

Petri Nets 기반의 아코디언 연주 묘사와 분석에 관한 연구

임재영[†], 이종근^{**}

요 약

본 연구에서는 아코디언의 연주 과정을 도형화하고 분석하여 연주법에 대한 운용 체계를 페트리 넷으로 제안한다. 특히 아코디언 연주의 객체들을 플레이스와 트랜지션으로 분리하여 연주법을 도식화함으로써 연주 교육을 자동화 할 수 있는 기틀을 제시한다. 여기에서는 아코디언 연주 과정의 가시화와 운지법의 명세화로 순환 멈춤을 없게 하여 유연한 연주를 하는데 그 목적이 있다. 본 논문은 여러 악기들의 연주에도 페트리 넷으로 모델링하여 연주 과정을 이해함으로써 효율적이며 창의적으로 활용할 수 있는 충분한 효과가 있다. 본 연구에서는 페트리 넷을 이용한 아코디언 연주 모델을 처음으로 제안하여 실제적인 연주 사례를 들어 그 효율성을 검증 한다.

A study on Accordion Music Description and Analysis Based on Petri Nets

Jae-Yung Leem[†], Jong-Keun Lee^{**}

ABSTRACT

This study present to operator system about performance method by diagrammatic and analysis based on Petri Nets when accordion is performed. Especially, this study present to the basis an automatic performance education by visibility according to divide place and transition of correlation of musical objects. In this, our purpose is flexible performance of deadlock-freeness by visibility of operating process and detail of marking. This study is effective and useful of understand to performance process by Petri Nets modeling inclusive of many musical instrument. The first time, this study suggest performance model of accordion based on Petri Nets and verify of efficiency, an example.

Key words: Modeling, Performance education, Performance Objects, Accordion, Petri Nets

1. 서 론

페트리 넷은 산업 분야의 생산 공정에 주로 적용되어 왔으며 단순한 객체들, 관계들, 규칙들에 존재하는 원칙들을 발견하여 병렬적인 변화를 표현하고 동기화와 공유현상에 의해 특정 짓는 행위를 가지는

시스템을 모델화하고 분석하기에 적당한 이론적인 그래프 도구이다. 더구나 넷 모델은 상태 트랜지션들의 존재를 명확하게 하여 두 개의 분리된 객체들 즉, 플레이스와 트랜지션의 집합에서 만들어 진다. 음악에서의 페트리 넷 응용은 음악의 분석과 작곡부분에 적용되어 왔다. 분석의 경우 악보에 기초하여 음악

※ 교신저자(Corresponding Author): 이종근, 주소: 경남 창원시 의창구 사립동 9번지(641-773), 전화: 055)213-3810, FAX: 055)286-7429, E-mail: jklee@changwon.ac.kr
접수일: 2010년 3월 2일, 수정일: 2010년 8월 10일
완료일: 2010년 8월 31일

[†] 준회원, 창원대학교 컴퓨터공학과
(E-mail: ljj570@hanmail.net)

^{**} 정회원, 창원대학교 컴퓨터공학과 교수

※ 본 연구는 2009년 창원대학교 교내공모과제 일부 지원으로 수행되었습니다.

구조를 분석하는데 치중 하였으며, 작곡의 경우 패트리 넷의 형식을 활용하여 새로운 악보 제작에 연구되어 왔다[1]. 특히 작곡 부분에 음악 객체와 연주자를 플레이스와 트랜지션으로 지정한 MPN(Music Petri Nets)을 1982년부터 이탈리아의 LIM1)에서 처음으로 적용을 시작하여 연구되어 왔다[2,3]. MPN에서는, 플레이스 내에 토큰의 수와 토큰 저장 가능 수를 정의하여 두 개의 의미를 부여하여 구성하였으며, 음악 구조를 패트리 넷으로 표현하여 작곡에 대한 분석을 모형화하고 분석하였다. MPN에서는 한 마디를 한 플레이스로 표현하므로 한 마디에 속하여 있는 다양한 음표와 박자에 대한 분석이 불가능한 특성을 가지고 있다. 특히 반복되는 마디를 한 플레이스로 한 음악객체로 정의하여 트랜지션의 점화에 의하여 새로운 음악객체로의 변화를 나타내는 방식으로 작곡의 형태를 제시하였다. 따라서 악기 연주 모델링에는 해당되는 각 음표와 박자 등에 대한 다양한 음악 요소의 표현에는 MPN이 가지는 한계성이 있다.

