

# ART2를 이용한 자동 악보 인식

김백천\* · 김현우\* · 이대우\*\* · 김광백\*

Automatic Recognition of Printed Musical Sheets Using ART2

Baek Cheon Kim\* · Hyeon Woo Kim\* · Dae Woo Lee\*\* · Kwang Baek Kim\*

\*신라대학교 컴퓨터공학과

\*Department of computer, Silla University

\*\*부산대학교 의학전문대학원 의과학과

\*\*Medical Graduate School, Busan University

E-mail : kbc3205@naver.com, w7\_wish@naver.com, eodn753@naver.com, gbkim@silla.ac.kr

## 요 약

본 논문에서는 스캔된 악보 영상을 ART2 알고리즘을 이용하여 음자리표를 인식하고 자동으로 연주하는 방법을 제안한다. 제안된 자동 악보 인식 방법은 스캔된 영상에서 이진 영상으로 변환하기 위해서 평균 이진화 기법을 적용한다. 평균 이진화 기법이 적용된 영상에서 수평 히스토그램을 이용하여 악보 영상의 오선을 제거한다. 제거된 악보 영상에서 8방향 윤곽선 추적 알고리즘을 이용하여 음표를 탐색하여 추출하고 추출된 음표를 ART2 알고리즘에 적용하여 쉼표와 음표를 분류한다. 분류된 음표를 이용하여 악보를 인식하고 인식된 악보를 이용하여 연주한다.

실제 악보를 스캐너로 획득한 악보 영상을 대상으로 실험한 결과, 단순한 악보 영상에서 효과적으로 악보가 인식되고 연주할 수 있는 것을 확인하였다.

## 키워드

악보 영상, ART2 알고리즘, 음자리표, 8방향 윤곽선 추적 알고리즘

## 1. 서 론

최근 컴퓨터 기술이 발달하면서 악보 영상을 자동으로 인식하기 위하여 다양한 영상 처리 기법과 인공지능 알고리즘을 적용한 악보 인식 시스템 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다 [1]. 기존의 악보 제작 소프트웨어들은 다른 소프트웨어들로 작성된 악보들은 인식과 편집을 할 수 없다는 단점이 있다[2]. 기존에는 수리형태학을 이용한 인쇄 악보 인식 방법과 신경망을 이용한 악보 인식 방법 등이 제안되었으나 기존 연구 방법들은 인쇄 악보의 인식 성능을 개선하였으나, 같은 박자와 위치의 기호라도 다양하게 표현되는 악보 구성 기호를 배제한 채 인식하는 문제점이 있다[3,4,5]. 따라서 본 논문에서는 신경망의 자율 학습 방법인 ART2를 적용하여 효과적으로 악보를 인식하여 연주할 수 있는 방법을 제안한다. 제안된 악보 인식의 처리 과정은 그림 1과 같다.



그림 1. 악보 처리 및 인식 과정

## II. 악보 전처리 및 오선 제거

본 논문에서는 악보 영상을 이진화 하기 위해 서 평균 이진화 기법을 적용한다. 평균 이진화 기법의 임계치는 식(1)과 같이 계산한다.

$$T = \left( \sum_{i=0}^W \sum_{j=0}^H p_{ij} \right) \times \frac{1}{W \times H} \quad (1)$$

식(1)에서 T는 임계값이고 W와 H는 각각 영상의 가로와 세로를 의미한다.  $P_{ij}$ 는 픽셀의 컬러 값이다. 임계값을 기준으로 픽셀이 임계값 보다 크면 흰색으로 임계값보다 적으면 검은색으로 이진화한다. 그림 2(a)는 악보 영상이며 그림 2(b)는 평균 이진화 기법이 적용된 악보 영상이다.

