
부분적 템플릿 매칭을 활용한 악보인식

Music Recognition by Partial Template Matching

유재명, 김기홍, 이귀상
전남대학교 전산학과

Jae-Myeong Yoo(wesleyok@hotmail.com), Gi-Hong Kim(calri99@naver.com)
Guee-Sang Lee(gslee@jnu.ac.kr)

요약

악보인식기술에는 형상 매칭 방법, 통계적인 방법, 신경망을 이용한 방법, 구조적 방법 등이 있다. 본 논문에서는 핸드폰의 디지털 카메라로 얻은 저해상도 이미지를 인식하는 기술에 대해 접근한다. 이러한 저해상도 이미지에 많은 왜곡이 포함되어 있어 기존 기술을 활용할 때 많은 문제점들을 나타낸다. 문제점은 입력영상이 저해상도이며 조명 등의 촬영 상태가 좋지 않는 점이며, 인식 이전 단계 과정에서 음표 부분에 손실과 약간의 변형이 생긴다는 것이다. 이들 인식 방법들의 일반적인 흐름은 먼저, 디지털 이미지를 확보하기 위해 카메라 기능을 이용하여 획득한다. 그런 후에 이진화, 오선 제거, 객체영역 분리가 이루어진 후 인식과정을 통해 악보 인식이 이루어진다. 본 연구에서는 특히 핸드폰이라는 제한적인 상황에서 탑재된 카메라를 통해 획득된 이미지를 대상으로 이러한 문제점을 극복하기 위한 인식 기술을 연구하였다. 먼저, 음표를 머리, 대, 꼬리 부분으로 분리하였다. 그리고 음표의 머리 부분에 템플릿을 적용하였고, 나머지 부분에는 패턴을 적용하여 단일 음표로 이루어진 악보에 대해서 100% 가까운 인식률을 얻을 수 있었다.

■ 중심어 : | 템플릿 | 형상매칭패턴 | 필터 | 마스크 |

Abstract

For music score recognition, several approaches have been proposed including shape matching, statistical methods, neural network based methods and structural methods. In this paper, we deal with recognition for low resolution images which are captured by the digital camera of a mobile phone. Considerable distortions are included in these low resolution images, so when existing technology is used, many problems appear. First, captured images are not stable in the sense that they contain lots of distortions or non-uniform illumination changes. Therefore, notes or symbols in the music score are damaged and recognition process gets difficult. This paper presents recognition technology to overcome these problems. First, musical note to head, stick, tail part are separated. Then template matching on head part of musical note, and remainder part is applied. Experimental results show nearly 100% recognition rate for music scores with single musical notes.

■ keyword : | Template | Shape Matching | Pattern | Filter | Mask |

I. 서론

최근 아날로그에서 디지털로의 기술전환은 인간 생활의 패러다임을 급격하게 변화시켰다. 특별히 모바일 폰의 변화는 장소나 시간에 대한 개념을 바꾸게 되었고, 산업사회를 정보화 사회로 변화시키는 중요한 매체가 되었다. 모바일폰은 이제 생활의 일부가 되었고, 이 장비에 많은 중요한 기술을 탑재하여 활용하기 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 기술 동향 중에 모바일 폰에 탑재된 디지털 카메라를 이용하여 악보를 인식하는 기술이 있다. 본 연구는 핸드폰의 디지털카메라를 이용하여 악보 이미지를 획득하고 인식한 후에 연주를 듣는 기술을 다루고 있다.

악보인식 기술은 전 세계적으로 개발 상태가 미약하다. 미국의 경우는 MIT의 미디어랩에서 연구 중이고, 국내에는 관련 기술이 어뮤즈텍 등 몇몇 업체에서 악보 인식 기초기술을 기반으로 전자 악보 인식으로 접근하고 있다.

악보를 인식하기 위해서는 다음과 같은 과정이 필요하다.

