

# 눈동자 인식을 이용한 인터넷 강의 수강 시스템

Internet Lecture System Using Eye Recognition

“배수정”, “박한훈”, “김성원”

Dept. of Information and Communication Engineering, Yeungnam University

280, Daehak-ro, Gyeongsan-si, Gyeongsangbuk-do, Korea

@ynu.ac.kr

## Abstract

본 논문에서는 노트북에 내장된 Web Cam을 이용해 영상을 이미지화하여 실시간으로 받아와서 Open CV의 라이브러리를 이용해, 학생의 얼굴과 눈동자를 인식하여 인터넷 강의를 수강 할 때 실제로 학생이 수업에 집중하고 있는지 아닌지를 판별해주고 학생의 태도 점수를 편이하게 감점 시켜주어 인터넷 강의 수강의 실질적인 몇 가지 문제를 해결 하고자 한다.

## I. Introduction

4차 산업혁명의 시대가 도래되면서 인터넷과 영상 매체를 통한 강의의 교육 및 수강이 많이 이루어지고 있다. 인터넷 강의 수강은 다양한 장소와 시간에 강의를 수강할 수 있다는 편의성을 가지고 있다.

인터넷을 강의를 수강하는 학생은 장소와 시간에 제한 받지 않는다는 큰 이점을 가지고 있다. 하지만 이러한 점과 인터넷 강의의 출석 여부를 제한 기간 내에 동영상 상을 실행 시킨 학습 시간으로만 보기 때문에 실질적으로 학생이 강의를 수강하고 있는지 아닌지에 대한 여부를 알기 어렵다.

본 논문에서는 이러한 문제점의 해결을 위해서 인터넷 강의를 수강 할 때, 수강 중인 학생의 영상을 Web Cam을 이용하여 받아와서 실시간으로 사진화하여준다. 그 후 받아 온 이미지를 영상처리 프로그램 Open CV 라이브러리를 사용하여 사람의 얼굴 영역과 눈 영역을 인식하고 좌표 정보를 추출한다. 또한 TCP Socket 통신을 이용해 강의 수강 중에 실시간으로 교수님과 질의응답을 할 수 있게끔 해주었다. 또한 눈 인식을 하여 학생이 수업을 제대로 듣고 있지 않다고 판단되면 경고를 주고 학생의 태도 점수를 감점해주며 교수님께 알려준다.

이를 통해 인터넷 강의의 여러 문제점 또한 해결하여 인터넷 강의의 이점만을 취할 수 있다.

## II. Related Works

### 2.1 Related Work 1 (Related Standards)

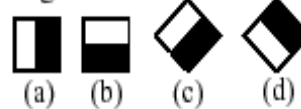
#### 1) Haar-like feature

이는 영상처리에서 Object Detection을 할 때 얼굴 영역 검출에서 사용한다. Haar-like feature는 Viola와 Jones가 얼굴 검출에 적용한 것이다. 이는 얼굴과 얼굴이 아닌 것의 차이를 효율적으로 보여 줄 수 있는 방법이다. Haar-like feature는 Haar wavelet과 유사하기 때문에 붙여진 이름으로, 아래의 Fig 1과 같이 위치, 모양, 크기에 따라 다양한 형태로 구성되어 있다. 그 특징 값은 흰색 영역의 화소 값의 합과 검은색 직사

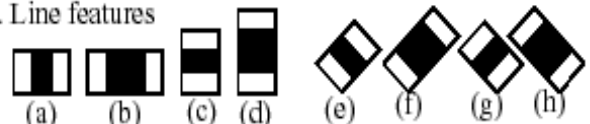
각형 영역의 화소 값의 합의 차로 정의된다.

한 마디로 Haar-like feature는 영상에서 흰색 영역과 검은색 부분의 영역의 해당하는 밝기 값을 빼서 임계값 이상인 것을 찾는 것이다. 단, 검정 부분과 흰색 부분의 크기와 모양은 동일해야한다.

#### 1. Edge features



#### 2. Line features



#### 3. Center-surround features

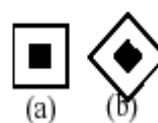


Fig 1. Haar-like feature

Haar-like feature는 얼굴 위에 Fig 1과 같은 흑백의 사각형을 겹쳐 놓은 다음 앞서 언급한 것처럼 밝은 부분 영역에 속한 픽셀 값들의 평균에서 어두운 부분 영역에 속한 픽셀 값들의 평균의 차이를 구한다. 그리고 그 차이가 어떠한 문턱 값을 넘으면 얼굴에 대한 유사 하프 특징을 가지고 있는 것이다.

