

프리뷰 분석에 기반한 악보 기울기 보정을 통한 효과적인 오선 인식 기법의 설계 및 구현

Design and Implementation of the Effective Staff-Line Recognition Using Tilt-Correction Through Preview Analysis

김 성 룡*, 김 태 희*, 김 미 선*, 이 보 램*, 김 근 정*, 이 상 준*★

Seongryong Kim*, Taehee Kim*, Misun Kim*, Boram Lee*,
Geunjeoung Kim*, Sangjun Lee*★

Abstract

Music score recognition applications running on a smartphone, which is one of the necessities of modern people, have already been released on the market. These applications have the several limitations, especially the recognition rate of printed music scores is low so that many errors occur when the score is played. The major factor to decrease the recognition rate comes from poor tilt-correction of the captured staff-line. In this paper, we propose a efficient method that can automatically shoot the printed music score through preview analysis, which increases the recognition rate via tilt-correction.

요 약

현대인의 필수품 중에 하나인 스마트폰을 이용한 악보 인식 어플리케이션은 이미 시중에도 출시가 되어 있다. 이러한 어플리케이션들은 몇 가지 아쉬운 점이 존재하며, 특히 인쇄된 악보의 인식률이 낮아서 이를 연주하는 부분에서 많은 오류가 발생하게 된다. 인쇄된 악보의 인식률을 저하시키는 중요한 원인 중의 하나는 찍은 사진에서 인식한 오선이 수평이 되지 못하고 기울어져 있기 때문에 발생한다. 본 논문에서는 프리뷰 이미지를 분석하여 기울기를 보정하여 인쇄된 악보를 촬영하는 방식을 제안한다. 제안된 기법은 수동으로 조작하여 촬영한 악보를 인식할 때보다 인쇄된 악보의 인식률을 높이는 데 기여한다.

Key words : Smartphone, Score Recognition, Preview Analysis, Tilt-correction, Staff-line

1. 서론

최근 통신환경과 정보통신 기기 제조기술의 발달로

* School of Computer Science and Engineering,
Soongsil University

★ Corresponding author
sangjun@ssu.ac.kr, 02-820-0672

※ Acknowledgment

This research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (No. 2012R1A1B3000565)
Manuscript received Aug. 29, 2014 ; revised Sep. 15, 2014 ; accepted Sep. 15, 2014

무선 인터넷 통신과 음성 통화가 가능한 스마트폰[1], 태블릿PC 등 이동형 디바이스가 급속하게 다양화되고 있다. 이런 스마트기기에 내장되어 있는 카메라로 원하는 정보를 얻고자 하는 대상을 촬영하여 촬영된 이미지를 분석하고 해당 이미지를 인식함으로써 데이터를 저장하고, 데이터에 따라 어떤 형태로 출력하는 서비스를 제공하는 다양한 어플리케이션이 개발될 수 있다. 그중 하나가 바로 악보 인식 어플리케이션이다. 인쇄된 악보를 촬영하거나 악보 사진을 획득하여 얻은 악보 이미지의 기호를 인식하고 분류하여, 인식된 기호를 분석하여 데이터화하면 그 악보는 데이터의 활용에 따라 악보를 연주하거나 수정하는 등 다양하게 사용될 수 있다.

기존에 개발된 악보 인식 응용 프로그램은 인쇄된

악보를 촬영 후 해당 악보 이미지에서 악보 이미지의 오선이 수평이 아닌 경우 이를 수평으로 맞추기 위해 이미지 보정작업을 거치면서 수평이 되도록 수정을 해주어야 되었으며, 심한 경우 오선 자체가 전혀 인식이 되지 않고 인쇄된 악보를 다시 촬영해야 한다는 문제가 있다.

본 논문에서는 스마트기기에서 프리뷰 이미지를 이용하여 인쇄된 악보를 촬영할 때 촬영된 악보이미지에서 오선의 기울기를 줄이는 방식으로 촬영된 인쇄된 악보 이미지의 인식률을 높이는 기존의 연구[2]를 확장한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 관련 연구들을 검토해본다. 3절에서는 악보 인식률 향상을 위한 제안 기법을 설명한다. 마지막으로, 4절에서는 본 연구의 결론을 맺는다.

