

# 신호 시제 논리를 활용한 음악치료 시스템 개발

박수정, 류인곤, 권기현  
경기대학교 컴퓨터과학과  
e-mail : {amy900, acdef1, khkwon}@kgu.ac.kr

## Development of Music Therapy Using Signal Temporal Logic

Su-Jung Park, In-Gon Ryu, Gihwon Kwon  
\*Dept. of Computer Science, Kyonggi University

### 요약

기존에 음악치료 시스템이 많이 활용되고 있다. 그러나 시스템 내의 문제가 고정적으로 되어있어서 수정 및 변경을 하기에 많은 불편함이 있다. 따라서 문제 생성의 유연성을 높이고자 신호 시제 논리를 활용한 음악치료 시스템을 개발해 본다.

### 1. 서론

기존에 음악치료 시스템이 다양한 층의 사람들에게 활용되고 있다. 예를 들어, 인공와우를 사용하는 청각 장애인이 있다. 인공와우 수술 후 내이로 직접 전달되는 소리를 청각 장애인의 반응에 따라 주파수별로 듣는 방식을 조절하거나 변경할 수 있는데, 이를 극대화 시키기 위한 훈련 시스템이 있다.[1] 그러나 이런 시스템은 미리 입력된 방식을 이용하여 문제를 생성한 것이 대부분이다. 선입력 방식을 이용하여 문제를 만들면 미리 파일을 생성해서 개발해야 한다. 따라서 새로운 문제를 생성하거나 문제를 변경할 때 시스템 내부의 코드를 수정해야 하는 오버헤드가 존재한다. 따라서 선입력 방식 파일을 이용한 기존 시스템은 문제 내용과 개수가 정적이다. 이를 해결하기 위해서 신호 시제 논리를 사용하여 생성한 음악 파일을 사용자 입장에서 자유롭게 문제를 생성 및 변경을 할 수 있는 시스템을 설계 및 구현할 것이다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1 음악치료

음악치료는 정신과 신체 건강을 복원, 유지, 향상시키기 위해 음악활동을 체계적으로 사용하는 것이다. 이를 통해 개인의 삶의 질을 추구하고 보다 나은 행동으로의 변화를 가져오게 하는 음악의 전문분야이다. 음악치료에서 활용되는 이론적인 근거는 dynamic model에 근거한 음악적 활동이다. 음악의 주관적,

“본 연구는 경기도의 경기도 지역 협력 연구 센터 사업(GRRC)의 일환으로 수행하였음.” [2015-B01, 소셜 서비스 융합 플랫폼 요소기술 개발 및 산업화]

객관적, 집단적, 보편적 특성들이 다양한 미적인 특성을 객관적, 집단적, 보편적 특성들이 다양한 미적인 특성을 경유하여 심리의 안정적인 변화를 얻게 된다는 논리에 근거하고 있다.[1]

#### 2.2 신호 시제 논리

신호 시제 논리(Signal Temporal Logic)는 이벤트의 순서만 중요시하는 선형 시제 논리(Leneal Temporal Logic)에서 다루지 못하는 연속적인 시간 개념을 가진 신호를 다루기 위해 만들어졌다. 즉, 신호 시제 논리의 문법은 선형 시제 논리에서 확장된 형태라고 할 수 있다.

STL의 문법은 다음과 같다.

$$\varphi ::= T \mid \mu \mid \neg\varphi \mid \varphi_1 \wedge \varphi_2 \mid \varphi_1 \cup_{[t_1, t_2]} \varphi_2$$

STL의 문법 중  $\varphi_1 \cup_{[t_1, t_2]} \varphi_2$ 에서 다음과 같은 식을 유추해 낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \diamondsuit_{[t_1, t_2]} \varphi &\equiv T \cup_{[t_1, t_2]} \varphi \\ \square_{[t_1, t_2]} \varphi &\equiv \neg(\diamondsuit_{[t_1, t_2]} \neg\varphi) \end{aligned}$$

$\diamondsuit_{[t_1, t_2]} \varphi$ 는 언젠가(eventually) 구간  $t_1, t_2$  사이에서 논리식  $\varphi$  이 참이 되어야 한다.  $\square_{[t_1, t_2]} \varphi$ 는 항상(always) 구간  $t_1, t_2$  사이에서 논리식  $\varphi$  이 참이 되어야 한다. 이외에 자세한 내용은 [2] 논문을 참조한다.

#### 2.3 기존 시스템

아래 그림은 기존 시스템의 고정적인 문제 생성 과정이다.

```

<step>beginning</step>
<row>2</row>
<col>1</col>
<q1>s_domi</q1>    <q1_answer>s_domi</q1_answer>
<q2>s_lera</q2>     <q2_answer>s_lera</q2_answer>
<q3>s_soldoo</q3>   <q3_answer>s_soldoo</q3_answer>
<q4>s_mipa</q4>     <q4_answer>s_mipa</q4_answer>
<q5>s_dore</q5>      <q5_answer>s_dore</q5_answer>

```

Figure 1 기존 시스템 고정적 문제 파일

### 3. 본론

#### 3.1 시스템 구성도

본 논문에서는 계이름의 주파수를 신호 시제 논리로 명세한 음악파일을 이용할 것이다. 문제를 생성하는 치료사는 신호 시제 논리를 잘 모르기 때문에 치료사 입장에서는 신호 시제 논리식을 보여주지 않을 것이다.

