

마코프 체인을 이용한 확률적 알고리즘 음악 작곡 시스템의 설계 및 구현

김성현*, 최현규
한국외국어대학교 컴퓨터공학과
* e-mail : gksksk657@hufs.ac.kr

Design and Implementation of a Music Composition System : Probabilistic Algorithm by Using Markov chain Model

Seong-Hyun Kim, Hyun-Kyu Choi
Dept. of Computer Science and Engineering, Hankuk University of Foreign Studies.

요 약

일반적으로 인간은 원하는 정보를 얻거나 어려운 계산과정을 더 빠르고 쉽게 처리하기 위해 컴퓨터를 사용한다. 또한 컴퓨터를 이용해 자연 속에서 일어나는 일들을 과학적으로 분석하여 시뮬레이션을 하기도 한다. 본 연구는 인간의 전유물로 여겨졌던 예술적 창작 활동을 컴퓨터로 모방하는 실험이다. 작곡가가 음악을 통해 음악의 특성을 학습하여 새로운 곡을 작곡하는 과정을 컴퓨터로 모방해보았다.

1. 서론

예술의 영역은 언제나 인간만의 전유물로 여겨졌다. 또한 컴퓨터는 인간의 예술 활동을 도와주는 도구로서 사용되어 왔다. 하지만 컴퓨터의 발전과 맞물려 인간의 예술 활동을 분석하고 이를 기계적으로 재현해 예술모델을 만드는 많은 시도들이 있었다.

작곡가들은 오래 전부터 음악의 수학적 질서에 관심을 가져왔다. 이러한 수학적 질서는 음정의 선택이나 구성체계에서 찾아볼 수 있다. 음악은 제약조건들에 의해 정의된다. 모든 작곡은 제한된 일련의 시퀀스로 되어있다[1].

이러한 논의의 핵심은 예술 행위의 ‘알고리즘’에 있다. 컴퓨터는 인간이 수행하는 예술행위의 수많은 패턴 속에서 알고리즘을 식별하여 이를 학습한다. 즉, 컴퓨터가 작곡가의 두뇌를 가지게 되는 것이다. 이전의 디지털 예술은 컴퓨터가 인간의 예술행위를 더욱 원활하게 수행할 수 있도록 도와주는 지원 시스템의 개념이었다면, 컴퓨터가 예술 알고리즘의 학습을 통하여 인간의 예술행위와 흡사하거나 진보된 예술행위를 독자적으로 수행할 수 있는 주체가 되는 것이다.

2. 작곡가의 작곡법

예술작품은 정보를 담고 있기 때문에 커뮤니케이션에 대한 개념 역시 예술에 적용할 수 있다.

인간이 커뮤니케이션을 하기 위해선 언어에 대한 학습을 하고, 상대에게 전하고자 하는 바를 언어 속에 담는다. 그리고 청자는 자신의 언어적 지식과 소양을 이용해 화자의 말을 이해하게 된다. 음악의 경

우, 예술가의 두뇌에는 그가 사용하는 다양한 음악적 문법들이 있다. 작곡가는 이것들을 사용하여 다양한 곡을 작곡할 가능성을 가진다[2].



(그림 1) 커뮤니케이션의 과정

음악을 작곡하는 방법은 작곡가에 따라 매우 다양하다. 본 연구에서는 작곡법을 크게 2 가지로 분류하였다.

2.1 멜로디 우선 작곡법

멜로디 우선 작곡법은 음악의 멜로디를 우선적으로 작곡을 하고, 이에 어울리는 코드 진행을 만들어 화성을 쌓는 과정을 말한다.

2.2 코드 우선 작곡법

코드 우선 작곡법은 작곡가가 먼저 어울리는 코드 진행을 결정하고, 이 코드에 맞춰 멜로디를 작곡하는 과정을 말한다.

이 중에서 코드 우선 작곡법을 이용해 시스템을 설계해 보았다.

