

## 연주자를 위한 시선 추적 기반 페이지 터너 애플리케이션 개발

김 태 유 · 김 석 훈\*

순천향대학교 컴퓨터소프트웨어공학과

## Development of a Page Turner Application based on Eye Tracking Algorithm for the Performing Artists

Tae-Yu Kim · Seokhoon Kim\*

Department of Computer Software Engineering, Soonchunhyang University, Asan 31538, Korea

### [요 약]

악보는 성공적인 곡 해석, 연주, 공연 등을 위해 필수적인 요소로 인식되고 있으며, 대부분의 연주자들은 이러한 상황에서 일반적으로 종이악보를 활용하고 있다. 그러나 종이악보는 페이지를 넘겨야 할 때 연주자 및 청중의 집중도를 떨어뜨리는 원인 중 하나가 될 뿐 아니라, 전체적인 연주의 흐름을 저해하는 요소로 작용하기도 한다. 또한 이러한 종이악보의 단점들은 공연장소 주변의 날씨나 환경 등으로 인해 더욱 부각될 수밖에 없다. 본 논문에서는 이러한 종이악보의 단점들을 해결하기 위한 태블릿 PC 기반의 전자악보 페이지 터너 애플리케이션을 제안한다. 제안하는 페이지 터너 애플리케이션은 원활한 연주 진행을 위해 연주자의 시선 또는 동작을 관측하여 전자악보를 다음페이지로 넘길 수 있도록 구현되어 있으며, 시선추적 및 동작 관측 알고리즘은 OpenCV를 통해 구현하였다. 제안하는 페이지 터너 애플리케이션을 통해 기존 종이악보가 갖고 있는 문제점을 상당부분 개선할 수 있을 것으로 기대한다.

### [Abstract]

Sheet music is one of the inevitable elements for successful melody interpretation, playing or rendering, and performance, most of performing artists usually utilize a paper sheet music in the cases. However, the paper sheet music can be a one of the reason to degrade the concentration of audiences and artists or entire performing flows. In addition, it might be a weakness to use a paper sheet music in an outside performing place. We propose an electronic sheet music page tuner application, which can overcome these problems, based on a Tablet PC. The proposed page tuner application, which uses the OpenCV to adapt an eye tracking and behavior recognition, can provide an automatical page pass function to the performing artists. We will expect that the proposed application can highly decrease the weakness of paper sheet music.

색인어 : 시선 추적, 악보, 어플리케이션, 안드로이드, 태블릿

Key word : Eye tracking, Musical score, Application, Android, Tablet

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2018.19.4.829>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 18 April 2018; Revised 24 April 2018

Accepted 28 April 2018

\*Corresponding Author; Seokhoon Kim

Tel: +82-2-2275-4435

E-mail: dcs@naver.com

## I. 서 론

대부분의 악기는 양손으로 연주하게 되어있고, 악기를 연주할 때 악보를 보면서 연습을 한다. 그래서 악보를 넘길 때 한 손을 사용해서 악보를 넘겨야 한다. 이 때 연주자는 양손으로 하던 연주를 도중에 멈추고 악보를 넘겨야 하는 불편함이 생기는데 이러한 불편한 점들은 악보가 2장 이상으로 구성되어 있다면 악보를 매번 넘길 때마다 발생한다. 뿐만 아니라 기존의 악보가 종이악보이기 때문에 바람의 영향을 많이 받고, 악보의 양이 많을수록 관리가 불편한 점도 있다. ‘그림 1’에 나타난 바와 같은 종이악보 사용에 대한 만족도 조사(출처: “순천향대학교, 배재대학교, 아산 윈드 오케스트라, 충북예고” 종이악보 활용 설문조사)를 통해 알 수 있듯이 악기 연주를 하는 사람들 중 과반수가 불편함을 느끼고 있다. 따라서 본 아이템에서는 기존의 악보 사용에 대한 불편한 점을 해결하고자 시선 추적 기술을 통해서 손을 사용하지 않고 악보를 넘길 수 있는 방안을 제시한다. 또한 종이 악보가 아닌 태블릿을 사용하여 주변 환경에 덜 영향을 받고, 악보 관리 방식의 변화도 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 어플리케이션에 사용된 시선 추적 알고리즘과 관련된 연구를 기술하고, 3장에서는 시선 추적의 방식, 전체 알고리즘, 데이터베이스와 구현한 결과에 대해 설명한다. 마지막 4장에서는 본 아이템의 향후 연구 방향과 기대효과를 기술한다.

