

A Method for Measuring the Difficulty of Music Scores

Yang-Eui Song*, Yong Kyu Lee**

Abstract

While the difficulty of the music can be classified by a variety of standard, conventional methods are classified by the subjective judgment based on the experience of many musicians or conductors. Music score is difficult to evaluate as there is no quantitative criterion to determine the degree of difficulty. In this paper, we propose a new classification method for determining the degree of difficulty of the music. In order to determine the degree of difficulty, we convert the score, which is expressed as a traditional music score, into electronic music sheet. Moreover, we calculate information about the elements needed to play sheet music by distance of notes, tempo, and quantifying the ease of interpretation. Calculating a degree of difficulty of the entire music via the numerical data, we suggest the difficulty evaluation of the score, and show the difficulty of music through experiments.

▶ Keyword : Difficulty Measurement, Classification, Computer Music, Sheet Music Analysis, Musical Score, Music Information Retrieval, e-Learning

1. Introduction

음악 연주를 위하여 다양한 음악 정보를 표현 하고 있는 악보의 선택은 아주 중요한 일이다. 악기 연주를 학습하는 학생은 자신의 수준에 맞는 악보를 선택하고 연주하기 위하여 선생님의 경험에 의한 주관적인 판단으로 추천하는 악보를 선택하는 경우가 대부분이다. 그러나 이러한 경험에 의한 악보의 추천은 새로 작성되는 많은 음악 악보들을 판단하기는 힘들뿐 아니라 주관적인 판단으로 인하여 정확한 학생의 수준에 맞는 악보를 추천하는 것은 어려운 문제다. 악보의 난이도를 정확히 파악하기 위해서는 악보의 구조를 파악해야 한다[1][2].

악보를 제공하는 많은 웹사이트들은 자체적으로 분류된 악보들을 제공하지만, 악보를 분류하는 명확한 기준이 마련되어 있지 않거나 연주자의 주관적인 해석에 의한 분류가 대부분이다. "Sheet Music Plus"는 자체적으로 SMP Level Guidelines을 통하여 악보를 대략적인 음의 위치(position), 음계(scales), 화음(chords), 리듬(Rhythms)을 기준으로 10개의 난이도로 분류하고 있다[3]. 음악 연주나 이해의 급수평가 제도를 제공하고 있는 영국 "ABRSM"

는 음계와 화음, 연주기법 등을 기준으로 8단계의 등급으로 나누고 있으며, 미국 "NYSSMA"의 경우는 음계와 옥타브, 음표, 연주속도 등을 기준으로 하여 6단계 연주 등급 기준이 있으며 이에 맞추어 악보의 난이도를 주관적으로 분류하고 있다[4][5]. 이와 같이, 악보에 대한 다른 분류의 기준으로 인하여 악보의 난이도는 서로 다를 수 있으며, 정확한 난이도를 파악을 어렵게 한다. 또한 자동화된 난이도 분류 방법이 없어 많은 악보들의 난이도 분류를 위해서는 더 많은 시간이 소요된다.

기존에는 음악에 대한 다양한 연구들은 악보자체의 난이도를 평가하는 것이 아닌, 음악의 선율, 주파수, 음악 자체의 내용과 평가 등을 이용하여 장르를 구분하거나, 음악의 분위기 등을 파악하고 분류된 음악을 추천하는 연구가 대부분이다[6-9].

최근 연구에서는 악보를 통한 음악 교습을 위하여 피아노 연주 시 고려될 수 7개의 분류 항목을 가진 악보 분석 방법이 제시하였다 [10]. 이 분석 방법에서는 악보의 분석하기 위하여 연주에 필요한 분류 항목을 도출하였으나, 각 항목을 특정 기준보다 어려운 비율에 의하여 상대적인 평가를 하고 있으며, 항목별 비교를 통하여 3개의

• First Author: Yang-Eui Song, Corresponding Author: Yong Kyu Lee

*Yang-Eui Song(redcroix@dongguk.edu), Dept. of Computer Science and Engineering, Dongguk University

**Yong Kyu Lee(yklee@dongguk.edu), Dept. of Computer Science and Engineering, Dongguk University

• Received: 2016. 01. 04, Revised: 2016. 01. 24, Accepted: 2016. 04. 18.

악보의 난이도로 분류하고 있다. 그러나 악보 간의 객관적인 난이도를 평가하거나 비교하기 위해서는 음악을 연주하기 위해 표현된 악보의 각 요소들에 대한 수치화된 값이 필요하며, 이를 통하여 통합된 난이도의 수치값을 도출해야 한다.

