

예제기반 방식을 이용한 자동 음악분수 시나리오 생성

유민준[○] 이인권

연세대학교 컴퓨터과학과

debussy@cs.yonsei.ac.kr, iklee@yonsei.ac.kr

Automatic Musical Fountain Scenario Generation using Example-based approach

Min-Joon Yoo[○] In-Kwon Lee

Department of Computer Science, Yonsei University

요 약

최근 주변에서 다양한 음악분수를 찾아볼 수 있다. 음악분수의 연출을 위해서는 음악과 동기화되는 물의 움직임을 정의하는 음악분수 시나리오가 요구된다. 하지만 일반적으로 이러한 시나리오는 전문가들에 의하여 생성되기 때문에, 비용적인 문제로 인하여 다양한 음악에 대한 시나리오가 생성되지 못하고 있는 현실이다. 본 논문에서는 예제 기반 방식을 이용하여 자동으로 음악 분수의 시나리오를 생성하는 방법을 제안한다. 즉 기존에 전문가들에 의하여 생성되었던 음악분수의 시나리오를 분석하여 데이터베이스화 시킨 후, 이를 새롭게 합성하여 시나리오를 생성한다. 또한 음악분수 시나리오 생성에서 중요하게 요구되는 음악과 물 모양의 동기화를 위하여 본 논문에서는 임의의 음악이 들어왔을 때, 이 음악의 비트를 추출한 후 비트를 단위로 시나리오를 합성하게 된다. 사용자 실험결과 본 기술에 의하여 자동 생성된 시나리오는 전문가가 생성한 시나리오와 큰 차이가 나지 않음을 알 수 있었다. 본 기술을 이용하면 음악분수 시나리오를 생성할 때 요구되는 시간을 크게 줄일 수 있으며, 이로 인해 음악분수의 유지비용을 크게 절감할 수 있다.

1. 서 론

음악분수는 물의 모양으로만 연출되는 기존의 분수와 달리, 음악, 조명 및 특수효과 등이 함께 어울어져 연출되는 멀티미디어 형태의 분수형태를 뜻한다. 라스베이거스의 벨라지오 음악분수나 바르셀로나 몬주익 언덕의 음악분수 같은 음악분수는 한 도시의 상징물로서 평가받고 있으며, 최근 우리나라에도 일산 호수공원의 음악분수나 예술의 전당의 음악분수 등을 포함하여 다양한 곳에서 음악분수를 자주 찾아볼 수 있다.

음악분수는 음악과 동기화되어 움직이는 물의 모양을 이용하여 낭만적인, 혹은 동적인 분위기를 생성한다. 따라서 음악분수와 기존 분수와 가장 큰 차이점은, 음악에 따라서 연출되는 물의 움직임이 하나의 시나리오 형태로 만들어져야 한다는 것이다.

음악분수 시나리오를 만들기 위해서는 음악에 대한 지식과 각 분수 노즐들에 의하여 생성되는 물의 모양에 대한 지식이 필요하기 때문에, 대부분 시나리오 생성 전문가들에 의하여 만들어진다. 하지만 이러한 작업은 상당한 노력이 요구되는 일이므로, 시나리오 생성 비용은 음악분수 유지 비용에 큰 비중을 차지하게 된다.

위와 같은 이유로 많은 음악 분수들은 비용적인 문제에 의하여 음악분수 연출시 다양한 음악을 사용하지 못

하며, 기존에 만들어진 시나리오를 반복적으로 사용하는 형태로 이루어진다. 하지만, 오랜 시간 연출되어야 하는 음악분수에서 다양한 음악을 사용하지 못한다면 곧 관람객의 흥미를 지속적으로 끌지 못하게 되고, 이로서 음악분수의 활용도는 크게 낮아지게 된다.

본 논문에서는 이러한 단점을 해결하기 위하여, 예제 기반 방식과 사운드 분석기술을 이용하여 임의의 음악에 대한 음악분수의 시나리오를 자동으로 생성하는 기술을 제안한다. 즉 기존에 전문가들에 의하여 생성되었던 다양한 음악분수의 시나리오를 분석하여 데이터베이스화 시킨 후, 이를 임의의 음악의 특성에 따라서 새롭게 합성하여 시나리오를 생성한다. 음악의 특성은 기본적으로 비트 트래킹 방법을 적용하여 계산된 오디오 시그널의 비트를 시나리오 합성 단위로 사용하게 된다.

