

신경망을 이용한 자동 작곡 시스템 구현

김윤호*, 이주신**

Implementation of Auto Composition by using Neural Network

Yoon-Ho Kim*, Ju-Shin Lee**

요약

본 논문에서는 대중음악 코드진행 패턴 분석을 통해 최적의 코드진행을 완성시키고 해당 코드진행의 멜로디 정보 일부를 비트행렬로 구성하여 신경망의 입력 벡터로 사용하였다. 실험결과 신경망 학습을 이용한 컴퓨터의 작곡 가능성을 확인하였다. 제안한 방법을 이용하면 임의의 멜로디를 다양하게 재구성 할 수 있는 방법론을 만들어 낼 수 있다.

ABSTRACT

In this paper, chord progress pattern of popular music is analyzed, and based on this optimal chord pattern, bit matrix of melody information is used for the input vector of neural network. Experimental result showed that possibility of computer composition based on neural network is verified. With regard to some given melody, by making use of proposed method, it is also possible to reconstruct the various melody.

키워드 : 신경망, 역전파, 코드 작곡, 멜로디 작곡, 비트맵 행렬

1. 서론

음악 작곡은 작곡가 즉, 인간의 전유물이라고 생각되어지는 경향이 있다. 본 논문에서는 코드진행 패턴분석을 통한 데이터를 바탕으로 코드작곡을 하고 신경망 학습을 이용한 멜로디 작곡을 함으로서 미래의 인공지능 작곡에 관한 가능성을 제안한다.[1]음악의 작곡은 크게 멜로디 우선 작곡법과 코드 우선 작곡법으로 나눌 수 있다.

멜로디 우선 작곡법이란 음 하나하나의 나열을 통한 작곡 후에 어울리는 코드를 부여하는 방법이고, 코드 우선 작곡법이란 코드진행을 통한 전체적인 곡의 작곡 후에 그 코드를 벗어나지 않는

범주 내에서 선율을 삽입하는 작곡법이다. 두 가지 작곡법 모두 무엇을 먼저 작곡하느냐의 문제일 뿐 멜로디 정보와 코드정보는 최종 작곡되어진 결과물에는 모두 포함되어 있다. 멜로디란 음악의 선율을 의미하는 것으로 악보 상에 음표로 기입되어져 있는 음의 높낮이 정보를 의미한다.

다. 반면에 코드정보란 음악의 화음을 의미하는 것으로 마디 내에 구성되어진 선율들에 어울리는 연주를 위해 구성되어진 일반적으로 3개 이상의 음을 동시에 연주하는 것을 의미한다.[2][3]

본 논문에서는 기존의 작곡되어진 여러 곡들의 코드진행 패턴을 분석하고 그 데이터를 바탕으로 최적의 코드진행을 가지는 코드진행을 만들고 진

*교신저자 : 목원대학교 컴퓨터 공학과

**청주대학교 전자정보공학부

접수일자 : 2013년 7월 7일, 수정일자 : 2013년 8월 10 일, 심사완료일자 : 2013년 8월 30 일

행된 코드진행을 바탕으로 멜로디를 삽입한다. 멜로디 삽입의 방법은 신경망 학습을 통해 기존의 작곡가들의 작곡 성향을 학습시키고 학습된 데이터를 바탕으로 도출된 데이터를 삽입하여 멜로디 작곡을 완성한다.

II. 코드진행 분석

여러 장르의 대중음악은 코드진행을 기반으로 작곡되어 지는데 이런 음악 코드들은 일반적인 진행패턴을 가지고 있다. 코드기반 작곡의 경우 밝은 음색을 표현하는 메이저코드와 어둡고 무거운 음색을 표현하는 마이너코드 등을 적절히 조합하여 작곡되어 진다.[2]

본 실험을 위해서 대중음악 코드를 168개로 분류하고 대중음악 300곡을 분석하여 각각의 코드에서 진행 가능한 다음 코드들을 분석하였다. 다음의 표 1은 대중가요 300곡을 분석하여 얻은 결과 중 특정 코드에 대한 결과를 보여주는 표이다.[3] 168개의 코드에 대한 모든 진행 가능 코드 종류를 본 내용에서 모두 표현할 수는 없지만 분석결과 실제로 사용되지 않는 코드가 59%였으며 41%의 코드만 사용되었다.

