

옵티컬 플로우와 마스킹에 의한 실시간 인터랙티브 비디오 개발

Development of Interactive Video Using Real-time Optical Flow and Masking

김태희
영산대학교 게임컨텐츠학과

Taehee Kim(thkim@ysu.ac.kr)

요약

최근의 기술발달은 개인용 컴퓨터를 이용하여 실시간 영상처리 및 특수효과 처리를 가능하게 하였다. 본 논문에서는 개인용 컴퓨터를 이용하여 제작하고 시연한 실시간 인터랙티브 비디오 시스템을 기술하고 분석한다. 본 작품의 동기는 해변에서 파도가 부서지는 시각적 모습으로 부터 파도소리를 대체하는 사운드를 생성하고 자연과 하나가 되어가는 경험을 제공하기 위한 것이다. 이를 위하여 해변의 모습을 촬영한 실사 영상을 컴퓨터 비전 기법인 옵티컬 플로우(Optical Flow)에 의하여 처리함으로써 프레임간의 변화에 대한 정보를 얻어 이를 카메라에서 실시간으로 캡처 받은 관객의 실루엣 이미지와 마스킹(masking)에 의하여 결합하고 그 결과를 프로젝터를 통하여 보여준다. 결과 이미지의 특성을 반영하여 미디 피아노 사운드가 함께 생성된다. 이는 하나의 인터랙티브 비디오 작품으로써 의도된 개념을 반영하여 상호작용 공간을 창출한다.

■ 중심어 : | 인터랙티브 비디오 | 컴퓨터 비전 | 옵티컬 플로우 | 마스킹 | 인터랙티브 뮤직 |

Abstract

Recent advances in computer technologies support real-time image processing and special effects on personal computers. This paper presents and analyzes a real-time interactive video system. The motivation of this work is to realize an artistic concept that aims at transforming the timeline visual variations in a video of sea water waves into sound in order to provide an audience with an experience of overlapping themselves onto the nature. In practice, the video of sea water waves taken on a beach is processed using an optical flow algorithm in order to extract the information of visual variations between the video frames. This is then masked by the silhouette of an audience and the result is projected on a gallery space. The intensity information is extracted from the resulting video and translated into piano sounds accordingly. This work generates an interactive space realizing the intended concept.

■ keyword : | Interactive Video | Computer Vision | Optical Flow | Mask | Interactive Music |

I. 개 요

컴퓨터기술의 발달로 컴퓨터를 활용하여 작품을 제작하는 디지털 아트는 점차 일반화 되어가고 있다. 디

지탈 아트에서 카메라 등과 같은 센서를 이용하여 관객의 이미지를 얻어 이를 영상에 반영하는 것을 인터랙티브 비디오(Interactive Video)라 하며 디지털 아트에서는 하나의 중점적인 장르로써 그 지위를 가지고 있다.

접수번호 : #110309-001
접수일자 : 2011년 03월 09일

심사완료일 : 2011년 05월 31일
교신저자 : 김태희, e-mail : thkim@ysu.ac.kr

크리스티안느 폴(Christiane Paul)은 비디오에 있어서의 상호작용의 도입은 관객이 스스로 비디오의 요소들을 조합하여 비디오의 성격에 근본적으로 영향을 미치게 하며, 그 자체가 하나의 매체로서의 역할을 하는 것이라 한다[1].