현재 음악에 반응하여 물줄기의 모습을 자동적으로 조절하는 몇 가지 소프트웨어와 하드웨어가 존재한다[1]. 하지만 현재의 기술은 오디오의 볼륨에 크거나 오디오 주파수의 높이에 따라 분수의 높이를 조정하는 단순한 형태의 기술에 머물러 있기 때문에 수준 높은 음악 분수 시나리오를 생성할 때 사용되기에는 한계가 있다. 하지만 본 논문에서 생성된 시나리오는 이전에 전문가들이 생성한 시나리오를 바탕으로 하기 때문에, 더욱 높은 수준의 시나리오가 생성될 수 있다.

본 방식은 사운드의 특성을 기본으로 시나리오를 생성하는 기법이므로 음악 구동(Music-Driven) 방식이라고 할 수 있다. 이 방식의 대부분은 음악을 이용하여 애니메이션이나 모션 데이터를 수정하는 기술들이다. 예를 들어, 비주얼라이제이션의 목적으로 실시간으로 콘서트 형태를 시뮬레이션 하는 기술[2]이 있으며, 음악의 특징을 이용하여 음악과 동기화된 모션을 생성하는 기술[3] 등이 있다. 특히 Kim 등은 캐릭터 애니메이션 동작을 제어하는데, 사운드의 비트 정보를 이용하였다[4].

2. 비트 트래킹

음악의 비트(beat)는 우리가 음악을 들을 때 느낄 수 있는 박자를 의미하며, 주로 음악을 들으면서 고개를 흔들거나 발을 구르는 기준이 된다. 음악 분수에서 음악과 물 모양의 동기화에서 가장 중요시 되는 것은 음악의 비트 정보이다. 즉 사람들은 음악이 지니고 있는 비트 시간과 물의 움직임이 동시에 일어날 때, 바르게 생성된 시나리오라고 생각하게 된다.

본 논문에서는 임의의 시그널 형태(mp3, wave 등)의 음악의 비트 정보를 추출하기 위하여 비트 트래킹 기술을 사용한다. 비트 트래킹 기술은 오디오 시그널에서 음(Note)과 같은 음악 이벤트들의 시작부분을 나타내는 온셋(onset)을 추출하고 이를 바탕으로 오디오 시그널에 잠재되어있는 비트 정보를 자동으로 추출하는 기술이다(그림1).

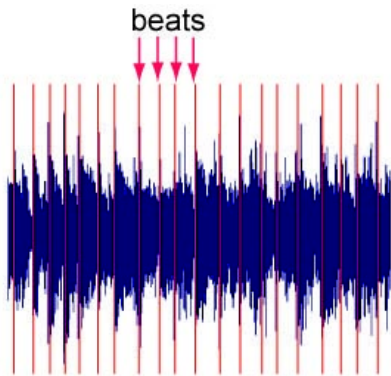


그림 1. 비트 트래킹. 음악에 잠재되어있는 비트 정보를 시그널 프로세싱 기술을 이용하여 추출하는 기술

본 논문에서는 D.P.W. Ellis가 제안한 비트 트래킹 기술[5]을 사용한다. 그 이유는 이 알고리즘은 음악정보 추출(Music Information Retrieval) 시스템에 대한 가장 큰 규모의 콘테스트인 MIREX[6]를 통하여 높은 성능을 가진 알고리즘으로 평가되었기 때문이다.

2.1 Ellis의 비트 트래킹

Ellis가 제안한 비트 트래킹은, 사운드 시그널에서 온셋 에너지를 구하고, 이를 바탕으로 템포를 구한 후, 온셋 에너지와 템포를 목적함수로 정의한 후, 다이내믹 프로

그래밍을 사용하여 이 목적함수를 최적화하는 비트 시퀀스를 구한다.

먼저, 온셋의 에너지는 다음과 같이 구해진다. 사운드를 FFT변환을 통하여 주파수 성분을 뽑아낸 후, 이 주파수 성분에서 MEL 상수를 곱하여 청각적인 모델로 변환한다. 이를 데시벨로 바꾼 후, 시간에 따른 첫 번째 미분값을 구한다. 이 값은 에너지의 증가를 나타내는 함수, 즉 온셋을 나타내는 값으로 사용된다.

템포는 다음과 같이 구해진다. 온셋 에너지 데이터에 autocorrelation을 취하여 가장 빈번한 온셋 간의 시간을 구한다. 이때는 사람이 120bpm 근처에 템포를 가장 잘 감지한다는 사실을 이용하여 이 시간 근처에 가중치를 준다.

