하게 인식이 되는지를 확인하고, 필요에 따라서 영상 밝기, 대비, 동공 추적, 보정 관련 세부 설정을 할 수 있다. 보정(calibration)은 동공 마우스를 사용하기 위해 처리해야 할 가장 중요한 단계이다. 이 과정에서는 눈으로 바라보는 위치와 모니터 화면상의 위치의 관계를 계산하여 눈으로 바라보는 방향으로 마우스 커서가 이동할 수 있도록 해준다.

### III. 로봇의 주행제어

#### 3.1 주행로봇

본 논문의 목적은 동공 마우스를 이용하여 컴퓨터와 무선으로 연결된 주행로봇의 주행을 제어하는 환경을 구축하는 것이다. 연구에 사용된 로봇은 ERP-42 모바일 로봇 플랫폼으로 4바퀴 기반의 자동차 조향 장치를 채택하였고, 광폭타이어를 장착하여 실내 및 실외를 전천후로 주행이 가능하다[4]. 로봇을 제어하기 위해서는 다음의 <그림 2>와 같은 통신환경을 구축한다.

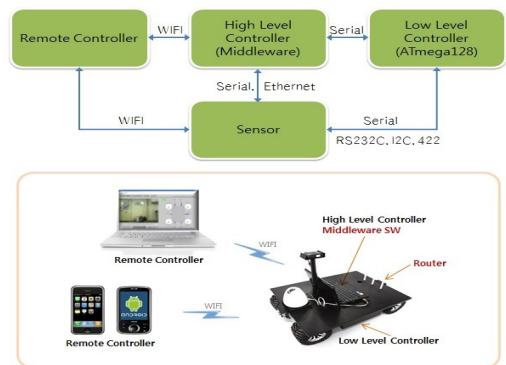


그림 2. ERP-42 제어 환경  
Figure 2. Control Environment of ERP-42

로봇 내부에 로봇 구동을 위한 저수준 제어기(Low

level controller)와 사용자 영역의 고수준 제어기 (High level controller)를 연결하고 원격 제어기와 로봇을 로봇에 내장된 WIFI 라우터를 통해 통신을 연결 하면 로봇 구동을 위한 환경이 구축된다.

### 3.2 주행로봇과 클라이언트 연결

주행 로봇을 제어하기 위해서는 우선 호스트인 ERP-42 모바일 로봇과 클라이언트 프로그램이 무선으로 연결되어야 한다. ERP-42 로봇은 WIFI를 지원하는 모든 장치와 연결할 수 있는데 네트워크 연결과정은 다음과 같다.

단계 1. 로봇에 전원을 연결하면 ESSID로 WIFI 네트워크를 생성한다. 그리고 스스로 IP 주소를 할당한다.

단계 2. 사용자는 이 ESSID 네트워크에 클라이언트 장치를 연결한다.

단계 3. 클라이언트 장치는 ERP-42의 DHCP 서버에게 IP 주소를 요청한다.

단계 4. ERP-42 DHCP 서버는 클라이언트에게 IP 주소를 부여한다.

단계 5. 클라이언트 프로그램은 ERP-42에게 request를 전송한다.

ERP-42를 초기화시키기 위해서는 클라이언트 프로그램에게 내비게이션 데이터라는 기본 데이터 스트림을 전송해야 한다. 내비게이션 데이터는 로봇의 속도, 주행 방향 등과 같은 상태 값들을 주기적으로 클라이언트 응용 프로그램에 전송할 때 사용한다. 내비게이션 데이터는 UDP 포트를 통해서 패킷형태로 클라이언트 프로그램에 전송이 된다.

호스트에 내비게이션 데이터를 전송하려면 포트 NAVDATA\_PORT에 패킷을 전송한다. 이때 로봇이 부트스트랩 모드로 시작하는 경우, 단지 상태 및 일렬

번호가 전송된다. 일반적인 경우, 내비게이션 데이터가 전송된다. 부트스트랩 모드를 종료하려면, 클라이언트는 로봇의 구성을 수정하기 위한 초기화 명령을 전송하면 된다.