Fig 1에서 볼 수 있듯이 흑백 사각형의 종류와 위치 그리고 크기는 변한다. 그에 따라 밝은 영역에 속한 픽셀 값들의 평균과 어두운 영역에 속한 픽셀 값들의 평균이 바뀌게 된다. 그래서 사람의 얼굴은 다양하지만 그 생김새의 패턴은 비슷하므로 임의의 얼굴 위에서의 특정 위치 그리고 특정 영역의 픽셀 값들의 분포도 큰 차이가 없다. 결국 그 값이 임계 값이 된다.

- 얼굴 영역 검출 : [haarcascade\\_frontalface\\_alt.xml](#)

- 눈 영역 검출 : [haarcascade\\_eye.xml](#)

## 2.2 Related Work 2

### 1. Transmission Control Protocol socket communication

TCP 소켓 통신은 주로 point-to-point, 즉 1:1 통신 구조를 가지고 있다. 이는 3-ways-handshaking을 통해 세션을 맺은 상태에서 통신을 하기 때문이다. 연결 지향형(Connection-oriented), 양방향형(Full duplex)이라고 말할 수 있다.

또한 데이터를 보내고 잘 왔는지 확인하고 제대로 전송되지 않은 경우 재전송을 하여 신뢰할 수 있는 통신이다. 보내는 모든 바이트에 번호를 매김으로써 전송이 됐는지 확인이 가능한 특징이 있다.

TCP 소켓 통신은 흐름제어 기능이 있다. 수신 버퍼가 넘치지 않도록 제어가 가능하며, 신뢰성이 있어서 Ack를 받을 때 까지 전송한 패킷의 복사본을 저장한다.

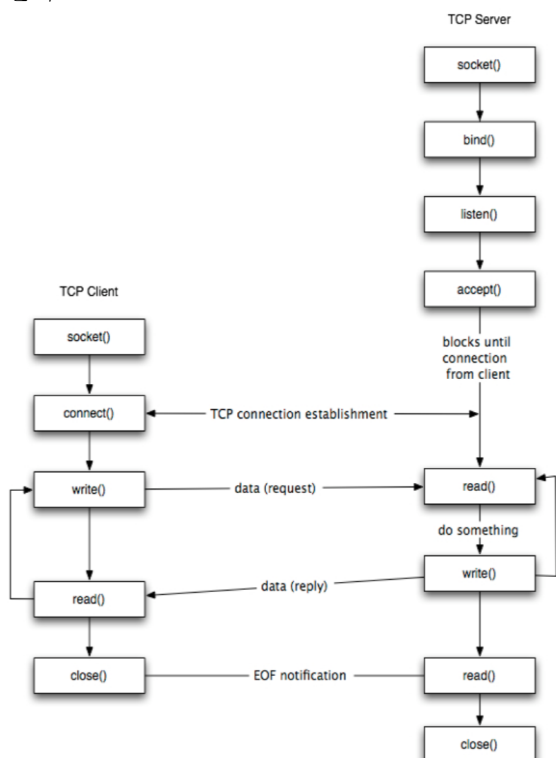


Fig 2. Transmission Control Protocol flow

Fig 2에서 알 수 있듯이, 먼저 Server와 Client 모두 Socket을 생성해야 한다. 이는 어떤 프로토콜로 통신할 것인지 어떤 종류의 소켓을 사용할 것인지 미리 정해진 값들을 넣어준다.

Socket을 생성하고 나면 connect()함수를 이용하여 TCP Client가 Server로 연결을 설정해야 한다. connect()는 Server로 연결하는 함수이다.

그 후 bind()를 해주는데 이 함수는 소켓에 지역 protocol 주소를 부여해주는 함수이다. 한마디로 소켓에 IP 주소와 포트번호를 부여해준다.

그 후 listen을 해주는데 listen()함수는 크게 두가지 일을 한다. 우선 socket()함수로 소켓을 생성하는 것을 능동적 소켓이라고 하는데, 이것이 Client 소켓이다. listen()함수는 close 상태에 있는 Server 소켓을 수

동적 소켓으로 바꾼다. 또한 listen()함수는 backing queue 라는 대기 가능한 최대 연결 개수를 지정한다. kernel은 listen 소켓에 대해 두가지 Queue를 가지고 있다. 불완전 연결 큐와 완전 연결 큐이다. backlog는 위 두가지 큐의 합에 대한 최대값을 규정한다. 그리고 backlog가 가득 찼을 때 연결 요청이 들어오면 거절된다.