인터랙티브 비디오는 1980년대 이래 디지털 아트에서 본격적으로 실험되고 작품 활동에 이용되어져 왔으며 설치미술과 공연 등에 활용된다. 컴퓨터 기술의 발달은 이와 같은 실시간 영상처리와 이미지 생성을 일반인들이 사용하는 성능의 개인용 컴퓨터를 이용해서도 가능하게 하고 있다. 본 논문에서는 개인용 컴퓨터를 이용하여 제작하고 시연한 인터랙티브 비디오 시스템을 기술하고 분석한다. 본 시스템에서는 바닷가 파도치는 모습을 담은 실사 영상을 컴퓨터 영상처리 기법인 옵티컬 플로우(Optical Flow)[2]에 의하여 처리함으로써 변화하는 속성만을 이미지로 얻어 낸다. 옵티컬 플로우는 사람이나 동물의 시각을 모델링한 영상처리 기법의 하나로써 영상에서 전후 프레임을 비교함으로써 물체나 어떤 표면, 모서리 등의 운동 패턴을 추출하여 대상물이 움직이는 정도와 방향에 대한 정보를 얻어내는 프로세스를 말한다. 한편, 관객은 카메라에 의하여 실시간 영상으로 캡처 되고 영상 이진화(binanzation)를 통하여 배경과 관객은 흑백으로 나누어진다. 본 흑백 영상은 이후 프로세스에서 영상간의 연산을 위한 마스크(mask)로 이용되며 이를 관객 실루엣이라 부르기 위하여 한다. 파도치는 영상의 옵티컬 플로우 처리된 결과는 카메라를 통하여 실시간으로 캡처 되는 관객의 실루엣을 마스크로 하는 루마키(lumakey)에 의하여 마스크되고 그 결과 영상이 프로젝터를 통하여 보여진다. 결과 비디오에서 화상적 특성이 추출되어 미디 신호를 발생시키고 이는 같은 컴퓨터의 미디 시스템을 구동하여 피아노음악을 발생시킨다. 결과적으로 옵티컬 플로우에 의하여 처리된 영상이 관객의 실루엣에 해당하는 영역만큼 내려내어지고 그 결과 이미지의 속성에 따라 음악이 자동으로 연주되는 것이다. 따라서 관객은 파도치는 바닷물이 변화하는 모습을 자신의 실루엣으로 보게 되며 피아노 음악을 그 몸으로써 연주하는 경험을 가지게 된다. 본 상호작용 비디오 설치의 작품으로써의 중

심 개념은 자아의 자연에 대한 조명이며 실시간으로 변화하는 자연에 결합된 자아의 표현이다.

II. 인터랙티브 비디오 사례 연구

인터랙티브 비디오는 디지털 아트의 한 영역으로 다양한 방법과 형태를 가진다. 인터랙티브 비디오에서는 상호작용의 구현을 위하여 관객의 형상이나 움직임을 읽어 내는 센서가 사용되고 비디오는 벽이나 구조물에 투사(project)되는 경우가 많으며, 가상현실 또는 증강현실과 같이 인위적인 환경을 조성하는 경우가 될 수도 있다. 센서로는 많은 경우에 있어서 카메라가 사용되며 컴퓨터 영상처리 기술을 이용하여 현재의 상황을 읽어 낸다. 최유주 등이 개발한 3차원 비전 도구와 같은 시스템과 같은 진보한 센싱 기법이 인터페이스의 직관성을 향상시키기 위하여 사용될 수도 있다[3].

인터랙티브 비디오는 디지털 아트에서 매우 중대한 개념적 기초를 제공하였으며 많은 사례를 남겼다[1]. 비디오가 가진 특성 상 투사(projection) 또는 매핑(mapping)이 그 개념의 바탕을 이룬다. 나아가서 관객을 에이전트(agent)라고 한다면 에이전트와 그 에이전트가 투사된 이미지와의 관계가 개념적 논의를 성립하게 한다. 이때 투사된 이미지는 마치 그 에이전트가 거울을 보면서 얻는 것과 같은 가상의 이미지이므로 거울(mirror)의 효과로써 설명할 수 있다.

로커비(David Rokeby)는 1980년대 말 일련의 *Very Nervous System* 시리즈의 작품들을 발표하면서 '거울(mirror)의 은유(metaphor)'에 대한 이론적, 미학적 해석의 에세이를 소개하였다. 즉, '나는 세상과 끊임없이 상호작용하며 그 상호작용에 의하여 서로는 거울과 같이 서로를 비춰본다[9].' 그 거울의 형상이나 색깔 그리고 표면의 질감에 따라서 비춰지는 모습이 결정되며 최종적으로 비춰진 모습은 관객 그 자신의 이미지, 그리고 매체로써 거울이 가지는 특징이 결합된 이미지이다. 즉, 최종 이미지는 관객의 이미지에 대하여 매체로써 그 거울의 특성이 가미(modulate)되어 만들어진다. 로커비가 제기한 이슈로써 관객, 그리고 최종적으로 비춰

진 이미지와의 상호 관계에 있어서 개체에 대한 정의(identity) 문제, 매체의 역할과 속성, 그리고 비춰진 이미지는 가상(virtuality)이므로 가상의 문제 등이 디지털아트와 큰 흐름에서 중요한 주제로 논의되어 왔다. 이 주제들은 상호작용의 근본적 현상을 설명한 것으로 받아들여지고 있다.