작곡가가 작곡을 하기 위해선 화성학이나 대위법 같은 음악적 지식을 먼저 학습하는 과정이 필요하다.

또한 많은 음악을 들으며 좋은 코드 진행의 패턴과 음계의 흐름에 대한 좋은 예시들을 학습할 수 있다. 본 연구에서는 코드의 음계 구성과 같은 한계를 직접 정하지 않고, 기존에 존재하는 곡을 입력으로 받아 이를 하나의 코드 집합으로 구성하도록 하였다.

3. 알고리즘 음악 작곡 시스템 개요

본 연구에서는 기존의 존재하는 피아노 곡을 입력으로 받고 음악적 규칙이나 이론을 분석하여 음악적 지식 데이터로 저장한다. 그리고 이를 바탕으로 새로운 음악을 작곡한다. 피아노는 양손으로 연주하기 때문에 여러 음을 동시에 연주한다. 따라서 짧고 단순한 곡에서도 많은 음악적 규칙을 발견해낼 수 있다.

음악은 문화를 공유하는 집단에 따라 그 정의가 달라진다. 본 연구에서는 보편적으로 사용되는 서양음악의 3 요소를 기준으로 음악을 분석하고 생성한다. 서양음악의 3 요소는 리듬, 화성, 멜로디 이다.

3.1 리듬

시간 경과의 ‘새김’ 을 느끼게 하는 것이 바로 리듬이다. 이 리듬은 박자로 구성되어 있는데, 박자에 대해 반주부와 멜로디 연주부로 구분피아노에 있어서 반주부의 연주는 곡 전체가 주는 리듬감을 느끼도록 하고, 멜로디 연주부는 반주부의 리듬에 어울리도록 실제 멜로디가 진행된다.

3.2 화음

화음이란 높이가 다른 2 개 이상의 음이 동시에 울릴 때의 합성된 음을 말한다. 피아노 연주에 있어서 주로 반주부는 멜로디에 어울리는 화음을 코드로서 연주하고, 멜로디에서는 화음을 연주하며 더 풍성한 음악적 효과를 만든다.

3.3 멜로디

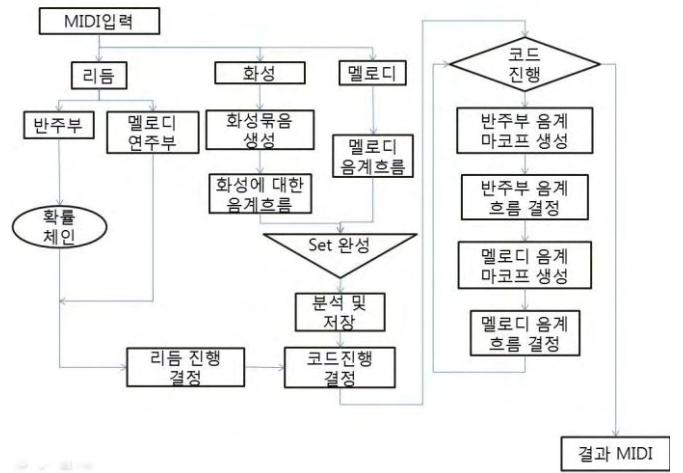
멜로디는 음의 높이가 다른 음정을 연주해가며 음의 흐름을 형성한다.

4. 알고리즘 음악 작곡 시스템의 설계

알고리즘을 통한 음악 작곡 시스템은 아래 (그림 2)와 같이 설계되었다.

4.1 입력부

입력부에서는 기존에 존재하는 음악의 정보들을 컴퓨터가 사용할 수 있도록 바꿔주는 과정을 표현하였다. 음악의 정보는 멜로디부와 반주부를 구분해서 획득한다. 또한 곡의 종류, 음표의 길이(Duration), 음의 높낮이(Pitch), 마디 순서, 마디 안에서의 음 순서, 리듬에 대한 한 묶음, 슬러의 여부, 셋 잇단 음표의 여부, 조성, 박자, MIDI Tick 의 정보를 얻는다. 리듬에 대한 묶음은 의미를 가지는 리듬을 최소 단위로 구분한 것이다. 보통 한 마디가 기준이 되며, 만약 서로 다른 두 마디가 슬러로 연결되어 있다면 두 마디를 하나의 묶음으로 본다.