II. 관련연구

이 절에서는 최근까지 대중들에게 널리 사용되고 있으며 악보를 인식할 수 있는 프로그램들에 대하여 분석해보고, 악보 인식을 위한 몇 가지 기술들에 대해 서술한다.

1. 스마트스코어[3]

‘스마트 스코어(Smart Score)’는 ‘Musitek’사에서 만든 악보를 인식할 수 있는 PC 프로그램이다. 해당 프로그램은 PDF나 BMP 확장자로 저장된 악보 파일을 읽어 들여, 읽어 들인 악보를 연주 가능한 악보로 변환하는 기능을 가지고 있다. 이러한 방식은 악보 이미지가 파일로 존재하지 않는 경우에는 스캐너가 필요하며, 스캐너로 이미지 파일을 얻은 후에 프로그램을 사용해야하기 때문에 시간이 오래 걸린다는 단점이 존재한다. 또한 PC프로그램이기 때문에 휴대성이 좋지 않아서 사용자가 급히 필요할 때는 해당 프로그램의 사용이 불가능하다. 그리고 가장 큰 단점은 해당 회사의 악보연주 프로그램을 통해서만 연주가 가능하다는 점이다. 말인즉슨 ‘스마트 스코어’를 이용해서 인식한 악보는 다른 악보 연주 프로그램에서 연주할 수 없다는 큰 단점이 존재한다는 것이다.

또한 기울기가 많이 존재하는 악보의 경우 인식률이 급격하게 떨어진다는 단점이 존재한다.

2. 악보인식[4]

‘악보인식’은 안드로이드 기반의 스마트기기에서 사용할 수 있는 무료 어플리케이션이다. 해당 어플리케이션은 스마트기기의 저장장치 내에 미리 개발자가 만들어서 저장해둔 악보를 인식하고 이를 연주할 수

있는 기능을 가지고 있다. 또 악보를 스마트기기로 촬영을 해서 인쇄악보를 인식하는 기능도 있다. 하지만 인쇄악보를 촬영을 할 때, 작은 기울기의 오차만 생기더라도 촬영된 악보가 인식이 되지 않는 문제점이 있다. 지금까지의 평가로는 매우 인식률이 저조하다고 판단되기 때문에 촬영인식이 불가능하다고 판단된다. 즉 해당 어플리케이션은 인쇄된 악보를 촬영해서 인식하는 용도보다는, 미리 스마트기기에 저장된 악보를 연주하는 용도로 쓰이고 있다고 할 수 있다. 이 어플리케이션의 또 다른 문제점은 악기, 템포, 키 설정은 불가능하다는 것이다. 그렇기 때문에 이미 설정된 템포로만 간단한 악보가 연주 가능하다. 또한 해당 어플리케이션이 2010년도에 마켓에 등록된 이후로 최근까지 업데이트가 이뤄지지 않기 때문에 버그가 많아 사용하는 것에 대한 문제점이 많다.

3. 악보 카메라[5]

‘악보카메라(樂譜カメラ)’는 ‘KAWAI’사에서 만든, IOS 기반의 스마트기기 유료 어플리케이션이다. 이 어플리케이션은 바코드 인식 프로그램과 같은 방식으로 동작하여 실시간으로 악보를 인식한다. 하지만 악보 전체를 한꺼번에 인식하는 것이 아니라 한 라인 단위로만 인식하기 때문에 한 라인 단위로만 재생이 가능하다는 불편함이 있다. 따라서 한 장의 인쇄악보를 한 번에 인식해서 듣는 것은 힘들다는 단점이 존재한다. 또한 해당 어플리케이션은 현재까지도 일본 앱스토어에만 등록이 되어 있어서 그 외의 국가 사용자들이 사용하기에는 어렵다는 단점이 있다.