로커비는 자신이 직접 거울(mirror)을 주제로 제작한 시스템을 *Very Nervous System*이라 하였다. 이 시스템은 인터랙티브 뮤직 작품으로써 가로 세로 각각 16개의 픽셀을 가진 카메라를 이용하여 관객의 동작을 읽어 내어 그 동작에 따라 음악을 발생시킨다. 연주되는 음악이 관객의 이미지로 간주될 수 있다. 이 작품은 그의 에세이와 함께 인터랙티브 뮤직과 비디오의 전형으로 이후 많은 작가들에게 영향을 주었다.

로진(Daniel Rozin)은 모터에 의하여 움직이는 나무 조각들을 픽셀로 삼아 이미지를 보여주는 일종의 디스플레이를 만들었다[10]. 관객은 거울을 보듯이 나무 조각이 만들어내는 명암 값에 따라 비춰진 자신의 모습을 보게 된다. 이것은 앞서 설명한 데이빗 로커비의 거울(mirror)의 은유(metaphor)를 내포하고 있다. 로진은 다른 다양한 재료를 사용하여 많은 기계적 거울을 제작하였으며 *Snow Mirror*와 같은 인터랙티브 비디오 작품을 발표하기도 하였다.

어틸백 (Cammille Utterback)의 *Text Rain*은 인터랙티브 비디오(interactive video) 설치로써 스크린에 프로젝션된 관객의 머리 위로 문자가 떨어져 관객은 비를 맞듯이 텍스트를 맞게 된다[11]. 카메라를 이용한 컴퓨터 비전이 이용되는데, 화면상의 문자와 상호작용하며 몸이 닿은 문자가 무작위로 구성하는 텍스트의 의미는 관객의 가상적 감각을 불러일으키는 동시에 하이퍼텍스트의 개념을 돋보이게 한다. 어틸백은 이 외에도 *Untitled5*와 같이 사람의 모션이 프로젝션 이미지 상의 페인팅으로 보여 지게 하는 인터랙티브 비디오 등 다양한 작품을 소개하였다.

로자노-히머(Rafael Lozano-Hemmer)는 그의 작품 *Body Movies*(2001)에서 인터랙티브 비디오를 보였는데, 여기서는 미리 촬영된 도시속 사람들의 초상(portrait)들을 스크린에 비춰지는 작품을 관람하는 사

람들의 그림자를 채우도록 하고 있다[그림 1][12]. 관객의 그림자는 광원으로 부터의 거리에 따라 그 크기가 다양하게 나타나고 여기에 이미 촬영된 다른 사람들의 초상이 채워지게 된다. 이 작품도 로커비의 '거울'의 은유로써 설명되어질 수 있으며, 자신의 실루엣에 다른 개체가 채워지는 다층적 의미 중첩으로 여겨질 수 있다.



그림 1. *Body Movies*, Lozano-Hemmer(2001)

나아가서, 로커비의 경우와 같이 사운드가 인터랙티브 비디오에 접목되는 경우도 찾아볼 수 있다. 사물의 형태나 그림, 상호작용과 같은 관계적 의미를 사운드로 변환한다. 사운드는 관객에게 공간감을 제공하여 비디오에 추가되어 의미의 증강적 효과를 낼 수 있으며 내러티브를 실어 나른다. 이러한 인터랙티브 사운드 시스템은 하나의 악기라고도 할 수 있다.

인터랙티브 비디오와 인터랙티브 사운드에서 우리나라의 사례로써, 신민진은 미디어 퍼포먼스를 위하여 상용의 전용 하드웨어와 소프트웨어에 의한 실시간 영상 기법에 관한 연구를 수행하였다[5]. 정세원은 Max/MSP Jitter 기반에서 카메라 컬러 트랙킹을 이용하여 커스텀 미디어원으로부터 음악을 연주하는 인터랙티브 뮤직 시스템을 연구한 바 있다[6].