이제 온셋과 템포의 두 텀을 목적함수로 정의하여 최적화된 비트 시퀀스를 구한다. 따라서, 구해진 비트 시퀀스는 구해진 템포와 유사한 형태를 띄면서도 온셋 에너지가 높은 시간과 유사한 시간을 갖는 특성을 갖는다. 이 비트 트래킹에 대한 더욱 자세한 내용은 [5]에서 찾아볼 수 있다.

3. 데이터베이스 구성

이전 장에서 구해진 사운드의 비트 정보와 음악 분수 시나리오 데이터베이스를 기본으로 하여 자동 시나리오 생성이 이루어지게 된다.

3.1 기본적인 분수의 구동 메커니즘

분수에서 가장 중요한 장치 중에 하나는 워터 펌프(water pump)이다. 이 펌프는 일반적으로 물 안에 잠겨있으며, 주변에 있는 물을 끌어다가 위로 올리는 역할을 한다. 펌프로 인해 올려진 물은 노즐(nozzle)이라고 불리는 작은 구멍을 통하여 분사되는데, 이 노즐의 모양과 크기에 따라서 다양한 형태의 물의 모양이 생성되게 된다. 일반적으로 하나의 펌프에는 여러 개의 노즐이 연결되어있다(그림 2). 물의 모양의 변화는 펌프에 의하여 이루어지므로, 본 논문에서는 하나의 펌프를 음악분수의 구동 단위로 본다.

3.2 예제 음악분수 데이터베이스 구성

본 논문에서는 예제 음악분수 데이터베이스를 구성하기 위하여 바르셀로나 음악분수와 남원 광한루 음악분수의 시나리오를 분석하여 데이터베이스화하였다. 일반적으로 데이터베이스에 저장되어있는 분수의 펌프 및 노즐의 구성과 실제로 시나리오를 생성하고자 하는 분수의 구성은 다르기 때문에, 본 생성 방법에서는 특정 노즐의 모양이 아닌 확률 개념을 사용하여 데이터베이스를 구성한다.

하나의 펌프의 작동에 대한 정보는 시나리오 요소(scenario element)라고 불리는 데이터 구조에 저장된다. 시나리오 요소는 다음 두 가지 정보로 이루어져있다.

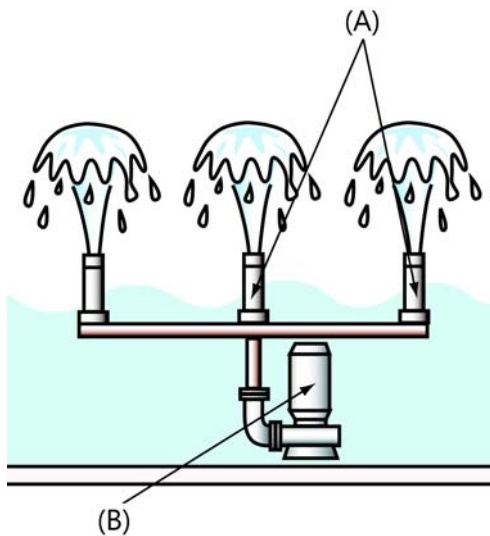


그림 2. (A) 노즐, (B) 수중 펌프. 수중 펌프에 의하여 물이 위로 끌어지게 되며, 노즐을 통하여 다양한 물의 모양으로 나타나게 된다.

- (1) M : 현재 펌프에 의해 새롭게 생성되는 물의 모양과, 기존에 작동되고 있었던 펌프로 생성되고 있는 물의 모양의 어울림 정도. 어울림 정도에 관한 내용은 이후에 다시 설명된다.
- (2) D : 하나의 펌프가 작동되는 시간. 즉 펌프가 켜지고 꺼지는 동안의 시간 간격.

일반적으로 다양한 물의 모양을 조합하기 위하여, 펌프는 일반적으로 동시에 작동되는 경우가 많다. 그러므로 시간 t 에 작동되는 펌프들의 정보를 담고 있는 여러 개의 시나리오 요소 $E_1(t), E_2(t), \dots, E_n(t)$ 는 하나의 그룹으로 묶일 수 있고, 본 논문에서는 이 그룹을 *시나리오 조각(scenario segment)* $S(t)$ 라고 부른다.

시나리오 데이터베이스에서 하나의 시나리오는 여러 개의 시나리오 조각 $S(t_0), S(t_1), \dots, S(t_m)$ 과 이 시나리오 조각 사이의 *시간 간격(Interval times)* $I(S(t_0), S(t_1)), \dots, I(S(t_m), S(t_{m+1}))$ 들로 구성된다. 시간 간격의 단위는 앞서 구해진 비트를 이용한다. 그림 3은 시나리오 데이터베이스 안에 저장되어있는 예제 시나리오를 보이고 있다.