- 1단계 : 이미지 획득
- 2단계 : 이진화 단계
- 3단계 : 오선 분리 및 제거(음표 영역 확보)
- 4단계 : 인식
- 5단계 : 악보 연주

위의 과정에서 처음 핸드폰을 이용하여 획득하는 과정에서 왜곡이 존재하게 된다.



그림 1. 휴대폰(SPH-B3200)의 촬영을 통해 획득한 악보 이미지

이러한 악보를 인식하기 위해 템플릿 매칭을 이용하

는 일반적인 접근 기법은 다음과 같다. 먼저, 악보에 대한 템플릿을 얻기 위해 PC기반 악보 생성 프로그램을 이용하여 음표 및 악상 기호의 평균 영상을 각 기호의 템플릿으로 지정한다.

다음 단계는 휴대폰 카메라를 통해 인식할 악보를 획득하고 템플릿을 적용하여 해당 음표 및 기호들을 인식하게 된다. 그런데 이 과정에서 휴대폰 카메라를 통해 얻은 영상에는 많은 잡영과 왜곡 등이 포함되어 있어서 일반적인 템플릿 적용으로는 좋은 성능을 얻기 힘들다. 위의 [그림 1]에서 보는 바와 같이 기울기가 일정하지 않고, 또 이러한 이미지를 이진화하고 오선을 제거하는 과정에서 음표 및 기호 부분에 변형이 가해지고 에러가 삽입되기 때문이다.

그래서 본 논문에서는 이러한 이미지에 포함된 에러와 변형으로부터 강인한 인식기술을 개발하는 것에 목표를 두었다. 그리고 인식기술을 개발하기 위해 먼저, 음표의 특성을 연구하였고 음표는 크게 머리, 대, 꼬리 부분으로 이루어져 있다는 중요한 특징을 발견하였다. 그래서 이러한 특징을 이용하여 머리 부분은 템플릿 매칭을, 꼬리부분에는 패턴 매칭을 적용하였고, 실험한 결과 만족할만한 좋은 성능을 확보하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 현재까지 빈번하게 사용되는 악보 인식 기술을 살펴보고 III장에서는 본 논문에서 제안된 기법을 기술한다. 그리고 IV장에서는 실험한 결과를 제시하고, 마지막으로 V장에서는 결론을 맺는다.

II. 기존 연구

1. 선 추적과 템플릿 매칭을 이용한 악보 인식 기술

일반적인 접근 방법은 크게 전처리단계, 오선 추출 및 제거 단계, 기호 인식 단계, 재생 단계로 접근하며 일반적인 시스템 구성도는 아래의 그림 2와 같은 형태를 취하고 있다[1].

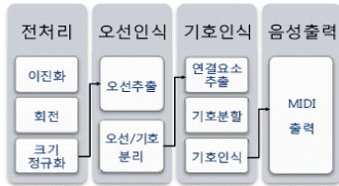


그림 2. 시스템 구성도

이 논문에서는 음표를 다음과 같은 계층구조로 나누고 템플릿 매칭을 적용하였다.

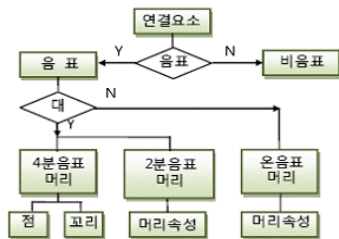


그림 3. 음표의 계층구조

이 논문은 기호의 크기순으로 분리하였고, 음표, 쉼표, 조표 등으로 인식되는 부분을 제외하고는 악보상 잡영으로 제거하였다. 이 논문에서는 크기에 의한 분류로 인해 왜곡이 발생할 경우 인식률이 떨어짐을 지적하였다. 인식률은 왜곡이 없는 경우 97.8%와 그렇지 않는 경우 89.7%로 실험결과를 보여주었다.

이러한 템플릿 매칭은 차량 번호판 인식[2], 문자인식[3], 지문인식, 얼굴인식 등에 활용된다.