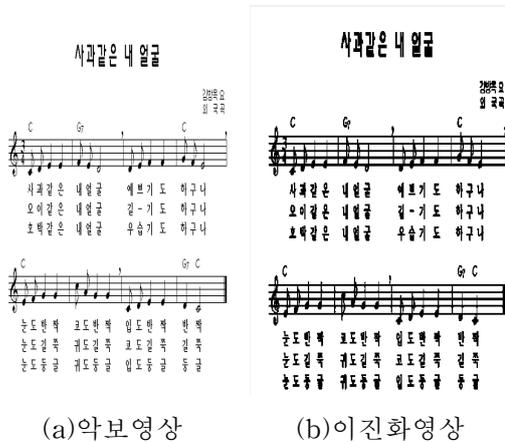


그림 2. 이진화 결과

오선은 5개의 일정한 간격으로 그은 선으로서 그 위에 음표들이 존재한다. 음표만을 분류하기 위해서 악보에서 오선을 제거한다. 오선을 제거하기 위해서 수평 히스토그램을 적용한 후, 수평으로 검은 픽셀들의 빈도수를 계산한다. 그러나 오선이 아닌 음표들도 검은 색의 빈도수 계산에 반영되는 문제점이 발생한다. 본 논문에서는 오선과 음표를 분리하기 위해서 수평 히스토그램에서 검은색 픽셀의 빈도수가 영상의 가로 길이의 3/4 보다 작은 경우에는 식 (2)를 적용하여 음표들을 제거한다.

$$H_i = \begin{cases} W \times (0.75) & \text{if } H_i \geq W \times (0.75) \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (2)$$

식(2)에서 W는 영상의 가로 길이이며  $H_i$  수평 히스토그램의 검은색의 빈도수 이다. 그림 3는 수평 히스토그램을 적용하여 오선을 제거한 결과이다.

## 사과같은 내 얼굴



그림 3. 수평 히스토그램에 의한 오선 제거 결과

## III. 8방향 윤곽선 추적 기법에 의한 음표 탐색

음표를 탐색하기 위해서 윤곽선 추적 알고리즘을 적용한다. 윤곽선 추적 기법은 이진 영상에서 객체를 탐색할 때 효율적으로 적용되고 있다. 객체의 윤곽선이 연결된 점에서 출발하여 영역을 4방향 또는 8방향 연결성을 이용하여 윤곽선을 추적하는 방법이다[6]. 본 논문에서는 8 방향 연결성을 이용한 윤곽선 추적 방법을 적용한다. 8방향 윤곽선 추적 기법은 중심점에서부터 시계 방향으로 탐색하는 기법이다. 그림 4는 8방향 윤곽선 추적기법 후보 순위를 나타낸 것이다.

7	0	1
6	D	2
5	4	3

그림 4. 8방향 외곽선 추적 후보 순위

그림 4에서 D는 중심점을 의미한다. 그림 5는 8방향 외곽선 추적 기법의 순서도이다.

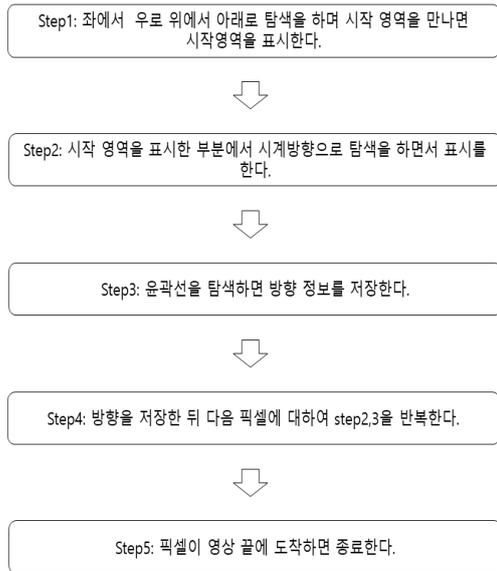


그림 5. 8방향 윤곽선 추적 기법 순서도

그림 6은 8방향 윤곽선 추적 기법을 적용하여 음표를 탐색한 결과이다.



