

## 계층적 인공신경망을 이용한 구성을 갖춘 곡의 자동생성

김경환<sup>1</sup> · 정성훈<sup>2\*</sup><sup>1</sup>한성대학교 전자정보공학과<sup>2</sup>한성대학교 기계전자공학부

# Automatic Generation of a Configured Song with Hierarchical Artificial Neural Networks

Kyung-Hwan Kim<sup>1</sup> · Sung Hoon Jung<sup>2\*</sup><sup>1</sup>Department of Electronics and Information Engineering, Hansung University, Seoul 02876, Korea<sup>2\*</sup>School of Mechanical and Electronic Engineering, Hansung University, Seoul 02876, Korea

### [요 약]

본 논문에서는 자동작곡에서 계층적 인공신경망을 이용하여 전/중/후 별로 곡의 멜로디가 전개되는 구성을 갖춘 곡을 자동으로 생성하는 방법을 제안한다. 첫 번째 계층에서는 하나의 인공신경망을 사용하여 기존의 곡을 학습시키거나 혹은 무작위 멜로디를 학습시키고 박자후처리를 하여 곡을 출력한다. 두 번째 계층에서는 첫 번째 인공신경망이 만든 멜로디를 전/중/후별로 세 개의 인공신경망에 학습한 후 곡을 출력한다. 두 번째 계층의 세 개의 인공신경망에서는 반복을 만들기 위하여 전/중/후 별로 마디구분을 이용한 반복을 적용하며 이후 박자/화성/조성후처리를 수행하여 곡을 완성한다. 실험결과 구성을 갖춘 곡이 생성됨을 확인하였다.

### [Abstract]

In this paper, we propose a method to automatically generate a configured song with melodies composed of front/middle/last parts by using hierarchical artificial neural networks in automatic composition. In the first layer, an artificial neural network is used to learn an existing song or a random melody and outputs a song after performing rhythm post-processing. In the second layer, the melody created by the artificial neural network in the first layer is learned by three artificial neural networks of front/middle/last parts in the second layer in order to make a configured song. In the artificial neural network of the second layer, we applied a method to generate repeatability using measure identity in order to make song with repeatability and after that the song is completed after rhythm, chord, tonality post-processing. It was confirmed from experiments that our proposed method produced configured songs well.

**색인어** : 자동 작곡, 계층적 인공신경망, 구성을 갖춘 곡**Key word** : Automatic Composition, Hierarchical Artificial Neural Networks, Configured Song<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2017.18.4.641>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 10 July 2017; Revised 27 July 2017

Accepted 28 July 2017

**\*Corresponding Author; Sung Hoon Jung**

Tel: +82-02-760-4344

E-mail: [shjung@hansung.ac.kr](mailto:shjung@hansung.ac.kr)

## I. 서론

4차 산업혁명 시대를 맞아 인공지능, IoT, 자율주행 등 최신 ICT 기술들이 눈부시게 발전하고 있다. 특히 인공지능 기술은 대부분의 분야에 접목되어 새로운 가치를 창출하고 있다. 그 중 인간의 고유 영역이라 여겨지던 문화 예술 분야, 특히 창작 분야에도 다양한 영향을 미치고 있다[1]-[10].

이에 우리는 음악 분야에 인공지능을 결합하여 인공지능 알고리즘으로 작곡을 자동으로 하는 연구를 진행해왔다 [11]-[14]. 작곡가가 기존의 곡을 듣고 영감을 받아 새로운 곡을 작곡하듯이 인간의 뇌를 모방하여 만든 인공신경망에 기존 곡을 학습시키거나 혹은 무작위로 만들어진 곡을 학습시킨 후에 학습된 신경망을 이용해 새로운 곡을 작곡하게 하였다[11],[12]. 하지만 인공신경망이 출력한 곡은 인공신경망에 학습된 멜로디를 기반으로 곡을 만드는 것이지 음악이론을 학습하여 곡을 만드는 것은 아니기 때문에 박자와 화성 그리고 조성 측면에서 음악이론에 맞지 않는 곡이 출력되었다. 이를 위하여 박자, 화성, 그리고 조성후처리 알고리즘을 만들어 적용하였으며 그 결과 박자와 화성, 조성의 이론을 만족하는 곡이 출력되었다[13],[14].

그러나 이렇게 만들어진 곡은 작곡가가 작곡한 곡의 수준과는 차이가 있었다. 차이가 발생하는 가장 큰 이유는 작곡가가 만든 곡은 음악적 구성이 있으나 인공신경망이 만든 곡은 음악적 구성을 갖추지 못했기 때문이다. 작곡가가 작곡한 곡은 곡의 진행 전반부, 중반부, 후반부에 따라서 각 부분 내에서는 유사한 느낌을 가지면서 각 부분이 자연스럽게 연결되어 전체적인 곡의 흐름이 진행된다. 그러나 자동작곡이 출력한 곡은 부분별로 느낌이 진행되는 것이 아니라 처음부터 끝까지 계속 새로운 느낌의 멜로디가 나타났다[13],[14].