(그림 2) 알고리즘 작곡 시스템

4.2 분석부

분석부는 입력부에서 나온 정보들을 새로운 음악을 생성하기 위한 재료로 만들기 위해 음악의 3 요소를 기준으로 패턴화한다.

리듬은 의미를 가지는 박자들의 최소 단위로 구분한다.



(그림 3) 리듬 묶음의 예

기존의 존재하는 곡이 (그림 3)과 같을 때, 멜로디부와 반주부의 리듬 패턴은 서로 어울리는 패턴으로 정의하고 정보를 저장해 놓는다.

화성은 기존의 곡에서 한 코드 안에 존재하는 반주부의 음계들, 그리고 멜로디부의 음계들을 하나로 묶는다.

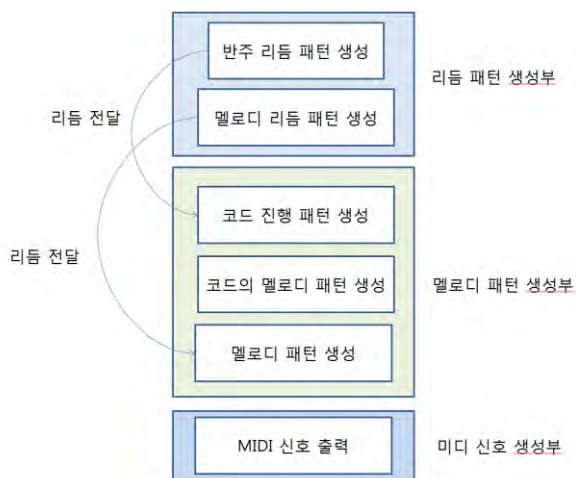
마디	1번	2번	3번	4번	5번
멜로디 정보	미, 파	솔, 도+미	시+레, 시+레, 미+도, 레+파	레+파, 도+미	미, 파
반주 정보	도, 미, 도, 미	미, 솔, 미, 솔	솔, 솔, 솔, 솔	시, 솔, 시, 솔	도, 솔, 도, 솔

(그림 4) 화성과 멜로디 묶음의 예

(그림 4)의 2 번 마디 반주부를 보면 미와 솔 음계가 반복해서 나오는 것을 볼 수 있다. 이를 집합 {미, 솔}로 표현하고, 미와 솔 음이 반주로 연주될 때 멜로디부가 어울리는 화음이라는 사실을 분석할 수 있다. 또한 미와 솔이 반주로 나왔을 때, 도와 미는 어울리는 화음이라는 정보도 얻을 수 있다. 여기서 {도, 미}는 어울리는 하나의 화음 묶음이라고 정의해 놓는다. 그리고 {도, 미} 집합이 하나의 코드로 나왔을 때, 그 다음에 {미, 솔}이 나오는 코드 진행이 어울린다는 것을 발견할 수 있다. 이를 이용해 어울리는 코드 진행의 패턴 정보를 분석부에서 얻는다. 마지막으로 음계의 흐름 정보를 얻을 수 있다. 음계의 흐름은 반주부 음계의 흐름과 멜로디부 음계의 흐름으로 나누어 정보를 저장한다. <그림 4>의 1 번 마디에서 도와 미가 연주되는 코드가 나왔을 때, 반주는 도(1) -> 미(2) -> 도(3) -> 미(4) 순으로 연주되는 것을 볼 수 있다. 또한 이에 어울리는 멜로디부의 음계 역시 미(1) -> 파(2) 순으로 연주된다는 사실을 알 수 있다. 이러한 분석 과정을 통해 좋은 코드 진행의 패턴, 각 코드가 구성하는 음계와 흐름, 각 코드에 어울리는 멜로디 음계와 흐름 정보를 얻어낼 수 있다.