그 후 accept를 하는데, 이 함수는 앞서 언급한대로 완전 대기열 큐에서 연결된 소켓을 끄집어 내는 것이다. 즉, accept()함수가 Client와 통신하는 connected 소켓을 만드는 것이다.

이러한 과정을 거쳐 TCP 소켓 통신을 한다.

## III. Main Idea of This Work

### 3.1 Submission of Thesis

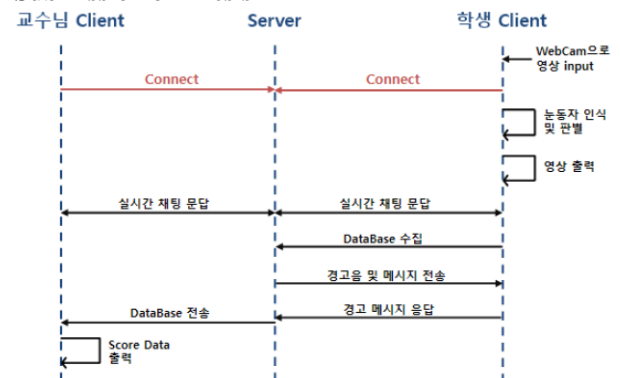


Fig 3. Sequence Diagram

해당 논문의 시스템은 네트워크와 신호처리(영상)을 기반으로 구성되어 있으며 위의 Fig 3.과 같이 동작을 한다.

먼저 학생과 교수는 Server에 접속을 한다. 그리고 학생 Client에서는 WebCam으로 받아온 영상을 출력함과 동시에 눈동자 인식 및 판별을 하고 그에 대한 영상을 출력한다.

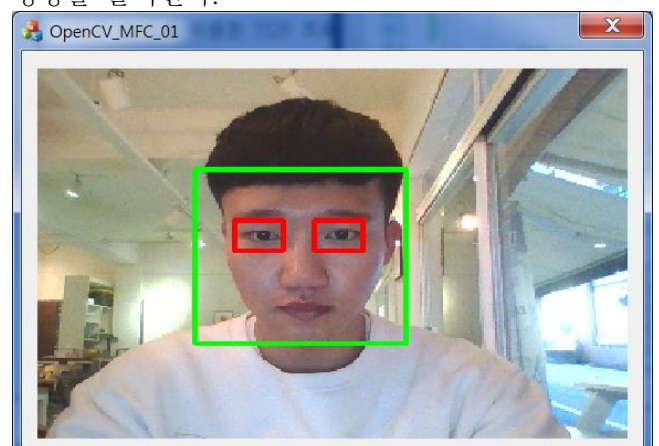


Fig 4. 눈동자 인식

인터넷 강의 수강 및 눈동자 인식이 진행되는 동안에 학생과 교수는 TCP 프로토콜을 사용한 1:1 채팅이 가능하다.

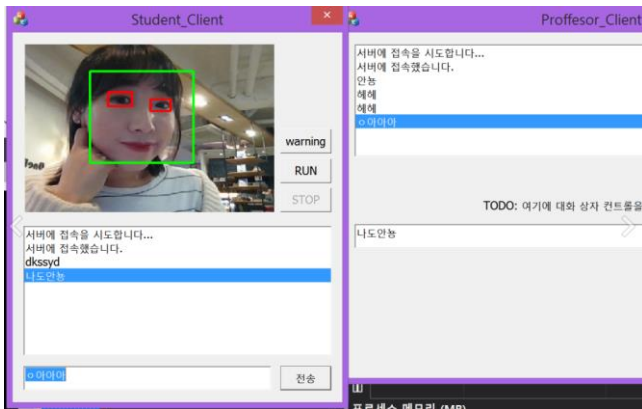


Fig 4. 눈동자 인식과 TCP 1:1 채팅

그리고 눈동자 인식 데이터를 기반으로 특정 조건에서 경고음 및 메시지를 출력한다. 만약 이 메시지에 대한 응답을 하지 않는다면 학생태도점수를 감점하고 그 데이터를 교수님 Client에서 출력한다.