표 1. 코드진행 도식의 예

F#m	D	A	E7	G	B7	Bm	A7								
	22	8	7	6	5	3	1								
F#m7	Bb7	C#7													
	1	1													
F#dim	Am	F													
	1	1													
G	C	D7	D	A7	Em	G	Am	Bm	G7	B7	Cm	F			
	122	117	81	42	40	33	28	20	17	16	10	9			
G7	C	Cm	F	G7	C7	Am	Dm	Fm	Bb						
	258	58	14	10	9	8	4	4	1						
Gm	A7	Dm	Cm	D7	C7	F	F7	G#(Ab)	Cm7	E7	D	Eb(D#)			
	45	44	40	33	21	14	8	8	6	5	4	4			
Gm7	C7	Gm6													
	7	1													
Gm6	Gm7														
	1														

또한 특정 코드에서 진행 가능한 다음 코드의 종류도 15개를 넘는 경우는 없었다. 즉, 대부분의 작곡가들이 사용하는 코드들은 한정적이며 코드진행 또한 어느 정도의 규칙을 가지고 있음을 알 수 있다.

III. 마디 나열 방법

대부분의 대중음악 작곡 결과물의 경우 한 곡은 전주, 간주, 후주를 포함하여 최소 20마디 이상의 길이로 표현된다. 마디 나열 패턴이란 특정 곡 안에서 코드가 나열되는 패턴을 의미한다. 즉, 일반적인 대중음악 작곡 결과물은 전주를 제외한 처음 도입부의 코드진행은 반복되는 경우가 많든지, 혹은 클라이막스 부분의 코드진행은 간주가 끝난 후에 다시 한번 반복된다든지 등의 법칙을 이용해 본 논문에서는 그림 1과 같은 방법으로 마디 나열 방법을 정의한다.

그림 1의 첫 패턴A와 두 번째 패턴A'는 유사한 멜로디를 가지고 있지만 가사는 다른, 즉 코드진행은 같고 가사내용만 다른 경우를 표현한 것이다. 일반적으로 대중음악의 코드진행의 경우 그림 1과 같이 한 주기의 코드진행이 다시 한번 반복되는 경우가 많으므로 패턴A와 패턴A'와 같은 표현을 사용하였다. 패턴B와 패턴B'역시 패턴A와 패턴A'와 같은 경우를 의미한다.

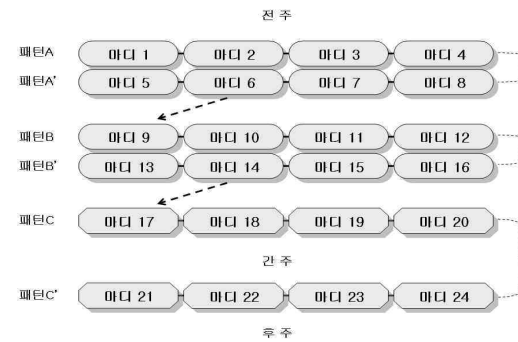


그림 1. 마디나열 패턴

마지막으로 클라이막스라고 표현되는 패턴C의 경우에는 일반적으로 대중음악에서 클라이막스에 해당하는 패턴C가 나오고 패턴C'가 나오기 전에 간주가 나오는 경우가 많으므로 그림 1과 같이 C와 C' 사이에 간주가 나오는 것으로 가정하였다. 먼저 그림1의 전주 부분과 후주, 간주부분을 제외한 패턴A, 패턴A', 패턴B, 패턴B', 패턴C, 패턴C'부분만을 본다면 표 1의 코드진행도식에서 표현

한 어색하지 않은 코드 진행을 이용하여 코드 나열 패턴들을 만들어갈 수 있다.[5][6]