악보의 난이도를 위한 수치값을 제시하기 위하여 악보의 전자적 표현방법이 필요하다. MIDI의 경우 전자악기를 제어하는 정보를 가지고 있으나 악보 표기법 상의 모든 표현과 이를 통한 분석에는 맞지 않다[11]. 다른 전자악보의 표현 방법으로는 많은 음악 관련 소프트웨어에서 사용되는 XML 기반 악보 표현 언어인 MusicXML이 있다. MusicXML은 기존 악보의 다양한 음악적 표현이 가능하며 분석에 용이한 표현 방법이지만, 이 자체로는 악보의 난이도를 위한 자동적으로 레벨을 나타내는 표현은 없다[12][13]. 기존 악보를 MusicXML 등으로 표현되는 전자악보로 변환하여, 악보의 난이도를 위한 기준을 수치화하고 이를 통하여 악보의 난이도를 평가할 방법이 필요하다.

본 논문에서는 악보에 표기된 정보를 이용하여 난이도 평가를 위한 필수 요소를 정의하고, 이를 정량적으로 수치화하는 방법을 제안한다. 수치화된 값을 통하여 악보의 난이도 계산하며 수치화된 난이도를 제시한다. 마지막으로 각 악보들의 난이도 값을 이용하여 악보들의 난이도를 비교한다. 이를 위해, 2장에서는 현대 음악의 5선 보표(staff)로 작성된 악보의 필수 요소인 음표의 위치 정보와 조(key), 빠르기(tempo) 등을 수치화한다. 3장에서는 수치화된 악보의 정보를 이용하여 음표 간의 거리를 계산하고, 변화표와 빠르기말을 이용한 악보의 음악 연주 속도에 따른 악보의 난이도 계산 방법을 제시한다. 4장에서는 예시악보를 통하여 난이도를 계산하고, 각 악보에 대한 난이도를 비교하였다. 5장에서는 난이도 계산의 분석결과와 난이도 평가를 위한 개선 방향을 알아본다.

II. Quantifying The Score

기존의 연구에서는 악보의 연주시의 난이도는 연주속도, 운지법, 손의 움직임, 화음(다성), 화성, 불규칙한 리듬, 악보의 길이

등을 기준으로 분류하였다[10]. 위 분류 항목들은 독립적으로 난이도를 위하여 고려될 수 있지만, 연주의 난이도에서는 복합적으로 영향을 미친다. 손의 움직임은 한마디에 연주할 음표의 수와 연주 속도에 따라 달라지며, 화음은 연주 속도와 운지법, 손의 움직임에 따라 난이도가 달라진다.

손의 움직임은 음표 간의 거리로 나타낼 수 있다. 각 음표는 악보에서 음의 높이에 따라 표현되며, 연속된 음표 사이의 거리는 각 음의 높이 차이를 나타낸다. 피아노 악기의 경우 연속된 음표 사이의 거리가 멀수록 연주를 위한 손의 움직임 범위가 커진다. 피아노 뿐 만 아니라 기타를 포함하는 현악기 등도 마찬가지로 음표 사이의 거리가 멀수록 손의 움직이는 범위가 커진다. 이러한 손의 움직임은 음악 연주에서 악보의 난이도를 파악하기 중요한 요소로 파악된다.

본 논문에서는 악보의 난이도 측정을 위한 기준 항목을 음표 사이의 거리로 하며, 악보에 음표가 표시되는 화음을 포함한 다양한 음악 기호를 이용하여 음표 간 거리를 통해 난이도를 수치화하며, 변화표의 사용이나, 빠르기말 등을 통한 연주속도의 변화에 대하여 음표 간 거리에 비례한 난이도 증감을 계산한다. <Table 1>은 본 논문에서 악보의 난이도 분류를 위하여 고려되는 각 항목들을 나타내고 있다.

2.1 음표의 수치화

2.1.1 음표 위치값

악보 난이도의 측정을 위하여 음표 간 거리의 수치화된 위치 값을 결정해야하며, 이를 위하여 각 음표의 위치를 지정한다. 현대음악의 악보에서는 오선 보표를 기준으로 음표가 위치하며 제일 아래 줄을 1st line이며, 차례로 5th line까지 다섯줄을 정의한다. 오선 사이의 칸에 대하여 1st space으로 하며 차례로 4th space까지 지정한다. 1st line의 값을 1로 지정하고, 차례로 5개의 줄과 4개의 칸에 해당되는 높이(pitch)를 지정한다.



Fig. 1. Lines and Spaces in staff

Table 1. Elements and Meanings of difficulty in Music Score

Elements	Meanings
Distance between notes	After calculated the distance between the notes in a score, then the average distance between all the notes of the complete score. The greater the average of the distances between notes, the hand movement becomes larger. Therefore, difficulty is increased.
Chord	On one hand to play two or more notes simultaneously. Notes played simultaneously at one time (chords) is being more difficult to score.
Key signature and accidental	Use the Accidentals, it should play a semitone up or down. According to the high frequency of use, it is difficult the interpretation of the score. Therefore, difficulty of play is high.
Tempo signature	If there are many number of notes in score and play speed is slow, the difficult is easier. The speed of the movement of your finger has a lot fast, if play speed is fast. Therefore, the difficulty of the play is increased.