이러한 문제를 해결하기 위하여 우리는 본 논문에서 계층적 인공신경망을 사용하여 음악적 구성을 갖춘 곡을 자동으로 생성하는 방법을 제안한다. 기존 연구에서는 하나의 계층에 하나의 인공신경망을 이용했으나 본 논문에서는 구성을 갖추기 위하여 이를 확장해 두 개의 계층을 사용하여 자동작곡을 한다. 첫 번째 계층의 인공신경망은 기존 연구와 마찬가지로 기존 곡의 멜로디 또는 무작위 멜로디를 학습한 후 박자 후처리를 적용하여 곡을 출력한다. 두 번째 계층의 인공신경망에서는 첫 번째 인공신경망이 출력한 멜로디를 세 구간으로 나누어 전/중/후 세 개의 신경망에 각각 학습한다. 그 후 각 구간별로 멜로디에 반복성을 주기 위해 마디구분을 이용한 반복 생성 방법을 적용하여 곡을 출력한다. 마지막으로 박자/화성/조성 후처리 알고리즘을 적용하여 음악적으로 구성을 갖춘 곡을 만든다.

본 논문에서 제안한 방법으로 작곡한 결과 첫 번째 계층의 인공신경망이 만든 멜로디의 전체적인 느낌을 따르면서 두 번째 계층의 세 개의 인공신경망이 전/중/후반부를 만들어 전체적으로 구성을 갖춘 곡을 생성하는 것을 볼 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서 기존의 자동작곡 방법에 대하여 소개한다. 3절에서는 계층적 인공신경망을 이용해 구성을 갖춘 곡을 작곡하는 방법을 기술한다. 4절에서는 실험결과에 대하여 설명하며 5절의 결론으로 끝을 맺는다.

## II. 기존 자동작곡 방법

### 2-1 자동작곡 연구 소개

컴퓨터를 이용한 자동작곡은 비교적 오래전부터 다양한 방법으로 연구되어 왔다[1]-[9]. 그 중 많이 사용된 인공지능 기법으로는 진화알고리즘, 유전프로그래밍 그리고 인공신경망 방법 등이 있다. 진화알고리즘 방법은 무작위로 초기 개체를 만들고 점점 더 좋은 개체로 진화시키는 방법이다 [1]-[3],[7]. 그러므로 진화알고리즘을 이용한 방법에서 좋은 결과를 얻으려면 각 개체가 얼마나 적합한지를 적절히 평가해야 한다. 그러나 각 개체가 표현하는 곡을 컴퓨터로 평가하는 것은 매우 어렵다. 그 이유는 어떤 곡이 좋은지 나쁜지를 판단하는 것은 고도의 지적인 작업으로 알고리즘화하기 어렵기 때문이다. 그래서 각 개체의 적합도를 사람이 직접 평가하기도 하는데 좋은 곡으로 진화하기까지 많은 개체와 많은 세대가 필요하기 때문에 매우 번거롭고 지난한 작업이 된다.

인공신경망을 이용한 자동작곡 방법은 인공신경망의 학습 기능을 활용해 기존의 곡을 학습하고 이를 토대로 새로운 곡을 작곡하는 방법이다[4]-[6],[8],[9]. 보통 곡을 시계열 데이터로 변환하여 회귀신경망(Recurrent Neural Network)에 학습시키거나 혹은 데이터를 회귀적으로 구성하여 전 방향 신경망(Feedforward Neural Network)에 학습시킨다 [10]. 인공신경망 방법은 하나 또는 여러 개의 곡을 학습시켜 다양한 방법으로 작곡할 수 있지만 작곡된 결과가 음악적으로 완성된 멜로디를 출력하지 못하고 곡에 반복되는 부분이 있을 경우 인공신경망이 제대로 학습하기 어렵다는 문제가 있다. 그 외의 다른 방법으로는 마르코프체인을 이용하는 방법, 유한상태기계를 사용하는 방법 등이 있다[10].

### 2-2 기존 진행 연구

우리는 기존연구에서 곡의 데이터를 회귀적으로 구성하여 이를 전방향신경망에 오류역전파알고리즘으로 학습하였다 [11],[12]. 학습에 사용한 인공신경망은 내부적으로 세 개로 구성하여 각각 음표/쉼표/박자를 학습하였다. 학습할 곡의 멜로디는 음표/쉼표/박자의 시계열 숫자 데이터로 표현되어 학습데이터화 된다[11]. 음표는 전체 7옥타브 중에 2~4옥타브를 사용하여 1~36까지의 숫자로 표현된다. 쉼표의 경우는 음표와는 의미가 다르기 때문에 음표에서 사용하지 않는 특별한 숫자로 표현해야 한다. 그래서 우리는 쉼표의 경우 숫자 50

을 사용하여 시계열 데이터를 만들었다[11],[12].