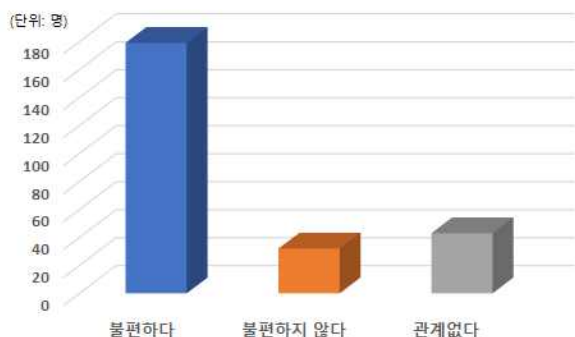


그림 1. 종이악보 사용에 대한 만족도

Fig. 1. Investigation of satisfaction of using a paper sheet music

## II. 관련 연구

시선 추적(Eye tracking) 기술로 진행된 연구들은 눈동자 추적에 의한 게임, Eye Mouse, 홍채 인식 보안 시스템 등 여러 분야에서 활용되고 있다. 시선 추적을 통해서 할 수 있는 작업들이 많은 만큼 OpenCV 기반 시선 추적 방식의 Open Source들도 많이 만들어져 있다. Open Source를 발전시켜서 새로운 시선 추적을 연구할 수도 있고 본 아이템처럼 어플리케이션에 적용

시킬 수 있다[1]-[8].

본 아이템에서 사용한 Open Source의 기본 카메라 방향이 ‘그림 2’와 같이 landscape(가로)이기 때문에 ‘그림 3’과 같이 본 아이템에서 추구하는 portrait(세로)으로 변경하였다. 기본 카메라 방향이 landscape이면 시선 추적이 되는 방향도 landscape이므로 portrait으로 방향을 바꿔줘야 portrait에서도 시선 추적이 가능하게 된다. 본 아이템에서 제시하는 방향이 portrait인 점은 악보 화면이 태블릿인 것을 고려하여 사용자의 눈의 피로를 줄이고자 악보 1page를 한 화면에 출력해두도록 설계하였다[9].

시선 추적은 ‘그림 4’와 같다. 카메라 프레임을 실시간으로 받아온 후 얼굴을 검출한 후 양쪽 눈을 검출하고 그 후 각각 왼쪽 눈, 오른쪽 눈으로 검출한다. Template Matching 알고리즘으로 image를 분석하고 비교해서 유사한 image를 찾아낸다. ‘그림 5’ ~ ‘그림 9’는 시선 추적이 시선 방향에 따라 움직이는 것을 나타내고 있다 [10].