오른손 연주를 위한 높은음자리표(G Clef)가 있는 오선과 왼손 연주를 위한 낮은음자리표(F Clef)가 있는 오선에서 같은 위치에 있는 음이라도 음의 높이가 다르다. <Fig. 2>는 오른손 연주를 위한 높은음자리 악보의 음표 위치값을, <Fig. 3>은 왼손 연주를 위한 낮은음자리 악보의 음표 위치값을 나타낸다.



Fig. 2. Note position in G Clef Fig. 3. Note position in F Clef

<Table 2>는 이 악보의 음표 위치값과 음계와 옥타브의 관계를 보여준다.

Table 2. Position, Step and Octave value of notes in G Clef and F Clef

G Clef			F Clef		
position	step	octave	position	step	octave
1	E	4	1	G	2
2	F	4	2	A	2
3	G	4	3	B	2
4	A	4	4	C	2
5	B	4	5	D	2
6	C	5	6	E	3
7	D	5	7	F	3
8	E	5	8	G	3
9	F	5	9	A	3

<Fig. 2>와 <Fig. 3>에서 높이는 1부터 9까지의 값만 표현되었으나 <Fig. 4>와 같이 덧줄(Ledger Line)을 그리면 0 이하의 값 또는 9이상의 값으로 확장할 수 있다.

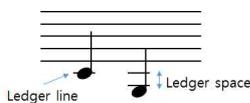


Fig. 4. Ledger and Ledger space in staff

2.1.2 화음의 위치값

화음(chord)은 두 개 이상의 음표가 겹쳐져 동시에 연주하는 것으로 피아노를 기준으로 한손으로 연주할 수 있는 최대 음표 개수는 5개이다. 한 번에 연주되는 음이 많을수록 연주하기 어려운 악보라고 볼 수 있다. 화음은 손가락의 손끝과 손끝 사이의 중간에 있는 손의 중심이 화음의 위치값을 대표하기 때문에 겹쳐진 음표의 가장 낮은 음표의 위치값과 가장 높은 음표의 위치값의 평균을 화음의 위치값으로 한다. 화음의 빈도수에 비례하여 난이도 가중치를 증가시킬 수 있다.

2.1.3 임시표가 적용된 음표 위치값

변화표(Accidentals)는 악보의 조성의 변화를 위해 조표로 사용하거나 임시표로 사용하여 특정 음표에 사용하여 임시적인 음의 높이를 변화시켜 준다.

임시표(accidental)는 올림표(#, sharp), 내림표(b, flat), 제자리표(♮, Natural) 등이 있으며, 음표의 머리 좌측에 붙이며 효력은 한 마디이다. 올림표는 반음을 올려 연주하며 내림표는 반음을 내려 연주한다. 만약 임시표에 의한 음이 반음이 아닌 경우 해당 온음을 연주한다. 제자리표는 조표나 임시표의 효력을 없애고 원음으로 연주한다.

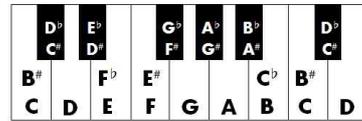


Fig. 5. Accidentals and keyboard position(C major)

<Fig. 5>는 으뜸음이 ‘다’인 다장조 기준 연주 건반이다. 올림표가 있는 음표는 위치값에 반음 올린 0.5를 더하고, 내림표가 있는 경우, 반음 내린 0.5를 뺀 값이 음표 위치값이다. 만약, B나 E의 음계에 올림표가 붙었을 경우에는 온음 올림에 해당하여 1을 더한 값으로 지정하며, 마찬가지로 C나 F의 음계에 내림표가 있으면 온음 내린 -1값을 더한다.

2.1.4 조표가 적용된 음표 위치값

조표(Key Signature)는 높은음자리표 또는 낮은음자리표의 옆에 사용하는 변화표로 악보의 조성(key)의 변화를 주며, 악보의 음계 구성을 미리 알려줄 때 사용한다. 조표의 효력 범위는 악보 전체이다. 조표는 올림표와 내림표를 사용할 수 있다. <Fig. 6>는 올림표를 조표로 사용한 악보로서 사용 순서에 맞추어 최대 7개까지 사용할 수 있다.



Fig. 6. Key signatures with sharp in score

<Fig. 7>은 내림표가 조표로 사용된 악보의 예이다.