그러나 이렇게 만든 음표와 쉼표를 하나의 인공신경망에 학습하면 음표공간이 왜곡되었다. 그래서 음표와 쉼표를 다른 인공신경망에 학습하였다[14]. 음표용 인공신경망에 쉼표가 발생할 때는 그 쉼표위치 바로 앞이나 바로 뒤의(맨 앞에서 발생할 경우) 음표와 같은 값으로 학습한다. 쉼표의 경우에는 음표와 쉼표를 그대로 넣어서 학습한다[14]. 쉼표는 자주 발생하지 않기 때문에 쉼표만 따로 학습하기가 어렵다. 작곡할 때는 1~36 보다 큰 값이 발생한 경우 쉼표로 간주된다. 박자는 4/4박자에서 16분 음표를 1로 가정하고 하나의 점음표까지만 허용하여 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16의 총 8개의 박자를 사용하였다[12].

학습할 곡이 음표/쉼표/박자의 시계열 데이터로 변환된 후에는 전방향인공신경망에 학습하기 위하여 회귀적 학습데이터로 구성한다. 회귀적 학습데이터를 구성하는 방법은 인공신경망의 입력을 10개로 사용하는 경우 학습 데이터 10개를 입력으로 넣고 11번째 데이터를 출력하는 방법으로 구성한다[11],[12]. 그 다음 학습데이터는 첫 번째 데이터를 제거하고 두 번째 데이터로부터 11번째 데이터를 입력으로 하여 12번째 데이터를 출력하는 방식으로 모든 곡의 데이터를 구성한다[11].

우리 연구가 기존에 있던 연구들과 가장 크게 다른 점은 반복되는 부분이 많아도 학습이 잘 수행되도록 입력 데이터에 마디구분(Measure Identity)을 추가하여 학습 데이터를 만들었다는 것에 있다[11]. 예를 들어 10개의 입력은 같은데 11번째의 출력이 다른 두 개의 학습 데이터가 있다면 인공신경망은 두 학습데이터를 구분해서 학습할 수 없다. 하지만 학습데이터에 마디구분을 추가하면 곡의 반복되는 부분이 있어도 마디구분이 달라서 학습을 원활히 할 수 있다. 마디구분은 음표/쉼표/박자별로 해당 데이터와 같은 범위의 무작위 수를 생성하여 만든다. 마디구분으로 사용하는 수는 그 값 자체가 중요한 것이 아니라 학습 시와 작곡 시에 마디를 구분만하면 되는 것이기 때문에 무작위로 만들어도 된다. 학습된 인공신경망으로 작곡 할 때 학습 시 사용한 마디구분을 이용하여 곡의 위치를 설정할 수 있으며 또한 학습 시에 사용한 마디구분 값을 변형함으로써 작곡하는 멜로디에 변형을 가할 수 있는 등 많은 장점이 있다. 더 나아가 작곡 시에 마디구분을 반복적으로 배치함으로써 반복적인 곡을 생성할 수 있다. 보다 자세한 것은 기존논문[13]을 참고하기 바란다.

학습 후에는 학습한 곡과 다른 초기 음표/쉼표/박자를 만들어 넣어주면 나머지 음표/쉼표/박자를 만들어준다. 이러한 초기 음표/쉼표/박자는 해당 시계열 데이터에서 발생할 수 있는 범위에서 무작위로 만들어도 되며 이 초기 음표/쉼표/박자에 따라서 다양한 다른 곡이 출력된다[14]. 그러나 인공신경망이 출력한 음표/쉼표/박자는 학습된 음표/쉼표/박자 공간의 값을 출력한 것으로 음악적 이론에 맞지 않는 경우가 종종 발생한다. 박자의 경우 못갖춘마디가 발생하고 음표의 경우 특정 조성에 없는 음이 발생하거나 마디 내에서 어울리지 않는

화성의 음표가 발생하기도 한다. 이를 해결하기 위하여 박자 후처리, 화성후처리, 조성후처리를 수행하였다[12]-[14].