2. 신경망을 이용한 방법

인공 신경망(ANN: Artificial Neural Networks)을 이용한 방법으로 인간의 신경망 조직을 모형으로 하여 많은 수의 단순한 프로세스들을 연결하여 패턴을 인식하는 기술이다. 신경회로망을 이용한 시스템은 학습과 기억을 통하여 문자를 인식하는 동적인 시스템이다. 이러한 동적 특성으로 인해 훈련되지 않은 다른 패턴에도 쉽게 적용할 수 있는 가능성이 있다. 신경회로망 시스템은 간단한 학습을 통해 시스템 매개변수 조정이 가능하므로 다른 방식에 비해 개발 기간을 단축할 수 있다. 반면 패턴의 크기가 큰 경우 학습에 걸리는 시간이 길

어지고 인식 후보 대상의 수가 많은 경우에는 성능이 저하되는 단점을 가지고 있다. 일반적으로 신경망을 이용하는 악보인식에서의 적용 단계는 이진화 단계를 거치고, 오선 제거한 후 분리된 음표에 대한 형태소 분석을 수행한다. 여기서 오선 높이를 기준으로 음표와 비음표를 분류하고 비음표 부분은 19가지 형태의 기호로 분류한다. 또한 음표의 대, 머리, 꼬리의 추출에 의해 음표를 인식하며 신경망에서는 기호 분류 신경망을 이용하여 음표를 구분해내고 음표 분류 신경망을 사용하여 음표를 세부적으로 분류하게 된다. 그리고 오인식으로 인한 후처리 과정을 진행한다. 실험결과 4개의 악보에 대해 93.5%의 인식률을 나타내었다[4].

3. 구조적 특징을 이용한 인식

각 기호들을 단계별, 계층적으로 정의하고 구조적 특성을 이용하여 인식하는 방법이다[5][6]. 악보상의 기호는 일정한 표기규칙에 따라 몇가지 중심이 되는 원시요소와 이에 수반되는 요소 등으로 구성된다. 따라서 중심이 되는 요소를 검출하면, 그 밖의 요소는 주변이나 특정장소를 살펴보는 것에 의해 분류된다.

III. 제안된 기법

1. 시스템 흐름도

본 논문의 악보 인식을 위한 전체적인 시스템 흐름도는 아래의 [그림 1]에서 보여주고 있다.

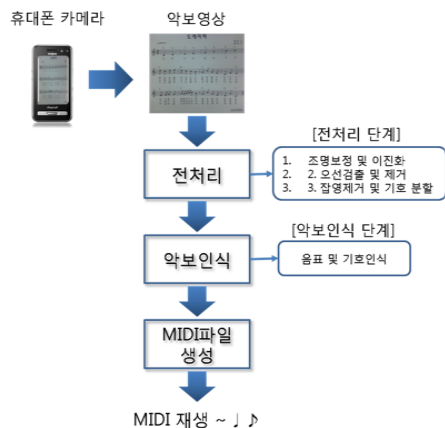


그림 4. 악보인식 시스템 흐름도

2. 분류 방법 정의

본 논문에서는 음표 및 기호에 분류방법을 [그림 5]와 같이 정의하였다. 여기서 음표 부분과 비음표 부분에 대한 분류 기준은 참조논문[4]에서 제시한 방법과 유사하나 다른 점은 단순한 크기에 의한 분류가 아니라 수직성분의 유무를 포함한 크기로 분류하고 있다.