그림 2. 가로 화면 오리엔테이션

Fig. 2. Landscape orientation



그림 3. 세로 화면 오리엔테이션

Fig. 3. Portrait orientation

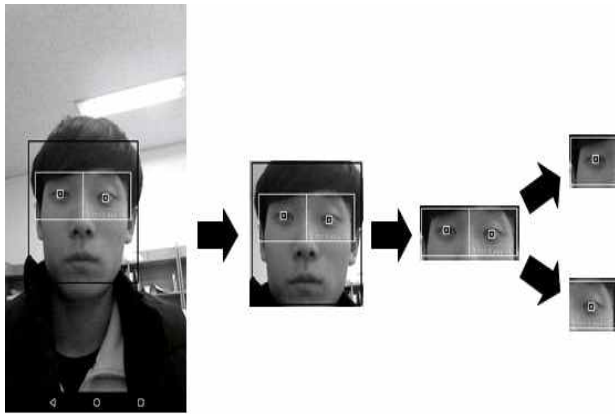


그림 4. 시선 추적 알고리즘  
Fig. 4. Eye tracking algorithm

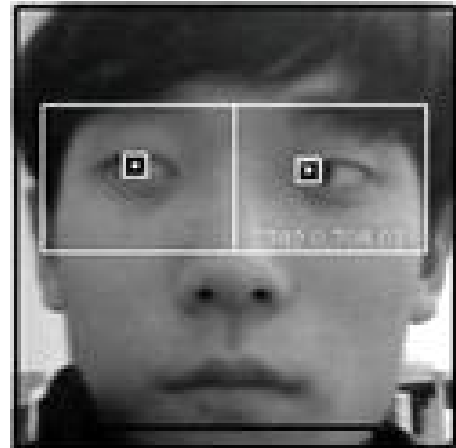


그림 7. 시선 추적 왼쪽방향 오리엔테이션  
Fig. 7. Eye tracking left orientation

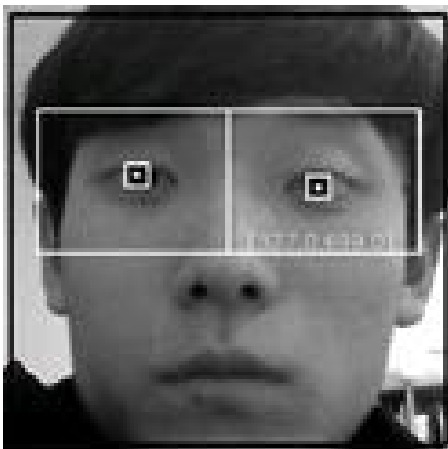


그림 5. 시선 추적 중앙 오리엔테이션  
Fig. 5. Eye tracking center orientation

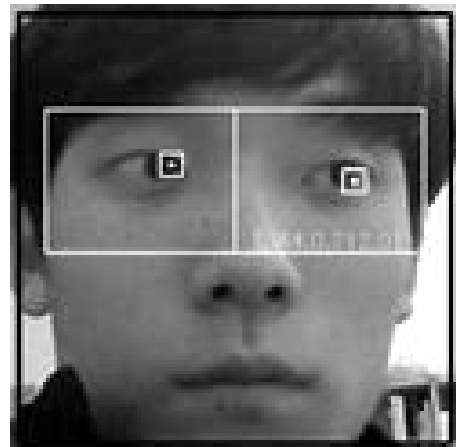


그림 8. 시선 추적 오른쪽방향 오리엔테이션  
Fig. 8. Eye tracking right orientation

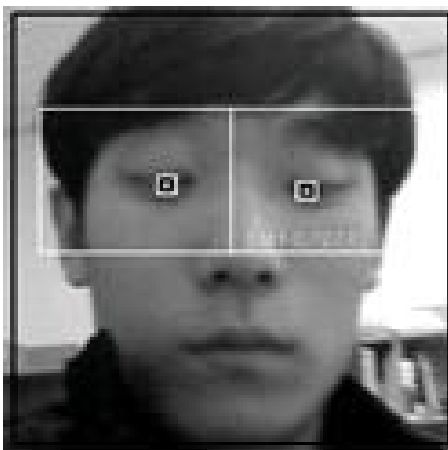


그림 6. 시선 추적 아랫방향 오리엔테이션  
Fig. 6. Eye tracking downward orientation

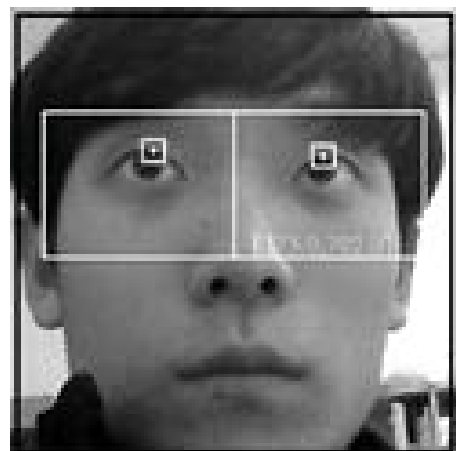


그림 9. 시선 추적 위쪽방향 오리엔테이션  
Fig. 9. Eye tracking upward orientation

### III. 본 문

#### 3-1 시선 추적(Eye tracking)

본 아이템의 주 기술인 시선 추적(Eye tracking)은 눈동자의 움직임을 추적해서 시선 위치를 알아내는 영상처리 기술이다. 시선 추적 기술은 오래전부터 연구 및 발전 되어왔다. 빛을 오랫동안 본 후의 잔상을 이용하거나, 소리를 통한 안구운동 횟수의 기록, 바늘을 콘택트 렌즈에 끼워 움직임을 기록하는 방식 등 여러 방식들이 발전되어왔지만 크게 시선 추적 분석 방식으로 ‘표 1’과 같이 3가지 방식들이 있다.

1) Video 분석 방식이란 image-processing을 이용한 비디오 기반의 시선 추적 방식이다. 최근에 널리 쓰이고 있는 방식이고, 카메라를 통해 실시간으로 촬영된 이미지를 분석한 후, 안구가 어느 방향을 향하고 있는지 분석하는 방식이다[11]-[16].