그림 6. 음표 탐색 결과

#### IV. ART2 클러스터링 기법을 이용한 음표 분류 및 인식

본 논문에서 ART2 클러스터링 기법을 적용하여 음표를 분류한 후 인식한다. ART2 알고리즘은 입력 패턴에 대하여 목표값 없이 자율 학습을 통해 군집화 하는 클러스터링 방법이다. ART 모델은 임의의 입력 패턴에 대해 이미 학습된 패턴들을 잊지 않고 새로운 패턴들을 학습 할 수 있는 안정성과 적응성을 가지는 특성이 있다[7]. 그림 7은 음표를 분류 및 인식하기 위해 적용된 ART2 알고리즘의 처리 과정을 나타낸 것이다.

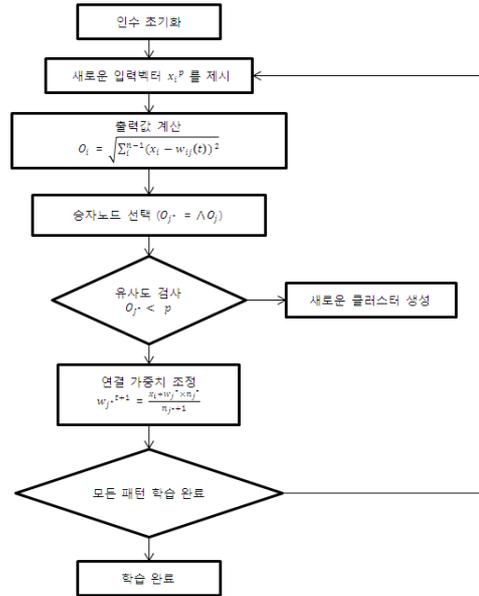


그림 7. ART2 알고리즘

본 논문에서는 탐색하여 추출한 42개의 음표를 ART2 알고리즘에 적용하여 음표들을 학습하여 음표의 특징을 분류하고 음표를 인식한다.

#### V. 실험 및 결과 분석

본 논문에서는 제안된 ART2 기법을 이용한 악보 인식과 연주 방법을 Intel(R) Core(TM) i7-7500U CPU 16.0GB RAM이 장착된 PC상에서 Visual Studio 2015 C#으로 구현하였다. 그림 8은 악보를 인식하기 위한 제안된 초기 화면이다.

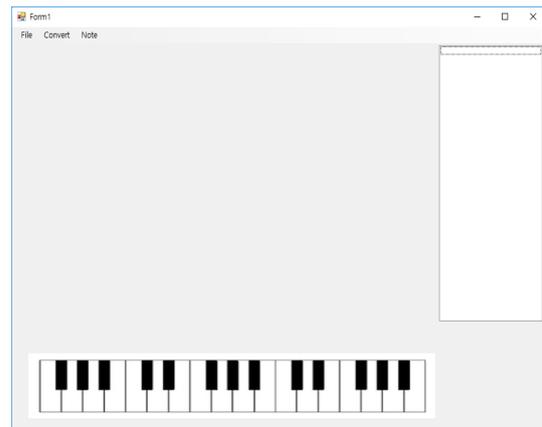


그림 8. 제안된 초기 화면

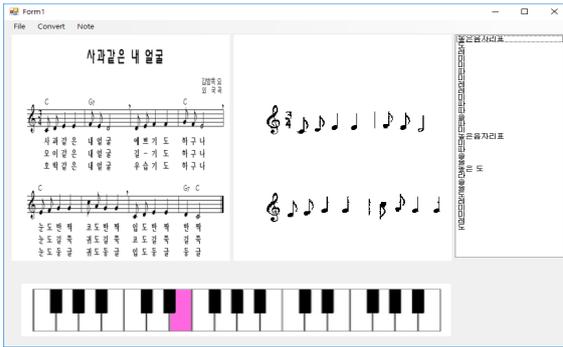


그림 9. 제안된 악보 인식 방법 결과 화면

그림 9는 제안된 악보 인식 방법을 실행한 결과 화면이다.