이 예제 시나리오에서, 첫 번째 시나리오 조각 $S(t_0)$ 는 3개의 시나리오 요소 $E_1(t_0), E_2(t_0)$ 및 $E_3(t_0)$ 를 가지고 있으며, 두 번째 시나리오 조각 $S(t_1)$ 도 3개의 시나리오 요소를 가지고 있다. 두 시나리오 조각 사이의 시간 간격 $I(S(t_0), S(t_1))$ 은 8 비트이다. 즉 위 시나리오에서는 첫 번째 시간 t_0 에서 3개의 펌프가 작동되며, 8비트 후 시간 t_1 에서 다시 3개의 펌프가 작동되게 된다.

시나리오 데이터베이스의 시나리오들은 각각 4마디에서 8마디 정도의 길이를 갖는다. 이 길이는 실험을 통하여 가장 좋은 결과를 내는 길이로 정의한 것이다. 그림

$I(S(t_0), S(t_1))$	$E_1(t_0)$	$E_2(t_0)$	$E_3(t_0)$
vol. 2			
$S(t_0)$	[8]	[0.6 16]	[0.7 16]
$S(t_1)$	4	[0.8 8]	[0.5 4]
	2	[0.3 2]	[0.9 8]
	2	[0.6 8]	
	2	[0.5 4]	[0.7 16]
	4	[0.7 2]	
	2	[0.8 2]	
	4	[0.5 4]	
	4	[0.7 4]	

그림 3. 예제 시나리오. (A)는 하나의 시나리오 요소(scenario element), (B)는 하나의 시나리오 조각(scenario segment)를 의미한다.

3의 시나리오는 8마디의 길이를 갖는데, 그 이유는 이 시나리오와 함께 사용되었던 음악이 4/4박자를 가지며, (한 마디안에는 4비트가 존재) 위 시나리오의 모든 시간 간격의 합은 32 (=8+4+2+2+2+4+2+4+4)이기 때문이다.

각 시나리오는 볼륨정보를 갖는다. 이 볼륨 정보는 각 시나리오가 연출되었을 때의 음악의 볼륨의 정도에 따라서 측정된다. 본 시스템에서 이 볼륨은 0에서 5사이를 갖는 값으로 조정된다. 다양한 음악분수 시나리오를 분석한 결과 우리는 음악의 볼륨이 연출되는 물의 양, 즉 작동되는 펌프의 개수와 크게 관련있음을 발견하였다. 따라서 시나리오 생성 과정에서 각 시나리오의 볼륨 정보는 중요하게 사용된다.

3.3 분수의 어울림 정도

본 기술에서 사용되는 하나의 가정은, 하나의 분수안에 있는 각각의 펌프들은 서로 다른 어울림 정도를 지니고 있다는 것이다. 즉, 각각의 펌프들이 연출하는 물의 모양은 서로 다른 어울림 정도를 지니게 된다고 가정한다.

앞서 설명한대로 시나리오 요소가 포함하고 있는 정보 중 하나는 현재 펌프에 의해 새롭게 생성되는 물의 모양과, 기존에 작동되고 있었던 펌프로 생성되고 있는 물의 모양의 어울림 정도이다. 이 어울림 정도의 계산은 데이터베이스 안에 있는 분수인지, 새로 생성된 분수인지에 따라서 달라진다.

3.3.1 데이터베이스 안의 분수의 경우

데이터베이스 안에 있는 분수들에 있는 각각 펌프들의 서로의 어울림 정도는 *동시발생 확률(coincidence percentage)* 를 이용하여 구해진다. 이는 전체 시나리오에 대하여 두 펌프가 같이 켜지는 빈도수를 측정함으로써 구할 수 있다. 즉 분수 A 가