설치미술 외에 인터랙티브 비디오의 응용분야로서는 디지털 퍼포먼스, 교육, 그리고 비디오 게임 등을 들 수 있다. 디지털 퍼포먼스에서는 공연자의 동작을 카메라를 이용하여 읽어 디지털 영상처리에 의하여 이미지를 생성하여 퍼포먼스 공간에 투사함으로써 이루어진다.

청키 무브(Chunky Move)나 리코일 공연그룹(Recoil Performance Group)과 같은 상업적 공연그룹을 찾아볼 수 있다. 교육의 영역에서 인터랙티브 비디오는 폭넓게 연구되고 있는데 인지적으로 더욱 효과적인 교육 훈련에 활용되는 것을 예로 들 수 있다[7]. 비디오게임은 그 속성상 플레이어와 컴퓨터의 상호작용을 전제로 한다. 카메라를 입력 장치로 활용하는 연구가 최근까지 활발하게 진행되고 있다[8].

이상과 같은 인터랙티브 비디오 설치의 카메라를 센서로 이용하여 관객을 포함한 사물의 형상이나 운동을 인식하거나(예, 로커비, 어택백), 캡처 받은 이미지의 픽셀 값을 이용하여 관객의 실루엣과 같은 특정한 형상을 추출하여 처리한다(예, 로자노-히머). 본 논문에서 기술되는 시스템은 관객의 실루엣을 추출하는 형태로 후자의 경우에 해당된다.

인터랙티브 비디오는 카메라를 이용한다는 매체의 특성상 ‘거울’의 은유를 구현해 내기에 적합한 도메인이라 할 수 있어 개념적으로는 ‘개체(identity),’복사(copy), ‘가상(virtuality)’ 등의 주제를 다룬다. 나아가서, 공간을 만들고 공간에 개입하는 작품과 건축과 접목된 작품들도 볼 수 있다. 프로젝터를 이용하여 스케일이 큰 작품이 가능한 점도 하나의 특징이다. 컴퓨터 기술의 발달로 일반적인 개인용 컴퓨터에서도 실시간 화성처리와 비디오 처리가 가능하여 적은 비용과 노력으로 비교적 쉽게 시스템을 구현할 수 있다. 다음 절에서는 디지털미디어 프로그램 환경인 Max/MSP Jitter를 이용하여 제작한 인터랙티브 비디오 시스템을 설명하고 분석한다.

III. 인터랙티브 비디오 시스템의 구현

본 논문에서 소개되는 실시간 인터랙티브 비디오는 Cycling'74사[13]의 Max/MSP Jitter 프로그래밍 환경을 기초로 하며 여기에 추가된 OpenCV 컴퓨터비전 라이브러리를 이용한다. 카메라로부터 얻은 관객과 갤러리 공간에 대한 영상에서 화상 이진화로 얻은 관객의 실루엣을 마스크로 채택하여 파도치는 해변 모습의 옵

티컬 플로우 영상과 루마키로 합성한다. 합성된 결과 영상은 관객의 실루엣 영역만이 남겨진 해변 이미지의 옵티컬 플로우가 된다. 결과 영상의 전체 픽셀 명암 값의 합을 파라미터로 하여 생성된 미디 신호가 피아노 소리를 재생한다.

Max/MSP Jitter는 개체(object)를 정의하고 이들 간에 라인을 연결함으로써 컴퓨터 프로그램을 제작하게 하는 직관성이 강화된 프로그램 개발 환경이다. 특히 사운드 처리 및 영상 처리에 있어서 매우 유연하고 효율적인 실행 환경을 제공한다. OpenCV는 컴퓨터 비전 라이브러리로써 다양한 플랫폼을 위한 버전을 얻을 수 있는데, 여기서는 Max/MSP Jitter용 라이브러리를 사용하였다. 다수의 교과서적인 영상처리방법이 예제로써 제공되는데 여기서는 영상에서 변화하는 모습만을 추출하는 옵티컬 플로우를 사용하였다.