### 3.3 로봇의 주행제어

로봇의 주행제어를 위해서 주행을 제어하는 제어 데이터를 갖는 명령어를 사용한다. 명령어는 주행로봇의 동작을 제어하기 위해 전송하는 텍스트 문자열이다. 이러한 문자열은 로봇의 SDK에서 제공하는 라이브러리에 의해 생성된다. 일반적으로 로봇을 안정적으로 제어하고자 한다면 각각의 명령이 30ms 마다 전송이 되어야 한다. 각 명령어는 8 비트 ASCII 문자로 인코딩되는데 제어 명령어를 사용하여 로봇을 제어하는 프로그램은 다음 <그림 3>과 같이 동작된다.

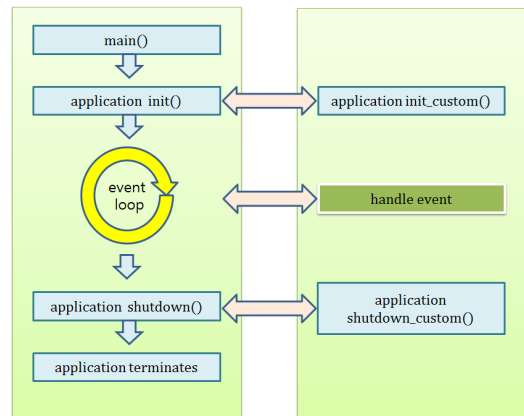


그림 3. 로봇 제어 프로그램  
Figure 3. Robot Control Program

초기화 과정에서는 호스트와 클라이언트의 연결을 설정한다. 연결이 설정되면 초기화 과정으로 로봇의 동작에 관련된 설정 값들을 초기 값으로 지정한다. 그 후 로봇을 제어하는 명령어들을 클라이언트에서 전송할 수 있게 되는데, 호스트에 제어 명령이 전송이 되면

전송된 제어 값들을 순차적으로 처리하여 로봇의 주행 속도와 주행방향 등을 제어하게 된다. 다음의 <표 2>는 로봇을 제어할 때 사용하는 대표적인 명령어들을 보인다.

표 2. 주행로봇 제어 명령어  
Table 2. Control Instructions of Travelling Robot

command	arguments	description
AT*REF	input	start/stop Emergency stop command
AT*PCMD	flag, left, right	Move the ERP-42
AT*CONFIG	key, value	Configuration of the ERP-42
AT* COMWDG	-	Reset the communication watchdog

하나의 UDP 패킷은 복수개의 명령어를 포함 할 수 있는데, 명령어들은 개행문자(0A(16))로 구분한다.

#### IV. 동공 마우스를 이용한 로봇의 주행제어

동공 마우스를 이용하여 컴퓨터 인터페이스 환경을 쉽게 구축하기 위해서는 아이캔의 P.Ctrl이라는 기능을 이용한다. 이 기능은 눈의 움직임으로 마우스를 이용하는 것뿐만 아니라, 눈으로 다양한 키보드 입력을 가능하게 하거나, 응용 프로그램을 실행할 수도 있게 해준다. 우선 사용자는 동공의 움직임에 따라 실행하고자 하는 기능을 xml 형식으로 정의한다. P.Ctrl은 사용자가 정의한 xml 형식을 로드하여 해당 xml 설정 파일에 정의된 대로 눈의 움직임에 따라 컴퓨터를 이용할 수 있게 해준다.

본 연구에서 제작한 동공 마우스를 이용하여 주행 로봇을 제어하는 방법은 다음과 같다. 우선 로봇의 주행제어를 위한 키보드의 키 값을 다음의 <표 3>과 같이 할당한 뒤 키 값에 맞게 주행제어 프로그램을 작성한다.

표 3. 주행제어를 위한 키 할당  
Table 3. Key Assignment for Traveling Control

키 값	주행제어
space 바	주행
↑ 방향키	전진
↓ 방향키	후진
← 방향키	좌회전
→ 방향키	우회전
Q 키	정지

<표 3>의 키 값에 연결된 프로그램에 의해 스페이스바를 누르면 주행로봇이 주행을 시작하고 키보드의 'Q'키를 누르면 정지하게 된다. 그리고 상하좌우 방향키를 누르게 되면 방향 변경이 이루어진다. 그 후 P.Ctrl의 xml 설정을 사용하여 로봇의 주행제어에 할당된 키 값들을 동공 마우스 동작에 대응을 시킨다. xml 설정 파일은 크게 Action과 Config 두 부분으로 구성되어 있다[4].