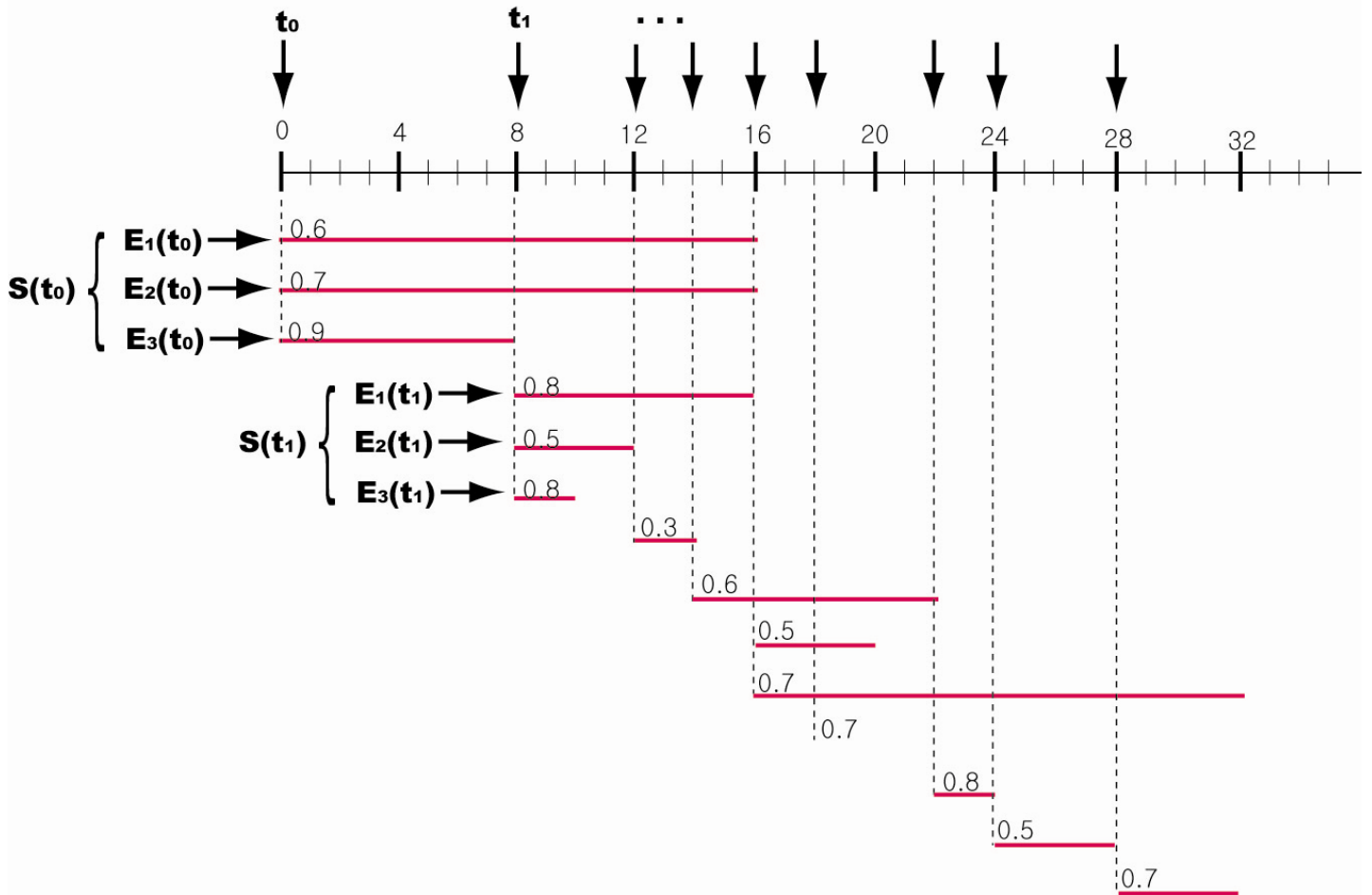


그림 4 자동 시나리오 생성 예제. 그림 3에 정의되어있는 시나리오에 의하여 새롭게 생성된 시나리오를 나타낸다. 아래로 향한 화살표는 각 시나리오 조각들이 실행되는 시간을 의미하며, 각각의 선은 하나의 펌프의 작동 길이를 의미한다. 선 위에 숫자는 새롭게 선택되어야 할 펌프가 연출하는 물의 모양과 현재 작동되고 있는 펌프들이 연출하는 물의 모양과의 어울림 정도를 나타낸다.

여러 개의 펌프 P_1, \dots, P_r 를 가지고 있을 때, 두 펌프 P_1 와 P_2 간의 동시발생 확률 $P_c(P_1, P_2)$ 은 다음 식과 같이 구해진다.

$$P_c(P_1, P_2) = \frac{cnt(P_1, P_2)}{\max_{i < j \leq r} cnt(P_i, P_j)}$$

여기서, $cnt(P_1, P_2)$ 는 데이터베이스 안에 있는 전체 시나리오에서 두 펌프 P_1 와 P_2 가 동시에 켜진 빈도수를 의미한다.