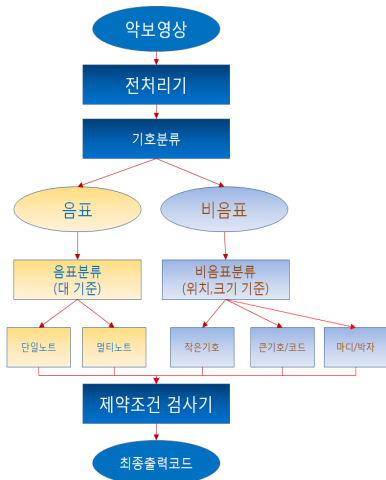


그림 5. 악보 인식 전체 분류 흐름도

그리고 예외적인 것으로 높은음자리는 오선 크기를 초과하나, 오선의 가장 첫 부분에 존재하며 수직성분이 없고 일정한 형태를 취하고 있으므로 그 특성에 의해 분류되고 그 외의 나머지 비음표 부분은 - 마디선, 쉼표, 박자표, 운음표 등 - 크기와 수직성분 유무에 의해 분류된다.

그리고 음표와 비음표의 분류 중 음표부분에 대한 분류 흐름도는 아래 [그림 6]와 같다. 음표의 기준은 수직성분(H)와 머리성분의 너비에 의해 분류되는데 그 근거는 음표는 오선의 높이와 같거나 크며 반드시 머리를 가지고 있다는 것이다. 머리는 오선의 높이(H)의 H/4 정도의 영역을 차지하므로 음표의 최소 너비는 H/4보다 크며 수직성분을 가지고 있어야 한다. 수직성분은 오선 높이(H)의 85%이상일 경우로 하였다. 그 이유는 전단계의 오선 제거 부분 및 이진화 단계에서 오류가 포함되거나 왜곡이 발생하므로 그 비율을 포함하여 통계적인 방법으로 유도한 비율이다.

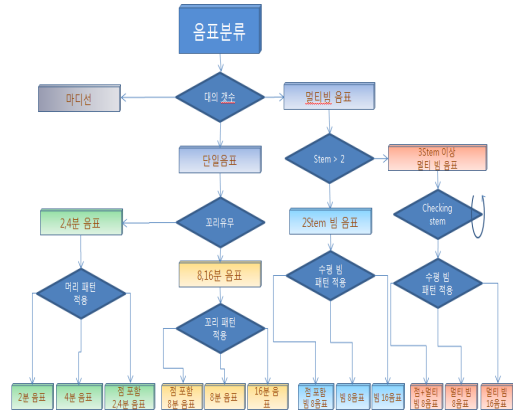


그림 6. 음표 분류 흐름도

그리고 이 분류 흐름에서 Top 헤더와 Bottom 헤더를 분류하였는데 그 기준은 수직성분의 위치를 기준으로 판단하였다. 이 분류표는 크게 머리부분, 꼬리부분, 빔(Beam) 부분, 점인식 부분 포함해서 4단계 분류방법을 보여주고 있다.

1) 음표 머리 인식

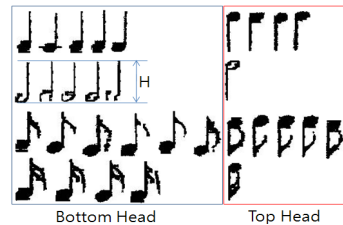


그림 7. 머리 위치 형태

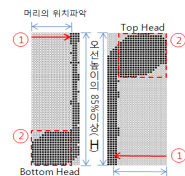


그림 8. 머리 위치 추적 방법

[그림 7][그림 8]은 단일음표에 대해서 나타내었는데 멀티빔 음표에 대해서도 동일하게 머리의 위치를 분류하였다. 위의 과정을 통해 음표와 비음표가 분류되고 음표에 대해서는 머리의 위치가 결정된다. 이렇게 결정

된 음표에 대해서 템플릿 매칭을 적용하게 된다. 템플릿 매칭 적용 방법은 아래의 식 (1)에 의해 평가된다.

$$MAE = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M [T(x_i, y_j) - I(x_i, y_j)] \quad (1)$$

MAE : Mean Absolute Error

여기서, I는 해당 음표의 x, y 위치에 있는 픽셀값을 의미하고, T는 동일한 위치의 픽셀값을 의미한다. 그리고 M, N은 이제 적용할 음표의 가로, 세로의 크기를 나타내고 있다.