4. PDF to MUSIC[6]

‘PDF to MUSIC’은 ‘Myriad’사에서 만든 악보 인식 PC프로그램이다. PDF파일을 인식해서 다양한 형태의 파일로 변형할 수 있다. 예를 들어서 MusicXML, MIDI, WAV, AIFF가 그 파일의 종류이다. 높은 인식률을 자랑하지만, PDF파일만 인식이 가능하기 때문에, 사용자가 원하는 악보를 인식하는 데에는 스캐너 사용이 필수적이다.

III. 제안 시스템

인쇄된 악보의 인식 어플리케이션들에게서 가장 중요한 것 중 하나는 악보이미지에서 악보의 인식률이다. 2장에서 언급한 많은 어플리케이션 및 프로그램들도 결국엔 인식률에 굉장히 의존적이며, 해당 어플리케이션에서 인쇄된 악보의 인식률이 떨어지게 되면, 그 프로그램의 완성도가 떨어지게 된다. 본 논문

에서는 인쇄된 악보의 인식률을 높이기 위한 하나의 솔루션을 제안하고자 한다.

인쇄된 악보를 인식하는 어플리케이션 자체의 악보 인식률을 높이기 이전에 인쇄된 악보의 인식률을 방해하는 요소 중 하나인 인쇄된 악보를 촬영한 악보 사진에서 오선의 기울기를 거의 제로(0)로 만드는 방법이다. 인쇄된 악보를 촬영한 악보 이미지에서 오선의 기울기는 사람이 수작업으로 촬영하는 한 아무리 노력해도 오선의 기울기를 완벽한 수평으로 맞춰서 촬영한다는 것은 거의 불가능에 가깝다. 이 촬영된 악보이미지에서 오선의 기울기는 다른 어플리케이션과 논문들에서 현재 여러 가지 기법으로 해결하고자 하는데 복잡한 처리과정이 존재하는 것뿐 아니라 심각한 기울기에서는 처리할 수 없다는 단점이 존재한다[7]. 본 논문에서는 때문에 이를 해결하기 위해서 프리뷰이미지를 이용하여 효율적으로 인쇄된 악보에서의 오선의 기울기에 대한 해결책을 제안한다. [그림 1]은 제안 기법의 동작 방식을 나타내고 있다.

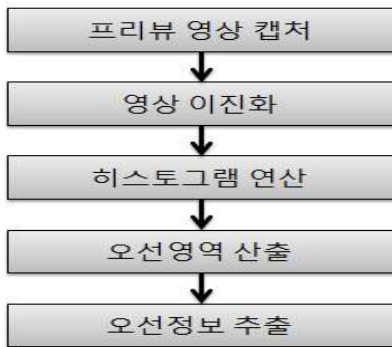


Fig. 1. Score recognition in preview picture
그림 1. 프리뷰 영상에서 오선 인식

스마트기기는 영상을 촬영하는 카메라 모듈과, 이 카메라 모듈을 통해 입력되는 프리뷰 영상을 하나의 이미지를 캡처하고, 프리뷰영상을 캡처한 이미지를 이진화 하여 이미지를 매우 간단하게 만들게 된다. 간단하게 구성된 이미지에서 수평히스토그램을 그리며, 이 히스토그램을 통해서 오선영역의 유무를 확인하게 된다. 만약 오선영역이 있다면, 이 프리뷰 이미지를 저장하도록 한다.

[그림 1]은 악보에 존재하는 오선 영역을 추출하는 것을 설명하기 위한 과정이며, 해당 과정은 프리뷰 영상 캡처, 영상 이진화, 히스토그램 산출, 오선영역 산출, 오선정보 추출을 거치게 된다. 오선 영역을 추출할 때 받는 입력은 프리뷰 영상 이미지가 되며, 출

력은 오선의 위치 및 개수와 같은 정보 및 프리뷰 영상 이미지이다.