다양한 음악분수 시나리오의 분석을 통하여 우리는 각각의 펌프들이 서로 매우 다양한 동시발생 확률을 가지고 있음을 발견하였다. 우리는 이러한 동시발생 확률이 각각 펌프들이 생성하는 물의 모양의 어울림 정도를 나타낸다고 생각하였다. 즉 분수 시나리오 전문가들이 시나리오를 만들 때, 서로 어울리는 분수를 더욱 자주 함께 사용한다고 가정하였다. 그리고 이러한 분수의 어울림을 고려하는 것이, 서로 어울리지 않는 분수를 더욱 적게 사용하게 함으로써, 결과 시

나리오의 품질을 더욱 높일 수 있다고 판단하였다.

3.3.1 새로 생성하는 분수의 경우

새로운 시나리오가 생성되어야 할, 새로운 분수의 경우는 기존의 시나리오에 대한 데이터가 없기 때문에, 자동으로 어울림정도를 구하는 것은 어렵다. 따라서 이 경우에는 분수 디자이너가 각 모양들의 어울림 정도를 직접 지정해 주도록 한다.

4. 자동 시나리오 생성

이번 장에서는 앞서 구성된 시나리오 데이터베이스의 시나리오들을 이용하여 임의의 음악이 들어왔을 때, 이 음악에 맞는 음악분수 시나리오를 자동으로 생성하는 과정을 설명한다. 음악분수 시나리오 자동 음악분수 시나리오 생성과정은 다음과 같다.

시나리오 생성 처음 단계에서, 입력된 오디오의 시작되는 부분의 볼륨이 계산된다. 그리고 그 볼륨을 가지는

시나리오를 임의로 가지고 오게 된다. 입력된 오디오의 시작 부분이 2라고 가정하고, 임의로 가지고 온 시나리오가 그림 3에 정의되어있는 시나리오라고 가정하자.

그림 4는, 그림 3의 예제 시나리오에 따른 자동 시나리오 생성 과정을 보여주고 있다. 첫 번째 시나리오 조각 $S(t_0)$ 는 3개의 시나리오 요소를 가지고 있다. 새로운 분수에서 작동되는 펌프의 수는 다음 확률에 의하여 계산된다: $N_e \cdot (N_n/N_s)$. 여기서 N_e 는 시나리오 요소의 수, N_n 는 새로운 분수의 총 펌프의 개수, N_s 는 선택된 시나리오의 분수의 총 펌프의 개수를 의미한다. 즉 시나리오를 제공한 분수의 총 펌프의 개수와 현재 분수의 펌프의 개수의 비율에 따라 선택된다. 예를 들어, 이 시나리오의 분수가 가진 펌프가 10개이고, 새로 생성되는 분수가 가진 펌프가 5개라면, 총 작동되는 펌프의 수는 $1.5 (= 3 \cdot 5 / 10)$ 개 이다(1개가 작동될 확률 50%, 2개가 작동될 확률 50%).

작동되는 펌프의 개수에 따라 임의의 시나리오 요소가 선택된다. 작동되는 펌프의 개수가 2이고, 이에 따라 두 번째 및 세 번째 시나리오 요소 $E_2(t_0), E_3(t_0)$ 가 선택되었다고 가정하자. 시나리오 생성 단계에서 가장 처음 사용되는 시나리오 조각의 경우에는 현재 작동되고 있는 펌프가 없기 때문에, 임의의 종류의 펌프가 선택된다. 하지만 그 다음 과정부터는 현재 작동되고 있는 펌프를 고려하여 새로운 펌프가 선택되게 된다. 각 펌프는 시나리오 요소 안에 저장된 시간(D)만큼 작동이 된 후 꺼지게 된다.

하나의 시나리오 조각의 시간 간격(I)만큼 후에, 새로운 시나리오가 조각이 선택된다. 이 예제에서는 8비트 ($= I(S(t_0), S(t_1))$) 후에 두 번째 시나리오 조각이 시작된다. 이제 새롭게 작동되는 펌프의 종류는 현재 작동되고 있는 펌프의 종류에 의하여 결정된다. 현재 작동되고 있는 시나리오 요소에 정의되어 있는 어울림 정도의 수치와 더욱 가까운 어울림의 정도를 갖는 펌프일수록 선택될 확률이 높아진다.

본 예제에서 $t=t_0$ 시간에 작동된 펌프에 대한 시나리오 요소는 $E_2(t_0)$ 와 $E_3(t_0)$ 두 가지임을 상기하자. $E_2(t_0)$ 의 길이는 16 비트인 반면, $E_3(t_0)$ 의 길이는 8 비트이기 때문에, $t=t_1$ 시간에 작동되고 있는 펌프에 대한 시나리오 요소는 $E_2(t_0)$ 하나이다.