[그림 9]은 템플릿으로 원래 7x7 크기를 가지고 있으며 수직성분의 H/4 크기로 bilinear interpolation 기법에 의해 확장된다. 이 템플릿은 크게 3가지 형태로 나타나는데 중앙의 검은색은 헤더의 객체를 의미하고 가운데는 2분음표 영역을 의미하고 외곽부분의 하얀색은 검사영역에서 제외된다.

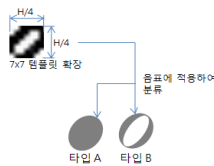


그림 9. 템플릿 생성 및 분류

이렇게 생성된 템플릿은 획득된 음표의 헤더부분과 계산을 통해 2분음표와 4분음표로 분류하는 기준이 된다. 실제 악보에서 접근하는 방법을 [그림 10]에서 보여주고 있다.

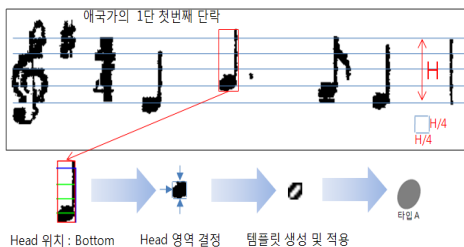


그림 10. 음표 머리에 템플릿 적용과정

2) 꼬리 부분 인식

머리 부분이 정해지고 타입이 결정된 후에는 꼬리 부분을 체크하게 된다. [그림 11]은 머리부분이 결정된 후에 꼬리 부분을 추출하는 형태를 보여주고 있다.

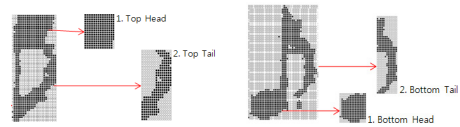
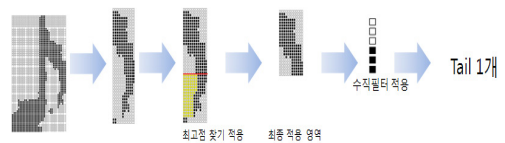


그림 11. 꼬리부분 추출

[그림 12]는 수평, 수직 필터를 적용하는 과정을 보여준다. 여기서 적용 전에 반드시 고려해야 할 것 있다. Bottom Head의 경우는 수직 필터를 이용하는데 그 이유는 꼬리가 이진화 과정에서 변형과 오션 제거할 때 많은 변형이 주어진다라는 것이다. 그리고 꼬리의 형태가 매우 다양하다. 그래서 수직 필터를 적용하기 전에 꼬리의 휨 정도를 파악하는 과정이 필요하다. 꼬리가 단순히 호치럼 휨 경우가 있고 그렇지 않고 반타원형으로 휨 경우가 있다. 이러한 경우 수직 필터를 적용할 때 오류가 발생하게 된다. 그래서 채우기 연산기법을 이용하여 꼬리의 최고점을 찾아 그 중심을 나누게 된다. 이렇게 생성된 꼬리에 수직 필터를 적용하면 꼬리의 타입을 정확히 구분할 수 있다. 그리고 수평필터는 꼬리의 전체 영역의 스캔이 가능하므로 채우기 기능을 쓰지 않아도 꼬리 패턴을 구분하는데 문제가 없다.



가) Top Head의 경우 : 수평필터



나) Bottom Head의 경우 : 수직 필터

그림 12. 꼬리 패턴 추출 과정

3) Beam 인식

단일 빔 음표와 멀티 빔 음표를 분류하는 방법은 수직성분(H)이 하나 이상일 때 구성된다. 여기서 첫 번째 수직성분의 위치는 이 빔이 Top Head인지 Bottom Head인지를 결정하는 중요한 정보가 된다. 단일 빔의 경우는 수직 성분의 위치에 의해 머리의 위치를 쉽게 구할 수 있다.