그림1에서 보인 마디나열 패턴과 같이 패턴 A'를 만들기 위해 만들어진 4마디의 패턴을 다시 한 번 반복시킨다. 첫 번째 소스코드를 부여하여 첫 패턴A에 해당하는 4마디가 나왔다면 두 번째 패턴 B나 혹은 패턴 C를 만들기 위해서는 컴퓨터가 어떤 소스코드를 패턴 B나 패턴 C의 시작으로 할 것인가의 문제가 생긴다. 이 문제의 해결책으로는 A패턴에서 사용되어진 4가지의 코드들 중에 두 번째 쓰인 코드를 B패턴의 시작으로 사용하는 방법을 택하였다. 일반적으로 전주의 첫 코드는 A 패턴에서 처음으로 나오는 코드와 같은 확률이 매우 높다. 그러므로 전주를 위해서 A패턴의 시작과 같은 코드를 부여하고 A패턴과 같지 않은 4마디를 만든다. 그리고 간주를 위해서 간주가 나오기 전에 끝난 코드를 시작으로 하는 4마디를 만든다. 마지막 후주는 그 곡의 마지막을 장식하는 부분으로서 후주에서 가장 마지막에 나오는 코드는 그 곡의 처음 시작 코드와 같은 확률이 매우 높으므로 곡의 처음 시작에 들어갔던 코드로 끝나는 4마디를 만든다. 이 은 방법은 대부분의 대중가요가 처음 시작하는 코드와 마지막에 끝나는 코드가 같다는 점을 고려한 것이다.[7][8]

IV. 신경망 학습을 통한 멜로디 작곡

서론부에서 설명했듯 모든 대중음악은 멜로디 정보와 코드정보로 구성되어있다. 완벽한 한 곡의 컴퓨터 자동 작곡을 위해서는 조화로운 코드 진행을 통한 코드작곡이 끝난 후의 최종 결과물에 멜로디 작곡을 위한 선율정보를 입력해야 한다. 본 실험에서는 멜로디 작곡을 위해 역전파 신경망 학습 방법을 이용 하였다.

본 연구에서 사용된 Back Propagation Neural Network (이하 역전파 신경망)의 학습은 임의의 작은 값으로 인접층 유니트간의 연결강도를 초기화한 후 학습 데이터들을 입력층에 반복적으로 제공함으로써 학습을 한다. 이 과정에서 입력 벡터와 연결강도에 의하여 계산된 출력층에서의 출력값과 기대하고 있던 목표 출력값과의 차이 즉, 오차를

하위층으로 전파시킴으로써 하위층과의 연결 강도를 재조정한다. 실험에서의 출력층의 연결강도 변화율과 중간층의 연결강도 변화율은 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\delta_k = (T_k - O_k) \cdot O_k \cdot (1 - O_k) \dots\dots\dots(1)$$

$$\delta_j = y_j \cdot (1 - y_j) \sum_k \delta_k \cdot W_{kj} \dots\dots\dots(2)$$

또한, 역전파 학습 알고리즘은 오차가 감소하는 방향으로 연결강도 W_{kj} , W_{ji} 를 재조정하므로 변화량은 다음 식과 같이 나타내어진다.

$$\Delta W_{kj} \cong \frac{-\partial E}{\partial W_{kj}} = \eta \cdot \delta_k \cdot y_j \dots\dots\dots(3)$$

$$\Delta W_{ji} \cong \frac{-\partial E}{\partial W_{ji}} = \eta \cdot \delta_j \cdot V_i \dots\dots\dots(4)$$

여기서 η 는 학습계수(Learning constant)이며 신경회로망의 학습 과정을 서서히 진동 없이 수렴시키기 위해서 모우멘텀(Momentum) α 를 넣으면 $n+1$ 단계에서 연결강도의 변화량은 다음 식과 같이 정리된다.

$$\Delta W_{kj}(n+1) = \eta \cdot \delta_k \cdot y_j + \alpha \cdot \Delta W_{kj}(n) \dots\dots\dots(5)$$

$$\Delta W_{ji}(n+1) = \eta \cdot \delta_j \cdot V_i + \alpha \cdot \Delta W_{ji}(n) \dots\dots\dots(6)$$

이와 같이 역전파 학습 과정을 거쳐 각 층간의 연결강도를 계속하여 재조정해 나가면서 출력층의 오차가 허용범위 이내의 값으로 수렴하게 되면 학습이 완료된다.[12]

- k : 출력 유닛
- j : 중간 유닛
- T_k : 출력 유닛 k 의 목표 출력값
- O_k : 출력 유닛 k 의 실제 출력값
- Y_j : 중간 유닛 j 의 출력
- δ_k : 출력 유닛 k 의 연결강도 변화율
- δ_j : 중간 유닛 j 의 연결강도 변화율

본 논문에서의 신경망 학습 방법 실험을 위해 기존의 기보법(악보를 표현하는 방법)을 오선 기보법이 아닌 다른 방식으로 표현 할 필요가 있었으므로 비트맵 행렬로 표현하는 방법을 설명한다. 일반적으로 가장 많이 쓰이는 오선 기보법을 비트맵 행렬 기보법으로 표현하는 방법을 다음과 같이 진행한다.