1. 프리뷰 영상 캡처

프리뷰 영상이란 스마트폰, 태블릿PC와 같은 스마트기기에 존재하고 있는 기능으로써 사진이나 동영상 촬영하는 카메라 모듈에서 현재 카메라 렌즈가 향한 화면을 스마트기기의 화면에 투사해주는 기능이다. 프리뷰 영상은 디지털카메라에서부터 카메라가 장착되어있는 모든 스마트기기에 사용될 수 있다.

우선 악보인식 어플리케이션에서 촬영모듈을 실행하게 된다. 촬영모듈에서 촬영하기를 누르면 그때부터 실시간으로 프리뷰이미지를 오선 인식 모듈로 전달하여서 현재 보고 있는 화면에 오선이 있는지 없는지 확인해준다. 이때 사용자가 오선을 잡기 편하도록 [그림 2]와 같이 프리뷰 영상 이미지에 가로와 세로로 2개의 선을 추가로 넣어준다.



Fig. 2. Horizontal and vertical line for taking a picture
그림 2. 사용자에게 촬영을 도와주기위한 세로 가로선

[그림 2]와 같이 세로와 가로선을 이용해서 사용자가 좀더 쉽게 오선을 잡을 수 있게 해준다면 사용자가 오선을 잡기가 훨씬 편해질 수 있다.

오선이 화면에 보일 때까지 계속해서 프리뷰 영상의 이미지를 영상 이진화와 히스토그램 연산과정을 반복하면서 오선이 있는지 확인한다.

2. 영상 이진화

프리뷰 영상 캡처 과정을 통해 실시간으로 받아온 프리뷰 영상 이미지는 바로 이진화를 시작한다. 이진화는 여러 가지 방법이 있지만 여기서는 빠르게 오선을 인식하는 것이 중요한 사안이므로 단순히 명도만을 이용해서 오선을 구한다. 프리뷰 이미지라는 것은 실제로 사용될 이미지가 아니기에 명도만을 이용해서 명도가 128 이상과 이하로만 나누어도 실제 사용하는

데 큰 무리가 없다. 오히려 다른 마스크 기법 등을 사용하게 되면 연산이 훨씬 많아지기 때문에 프리뷰를 빠르게 갱신하지 못하는 단점이 존재하므로 이진화는 마스크를 사용하지 않고 매우 단순하게 처리하도록 한다.

만약 히스토그램의 연산을 거친 후에 현재 얻어온 프리뷰 이미지에서 오선이 발견되지 않았다면 그냥 다시 연산을 하는 것이 훨씬 이득이다.

또한 이진화를 할 때는 배경이 음표에 비해서 훨씬 많기 때문에 따로 반전은 시키지 않고, 배경색을 흰색으로, 악보에 포함된 음표, 기호와 같은 개체의 색은 검은색으로 처리하도록 한다.

3. 히스토그램 연산

영상 이진화를 통해 실시간으로 받아온 프리뷰 영상은 단순한 흑백이미지, 즉 1(흑)과 0(백)으로만 구성된 매우 단순한 형태로 변형이 된다. 이 흑백이미지는 수평이미지이기 때문에 이 이미지를 2차원 배열로 생각할 수 있다. 이렇게 만들어진 2차원 배열에서 행을 기준으로 모든 픽셀의 값을 더하면서 [그림 3]과 같이 수평 히스토그램을 그리도록 한다. 수평히스토그램은 같은 높이에 있는 모든 행의 픽셀값을 합함으로써 수치가 구해지며 이를 도식화하여 그려진다. 이 히스토그램을 분석하면 오선이 존재하는 부분의 히스토그램이 다른 곳에 비해 유난히 높다는 것을 알 수 있다. 이렇게 히스토그램을 보고 히스토그램의 수치가 높은 값을 이용하여서 오선이 있는지를 판단하게 된다.



Fig. 3. Horizontal histogram for score image[8]
그림 3. 악보이미지[8]에 대한 수평 히스토그램

4. 오선 영역 추출

악보에서 가장 중요한 기호 중 하나인 오선은 본문에서 제안하고자 하는 솔루션에서도 매우 중요한 역할을 담당하고 있다. 이 오선의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

가. 오선은 악보에서 수평으로 그려져 있는 선으로써 한 구역 당 다섯 개의 선이 수평을 일정한 간격을 두고 떨어져있다.