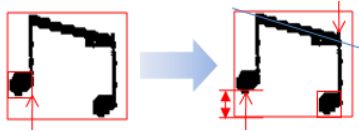


그림 13. 단일 빔 음표의 머리 영역 검출 방법

[그림 13]를 보면 먼저 수직 성분을 통해 Bottom Head 입을 알게 되고, 다음에 수직 성분의 높이 영역 위치 추적을 통해 첫 번째 머리 영역을 검출하게 되고 나머지 머리 영역은 이미 알려진 정보를 통해 두 번째 머리 영역을 검출하게 된다. 그리고 마지막으로 꼬리 패턴은 수직필터를 통해 검출하게 된다. 멀티빔 음표의 경우에는 검출시 [그림 14]과 같은 문제점이 발생하게 된다.

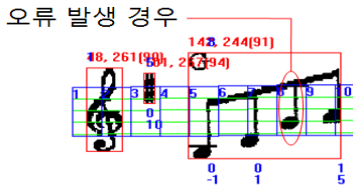


그림 14. 멀티 빔 음표 인식시 오류

이러한 문제는 멀티 빔 음표 안에서 수직성분을 찾지 못하면서 발생하는 오류이다. 이러한 경우는 악보에서 많이 존재한다. 특히 멀티 빔의 경우는 빔에 다양한 음을 표현해야 하는 경우에 수직 3성분의 조건을 만족시키지 못하고 발생하게 된다. 그래서 이러한 문제를 해결하기 위해 빔의 기울기를 식 (2)와 같이 추적하게 되고 [그림 15]와 같이 2단계 접근을 통해 수직 성분을 재추적하고 보정하게 된다.

$$y = ax + b$$

$$a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (2)$$

$$b = -ax_1 + y_1$$

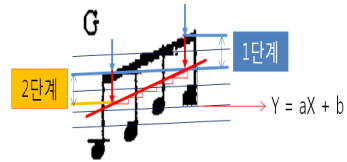
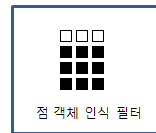


그림 15. 멀티 빔의 기울기 추정 과정

1단계는 멀티 빔 음표 영역의 머리 크기를 기준으로 Bottom Head의 경우 왼쪽은 1.5배, 오른쪽은 머리 크기의 절반위치에서 객체를 추적하여 발생 영역을 감지한다. 그리고 1단계에서 얻은 기울기($y_2 - y_1$) 만큼 높은 쪽에서 이동한 지점을 기준으로 동일한 기울기의 직선을 긋는다. 이 생성된 직선을 기준으로 2단계에서는 계단식으로 수직 성분을 추적하게 되고, 기존에 감지된 수직성분 영역은 통과하고 새롭게 추가된 수직 성분을 조사하여 머리 부분을 감지한다. 음표 부분의 마지막 감지 영역은 점 성분이다. 기존의 분류방법들은 비음표 부분으로 점 영역을 분류하는데 본 논문에서 제안한 분류체계에서는 점 성분이 음표 분류 영역에 포함되어 있다.

점 검출을 위한 과정은 다음과 같다.

- 1단계: Head, Tail, Beam 인식 후 점 검출 수행
- 2단계: 검색된 Head에 의해 Dot의 유효 영역 결정
- 3단계: 현재 음표와 다른 객체이면서 3x4 필터를 만족시키는 것을 점 객체로 인식