본 논문에서 기술하는 시스템의 개념도는 [그림 2], 그리고 설치 형태는 [그림 3]과 같다.

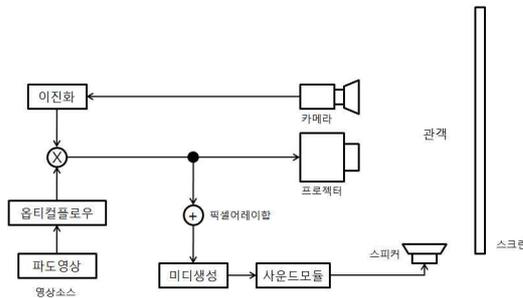


그림 2. 시스템 개념도

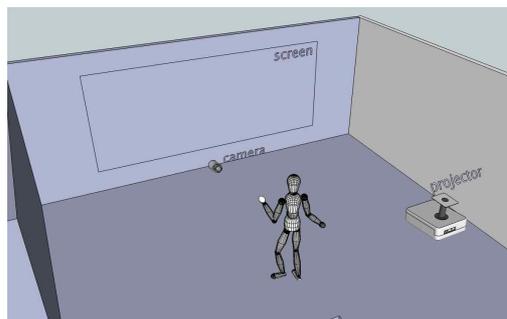


그림 3. 시스템 설치 형태

1. 작품의 개념

본 시스템은 하나의 인터랙티브 비디오 작품으로써 갤러리 공간에서의 전시를 목적으로 제작되었다. 최종 단계에서 표현되는 형태는 사람과 자연이 중첩되어 만들어진 영상과 피아노 사운드이다. 창밖의 나무를 바라보고 있을 때, 바람의 소리는 들을 수 없으나 바람에 의해 움직이는 나뭇가지를 보면서 흔들리는 나무가 내는 소리를 상상해 볼 수 있다. 마찬가지로 창 넘어 보이는 바다의 부서지는 파도에 있어서 비록 소리가 창에 가로막혀 들리지 않더라도 부서지는 파도의 시각적 변화에서 파도소리를 연상할 수 있다. 부서지는 파도 이미지의 시각적 변화는 소리를 반영하기 때문이다. 이 작품은 파도 이미지의 시간에 따른 시각적 변화를 영상 처리 기법을 이용하여 추출하고 추출된 영상에서 관객의 실루엣에 해당하는 영역만을 오프라인으로 출력한다. 영상에서 관객의 실루엣에 해당하는 오려진 부분이 가지는 파도의 변화 정보는 피아노 사운드 생성을 위한 파라미터로 이용되어 파도소리를 시뮬레이션한다. 사람과 자연의 상호 의존성을 개념으로 표현하고자 하였다. 아래에서 그 기술적인 상세 내용을 정리한다.

2. 옵티컬 플로우

옵티컬 플로우는 시야에서 물체나 어떤 표면, 모서리 등의 운동 패턴을 말한다[2]. 즉, 어떤 특정한 시간(time)과 그 이전 시간의 이미지들 사이의 차이를 순차적으로 추출하여 물체 등의 움직임에 대한 패턴을 얻게 되는 것이다. 이는 단순히 현 프레임과 이전 프레임 간의 차이를 얻는 경우에 비하여 더욱 많은 움직임에 대한 정보를 얻게 하여준다. 옵티컬 플로우는 시각을 가진 동물의 시각적 인지기능에 있어서 어떤 움직이는 물체의 목표점을 찾을 수 있게 해 주며 주변 환경의 구조를 이해하는 데에 도움을 주는 등 매우 중요한 기여도를 가진다. 기술적으로는 컴퓨터 비전 시스템에서 3차원 영상을 해석한다거나 화상 압축 등에 활용될 수도 있다. 옵티컬 플로우는 실현하는 방법은 여러 가지가 제시되어 있는데, 본 논문에서는 밝기 변화에 주안점을 두는 Horn-Schunck 방식을 구현한 OpenCV 라이브러