### III. 계층적 인공신경망 방법

#### 3-1 곡의 구성

음악에서 곡은 일정한 구성을 갖고 있다. 보통 많이 쓰이는 구성은 그림1과 같이 Intro-Verse-Bridge-Chorus-Outro의 구성을 갖는다. 각 부분마다 역할이 조금씩 다르지만 Intro는 전주, Verse는 곡의 전개부, Bridge는 곡의 연결부, Chorus는 곡의 후렴구, 마지막으로 Outro는 후주의 역할을 한다. 일반적으로 전주와 후주는 곡의 처음과 마지막을 장식하는 것으로서 멜로디보다는 악기 화성연주가 주를 이룬다. 우리가 제안한 자동작곡은 멜로디를 작곡하는 것이기 때문에 곡의 구성에서 전주와 후주는 제외하였다. 그래서 음악의 구성 중 전개부, 연결부, 후렴구 부분에 대응되도록 전/중/후반

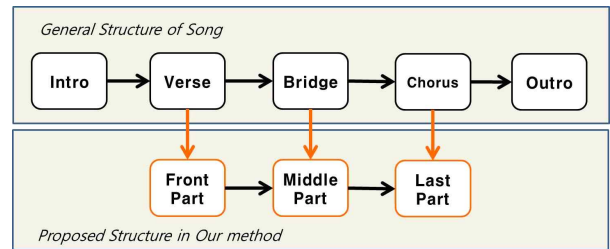


그림 1. 곡의 구성  
Fig. 1. Composition of Song

부로 구성한다.

#### 3-2 계층적 인공신경망

우리는 전/중/후반부의 곡 구성을 만들기 위해 인공신경망을 계층적으로 구성하는 방법을 고안하였다. 계층적 인공신경망의 전체 구조는 그림2와 같다. 그림 2에서 ANN은 2.2절에서 설명한 것처럼 내부적으로 음표/쉼표/박자 세 개의 인공신경망을 갖는 것을 의미한다. 제안한 방법은 두 개의 계층으로 구성되는데 첫 번째 계층에서는 하나의 인공신경망을 두 번째 계층에서는 전/중/후 구성을 만들기 위해 3개의 인공신경망을 사용한다. 첫 번째 계층의 인공신경망은 이전 연구에서 사용한 것과 동일한 목적의 인공신경망으로서 여러 곡을 학습하거나 혹은 무작위로 만들어진 곡을 학습해서 출력하는 역할을 맡는다. 학습 후 무작위 초기마디(Random Initial Measure), 보다 자세히 설명하면 무작위 초기 음표/쉼표/박자를 입력해서 새로운 곡을 출력한다. 학습이 잘된 경우 특정한 느낌의 멜로디가 출력된다. 출력된 멜로디는 박자후처리를 통하여 갖춘마디로 만든다. 그림 3은 첫 번째 계층의 인공신

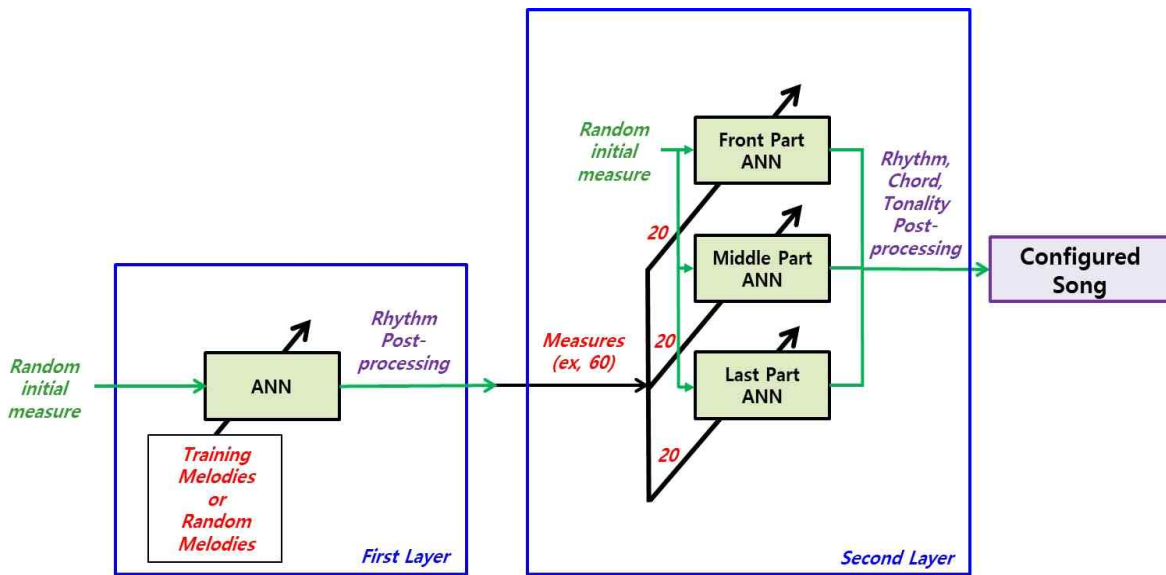


그림 2. 곡의 구성을 만들기 위해 제안한 계층적 인공신경망

Fig. 2. Hierarchical Artificial Neural Network for composing a Configured Song

경망에서 멜로디가 출력되는 모습을 보여준다.