Fig. 7. Key signatures with flat in score

악보에 조표가 적용되면 악보 전체에 조표가 사용된 위치에 대한 음표 위치값이 달라진다. 조표에 영향을 받는 음표는 임시표와 동일하게 음표 위치값을 가감한다.

2.2 음표 간 거리

음표 간 거리는 악보에서 각 음표 위치값과 그 다음 음표 위치값의 차이를 계산한다. i 번째 음표 위치값인 D_i 와 $i+1$ 번째 음표 위치값인 D_{i+1} 의 차이로 두 음표 간 거리값을 계산할 수 있다. 악보 안에 존재하는 음표의 총 개수가 n 이며, $n > 2$ 일 때, 악보에서 각 음표 간 거리값들의 합 G_n 은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$G_n = \sum_{i=1}^{n-1} |D_i - D_{i+1}| \dots\dots\dots (1)$$

각 음표 간 거리를 이용하여 전체 악보에서의 사용 중인 모든 음에 대하여 각 음표 간 위치값의 평균을 구할 수 있다. 식 (2)에서는 악보 전체의 G_n 의 합을 이용하여 음표 간 거리의 평균 P_n 이다.

$$P_n = \frac{G_n}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} |D_i - D_{i+1}|}{n-1} \dots\dots\dots (2)$$

2.3 변화표의 가중치

2.3.1 변화표에 따른 연주 난이도

악보 연주 시, 조표의 개수에 따라 전체 악보의 음을 해당 조표에 따라 반음 조절을 하여 연주해야 하며, 임시표의 사용에 따라 해당 마디의 음표도 음을 조절하여 연주해야 한다. 조표와 임시표가 많을수록 연주자는 악보의 음표의 변화를 파악하기 힘들고 음표의 높낮이에 대한 연주가 어렵게 느낀다.

조표는 올림표 또는 내림표 등의 동일한 변화표를 최대 7개를 사용할 수 있다. <Table 3>은 장음계를 기준으로 올림표를 사용 시 연주되는 피아노 건반의 위치를 예로 보여준다. 조표의 사용이 많을수록 올림음이 증가함을 알 수 있다. 내림표를 조표로 사용할 때도 동일하게 피아노 건반의 위치를 적용할 수 있다.

2.3.2 변화표 사용에 따른 가중치

변화표는 조표와 임시표의 사용을 모두 고려한다. 피아노의 경우, 변화표는 검은 건반을 이용한 연주로 악보의 높은 이해도를 요구하며, 손가락의 움직임에 대한 난이도의 증가한다.

변화표 사용은 실제 악보의 음표 변화를 나타내며, 연주하기 어려운 음표이기 때문에 전체 음표의 개수에 비례하여 조표에 적용되는 음표의 개수를 구할 수 있다. 식 (3)에서 악보에서 사용된 변화표 횟수 C_n 는 악보에서 총 n 개의 음표가 있을 때 연주 시 조표와 임시표가 영향 받는 음표 개수의 합이다. 변화표가 중복 적용된 음표는 한번만 표시하고 음표에는 최종 한번만 적용된 것으로 한다. 악보 안에 음표가 n 개이며, 조표가 적용된 음표(note)의 총 개수 K_n 는 $[0, n]$ 의 범위를 가지며,

악보 안에 임시표가 사용된 음표의 총 개수 A_n 는 $[0, n]$ 의 범위를 가진다.

$$C_n = K_n + A_n \dots\dots\dots (3)$$

식 (4)에서는 악보 전체의 음표의 합을 이용하여 변화표가 사용된 음표들의 비율인 변화표 가중치 W_n 을 구한다. 악보에서 음표가 하나 이상 존재한다고 가정하며, 하나의 음표는 조표와 임시표 각각 영향을 받아 음계가 변할 수 있다. 변화표 가중치는 $[0, 1]$ 사이의 값을 갖는다.

$$W_n = \frac{C_n}{n} \dots\dots\dots (4)$$

Table 3. Music Score and Keyboard using sharp as key signature(C major)

Number of sharp	sharp in Music score	Keyboard
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

2.4 빠르기말(Tempo Signature)의 가중치

2.4.1 빠르기말과 빠르기표의 재분류

빠르기말은 곡 전체 또는 한 부분 대한 연주 속도를 나타내는 표현으로, 문자로 된 빠르기말과 숫자로 표시된 빠르기표(Tempo Mark)가 있다. 빠르기말은 악보 연주의 속도뿐만 아니라 연주자의 리듬과 분위기에 따라 세분화되어 표현한다. 비

슷한 연주 속도라도 리듬과 분위기에 따라 다른 빠르기말이 사용될 수 있으며, 연주 속도가 중복되는 빠르기말이 다수 존재한다. 따라서 비슷한 속도의 빠르기말을 빈번히 사용되는 빠르기말로 배정하면 중복된 속도의 빠르기말을 대표 빠르기말로 재분류할 수 있다. 연주자에 따라 빠르기말에 대한 빠르기표의 속도는 기준이 조금씩 달라질 수 있어, 빠르기말은 메트로놈 기준인 빠르기표의 값으로 절대적인 기준은 없지만 대략적인 속도에 따른 범위로 정의할 수 있다. <Table 4>는 빠르기말을 연주 속도에 따라 분류하여 10개의 대표 빠르기말로 분류하였다.