본 연구에서는, 아코디언 연주 모델을 처음으로 패트리 넷으로 모형화하여 연주 기법에 대한 분석을 통하여 연주법을 제안하는데[4,5], 아코디언은 휴대용으로 작게 만든 건반 악기로, 연주 구조는 3부분으로 화음 부분, 바람통 부분, 가락 부분으로 구성되어 있다. 아코디언의 왼쪽 부분은 화음 편으로 기본 계열, 장음 계열, 단음 계열, 7 계열 등의 4개 계열로 구성되어 있으며, 대체로 각 계열에는 Eb, Bb, F, C, G, D, A, E 와 같은 7 개의 코드가 연결되어, 초보자용인 24개에서 전문가용인 120개의 무수히 많은 편들로 구성되어 있다. 화음 편은 낮은음자리표를 사용하며, 연주를 돕기 위한 반주나 연주자의 낮은 음을 생성하는 것이 특징이다. 가운데 부분은 공기압력을 조절하는 바람통으로 10여 개의 주름 띠로 구성되어 있으며, 왼 손목 압력에 의해 바람통이 열리고 닫힘으로서 아코디언 음악 연주의 유연한 기교가 나타난다. 오른쪽 부분은 피아노처럼 가락을 연주하는 건반 부분으로 높은음자리표를 사용한다. 대체로, 아코디언의 가락을 담당하는 건반은 25에서 50건반이 있으나, 여기에서는 보편적으로 사용되는 34건반을 연구한다. 아코디언 건반은 음역이 피아노의 건반에 비해 매우 제한되어 있어, 보통 2옥타브 정도이다. 이들

옥타브들의 건반 하나하나에 저음, 중음, 고음의 금속 리드들이 여러 개 달려 있다.

본 논문의 구성은 2장에서 패트리 넷의 정의를 정리하고, 3장에는 패트리 넷을 이용한 아코디언 연주 모델 제안과 특성을 살펴보고, 4장에서는 사례 분석, 마지막 장에서는 결론으로 향후 연구 방향을 제시하였다.

2. 패트리 넷

패트리 넷은 일반적으로 시스템의 모델링에 쓰이며, 다음과 같이 정의할 수 있다 [1,2,4,6-12]. 패트리 넷, PN은 5-튜플로 구성된다: $PN = (P, T, I, O, Mo)$, $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, 플레이스의 유한 집합, $T = \{t_1, t_2, \dots, t_k\}$, 트랜지션의 유한 집합, $I(t) \in T \rightarrow I(t) \in P$, 트랜지션의 입력 함수, $O(t) \in T \rightarrow O(t) \in P$, 트랜지션의 출력 함수, $Mo: P \rightarrow \{0, 1, 2, 3, \dots\}$, 초기 마킹 $P \cap T = \emptyset$ 이다. 트랜지션 $t \in T$ 는 M에서 점화가능하며 이를 $M[t >$ 로 표현한다, 만일 $\forall p \in \bullet t: M(p) > 0$ 가 된다, 여기서 $\bullet t$ 는 트랜지션 t의 입력 플레이스, $t \bullet$ 는 트랜지션 t의 출력 플레이스를 의미한다. 만일 $M[t >$ 이면 트랜지션 t는 점화 가능하며, 새로운 마킹 M' 을 가지며, $M[t > M'$, with $M'(p) = M(p) - 1$ 로 표시된다, 만일 $p \in \bullet t \bullet$ $M'(p) = M(p) + 1$ 만일 $p \in t \bullet$ 그렇지 않으면 $M(p) = M'(p)$, for $\forall p \in P$. 초기 마킹 Mo 에서 도달 가능한 마킹의 집합은 $R(PN, Mo)$ 로 표시된다.