먼저 자바 프로그램을 통해서 항상 또는 언젠가를 선택하고 시간구간과 사용할 계이름을 선택한다. 이 때 계이름은 해당하는 주파수와 매치 시킨다. 위와 같은 정보들을 STL 문법으로 변경한 뒤, 그 명세에 맞는 주파수 그래프를 생성한다. 생성된 결과를 다시 자바로 가져와서 문제를 생성한다.

#### 3.2 시나리오

본 논문에서 제시하는 시나리오는 다음과 같다.

0 초부터 10 초까지 계이름 “도” 가 항상 소리 난다.

2~초에서 계이름 “미”, 5~6 초에서 계이름 “라”, 8~9 초에서 계이름 “레” 가 언젠가 소리 난다.

음악 문제 파일을 들려준 후, 다음과 같이 문제가 나온다.

총 몇 개의 소리가 났습니까?

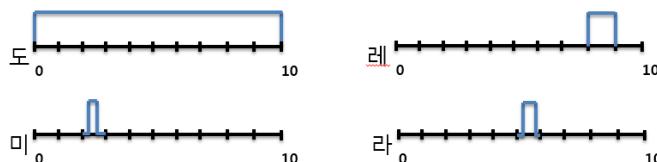


Figure 2 시나리오 그래프

#### 3.3 STL 명세

위에서 제시한 시나리오를 STL 식으로 명세 한다.

$$\square_{[0,10]} \text{도} \wedge \diamond_{[2,3]} \text{미} \wedge \diamond_{[5,6]} \text{라} \wedge \diamond_{[8,9]} \text{레}$$

아래 그림 3은 위 명세를 만족하는 그래프이다.

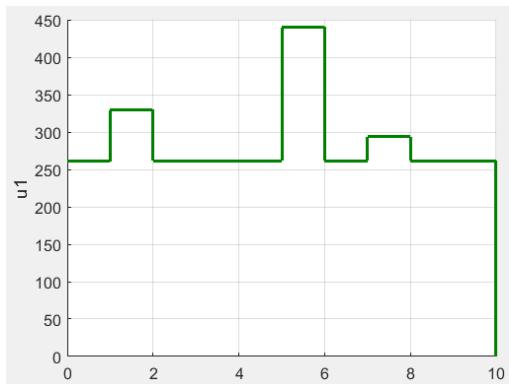


Figure 3 시나리오 그래프 결과

#### 3.4 결과

치료사는 항상, 언젠가 중에서 선택하고 시간구간과 사용할 계이름을 입력한다. 입력한 후 확인 버튼을 누르면 해당 정보들이 STL 식으로 변환되어서 명세에 맞는 음악 문제 파일이 생성된다. 문제를 푸는 피험자는 해당 음악 문제를 들은 뒤, 주어진 보기 중에서 답을 선택하면 그에 맞는 피드백이 형성된다.

본 논문에서 제시한 시나리오를 바탕으로 치료사는 항상 0~10 초 계이름 “도”를 입력한 뒤 and 와 매치되는 추가버튼을 눌러서 언젠가 2~3 초 계이름 “미”, 언젠가 5~6 초 계이름 “라”, 언젠가 8~9 초 계이름 “레”를 입력한다. 확인 버튼을 누르면 정보에 의해 음악 문제 파일이 생성된 뒤, 문제 제출 화면으로 넘어간다. 문제 시작 버튼을 누르면 음악 문제 파일이 나오고, 문제와 보기가 주어진다. 피험자가 답을 선택하면 피드백이 주어지면서 다음 문제로 넘어간다.

### 4. 결론

본 논문에서는 기존에 개발할 때 미리 문제를 입력하여, 새로운 문제 생성과 변경에 대해 시스템 내부 까지 들어가야 하는 불편함을 느껴서 그 불편함을 해결하고자 계이름의 주파수를 이용한 신호 시제 논리를 사용하였다. STL을 사용함으로써 다양한 계이름들을 바로 생성할 수 있어서 문제를 생성하는 사용자(치료사) 입장에서 편리함을 느낄 수 있다.

본 논문에서 개발된 음악치료 시스템을 통하여 피실험자(치료받는 아이)의 훈련 효과를 높일 수 있을 것이다.

향후 연구 방향은 STL을 안드로이드에 적용하여 어플리케이션을 개발하고 다양한 기능을 더 추가할 예정이다.

### 참고문헌

- [1] 서영란, 임덕환. “음악치료를 통한 인공와우 청각장애아동의 청각재활”, 2007
- [2] Alexandre Donze, Oded Maler , Ezio Bartocci, Dejan Nickovic, Radu Grosu and Scott Smolka  
“On Temporal Logic and Signal Processing”, 2012