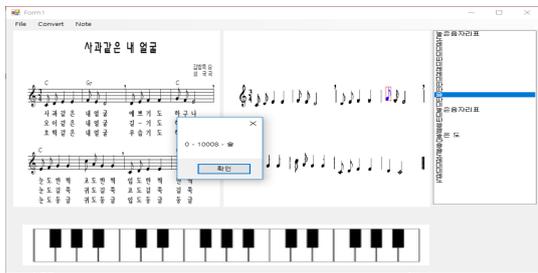


그림 10. 게이름 인식 화면

그림 10은 악보에서 음표의 위치 및 음정을 인식한 화면이다. 표 1은 악보 영상에서 제안된 방법으로 음표와 기호를 추출한 결과를 나타내었다.

표 1. 악보 영상에서 음표 및 악보 추출 결과

	성공	실패
음표 추출	28/28	0/28
기호 추출	14/14	0/14

표 1에서와 같이 28개의 음표에서 28개의 음표가 모두 인식되었다. 그리고 음표를 인식하기 위하여 경계 변수에 따른 ART2 알고리즘을 적용하여 생성된 클러스터의 수를 표 2로 나타내었다. 표 2에서와 같이 클러스터의 경계 변수를 0.1에서 0.3까지 실험한 결과, 경계 변수를 0.1으로 설정하는 것이 음표의 인식률이 높게 나타나는 것을 확인하였다. 그 이유는 경계 변수를 0.2나 0.3으로 설정할 경우에는 유사한 다른 음표의 특징들이 같은 클러스터로 분류되어 인식률이 낮게 나타났다.

표 2. ART2 알고리즘에 의한 음표 인식 결과

경계 변수	생성된 클러스터의 수	인식 개수
0.1	12	28/28
0.2	11	25/28
0.3	11	23/28

## VI. 결 론

인쇄된 악보 영상을 대상으로 영상 처리 기법들과 신경망의 자율 학습 방법인 ART2 알고리즘을 적용하여 악보를 인식한 후에 인식된 악보를 기반으로 연주할 수 있는 방법을 제안하였다.

실제 스캐너로 획득한 악보 영상을 대상으로 실험한 결과, 음표가 단순한 악보 영상에서는 효과적으로 음표가 추출 및 인식되는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 복잡한 음표에 대해서는 영상 처리 단계에서 음표가 정확히 추출되지 않는 문제점이 발생한다.

따라서 향후 연주 과제는 복잡한 음표들도 정확히 추출할 수 있도록 하기 위하여 유전자 기반 객체 분할 방법을 연구하여 복잡한 음표를 가진 악보 영상에서 악보를 인식 및 연주할 수 있도록 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] 손화정, 김수형, 오성열 "카메라 기반 악보 영상인식을 위한 오선 검출 및 삭제 알고리즘," 한국콘텐츠학회논문지, 7권, 11호, pp.34-42, 2007.
- [2] 김광백, 이원주, 우영운. "퍼지 ART 알고리즘을 이용한 인쇄 악보의 자동인식과 연주." 한국전자통신학회논문지 제6권1호 pp.84-89, 2011.
- [3] 이성기, 신재욱 "신경망을 이용한 악보인식". (구) 정보 과학회 논문지, 21권7호 pp 1358-1366.1994.
- [4] 박현준, 차의영. "Backpropagation을 이용한 악보인식." 한국정보통신학회논문지, 11권.6호 pp.1170-1175, 2007.
- [5] 유휘상, 최우영. 수리형태학을 이용한 인쇄악보인식(Printed Music Score Recognition Using Mathematical Morphology). 대한전자공학회 학술대회 논문집, 17권1호, pp.713-717, 1994.
- [6] 김육, 권우혁, 구본호, 윤경섭 "개선된 체인 코드를 이용한 물체 윤곽선 추적". 대한전기학회 학술대회 논문집, pp.411-412, 2007
- [7] 이대우, 김지연, 김광백. "ART2 알고리즘과 퍼지 추론 기법을 이용한 색채 정보 기반 심리 분석". 한국컴퓨터정보학회 학술발표 논문집, 24권1호, pp.343-345, 2016.