나. 악보 양끝의 여백을 제외하고 그려져 있다. 즉, 최소 총 전체 악보 가로길이의 4/5는 오선이 끊김이 없

이 수평으로 그려져 있다는 것이다.

다. 오선을 구성하는 다섯 개의 선들 모두 각각 선의 두께는 거의 비슷하다.

라. 오선 몸치와 오선몸치 각 구역 간격은 오선내의 각 선 사이 간격보다 두 배 이상 멀리 떨어져있다는 것이다.

마. 오선을 구성하는 다섯 개의 선들 사이의 간격은 절대 오선에서의 선의 굵기보다 작거나 같지 않으며 일반적으로 최소 두 배 이상은 넓게 그려져 있다는 점이다.

위 다섯 가지 특징은 오선을 판별할 수 있는 매우 중요한 요소이며, 이를 통해서 오선을 판단하도록 한다.

히스토그램 연산 과정을 통하여 얻어낸 히스토그램에서 각 값에 대하여 분석을 하고, 이를 통해 오선영역을 추출하게 된다. 수평 히스토그램의 값이 전체 가로길이의 4/5 이상이 된다면 이는 하나의 선으로 간주한다. 이를 통해 오선의 조건 중 두 번째를 만족하는지 확인하게 된다. 또한 이렇게 판단된 선이 끊어짐이 없으며 아래나 위에도 이어져있다면 이것은 해당 선의 두께로 처리하도록 한다. 오선 두께는 오선의 조건 중 세 번째 조건을 참고하면 다른 선들의 두께와 큰 차이가 없어야 되기 때문에 다른 선들의 두께와 함께 다 기록을 한 후 선들의 두께들 중에서 너무 큰 오차를 나타내는 것은 잘못된 값일 가능성이 크므로 제외하도록 한다.

그리고 오선의 조건 다섯 번째를 확인하기 위해 판단한 오선들의 간격을 확인한다. 오선을 구성하는 선들 간의 간격이 만약에 앞서 구한 선들의 두께보다 좁다면 이는 오선사이의 간격이 아니므로 이를 확인하도록 한다. 또한 이 간격들의 오차도 구하도록 한다. 오선의 첫 번째 조건 중, 일정한 간격으로 선들이 그려져 있어야 되기 때문에 각각의 선들의 간격을 측정하여 매우 큰 오차를 나타내는 것은 잘못된 값일 가능성이 크므로 제외하도록 한다.

다음으로는, 하나의 선의 정보를 수집하고 각각의 선들의 간격을 측정한다. 오선에서는 오선들 간의 구역의 간격은 오선 내의 선들 간의 간격에 비해 반드시 2배 이상 폭이 더 넓어야 되므로 선 5개를 측정하고 그 아래에 존재하는 선까지의 거리를 측정한다. 이때 거리가 두 배 이상이 되지 않는다면 이는 오선이 아니라고 판단할 수 있다. 이를 통해 오선의 조건 중 네 번째 조건을 만족하게 된다.

5. 오선 정보 추출

오선 영역 추출의 각 조건들을 다 만족을 시킨다면 현재의 프리뷰 이미지에 오선이 존재한다고 판단이 될 수 있다. 이 판단의 결과에 따라서 현재 프리뷰 이미지를 통해 캡처 여부를 결정하게 된다. 만약 오선이 존재한다고 판단을 한다면 현재 오선을 인식한 프리뷰 이미지를 캡처하는 과정으로 넘어가야 된다. 캡처된 프리뷰 이미지는 이후 악보 인식에 사용될 입력값으로 작용되게 된다.

현재 정상적으로 찍히고 있다는 점을 사용자에게 오선의 범위를 표시하여서 제대로 촬영되는 지를 확인해주도록 한다. [그림 4]는 본 논문에서 제안된 기법을 사용하여 안드로이드 어플리케이션을 제작 후, 안드로이드 스마트폰에서 자동 촬영된 이미지이다.