(PN, Mo) 는 5-튜플 $PN = \langle P, T, I, O, M \rangle$ 를 갖는 패트리 넷이라고 하자. 트랜지션 $t \in T$ 는 $\forall M \in R(PN, Mo)$, $\exists M' \in R(PN, M)$, $M[t >$ 이면 마킹 Mo 로부터 생존(live) 가능하다. 만일 $\exists t \in T$, $Mo[t >$ 이면 PN는 교착상태이다. 만일 $\forall M \in R(PN, Mo)$, $\exists t \in T$, $M[t >$ 이면 (PN, Mo) 는 교착자유상태(deadlock free)이다. 만일 $\forall t \in T$, $\exists M \in R(PN, Mo)$ 이며 $M[t >$ 가 성립하면 (PN, Mo) 는 부분 생존한다. 만일 $\exists t \in T$, 트랜지션 t가 $Mo(PN, Mo)$ 에서 생존하면 (PN, Mo) 은 생존한다. 만일 $\exists k \in N, \forall M \in R(PN, Mo), \forall p \in P, M(p) \leq k$ 를 만족하면 (PN, Mo) 는 유한하다. (PN, Mo) 에서 하나의 기본 마킹을 플레이스의 수순집합 $\{p_1, p_2, \dots, p_n, n \geq 1$ 여기서 한 아크 (p_i, p_{i+1}) , $i \in N_{n-1}$ 만일 $n > 1$. 그리고 $p_i = p_j$, 이 의미는 $i = j$, $i, j \in N_n$. 한 수순 $p_1, p_2, \dots, p_n, n > 1$ 여기서 $p_i = p_j, 1 \leq$

1) Laboratorio di Information Musicale, Universita degli Studi di Milano

$j \leq j \leq n$, 여기서 $I=1, j=n$ 이면 이를 사이클이라고 한다.

트랜지션에서 입력 플레이스는 가지면서 출력 플레이스가 없는 트랜지션을 싱크(sink) 트랜지션이라고 한다. 반대로 입력 플레이스 없이 출력 플레이스만 존재하는 트랜지션을 소스(source) 트랜지션이라고 한다.

PN 구조의 행렬 C 는 $C = \langle P, T, B^-, B^+ \rangle$ 이라 하면, 여기서 $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ 는 플레이스의 유한집합, $T = \{t_1, t_2, \dots, t_k\}$ 는 트랜지션의 유한집합, B^- 와 B^+ 는 n 열과 k 행의 행렬로 다음과 같이 정의된다:

$B^- [i, j] = \#(P_i, I(t_j))$, 입력함수 행렬,

$B^+ [i, j] = \#(P_i, O(t_j))$, 출력함수행렬.

또한, $B = B^+ - B^-$ 는 유사(incidence)행렬이라고 한다.

두 개 이상의 패트리 넷 모델은 공통 플레이스를 토대로 하나의 모델로 합성이 가능하다. 즉 다음과 같은 성질을 만족한다면 하나의 패트리 넷 모델로 합성된다. $PN_1 = \langle P_1, T_1, I_1, O_1, M_1 \rangle$, $PN_2 = \langle P_2, T_2, I_2, O_2, M_2 \rangle, \dots, PN_n = \langle P_n, T_n, I_n, O_n, M_n \rangle$ 을 패트리 넷이라고 하면, $PN_1 \cup PN_2 \cup \dots \cup PN_n = \langle (P_1 \cup P_2 \cup \dots \cup P_n), (T_1 \cup T_2 \cup \dots \cup T_n), (I_1 \cup I_2 \cup \dots \cup I_n), (O_1 \cup O_2 \cup \dots \cup O_n), (M_1 \cup M_2 \cup \dots \cup M_n) \rangle$.

3. 패트리 넷으로 모형한 아코디언 연주

아코디언의 기본 구조는 바람통과, 왼손에 의한 베이스보드의 핀 관리와 오른 손으로 건반을 다루는 화음의 세 부분으로 나눌 수가 있다[6].

기본적인 패트리 넷 모형을 도시하여 보면 그림 1과 같다. 바람통인 p1에서 공기가 유입되며, 베이스보드의 핀 들을 조절하는 왼손가락인 p2, 건반들을

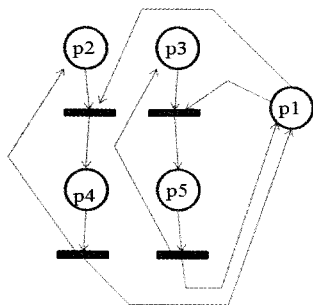


그림 1. 기본적인 아코디언 연주 패트리 넷 모델

다루는 오른손가락인 p3, 화음이나 낮은 음을 생산하는 음계열인 p4, 가락을 생산하는 p5로 구성 된다. 따라서 공기통을 통하여 연주 준비가 되면 핀과 화음의 건반을 통하여 화음과 가락을 생성하게 되는 것이다.