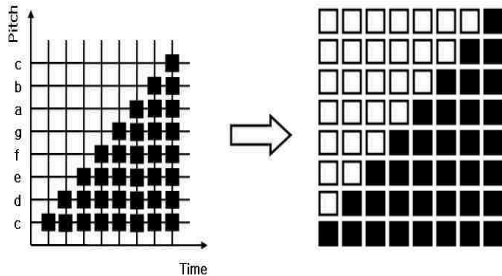


그림 2. "도레미파솔라시도"의 비트맵 행렬 표기

그림 2는 "도레미파솔라시도"를 비트맵 행렬 기보법으로 표기 한 그림이다. X축 좌표는 음표의 길이를 나타내며 Y축 좌표는 음의 높낮이를 나타낸다. 본 실험에서는 반음에 해당하는 음은 제외하였으며 멜로디 음역은 2 옥타브로 한정한다. 음표의 길이도 4분음표와 8분음표로 한정시켰다.[5][6]

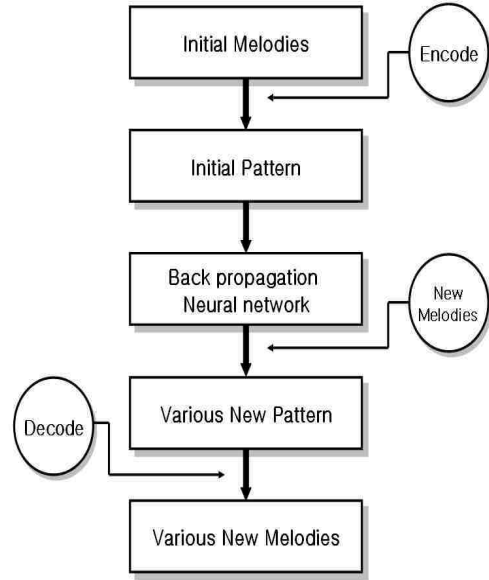


그림 3. 신경망 학습을 통한 멜로디 생성

그림 3은 신경망 학습을 통한 멜로디 패턴 생성에 대한 전반적인 진행에 대한 블록도이다. 특정 코드진행을 가지는 멜로디 패턴을 작곡가 박진영의 곡들 중에서 검색하여 해당 작곡 패턴을 비트맵 행렬로 인코딩 후 신경망 학습시킨다. 신경망 학습의 방법으로는 역전파 알고리즘을 사용하였으며 최종적인 신경망 학습이 끝난 후 학습전의 input layer에 주어졌던 멜로디와 다른 패턴을 부여했을 경우 본 시스템은 학습 된 데이터를 바탕으로 새로운 패턴의 멜로디를 생성한다. 본 시스템에서는 랜덤코드를 이용한 코드 작곡후에 코드 작곡 된 결과물을 바탕으로 신경망 학습을 통한 멜로디 작곡을 한다. 먼저 학습을 위한 복수의 멜로디 패턴을 준비하고 실험을 위해 멜로디 패턴은 0과 1로 코딩되어 신경망학습을 위한 고정 패턴으로서 이용된다. 본 실험에서는 작곡가 "박진영"의 곡들을 대상으로 멜로디 패턴을 채취하였으며 신경망 학습을 이용한 멜로디 작곡 방법은 다음과 같은 순서로 이루어진다.

1. 코드진행 패턴을 분석 후 멜로디 학습 대상이될 멜로디 패턴을 해당 작곡가의 곡에서 검색
2. 고려 대상이 되는 마디의 멜로디를 비트맵 행렬로 인코딩
3. 멜로디 표본을 바탕으로 특정 코드에서 진행되는 다음 코드로의 상황을 신경망 학습
4. 학습 된 데이터를 바탕으로 새로운 다음 코드의 멜로디를 생성
5. 생성 된 멜로디 데이터를 조화로운 코드진행에 맞게 나열하여 멜로디 작곡을 완성

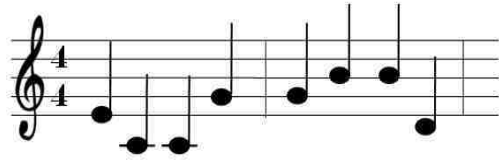


그림 5. 멜로디 학습을 통한 새로운 멜로디 생성 (C에서 G 로의 코드진행의 예)