Fig. 4. Display the score line
그림 4. 오선을 찾은 뒤 오선영역을 표시

빨간 선을 통해 정확하게 수평으로 오선이 찍혔다는 것을 확인할 수 있다. 이렇게 촬영된 이미지는 악보 인식을 정확하게 하도록 도와주며, 인식률을 높여준다. [그림 5]는 [그림 4]를 이진화한 악보 이미지



Fig. 5. A binary image of the score
그림 5. 이진화한 악보 이미지

를 보여주고 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 기존 연구를 바탕으로 스마트 기기 환경에서 프리뷰 영상으로 악보의 기울기를 확인하여 자동 촬영하는 방식을 사용하였다. 이에 따라 기존 악보인식프로그램 보다 더 높은 악보인식률과 안정적인 연주기능을 제공할 수 있고 인식된 프리뷰영상을 통해 캡처한 악보 이미지를 오디오 파일로 변환하여 사용자에게 쉽고 간편한 재생가능 파일을 사용할 수 있다. 또한 그동안 내외부적 문제로 인한 잘못된 악보촬영문제를 근본적으로 해결해주며 스마트폰 촬영을 통한 휴대성이라는 이점에 있어 사용자의 편의성을 증진시켜주었다.

References

- [1] Wocheol Yang, Hajong Kim, Yongjin Park, Jeongho Yu, Sangul Lim, Sangjun Lee, "Implementation of Intelligent Home Robot based on Smartphones and Moving Devices", Journal of IKEEE, vol.17, no.4, pp.446-451, 2013
- [2] Seongryong Kim, Taehee Kim, Misun Kim, Boram Lee, Geunjeoung Kim, Gyeoung Kim, Sangjun Lee, "Design and Implementation of the Score Tilt-correction through a Preview Analysis in Music Recognition using Smart Devices", Proc. of KIISE Fall Conference, pp.345-346, 2013
- [3] SmartScore, <http://www.smartscore.com/>
- [4] MusicScore, <https://play.google.com/store/apps/details?id=test101.t est101>
- [5] Music Camera(樂譜カメラ), <https://itunes.apple.com/jp/app/le-pukamera/id448581781?mt=8&sign-mpt=uo%3D4>
- [6] PDFtoMusic Pro, <http://www.myriad-online.com/en/products/pdftomusicpro.htm>
- [7] Hwa-Jeong Son, Soo-Hyung Kim, Sung-Ryul Oh, "Staff-line Detection and Removal Algorithm for Mobile Phone-based Recognition of Musical Images", Journal of KCA, vol.7, no.11, pp.34-42, 2007
- [8] Traditional Korean Cradle Song, Daehyun Kim, 1946

BIOGRAPHY

Seongryong Kim (Student Member)

2014 : BS in Computer Science Engineering, Soongsil University
 <Research interests> Android Framework, Mobile System, Security

Geunjeoung Kim (Student Member)

2014 : BS in Computer Science Engineering, Soongsil University
 <Research interests> Embedded System, Android Framework

Taehee Kim(Student Member)

2014 : BS in Computer Science Engineering, Soongsil University
 <Research interests> System Software, Kernel & Optimization, Android Framework

Sangjun Lee (Member)

1996 : BS in Computer Engineering, Seoul National University.
 1998 : MS in Computer Engineering, Seoul National University.
 2004 : PhD in Electrical Engineering and Computer Science, Seoul National University.
 2005~Now : Associate Professor in School of Computer Science and Engineering, Soongsil University
 <Research interests> Databases, Information Retrieval, System Software, Mobile System, Security

MisunKim (Student Member)

2014 : BS in Computer Science Engineering, Soongsil University
 <Research interests> System Software, Android Framework

Boram Lee(Student Member)

2014 : BS in Computer Science Engineering, Soongsil University
 <Research interests> Android Framework, Database