이렇게 만들어진 멜로디를 음악적 마디의 개수를 기준으로 두 번째 계층의 각기 다른 3개의 전/중/후 인공신경망에 새로 학습시킨다. 이때 새로 학습시킬 멜로디의 음악적 개수는 임의로 정한다. 예를 들어, 그림 2에서처럼 새롭게 작곡된 멜로디의 음악적 마디의 개수가 60개라면 전/중/후 신경망에는 음악적 마디 개수 20개만큼의 멜로디를 학습시킬 수 있다. 같은 예시에서 음악적 마디 10개만큼의 멜로디를 전/중/후 신경망에 학습할 수도 있다. 이 경우 1~10번째, 11~20번째, 21~30번째 음악적 마디를 전/중/후 신경망에 학습시키는 것을 예로 들 수 있다. 두 가지 경우 첫 번째 계층의 인공신경망의 출력은 같지만 두 번째 계층의 인공신경망에 각각 다른 부분이 학습되었기 때문에 서로 다른 곡이 출력되게 된다.

그 후 각각의 신경망에 서로 다른 무작위 초기마디를 입력으로 하여 새로운 멜로디를 만들어준다. 출력되는 멜로디의 개수는 두 번째 계층 인공신경망에 학습된 멜로디의 개수와는 상관없이 결정한다. 두 번째 계층의 인공신경망이 출력하는 멜로디 또한 음악적 이론에 맞지 않고 못갖춘마디이기 때문에 다시 박자 후처리, 화성 후처리, 조성 후처리를 해준다. 그 후 전/중/후 신경망에서 각각 출력된 멜로디들을 하나로 합쳐 곡을 완성시킨다. 두 번째 계층 인공신경망을 이용해 작곡할 때 마디구분을 이용하여 반복을 만들어 주면 각 전/중/후반부분로 멜로디가 반복되는 곡을 작곡할 수 있다.

그림 4는 두 번째 계층의 인공신경망이 작곡하는 방법을 전체적으로 자세히 설명한 그림이다. 이 예에서는 두 번째 계층의 세 개의 인공신경망이 각각 40개씩의 음악적 마디를 출력하는 것을 볼 수 있다. 결론적으로 제안한 방법은 첫 번째 계층의 인공신경망에서 출력한 특정 느낌의 멜로디를 두 번

째 계층의 전/중/후 세 개의 인공신경망에서 각 부분별로 내

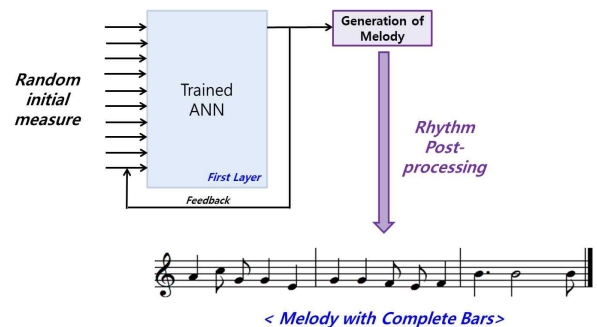


그림 3. 첫 번째 계층의 인공신경망 출력

Fig. 3. Output of ANN in the first layer

부적으로 반복하면서 전/중/후반부가 유사한 느낌으로 이어지는 곡을 생성할 수 있게 된다.

#### IV. 실험결과

우리는 본 논문에서 제안한 방법을 이용해 다양한 곡을 학습시킨 후 새로운 곡을 작곡했다. 자동작곡에서 출력되는 곡은 제안한 방법의 의도대로 곡이 출력되는지를 보는 것으로 다른 방식과의 결과를 비교하는 것은 어렵다. 그 이유는 첫 번째로 출력된 곡의 질을 객관적으로 평가하기가 어렵다는 것이고 두 번째로는 각 방법별로 중점을 둔 것이 다르기 때문에 비교하는 자체가 무의미하다는 것이다. 그러므로 우리는 본 논문에서 제시한 의도대로 결과가 나오는지 위주로 실험결과를 살펴보았다. 그림 5는 그 중 하나의 예시로 첫 번째