리 오브젝트를 사용하였다. 이는 파도가 치는 바닷물의 움직임에 대한 정보를 얻을 수 있게 한다. 옵티컬 플로우는 얻기 위하여 먼저 소스 영상을 흑백 영상으로 변환한다. 옵티컬 플로우는 이전 단계로써 채택한 OpenCV의 cv.jit.ravg 오브젝트에 투명도 0.1을 부여함으로써 현 프레임에 이전 프레임들의 흔적이 남도록 만든다. 한 프레임에 과거 프레임들의 흔적이 시간이 가까울수록 진하게 남게 되며 물결의 움직임이 시각적 패턴으로 남게 된다. [그림 4]은 소스 영상의 한 프레임(위)과 그 프레임에 해당되는 옵티컬 플로우는 연산 처리 결과(아래)를 보여준다. 작품에서는 3분 분량의 640×480 크기의 실사 소스 영상이 무한 루프로 재생되며 그에 대한 옵티컬 플로우는 처리가 실시간으로 이루어져 다음절에서 설명되는 이진화 된 카메라 캡처 영상에 의하여 X-OR 마스크로 걸러진다.

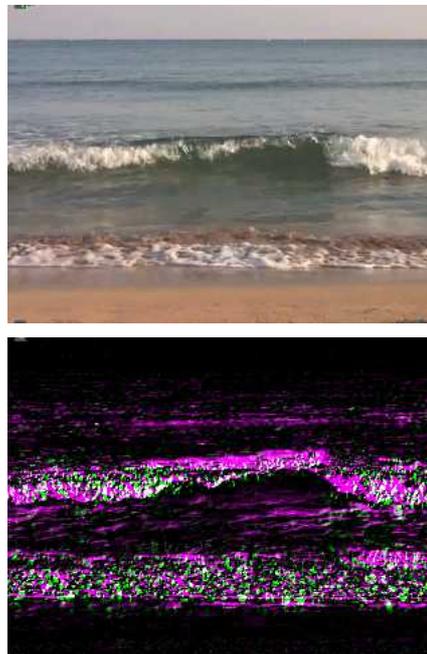


그림 4. 소스 영상의 한 프레임(위)과 옵티컬 플로우는 연산 결과 이미지(아래)

3. 캡처와 이진화 그리고 마스크

본 개발을 위하여 사용된 컴퓨터는 4GB 메모리와 코어2듀오 2.5GHz CPU의 사양을 가졌다. 카메라는 외장

Firewire 카메라를 장착할 수도 있으나 여기서는 내장형 카메라 사용을 전제로 한다.

카메라에 의하여 소스 영상과 같은 크기인 640×480 크기로 캡처된 영상을 먼저 흑백으로 바꾸고 주변 밝기에 따라 주어진 임계값에 의하여 흑과 백으로 이진화한다. 이때 목표물, 즉 관객은 흑색, 배경은 백색으로 나타나게 되는데, 이후 마스크를 위하여 오브젝트를 백색, 배경을 흑색으로 변환한다([그림 5]의 위 이미지). 다음으로, 본 이진화 된 영상과 [그림 4] 아래의 옵티컬 플로우의 결과로 얻어진 영상을 X-OR 마스크 연산을 수행한다. 본 마스크를 통하여 옵티컬 플로우 처리의 결과 영상에서 배경에 해당되는 부분은 없어지고 캡처된 인물 영상에서 백색으로 나타나는 부분에 해당하는 영역만 남게 되어 [그림 5]의 아래 이미지와 같은 결과가 얻어진다.



그림 5. 이진화 된 캡처 이미지(위)와 마스크에 의하여 얻어진 이미지(아래)

마스크에 의하여 얻어진 영상을 최종적으로 별도 윈도우에 의하여 출력시키면 [그림 6]과 같은 흑백 영상을 얻게 되며 본 최종 영상은 프로젝터를 통하여 대형 스크린에 비춰지게 된다.

을 얻게 되며 본 최종 영상은 프로젝터를 통하여 대형 스크린에 비춰지게 된다.