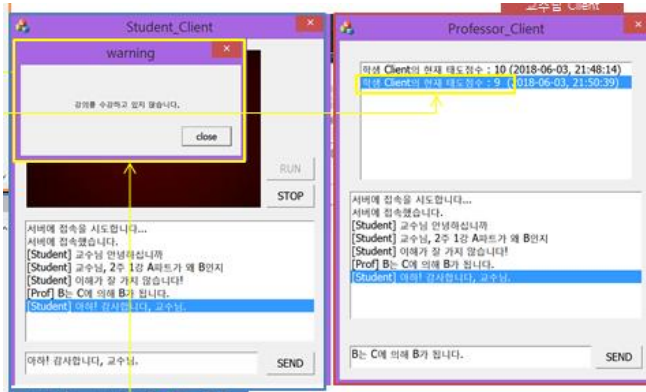


Fig 5. 경고음 및 경고창

### 3.2 Thesis Format

수업 중 감점이 될 수 있는 특정 조건은 총 4가지이다.

- 1) 얼굴을 인식하지 않는 경우이다. 얼굴을 인식하지 않으면 수업을 듣는 사람이 없다고 판단을 하고 일정 카운트가 지나면 경고음 및 메시지를 출력한다.
- 2) 얼굴은 인식하지만 눈 인식이 되지 않을 경우이다. 정상적인 사용자라면 당연히 얼굴과 눈 2개가 동시에 인식이 될 것이다. 따라서 일정 카운트가 지나면 경고음 및 메시지를 출력한다.
- 3) 눈이 한 쪽만 인식할 경우이다. 두 번째와 동일하게 얼굴과 눈 2개가 인식되지 않는다면 경고음 및 메시지를 출력한다.
- 4) 얼굴과 양 눈(눈 2개)을 인식하지만 얼굴과 눈이 같은 위치에 있을 때이다. 이 때는 1), 2), 3)보다 높은 카운트를 주어서 사용자가 일정 시간 동안 완전히 움직이지 않으면 증명사진 혹은 인형으로 간주하여 수업을 잘 듣고 있는지에 대한 경고를 날린다. 이에 응답을 하면 감점은 없으며 정상적으로 수업을 들으면 되고, 응답을 하지 않는다면 사람이 아닌 것으로 간주하고 학생태도 점수를 감점한다.

### 3.3 Submission Time Table

Each student who involves in the research works of YU-ITRC should submit his/her term paper every 3 months. Table 1 shows the submission time table. Once every 3 months, when the term paper is submitted by the student with his/her advisor professor's supervision, the financial support will be given.

Table 1. Time Table of Term Paper Submission

Term Paper	Due Date	Remarks
1 <sup>st</sup> term paper	2 <sup>nd</sup> Tuesday of March	Research results of March, April
2 <sup>nd</sup> term paper	3 <sup>rd</sup> Tuesday of March	Research results of March, April
3 <sup>rd</sup> term paper	4 <sup>rd</sup> Tuesday of March	Research results of March, April
4 <sup>th</sup> term paper	2 <sup>nd</sup> Tuesday of April	Research results of April, May
5 <sup>th</sup> term paper	3 <sup>rd</sup> Tuesday of April	Research results of April, May
6 <sup>th</sup> term paper	1 <sup>st</sup> Thursday of May	Research results of May, July
7 <sup>th</sup> term paper	2 <sup>nd</sup> Tuesday of May	Research results of May, July
8 <sup>th</sup> term paper	3 <sup>rd</sup> Tuesday of May	Research results of May, July
9 <sup>th</sup> term paper	4 <sup>th</sup> Thursday of May	Research results of May, July
10 <sup>th</sup> term paper	5 <sup>rd</sup> Tuesday of May	Research results of May, July

## IV. Evaluations

### 4.1 Simulation, Measurement, Test

Configuration of simulation, measurement and test to evaluate the performance of the proposed new idea.

- 신호처리(영상) 테스트

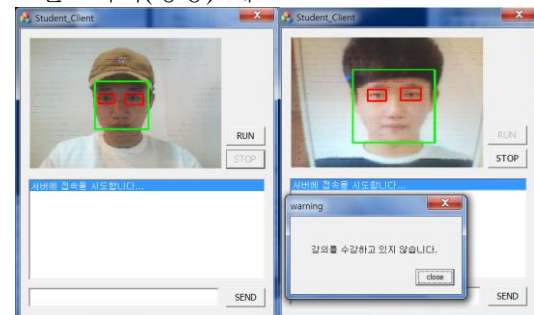


Fig 6. 신호처리 테스트

좌측은 직접 인터넷 강의를 보는 것처럼 사람의 눈을 잘 인식하고 강의를 보는데 불편함이 없는지 직접 테스트를 한 결과 강의를 보는 도중 불편함이 없었습니다.