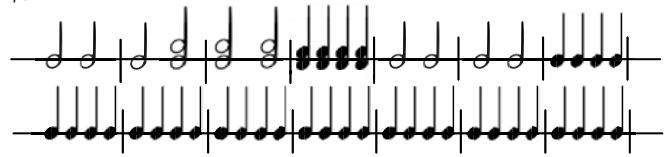
4.3 생성부

생성부에선 분석부에서 전달해준 음악 패턴들을 재료로 사용하여 새로운 음악을 작곡한다. 생성부는 크게 3 가지 부분으로 나누어져 있는데, 우선 작곡할 음악의 리듬 패턴을 결정한다. 먼저 반주부의 리듬 패턴을 랜덤하게 결정한다. 단, 기존의 곡에서 반복적으로 발생한 리듬 패턴의 경우, 랜덤에 있어서 높은 경우의 수를 가지므로 더 높은 확률로 선택되게 된다. 이렇게 선택된 반주부 리듬은 기존의 곡에서 그 순간에 몇 번 반복해서 반주로 연주되었는지 확인한다. 피아노 곡에 있어서 반주는 특정한 리듬이 반복되어 연주됨으로써 곡의 분위기를 형성한다. 기존의 곡에서 반복해서 연주된 횟수만큼 반주에 어울리는 멜로디부 리듬을 무작위로 선택한다. 역시 경우의 수를 바탕으로 확률을 이용해 선택한다.



(그림 5) 생성부의 도식화

결정된 리듬 패턴을 바탕으로 코드 진행의 흐름을 정한다. 이렇게 생성된 리듬 마디의 개수만큼 코드 진행 패턴을 결정한다. 그 이후 각 코드에 어울리는 멜로디들을 이용해 리듬에 맞춰서 빈 칸을 채워나간다.



(그림 6) 생성된 반주부와 멜로디부 리듬 패턴

여기서 리듬이 화성을 표현하는 패턴을 가지고 있다면, 생성되는 음계 역시 화성을 표현하도록 한다. 단, 화성을 표현할 수 있을 만큼 충분한 화성 정보가 없을 경우 하나의 멜로디를 선택해 생성하도록 한다.

5. 알고리즘 작곡 시스템의 구현

곡의 입력은 MIDI 파일 포맷을 통해 이루어진다. MIDI 파일엔 음의 연주, 박자, 음의 길이에 대한 정보들을 모두 담고 있다. 또한 MIDI Tick 이라는 시간의 흐름을 표현 한다. 이를 통해 음 길이(Duration)을 임의의 기준을 이용해 표현하였다. 쉼표의 경우 숫자 앞에 ‘.’기호를 붙여 쉼표로 구분이 가능하도록 하였다.

<리듬>

1/1	○ = 1280	— = -1280
1/2	♩ = 960	— = -960
1/4	♪ = 480	♪ = -480
1/8	♫ = 240	♫ = -240
1/16	♯ = 120	♯ = -120

(그림 7) 리듬의 표현

음계는 <표 1>과 같이 MIDI 기준 변환 표에 의거하여 표현하였다.

Octave	Note Numbers											
	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B
-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
2	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
3	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
4	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
5	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
6	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
7	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107
8	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
9	120	121	122	123	124	125	126	127				

<표 1> MIDI 변환 표

음악의 생성을 위해 마코프 체인 모델을 사용하였다. 마코프 체인 모델은 전이 행렬의 연쇄 확률에 대한 이론이다[3].