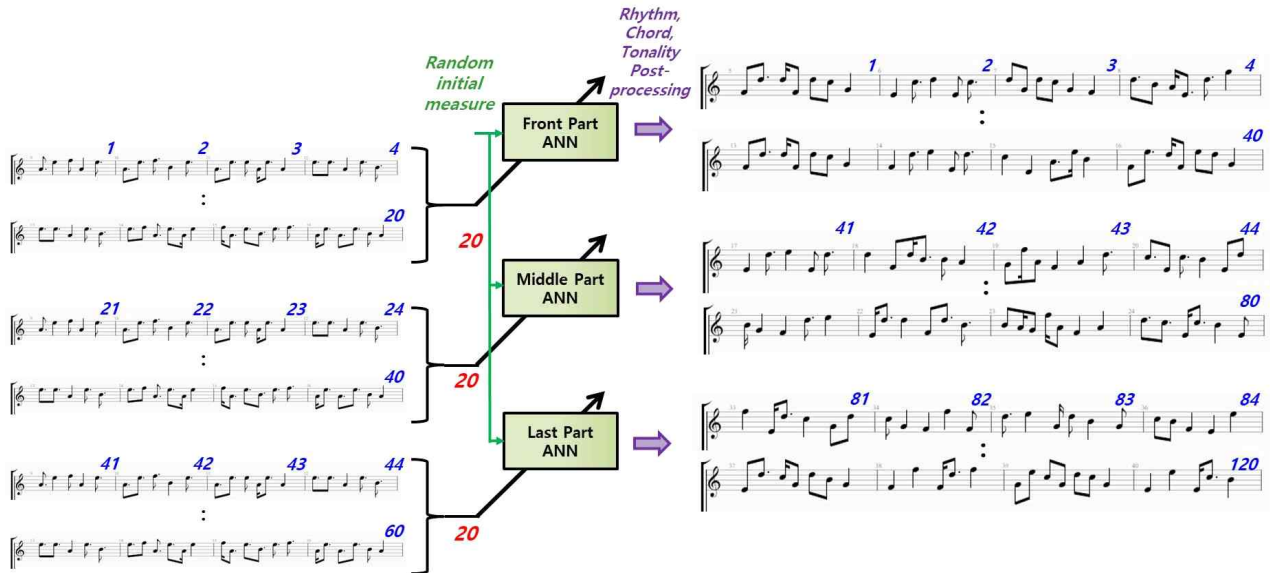


그림 4. 두 번째 계층의 인공지능경망 작곡 방법  
 Fig. 4. Composition Method of ANN in the second layer

인공지능경망에 이루마의 “Kiss the rain”이라는 피아노곡을 학습한 후 계층적 구조의 인공지능경망으로 새롭게 작곡한 곡의 일부이다. 이 예시에서는 첫 번째 인공지능경망의 출력을 6개의 음악적 마디씩 두 번째 계층의 전/중/후 신경망에 학습하였고 전/중/후 신경망에서 곡을 출력할 때 마디구분 반복 방법을 이용해 전/중/후별로 반복이 발생하도록 하였다.

그림 5에서 빨간색으로 묶여진 부분이 순서대로 전반부와 중반부를 나타낸다. 후반부는 악보의 길이 관계상 생략하였다. 전반부와 중반부는 서로 다른 멜로디로 진행해가지만 전체적인 멜로디가 유사한 음과 박자로 구성됨을 확인할 수 있다.

이 예시에서 사용한 마디구분 반복을 상세히 설명하면 다음과 같다. 전반부 신경망에 학습한 멜로디 개수는 음악적 마디 6개의 멜로디 개수인 32개이다. 여기서 내부적인 반복을 만들기 위해 32개의 멜로디를 출력할 때 10개씩 마디구분을 반복시켰다. 즉 멜로디가 10, 10, 10, 2씩 반복되어 출력되게 된다. 그리고 전반부 멜로디가 출력할 멜로디의 개수는 임의의 숫자인 74개로 지정했다. 이때 33번째 멜로디부터 마디구분을 반복시켜 출력하도록 했다. 즉 74개의 멜로디 중 반복되는 멜로디는 32, 32, 10이 된다. 결론적으로 마디구분을 이용해 이중으로 반복되는 구조로 출력한 것이다.

그림 5를 보면 파란색 네모로 표시한 부분들이 완전히 같지는 않지만 유사한 멜로디가 반복되며 그 외에 다른 전반부의 멜로디도 32개씩 유사한 멜로디가 반복되고 있음을 확인할 수 있다. 멜로디가 정확히 기계적으로 반복되지 않는 이유는 마디 구분이 반복되더라도 회귀되어 인공지능경망에 입력되는 멜로디가 다르기 때문이다. 이러한 현상은 완전히 동일한 멜로디가 반복되는 것보다는 약간씩 변형된 멜로디가 출력되

는 것으로서 음악적인 측면에서는 오히려 더 바람직하다.[13] 그림 5의 예시를 통해 본 논문에서 제안한 방법이 구성을 갖춘 곡을 작곡한다는 사실을 알 수 있다. 그림 5의 곡은 [15]에서 다운로드 받아서 확인할 수 있다. 또 다른 작곡 예시 곡은 [16]에서 다운로드 받아서 확인할 수 있다. 두 곡에서 드럼은 곡의 분위기를 위해서 사람이 만들어 넣어준 것이며 나머지는 모두 자동작곡 알고리즘이 만든 것이다.