우측은 증명사진을 두었을 때인데 사람의 얼굴과 눈이 같은 자리에서 인식이 된다면 경고음과 경고창이 뜨게 됨을 확인하였고, 사람인 경우에는 눈의 깜빡임을 인식해서 같은 위치에서 시청을 해도 수강하는데 불편함이 없음을 확인했습니다.

- 네트워크 테스트

```

C:\Users\WS\Documents\Visual Studio...
< 서버입니다. >
bind 성공!!
listen 성공!!

[TCP 서버] 클라이언트 접속: IP 주소=192.168.0.30, 포트번호=4647
[TCP 서버] 클라이언트 접속: IP 주소=192.168.0.30, 포트번호=4670
[TCP/192.168.0.30:4670] [Student] 1
[TCP/192.168.0.30:4647] [Prof] 2
[TCP/192.168.0.30:4670] [Student] 3
[TCP/192.168.0.30:4647] [Prof] 4
[TCP/192.168.0.30:4670] [Student] 5
[TCP/192.168.0.30:4647] [Prof] 6
[TCP/192.168.0.30:4670] [Student] 7
[TCP/192.168.0.30:4647] [Prof] 8
  
```

Fig 7. 네트워크 테스트 1(서버)

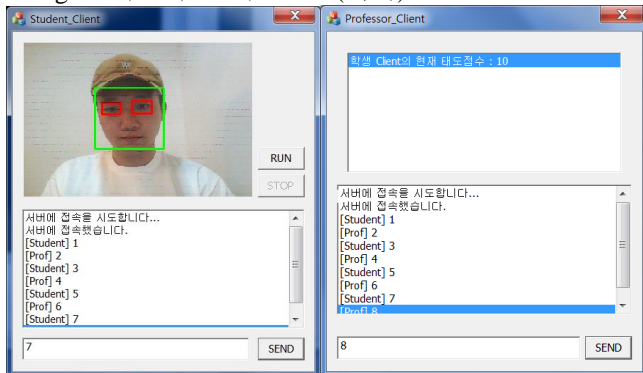


Fig 8. 네트워크 테스트 1(클라이언트)

- Client들이 Server에 접속을 하여 TCP 프로토콜 방식의 1:1 채팅이 가능함을 확인

```

[TCP/192.168.0.30:4724] [Prof] 20
[TCP/192.168.0.30:4730] [Student] 21
[TCP/192.168.0.30:4724] [Student] 22
[TCP/192.168.0.30:4730] [Student] 23
[TCP/192.168.0.30:4724] [Prof] 24
[TCP/192.168.0.30:4730] [Student] 25
[TCP/192.168.0.30:4724] [Prof] 26
[TCP/192.168.0.30:4730] [Student] 27
[TCP/192.168.0.30:4724] [Prof] 28
[TCP/192.168.0.30:4730] [Student] 29
[TCP/192.168.0.30:4724] [Prof] 30
[TCP/192.168.0.30:4730] [Student] 31
  
```

Fig 9. 네트워크 테스트 2(서버)

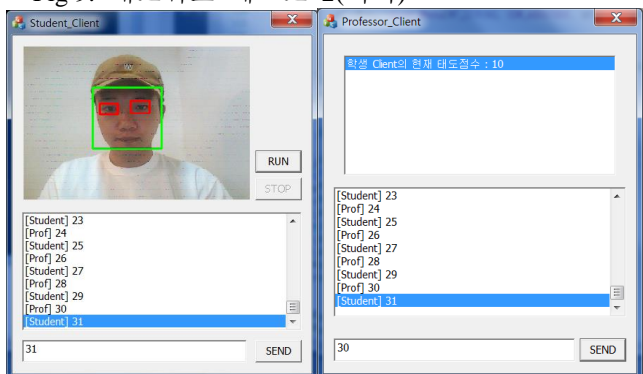


Fig 10. 네트워크 테스트 2(클라이언트)

- 추가적으로 Server가 안정적으로 돌아가는지 Client들이 장시간 동안 채팅을 하여 안정성을 확인하였습니다.