점인식 위한 조건식(Pseudo Code)
 if (Dobj > 7) then Dobj is Dot

VI. 실험 결과

본 논문에서 사용한 이미지는 SAMSUNG Mobile

Phone(B3200)에서 획득된 이미지를 사용하였다. 이 논문은 일반적인 디지털 카메라와 같이 필터 기능, 높은 해상도, 오토 포커싱이 지원되지 않는 핸드폰의 카메라 기능에 국한하였다. 이유는 핸드폰에서 바로 악보 이미지를 획득하고 약 15초 내의 실시간 재생을 목표로 했기 때문이다. 여기서 사용된 핸드폰의 촬영한 이미지이며 해상도는 1600x1200이다. 그리고, 본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능을 증명하기 위해 비교 논문[5]에서 제시한 특정 이미지에 대해 비교 실험한 결과를 표 1에서 보여주고 있다. 참고한[5] 논문도 역시 동일한 악보를 이용하였고, 이진화 단계, 오선 제거, Blob 형성 단계가 동일하며 인식단계에서 알고리즘 적용 부분을 달리하여 테스트한 결과이다. 기존연구에는 후처리 부분이 포함된 인식 결과로 인식기의 인식률보다 높게 나타나 있다. 실험은 단일 음표 부분을 중심으로 이루어진 동요 수준의 악보에 대해서만 실험하였다. 동요수준은 단일음표 단일 빔음표 정도로 이루어져 있다.

표 1. 기존연구와 제안기법과의 인식결과

동요	알고리즘	심볼수	기존방식	제안방식
애국가		82	100	100
개구리		103	100	100
도레미파		75	98.7	100
작은별		92	97.8	100
고기잡이		88	98.9	100
고드름		69	97.1	100
개구리유치원		75	96	100
82가을밤		107	97.2	100
꽃밭에서		170	97.1	100

기존연구에서 발생한 오류 영역을 정리하면 아래의 [그림 16]에 나타내었다.

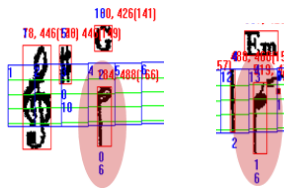


그림 16. 가을밤 악보에서 발생한 인식 오류

[그림 16]에서 나타난 오류는 오선을 제거할 때 발생한 오류로부터 기인한 것이다. 첫 번째 오류는 2분음표 영역에서 오선제거가 되지 않았다. 이러한 음표를 참고 문헌[5]의 구조적 접근에서 연결성 체크를 통해 인식하는데 4분음표로 오인식 하였다. 두 번째 오류는 심볼과 심볼을 연결하는 연결선이 제거될 때 깨끗하게 제거되지 않고 남은 부분이 4분음표를 2분음표로 오인식한 결과를 보여주고 있다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 다음과 같이 접근한다. 먼저, 수직성분(대)를 기준으로 머리가 TOP인지 BOTTOM인지를 결정하고 그 다음에는 유효한 머리영역을 검출한 뒤에 템플릿 매칭을 통해 에리가 가장 적은 부분을 인식하게 된다. 그리고 꼬리 부분 체크하여 없으면 4분음표 또는 2분음표로 인식하게 된다.



그림 17. 제안한 알고리즘에 의한 머리 인식 과정(2분음표)

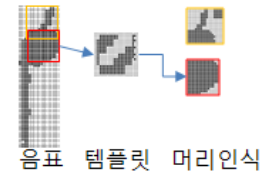


그림 18. 제안한 알고리즘에 의한 머리 추적 및 인식 과정 (4분음표)

V. 결론 및 향후 연구 방향

악보의 형태는 매우 다양하며 그것을 규정하기가 매우 어렵다. 본 논문에서는 이러한 매우 복잡한 악보의 형태를 관찰하여 음표와 비음표 부분으로 개선된 분류 체계를 세웠다. 또한 음표 부분에 대해서는 수직성분을 기준으로 하여 머리 형태가 Top인지 Bottom인지를 결정하고 이렇게 해서 머리, 대, 꼬리 부분을 분리하고 부분적 템플릿 매칭과 패턴 매칭을 통한 인식기를 정의하

였다. 그리고, 추가적으로 기존의 분류체계에서는 점인식을 기호로 분류한 반면 제안한 논문에서는 음표 인식 부분에 추가함으로써 후처리의 난점을 보완하였다. 그리고 제안한 접근 방법에 의해 실험한 결과 단일 음표로 구성된 동요에 대해서는 거의 정밀한 인식 효과를 얻을 수 있었다.