2) 콘택트 렌즈 방식은 사람의 각막의 겉면과 안쪽 면, 수정체 등에 빛을 비추면 여러 개의 반사광이 생기는 것을 이용해 반사광의 움직임을 센서를 통해 분석해 안구가 어느 방향으로 회전하는지 분석하는 방식이다.

3) 근전도 센서(EMG; Electro Musculoram) 부착 방식은 눈 주위에 근전도 센서를 부착하여 안구를 움직이는 안근의 근전도, 즉 안전도(EOG; Electro Oculogram)를 측정하여 안구의 움직임을 추적하는 방식이다.

표 1. 시선 추적 분석 방안

Table 1. Eye tracking analysis method

Number	Eye tracking analysis method
1	Video analysis method
2	Contact lens method
3	Electromyography sensor attachment method

본 논문에서는 시선 추적 방식 중 하나인 Video 분석 방식을 사용하여 사용자의 시선의 방향 및 안구의 움직임을 검출하는 알고리즘을 설계 및 제안한다.

#### 3-2 전체 알고리즘

사용자가 어플리케이션에 접속하면 ‘그림 10’과 같이 로그인 기능을 통해 사용자 계정을 인증한 후, 해당 사용자의 약보 데이터를 받아와서 어플리케이션에서 볼 수 있다. 이때 화면이 약보 화면으로 전환되면 시선 추적 알고리즘을 통해서 약보를 손을 쓰지 않고 넘길 수 있는 기능이 작동한다. 어플리케이션과 데이터베이스의 데이터 전달은 ‘그림 11’과 같이 리눅스 서버 내에서 PHP 파일을 통해 어플리케이션 - PHP - 데이터베이스 간의 연결을 해준다.

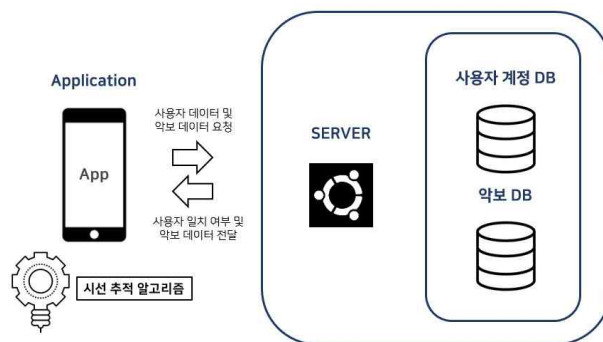


그림 10. 알고리즘 동작 개요

Fig. 10. Overview of the Algorithm

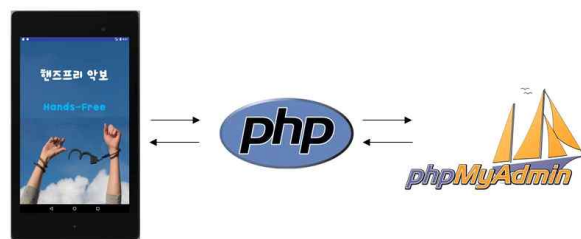


그림 11. 데이터 전송 흐름

Fig. 11. Data transfer flows

그림 12는 전체적인 알고리즘 수행의 흐름도를 나타내고 있다. 그림 12에 나타난 바와 같이 onCameraFrame()가 실행되면 카메라 프레임이 입력되고, 이후 얼굴, 안면, 눈 등의 인식을 수행하게 된다. 또한 보다 상세한 시선 추적 분석 방안에 대한 코드는 표 2에 나타난 바와 같다.