공기통의 경우 열음과 단음의 경우 2 마디를 기준으로 하여 열과 닫는 과정이 반복되는 경우가 많아 이를 하나의 상태로 보면, 1 마디에서의 핀과 화음작업의 3개의 튜플로 아코디언 패트리 넷으로 표현이 가능하겠다.

(정의) 아코디언의 패트리넷

아코디언의 패트리 넷 은 3-튜플로 구성된다: $APN = \langle P, T, Mo \rangle$, 여기서 $P = A \cup B \cup C \cup W$, $A = \{a_1, a_2, \dots, a_i\}$, 공기통의 집합, $B = \{b_1, b_2, \dots, b_k\}$ 핀의 집합, $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ 화음의 집합, $W = \{w_1, w_2, \dots, w_j\}$ 워킹플레이스의 집합, 그리고 $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ 트랜지션의 집합, 여기서 $i, j, k, m, n > 0$, $Mo: P \rightarrow \{0, 1, 2, 3, \dots\}$, 초기 마킹 $P \cap T = \emptyset$ 이다.

3.1 화음편의 연주 모델

베이스보드에서 생산되는 화음을 반주라고도 부르며, 아코디언의 화음이나 낮은 음을 생산하는 곳이기도 하다. 베이스보드에는 여러 개의 핀 들로 구성 되어 있으며, 베이스보드의 핀은 일반적으로 18, 24, 32, 38, 60, 80, 120 개의 핀이 있으나, 여기에서는 일반적으로 사용되는 60 베이스보드 핀을 사용하여 모델링한다. 아래의 그림 2에서 베이스는 기본음 열이며 장음(Major)은 3 화음열, 단음(Minor)은 단 3화음열, 바닷음과 높은음의 사이가 7도가 되는 7 화음열로 구성되어 있다.

왼손가락의 엄지부터 ① · ② · ③ · ④ · ⑤로 지정하며 ② · ③ · ④ 만 실행 한다. 왼 손가락 ④번이 핀의 기본 위치를 잡고, $E_b - B_b - F - C - G -$

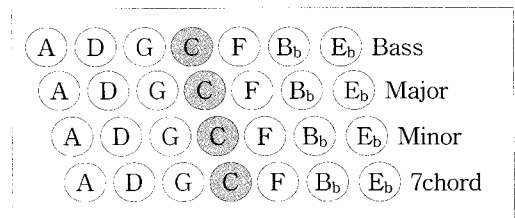


그림 2. 베이스보드의 화음 열과 코드 계열

D - A - E로 이동하면서 반주한다. 연주에서는 기본 음계(B), 장조 음계(Ma), 단조 음계(Mi), 7계의 화음(C) 등은 코드체인 Eb, Bb, F, C, G, D, A와 조합되어 움직인다.

각 플레이스에 토큰이 도달하면 연주되는 화음편의 패트리 넷 모델은 그림 3과 같다. 즉, p1의 바람통에서 공기가 유입되면 연주가 시작되며 음악 객체의 대상에 따라, p2는 기본의 베이스 계열 편인 p5로 옮겨지며, p2와 p3는 장음계 계열 편인 p6로 옮겨진다.

또한, p2와 p4는 단음계 계열 편인 p7과 화음 계열 편인 p8로 옮겨진다. p9는 화음 계열로서 Eb, Bb, F, C, G, D, A 등의 코드와 조합되어 각각의 음을 생성한다. 토큰이 들어있는 바람통의 조절에 따라 소리의 끊김 현상(Deadlock)이 발생할 수 있으므로 박자의 길이에 알맞게 부채꼴 모양으로 위에서 펴고, 위에서 닫아야 한다.

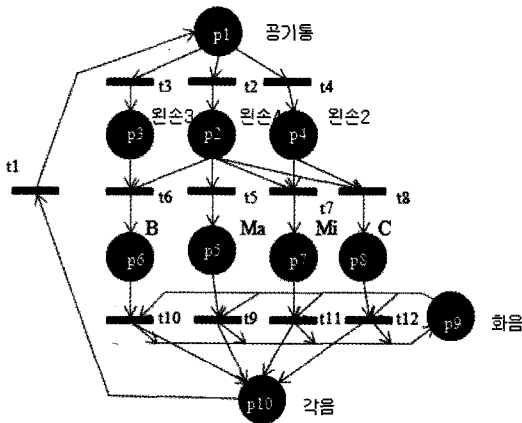


그림 3. 화음 연주의 패트리 넷 기본 모델

3.2 가락편의 연주

건반에서 생산되는 음을 가락 또는 가락라고 부르며 아코디언의 높은 음을 생산하는 곳이다. 건반의 가락은 높은 음보표와 음이름을 사용하며 오른손가락의 엄지부터 ①·②·③·④·⑤로 지정하여 실행 한다.