본 논문은 모바일 환경에서의 인식기의 성능에 초점을 두었다. 신경망은 매우 많은 계산량이 필요하며 또한 저해상도의 영상에서의 발생한 오류를 해결하는데 어려움을 가지고 있다. 본 논문은 음표의 분류 체계를 개선함으로써 매우 좋은 성능을 나타내었고 분류 체계에 의한 부분적 템플릿 적용과 패턴 매칭을 이용함으로써 계산량을 줄였다. 이러한 분류 기준은 관련연구에서 참고할 개선된 모델이 될 것으로 기대한다.

향후 연구에서는 비음표 부분에 대한 분류체계를 정의할 것이며, 추가적으로 멀티 헤더에 대한 부분도 보완하고자 한다.

참 고 문 헌

[1] 이이삭, 최나영, 김인중, “신 추적과 템플릿 매칭을 이용한 악보 인식 시스템”, 2007 한국컴퓨터종합학술대회 논문집, 제34권, 제1호, pp.417-421, 2007.

[2] 진진석, “동적 후보 영역과 이중 템플릿 매칭을 이용한 차량 번호판 추출 및 인식”, 한밭대 정보통신전문대학원 석사논문, 2004.

[3] 오영준 외 2명, “템플릿 매칭에 기반한 한글 지문자 인식”, 신호처리 합동학술대회 논문집, 제20권, 제1호, 2007.

[4] 이성기, 신채욱, “신경망을 이용한 악보인식”, 한국정보과학회 논문지 제21권, 제7호, 1994.

[5] 박건희 외 5인, “휴대폰 카메라로 촬영한 악보 영상 인식을 위한 의사트리 알고리즘”, 한국콘텐츠학회논문지, 제8권, 제6호, 2008.

[6] 조형제, 조경은, “골격선과 런 길이 정보를 이용한 피아노 악보 인식”, 정보과학회 논문지(C) 제2권

제4호, 1996(12).

[7] M. Hidetoshi, Yasuaki Nakano, “Head and Stem Extraction from Printed Music Scores Using a Neural Network Approach,” IEEE, 1995.

[8] T. Fubito, “Symbol Recognition of Printed Piano Scores with Touching Symbols,” Pattern Recognition, ICPR 18th International Conference, pp.480-483, 2006.

[9] F. Bernhard, “Orientation template matching for Face Localization in Complex Visual Scenes,” Image Processing . International Conference, Vol.2. pp.251-254, 2000.

[10] K. Kuno, “Music Recognition Using Note Transition Context,” Acoustics, Speech and Signal Processing, IEEE International Conference, Vol.2, pp.3593-3598, 1998.

저 자 소 개

유재명(Jae-Myung Yoo)

정회원



- 1992년 : 전남대학교 응용화학공학부(학사)
- 2003년 : 전남대학교 전산학과(석사)
- 2006년 ~ 현재 : 전남대학교 전산학과(박사과정)

<관심분야> : 멀티미디어 통신, 노이즈 처리 및 복원

김기홍(Gi-Hong Kim)

정회원



- 2006년 2월 : 목포대학교 전자공학과 학사
- 2008년 3월 ~ 현재 : 전남대학교 전산학과 석사 재학중

<관심 분야> : 영상처리, 동영상 압축

이 귀 상(Guee-Sang Lee)

정회원



- 1980년 : 서울대학교 전기공학과 (학사)
- 1982년 : 서울대학교 전기계산기 공학과(석사)
- 1991년 : Pennsylvania 주립대학교 전산학 박사

▪ 1984년 ~ 현재 : 전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수
<관심분야> : 멀티미디어 통신, 노이즈 처리 및 컴퓨터 비전, 임베디드 시스템