그림 6. 스크린에 투사될 최종 이미지

4. 사운드 생성

사운드 생성을 위하여 위 [그림 6]의 마스크 결과 이미지를 활용한다. 이 영상 매트릭스에서 모든 픽셀들의 밝기 값(intensity)의 합산을 얻어 100을 나눔으로써 그 값을 정규화한 후 피아노 미디 음원을 위한 음정(pitch)과 세기(velocity) 파라미터로 활용한다. 따라서 관객이 없는 경우에는 영상이 나타나지 않게 되고 영상의 픽셀의 합은 영(zero)이므로 소리는 생성되지 않게 되며 관객이 있는 경우에만 소리가 생성된다. 마스크 처리의 결과 이미지에서 화면 전체에 걸쳐 밝은 픽셀이 많을수록 피아노 소리의 음정도 높으며 세기도 강하게 된다. 즉 관객이 가만히 있는 경우에 파도가 칠 때에는 소리의 음정도 높아지고 세기도 강하게 되며 관객이 화면에 비춰지는 크기에 따라서도 같은 변화가 있게 된다. 지나치게 자주 생성되는 미디 신호의 빈도를 조절하기 위하여 200ms 또는 400ms의 간격을 번갈아 가며 신호와 신호 사이의 시간 간격을 제한하였다. 결과적으로 관객이 느끼는 소리는 파도가 많을수록 중고음 위주로, 적을수록 중저음 위주로 재생되는 등 파도의 패턴에 따라 대부분 결정되며 프로젝트에 비춰지는 관객의 실루엣 크기가 클수록 소리가 커지고 풍부해지는 것을 관객은 느낄 수 있다.

있으며 라파엘 로자노-히머의 실루엣 마스크 기법을 참고한다. 이들 작품들과 비교하여 가장 큰 개념적 차이점은 자연의 소리를 인공의 악기 소리로 변형하되 그 파라미터를 영상처리를 통한 이미지에서 얻는다는 점이다. 이는 본 작품에 있어서 '거울' 또는 '그림자' 효과와 더불어 '가상'의 레이어가 한층 더 추가됨으로써 내러티브의 확장이 일어날 수 있다는 점에서 의미가 있다. 향후 과제는 단순한 마스크 기법과 함께 제스처 인식과 같은 다양한 영상인식 기법을 활용하는 일과 다양한 미디 신호 컨트롤 방식을 도입하여 개념 구현 범위의 확장하는 것이다.

참 고 문 헌

[1] C. Paul, *Digital Art*, 2nd ed., Thames & Hudson, 2008.
 [2] D. Marr, *Vision*, W.H. Freeman and Company, 1982.
 [3] 최유주, "데스크탑 환경에서의 3차원 상호작용을 위한 비전기반 인터랙션 도구의 설계", 정보처리학회 논문지 B, 제15-B권, 제5호, 2008.
 [4] S. Wilson, *Information Arts*, pp.730-732, The MIT Press, 2002.
 [5] 신민진, "미디어 퍼포먼스를 위한 실시간 영상 표현에 관한 연구", 동서대학교 석사논문, 2009.
 [6] 정세원, "Max/MSP&Jitter에서의 비디오 트랙킹을 이용한 인터랙티브 뮤직", 부산대학교 석사논문, 2009.
 [7] C. Cherrett, "Making Training More Cognitively Effective: Making Video Interactive," *British Journal of Educational Technology*, Vol.40, No.6, pp.1124-1134, 2009.
 [8] H. Mushkin and S. Barnet, "Mario's Furniture: A Wireless Interactive Video Installation and Game," *Leonardo*, Vol.41, No.3, pp.306-307, 2008.
 [9] <http://homepage.mac.com/davidrokeby/mirrors.html>
 [10] <http://www.smoothware.com/danny/>

[11] <http://camilleutterback.com/>
 [12] http://www.lozano-hemmer.com/body_movies.php
 [13] <http://cycling74.com/>

저 자 소 개

김 태 희(Taehee Kim)

정회원



- 1990년 2월 : 아주대학교 전자공학(공학사)
- 1996년 12월 : University of Edinburgh(Ph.D. in AI)
- 2010년 6월 : Rhode Island School of Design(MFA in Digital Media)

- 1997년 : 한국과학기술정보연구원 선임연구원
- 1999년 9월 ~ 현재 : 영산대학교 게임컨텐츠학과 교수

<관심분야> : Digital Art, Robotic Art, AI