오른 손가락들은 한 음계의 건반과 옥타브 그림 4 이내에 위치를 갖추며 음의 길이에 맞추어 이동해야 소리의 순환 멈춤(Deadlock)을 방지 할 수 있다.

가락 연주의 기본적인 패트리 넷 모델은 그림 5와 같다. 즉, p1의 바람통으로 t1에서 공기가 유입되면

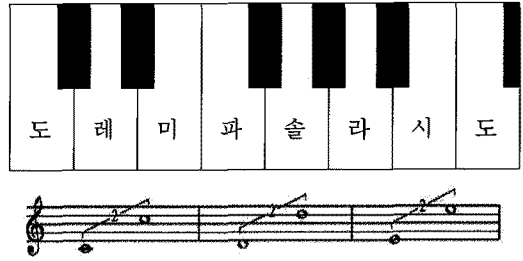


그림 4. 음계와 옥타브

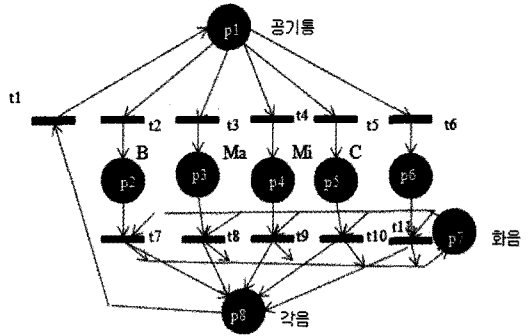


그림 5. 가락 연주의 패트리 넷 기본 모델

음악 객체의 대상에 따라 오른손가락 ①번인 p2, ②번인 p3, ③번인 p4, ④번인 p5, ⑤번인 p6은 각각 토큰을 가지게 된다. p7은 건반으로 도, 레, 미, 파, 솔, 라, 시, 도의 음계를 가지고 있으며 음악 객체의 대상에 따라서 다양하지만, 보편적으로는 오른손가락들이 한 옥타브 이내에서 순차적으로 음계를 오르내리게 된다.

p8은 가락 음계의 슬러트로 건반 계열인 p7과 연결되어 있으며, 트랜지션 t12에서 토큰의 점화로 저음인 p9, 중음인 p10, 고음인 p11로 활성화되어 오케스트라와 같은 소리를 생산한다.

공기통의 오른쪽에 위치한 건반 상자 내의 금속 리드는 베이스의 금속 리드보다 얇고 가늘며 음색이 맑고 고운 것이 특징이다. 화음편과 마찬가지로, 음악 객체를 눈으로 인식하거나 무의식적으로 실행할 때는 트랜지션 t13에 의해 반복 실행하는 음악 객체 넷을 가지기도 하고, p12의 연주자가 청음한 후에 반복되는 음악 객체 실행 넷을 가지기도 한다.