##### (1) Action

마우스의 동작을 설정하는 부분으로 기본 문법은 다음과 같다.

<설정 값>할당 값</설정 값>

- 설정 값: 눈 동작
- 할당 값: 마우스 동작

(2) Config

모니터 화면에서의 가장자리 범위 등과 같은 눈 동자의 움직임에 대한 환경을 지정하는 부분이다.

<설정 값>할당 값</설정 값>

- 설정 값: 환경설정 변수
- 할당 값: 환경설정 값

본 논문에서는 주행로봇의 주행제어를 위해 다음과 같이 Action과 Config 부분을 xml로 정의하였다.

```

<action>
  <move>on</move>
  <click>click</click>
  <calibrate>on</calibrate>
  <blink>space</blink>
  <click_margin_top>up
  </click_margin_top>
  <click_margin_bottom>bottom
  </click_margin_bottom>
  <click_margin_left>left
  </click_margin_left>
  <click_margin_right>right
  </click_margin_right>
  <close>q</close>
</action>
<config>
  <marginHorizontal>0.2
  </marginHorizontal>
  <marginVertical>0.2
  </marginVertical>
  <marginRight>0.2
  </marginRight>
  <marginLeft>0.2
  </marginLeft>
</config>
    
```

Action 정의에서 보면 주행로봇의 주행시작은 눈을 빠르게 깜박일 때(blink) 실행이 되도록 하였으며, 로봇의 방향 전환은 모니터 화면의 상, 하, 좌, 우 영역에 동공 마우스를 위치시킨 뒤 눈을 깜박이면 실행이 되도록 하였다. 주행로봇의 정지는 눈을 감게 되면 실행이 되도록 정의하였다.

Config 설정 부분에서는 컴퓨터 모니터의 상, 하, 좌, 우 영역의 인식 범위를 각각 20%로 설정하였다.

V. 실험 및 결론

5.1 실험

본 논문에서 제안한 시스템은 사용자의 동공 움직임에 따라 의도한 방향으로 주행로봇이 정확한 주행을 하는지가 평가 기준이 되기 때문에 동공 마우스의 정확성에 대한 성능 평가를 실시하였다.

본 실험에는 3명의 실험자를 대상으로 하여 동공마우스로 주행로봇의 주행을 제어하는 실험을 하였는데, 제어 명령어는 <표 3>과 같은 전후좌우 움직임과 주행시작과 정지명령어로 총 6가지이다. 이 명령어들을 임의적으로 30가지를 추출한 후 실험자에게 제공하고 총 5회 정확성 실험을 실시하였다. <그림 4>는 동공 마우스의 정확성에 대한 실험 결과인데, 전체적인 제어 성공률은 81.9%로 측정되었다.

사용자의 의도대로 주행로봇이 제어가 되지 않았던 경우의 대부분은 실험자들이 의도하지 않은 영역에 동공을 위치시킨 상태에서 무의식적으로 눈을 깜박임으로써 실행이 된 경우이다. 따라서 무의식적으로 눈을 깜박이는 경우 명령의 처리를 무효화하는 방법을 추가한다면 보다 신뢰성 있는 동공 마우스 인터페이스 환경을 구축할 수 있을 것이라 판단된다.

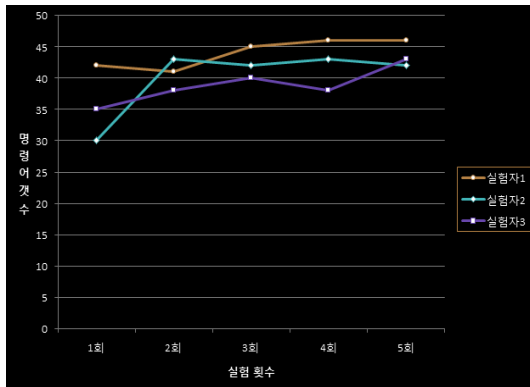


그림 4. 정확도 실험 결과  
Figure 4. Correctness Experiment Result

그리고 실험자들이 실험을 반복하면서 점차 정확한 제어를 하게 되는 것을 볼 수 있는데, 이는 동공의 움직임과 깜박임을 반복적으로 수행함으로써 점차 학습이 된 결과라고 생각된다.