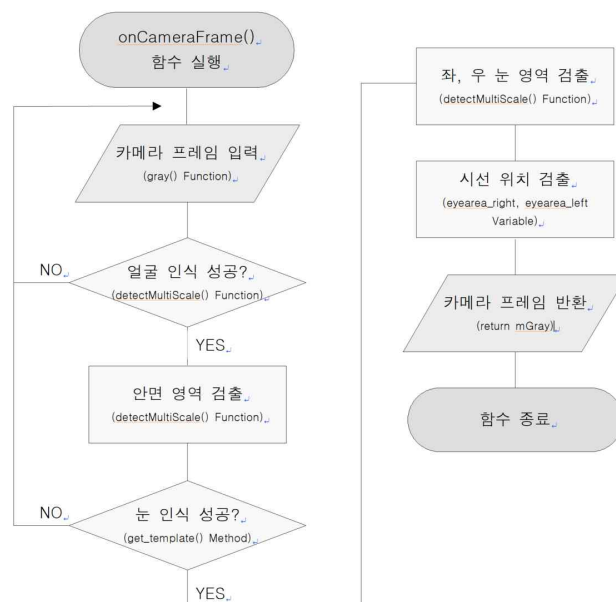


그림 12. onCameraFrame() 함수

Fig. 12. onCameraFrame() Function

**표 2.** 시선 추적 분석 기법

**Table 2.** Eye tracking analysis method

```

public Mat
onCameraFrame(CameraBridgeViewBase.CvCameraViewFrame
inputFrame) {
    mGray = inputFrame.gray();
    Core.flip(mGray, mGray, 0);

    MatOfRect faces = new MatOfRect();

    // Objdetect.CASCADE_FIND_BIGGEST_OBJECT |
    CASCADE_SCALE_IMAGE Try
    mJavaDetector.detectMultiScale(mGray, faces, 1.1, 2, 0
|CASCADE_SCALE_IMAGE,
    new Size(mAbsoluteFaceSize, mAbsoluteFaceSize), new
Size());

    Rect[] facesArray = faces.toArray();
    for (int i = 0; i < facesArray.length; i++)
    {
        // tl(), br() 가장자리
        Imgproc.rectangle(mGray, facesArray[i].tl(), facesArray[i].br(),
            FACE_RECT_COLOR, 2);
        xCenter = (facesArray[i].x + facesArray[i].width +
facesArray[i].x) / 2;
        yCenter = (facesArray[i].y + facesArray[i].y +
facesArray[i].height) / 2;

        Point center = new Point(xCenter, yCenter);
        Rect r = facesArray[i];
        // 눈 영역 계산
        Rect eyeara = new Rect(r.x + r.width / 8,
            (int) (r.y + (r.height / 4.5)), r.width - 2 * r.width / 8,
            (int) (r.height / 3.0));
        Rect eyeara_right = new Rect(r.x + r.width / 16,
            (int) (r.y + (r.height / 4.5)),
            (r.width - 2 * r.width / 16) / 2, (int) (r.height / 3.0));
        Rect eyeara_left = new Rect(r.x + r.width / 16
            + (r.width - 2 * r.width / 16) / 2,
            (int) (r.y + (r.height / 4.5)),
            (r.width - 2 * r.width / 16) / 2, (int) (r.height / 3.0));
        // Rect의 tl()은 오른쪽 위 Point반환, br()은 좌측 아래
        Point반환
        Imgproc.rectangle(mGray, eyeara_left.tl(), eyeara_left.br(),
            new Scalar(255, 0, 0, 255), 2);
        Imgproc.rectangle(mGray, eyeara_right.tl(), eyeara_right.br(),
            new Scalar(255, 0, 0, 255), 2);

        teplateR = get_template(mJavaDetectorEye, eyeara_right, 24);
        //teplateL = get_template(mJavaDetectorEye, eyeara_left, 24);
    }
    return mGray;
}