두 번째 시나리오 조각에서 작동되어야 할 펌프의 개수는 1개이고, 선택된 시나리오 요소는 $E_1(t_1)$ 라고 가정하자. $E_1(t_1)$ 안에 저장되어있는 어울림 정도 X 는 0.80이다. 또한 현재 작동중이던 $E_2(t_0)$ 의 펌프의 종류는 A 이고, 이 펌프와 다른 펌프들 $B \sim E$ 과의 어울림 정도 $X(i)(i = B, \dots, E)$ 는 표1에 나타난 값이라고 가정하자. 이 어울림 정도는 새로운 분수의 펌프에 대한 어울림 정도이기 때문에, 분수 디자이너에 의해서 정의된 값이다.

표1. 본 예제에서 펌프 A 와 다른 펌프들 $B \sim E$ 과의 어울림 정도와 각 펌프들이 선택될 확률

펌프 종류	어울림 정도 $X(i)$	선택확률 $P(i)$
B	0.65	0.2762
C	0.74	0.3336
D	0.82	0.3445
E	0.35	0.0457

각 펌프가 선택확률 $P(i)(i = B, \dots, E)$ 은 다음 식을 이용하여 구해진다: $P(i) = G(i) / \sum G(i)$, 여기서 $G(i) = g(X(i) - X)$, $g()$ 는 $\mu = 0, \delta^2 = 0.1$ 파라미터를 갖는 가우시안 함수. 만일 현재 작동되고 있는 펌프의 개수가 두 개 이상이라면, 각각의 펌프에 대한 선택확률이 구해지고 이들을 평균내어 최종 선택확률을 구하게 된다.

하나의 시나리오에 있는 모든 시나리오 조각들의 펌프가 전부 작동이 된 후에는, 작동이 끝난 시점에 현재 재생되고 있는 음악의 볼륨정도를 새롭게 구한 후에, 이 볼륨 정보를 가진 새로운 시나리오를 선택하게 된다. 이 과정은 음악이 끝날 때까지 계속 이어진다.

본 논문에서 소개하는 자동 시나리오 생성 기술에서 사용하는 중요한 가정 중에 하나는 일반적으로 사람들은 특정한 종류의 노즐의 작동보다는, 음악의 비트와 물 모양이 변화하는 시간의 동기화와 각 물 모양의 어울림 정도에 더욱 관심을 갖는다는 것이다.

우리의 실험으로는, 단지 물 모양의 변화가 정확한 비트 시간에 일어나기만 하더라도 사람들은 일반적으로 만족한다는 것으로 보인다. 하지만 현재 최신 기술의 비트 트래킹 기술을 사용한다고 하더라도 음악의 모든 비트를 정확히 찾아내는 것은 불가능하다. 사실 이러한 작업은 음악 전문가가 손수 하더라도 무척 힘든 작업 중에 하나다.

따라서 동기화의 정확성을 높이기 위하여 본 시스템은 특별하게 노즐의 변화를 주고 싶은 시간을 사용자가 입력할 수 있는 인터페이스를 제공한다. 사용자는 음악을 들으면서 변화를 주고 싶은 비트에 마우스를 단순히 클릭함으로 이러한 비트를 설정할 수 있다.

사용자가 임의의 비트 정보를 이 인터페이스를 이용하여 입력하면, 자동 시나리오 생성 과정에서, 이 비트 시간에서는 새로운 시나리오 조각이 시작되게 한다. 이러한 고려는 시나리오 생성이 사용자에게 의해 입력된 비트에 정렬이 되는 효과를 줌으로써, 전체적인 동기화의 정확도가 향상된다.

5. 실험 결과

임의의 가상 분수를 디자인 한 후, 본 시나리오 시스템에서 생성한 시나리오를 이용하여 음악 분수 쇼를 연출한 후, 이를 임의의 사람들에게 보여준 후 자연스러움을 측정하였다. 가상 분수 시뮬레이션 시스템은 Yoo등이 제안한 시스템[7]을 이용하였다. 실험은 다음 5가지 형태의 방법으로 시나리오를 생성하여 데이터를 사용하였다.