3.3 통합편의 연주

아코디언의 종합적 연주 모델은 아주 낮은 음이나 반주를 담당하는 화음편의 연주 구조와 높은 음이나

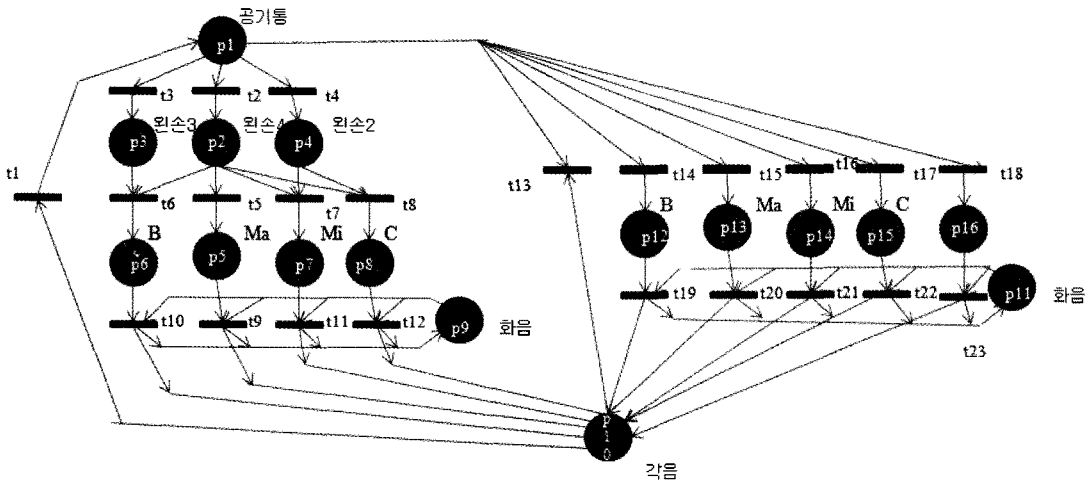


그림 6. 아코디언 통합 연주의 패트리 넷 모델

가락을 담당하는 가락편의 두 개의 모델 넷을 통합하여야 하는데 기본적으로 공기통 작업 즉 공통 플레이스인 p1(바람통)을 중심으로 합성하면 그림 6과 같은 통합된 연주 모델이 된다. 가락과 화음의 서브 패트리 넷을 공통 플레이스인 p1을 중심으로 합성하면 병렬화 되는 아코디언 연주의 완성된 패트리 넷 모델이 된다.

다음 그림 7은 ‘섬집 아기’의 화음 연주 사례이며, 그림 8은 화음편 연주 사례를 패트리 넷으로 표시한 것이다.

4. 사례분석

모든 음악의 구조와 연주가 공통적으로 일정한 법칙을 가지지만, 본 장에서는 아코디언 연주에 대해서 화음 부분, 가락 부분, 통합 부분으로 연주 사례 모델을 제시하고 그 효율성을 분석한다.

4.1 연주사례 모델

다음의 ‘섬집 아기’는 많이 부르는 동요곡으로, 아코디언의 초보자가 화음과 가락을 동시에 연주하기 좋은 음악입니다. 여기에서는 화음, 가락, 통합편의 연주 사례를 표시하였다.

4.1.1 화음의 연주 사례

낮은 음이나 가락의 장단을 맞추기 위해 사용되는 화음은 앞서 논한 그림 2의 베이스보드 화음 열과 코드 계열에 따라서만 이동해야 한다. 즉, 그림 7에 표시된 음악 객체의 정보를 기초로, 베이스 보드에 구성되어 있는 화음시스템을 따르는 것이 특징이다.

섬 집 아기

조금느리게 FM FM CM CM FM GM CM CM

그림 7. 화음 연주 사례

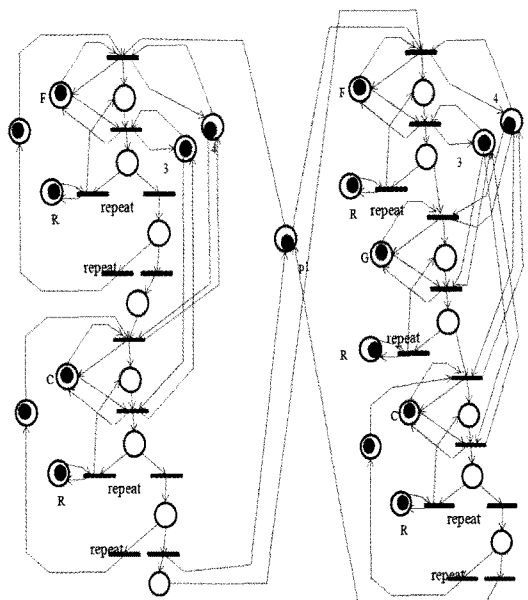


그림 8. 섬집아기 화음 연주 패트리 넷 모델

4.1.2 가락의 연주 사례

가락의 연주시 오른 손가락들은 반드시, 한 옥타브 이내에 분산되어 위치하며, 빠른 음들의 시간을 초과하지 않게 하기위해서는 하나의 손가락은 하나의 음을 마킹해야 하는 것이 그 특징이다.

다음 그림 9는 ‘섬집 아기’의 가락 연주 사례이며, 그림 10은 가락편 연주 사례를 패트리 넷으로 표시한 것이다.