```

### 3-3 데이터베이스

기존의 종이악보와는 다르게 악보를 전자디스플레이(태블릿)를 사용하기 때문에 악보 저장 방식도 현실세계에서 사용자 개개인의 계정 데이터와 악보가 다르기 때문에 데이터베이스를 따로 구축한다. 사용자가 소유하고 있는 악보를 악보DB에 연동시키는 방식은 태블릿 내의 특정 폴더에 소유 중인 악보를 저장시키면 악보 DB에서는 특정 폴더 내에 있는 악보 파일들

의 경로를 악보 DB에 저장시켜 접근하는 방식이다.

### 3-4 개발 환경

본 아이템의 개발 환경은 ‘표 3’과 같은 환경에서 개발하였다. 데스크톱에서 작업을 하였으며 OS는 Windows 10 Pro를 사용하였고, RAM은 8GB를 사용하였다. 코딩은 Android Studio 2.3.3에서 작업하였고, 컴퓨터 비전 라이브러리로 OpenCV 3.3을 사용하였다. 테스트 장비로는 Nexus 7 (Android 6.0.1, API 23 Level)을 사용해서 테스트 하였다.

**표 3.** 개발 환경

**Table 3.** Development environment

Hardware & Platform	Explain
OS	Windows 10 Pro
RAM	8GB
Platform	Android Studio 2.3.3
Library	OpenCV 3.3
Test equipment	Nexus 7
-	Android 6.0.1, API 23 Level

### 3-5 구현

악보 어플리케이션의 구현은 다음 ‘그림 13’ - ‘그림 17’과 같다. 사용자가 소유하고 있는 악보의 경로를 악보DB에 추가 및 삭제를 할 수 있다. 악보 추가, 삭제를 하면 악보DB상에 있는 악보 경로 데이터만 변동되고 사용자가 실제로 갖고 있는 악보 파일에는 아무런 영향이 없다.

사용자 계정 정보와 일치하는 악보데이터를 디스플레이에 출력하고, 악보를 선택하면 해당 악보 화면이 ‘그림 7’의 오른쪽 화면과 같이 나타난다. 악보 화면이 나타나면 시선 추적 알고리즘이 작동하여 손을 사용하지 않고 악보를 넘길 수 있다.

이 때 시선 추적 알고리즘을 통한 악보 넘김 기능은 ‘그림 7’의 오른쪽 화면에서 화살표를 보고 있으면 시선 좌표와 디스플레이 좌표의 매칭 작업을 통해서 매 카메라 프레임마다 화살표의 위치 좌표와 시선이 바라보는 디스플레이 좌표를 비교하여 좌측 화살표는 이전 페이지, 우측 화살표는 다음 페이지로 넘어가도록 설계하였다. 또한 화살표는 버튼으로 설계되어 터치를 통해 악보를 넘길 수 있다.