- (1) 임의의 시간에 임의의 시나리오(랜덤으로 펌프

의 종류와 작동시간을 선택)를 연출함(R-R)

(2) 자동으로 분석된 비트의 시간에 임의의 시나리오를 연출함(B-R)

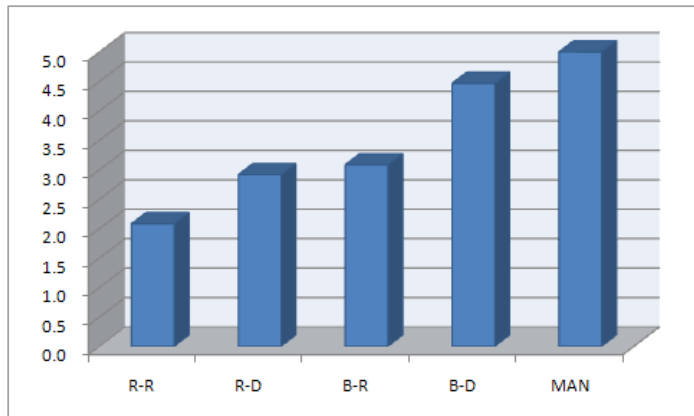
(3) 임의의 시간에 자동으로 새롭게 생성된 시나리오를 연출함(R-D)

(4) 자동으로 분석된 비트의 시간에 데이터베이스에서 자동으로 새롭게 생성된 시나리오를 연출함(B-D)

(5) 전문가에 의하여 생성한 시나리오를 연출함(MAN)

총 5명에게 위 5종류의 시나리오를 보여준 후, (1)-(4)의 시나리오가 전문가에 의하여 생성한 시나리오(5)에 얼마나 가까운지를 조사하였다. 임의로 생성한 시나리오의 경우, 종종 우연히 비트와 잘 맞는 경우가 있기 때문에 총 각 5종류의 시나리오마다 2가지씩을 생성하여 테스트하였다. 표2는 그 결과이다.

표2. 4가지 방법으로 생성한 시나리오(R-R, R-D, B-R, B-D)와, 전문가에 의하여 생성한 시나리오(MAN)와의 유사성 정도: 0(가장 유사하지 않음) - 5(가장 유사함)



실험 결과를 통하여, 사람들은 시나리오의 내용에 비하여 음악과 시나리오의 동기화를 더욱 중요하게 여기는 것으로 나타났다. 또한 시나리오의 내용과 동기화를 모두 고려한 본 기술의 경우 전문가가 만든 시나리오에 가까운 수준의 시나리오를 생성할 수 있는 것으로 나타났다.

일반적으로 컴퓨터를 통하여 자동 생성한 시나리오는 전문가가 공들여 만든 시나리오에 비하여는 부족한 점이 존재한다. 하지만, 자동 생성한 시나리오를 간단하게 수정할 수 있는 인터페이스가 제공된다면, 사용자가 원하는 몇 부분을 간단하게 수정함으로써, 더욱 높은 수준의 시나리오를 생성할 수 있다. 또한 [7]과 같은 시뮬레이션 시스템과 결합된다면, 전문가가 아닌 일반인들도 쉽고 빠르게 시나리오를 생성할 수 있게 된다.

6. 결론

본 논문에서는 자동으로 음악분수 시나리오를 생성하는 기술을 제안하였다. 제안한 기술은, 입력으로 주어진 오

디오 시그널 형태의 음악에서 추출한 비트 정보와, 기존의 음악 분수 시나리오 데이터를 이용하여 새로운 시나리오를 생성하는 방법이다. 본 기술을 이용하면 임의의 음악에 대한 음악분수 시나리오를 빠르게 생성할 수 있으며, 따라서 음악분수의 유지보수 비용을 크게 절감할 수 있는 효과가 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

본 논문은 문화관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 문화콘텐츠기술연구소(CT) 육성사업의 연구결과로 수행되었음.

7. 참고문헌

- [1] 음악과 분수의 출력을 동기화 한 음악분수 장치. 국내특허등록 10-0817749-0000.
- [2] Yilmaz, E. Cetin, Y.Y. Erdem, C.E. Erdem, T. and Ozkan, M. Music Driven Real-Time 3D Concert Simulation. *In Proceedings of International workshop on Multimedia Content Representation, Classification, Security.* p.379-386, 2006.
- [3] 1. Lee, H.C and Lee, I-K. Synchronization of Background Music and Motion in Computer Animation. *Computer Graphics Forum* Vol.24(3) p.353-362. 2005.
- [4] 김건우, 왕연, 서혜원. 음악 속도에 따른 캐릭터의 춤동작 생성 및 제어. 한국 HCI 학회 논문지 1권. 2007.
- [5] Ellis, D.P.W. Beat Tracking by Dynamic Programming. *Journal of New Music Research* Vol.36(1), p.51-60. 2007.
- [6] MIREX(Music Information Retrieval Evaluation eXchange). <http://music-ir.org>
- [7] 유민준, 노창환, 이인권, 권대현. 음악분수 시뮬레이션 시스템. 한국 컴퓨터그래픽스 하계 학술대회 논문지 p.23-24. 2007.