2.4.2 빠르기표의 가중치

일반적으로 *Andante*의 빠르기는 음악 연주의 평균적인 속도로 메트로놈 기준으로 분당 70~90의 음표를 연주하는 것을 의미하며, 이 속도를 기준으로 다른 빠르기말에 대한 상대적인 가중치를 고려할 수 있다. 연주 속도에 대한 가중치는 연주 속도가 빨라질수록 연주의 난이도가 높아지며, 연주의 속도가 느려질수록 연주의 난이도는 낮아진다.

본 논문에서는 *Andante*의 평균 속도($S_{andante}$) = 80을 기준으로 상대적인 속도에 대한 가중치를 계산한다. 악보에서 연주 속도를 빠르기표의 값이 r 일 때, 식 (5)와 같이 악보의 빠르기표 가중치 T_r 를 계산한다.

$$T_r = \frac{r - S_{andante}}{S_{andante}} \dots\dots\dots (5)$$

악보에서 $J=120$ 로 표기된 빠르기표 가중치값은 $T_{120} = \frac{120 - 80}{80} = 0.5$ 이다.

2.4.3 빠르기말의 가중치

악보에서 빠르기말을 이용하여 연주 속도를 표현한 경우 빠르기말의 수치값을 선택해야 한다. 빠르기말의 수치값은 빠르기말과 매칭되는 빠르기표의 값에 대한 중간값으로 한다. 작곡가에 따라 다양한 빠르기말이 사용될 수 있으므로 대표 빠르기말을 선택하여, 빠르기말에 대한 빠르기표의 중간값을 m 이라고 할 때 빠르기말의 가중치 T_m 는 식 (6)과 같이 구할 수 있다.

$$T_m = \frac{m - S_{andante}}{S_{andante}} \dots\dots\dots (6)$$

Largo의 경우, 일반적으로 10이상 40이하의 속도를 나타내므로 $T_{Largo} = \frac{25 - 80}{80} = -0.6875$ 이다.

Table 4. Reclassification and weight of tempo signature

Representative tempo signature	Tempo signature	value of tempo mark	weight of tempo signature (T_m)
Presto	Prestissimo Presto	over 180	1.375
Vivace	Vivacissimo Vivace	150~180	1.216
Allegro	Allegrissimo Allegro	130~150	0.750
Moderato	Allegro moderato Moderato Adante Moderato	90~130	0.375
Andante	Andantino Andante	70~90	0
Adagio	Adagietto Adagio	60~70	-0.125
Lento	Laghetto Lento	40~50	-0.375
Largo	Largo Grave Larghissimo Largamento	10~40	-0.688

III. Difficulty Evaluation

SMP Level Guideline에서 제시하는 “*Positions and Scale*”의 기준과 “ABRSM”의 8단계의 등급, “NYSSMA”의 6단계의 등급은 공통적으로 연주 시 사용하는 다섯 손가락의 움직임 정도와 이에 따라 연주되는 음표들 간의 옥타브 차이를 악보의 난이도 레벨을 위한 분류로 사용하고 있으며, 변화표의 사용에 따른 음표를 읽거나 인식에 대한 어려움을 악보 연주에 대한 난이도에 반영하고 있다[3-5].

추가적으로 난이도 평가를 위해, 음악의 연주에 대한 속도에 따른 연주의 어려움을 난이도 판단을 위한 주요 요소가 된다.

본 논문에서의 악보에 대한 난이도 평가는 ① 음표 간의 평균 거리에 따른 난이도와 ② 변화표의 사용빈도에 따른 가중치와 ③ 빠르기말 또는 빠르기표 가중치를 차례로 적용하여 난이도를 계산한다.

3.1 난이도 계산

3.1.1 음표 간 평균 거리에 따른 난이도

음표 간 거리의 차이값이 클수록 연주할 때 손의 위치가 크게 움직이는 것이므로 연주의 난이도는 높다. 따라서 악보의 난

이도 레벨도 높아진다. 본 논문은 식 (2)에서 계산된 음표간 거리의 평균(P_n)를 이용하여 악보에 대한 연주 난이도로 제시한다.