## 4.2 Analysis of the Results

Analysis of the results, comparing with other research results. This section must also explain the reason why the performance could be improved theoretically.

Table 2. 성능 분석

핵심 필수 기능	당초 성능 목표	구현된 성능	달성 여부 분석
노동자 인식	70%	<ul style="list-style-type: none"> <li>- WebCAM으로 받아온 영상을 MFC/C++ 기반으로 출력</li> <li>- OpenCV를 이용해서 얼굴 인식 하여 눈의 좌표 인식</li> </ul>	80% 달성
실시간 1:1 QnA	90%	<ul style="list-style-type: none"> <li>- TCP 프로토콜 방식을 통해 full-duplex 통신을 구현</li> <li>- Thread 사용하여 실시간 채팅 구현</li> </ul>	100% 달성
학생 태 도 점수 관리	90%	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 노동자 data값을 정확히 인지하고 받아오는 것을 확인</li> <li>- 노동자 data에 따라서 학생 Client의 점수를 관리하여 학생Client의 태도 점수 데이터 감점 및 교수님 Client에 보여줌</li> </ul>	100% 달성
감점 예 정 알림	90%	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일정 시간 동안 눈인식을 하지 못하면 MFC로 경고창·경고음을 띄움</li> <li>- 메시지박스가 띄워지고 또 다른 일정 시간이 지나면 학생 Client의 점수가 감점 되게끔 구현</li> </ul>	100% 달성



네트워크 부분 트랙은 완벽하게 구현 하였으나, 영상 처리 부분에서 담당 트랙 교수님의 완벽한 만족감을 드리지 못한 것이 다소 아쉬운 부분이라고 생각합니다. OpenCV에서 받아온 facecasde와 eyescasde를 완벽히 직접 구현하지 못하였던 점이 특히 아쉽습니다. 시간을 좀 더 두었다면 이를 보완할 수 있었을 것 이라는 아쉬움이 있습니다.

## V. Conclusion

우선 주제 선정에서 어려움을 많이 겪었습니다. 처음 제안 발표 전까지 생각했던 트랙은 임베디드와 네트워크 트랙이었습니다. 그러나 트랙 요건은 만족할 수 있는 구현이었지만, 필요성의 부분에서 졸업만을 위한 졸업 작품이 될 것 같다는 생각에 다른 주제를 선정하자는 결론을 도출했습니다. 그래서 결국 실생활에서 정말 필요한 프로그램이 무엇일까라는 생각을 해보고, 인터넷 강의를 실제로 수강중인지 아닌지 얼굴인식과 눈 인식을 통해서 이를 판별하고 교수님과의 실시간으로 QnA를 하는 기능도 구현하였습니다. 네트워크 트랙 부분은 완벽히 구현하였으나, 영상처리 트랙 부분에서 다소 아쉬움이 남았습니다. 하지만 졸업 과제를 구현함에 있어 팀원과의 원만하고 깊은 의사소통을 할 수 있었습니다. 또한 네트워크와 신호처리 전공 지식을 더욱 더 심화 할 수 있는 좋은 기회가 되었습니다.

## Acknowledgement

본 논문은 따라서 ‘Intel’과 ‘Microsoft’에서 무료 프로그램 배포를 지원받았다. 상세내용으로 ‘Intel’의 ‘OpenCV 3.4.1’ 버전과 오픈소스를 기반으로 학생의 얼굴, 눈을 분석하였고, ‘Microsoft’의 ‘Visual Studio 2017’을 기반으로 한 C++, MFC로 구성을 하였다.

## References

- [1] 이문호, OpenCV를 활용한 컴퓨터 비전 프로그래밍(기본 영상처리부터 고급 컴퓨터 비전까지, acom+PACKT 시리즈), 에이콘출판, 2017.05.31..
- [2] 이아리, 조경순, Visual C++ MFC 2017 윈도우 프로그래밍 (예제로 배우는), 북스홀릭퍼블리싱, 2017.07.07.
- [3] 최석준, 이재훈, 김수균, 홍민, 실시간 눈동자 추적을 위한 알고리즘 설계 및 구현 (Design and Implementation of Real-Time Pupil Tracking Algorithm), 2015년도 한국인터넷정보학회 춘계학술발표대회 논문집, 2015
- [4] 이재희, ‘사이버 강의, 모자라는 학점 채우기용 수업’, 동대신문, (<http://www.dgunews.com/news/articleView.html?idxno=4889>), 2014.09.15