그림 9. 가락

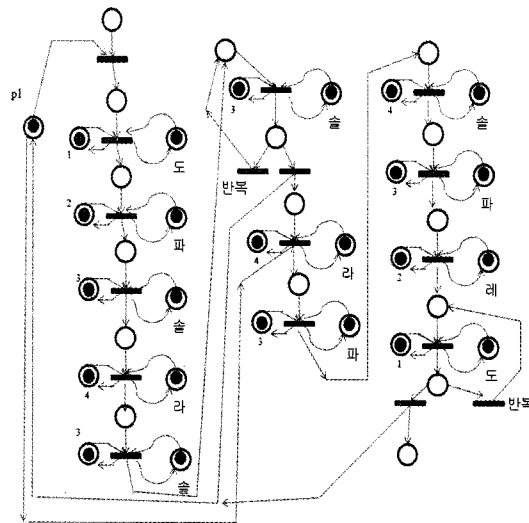


그림 10. '섬집아기' 가락 연주 패트리 모델

4.1.3 통합의 연주 사례

가락과 화음이 동시에 움직이는 상태로서, 화음은 가락을 도와주는 역할이다. 가락 음의 길이와 병행하여 화음의 길이를 일치 시킨다.

다음 그림 11은 ‘섬집 아기’의 화음과 가락을 동시에 연주하는 통합 연주 사례이며, 그림 12는 ‘섬집 아기’의 통합 연주 패트리 넷이다.

4.2 연주사례 분석

사례 모델에서 합성된 통합 연주 모델의 경우 패



그림 11. 통합의 연주 사례

트리 넷의 기본 성격인 생존가능하며 또한 모든 트랜지션이 점화하여 도달성이 있다. 따라서 본 모델에 의한 아코디언 연주 모델은 상시 가능하다고 하겠다. 아코디언 연주 모델의 활용 측면은 음악 객체의 동기화와 수행문제에 활용 가능하므로 아코디언의 연주 기법에 활용할 수 있으며, 교육 프로그램(Multimedia-CAI)의 개발 및 운영으로 실기 교육의 질 향상에 기여할 수 있다. 패트리넷 모형을 아코디언에 적용함은, 패트리넷의 새로운 활용 가능성을 보여주고, 음악 연구자들에게도 새로운 동기화 기술을 제공할 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문은 아코디언의 연주 과정을 패트리 넷으로 가시화하고, 세부적으로 명세화 하였다. 제시된 모델을 사용하여 사이트들 사이의 연결성을 이해함으로써 순환 멈춤을 방지하여 유연한 연주를 할 수 있다.

본 논문은 아코디언 이외, 여러 악기들의 연주에도 패트리 넷으로 모델링하고 분석하여 연주 과정을 이해함으로써 효율적이며 창의적으로 활용할 수 있는 기대효과가 있다. 향후 연구과제로 아코디언의 구조학 연구와 운지법에 대하여 컴퓨터 교육 프로그램(Multimedia-CAI)의 개발 및 운영으로 실기 교육의 질과 경제성에도 기여할 수 있다. 또한 아코디언 악기의 크기 개선, 무게 개선, 보조 도구 개선, 장르별 악보 연구, 음향학 연구 등 여러 문제를 명세하는 모형이 제시되어야 하겠다.

참고 문헌

[1] G. Haus and Rodriguez, A. "Formal Music Representation, a Case Study: The Model of Ravel's Bolero by Petri Nets," *Computer Music and Digital Audio Series*, Vol. 5, pp.