그림 13. 애플리케이션 실행 (스타트 페이지)  
Fig. 13. Application execution start page

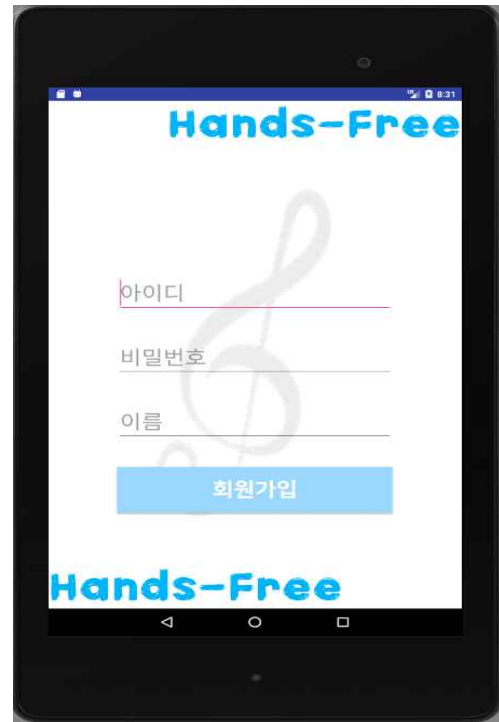


그림 15. 애플리케이션 실행 (사인업 페이지)  
Fig. 15. Application execution sign up page

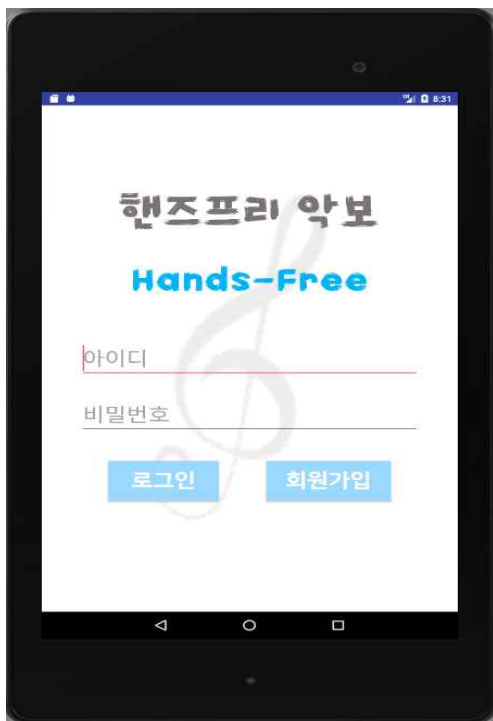


그림 14. 애플리케이션 실행 (로그인 페이지)  
Fig. 14. Application execution login page



그림 16. 애플리케이션 실행 (악보 리스트 페이지)  
Fig. 16. Application execution sheet music list page





그림 17. 애플리케이션 실행 (악보 페이지)  
Fig. 17. Application execution sheet music page

#### IV. 결 론

연주자들은 본 논문에서 제안한 페이지 터너 애플리케이션을 통해 악기를 연주할 때 연주의 흐름을 해치지 않고 보다 연주에 집중할 수 있다. 또한 태블릿 PC 기반의 전자악보인 본 애플리케이션을 통해 종이악보가 가지고 있는 다양한 단점들도 극복할 수 있으며, 특히 태블릿 PC가 가지고 있는 기본적인 하드웨어적 특성으로 인해 야외에서의 활용도는 더더욱 극대화될 수 있다.

본 논문에서 제안하는 페이지 터너 애플리케이션은 OpenCV 기반의 시선 추적 알고리즘과 좌표 매칭 알고리즘을 사용하여 손을 쓰지 않고도 악보를 넘길 수 있는 기능을 가진 전자악보를 구현한 것이다. 향후 본 페이지 터너 애플리케이션에서 사용된 악보 넘김 기술보다 편리하고 기술적으로 진보한 방안에 대한 연구를 계속하여 다양한 기능을 갖는 전자악보 애플리케이션을 구현할 수 있을 것이라 기대한다.

#### 감사의 글

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의

대학ICT연구센터육성 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2018-2015-0-00403). 또한, 본 연구는 순천향대학교 학술연구비 지원으로 수행하였음.