3.1.2 변화표 가중치 적용

변화표의 사용빈도에 따른 난이도는 음표 간 거리의 평균에 따른 난이도의 값에 변화표 사용에 대한 가중치를 적용시킨다. 변화표가 적용되는 음표가 많을수록 악보를 이해하기 힘들며, 연주 시 다장조를 기준으로 하는 기본음의 연주보다 어렵다. 따라서 조표의 영향을 많이 받는 음표의 개수가 많을수록, 음표에 임시표가 많이 사용될수록 악보의 레벨이 높아진다. 본 논문에서는 식 (4)의 계산된 변화표 가중치(W_n)를 이용하여 음표 간 거리의 평균(P_n)에 변화표 가중치를 적용하여 변화표 가중치 적용값 L_n 을 계산한다.

$$L_n = P_n * (1 + W_n) \dots\dots\dots (7)$$

3.1.3 빠르기말 가중치 적용

빠르기말을 이용한 난이도는 변화표를 사용한 빈도에 따른 난이도값에 빠르기표 사용에 대한 가중치값을 적용시킨다. 빠르기말은 음악의 연주 속도를 나타내므로 빠른 속도를 나타내는 빠르기말이 사용되거나 빠르기말에 큰 값이 주어진 경우 빠른 속도를 연주해야 하므로 연주 난이도는 크다고 볼 수 있다. 따라서 악보에 연주속도에 대한 표기가 되어 있다면, 일반적으로 빠르게 연주해야 할수록 악보의 레벨도 높아진다. 만약 동일한 악보에 연주속도가 느리게 표기 되어있거나, 연주속도가 느린 악보일 경우는 연주의 난이도가 낮아진다.

빠르기말을 사용한 악보의 가중치 적용에서 가장 느린 빠르기말이 사용되더라도 난이도가 0이 되지 않으며, 일반적인 악보의 레벨에 대하여 상대적인 난이도를 계산해야 한다. 현재 악보의 빠르기말 가중치를 이용하여 난이도값을 계산한다. 식 (8)은 변화표 가중치(L_n)에 빠르기말 가중치($T = T_r$ 또는 T_m)를 가산하여 빠르기말 가중치 적용값 H_n 을 계산한다.

$$H_n = L_n * (1 + T) \dots\dots\dots (8)$$

3.2 난이도 평가

악보의 레벨을 평가하기 위하여 음표 간 거리의 평균(P_n)을 계산하고, 악보에 사용된 변화표에 대한 가중치를 적용하여 계산한 결과에 빠르기말에 의한 가중치를 적용하면 최종 난이도를 계산할 수 있었다.

음표 간 거리의 평균에서 거리의 최대값을 가지는 악보와 최소값을 가지는 악보를 알 수 없기 때문에 악보에 대한 난이도에 대하여 최대값과 최소값을 한정하지 않았다. 난이도의 최소값은 0에 가까워질 수 있지만, 최대값은 악보의 연주 난이도에 따라 크게 높아질 수 있다.

악보의 난이도 레벨 평가하기 위하여 악보가 한손 악보인지 양손 악보인지 고려할 필요가 있다. 양손 악보는 두 손을 각각 따로 연주하므로 더욱 난이도가 증가될 수 있다. 다음은 한손악보와 양손악보에 대한 난이도를 계산하는 방법이다.

① 한손 악보

한손 악보의 경우 높은음자리표로 표현된 오선이 하나만 존재하므로 제시한 순서대로 난이도를 계산하여 레벨로 정한다.

② 양손 악보

양손 악보의 경우 오른손에 해당하는 높은음자리표의 오선과 왼손에 해당하는 낮은음자리표의 오선에 대하여 각각 난이도를 계산한다. 오른손의 연주와 왼손의 연주는 각각 다른 난이도를 가지므로 양손 난이도값의 합산이 최종 난이도가 된다.

IV. Experiments

본 논문에서 제안하는 난이도 평가의 방법을 적용하기 위하여 악보를 MusicXML 파일로 표현하면 현대 악보에서 사용되는 악보 상의 모든 음악적 표현의 대하여 대부분 XML형식의 문자로 표현 가능하다. 특히 악보를 MusicXML파일로 변환하면 음계와 종류(type) 등의 음표의 값 뿐만 아니라 박자, 조 등의 값을 숫자로 표현할 수 있다[12][13].

본 장에서는 실험을 위하여 MusicXML 형식으로 표현된 전자악보를 이용하여 다음과 같은 과정을 거친다. 첫째, XML 전자악보에서 음표의 수치화된 값과 음표 간 거리 평균값을 기준으로 하는 악보 난이도를 파악하며, 둘째 조표와 임시표로 표현되는 변화표에 따른 악보 전체의 난이도를 수치화하고, 셋째, 빠르기표로 표현된 연주의 속도를 통한 악보의 난이도를 평가한다.