V. 결과 및 향후 방향

본 논문에서는 기존의 작곡되어진 여러 대중음악의 코드진행 패턴을 분석하고 분석 된 데이터를 바탕으로 최적의 코드진행을 가지는 코드 작곡을 하였다. 또한 신경망 학습을 통해 특정 작곡가의 멜로디 작곡 성향을 학습시켜 새로운 멜로디 패턴을 작곡 하였다. 그 결과 특정 작곡가의 작곡 성향을 가진 새로운 멜로디 패턴을 생성 할 수 있었다. 향후 방향으로는 반응까지 고려 가능한 시스템의 구축과 4분음표와 8분음표뿐만 아니라 그 외의 모든 음표를 대상으로 학습 가능한 방식의 시스템의 구축을 목표로 한다.

참 고 문 헌

- [1] 윤중선, “알고리즘에 의한 음악의 작곡”, Proceedings fo the KACC, 1997.
- [2] 길옥윤, “경음악 편곡법”, 1988.
- [3] 박세원, “대중가요 대백과”, 2002.
- [4] 도용태 김일곤 김중환 박창현, “인공지능 개념 및 응용”, 사이텍미디어, 2001.
- [5] Chen chunling, Wang shaodi and shan bingzhe, “A Fractal Image Coding Based on The Quadtree.” Proceedings of ICSP , 1998.
- [6] TOKUMARU, Masataka, MURANAKA, Noriaki, IMANISHI, Shigeru, “Memory and Forgetfulness : Application to A Music Composition System Using Chaotic Neural Network with Rememorizing Patterns”, Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics, 2007, Vol.v.19 no.3, No, Page.299~312

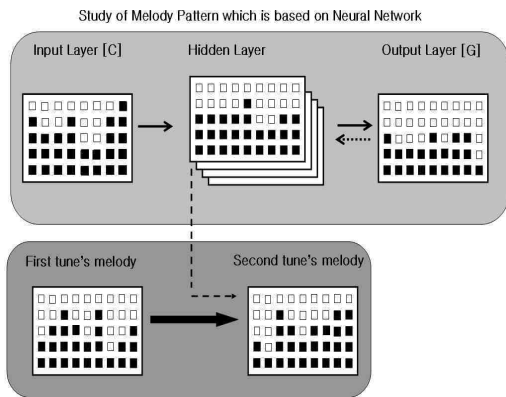


그림 4. 역전파 신경망 학습을 통한 멜로디 생성

그림 4는 C 다음 코드로 G 코드가 나오는 상황에 대한 학습을 표현 한 그림이며 input layer는 그림 1의 첫 번째 마디의 멜로디를 비트맵 행렬로 입력 시킨 것을 의미하며 output layer는 그림 1의 두 번째 마디의 멜로디에 해당한다. 즉, 작곡가 박진영의 작곡 패턴을 학습시키고 첫 번째 마디의 멜로디로 초기 input 값과 다른 값을 부여 했을 경우 학습된 데이터를 바탕으로 새로운 패턴의 멜로디를 생성하게 된다.(그림 5)

- [7] 조재영, 김윤호, “코드기반 작곡을 위한 트리 구조 프로그램 구현”, 해양정보통신학회, 2003.
- [8] 조재영, 김윤호, “쿼드트리 기반 코드작곡 프로그램 구현 및 자동반주 프로그램과의 연동”, 한국통신학회, 2004.

저자약력

김 윤 호(Yoon-Ho Kim)

중신회원



1992~현재 :
목원대학교
컴퓨터공학부 교수

2005~2006 :
University
of Auckland. CITR Lab.
NZ. Research Fellow.

2008~현재 :
ISO/TC 223
KOREA Delegate.
IEEE Computer science
member, 대한전자공학회,
한국통신학회 정회원.
한국모바일학회, 한국항행
학회, 사회안전학회, 한국정
보전자통신기술학회 중신회
원.

<관심분야> 영상처리, 컴퓨터비전, 뉴로퍼지,
IT 정책, 방재정보통신 등.

이 주 신(Ju-Shin Lee)

중신회원



1986년 명지대학교
전자공학부(공학박사)

2013년 현재
청주대학교
전자정보공학부교수

<관심분야> 전자회로 및 시스템, 영상신호처리