즉, 어떤 시스템의 현재 상태를 분석하여 그 시스템의 미래 행태를 예측하기 위해 사용한다. 결국 이를 이용해 시간의 흐름에 따라 한 상태에서 다른 상태로 확률적 움직임을 나타내는 분석에 응용될 수 있다. 마코프 체인 모델은 높은 차원의 전이를 표현할 경우, 그 계산 시간이 기하급수적으로 높아지게 된다. 하지만 음악은 단순히 현재의 음계에서 다음 음계로 연결되는 것이 아니라 전체적인 연결의 흐름을 가지게 된다. 그래서 본 연구에서는 음의 발생 순서에 따라 같은 음계라도 번호를 매겨 다른 상태에 놓여있는 음계로 구분하였다. <표 2>를 보면 처음으로 나왔던 음이 미와 솔로 갈 수 있음을 표현한다. 여기서 미가 좀 더 높은 경우의 수를 가지므로 조금 더 높은 확률로 두 번째 미로 이동하게 된다. 단, 두 번째 솔은 두 번째 미에 비해 적은 확률이지만 적은 확률로 진행할 수 있다. 이런 방식으로 코드 진행, 그리고 멜로디 작곡이 이루어지게 된다.

	도(1)	미(2)	도(3)	솔(4)	솔(1)	솔(2)	미(3)
도(1)	0	0	0	0	0	0	0
미(2)	4	0	0	0	0	0	0
도(3)	0	3	0	0	0	5	0
솔(4)	0	0	1	0	0	0	1
솔(1)	0	0	0	0	0	0	0
솔(2)	3	0	0	0	2	0	0
미(3)	0	0	0	0	0	1	0

<표 2> 도,미,솔 화음의 음계 마코프 표

6. 결론

음악을 생성한 후, 다른 곡을 추가로 입력하였을 때 작곡된 음악의 다양성이 눈에 띄게 증가하였다. 이를 통해 각 장르와 박자에 따라 많은 입력 곡을 줄수록 더욱 다양한 방식의 작곡이 나올 것이라 기대된다. 한편으론 마코프 체인 테이블을 보면 어느 정도 정형화 된 결과를 얻을 수 있었는데, 이를 통해 2 가지를 유추할 수 있다. 하나는 실제로 작곡에서 사용하는 코드와 멜로디 무한한 경우로 존재하지 않는다는 것이다. 또한 코드의 진행과 코드에 맞는 음계의 진행, 그리고 그 패턴은 어느 정도 좁은 틀을 가진다는 것이다. 실제로 피아노 연습곡인 체르니 1번, 2번, 3번, 6번, 21번. 이렇게 5개의 곡을 통해 학습을 했을 경우, 유일한 값을 가지는 코드의 종류는 30 개에 불과했다. 이 중에서 화성학 이론을 적용하여 나열할 경우, 그 개수는 10 개 내외로 줄어들게 된다.

설계한 시스템을 바탕으로 생성된 음악을 분석해보면 기존에 입력으로 주었던 곡의 멜로디와 리듬이 다른 특징을 보여준다. 즉, 우리가 설계한 시스템이 단순히 기존 곡의 편곡 형태가 아니라, 음악적 규칙과

특성을 분석하여 새롭게 음악을 생성할 수 있다는 것이다.



(그림 8) 체르니 1번을 통해 새롭게 작곡된 곡

7. 참고 문헌

[1] 노영해, “ A Brief history and classification of algorithmic computer Music ”, 한국 음악학회 음악연구 32 권 137p, 2004

[2] 가와노 히로시, “ 컴퓨터 예술의 탄생 ”, 휴머니스트, 2008

[3] 최성락, “ A Study on developing the integrated research model of automatic composition : combining markov chain model and monte carlo simulation model ”, 상명대학교 뉴미디어음악학 학위논문, 2009

[4] 강세민, “ 자동음악 생성과 기계학습기반의 자동 음악 평가에 관한 연구 ”, 동명대학교 컴퓨터미디어 공학 학위논문, 2013

[5] 양동석 “ Design and Implementation of music composition system using neural network ”, 전남대학교 전산통계학 학위논문, 1993년