#### 참고문헌

- [1] S. Jang, S. Kim, C. Kim, "Attentional Processing of Emotional Faces in Schizophrenia: Evidence From Eye Tracking," *Journal of abnormal psychology*, Vol.125, No.7, 2016
- [2] Y. Lin, K. Holmqvist, K. Miyoshi, K. Ashida, H., "Effects of detailed illustrations on science learning: an eye-tracking study," *Instructional science*, Vol.45, No.5, 2017
- [3] B. Kortman, "Assessing for Hemi-Spatial Neglect Using Eye Tracking Glasses," *Archives of physical medicine and rehabilitation*, Vol.96, No.10, 2015
- [4] D. Bolden, P. Barnby, S. Raine, M. Gardner, "How young children view mathematical representations: a study using eye-tracking technology," *Educational research*, Vol.57, No.1, 2015
- [5] K. Brenton, N. Kate, "Assessing for Unilateral Spatial Neglect Using Eye-Tracking Glasses: A Feasibility Study," *OCCUPATIONAL THERAPY IN HEALTH CARE*, Vol.30, No.4, 2016
- [6] R. K. Sungkur, M. A. Antoaroo, A. Beeharry, "Eye tracking system for enhanced learning experiences," *EDUCATION AND INFORMATION TECHNOLOGIES*, Vol.21, No.6, 2016
- [7] M. Mehrube, N. Vuong, "Real-time eye tracking for password authentication," 2018 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), pp. 1-4, 2017
- [8] Byoung-jin Kim, Suk-ju Kang, "Reliability Measurement Technique of The Eye Tracking System Using Gaze Point Information," *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 17, No. 5, pp. 367-373, 2016.
- [9] R. Hošek, "Android eye detection and tracking with OpenCV". Available: <http://romanhosek.cz/android-eye-detection-and-tracking-with-opencv/>
- [10] OpenCV 2.4.13.6 documentation Tutorials, "Template Matching". Available: [https://docs.opencv.org/2.4/doc/tutorials/imgproc/histograms/template\\_matching/template\\_matching.html#theory](https://docs.opencv.org/2.4/doc/tutorials/imgproc/histograms/template_matching/template_matching.html#theory)
- [11] J. Luan, Z. Yao, F. Zhao, L. Hao, "Search product and experience product online reviews: An eye-tracking study on consumers' review search behavior," *Computers in human behavior*, Vol.65, 2016

- [12] T. Shechner, J. Jarcho, S. Wong, "Threats, rewards, and attention deployment in anxious youth and adults: An eye tracking study," Biological psychology, Vol.122, 2017
- [13] K. Stürmer, T. Seidel, K. Müller, J. Häusler, "What is in the eye of preservice teachers while instructing: An eye-tracking study about attention processes in different teaching situations," ZEITSCHRIFT FÜR ERZIEHUNGSWISSENSCHAFT, Vol.20, No.1, 2017
- [14] R. Zheng, K. Nakano, H. Ishiko, K. Hagita, Kih, "Eye-Gaze Tracking Analysis of Driver Behavior While Interacting With Navigation Systems in an Urban Area," IEEE Transactions on Human-Machine Systems, Vol.46, No.4, 2016
- [15] Y. Zhang, P. Zhibing, L. Chenhui, Xu, "Application Research of Gaze Tracking Technology in Battlefield Situation Visualization Assessment," LNEE, Vol.2015, No.356, 2015
- [16] E. Skodras, V. G. Kanas, N. Fakotakis, "On visual gaze tracking based on a single low cost camera," Signal processing Image communication, Vol.36, 2015



**김태유(Tae-Yu Kim)**

2019년 : 순천향대학교 졸업예정

2015년~현 재: 순천향대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 재학

※관심분야 : 시선 추적(Eye Tracking), 어플리케이션(Application), 기계 학습(Machine Learning)



**김석훈(Seokhoon Kim)**

2000년 : 경희대학교 (공학사)

2004년 : 경희대학교 대학원 (공학박사 - 정보통신)

2004년~2006년: IPOne, Inc.

2006년~2009년: Neowave, Inc.

2009년~2011년: 경희대학교 실감형 유비쿼터스 IPTV 연구센터

2011년~2013년: 경희대학교 컴퓨터공학과

2013년~2016년: 창신대학교 모바일통신공학과

2016년~현 재: 순천향대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 조교수

※관심분야 : 엣지 클라우드/모바일 엣지 클라우드 컴퓨팅(EC/MEC), 사물인터넷 (Internet of Things), 소프트웨어 정의형 네트워크/네트워크 기능 가상화 (SDN/NFV), 모바일 시스템 (Mobile System), 빅데이터 기반 머신 러닝 (Machine Learning based on Bigdata)