4.1 난이도 계산

논문에서는 난이도 평가를 위하여 두 악보를 선정하였다. <Fig. 8>은 첫 번째 악보로 Richard Charles Rodgers가 작곡한 “Do Re Mi” 음악 악보로 연주하기 쉬운 악보로 선정하였으며, 두 번째 악보인 <Fig. 9>는 중세 바로크 시대의 대표적인 작곡가인 Johnn Sebastian Bach의 “Ich Dank dir, liber Herre(BWV 347)”으로 연주하기 어려운 악보로 선정하였다.

4.1.1 연주하기 쉬운 악보의 난이도

<Fig. 8>는 연주하기 쉬운 악보인 “Do Re Mi” 악보로 장음계이며, 화음, 변화표, 빠르기말이 전혀 사용되지 않았다. 이 악보의 난이도를 계산하기 위해서는 전자악보로 변환해야 한다. MusicXML로 변환된 악보를 이용하여 각 음표의 음계와 옥타브값을 이용하여 음표 간 거리의 평균을 계산한다. <Table 5>

에서는 각 악보의 난이도 계산 과정의 값들을 보여준다.



Fig. 8. "Do Re Mi" music score

"Do Re Mi" 악보에서 음표 간 거리의 평균(P_n)는 1.357으로 조표와 변화표가 없어 가중치는 계산되지 않는다. 또한 빠르기말이 없으므로 빠르기말에 대한 가중치도 계산되지 않는다.

4.1.2 연주하기 어려운 악보의 난이도

<Fig. 9>는 연주하기 어려운 악보의 예로 양손을 이용하여 연주를 하며, 화음과 변화표가 사용되어 악보 연주의 난이도가 높다는 것 알 수 있다. 이 악보의 난이도를 계산하기 위하여 각 음표간의 평균거리를 계산해야한다.

<Table 5>에서 "Ich Dank dir, liber Herre(BWV 347)" 악보의 난이도 계산 과정을 보면, 연주를 위하여 높은음자리표와 낮은음자리표를 가지는 양손 연주가 표현된 악보로서 오른손 연주와 왼손연주의 난이도를 계산 후 합을 구해야 한다. 오른손 악보의 음표 간 거리의 평균은 1.2705이며 변화표 가중치가 적용되어 1.7336의 값을 가진다. 왼손 악보의 음표 간 거리의 평균은 2.2105이며 조표와 임시표의 가중치가 적용되어 3.1451의 값을 가진다. 양손 연주의 난이도는 왼손 악보와 오른손 악보의 각각 난이도를 합한 4.8787이다.



Fig. 9. "Ich dank dir, lieber Herre(BWV 347)" music score

4.2 악보 난이도 분석

<Fig. 10>은 실험에 사용된 두 악보의 난이도를 평가한 결과인 <Table 5>의 난이도를 그래프로 표현한 것이다. 음표 간 거리의 평균은 두 악보의 값이 유사하지만, 기본 잠음계로 표현된 "Do Re Mi" 악보는 변화표와 빠르기말 등이 사용되지 않아 음표 간 거리의 평균과 악보의 난이도가 동일하다. 악보 "BWV 347"은 양손 연주를 위한 악보로 오른손 악보와 왼손 악보의 각각에 대한 음표 간 거리의 평균은 "Do Re Mi" 악보와 유사하지만, 조표와 임시표의 가중치 적용과 양손 악보의 난이도 합에 의하여 난이도는 훨씬 높음을 알 수 있다.

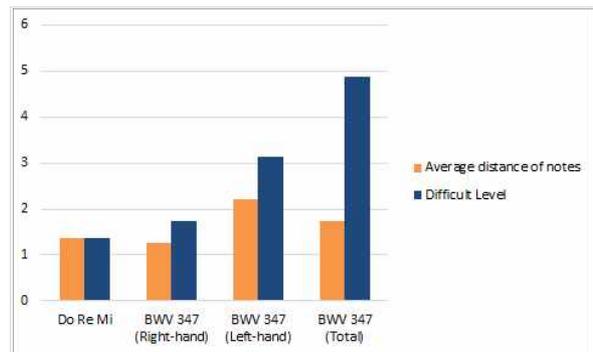


Fig. 10. Comparison of difficulty of music scores

Table 5. Result of difficulty level

Items of Difficulty levels	BWV 347		
	Do Re Mi Value	Value of Right-hand	Value of Left-hand
Number of notes	71.0	62.0	77.0
Sum of distance of notes	95.0	77.5	168.0
Number of notes, Key Signature applied	0.0	32.0	48.0
Number of notes, accidental is applied	0.0	7.0	4.0
Average distance of notes(P_n)	1.357	1.2705	2.2105
Weight of Accidentals(W_n)	0.0	0.3645	0.4228
Weight of Tempo signature(T)	0.0	0.0	0.0
Value, W_n is applied(L_n)	1.357	1.7336	3.1451
Value, T is applied(H_n)	1.357	1.7336	3.1451
Difficulty Value	1.357	4.8787	