## 5.2 결론

본 논문에서는 장애인들이 컴퓨터를 통해 주변기기를 쉽게 사용할 수 있는 사용자 인터페이스 환경을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 방법은 동공 마우스를 이용하는 방법으로, 눈동자의 움직임으로 주행로봇의 주행을 가능하게 하는 환경을 구축하였다. 이를 위해 동공의 움직임을 입력받는 장치를 제작하였다. 동공 입력장치는 정확한 입력을 위하여 적외선 LED를 조명장치로 사용하고 적외선 패스 필터를 추가하였다. 그 후 입력된 동공의 위치를 마우스 움직임으로 보정하는 과정을 거쳤다. 그 후 주행로봇의 제어를 위한 키 값을 할당하고, 각각의 키 값에 따라 로봇의 움직임을 제어하는 프로그램을 작성하였다. 마지막으로 동공의 움직임과 대응되는 키 값을 xml 형식으로 정의를 하여 대응시켰다. 본 연구의 결과로 얻어진 동공 마우스 인터페이스 환경에 대한 정확도 실험 결과 81.9%의 정확도를 얻을 수 있었다. 향후 연구 방향으로는 의도하지

않은 동공의 움직임이나 눈 깜박임은 실행되지 않는 방법에 대한 연구가 있어야 한다. 동공 마우스의 정확도가 향상되면 이를 장애인용 휠체어를 제어하는 분야에 적용할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- [1] Kim sung hye, "Living conditions of people with disabilities and the implications", Korea Institute for Health and Social Affairs Health and Welfare Issue&Focus, 2012.
- [2] Choong-Bum Kim, Seong-Hoon Kim, and Soowhan-Han, "An Eye Mouse System using an Infrared Illumination Camera", Journal of the Korea Society of Computer and Information Society, Vol. 16, No. 2, pp.7376, 2008.
- [3] Dong-Jin Lee, Ki-Young Lee, "The Virtual Model House System using Modeling-based Eyetracking", Journal of Korea Internet Broadcasting and Communications Association, Vol. 10, No. 5, pp. 223-227, 2010.
- [4] [http://www.ieg.kr/products/product\\_view.php?Page=1&displayrow=10&Txt\\_word=&str\\_menutype=02&str\\_chocode=04&str\\_unicode=10001&str\\_no=201206180012](http://www.ieg.kr/products/product_view.php?Page=1&displayrow=10&Txt_word=&str_menutype=02&str_chocode=04&str_unicode=10001&str_no=201206180012)
- [5] [http://code.google.com/p/eyecan/downloads/detail?name=%5B3%5D\\_eyeCan\\_using-scripts-for-various-uses.pdf](http://code.google.com/p/eyecan/downloads/detail?name=%5B3%5D_eyeCan_using-scripts-for-various-uses.pdf)

저자소개



김기원(Gi-Weon Kim)

1987년 한남대학교 전자계산학과  
(공학사)  
1989년 숭실대학교 전자계산학과  
(공학석사)  
2001년 한남대학교 컴퓨터공학과  
(공학박사)

1996년 9월 ~ 현재 초당대학교 IT융합학부 교수

※관심분야: 무인 항공로봇, 영상처리, 음성인식



양명섭(Myung-Sub Yang)

1995년 전북대학교 전자계산학과  
(이학석사)  
1999년 전북대학교 전자계산학과  
(이학박사)

2000년~현재 초당대학교 IT융합학부 교수

※ 관심분야: 무인비행체제어, 자율비행



양진영(Jin-Young Yang)

1983년 조선대학교 경영학과  
(경영학사)  
1988년 조선대학교 전자계산학과  
(공학석사)  
2002년 목포대학교 컴퓨터공학과  
(공학박사)

1997년 ~ 현재 초당대학교 IT융합학부 교수

※관심분야 : 무인 항공로봇, 항공영상 데이터베이스,  
Traffic Control