## V. 결 론

본 논문에서는 기존 자동작곡 방법이 음악적인 구성을 갖추어 작곡하지 못하는 문제를 해결하기 위해 구성을 갖춘 곡을 작곡하는 방법을 제안하였다. 기존에 하나의 계층의 하나의 인공지능경망만을 사용하던 구조에서 두 번째 계층을 추가하였다. 두 번째 계층에서는 구성을 갖추기 위하여 전/중/후 세 개의 인공지능경망을 사용하였다. 계층적 인공지능경망 방법으로 작곡한 결과 전/중/후반부가 모두 다른 멜로디를 보여주지만 전체적으로 유사한 모습을 보이고 있다. 또한 각 구간별로 마디구분을 이용한 반복을 생성함으로써 특정 멜로디가 반복하는 모습을 보이고 있다. 결과적으로 계층적 구조의 인공지능경망들을 사용하여 좀 더 음악적으로 완성된 곡이 만들어짐을 확인할 수 있었다.

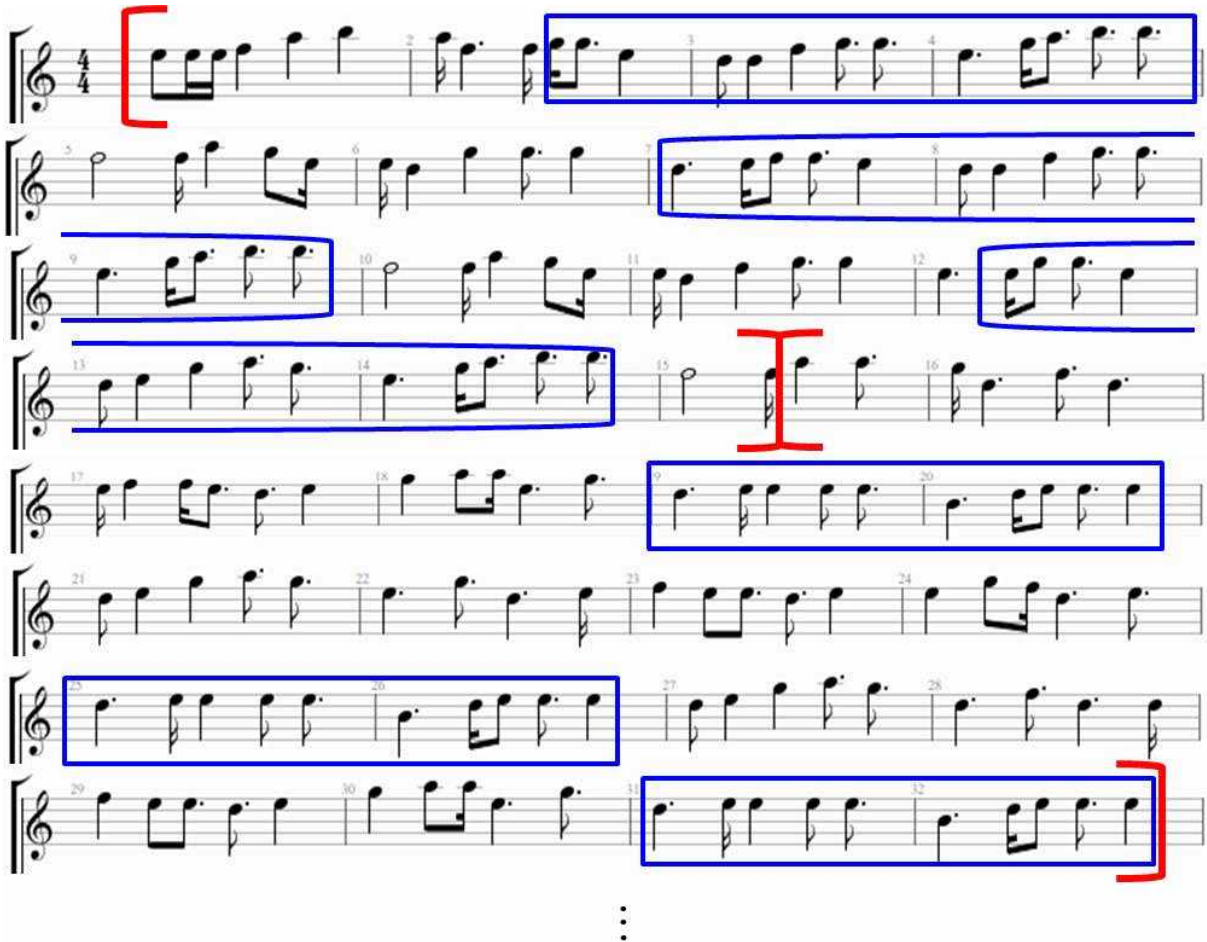


그림 5. 구성과 반복을 갖춘 곡의 생성 예  
 Fig. 5. An Example of a Configured Song with Repeatability

**감사의 글**

본 연구는 한성대학교 교내학술연구비 지원과제로서 2017년 한국디지털콘텐츠학회 하계공동학술발표대회에서 초기 결과를 발표하였습니다.