V. Conclusions

본 논문에서는 컴퓨터에 저장되는 현대음악에 대한 악보의 난이도를 평가를 제안하였다. 기존의 연구에서 제시된 악보의 난이도 평가는 손가락의 움직임이 음표 간 거리가 한 옥타브 이상인 음표의 쌍에 대한 비율로 평가 항목의 기준을 마련하였으나, 음표 사이에 한 옥타브 이하의 손가락 움직임에 대한 음표 간 거리는 난이도에 반영하지 않았다. 또한 난이도 평가를 위한 정확한 수치값을 제시하지 못하였다. 제안 기법은 악보 난이도의 평가를 위하여 악보의 정확한 수치화 방법을 제시하였고, 음표 간 위치값을 통하여 음표 사이의 거리를 수치값을 측정하고, 이를 기준으로 손가락의 움직임에 대한 정확한 거리 난이도를 계산할 수 있었다. 또한 악보에 사용된 조표, 임시표 등의 변화표와 빠르기말로 연주의 정확성과 리듬에 반드시 필요한 평가 요소로 난이도의 정도를 추가적으로 반영할 수 있었다.

음악 악보의 실험결과, 연주 난이도가 높다고 주관적으로 판단되는 악보들에 대하여 난이도에 대한 값을 정확한 수치값을 제시하여 서로 다른 악보들과 난이도를 비교할 수 있다.

향후에는 박자에 따른 음표의 사용 등 연주 시 고려되어야 할 다양한 요소를 적용하여 연주의 난이도를 정밀하게 계산할 수 있도록 하며, 많은 악보들에 대하여 실험을 통하여 난이도 분류할 수 있는 방법을 제시할 수 있다. 또한 서로 다른 악보에 대한 난이도를 바탕으로 연주자에게 알맞은 악보를 추천하기 위한 연구가 필요하다.

REFERENCES

- [1] Su Mi Kwon and Wan Kyu Chung, "A comparative study of music grading system operated by ABRSM, NYSSMA and the national association of private music institutions in South Korea.", Vol. 43, No. 4, pp. 25-55, Korean Journal of Research in Music Education, 2014.
- [2] Dan ha Kim, "A Search for Improving the Korea Piano Level Evaluation System through Comparisons of Piano Evaluation Criteria of England, Canada and China", Ph. D. Dissertation, Hansei University, 2014.
- [3] Sheet Music Plus, SMP Level Guidelines, <http://www.sheetmusicplus.com/help/level-guidelines>
- [4] ABRSM, Exam Information & Regulations 2015, <http://www.abrsm.org>
- [5] NYSSMA, MYSSMA Manual, <https://www.nyssma.org>
- [6] McKinney, Martin F., and Jeroen Breebaart. "Features for audio and music classification." ISMIR. Vol. 3. 2003.
- [7] Basili, Roberto, Alfredo Serafini, and Armando Stellato. "Classification of musical genre: a machine learning approach." ISMIR. 2004.
- [8] N. Scaringella, G. Zoia and D. Mlynek, "Automatic genre classification of music content: a survey," in IEEE Signal Processing Magazine, vol. 23, no. 2, pp. 133-141, March 2006.
- [9] K. Yoon, J. Lee and M. U. Kim, "Music recommendation system using emotion triggering low-level features," in IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 58, no. 2, pp. 612-618, May 2012.
- [10] Sébastien, Véronique, et al. "Score Analyzer: Automatically Determining Scores Difficulty Level for Instrumental e-Learning." ISMIR. 2012.
- [11] Najeeb Ullah Khan and Jung-Chul Lee, "Development of a Music Score Editor based on MusicXML", Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 19, No. 2, pp. 77-90, Feb. 2014.
- [12] Good, Michael. "MusicXML: An internet-friendly format for sheet music." XML Conference and Expo. 2001.
- [13] MusicXML Specification, <http://www.musicxml.com>

Authors



Yang-Eui Song received the B.S., M.S. degrees in Computer Science and Engineering from Dongguk University, Seoul, Korea, in 1987 and 1989. He is the candidate for Ph.D. in Computer Science and Engineering, Dongguk University, Seoul, Korea. His research interests include sensor network, security, database, and information retrieval.



Yong Kyu Lee received the B.S. degree in computer science from Dongguk University, Seoul, Korea, the M.S. degree in computer science from KAIST, Seoul, Korea, and the Ph.D. degree in computer and information science from Syracuse University, New York, USA. Currently, he is a professor at the Dept. of Computer Science & Engineering, Dongguk University. His research interests include database system, big data management, sensor network, web science, and information retrieval.