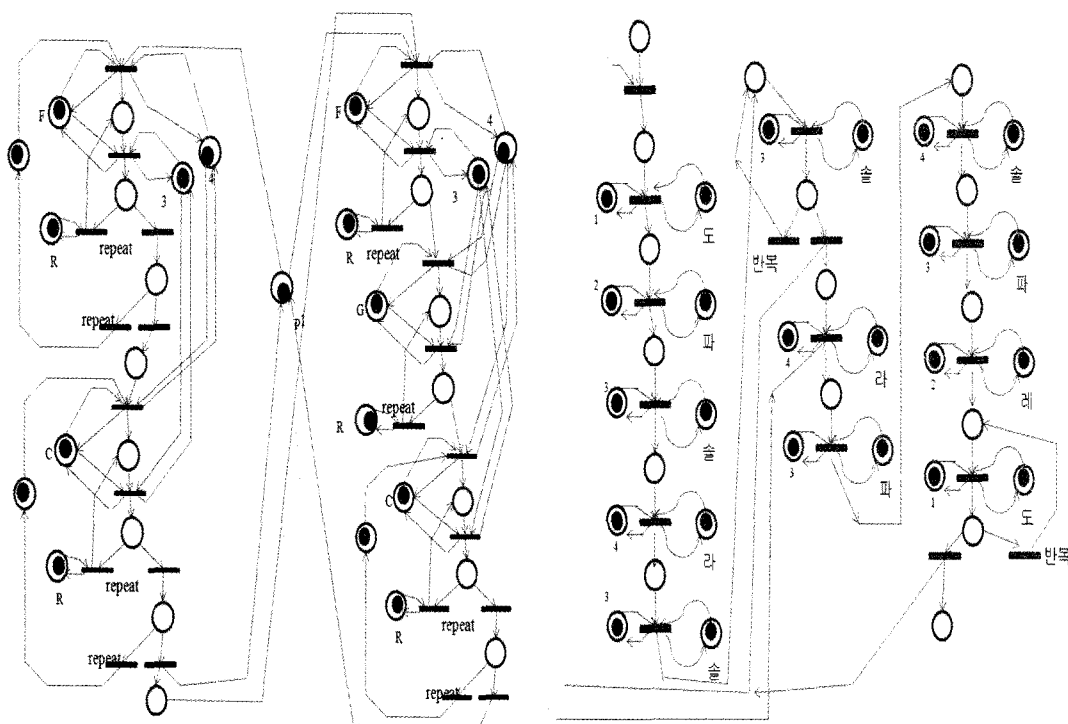


그림 12. '섬집아기' 통합 연주 패트리 넷 모델

165-232, 1993.

- [2] Adriano Brate, G. Haus and Ludovico, L.A. "Music Analysis and Modeling through Petri Ne," Computer Music Modeling and Retrieval 2003, Springer, LNCS 2771, pp. 201-218, 2003.
- [3] Adriano Barate. "Music Description and Processing an approach based on Petri Nets and XML," LIM, Italy, 2006.
- [4] 임재영, 이종근, "Petri Nets 기반 아코디언의 유연 연주를 위한 알고리즘," 한국시물레이션학회 춘계학술대회 논문집, 창원대, 논문집, pp. 248-251, 2009.
- [5] 임재영, 이종근, "An Algorithm Study on Petri Nets based Accordion Keyboard Instruments Music for Flexible Play," ITC-CSCC 2009, ITC-CSCC, pp44-45, 2009.
- [6] 이선명, 표준아코디언교본, 삼호뮤직, pp. 8- 28, 1977.
- [7] S. Yoo, W. Lee, D.Kim, "Transition Function Petri Net Model for Multimedia Synchronization," *Journal of Electrical Engineering and Information Science* Vol. 1, No.4 Dec. pp. 1-8. 1996.
- [8] Murata T, "Petri Nets: Properties, Analysis an Applications," Proceeding of IEEE, Vol. 77, No. 4, pp. 541-580, 1989.
- [9] Stefania Serafin, "Bowed String Physical Model Validation Through Use of a Bow Controller & Examination of Bow Strokes," SMAC 2003, MIT, pp. 99-102, 2003.
- [10] Brate, A. & G. Haus, & Ludovico, L.A. "Music Analysis and Modeling through Petri Nets," Computer Music Modeling and Retrieval 2005, Springer, LNCS 3902, pp. 201-218, 2005.
- [11] D. Young and S. Serafin, "Playability evaluation of a virtual bowed string instrument," NIME 2003, McGill Univ., pp.104-108, 2003.
- [12] 이강수, 조윤희, "멀티미디어 동기화를 위한 Petri Nets 모형," 한국정보처리학회 춘계학술 발표 논문집, 건국대, pp. 774-780, 2005.



임 재 영

1977년 3월~1984년 2월 동아대
학교 전자공학과 공학사
2002년 3월~2004년 2월 창원대
학교 컴퓨터 공학과 공학
석사
1985년~1995년 삼성항공 근무

1996년 3월~현재 김해 내동중학교 교사
관심분야: 모델링&시뮬레이션, 스케줄링



이 종 근

1974년 숭실대학교 전자계산학과
이학사
1978년 고려대학교 경영대학원 경
영학석사
1987년 숭실대학교 컴퓨터공학과
공학석사

1987년~1990년 LSI / Univ. de Montpellier II 연구원 역임
2002년 Ecole Centrale Paris 컴퓨터공학 공학박사
1983년~현재 창원대학교 컴퓨터공학과 교수
관심분야: 패트리 넷, 모델링&시뮬레이션, 스케줄링, 성
능분석, 정보보호