**참고문헌**

[1] B. Johanson and R. Poli, "GP-Music: An Interactive Genetic Programming System for Music Generation with Automated Fitness Raters" Proceedings of the Third Annual Conference, pp. 181-186, 1998.  
 [2] N. Tokui and H. Iba, "Music Composition with Interactive Evolutionary Computation," Proceedings of the Third International Conference on Generative Art, pp. 215-226, 2000.

[3] A. Santos, B. Arcay, J. Dorado, J. Romero, and J. Rodriguez, "Evolutionary Computation Systems for Musical Composition," Proceedings of the International Conference Acoustic and Music: Theory and Applications, pp. 97-102, 2000.  
 [4] C. Chen and R. Miikkulainen, "Creating Melodies with Evolving Recurrent Neural Networks," Proceedings of the 2001 International Joint Conference on Neural Networks, pp. 2241-2246, 2001.  
 [5] Débora C. Corrêa, Alexandre L. M. Levada, José H. Saito, and João F. Mari, "Neural network based systems for computer-aided musical composition: supervised x unsupervised learning," Proceeding SAC '08 Proceedings of the 2008 ACM symposium on Applied computing, pp. 1738-1742, 2008.  
 [6] T. Oliwa and M. Wagner, "Composing Music with Neural Networks and Probabilistic Finite-State Machines," Applications of Evolutionary Computing: EvoWorkshops

2008, pp. 503-508, 2008

- [7] H. Kim, B. Kim, and B. Zhang, "Learning music and generation of crossover music using evolutionary hypernetworks," Proceedings of Korea Computer Congress 2009, pp. 134-138, 2009.
- [8] G. Bickerman, S. Bosley, P. Swire, and Rober M. Keller, "Learning to Create Jazz Melodies Using Deep Belief Nets," Proceedings of the International Conference on Computational Creativity, pp. 228-237, 2010.
- [9] Andr' es E. Coca, Roseli A. F. Romero, and Liang Zhao, "Generation of composed musical structures through recurrent neural networks based on chaotic inspiration," Proceedings of International Joint Conference on Neural Networks, " pp. 3220-3226, 2011.
- [10] J. D. Fernandez and F. Vico, "AI Methods in Algorithmic Composition: A Comprehensive Survey," Journal of Artificial Intelligence Research, " vol. 48, pp. 513-582, 2013.
- [11] J. Cho, E. M. Ryu, J. Oh, and S. H. Jung, "Training Method of Artificial Neural Networks for Implementation of Automatic Composition Systems," KIPS Transactions on Software and Data Engineering, vol. 3, no. 8, pp. 315-320, Aug. 2014.
- [12] J. Oh, J. Song, K. Kim, and S. H. Jung, "Automatic Composition Using Training Capability of Artificial Neural Networks and Chord Progression," Journal of Korea Multimedia Society, vol. 18, no. 11, pp. 1358-1366, Nov. 2015
- [13] K. Kim, and S. H. Jung, "Postprocessing for Tonality and Repeatability, and Average Neural Networks for Training Multiple Songs in Automatic Composition," Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, vol. 26, no. 6, pp. 445-451, Dec. 2016
- [14] K. Kim, and S. H. Jung, "Adoption of Artificial Neural Network for Rest, Enhanced Postprocessing of Beats and Initial Melody Processing for Automatic Composition System," Journal of Korea Digital Contents Society, vol. 17, no. 6, pp. 449-459, Dec. 2016
- [15] A Configured Song Composed by Hierarchical Artificial Neural Networks, download from the URL [http://itsys.hansung.ac.kr/downloads/KissTheRain\\_20170609.mp4](http://itsys.hansung.ac.kr/downloads/KissTheRain_20170609.mp4)
- [16] A Configured Song Composed by Hierarchical Artificial Neural Networks, download from the URL [http://itsys.hansung.ac.kr/downloads/ThisisWhatItFeelslike\\_20170609.mp4](http://itsys.hansung.ac.kr/downloads/ThisisWhatItFeelslike_20170609.mp4)



**김 경 환** (Kyung-Hwan Kim)

2012년 3월 ~ 현재: 한성대학교  
전자정보공학과 (학부과정)

관심분야 : IT, 인공지능



**정 성 훈** (Sung Hoon Jung)

1988년 2월: 한양대학교 전자공학과 (공학사)  
1991년 2월: KAIST 전기및전자공학과 (공학석사)  
1995년 2월: KAIST 전기및전자공학과 (공학박사)

1996년 3월 ~ 현재: 한성대학교 기계전자공학부 교수

관심분야 : 인공지능, 시스템생물학, 융합공학